المجلة الدولية للهندسة وتقنية المعلومات
journal homepage:www.ijeit.misuratau.edu.ly

قياس مقدرة العملية الإنتاجية

(مصنع الدرفلة على الساخن بالشركة الليبية للحديد والصلب كحالة دراسية)

د. منصور سالم زغينين
كلية التقنية الصناعية، قسم الهندسة الصناعية، مصراتة، ليبيا
manszn@yahoo.co.uk

أ. ونام علي أبوحليقة
كلية التقنية الصناعية، قسم الهندسة الصناعية، مصراتة، ليبيا
weamabohleka@gmail.com

الملخص— **تعاني بعض المؤسسات الإنتاجية من عدم قدرتها على الإيفاء بمتطلبات التصميم، حيث تظهر بعض العيوب على بعض منتجاتها لأسباب مختلفة؛ من هذه الأسباب: المواد الأولية، الآلات والمعدات الإنتاجية، طريقة أداء العمل، ظروف التشغيل. هناك العديد من التقنيات والأساليب الإحصائية التي تستخدم لتحسين جودة الانتاج والإيفاء بمتطلبات التصميم، ويعد قياس مؤشر مقدرة العملية الإنتاجية أحد هذه المقاييس الإحصائية.**

تهتم هذه الورقة بدراسة مقدرة العملية الإنتاجية لأحد خطوط الإنتاج بمصنع الدرفلة على الساخن بالشركة الليبية للحديد والصلب بمدينة مصراتة، وذلك لمعرفة مدى الإيفاء بالمواصفات الموضوعة. حيث تم أخذ 30 عينة من منتجات هذا الخط الإنتاجي حجم كل منها 5 مفردات للعرض 1000 مم وكذلك 30 عينة حجم كل منها 5 مفردات للعرض 1500 مم، وتم استخدام برنامج Minitab لرسم لوحة المتوسط والمدى لخاصية العرض، ومن تم حساب مؤشر مقدرة العملية الإنتاجية لمعرفة قدرة الخط الإنتاجي على تحقيق المواصفات المطلوبة، حيث تبين أن عند العرض 1000 مم مقدرة العملية الإنتاجية تساوي 1.15 أي أن الخط الإنتاجي قادر على تحقيق العرض المطلوب حسب المواصفة، في حين أن عند العرض 1500 مم مقدرة العملية الإنتاجية تساوي 0.68 أي أن الخط الإنتاجي غير قادر على تحقيق العرض المطلوب حسب المواصفة.

الكلمات المفتاحية: **(مقدرة العملية الإنتاجية، لوحات ضبط الجودة، مسببات التشتت في خواص الجودة).**

1. المقدمة

إن مسئولية الجودة بالمؤسسات الإنتاجية متعارف عليها بأنها ليست مسئولية قسم واحد في المؤسسة، بل هي من مهام أغلب الأقسام بها، حيث تبدأ من تحديد قسم التسويق لمتطلبات الجودة التي يرغبها المستهلك ومروراً بكافة المراحل الإنتاجية وإنتهاءً بتسلم المستهلك للسلع المصنعة بالجودة التي يتوقعها[1].

إن عدم مطابقة المنتجات للمواصفات يلحق الضرر بالمؤسسة المنتجة، حيث قد يترتب عليها تكلفة إضافية، بالإضافة إلى أن حصتها في السوق قد تقل وقد تخسرها بالكامل. ولتفادي تعرض المؤسسة لمثل هذه الخسائر يتوجب عليها إدارة جودة منتجاتها باستخدام الأساليب والأدوات الإحصائية المختلفة لتشخيص مسببات الانحراف في الجودة مبكراً والعمل على تصحيحه قبل إكتشافه من قبل المستهلك[2].

2. مفهوم مقدرة العملية الإنتاجية

عُرفت مقدرة العملية الإنتاجية من قبل (G. Solvency) بأنها "مقياس للمتغيرة التي تلازم العملية الإنتاجية"[3]، وأما (A. Figenbaum) فعرفها "بقابلية العملية الإنتاجية الواقعة تحت الضبط الاحصائي على تحقيق خاصية الجودة ضمن المواصفات المحددة"[3]. أما رياضياً فتعرف مقدرة العملية الإنتاجية بـ 6σ حيث أن (σ) تمثل الانحراف المعياري للعملية الإنتاجية المنضبطة احصائياً، أي عندما تكون التغيرات في العملية الإنتاجية ناتجة عن مسببات صدفية فقط.

استلمت الورقة بالكامل في 14 نوفمبر 2021 وروجعت في 19 نوفمبر 2021 وقبلت للنشر في 25 نوفمبر 2021،

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 14 ديسمبر 2021.

إن مقدرة العملية الإنتاجية تتأثر بجملة من العوامل: المواد الأولية، مهارة العاملين، أدوات القياس ومهارة القائمين بالقياس. حيث أن تغير أي عامل من هذه العوامل يؤدي إلى تغير مقدرة العملية الإنتاجية. ولذلك عند تحديد مقدرة العملية الإنتاجية يستلزم الأمر ثبات العوامل الثلاث السابقة. أما الظروف الإنتاجية فإنها محكومة بشرطين: الأول أن تكون العملية منضبطة احصائياً، والثاني أن تكون القياسات موزعة توزيعاً طبيعياً [4].

إن كون العملية الإنتاجية في حالة منضبطة لا يكفي فيما إذا كانت العملية قادرة على إنتاج وحدات مطابقة للمواصفات الموضوعة، لذلك يتم حساب مقدرة العملية الإنتاجية والتي تعتمد على قيم متغيرة للعملية الإنتاجية لإيجاد الحد الأدنى والأعلى [5].

3. مراحل دراسة وقياس مقدرة العملية الإنتاجية[4]

تمر عملية دراسة وقياس مقدرة العملية الإنتاجية بثلاثة مراحل هي:

1.3 مرحلة التخطيط

وهي الخطوة الأولى وفيها يتم فيها اختيار خاصية الجودة المطلوب دراستها، وذلك لأن العملية الواحدة في أغلب الأحيان تنطوي على عدة خواص ولكل منها نموذجه الخاص به. وإن دراسة التغير في أي خاصية يستدعي جمع بيانات مستقلة لإجراء تحليل منفصل لكل منها.

وهنا وجب التنويه إلى أن عدد الدراسات التي يتوجب إجرائها على عملية معينة يعتمد على البيانات السابقة المتوفرة عن هذه العملية، فالتعامل مع العمليات الإنتاجية القديمة والجديدة لن يكون بنفس المستوى بسبب عدم توفر الدراسات للعمليات الانتاجية الجديدة. وعند اجراء أي دراسة ضرورة تسجيل ظروف التنظيم والتشغيل بشكل دقيق وبصورة متكاملة لتمكين مقدرة العملية الإنتاجية على تشخيص ظروف الاختبار الصائبة.

2.3 مرحلة التنفيذ

تتمثل هذه المرحلة في جمع البيانات الضرورية لحساب مقدرة العملية الإنتاجية، مع ضرورة مراعاة:

جمع البيانات تحت ظروف التشغيل الاعتيادية للآلة ولدفعة واحدة من المواد الأولية ولنفس العامل والفاحص للقياس.

تجنب إجراء إعادة تنظيم الآلة خلال فترة تسجيل البيانات لكامل الدفعة وكذلك عدم معايرة أدوات القياس.

3.3 مرحلة الحساب

تنطوي تحت هذه المرحلة عملية حساب كل من: حدود الضبط للوحة المتوسط والمدى، حساب مقدرة العملية الإنتاجية، حساب مؤشر المقدرة وذلك طبقاً للمعادلات التالية:

1.3.3 حساب حدود الضبط للوحة المتوسط والمدى

تعتبر لوحة المتوسط والمدى من أكثر لوحات ضبط الجودة استخداماً عند دراسة مقدرة العملية الإنتاجية ومراقبتها باستمرار، وترسم هذه اللوحة وفقاً للخطوات التالية:

تؤخذ قياسات الخاصية المطلوب دراسة مقدرة العملية الإنتاجية على تحقيقها بأداة قياس دقيقة وبما لايقل عن 25 عينة حجم كل منها 5 وحدات.

يحسب المتوسط والمدى لكل عينة، ومن ثم يتم حساب متوسط المتوسطات ومدى المديات وفقاً للمعادلتين الآتيتين[6]
:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \bar{X}_j}{m} \quad (1)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^{m} R_j}{m} \quad (2)$$

حيث أن:

$\bar{x}$ المتوسط لكل عينة

R المدى لكل عينة.

حساب خط المركز وحدود الضبط للوحة المتوسط والمدى وفقاً للمعادلات الآتية:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \quad (3)$$

$$CL = \bar{\bar{X}} \quad (4)$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \quad (5)$$

حساب خط المركز وحدود الضبط للوحة المدى (R) طبقاً للمعادلات التالية:

$$UCL = \bar{R}\, D_4 \quad (6)$$

$$CL = \bar{R} \quad (7)$$

$$LCL = \bar{R}\, D_3 \quad (8)$$

حيث أن:

A2, D3, D4 = معاملات تعتمد على حجم العينة

CL = خط المركز، UCL = حد الضبط الأعلى، LCL = حد الضبط الأدنى.

2.3.3 تحسب مقدرة العملية الإنتاجية بموجب المعادلة التالية:

مقدرة العملية = 6σ ويحسب الانحراف المعياري للمجتمع بطريقتين الأولى بدلالة الوسط الحسابي والثانية بدلالة المدى وكما يلي:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}} \quad (9)$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d} \quad (10)$$

وقد اتضح من خلال الواقع العملي أن حساب مقدرة العملية باستخدام المدى أكثر سهولة ويكون كالتالي:

$$6\sigma = \frac{6}{d_2}\bar{R} \quad (11)$$

حيث أن:

σ: الانحراف المعياري للمجتمع.

$\bar{R}$ متوسط المديات للعدد من العينات.

d_2 قيمة ثابتة تعتمد على حجم العينة التي يحسب منها المدى.

ويحسب مؤشر مقدرة العملية الإنتاجية Cp طبقا للمعادلة التالية:

$$Cp = \frac{T}{6\sigma} \quad (12)$$

حيث أن: T التفاوت بموجب الخارطة التصميمية

3.3.3 حساب مؤشر مقدرة العملية الإنتاجية:

يحسب مؤشر مقدرة العملية الإنتاجية Cp وفقاً للمعادلة أدناه، ووجب الإشارة إلى أن أفضل مؤشر لمقدرة العملية الإنتاجية يتحقق عندما يكون التفاوت مساوي إلى 8 انحرافات معيارية، وهذا يعني أن الرقم 1.33 هو أفضل مؤشر لمقدرة العملية[4]. إن الإجراءات الواجب اتخاذها لمختلف قيم مؤشر مقدرة العملية الإنتاجية بعد حسابه على مستوى ماكينة أو خط انتاجي مبينة في الجدول 1.

$$Cp = \frac{8\sigma}{6\sigma} = 1.33$$

جدول 1. الإجراءات الواجب اتخاذها وفقاً لقيم مؤشر العملية الإنتاجية [4]

مؤشر مقدرة العملية الإنتاجية Cp	الإجراءات الواجب اتخاذها
1.33 ≤ Cp	يتعين مراجعة حدود المواصفات او العملية الإنتاجية أو كليهما.
1.33 > CP > 1	الحالة مثالية ولا تستدعي أي إجراء.
CP ≤ 1	ينبغي اتخاذ الإجراءات لتحسين حالة الماكنة أو الخط الإنتاجي بالإضافة إلى تفتيش الإنتاج بنسبة 100 %.

4. الحالة الدراسية

1.4 نبذة عن مصنع الدرفلة على الساخن

مصنع الدرفلة على الساخن هو أحد مصانع الشركة الليبية للحديد والصلب، مصمم لدرفلة بلاطات الصلب المنتجة بالصب المستمر إلى لفات مدرفلة على الساخن بسمك من 2 مم إلى 12.7 مم، وبعرض من 600 مم إلى 1525 مم وبطاقة إنتاجية 580,000 طن سنوياً من اللفات المدرفلة على الساخن[7] .

2.4 عينة البحث

تم أخذ 30 عينة حجم كل منها 5 وحدات من منتجات مصنع الدرفلة على الساخن، وتم تحديد الخاصية التي سيتم دراستها وهي العرض 1000 مم و1500 مم وذلك لغرض رسم لوحة ضبط المتغيرات ومن ثم حساب مقدرة العملية الإنتاجية[8] .

3.4 دراسة مقدرة العملية الإنتاجية بالمصنع

تمت دراسة مقدرة العملية الإنتاجية لأحد خطوط الإنتاج بمصنع الدرفلة، وذلك لمعرفة مدى الإيفاء بالمواصفات الموضوعة من قبل المصمم. حيث تم أخذ 30 عينة من منتجات هذا الخط الإنتاجي حجم كل منها 5 مفردات للعرض 1000 مم وكذلك 30 عينة حجم كل منها 5 مفردات للعرض 1500 مم، وتم استخدام برنامج Minitab لرسم لوحة المتوسط والمدى لخاصية العرض، وكذلك لرسم المدرج التكراري ومن ثم حساب مؤشر مقدرة العملية الإنتاجية حيث اتضح أن الخط الإنتاجي قادر على تحقيق المواصفات المطلوبة وكما يلي:

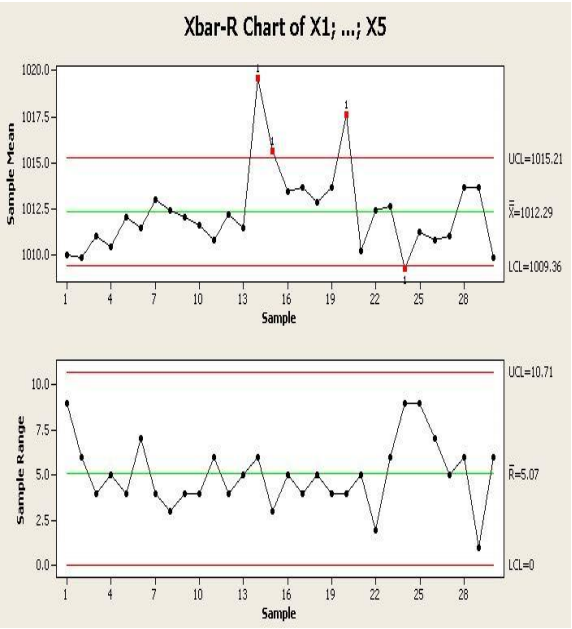
أولا العرض 1000مم $\binom{+20}{-0}$:

الجدول 2 يبين قياسات العرض لعدد 30 عينة حجم كل منها 5 مفردات والتي تم الحصول عليها من المصنع وذلك للعرض 1000 مم وحدود التفاوت $\binom{+20}{-0}$.

جدول 2. قياسات 30 عينة للعرض 1000مم بتفاوت $\binom{+20}{-0}$

X5	X4	X3	X2	X1	رقم العينة
1012	1013	1011	1010	1004	1
1007	1008	1013	1011	1010	2
1012	1013	1011	1010	1009	3
1010	1013	1012	1009	1008	4
1011	1012	1014	1013	1010	5
1011	1013	1015	1010	1008	6
1012	1014	1015	1013	1011	7
1012	1012	1013	1014	1011	8
1012	1014	1013	1011	1010	9
1014	1012	1011	1011	1010	10
1007	1012	1010	1012	1013	11
1014	1013	1013	1010	1011	12
1013	1012	1013	1011	1008	13
1022	1019	1021	1020	1016	14
1016	1016	1014	1017	1015	15
1014	1013	1016	1013	1011	16
1014	1014	1015	1011	1014	17
1013	1014	1015	1012	1010	18
1013	1012	1013	1014	1016	19
1016	1017	1019	1020	1016	20
1013	1011	1010	1009	1008	21
1013	1013	1012	1013	1011	22
1016	1015	1011	1011	1010	23
1013	1011	1010	1008	1004	24
1012	1015	1013	1010	1006	25
1012	1014	1011	1007	1010	26
1011	1010	1014	1011	1009	27
1013	1017	1016	1011	1011	28
1013	1014	1013	1014	1014	29
1011	1012	1011	1009	1006	30

تم ادخال البيانات السابقة على برنامج Minitab ورسم لوحة المتوسط والمدى وكانت النتيجة كما في الشكل 1.



الشكل (1) يوضح لوحتي المتوسط والمدى للعرض 1000 مم

يتضح من الشكل 1 ما يلي:

في لوحة المتوسط:

CL = 1012.29, UCL = 1015.21, LCL = 1009.36

في لوحة المدى:

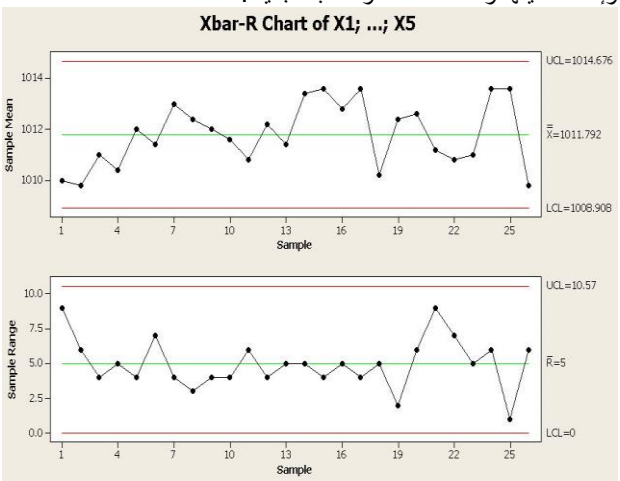
CL = 5.07, UCL= 10.07, LCL = 0

قيمة الانحراف المعياري σ = 2.9

مقدرة العملية الإنتاجية CP = 1.15

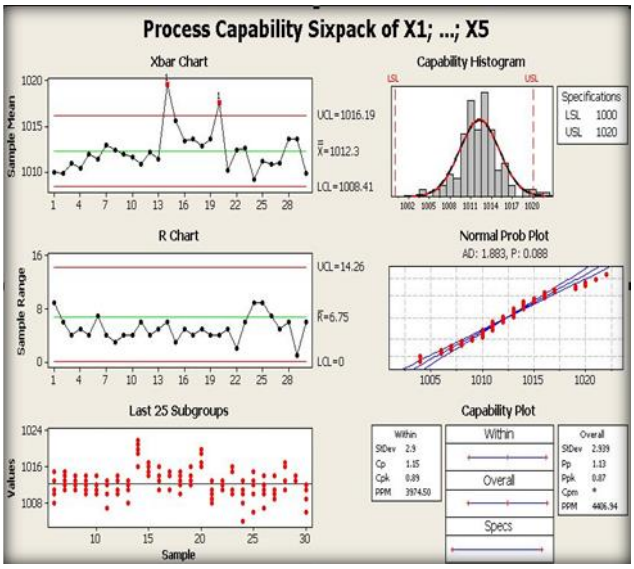
بما أن 1 < CP < 1.33 إذا العملية الإنتاجية قادرة على تحقيق المواصفات كذلك لم تخرج أي نقطة خارج حدود الضبط في لوحة المدى.

يتضح من خلال الرسم أن العملية الإنتاجية غير منضبطة احصائيا لخروج النقطة 24 خارج حد الضبط الأدنى، والنقاط (14،15، 20) خارج حد الضبط الأعلى في لوحة المتوسط وحيث أن أسباب الزيادة والنقص معروفة تم استبعاد العينات الخارجة عن حدود الضبط شكل 2. وإعادة تدقيقها واعتمادها كحدود ضبط جديدة.



الشكل 2 يوضح لوحتي المتوسط والمدى بعد التدقيق للعرض 1000مم

بعد ذلك تم رسم المدرج التكراري للبيانات السابقة الشكل 3. وحساب مقدرة العملية الإنتاجية باستخدام البرنامج.



شكل 3 يوضح كل الحسابات الخاصة بمقدرة العملية الإنتاجية باستخدام برنامج Minitab

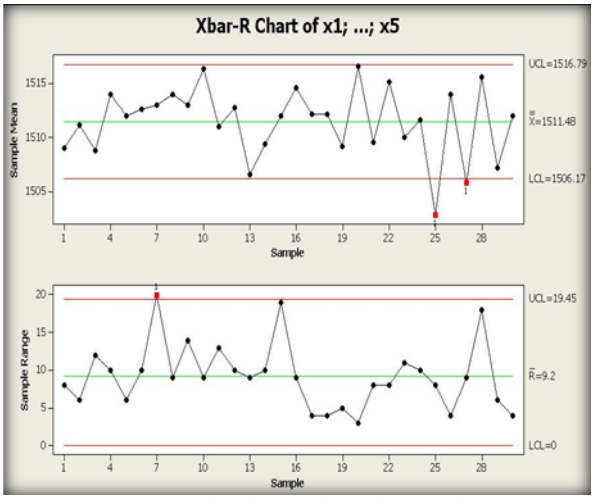
ثانياً العرض 1500مم $\binom{+20}{-0}$

الجدول 3 يبين قياسات العرض لعدد 30 عينة حجم كل منها 5 مفردات والتي تم الحصول عليها من المصنع وذلك للعرض 1500 مم وحدود التفاوت $\binom{+20}{-0}$.

جدول 3. قياسات 30 عينة للعرض 1500مم بتفاوت $\binom{+20}{-0}$

رقم العينة	X1	X2	X3	X4	X5
1	1505	1513	1507	1512	1508
2	1514	1512	1509	1513	1508
3	1503	1515	1508	1505	1513
4	1519	1513	1509	1517	1512
5	1511	1515	1512	1509	1513
6	1512	1518	1514	1508	1511
7	1503	1523	1518	1506	1515
8	1516	1510	1519	1514	1511
9	1506	1520	1510	1513	1516
10	1521	1513	1512	1520	1516
11	1507	1516	1503	1514	1515
12	1517	1507	1516	1515	1509
13	1502	1510	1504	1511	1506
14	1508	1511	1514	1510	1504
15	1501	1508	1520	1512	1519
16	1509	1517	1514	1515	1518
17	1510	1512	1513	1514	1512
18	1511	1513	1510	1514	1513
19	1507	1512	1509	1508	1510
20	1515	1516	1517	1518	1517
21	1506	1508	1514	1511	1509
22	1511	1515	1519	1513	1518
23	1503	1510	1514	1511	1512
24	1514	1505	1511	1515	1513
25	1499	1500	1502	1506	1507
26	1515	1516	1514	1512	1513
27	1502	1504	1503	1511	1509
28	1507	1511	1525	1516	1519
29	1504	1507	1510	1506	1509
30	1511	1514	1510	1512	1513

تم ادخال البيانات السابقة على برنامج Minitab ورسم لوحة المتوسط والمدى وكانت النتيجة كما في الشكل 4.



شكل 4 يوضح لوحتي المتوسط والمدى للعرض 1500 مم

يتضح من الشكل 4 ما يلي:

في لوحة المتوسط:

CL = 1511.48, UCL = 1516.79, LCL = 1506.17

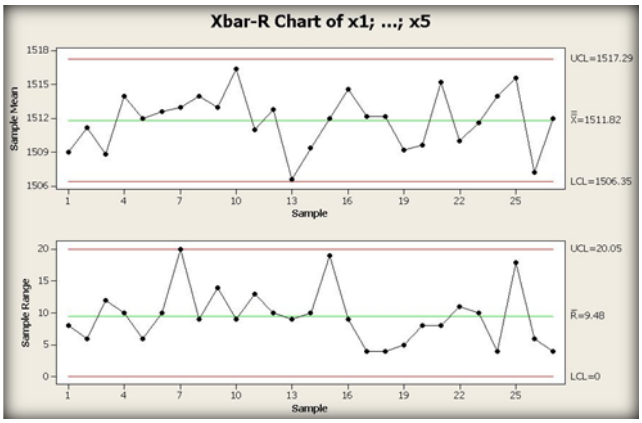
في لوحة المدى:

CL = 9.2, UCL = 19.45, LCL = 0

تم حساب قيمة الانحراف المعياري σ = 4.9 وكذلك مقدرة العملية الإنتاجية CP = 0.68

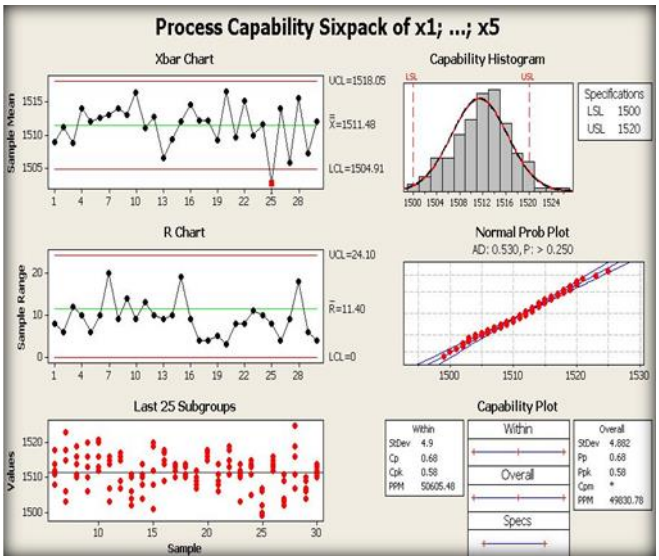
بما أن (CP < 1) العملية الإنتاجية غير قادرة على تحقيق المواصفات وينبغي اتخاذ الإجراءات لتحسين حالة الالة أو الخط الإنتاجي، وذلك لتقليل التشتت.

يتضح من خلال الرسم أن العملية الإنتاجية غير منضبطة احصائيا لخروج النقاط (25، 27) خارج حد الضبط الأدنى، والنقطة (20) خارج حد الضبط الأعلى في لوحة المتوسط وخروج النقطة (7) في لوحة المدى، وحيث أن أسباب الزيادة والنقص معروفة تم استبعاد العينات الخارجة عن حدود الضبط الشكل 5. وإعادة تدقيقها واعتمادها كحدود ضبط جديدة.



شكل 5. يوضح لوحتي المتوسط والمدى للعرض 1500 مم

بعد ذلك تم رسم المدرج التكراري الشكل 6. وحساب مقدرة العملية الإنتاجية باستخدام ب برنامج Minitab.



شكل 6 يوضح لوحتي المتوسط والمدى للعرض 1500 مم

5. الاستنتاجات

مما سبق نستنتج أن:

- عند العرض 1000 مم كانت لوحة المتوسط غير منضبطة احصائياً، في الوقت الذي كانت فيه لوحة المدى عند العرض 1000 مم منضبطة احصائياً. وأن مقدرة العملية الإنتاجية تساوي 1.15 أي أن الخط الإنتاجي قادر على تحقيق العرض 1000مم $\binom{+20}{-0}$.
- عند العرض 1500 مم كانت لوحة المتوسط غير منضبطة احصائياً، وكذلك لوحة المدى عند العرض 1500 مم. وأن مقدرة العملية الإنتاجية تساوي 0.68 أي أن الخط الإنتاجي غير قادر على تحقيق العرض 1500 مم $\binom{+20}{-0}$.

6. التوصيات

- العمل على إدخال الطرق الإحصائية ضمن نشاطات قسم ضبط الجودة بالشركة باعتبارها وسيلة من وسائل ضبط الجودة وتطبيقها يعطي نتائج سريعة ومردود اقتصادي كبير وذلك لسهولة تطبيقها.
- تبني استخدام أدوات تشخيص مسببات الانحراف في العملية الإنتاجية للتعرف على أسباب خروج بعض العينات عن حدود الضبط.
- اعداد نظام معلومات جيد يؤمن وصول المعلومات عن الانحرافات ممكنة الحدوث في الوقت المناسب لقسم التشغيل لضمان عدم تكرارها.
- العمل على تشكيل حلقات (دوائر) الجودة وذلك لحل مشاكل ضبط جودة الإنتاج، والتي أثبتت التجارب العالمية فاعليتها وقدرتها على حل الكثير من مشاكل الإنتاج.

المراجع

1. أمل صادق عطا، تحسين جودة أسلاك اللحام من خلال تطبيق مؤشر مقدرة العملية الإنتاجية حالة تطبيقية في شركة الهلال الصناعية.
2. رحماني مراد وبلقرع ياسين، قياس جودة المنتجات بإستخدام خرائط الرقابة، كلية العلوم الاقتصادية العلوم التجارية، جامعة: د.الطاهر مولاي، سعيدة، الجزائر2016
3. سمير علي امين الربيعي، طارق محمد علي، تطبيق ورق الاحتمال الطبيعي في تحديد مقدرة العملية الإنتاجية، مجلة الهندسة والتنمية – المجلد السابع، العدد الثالث 2013.
4. اسماعيل إبراهيم القزاز، عادل عبد المالك، ضبط الجودة النظرية والتطبيق، المعهد العالي للصناعة مصراتة ومكتبة طرابلس العلمية طرابلس 1997.
5. زهير حسن محمد، دراسة تأثير التفاوتات التصميمية على مقدرة العملية الإنتاجية، المجلات الاكاديمية العلمية العراقية.
6. سوسن صبيح عبد علي، سالم عبد الله صالح، زهير حسن عبد الله، تحسين عملية الإنتاج باستعمال تقنية ستة سيكما دراسة تطبيقية في مصنع المحاقن الطبية - بابل، مجلة تكريت للعلوم الهندسية - المجلد 19 – العدد 4 - كانون الأول 2012
7. موقع الشركة الليبية للحديد والصلب، تاريخ الدخول 2021/01/22 م *https://libyansteel.com/index.php/ar/2014-03-02-00-01-54/2009-08-20-07-48-36-64*
8. منصور سالم زغينين، تحسين الجودة بموجب مواصفة ISO 9004-4 بمصنع الدرفلة على الساخن بالشركة الليبية للحديد والصلب 1999.