دراسة تأثير التفاوتات التصميمية على مقدرة العملية الإنتاجية[+]

STUDDING EFFECT OF DESIGN TOLERANCES UPON PROCESS CAPABILITY

زهير حسن محمد [*]

المستخلص:

كانت نسبة الوحدات المعيبة عالية جداً في مصنع إنتاج المحاقن الطبية- بابل بسبب عدم مطابقة أبعاد الوحدات المنتجة للمواصفات الموضوعة وزيادة الطلب على منتجاتها. لذا طلب مدير المصنع إجراء التحقيقات اللازمة وتحليل العملية الإنتاجية لتحديد نسبة الإنتاج المعاب والمعاد للعمل حيث كانت اغلب الوحدات المرفوضة كون القطر الخارجي لحشوة المكبس اصغر من الحد الأدنى للمواصفة الموضوعة والوحدات المعادة للعمل كون القطر الخارجي اكبر من الحد الأعلى للمواصفة الموضوعة، وكانت الكلفة الناتجة عنه بسبب الرفض الكلي أو إعادة التصنيع عالية نسبياً وتؤدي إلى عرقلة عمليات التجميع اللاحقة حيث الكلفة الناتجة عن الوحدات التالفة مساوية للكلفة الناتجة عن إعادة التصنيع.

يهدف البحث إلى دراسة القطر الخارجي لحشوة المكبس لان ازدياد قطرها عن المواصفة يؤدي إلى ازدياد الضغط المسلط على بطانة الاسطوانة مسبباً صعوبة حركة المكبس ونقصان قطرها عن المواصفة يؤدي إلى عدم إحكام عملية منع تسرب السائل مسبباً دخول الهواء بالإضافة إلى سرعة حركة المكبس. تناول البحث حساب حدود الضبط في لوحتي المتوسط والمدى $(\overline{X}-R)$ والتي أوضحت أن العملية في حالة منضبطة وتتبع شكل التوزيع الطبيعي لذلك تم احتساب قيمة مقدرة العملية الإنتاجية وتحيد نسبة لأجزاء التي يعاد عملها والأجزاء التي تتلف مع دراسة إمكانية تعديل متوسط ومتغيرية العملية الإنتاجية واختيار الاقتراح الأفضل. أظهرت النتائج ان مقترح تعديل متغيرية العملية الإنتاجية من (0.03) إلى (0.02) هو المقترح الأفضل لأنه سوف يقلص نسبة الإنتاج المعاب من (15.8%) إلى (6.7%) ونسبة الإنتاج الذي يمكن إعادة تصنيعه سوف تتقلص إلى الصفر دون ان يؤثر ذلك على متوسط العملية الإنتاجية.

الكلمات الدالة: التفاوتات التصميمية، متغيرية العملية، متوسط العملية.

Abstract

In Babylon factory, the percentage of defective units in production of medical syringes very high that is very high because the dimensions of products are not conforming for specified specifications and increasing demand on products. Thus, manager of the factory asked analyses of process of production to determinate percentage of scrap and rework because of the external diameter of the gasket piston is less than lower specification limit and reworks due to the external diameter greater than upper specification limit, and the cost of it due to scrap or rework are high and causing confusion at next assembly operations where the cost of scrap is equal to cost of rework.

The research aims to study the external diameter of the gasket piston because of an increasing diameter of gasket from specification which results an increasing in applied pressure on hup cylinder which results difficult in moving of piston while decreasing the diameter from specification does not seal of preventive process flow of

[+] تاريخ استلام البحث ٢٠٠٩/١/٢٦، تاريخ قبول النشر ٢٠٠٩/٩/٢٩ .

[*] مدرس /المعهد التقني /بابل

liquid causes of entering air and easy of piston motion. The search dealt calculating of control limits for $(\overline{X}-R)$ and found that process in control and follows normal curve. Thus, the process capability is calculating and percentage determinating of rework and scrap and studding to modify the mean and variability of process an selecting the best solution. An effects appear the solution for modifying the variability of process from(0.03) to (0.02) is the best solution because that solution will reduce the percentage of defective production from (15.8%) to (6.7%) and the percentage of rework will reduce to zero without that is effecting upon mean of process.
Keywords: design tolerances, variability of process, mean of process.

المقدمة

تعرف لوحات ضبط الجودة بأنها خارطة بيانية تستخدم كوسيلة لاتخاذ القرار المناسب بشان سير العملية الإنتاجية في مرحلة إنتاج معينة وفق المسار المحدد لها. ويتم ذلك من خلال سحب عينات عشوائية من الدفعات الإنتاجية في فترات زمنية متباينة وفحصها. الأمر الذي يغني عن طريقة الفحص الشامل التي يؤخذ عليها ارتفاع تكاليفها واستغراقها لفترة طويلة وربما تدمير المنتج[١].

تستخدم لوحات الضبط للمتغيرات في حالة وجود إمكانية قياس المتغير الذي يعبر عن أي خاصية نوعية بواحدة من الوحدات الأساسية مثل الطول، الكتلة، القطر الخارجي أو الداخلي، الزمن، التيار الكهربائي، درجة الحرارة وشدة الإضاءة.وكذلك بواحدة من الوحدات المشتقة مثل القدرة، السرعة، القوة، الطاقة، الكثافة والضغط. ومن أنواعها لوحة المتوسط والمدى التي تستخدم بشكل واسع في الصناعات الهندسية شريطة أن يكون حجم العينة اقل من(١٠) مفردات ولوحة المتوسط والانحراف المعياري، ولوحة الوسيط عندما يكون التغير في العملية صغيراً نسبة إلى حدود التفاوت[2].

نظراً لاستحالة إنتاج مشغولتين تكونان متماثلتين تمام التماثل أو حتى تصنيع منتج ما بإبعاد محددة مطلقة حسب المواصفات الموضوعة من قبل المصممين، لذلك يقوم المصممون بتحديد حد أعلى وحد أدنى لكل خاصية من خواص جودة المنتج يعرف الفرق بينهما بالتفاوت والذي يعرف بأنه الانحراف المسموح به أو الذي يمكن قبوله في خاصية الجودة عند إجراء عملية التفتيش والذي يرتبط بمقدرة العملية الإنتاجية لأهميتها في تحديد تفاوتات التصميم وعلاقتها بتحديد قيم حدود لوحات الضبط التي تعرف على أنها مقياس للمتغيرية التي تلازم العملية الإنتاجية. واستخدامات مقدرة العملية الإنتاجية كثيرة كالتنبؤ بقدرة آلة الإنتاج على تصنيع منتج ما تقع تفاوتاته ضمن حدود تفاوتات التصميم، أو التنبؤ بنسبة المعيب المتوقعة في ناتج العملية الإنتاجية، أو تحديد التفاوتات لسلعة جديدة ،أو التنبؤ بتكاليف المنتج، أو لتحديد مواصفات المعدات كما

تعرف رياضياً على أنها $(6\sigma')$ حيث أن (σ') هو الانحراف المعياري للعملية الإنتاجية عندما تكون في حالة منضبطة إحصائياً، أي عندما تكون التغيرات في العملية الإنتاجية نتيجة مسببات صدفية فقط وتاخذ شكل التوزيع الطبيعي[3,2].

أهداف البحث

١- حساب حدود الضبط التجريبية للوقوف على مقدرة العملية الإنتاجية من عدمها.

٢- تحديد نوع علاقة التفاوت التصميمي بمقدرة العملية الإنتاجية.

٣- تحديد مدى قدرة العملية الإنتاجية على إنتاج وحدات تقع أبعادها ضمن المواصفات الموضوعة من عدمها.

٤- التنبؤ بنسبة الإنتاج المعاب ونسبة الإنتاج المعاد للعمل حيث كلا النسبتين تكون غير مطابقة للمواصفات الموضوعة.

٥- دراسة إمكانية تعديل مركز العملية الإنتاجية بهدف التخلص من نسبة الإنتاج المعاب وتحديد نسبة الإنتاج المعاد للعمل.

٦- دراسة إمكانية تعديل مركز العملية الإنتاجية بهدف تخفيض نسبة الانتاج المعاب مع تحديد نسبة الإنتاج المعاد للعمل.

٧- دراسة إمكانية تعديل متغيرية العملية الإنتاجية وقياس مدى تأثيرها على كل من مقدرة العملية الإنتاجية ومركز العملية الإنتاجية مع تحديد نسبة الإنتاج المعاب والمعاد للعمل ولكل حالة.

<u>مراقبة مقدرة العملية الإنتاجية باستخدام لوحات الضبط</u>

بلا شك، إن أكثر اللوحات استخداماً للوقوف على مقدرة العملية الإنتاجية ومراقبتها باستمرار هي لوحة المتوسط والمدى $\left(\overline{X}-R\right)$ والخطوات اللازمة لرسم اللوحة هي[5,4]:

١- تؤخذ قياسات الخاصية المطلوب دراسة مقدرة العملية الإنتاجية على تحقيقها بأداة القياس ذات دقة كافية وبما لا يقل عن (١٠) عينات كل منها (٥) مفردات.

٢- يحسب المتوسط والمدى وبموجب المعادلتين:

$$\overline{X}=\frac{\sum_{i=1}^{n}X_i}{n} \qquad ----------- \quad (1)$$

حيث أن:

$\overline{X}$ = المتوسط الحسابي.

X_i = قيمة القراءة رقم i وتمثل بالرمز للدلالة على قراءة عامة.

$$R=X_{\max}-X_{\min} \qquad ---------- \quad (2)$$

n = عدد القراءات (المشاهدات).

R = المدى

$X_{\max}$ = أعلى قيمة أو قراءة في السلسلة.

$X_{\min}$ = اصغر قيمة أو قراءة في السلسلة

٣- يحسب متوسط المتوسطات ومتوسط المديات لكافة العينات ووفقاً للمعادلتين التاليتين:

$$\overline{\overline{X}}=\frac{\sum_{j=1}^{m}\overline{X}_j}{m} \qquad ---------- \quad (3)$$

حيث أن:

$\overline{\overline{X}}$ = متوسط متوسطات المجموعات الجزئية.

$\overline{X}_j$ = متوسط المجموعة رقم (j).

m = عدد المجموعات الجزئية.

$$\overline{R}=\frac{\sum_{j=1}^{m}R_j}{m} \qquad ---------- \quad (4)$$

$\overline{R}_j$ = متوسط مديات المجموعات الجزئية.

R_j = المدى للمجموعة رقم (j).

٤- يحسب خط المركز وحدود الضبط للوحتي المتوسط والمدى وطبقاً للمعادلات التالية:

- لوحة المتوسط تشمل:

$UCL_{\overline{X}}$ = الحد الأعلى للضبط.

$LC = \overline{\overline{X}}$ = خط المركز.

$LCL_{\overline{X}}$ = الحد الأدنى للضبط.

$$UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2 \overline{R} \quad ---------- \quad (5)$$

$$LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2 \overline{R} \quad ---------- \quad (6)$$

- لوحة المدى تشمل:

$$LCL_{\overline{R}} = D_3 \overline{R} \quad ---------- \quad (7)$$

$UCL_{\overline{R}}$ = الحد الأعلى للضبط.

$LC = \overline{R}$ = خط المركز.

$LCL_{\overline{R}}$ = الحد الأدنى للضبط.

$$UCL_{\overline{R}} = D_4 \overline{R} \quad ---------- \quad (8)$$

وتعتمد المعاملات (D_4, D_3, A_2) على حجم العينات المأخوذة، ويتم حساب قيم هذه المعاملات من الجدول (1) الـــذي سوف يقتصر فقط على حجم العينات من (٢) إلى (٥) كذلك يشمل الجدول معاملات الخط المركزي (d_2)، الذي سيرد ذكره في المعادلات اللاحقة [٣].

جدول(1) معاملات لحساب حدود السيطرة[١]

معاملات المدى		معاملات المتوسط
م		
ع		
ا		
م		
لا		
ت		
ا		
ل		
خ		
ط		
ا		
ل		
م		
ر		
ك		
ز		
ي		

A	A1	A2	d2	d3	D2	D4
٢,١٠٢	٣,٧٦٢	١,٨٨٠	١,١٢٨	٠,٨٥٣	٣,٦٨٨	٣,٢٦٧
١,٢٦٢	٧,٨٦٠	٨,٠٦٠	١,٨٦٠	٨,٦٨٠	٦,٦٨٠	٢,٢٦٧
٢,٦٠٢	٦,٨٦٠	٨,٠٦٠	٢,٨٦٠	٥,٨٥٣	٨,٦٨٠	٦,٢٦٧
١,٠٠٢	٠,٠٦٠	٠,٠٦٠	٨,٠٦٠	٣,٨٥٣	٦,٦٨٠	٧,٢٦٧
١,٠٠٢	٢,٠٦٠	١,٠٦٠	١,٠٦٠	٠,٨٥٣	٤,٦٨٠	٢,٢٦٧
٧,٣٠٢	٣,٠٦٠	٠,٠٦٠	٦,٠٦٠	٨,٨٥٣	٣,٦٨٠	٥,٢٦٧
٣,٣٠٢	٩,٠٦٠	٢,٠٦٠	٩,٠٦٠	٨,٨٥٣	٥,٦٨٠	٧,٢٦٧
٢,٠٠٢	٤,٠٦٠	٣,٠٦٠	٣,٠٦٠	٣,٨٥٣	٨,٦٨٠	٥,٢٦٧
١,٠٠٢	١,٠٦٠	٠,٠٦٠	٢,٠٦٠	٠,٨٥٣	٤,٦٨٠	٢,٢٦٧
٥,٠٠٢	٨,٠٦٠	٧,٠٦٠	٠,٠٦٠	٨,٨٥٣	٦,٦٨٠	٢,٢٦٧
٠,٠٠٢	٨,٠٦٠	٢,٠٦٠	٥,٠٦٠	٨,٨٥٣	٩,٦٨٠	٨,٢٦٧
٠,٠٠٢	٠,٠٦٠	٩,٠٦٠	٩,٠٦٠	٠,٨٥٣	٨,٦٨٠	٢,٢٦٧
١,٠٠٢	١,٠٦٠	٠,٠٦٠	٢,٠٦٠	٠,٨٥٣	٤,٦٨٠	٢,٢٦٧
٣,٠٠٢	٥,٠٦٠	٥,٠٦٠	٣,٠٦٠	٨,٨٥٣	٩,٦٨٠	١,٢٦٧
٤,٠٠٢	٩,٠٦٠	٧,٠٦٠	٢,٠٦٠	٦,٨٥٣	١,٦٨٠	١,٢٦٧
٢,٠٠٢	٦,٠٦٠	٧,٠٦٠	٦,٠٦٠	٤,٨٥٣	٨,٦٨٠	٥,٢٦٧

٥- ترسم لوحة الضبط للمتوسط والمدى بحيث يمثل المحور السيني العينات حسب تسلسل أخذها والمحور الصادي $\overline{X}$ قيمة
في لوحة المتوسط وقيمة R في لوحة المدى. ويكون لكل لوحة (٣) خطوط هي خط المركز وحدي الضبط الأعلى والأدنى كما مبين في الشكل(1).

٦- إذا تبين أن العملية الإنتاجية في حالة منضبطة تحسب مقدرة العملية الإنتاجية من المعادلة التالية [٢]:

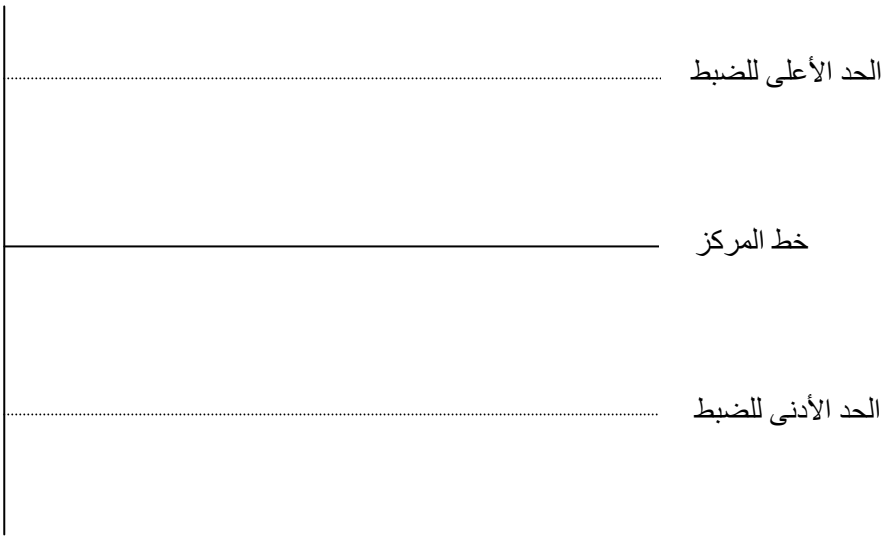
$$6\sigma' = 6\frac{\overline{R}}{d_2} \quad \text{----------} \quad (9)$$

حيث أن:

σ' = الانحراف المعياري لتوزيع المجتمع.

$\overline{R}$ = متوسط المدى للعينات.

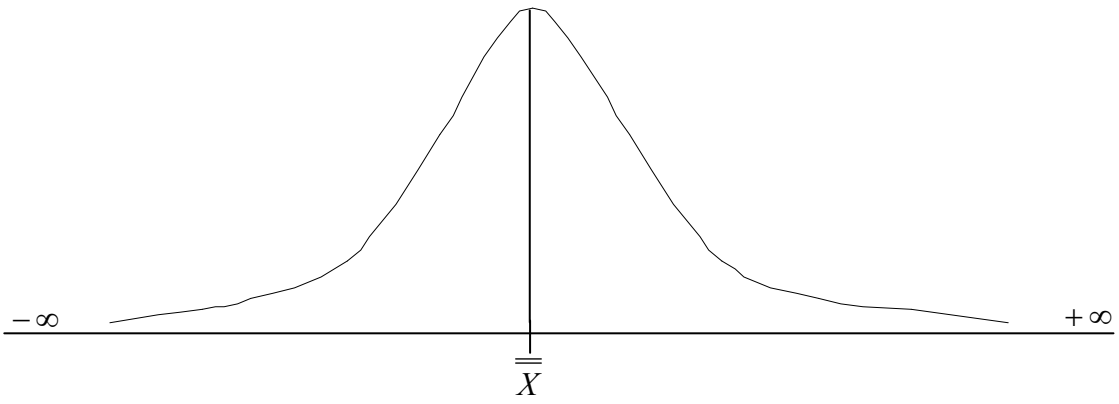
d_2 = ثابت يعتمد على معاملات الخط المركزي و حجم العينة ويتم حسابه من الجدول(1).



الشكل(1) لوحة الضبط وحدود الضبط [٢]

<u>التوزيع الطبيعي</u>

يعتبر التوزيع الطبيعي من أهم توزيعات الاحتمال المستمرة في الإحصاء ومن الأدوات الهامة في التحليل الإحصائي حيث يستخدم في شرح ودراسة وتحليل كثير من الظواهر الإحصائية واختبار الفروض المختلفة المتعلقة بها. وفي الضبط الإحصائي للجودة يعتبر المنحني الطبيعي المنحني المناسب لوصف التغيرات الحاصلة في اغلب الخواص المميزة للجودة لكثير من المنتجات الصناعية، خاصة عندما يتم تحديدها عن طريق القياس حيث يكون لهذه القياسات منحني تكراري أو منحني كثافة يأخذ شكل المنحني المبين في الشكل(2) الذي يشبه الناقوس ويكون أحادي القمة ومتماثلاً حول المتوسط الحسابي للتوزيع وتحدد قيم المتوسط الحسابي والانحراف المعياري شكل وموقع المنحني الطبيعي. فقيمة المتوسط تقع عند مركز المنحني أي عند القيمة التي تقابل قمة المنحني في حين تحدد قيمة الانحراف المعياري مدى انتشاره أو تشتته[7,6].



الشكل(2) منحني التوزيع الطبيعي [٦]

استخدام جدول مساحة المنحني الطبيعي القياسي

لما كان جدول مساحة التوزيع الطبيعي القياسي محسوباً لمتغير قياسي يرمز إليه بالرمز Z ، متوسطه الحسابي يساوي صفراً، وانحرافه المعياري يساوي واحد، فلابد من تحويل قيم التوزيع المراد استخدام الجدول (2) له إلى قيم قياسية باستخدام المعادلة التالية[٨]:

$$Z = \frac{X - \overline{\overline{X}}}{\sigma'} \quad \text{----------} \quad (10)$$

بعد هذا يمكن استخدام هذا الجدول الذي يعطي المساحة تحت المنحني الطبيعي القياسي بين $Z = -\infty$ وبين أي قيمة معيارية للمتغير(Z) التي يتم حسابها من المعادلة رقم (١٠) وقيم Z في هذا الجدول سوف تقتصر فقط على القيم التي سوف يتم الاستفادة منها في الجانب التطبيقي حيث تكون هذه القيم معطاة لرقمين عشريين، يحدد الرقم العشري الثاني منهما العمود الواجب استخدامه[٩].

الجدول(2) المساحة تحت المنحني الطبيعي [6]

$\overline{\overline{X}}$

٣
,
٥
-

١
,
٦
-

١
,
٥
-

١
-

٠
,
٣
-

١
,
٥

١
,
٦

٢
,
٣

العلاقة بين التوزيع الطبيعي وحدود التفاوت

من البديهيات المعروفة لدى المتخصصين بنشاط الإدارة الهندسية للإنتاج، إن عمليات الإنتاج كافة تقع تحت تأثير تغيرات تنتج بسبب مصدر أو أكثر من المصادر الآتية [12,11,10]:

- **العمليات الإنتاجية:** يشتمل هذا المصدر على مؤثرات كثيرة منها اهتزاز الآلات وتآكل أدوات وعدد القطـــع وأدوات التثبيت أو تآكل المسننات والربط والتذبذبات في التيار الكهربائي أو تغير تركيز المحلول أو درجة حرارته.
- **المواد الخام:** ان المصدر الثاني للمتغيرات هو المواد الخام خاصة عندما تكون المواد الموردة للشركة الصانعة مـــن قبل شركة أخرى.

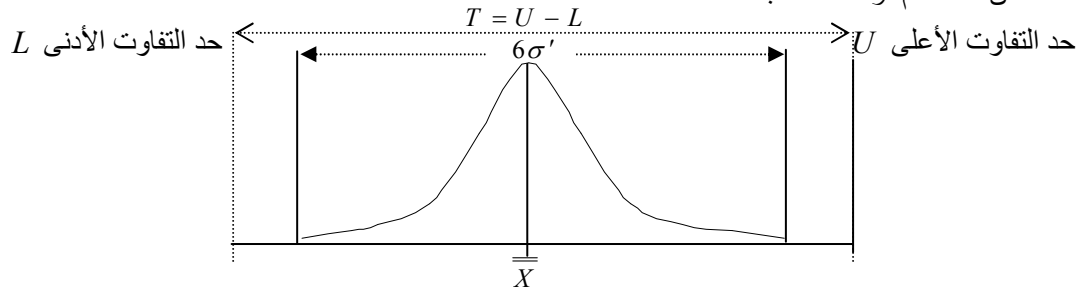
● **العمال:** ويعتبر هذا المصدر على الأغلب، من اكبر مصادر التغيرات. ويشتمل هذا المصدر على طريقة أداء العامل لوظيفته في تشغيل الآلة، ومقدار تقيده بتعليمات التشغيل، وخبرته الفنية، وقدرته الجسدية وأحياناً حالته الصحية والنفسية.

● **المتفرقات:** وتشمل العوامل البيئية (مثل الحرارة والإضاءة والإشعاع والرطوبة والضغط) وكذلك العوامل المؤثرة على عملية التفتيش (مثل الأخطاء الناتجة عن أدوات القياس نفسها وعن طرق استخدامها).

ومعلوم كذلك أن هذه المصادر تؤدي إلى إحداث تغيرات في خواص الجودة للمنتج والتي يمكن ببساطة الوقوف عليها من خلال قياس أبعاده حيث يمكن تحديد العلاقة بين التوزيع الطبيعي وحدود التفاوت طبقاً لقابلية تغير العملية الإنتاجية وكما يلي:

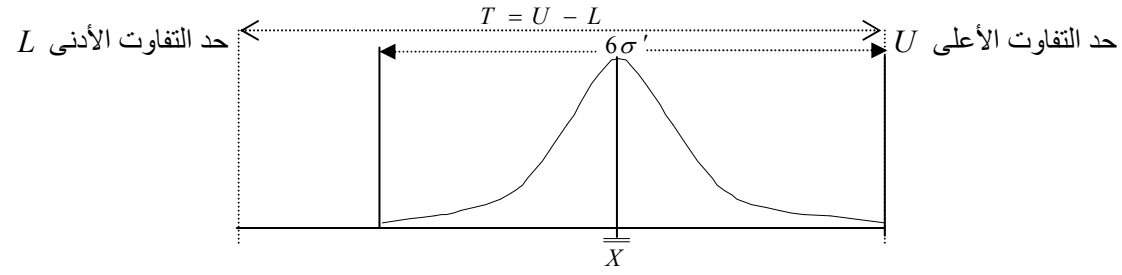
١- قابلية تغيير العملية الإنتاجية اصغر بكثير من مدى التفاوت بدون إزاحة الوسط. وفي هذه الحالة يمكن بسهولة المحافظة على الإنتاج داخل حدود التفاوت [١٠] والشكل (3) يوضح ذلك. إلا انه عند وقوع مثل هذه الحالة يجب دراسة إمكانية إتخاذ احد الإجراءات التالية:

- تخفيض قيم حدود المواصفات.
- استبدال الآلة المستخدمة بالة اقل ضباطة.
- زيادة الفترة الزمنية بين اخذ العينات لعمليات التفتيش أو تقليل حجم العينة.
- الاستغناء عن استخدام لوحات الضبط.



الشكل(3) قابلية تغير العملية الإنتاجية أصغر بكثير من مدى التفاوت بدون إزاحة الوسط [١٠]

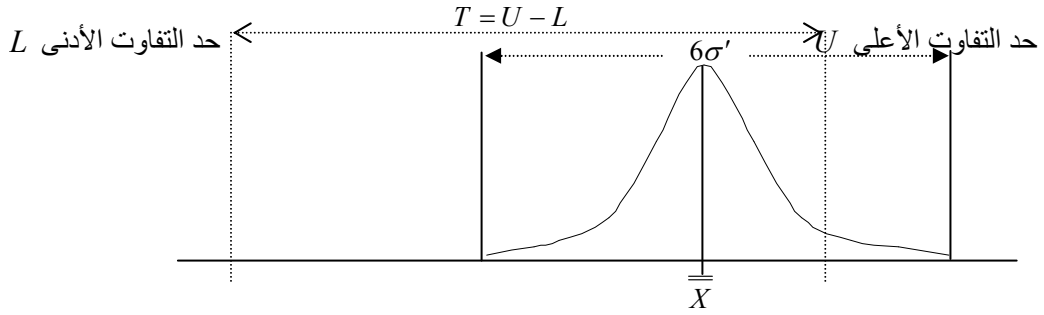
٢- قابلية تغيير العملية اصغر بكثير من مدى التفاوت ولكن الوسط مزاح بمقدار طفيف دون أن يؤدي إلى خروج الإنتاج خارج حدود التفاوت. وهذه الحالة تستدعي تكثيف التفتيش أو إعادة تنظيم العملية بغية إعادة الوسط إلى البعد الاسمي بهدف تحسين اقتصادية العملية الإنتاجية وتخفيض الكلفة النهائية للمنتج [١٠] وكما مبين في الشكل(4).



الشكل(4) قابلية تغير العملية الإنتاجية أصغر بكثير من مدى التفاوت ولكن الوسط مزاح بمقدار طفيف [١٠]

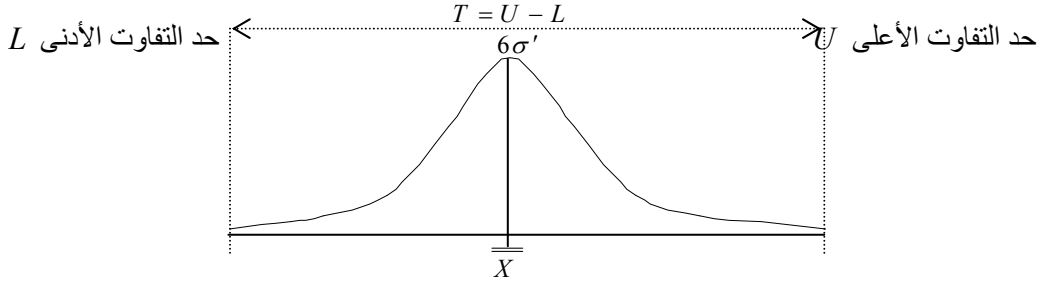
٣- قابلية تغيير العملية اصغر بكثير من مدى التفاوت ولكن الوسط مزاح بمقدار كبير وهذا يؤدي إلى خروج الإنتاج خارج حدود التفاوت [٩] كما مبين في الشكل(5). وهذه الحالة تتطلب إجراء أحد التعديلات التالية:

- تعديل قيمة متوسط العملية الإنتاجية.
- زيادة قيم حدود المواصفات.
- استبدال الآلة المستخدمة بالة أكثر دقة.



الشكل(5) قابلية تغير العملية الإنتاجية أصغر بكثير من مدى التفاوت ولكن الوسط مزاح بمقدار كبير [٩]

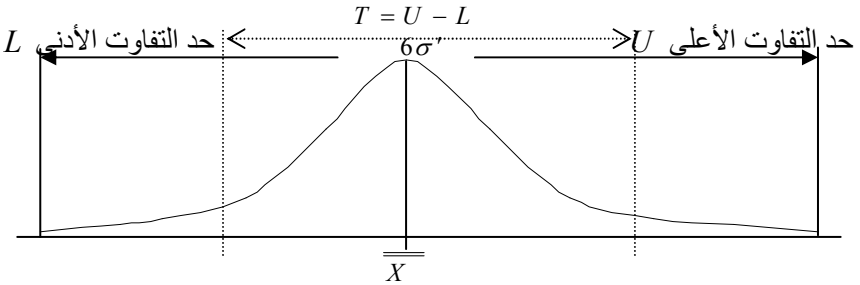
٤- قابلية تغيير العملية ومدى التفاوت متساويان تقريباً وهذا يستوجب زيادة التفتيش بشكل عام واستخدام تفتيش الإنتاج 100% بالنسبة للخواص الحرجة [١١] كما مبين في الشكل(6).



الشكل(6) قابلية تغير العملية الإنتاجية ومدى التفاوت متساويان [١١]

٥- قابلية تغيير العملية اكبر من مدى التفاوت وهذا يؤدي إلى خروج الإنتاج خارج الحدين الأعلى والأدنى للتفاوت [١٢] كما مبين في الشكل(7). وهذه الحالة تستدعي دراسة إمكانية إتخاذ أحد الإجراءات التالية:

- مراجعة حدود المواصفات وزيادة قيمها لمحاولة تقليل نسبة المعيب في ناتج العملية الإنتاجية لتخفيض الكلفة الناجمة عنها إلى اقل ما يمكن.
- بذل أقصى جهد ممكن لمحاولة تقليل المتغيرية للعملية الإنتاجية.
- استخدام لوحات الضبط مثل لوحة $(\overline{X})$ ولوحة (R).
- استبدال الآلة المستخدمة في العملية الإنتاجية بآلة أكثر ضباطة.
- تقليص الفترة الزمنية بين اخذ العينات لعمليات التفتيش أو زيادة حجم العينة.



الشكل(7) قابلية تغير العملية الإنتاجية أكبر من مدى التفاوت [١٢]

الحالة التطبيقية

تم اختيار مصنع المحاقن الطبية- بابل كحالة تطبيقية للبحث نتيجة ازدياد نسبة الإنتاج المعاب وزيادة الطلب على منتجاتها لذلك تم إجراء دراسة تناولت استخدام لوحتي المتوسط والمدى $\left(\overline{X}-R\right)$ لمراقبة العملية الإنتاجية الخاصة بتصنيع حشوة المكبس وذلك بأخذ(٢٠) عينة حجم كل منها(٥) مفردات كل عشرة دقائق. وكانت الخاصية هي القطر الخارجي لحشوة المكبس ذات المواصفة(12±0.05) وبما أن القطر الخارجي لحشوة المكبس هو متغير مستمر لذلك يتم تحديده بإجراء عملية القياس باستخدام الميكروميتر ذات الدقة(٠,٠١) كما مبين في الجدول(3). حيث يتم إعادة التصنيع للأجزاء التي يزيد بعدها عن الحد الأعلى للمواصفة وتتلف الأجزاء التي يقل بعدها عن الحد الأدنى للمواصفة.

جدول(3) المتوسط والمدى لمفردات عينات القطر الخارجي النهائي لحشوة المكبس(وحدة القياس مليمتر)

العينات			قياسات مفردات العينة(بالمليمتر)				
				X_3	X_4	X_5	
1				11	11	11	0ى
2				12	19	19	08
3				09	49	59	09
4				10	07	82	03
5				12	20	10	09
6				20	19	19	05
7				19	17	60	06
8				09	09	30	09
9				62	09	49	0.
10				10	50	10	05
11				10	29	11	02
12				19	51	19	03
13				19	19	69	03
14				50	20	19	05
15				22	49	99	0.
16				10	89	79	07
17				39	89	69	0.
18				60	10	80	05

19			1 1	1 1				0 .
20			1 9	1 9				0 5

حدود الضبط التجريبية

يمكن توضيح العمليات الحسابية اللازمة لعملية تحديد حدود السيطرة التجريبية والقيم المركزية لمخططي $(\overline{X}-R)$ عن طريق استخدام البيانات الموضحة في الجدول (3) الخاصة بالقطر الخارجي لحشوة المكبس لتحديد حدود السيطرة تستخدم المقادير الثابتة (D_3, D_4, A_2) كمعاملات إلى $\overline{R}$ والتي قيمها $(D_3 = 0, D_4 = 2.115, A_2 = 0.557)$ حيث تعتمد جميع هذه الثوابت على حجم العينة (٥ وحدات) وتستخرج من الجدول(3) المبين في الجزء النظري.والشكل(٨) يوضح القيم المركزية وحدود الضبط التجريبية لمخططي $(\overline{X}-R)$ اللذان يوضحان القراءات الحقيقية لإبعاد المنتج في العينات المقاسة. .

.

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \overline{X}_j}{m} = \frac{239.66}{20} = 11.98$$

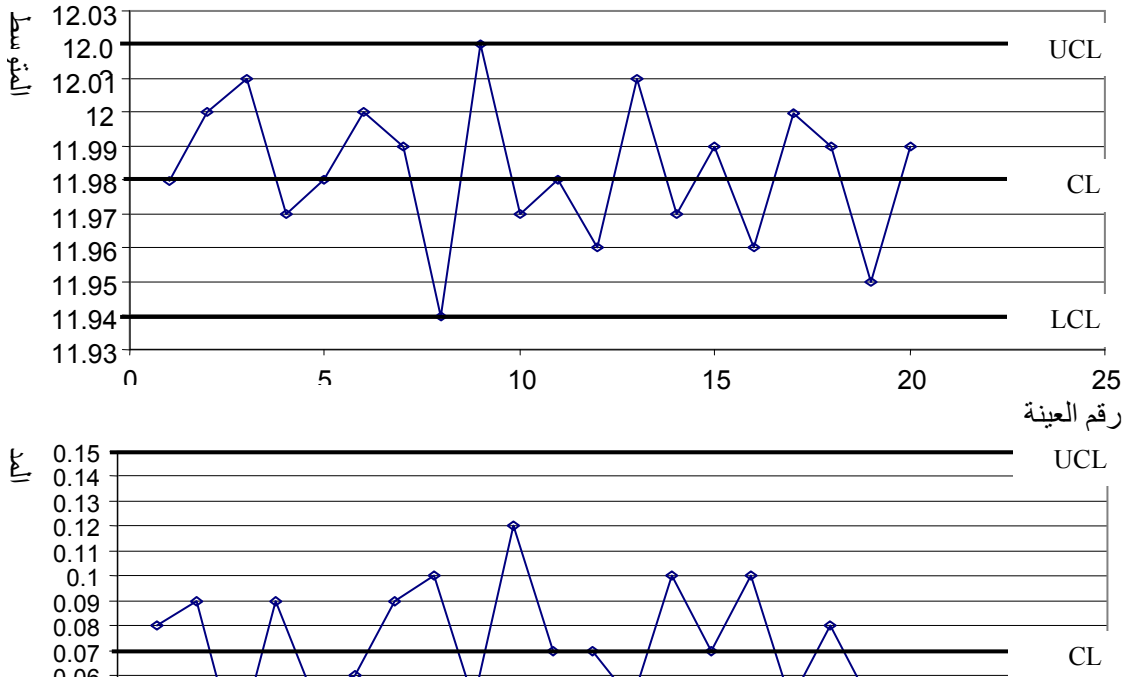
$$\overline{R} = \frac{\sum_{j=1}^{m} R_j}{m} = \frac{1.45}{20} = 0.07$$

$$UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2 \overline{R} = 11.98 + 0.577 \times 0.07 = 12.02mm$$

$$LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2 \overline{R} = 11.98 - 0.577 \times 0.07 = 11.94mm$$

$$LCL_{\overline{R}} = D_3 \overline{R} = 0 \times 0.07 = 0mm$$

$$UCL_{\overline{R}} = D_4 \overline{R} = 2.115 \times 0.07 = 0.15mm$$



مقدرة العملية الإنتاجية

إن كون العملية الإنتاجية في حالة منضبطة لايكفي لمعرفة فيما إذا كانت العملية قادرة على إنتاج وحدات مطابقة للمواصفات الموضوعة لذلك تم احتساب مقدرة العملية الإنتاجية والتي تعتمد على قيمة متغيرية العملية الإنتاجية لإيجاد قيم الحد الأدنى والأعلى من خلال إضافة وطرح ثلاثة إضعاف متغيرية العملية الإنتاجية إلى متوسط العملية الإنتاجية.

وعند مقارنة التفاوت الذي يمثل الفرق بين حدود المواصفات بمقدرة العملية الإنتاجية نجد أن مقدرة العملية الإنتاجية اكبر بكثير من التفاوت فان استمرار العملية الإنتاجية بدون إجراء أي تعديلات فان ما نسبته (0.99%) كما مبين في الشكل (٩) من الوحدات المنتجة يمكن إعادة تصنيعها ونسبة (15.8%) من الوحدات المنتجة سوف تكون وحدات معيبة حيث يتم احتساب هذه النسب من خلال اعتماد الجدول(2) الخاص بالمساحات تحت المنحني الطبيعي.

$$6\sigma' = 6\left(\frac{\overline{R}}{d_2}\right) = 6\left(\frac{0.07}{2.326}\right) = 0.18$$

$$3\sigma' = \frac{0.18}{2} = 0.09$$

$$3\sigma' = \frac{0.18}{2} = 0.09$$

$$\sigma' = \frac{.09}{3} = 0.03$$

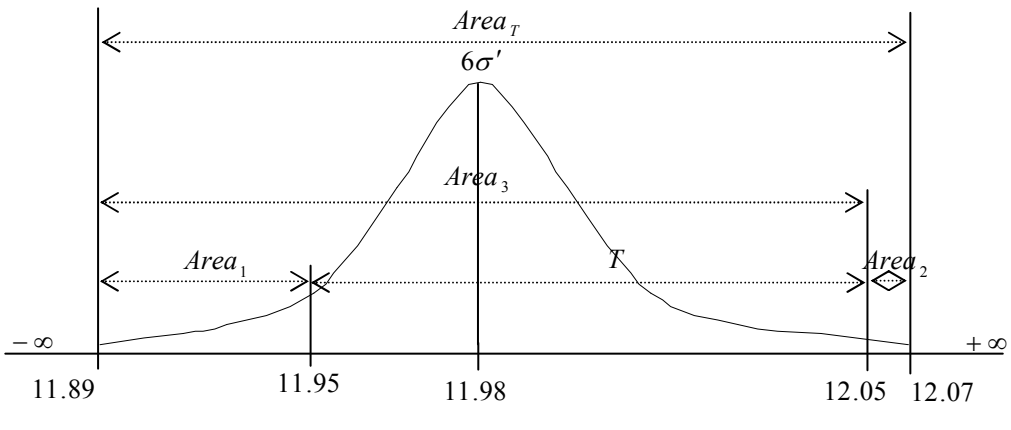
$$U = 12 + 0.05 = 12.05$$

$$L = 12 - 0.05 = 11.95$$

$$T = U - L = 12.05 - 11.95 = 0.1$$

$$LCL = \overline{\overline{X}} - 3\sigma' = 11.98 - 0.09 = 11.89mm$$

$$UCL = \overline{\overline{X}} + 3\sigma' = 11.98 + 0.09 = 12.07mm$$



الشكل (9) يوضح التفاوت ومقدرة العملية الإنتاجية

$$Z = \frac{X - \overline{\overline{X}}}{\sigma'} = \frac{11.95 - 11.98}{0.03} = -1$$

$$Area_1 = 0.1587 = 15.8\%(scrap)$$

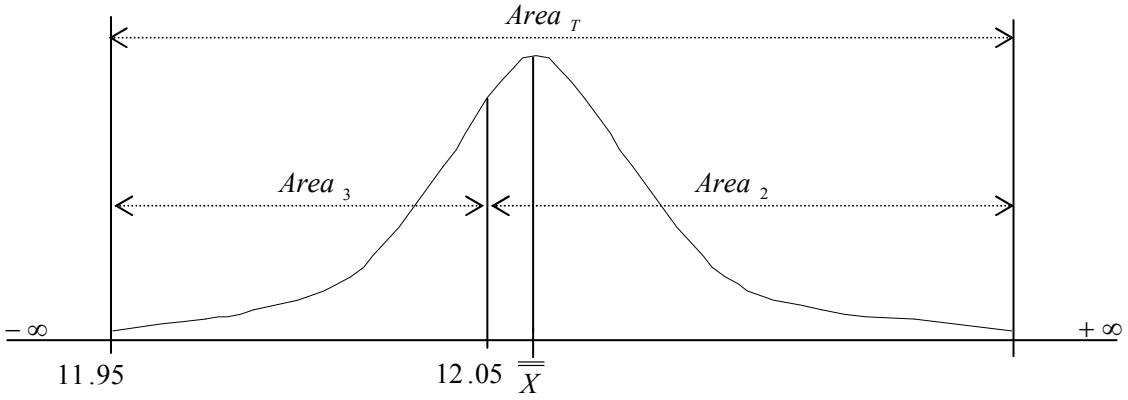
$$Z = \frac{X - \overline{\overline{X}}}{\sigma'} = \frac{12.05 - 11.98}{0.03} = 2.33$$

$$Area_3 = 0.9901$$

$$Area_2 = Area_T - Area_3 = 1 - 0.9901 = 0.0099 = 0.99\%(rework)$$

١-تعديل متوسط العملية الإنتاجية

١- إذا كانت كمية الأجزاء التالفة تساوي صفر، فان المساحة $(Area_1)$ تكون صفراً كما مبين في الشكل(10) من الجدول (2) فان اقرب قيمة لتلك لمساحة هي (0.00017) لذلك فان قيمة z المقابلة لها تساوي (٣,٥٩-) بناءاً على ذلك يمكن تغير مركز العملية الإنتاجية لتلافي التلف في المنتج مع تحديد النسبة المئوية للمنتج الذي يمكن إعادة عمله في مثل هذه الحالة.



الشكل(10) المقترح الأول لتعديل متوسط العملية الإنتاجية

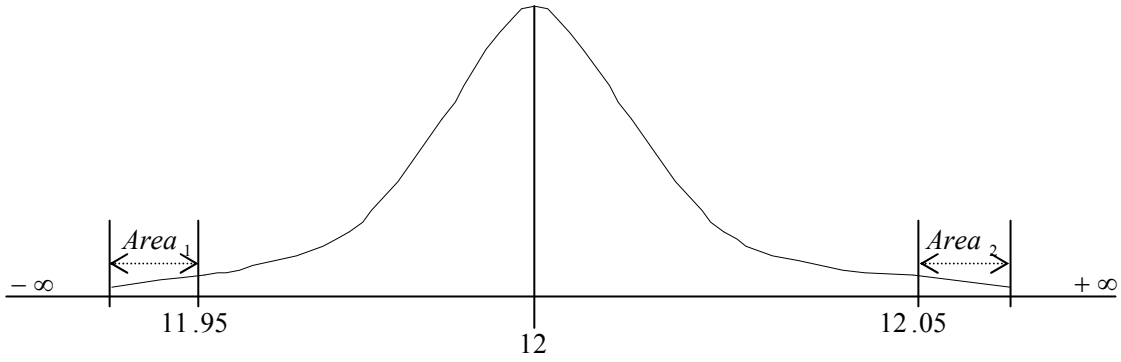
$$Z = \frac{X - \overline{\overline{X}}}{\sigma'} \Rightarrow -3.59 = \frac{11.95 - \overline{\overline{X}}}{0.03}$$

$$-0.1077 = 11.95 - \overline{\overline{X}} \Rightarrow \overline{\overline{X}} = 12.06$$

$$Z = \frac{12.05 - 12.06}{0.03} = -0.33$$

$$Area_3 = 0.3707 \Rightarrow Area_2 = Area_T - Area_3 = 1 - 0.3707 = 0.6293 = 62.93\%(rework)$$

٢- نلاحظ من الشكل(١١) انه لو تم تعديل قيمة متوسط العملية الإنتاجية من القيمة(١١,٩٨) إلى القيمة(١٢) هذا يعني وقوع العملية الإنتاجية في المركز بين حدي المواصفات،أي إنها القيمة المتوسطة بين الحد الأعلى للمواصفات(U=12.05) وبين الحد الأدنى للمواصفات(L=11.95) حيث تكون نسبة الوحدات في ناتج العملية الإنتاجية التي يقل قطرها عن(١١,٩٥) مساوية إلى (4.85%) وهذه الوحدات لا يمكن تصنيعها أو إصلاحها. أما نسبة الوحدات التي يكون قطرها اكبر من(12.05) فتكون مساوية إلى (4.85%) ومع أن هذه الوحدات تعتبر معيبة إلا انه يمكن إصلاحها.



الشكل(١١) المقترح الثاني لتعديل متوسط العملية الإنتاجية

$$Z = \frac{X - \overline{\overline{X}}}{\sigma'} = \frac{11.95 - 12}{.03} = -1.66$$

$$Area_1 = 0.0485 = 4.85\%(scrap)$$

$$Z = \frac{X - \overline{\overline{X}}}{\sigma'} = \frac{12.05 - 12}{.03} = 1.66$$

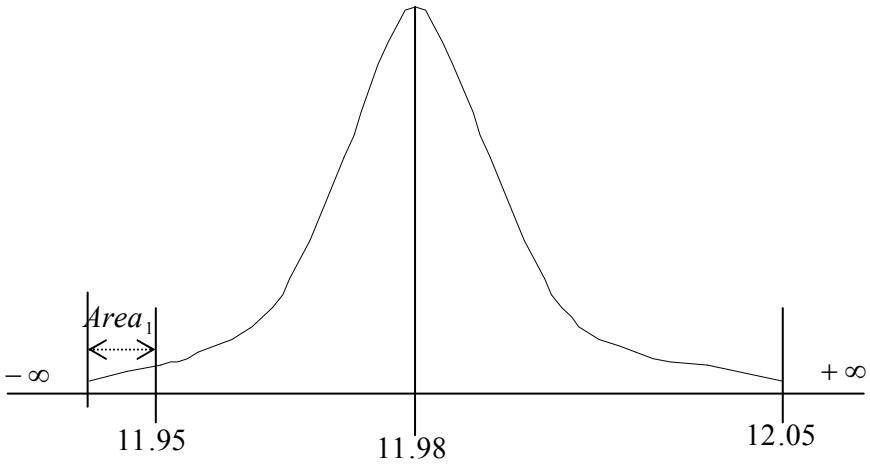
$$Area_3 = 0.9515$$

$$Area_2 = 1 - Area_3 = 1 - 0.9515 = 0.04850 = 4.85\%(rework)$$

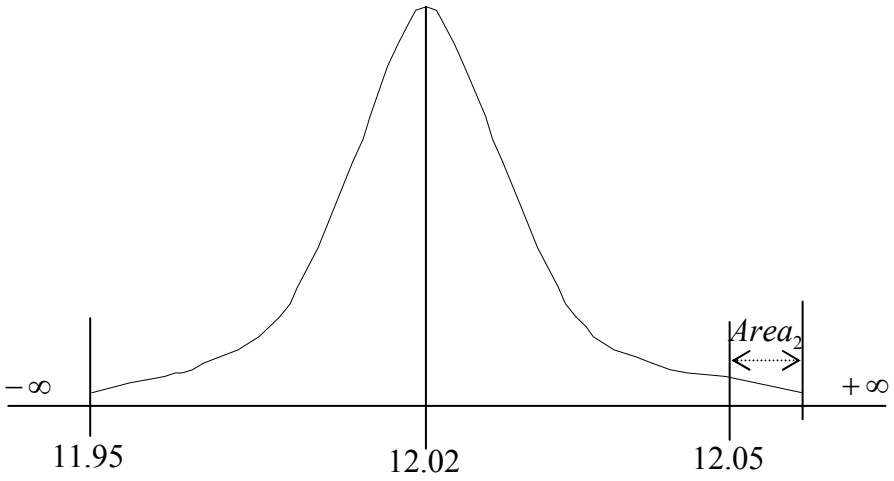
٢ <u>تعديل متغيرية العملية الإنتاجية</u>

تخفيض قيمة المتغيرية للعملية الانتاجية (σ') من القيمة(0.03) إلى القيمة(0.02) وقياس مدى تأثيرها على مقدرة العملية الإنتاجية مع احتساب نسبة الوحدات التي سوف تتلف ونسبة الوحدات التي يمكن إعادة تصنيعها كما مبين في الشكل(١٢). ثم قياس التعديل الحاصل في متوسط العملية الإنتاجية نتيجة تغير العملية الإنتاجية ومدى ثاثيرها على كل من نسبة الإنتاج المعاب والإنتاج الذي يمكن إعادته للعمل كما مبين في الشكل(١٣).

$$Z = \frac{X - \overline{\overline{X}}}{\sigma'} = \frac{11.95 - 11.98}{0.02} = -1.5$$
$$Area_1 = 0.0668 = 6.7\%(scrap)$$



الشكل(١٢) المقترح الأول لتعديل متغيرية العملية الإنتاجية



الشكل(١٣) المقترح الثاني لتعديل متغيرية العملية الإنتاجية

$$Z = \frac{X - \overline{\overline{X}}}{\sigma'} = \frac{12.05 - 11.98}{0.02} = 1.5$$

$$Area_3 = 0.9332$$

$$Area_2 = 1 - 0.9332 = 0.06680 = 6.7\%(rework)$$

الاستنتاجات والتوصيات:

١- بغض النظر عن ما أظهرته لوحتا المتوسط والمدى في الشكل(٨) من عدم وقوع أية نقطة خارج حدود السيطرة في كلتا اللوحتين إلا إنهما لم تعطيا صورة حقيقية عن علاقة البيانات بحدود التفاوت إنما أوضحتا فقط أن العملية الإنتاجية واقعة تحت الضبط الإحصائي فقط ولم تظهر أنها قادرة على تصنيع سلع تقع أبعادها ضمن المواصفات الموضوعة.

٢- من الشكل(٨) يبدو أن الإنتاج موزع توزيعاً طبيعياً لان متوسط العملية الإنتاجية يساوي (١١,٩٨ مم) وهو قريب جداً من البعد الاسمي المحدد في الخارطة التصميمية والبالغ (١٢ مم).

٣- يظهر الشكل(٩) أن تغير العملية الإنتاجية اكبر من مدى التفاوت حيث نسبة الإنتاج المعاب الذي يكون خارج الحد الأدنى للتفاوت (15.8%) ونسبة الإنتاج المعاد للعمل الذي يكون خارج الحد الأعلى للتفاوت (0.99%).

٤- يظهر المقترح الأول لتعديل متوسط العملية الإنتاجية والمبين في الشكل(١٠) أن إزاحة متوسط العملية من (١١,٩٨) إلى (١٢,٠٦) سوف يقلص نسبة الإنتاج المعاب من (15.8%) إلى صفر ونسبة الإنتاج الذي يمكن إعادة تصنيعه سوف يزداد من (0.99%) إلى (62.93%). . .

٥- يظهر المقترح الثاني لتعديل متوسط العملية الإنتاجية والمبين في الشكل (١١) أن إزاحة متوسط العملية الإنتاجية من (١١,٩٨) إلى (١٢) سوف يقلص نسبة النتاج المعاب من (15.8%) إلى (4.85%) ويزيد نسبة الإنتاج الذي يمكن إعادة تصنيعه من (0.99%) إلى (4.85%).

٦- يبين المقترح الأول لتعديل متغيرية العملية الإنتاجية الظاهر في الشكل(١٢) أن تعديل متغيرية العملية الإنتاجية من (٠,٠٣) إلى (٠,٠٢) سوف لا يغير متوسط العملية الإنتاجية ويبقى مساوياً إلى (١١,٩٨) ولكن يجعل النقاط قريبة من متوسط العملية الإنتاجية أي نقصان في تشتت المنحني وزيادة في ارتفاعه وهذا سوف يقلص نسبة الإنتاج المعاب من (15.8%) إلى (6.7%) ونسبة الإنتاج الذي يمكن إعادة تصنيعه سوف يتقلص إلى الصفر.

٧- يبين المقترح الثاني لتعديل متغيرية العملية الإنتاجية والمبين في الشكل(١٣) انه سوف يغير متوسط العملية الانتاجية من (١١,٩٨) إلى (١٢,٠٢) والذي سوف يجعل نسبة الإنتاج المعاب تتقلص إلى الصفر ونسبة الإنتاج الذي يمكن إعادة تصنيعه سوف تصبح (6.7%).

٨- بما أن الكلفة الناتجة عن الإنتاج المعاب مساوية إلى الكلفة الناتجة عن الإنتاج المعاد للعمل لذلك فان الحل الأمثل هو اختيار المقترح الأول المبين في الشكل(١٢) والذي يقترح تعديل متغيرية العملية الإنتاجية لتصبح مساوية إلى (٠,٠٢) الذي اظهر أن نسبة الإنتاج المعاب تساوي (6.7%) ونسبة الإنتاج المعاد للعمل يساوي صفر.

٩- لقد تم اعتماد المقترح الأول لأنه لا يحتاج إلى إجراء تعديل لمتوسط العملية الإنتاجية وهذا بدوره يسهم في تحسين اقتصادية العملية الإنتاجية وتخفيض الكلفة النهائية للمنتج.

١٠- تقصي إمكانية تغير مدى التفاوت ليصبح بمقدار تغير العملية الإنتاجية لمحاولة التخلص أو تقليل نسبة الإنتاج المعاب في ناتج العملية الإنتاجية لتخفيض الكلفة الناجمة عنها إلى اقل ما يمكن..

المصادر :

1-Dal H. Besterfield, " *Quality Control ",Printice Hall, 8th edition*, April 24, 2008

2-Douglas C. Montgomery, " *Introduction To Statistical Quality Control* ", John Wiley And Sons Inc, 6th edition, July 15, 2008.

3-Harrison M. Wadsworth, Kenneths, Stephens. A," *Modern Methods For Quality Control* ",,John Wiley, 2nd edition, October 18, 2001.

4- Richard E. Devor, Tsong-How chang, John W. Sutherland, " *Statistical Quality Design And Control* ", Printice Hall, 2nd edition, August 4, 2006.

٥- د. عادل عبد الملك،"*الهندسة الصناعية-إدارة واقتصاديات العمليات الإنتاجية*"، الجامعة التكنولوجية، ١٩٩٣

6-Layth C. Alwan," *Statistical Process Analysis* ", Mc Graw-Hill Companies, Inc, 2000.

7-Johannes Ledolter And Claude W. Burril," *Statistical Quality Control* ", Wiley And Sons, Inc, 1999.

8- Gerald M. Smith," *Statistical Process Control And Quality Improvement* ", Printice Hall, June 15, 2003.

٩- د. عبد الستار العلي، د. بسمان فيصل محجوب،"*التقييس والسيطرة النوعية في المنشئات الصناعية*، مطابع التعليم العالي، جامعة الموصل، ١٩٩٠.

10-Marvin Silbert, Jurans," *Quality Control Hand Book* ", chemical Institute of Canada, 4th edition, June, 2005.

11-Lewis R. " *Quality Management For Projects And Programs* ", Irland Projed Institute, June, 2007.

12- Mitra, John Wiley," *Fundamentals of Quality Control and Improvement* ", Duxbury Center, 1st edition, January 15, 2009.