تطبيق منهجية الستة سيغما في صناعة العبوات البلاستيكية لتعبئة الزيوت المعدنية

"دراسة حالة معمل مزج الزيوت في مصفاة حمص"

طالبة الماجستير: م. نور عيسى بلال

كلية الهندسة الميكانيكية والكربائية – جامعة البعث

إشراف : د.عبير المكائيل & د.ماهر الإبراهيم

الملخص

عرض هذا البحث طريقة تطبيق منهج SIX SIGMA ، واستخدامه لتحليل عيوب العملية الإنتاجية والعمل على تخفيضها باتباع طرق إحصائية وتحليلية.

الغرض الأساسي من إجراء هذه الدراسة هو استكشاف فعّالية استخدام تقنية الستة سيغما في تحديد وتحليل الأسباب الأساسية لظهور العيوب، والعثور على التدابير العلاجية الفعّالة للقضاء على تلك الأسباب باستخدام دورة DMAIC . تم تنفيذ هذا البحث تحت التجربة العملية في معمل مزج الزيوت المعدنية، يحوي خط إنتاج لعبوة بلاستيكية سعة 4Lit مصنّعة من البولي ايتلين عالي الكثافة معاد التدوير R-HDPE .

أثبتت الباحثة في نهاية البحث دور منهج SIX SIGMA في تقليل نسبة عيوب الإنتاج من 16.3% حتى 6.3%، وتحسن مستوى سيغما في المعمل من 3.4

حتى 3.9 ، وهذا يشير إلى تحسين مقدرة، وأداء العملية الإنتاجية، وزيادة كفاءتها وتعدّ هذه النتائج دليل على نجاح التطبيق.

كلمات مفتاحية :سيغما، الستة سيغما ، منهجية الستة سغما ، الجودة ، دورة ديميك، تحليل مقدرة العملية الإنتاجية ،التشكيل بالبثق والنفخ، البولي إيتلين عالي الكثافة معاد التدوير

Application of the Six Sigma Methodology in the Manufacture of Plastic Containes for the Filling of Mineral Oils

"A Case Study: Oil Mixing Plant in Homs Refinery"

Abstract

This research provided the method of applying SIX SIGMA methodology and its use in analysing the defects of the production process applying statistical and analytical methods to reduce them.

The main objective of this study is exploring the efficiency of using SIX SIGMA technique in identifying and analysing the essential causes of defects and finding the curative procedures to eliminate them using DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) cycle. This research was carried out under practical experiment in the factory of mixing mineral oils that has a production line of plastic packaging with a capacity of 4 Lit that is made from recycled highdensity Polyethylene

R-HDPE. In the end of the research, the researcher proved that the SIX SIGMA methodology has a role in the reduction the percentage of production defects from 16.3% to 6.3%, and

improve the level of sigma in the factory from 3.4 to 3.9, which indicates improvement in the ability and performance of production process in addition to the increase in efficiency, these results are evidences of this application success.

Key words: Sigma , Six Sigma, Six Sigma Methodology , Quality , DMAIC Cycle , Process Capability Analyze , Extrusion Blow Molding , Recycled High Density Polyethylene.

1- المقدمة :

1-1- منهجية الستة سيغما SIX SIGMA Methodology:

- تعرف منهجية الستة سيغما بأنها استراتيجية تحسين أعمال قوية دفعت الشركات لاستخدام طرق إحصائية بسيطة وقوية لتحديد وقياس وتحليل وتحسين ومراقبة العمليات لتحقيق التميز التشغيلي .[1]
- يتألف مصطلح الستة سيغما من جزأين أولهما الحرف 'σ سيغما" وهو حرف يوناني يستخدم للإشارة إلى الانحراف المعياري للبيانات ، ويعبّر عن مدى تشتت البيانات عن وسطها الحسابي وهذا يعني زيادة في كمية الخطأ وبالتالي زيادة التلف في المنتج المطروح.

أما الرقم 6 فيشير إلى عدد الانحرافات المعيارية "مستوى سيغما " وكلما زاد العدد المرافق للسيغما دلّ على زيادة مستوى الجودة وانخفاض نسبة العيوب في المنتج والعكس صحيح .

- حساب مستوى سيغما للعملية الإنتاجية:

يحسب مستوى السيغما لمجموعة بيانات من العلاقة التالية[2]:

$$\sigma_{Level} = 0.8046 + \sqrt{29.37 - 2.22 \ln (DPMO)}$$

حيث أنّ DPMO هي اختصار لعبارة Defects Per Millions Opportunities أي أنها عدد فرص ظهور العيوب من أجل مليون فرصة ممكنة، وتحسب قيمة DPMO كالتالي : [3]

$$\text{نسبة العيوب} = \frac{\text{عدد العيوب}}{\text{عدد الواحدات المنتجة}} \times 100$$

$$\text{العيوب لكل فرصة} = \frac{\text{عدد القطع المرفوضة}}{\text{فرص ظهور العيب} \times \text{عدد القطع المنتجة}}$$

DPMO العيوب لكل مليون فرصة = العيوب لكل فرصة × 1000000

1-2- مراحل وأدوات تطبيق منهجية الستة سيغما

Phases and Tools for Applying the Six Sigma Methodology:

يتطلب تطبيق الستة سيغما توافر ثقافة تنظيمية مبنية على العمل الجماعي والتركيز على الزبائن والتحسين المستمر والابتكار؛ هناك العديد من النماذج التي تساعد بتنفيذ مشروع الستة سيغما وتحسين أداء العمليات ومنها نموذج ديميك "DMAIC" وهي حلقة مغلقة تزيل الخطوات غير المثمرة وتركّز على قياسات جديدة وتطبيق تقنية التحسين المستمر[3] وفق المراحل الخمس التالية:

1-2-1- طور التحديد Define Phase : الهدف من هذا الطور هو تحديد نطاق وأهداف مشروع التحسين بما يتناسب مع متطلبات العملاء واحتياجاتهم ؛ وأبرز الأدوات المستخدمة في هو **تحليل باريتو** ،حيث يعتبر تحليل باريتو أن جزءاً قليلاً من الأسباب يتسبب في الكم الأكبر من النتائج و يساعد في تحديد المشكلات الواجب حلها عن طريق تنظيم البيانات بشكل يظهر أكبر العوامل تسبباً في حدوث الخلل ويتدرج إلى أقلها أهمية .انظر الشكل (5)

1-2-2- طور القياس Measure Phase : يتم في هذا الطور جمع البيانات المطلوبة لتحديد العوامل الرئيسية للمشكلة المدروسة، وأبرز الأدوات استخداماً **خرائط التحكم** وهي أداة تحذير استباقي لانحراف العمليات عن أهداف الجودة

المطلوبة، تعرض بيانياً نتائج سير العملية التصنيعية خلال فترة زمنية.انظر الشكل(9)

1-2-3- طور التحليل Analyze Phase : يتم فيه تحليل البيانات التي تم جمعها في طور القياس لتحديد الأسباب الرئيسية للمشكلة واقتراح الحلول ثم اختيار أفضلها، وأهم الأدوات المستخدمة **مخطط السبب والأثر** ؛حيث يعتبر أداة فعّالة تستخدم للترتيب المنطقي للأسباب المحتملة لمشكلة ما في خمس فئات هي:

البيئة والظروف المحيطة (Environment) ، المواد (Material) ، الآلات والمعدات (Machine) ، العمال الفنيين (Men) ، أساليب العمل (Method) ،والقياس (Measurement)

انظر الشكل (6)

1-2-4- طور التحسين Improve Phase : في هذ الطور تُدرس مدى إمكانية تطبيق الحلول المقترحة ومدى ملائمتها، ثم تنفيذها .

1-2-5- طور الضبط Control Phase :يتم فيه متابعة العمليات والتأكد من عدم تكرار الأخطاء، ومن فعّالية الحل المطبق ، عبر جمع بيانات جديدة وتحليلها باستخدام خرائط المراقبة وتحليل لمقدرة العملية الإنتاجية؛ تشير "مقدرة العملية" إلى تقييم مدى توافق العملية مع المواصفات أو مقدرة العملية على إنتاج أجزاء تتوافق مع المواصفات الهندسية ، كما يشير التحكم في العملية إلى تقييم استقرارها بمرور الوقت.

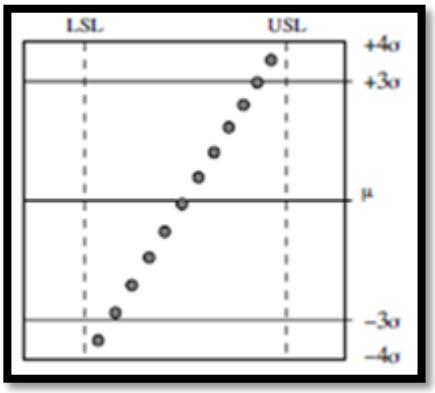
1-3- تحليل مقدرة العملية الإنتاجية Process Capability Analyze :

تعتبر مقدرة العملية مقياساً لتباينات العملية التصنيعية وتعرف رياضياً أنها تساوي ستة انحرافات 6σ للعملية الإنتاجية المنضبطة إحصائياً ، تسمح مقدرة العملية بتحديد قدرة العملية على تقديم منتج يلبّي حاجات العميل بأقل نسبة عيوب وأكثر مطابقة لرغباته.

يتم دراسة وتحليل مقدرة العملية باستخدام التقنيات التالية :

1-3-1- دراسة استقرار العملية عن طريق ورق الاحتمال الطبيعي :

تعدّ ورقة الاحتمال الطبيعي وسيلة مرئية لتحديد شكل التوزيع ووسطه وكيفية انتشاره، فاتباع البيانات لخط مستقيم مؤشراً لتتبعها نمط التوزيع الطبيعي كما في الشكل (1)



الشكل (1) نموذج تحليل مقدرة العملية باستخدام ورق الاحتمال الطبيعي [11]

بعد رسم ورقة الاحتمال الطبيعي تعيّن قدرة العملية من خلال تقاطع الخط المستقيم مع خطي $\pm 3\sigma$ حيث تمثّل المسافة الأفقية المحصورة بين هاتين النقطتين $6\ \sigma$.

1-3-2-دراسة فيما إذا كانت العملية تحقق المواصفات عن طريق المدرج التكراري:

يعدّ المدرج التكراري من المخططات المهمة التي تساعد على معرفة مقدرة العملية الإنتاجية في المحافظة على حدود التفاوت بمقارنة المدرج مع حدود التفاوت المثبتة على الخرائط التصميمية.

1-3-3- حساب مؤشرات المقدرة:

تكمن أهمية مقدرة العملية في تقييم العلاقة بين التباين الطبيعي للعملية ومواصفات التصميم وهو ما يعرف بمؤشرات المقدرة ، وأهم هذه المؤشرات :

مؤشر المقدرة البسيط Potential Process Capability (Cp) :

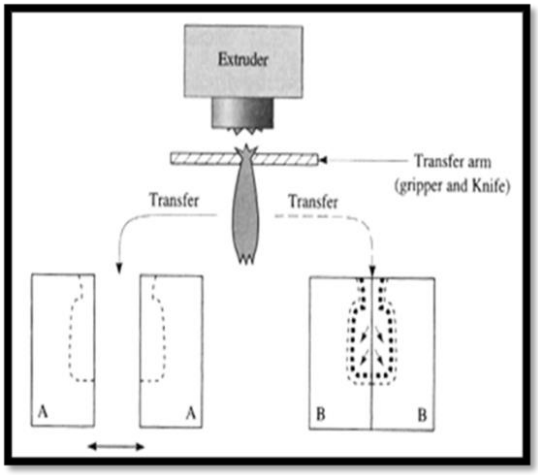
يعتبر Cp مقياسا لتوزع العملية ضمن حدود المواصفات دون أن يأخذ بالاعتبار تمركز العملية، ويعبر عنه بالعلاقة التالية. [11]

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

1-4- التشكيل بالبثق والنفخ Extrusion Blow Molding

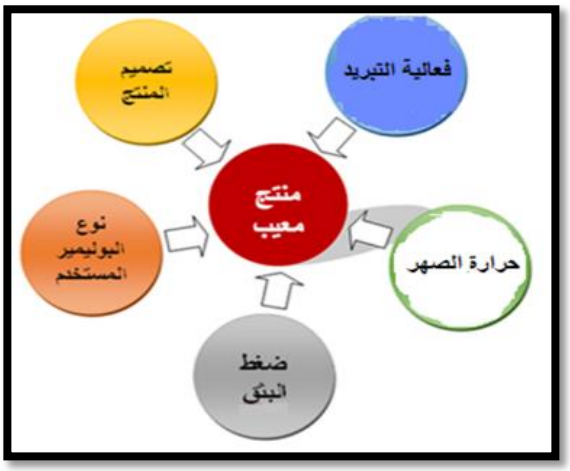
⇦ تعتبر طريقة تصنيع البلاستيك بالنفخ واحدة من العمليات الرئيسية في صناعة أجزاء بلاستيكية مجوفة رقيقة الجدران مثل القوارير والعبوات وخزانات وقود التدفئة من مواد بلاستيكية حرارية، وفق المراحل التالية :

i. تنقل المواد الاولية من اللدائن الحرارية اللازمة لقمع التغذية وتطبق الحرارة اللازمة لتليين البوليمير و صهره في آلة البثق.
ii. يخرج البوليمير من آلة البثق مشكلاً مصهوراً مذاباً مجوفاً يسمى الباريزون Parisonثم يغلق نصفي القالب حول الأنبوب هيدروليكياً.
iii. يطبق ضغط هواء لنفخ الباريزون وجعله يتمدد على الجدران الداخلية للقالب ليأخذ شكل تجويف القالب ثم يبرّد القالب حتى تجمد البوليمير، ليفتح القالب وتتحرر القطعة البلاستيكية .[4]



الشكل (2) التشكيل بالنفخ والبثق [4]

⇦ تتأثر المنتجات البلاستيكية المشكّلة بهذه الطريقة بالعديد من العوامل أهمها :



الشكل (3) العوامل المؤثرة على جودة المنتج

1-5- البولي إيتلين عالي الكثافة معاد التدوير High density polyethylene Recycled

وهو أحد أصناف البولي إيتلين شائع الاستخدام في مختلف المنتجات الصناعية والتجارية، يمتلك ميزات البولي ايتلين عالي الكثافة الخام: [5]

- ✓ تتراوح كثافته ضمن المجال $0.94-0.97\ g\backslash cm^3$
- ✓ درجة حرارة انصهاره تتراوح ضمن المجال C 140-135 وهي 138C تجريبياً
- ✓ يمتلك خواص ميكانيكية جيدة –متانة ومرونة عالية –خفة الوزن ومقاومة كيميائية عالية.
- ✓ تتم إعادة التدوير ميكانيكياً عن طريق طحن المواد البلاستيكية وفصلها عن الملوثات المرتبطة بها ثم إعادة معالجتها إلى مواد قابلة للاستخدام.

الصورة (1) حبيبات البولي إيتلين عالي الكثافة معاد التدوير كما تم الحصول عليها من معمل مزج الزيوت

2- الدراسات المرجعية:

تم إجراء العديد من الدراسات التجريبية لتبيان أثر التطبيق الناجح لمنهج الستة سيغما في خفض نسبة الإنتاج المعيب، ورفع مقدرة العملية الإنتاجية، والتقدم بمستوى السيغما للشركات المصنّعة، وفق مراحل دورة DMAIC (ديميك) مستخدمين الأدوات التحليلية والإحصائية المناسبة لكل طور على حدى.

أجرى كل من الباحثينن (Angsumalin Senjuntichai, Nuttapong Wonganawat, and Boonwa Thampitakkul

(

بحثهم التجريبي (آب 2018) في شركة لصناعة الأطعمة الجاهزة، بهدف تحسين مقدرة العملية الإنتاجية لعلبة بلاستيكية تحوي الأرز الجاهز سعة 500ml، باستخدام تقنية الستة سيغما ودورة DMAIC ،وفق الجدول (1). [6]

الجدول (1) دورة DMAIC والعمليات المرتبطة بها لتحسين جودة معلب بلاستيكي

الطور	الهدف	الأدوات	النتائج
التحديد	تحديد العيوب الأكثر تأثيراً على جودة المنتجات	تحليل باريتو	عيوب الشكل
			تغليف مجعد
			عدم وضوح رموز التصنيع
القياس	تحديد السبب المحتمل لكل عيب	مخطط السبب والأثر	بارامترات تصنيع غير قياسية
	تحديد السبب المحتمل وفق نسبة العيب واحتمال حدوثه	تحليل الفشل FEMA	ضغط ودرجة حرارة آلة التعقيم غير قياسي
			درجة حرارة وزمن التغليف غير قياسي
التحليل	تحديد أهمية كل سبب محتمل في ظهور العيوب	اختبار الفرضيات	الخلل بضغط التعقيم يتسبب بتشوه الشكل
			الخلل بدرجة حرارة التغليف يتسبب بتجعد التغليف
			الخلل بدرجة حرارة التعقيم يتسبب بتجعد التغليف
			زمن التغليف غير الكافي يتسبب بتشوه التغليف
			الخلل بضغط التعقيم يتسبب بتشوه دبغة رمز التصنيع
التحسين	اقتراح بارامترات جديدة للعملية التصنيعية	تحليل ANOVA	انخفاض نسبة العيوب من 5.14% حتى 2.24%
الضبط	مراجعة أعمال التحسين	خريطة التحكم	العملية مستقرة ومنضبطة إحصائياً

عرض كل من الباحثين (Ashish Mishra, Pankaj Mishra and Sachendra) عام (2015)، طريقة تجريبية لتطبيق منهج الستة في شركة للصناعات البلاستيكية، تقدم حنجور بلاستيكي مصنّع بطريقة الحقن من مادة PMMA، من أجل تحديد مشكلة الإنتاج أو معايير الرفض التي تواجهها شركة تصنيع باستخدام دورة DMAIC وفق الجدول (2).[8]

الجدول (2) دورة DMAIC والعمليات المرتبطة بها لتحسين جودة حنجور بلاستيكي

الطور	الهدف	الأدوات	النتائج
التحديد	تحديد الظروف المحيطة بعملية التصنيع	خريطة SIPOC	
	تحديد العيب الأكثر تأثيراً	تحليل باريتو	ظهور بقع سوداء على سطح المنتج
القياس	تحديد الأسباب المحتملة للعيوب	مخطط السبب والأثر	قلة تدريب العاملين
			العمر الزمني للآلة
			تلوث المادة المصنعة
			بيئة العمل وسياسة الشركة
التحليل	تحديد الأسباب الدقيقة لحدوث العيب	العصف الذهني	تراكم الأوساخ في (الأسطوانة – لولب) آلة الحقن
التحسين	اقتراحات لتقليل العيوب		صيانة وتنظيف آلة الحقن
الضبط	مراقبة جودة العملية	خرائط التحكم	استقرار العملية وانخفاض معدلات الرفض
	قياس مستوى السيغما		تحسن مستوى سيغما من 4.2 إلى 4.3

قدّم (Qurat ul ain& Jitender Panchal) عام 2017، بحثاً حول منهج الستة سيغما في شركة لتصنيع الأكياس البلاستيكية المنسوجة من البولي إيتلين عالي الكثافة HDPE، بهدف تحسين جودة منتجاتها، والقضاء على العيوب المرافقة لها بتطبيق دورة DMAIC [7]، وفق الجدول(3).

الجدول (3) دورة DMAIC والعمليات المرتبطة بها لتحسين جودة كيس بلاستيكي منسوج

الطور	الهدف	الأدوات	النتائج

التحديد	تحديد الظروف المحيطة بعملية التصنيع	خريطة SIPOC	
	تحديد العيب الأكثر تأثيراً	تحليل باريتو	تكسّر الشريط البلاستيكي أثناء نسجه
القياس	تحديد الأسباب المحتملة للعيوب	مخطط السبب والأثر	قلة تدريب العاملين
			خطأ الآلة
			عدم إجراء صيانة دورية
التحليل	تحديد الأسباب الدقيقة والأكثر احتمالاً لحدوث العيب	العصف الذهني	آلات قديمة
			بارامترات تصنيع غير قياسية
			استخدام مواد تصنيع ملوثة
التحسين	التوصية باقتراحات لتقليل العيوب		استخدام مواد تصنيعية نظيفة خالية من الشوائب
		جهاز تحليل الرطوبة	ضبط رطوبة المواد المستخدمة ورطوبة البيئة المحيطة
			تخفيض نسبة التمدد
الضبط	مراقبة جودة العملية الإنتاجية	خرائط التحكم	عملية مستقرة بدون انحرافات
	قياس مستوى السيغما		تحسن مستوى سيغما من 3.5 إلى 5.5

3-هدف البحث :

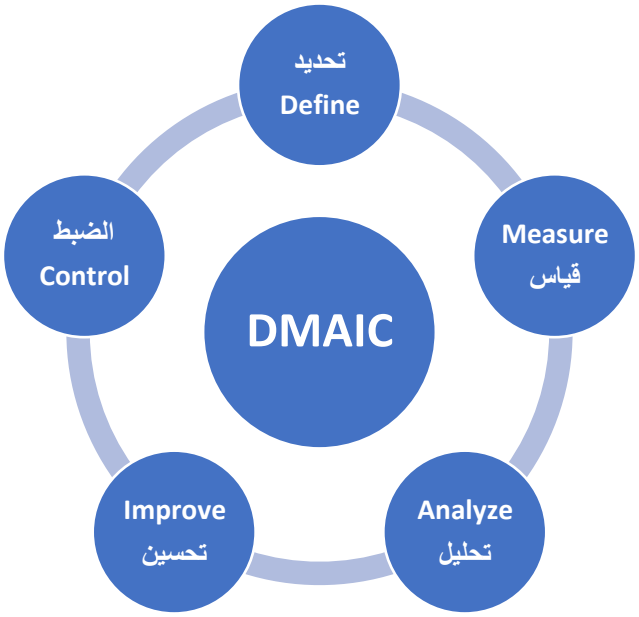
من أجل البحث عن المشاكل التي تعرقل الإنتاج بجودة عالية، قامت الباحثة بإجراء زيارات ميدانية لمعمل مزج الزيوت المعدنية التابع لمصفاة حمص، وسجلت بالتعاون مع القسم الفني لصالة البلاستيك إنتاج بعض العبوات البلاستيكية معابة الشكل وأخرى بوزن منحرف عن حدود تسامح الوزن التصميمي للعبوة البلاستيكية المصنّعة. لذا كان لابدّ من القيام بتوصيف دقيق لتحديد أسباب ظهور منتجات معيبة متدنية الجودة، والعمل على إيجاد مشروع التحسين اللازم لرفع مستوى سيغما معمل مزج الزيوت المعدنية التابع لمصفاة حمص وبالتالي خفض نسبة العيوب،

وتحسين مقدرة العملية الإنتاجية باستخدام الستة سيغما كأداة تحسين مستمر للجودة.

4- مواد وطرق البحث :

4-1- طريقة البحث :

تطبيق منهجية الستة سيغما بمراحل دورة ديميك DMAIC وأدواتها الإحصائية والتحليلية المختلفة.



الشكل (4) مراحل دورة ديميك

4 -2- المواد المستخدمة:

تناولت هذه الدراسة عبوة بلاستيكية لتعبئة الزيوت المعدنية مصنَّعة من **البولي ايتلين عالي الكثافة معاد التدوير R-HDPE** سعة 4Lit بتقنية النفخ والبثق .

الصورة (2) العبوة المدروسة

يملك R-HDPE خواص مشابهة جداً لخواص HDPE الخام والجدول (4) يبين تلك الخواص

جدول (4) خواص R-HDPE

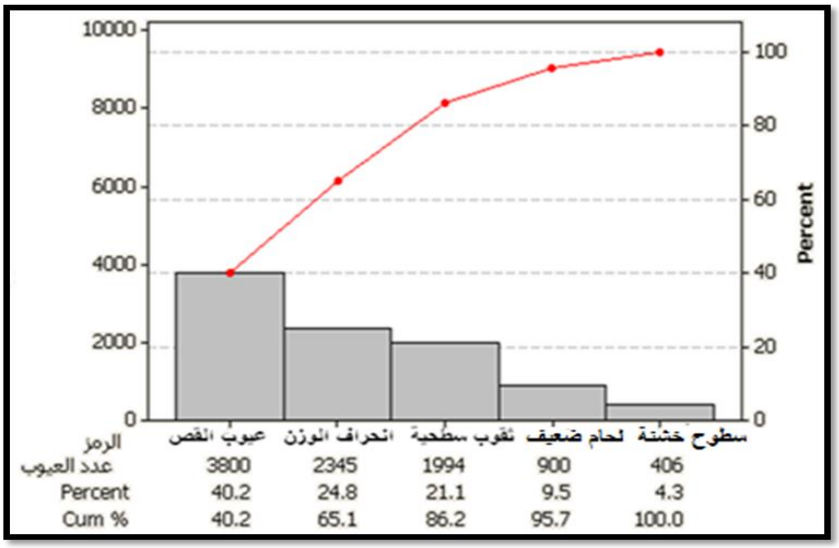
الخاصية	HDPE	R-HDPE
السيولة g\10min	0.44	0.65
متانة الشد Mpa	24.71	18.92
درجة حرارة الانصهار C	139	138
الكثافة $g\cm^3$	0.94-0.97	0.94-0.97

يستخدم R-HDPE في صناعة :

- صناعة الأنابيب البلاستيكية كونه يتمتع بمتانة ومرونة عالية.
- صناعة عوازل الكهرباء لانخفاض الناقلية الكهربائية.
- صناعة حاويات الطعام ، عبوات المنظفات ، ألعاب الأطفال لامتلاكه مقاومة كيميائية عالية.

4-3- طريقة البحث:

4-3-1-طور التحديد : استقصت الباحثة حالات عدم المطابقة و جمعت بيانات لأنواع وكميات العيوب للعبوة البلاستيكية ثم إعداد تحليل باريتو للتركيز على أكثر المشاكل حدوثاً خلال عملية الإنتاج و تحديد العيب الأكثر تأثيراً على جودة المنتج .



الشكل (5) تحليل باريتو

يظهر تحليل باريتو أن العيوب الناتجة عن فشل عملية قص العبوات وانحراف الأوزان تمتلكان النسب الأعلى من بين المؤثرات الأخرى وهذا يعني أن مشروع التحسين سيتركز على هذين الجانبين .

4-3-2-طور القياس :

4-3-2-1- البيانات الخاصة بعدد العيوب الناتجة عن فشل عملية القص:

قامت الباحثة بجمع البيانات المتعلقة بعدد العبوات معيبة الشكل جدول (5) ، الناتجة عن فشل فصل الزوائد البلاستيكية وبقائها ملتصقة بالعبوة .

4-3-2-2- البيانات الخاصة بانحراف اوزان العبوة البلاستيكية :

راقبت الباحثة خط الإنتاج لقياس أوزان العبوات وتسجيل النتائج في الجدول (6) ، باستخدام ميزان ذو حساسية 0.01g من أجل عينة بحجم 4 ، وعدد عينات 23 ، وتكرار القياس كل 30Min

جدول (5) عدد العيوب الناتجة عن فشل عملية القص

F	E	D	C	B	A	
LCL	CL	UCL	عبوات مرفوضة	عبوات منتجة	اليوم	1
126	165	204	250	2492	1\3	2
126	165	204	148	2500	4\3	3
126	165	204	150	2550	5\3	4
126	165	204	170	2500	8\3	5
126	165	204	75	2491	9\3	6
126	165	204	94	2520	12\3	7
126	165	204	86	2489	16\3	8
126	165	204	105	2475	17\3	9
126	165	204	158	2516	20\3	10
126	165	204	240	2500	21\3	11
126	165	204	144	2490	24\3	12
126	165	204	160	2493	25\3	13
126	165	204	90	2519	28\3	14
126	165	204	120	2575	29\3	15
126	165	204	235	2488	1\4	16
126	165	204	100	2499	2\4	17
126	165	204	190	2505	5\4	18
126	165	204	204	2513	6\4	19
126	165	204	156	2510	9\4	20
126	165	204	260	2525	10\4	21
126	165	204	168	2505	26\4	22
126	165	204	207	2511	29\4	23
126	165	204	290	2514	30\4	24
			3800	57680	total	25

جدول (6) أوزان العبوات

	Day	X1	X2	X3	X4	Mean	Range	STDV	
1	1\3	226	224	228	220	224.50	8.0	3.4157	
2	4\3	234	240	242	233	237.25	9.0	4.4253	
3	5\3	230	224	225	228	226.75	6.0	2.7538	
4	8\3	218	219	222	225	221.00	7.0	3.1623	
5	9\3	220	224	225	223	223.00	5.0	2.1602	
6	12\3	214	215	223	212	216.00	11.0	4.8305	
7	16\3	235	235	234	230	233.50	5.0	2.3805	
8	17\3	225	218	226	220	222.25	8.0	3.8622	
9	20\3	230	232	230	230	230.50	2.0	1.0000	
10	21\3	234	236	240	242	238.00	8.0	3.6515	
11	24\3	225	227	226	224	225.50	3.0	1.2910	
12	25\3	226	225	224	226	225.25	2.0	0.9574	
13	28\3	243	243	244	241	242.75	3.0	1.2583	
14	29\3	240	242	241	237	240.00	5.0	2.1602	
15	1\4	225	222	222	224	223.25	3.0	1.5000	
16	2\4	225	226	227	228	226.50	3.0	1.2910	
17	5\4	227	230	231	233	230.25	6.0	2.5000	
18	6\4	228	230	232	235	231.25	7.0	2.9861	
19	9\4	232	230	231	234	231.75	4.0	1.7078	
20	10\4	232	230	231	231	231.00	2.0	0.8165	
21	26\4	235	235	236	240	236.50	5.0	2.3805	
22	29\4	234	234	236	241	236.25	7.0	3.3040	
23	30\4	237	236	234	236	235.75	3.0	1.2583	
24						5288.75	122.0	55.0531	Total
25						230.00	5.3	2.3000	Average

4-3-4- طور التحليل :

4-3-3-1- تحليل أسباب فشل عملية فصل العبوات عن قالب التشكيل: يتضح وجود زوائد بلاستيكية ملتصقة على العبوة بعد خروجها من القالب، دليلاً على فشل أداء مسطرة القص خلال مرحلة القص التي تلي مرحلة تشكيل العبوات ولفظها من قالب التشكيل.

الصورة (3) زوائد ملتصقة على العبوة البلاستيكية

لتحديد السبب الرئيسي وراء فشل عملية القص هذه، نستخدم مخطط السبب والأثر الشكل (6) لترتيب العوامل التي تسهم في الحصول على منتج بزوائد بلاستيكية كمايلي :

- **الآلات** : تؤثر الآلات على أداء عملية القص من خلال:

1) تآكل سكين القص مع الزمن: تفصل العبوات عن القالب بمسطرة القص المعدنية (مصنعة من الألمنيوم بمخارط CNC) ،والتي تتآكل أبعادها مع الزمن بفعل إجهادات عملية القص ، فتتغير التسامحات بين المسطرة والقالب تحول دون قدرتها على قص الزوائد البلاستيكية.

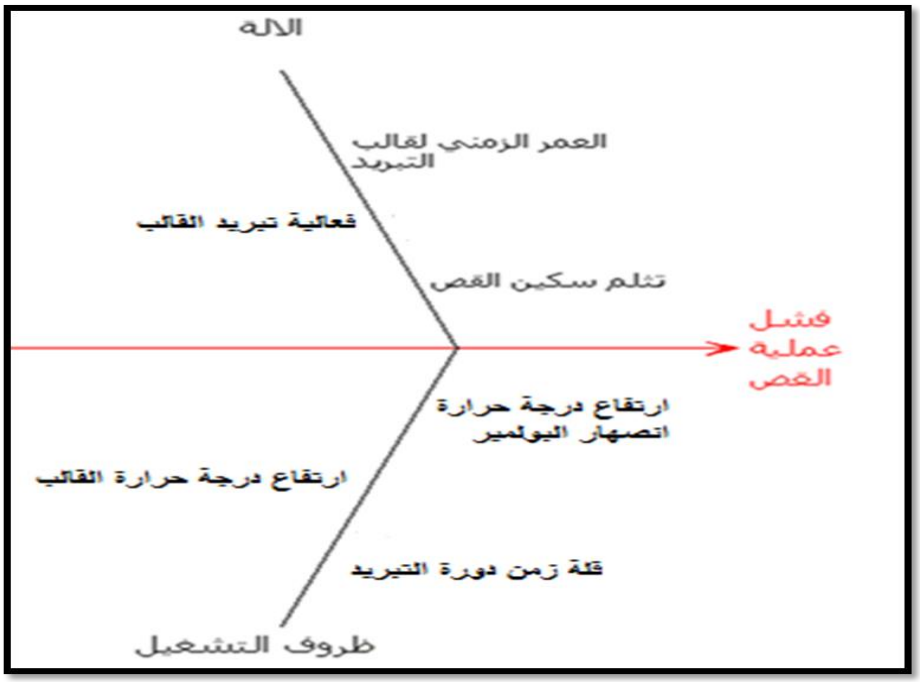
2) قالب التبريد :

- العمر الزمني لقالب وقنوات التبريد.
- قلّة فعّالية التبريد (خطأ بتصميم قنوات التبريد – انسداد قنوات التبريد).

- **ظروف التشغيل :** تتلخص بالعاملين التاليين

1) درجة حرارة انصهار البولمير.

2) فعّالية تبريد قالب التشكيل.



الشكل (6) مخطط السبب والأثر لفشل عملية القص

4-3-3-2- تحليل أسباب انحراف وزن العبوة المصنّعة عن الوزن التصميمي :

استخدمت الباحثة مخطط السبب والأثر،الشكل (7) لحصر الأسباب الأساسية لاختلاف كمية المادة المنفوخة لقالب التشكيل كمايلي :

- **الآلات :**

1. **العمر الزمني للآلة .**

2. **تآكل السطوح** الداخلية لقالب تشكيل البارازون مما يتسبب بتسرب كميات غير مضبوطة منه.

- **المواد المستخدمة :**

1. كمية البولمير المستخدم كافية بالإضافة لاستخدام مواد بلاستيكية **نظيفة وخالية من الشوائب.**

- **ظروف التشغيل :** تعد درجة حرارة انصهار البولمير من أهم العوامل المؤثرة على عملية التشكيل، فارتفاعها عن الحد المطلوب للانصهار يخفض من لزوجة البولمير فيأخذ شكلاً خيطياً عند تدفقه بدلاً من الشكل الأنبوبي، ويوقف حساس الطول التدفق قبل الوصول للوزن المطلوب ، تتراوح درجة حرارة انصهار R-HDPE ضمن المجال C (140-135) وهي 138C تجريبياً .
- **القياس :**

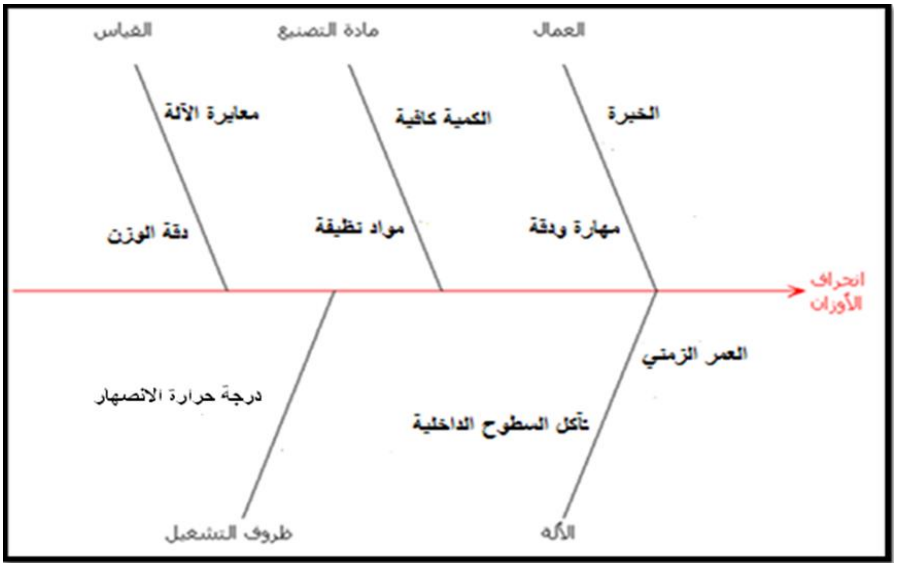
i. صحة معايرة آلة النفخ لتحديد كمية البارازون المتدفق

1. خلل بضبط حساس طول البارازون المتدفق .

2. خلل في ضبط الفراغ المحصور بين الجزيرة والمغزل في قالب تشكيل البارازون الذي يحدد كمية البارازون المتدفق نحو قالب التشكيل.

ii. دقة الوزن : وتتعلق بنظافة الميزان ودقة معايرته.

- **العمال والفنيين :** يشترط بالعمال توفر الخبرة والمهارة والدقة في العمل.



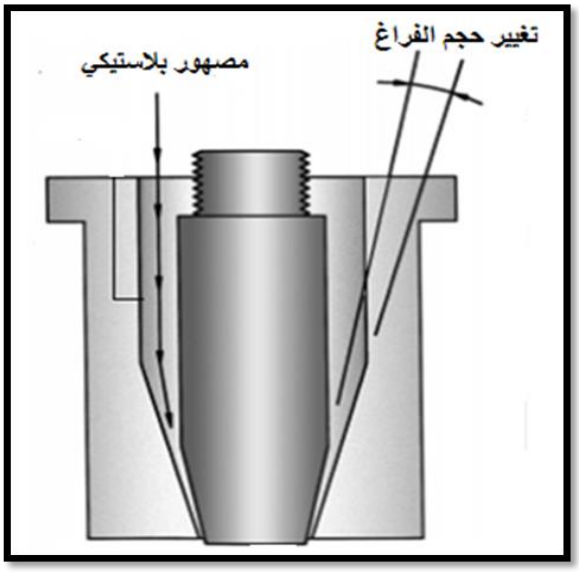
الشكل (7) مخطط السبب والأثر لانحراف وزن العبوة المصنعة المدروسة

4-3-4- طور التحسين:

4-3-4-1 تحسين عملية القص : قامت الباحثة بإجراء الفحوصات الميكانيكية للعوامل السابقة الشكل (6) ، وتحديد السبب الأساسي وراء فشل عملية القص ، وهو انسداد قنوات تبريد قالب التشكيل بسبب وجود رواسب كلسية على سطوحها الداخلية حدّت من فعّالية التبريد، واقترحت إجراء أعمال تنظيف و صيانة لتلك القنوات لإعادة فعاليتها.

الصورة (4) قنوات التبريد قبل وبعد مشروع التحسين

2-4-3-4 تحسين أوزان العبوات: تبين أن السبب الرئيسي لاختلاف أوزان العبوات هو وجود خلل بالفراغ المحصور بين الجزيرة والمغزل ضمن قالب تشكيل البارازون، إذ أن هذا الفراغ يتغير مع الزمن ويجب فحصه ومعايرته بشكل دوري من قبل فنيين مختصين ، وتتم المعايرة والضبط ميكانيكياً ثم الكترونياَ حتى الوصول للوزن المثالي 220g من أجل العبوة سعة 4 ليتر.



الشكل (8) آلية ضبط كمية البارازون المتدفق بالتحكم بحجم الفراغ بين الجزيرة والمغزل[10]

5- النتائج والمناقشة :

سيتم في هذه الفقرة عرض نتائج التطبيق في الطور الأخيرة من دورة DMAIC طور الضبط ؛ بهدف مراجعة أعمال التحسين المنفذة والتحقق من فعاليتها، جمعت الباحثة بيانات جديدة وعملت على تحليلها مجدداً لتحصل على النتائج التالية :

5-1- نتائج التطبيق قبل وبعد مشروع التحسين من أجل عدد عيوب القص :

قامت الباحثة بإعداد خريطة التحكم لعدد العيوب الناجمة عن فشل قص العبوات والتي أدت لتدني جودة المنتجات قبل وبعد تطبيق اقتراح التحسين الشكل (9) ، يلاحظ من خلال خريطة التحكم اختفاء العينات الخارجة عن حدود الضبط الإحصائي بعد تنفيذ عمليات الصيانة لقوالب التشكيل ، وهذا يعتبر مؤشراً لانضباط العملية الإنتاجية إحصائياً ، واستقرارها وخلوها من التباينات وانخفاض عدد العيوب جدول (7) ، ممايدلّ على نجاح تطبيق الستة .

الجدول (7) نتائج التطبيق الناجح للستة سيغما من أجل عدد عيوب القص

	Average	б	Defect	Defect %
Before	165	13	3800	6.5%
After	10	3	228	0.39%

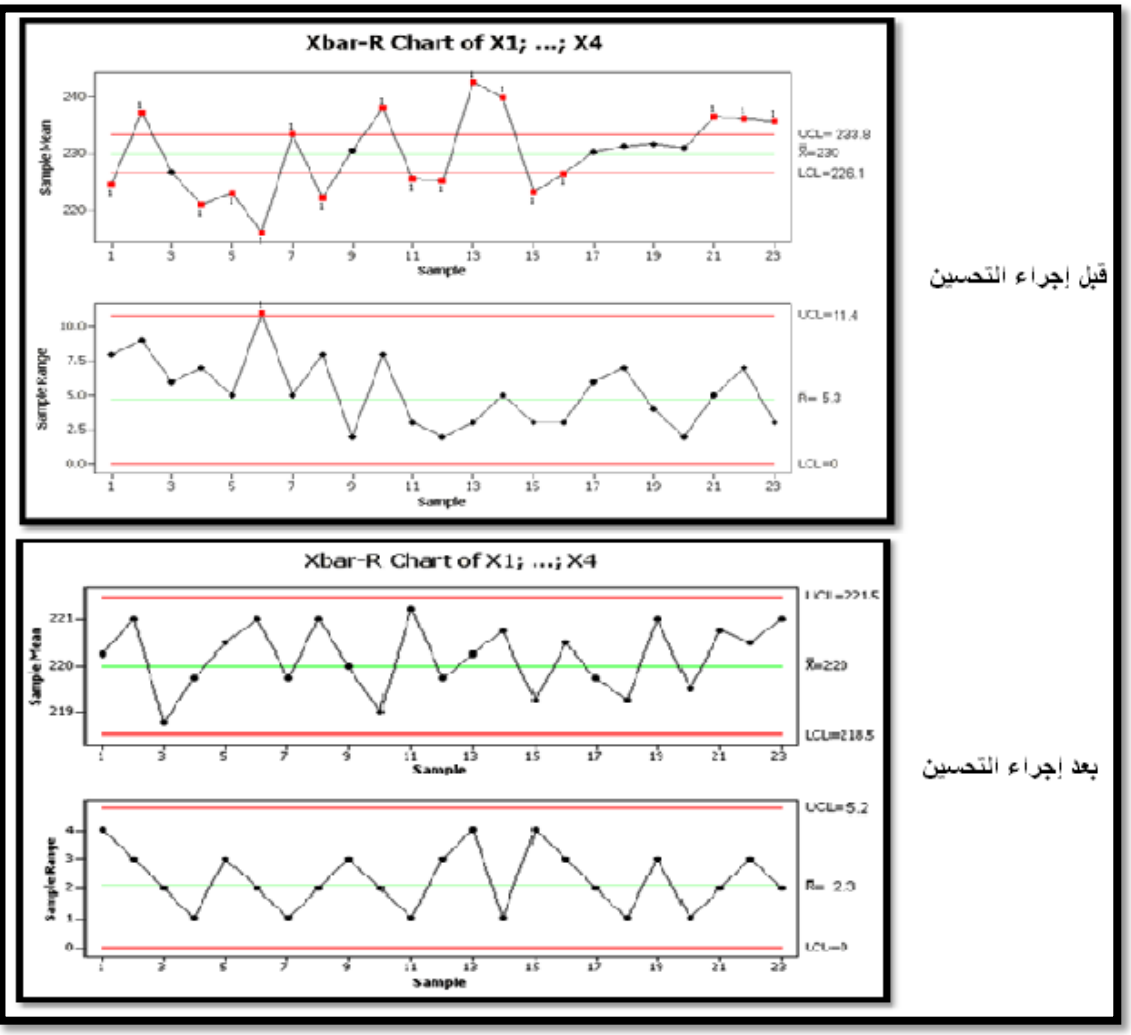
الشكل (9) خريطتي التحكم قبل وبعد تطبيق الستة سيغما من أجل عدد عيوب القص

5-2-نتائج التطبيق قبل وبعد مشروع التحسين من أجل انحرافات أوزان العبوات المصنّعة :

قامت الباحثة بإعداد خريطة التحكم لأوزان العبوات قبل وبعد تطبيق اقتراح التحسين الشكل (10) ، يلاحظ من خلال خريطة التحكم اختفاء العينات الخارجة عن حدود الضبط الإحصائي بعد تنفيذ عمليات الصيانة لقوالب تشكيل الباريزون ، وهذا يعتبر مؤشراً لانضباط العملية الإنتاجية إحصائياً ، واستقرارها وخلوها من التباينات جدول (8) ، ممايدلّ على نجاح تطبيق الستة.

الجدول (8) نتائج التطبيق الناجح للستة سيغما من أجل انحراف الأوزان

	Average	σ	Defect	Defect %
Before	230	2.3	2345	4%
After	220	1	106	0.18%



الشكل (10) خريطتي التحكم قبل وبعد تطبيق الستة سيغما من أجل انحراف الوزن

5-3-نتائج التطبيق قبل وبعد مشروع التحسين في معمل مزج الزيوت المعدنية :

للتأكد من فعّالية التطبيق ونجاحه جمعت النتائج في الجدول(9) الذي أظهر تحسن في مستوى السيغما نتيجة انخفاض كميات العيوب بالنسبة لكميات الإنتاج.

جدول (9) نتائج تطبيق منهج الستة سيغما في معمل مزج الزيوت

	Defect	Defect %	DPMO	Sigma Level	Y
Before	9445	16.3%	23749.65	3.4	93.32
After	3634	6.3%	12600.55	3.9	99.38

5-4- تحليل مقدرة العملية:

5-4-1- تحليل مقدرة العملية من أجل عيوب القص:

يتم تحليل مقدرة العملية لعدد العيوب عن طريق خرائط التحكم، في حال وقوع العملية تحت الضبط الإحصائي تعتبر حدود الضبط حدود مراقبة للعملية وتأخذ مقدرة العملية قيمة الخط المركزي للخريطة كما يلي :

$$UCL - LCL = 19-1=18$$

$$6\sigma = CL = 10$$

$$6\sigma < UCL-LCL$$

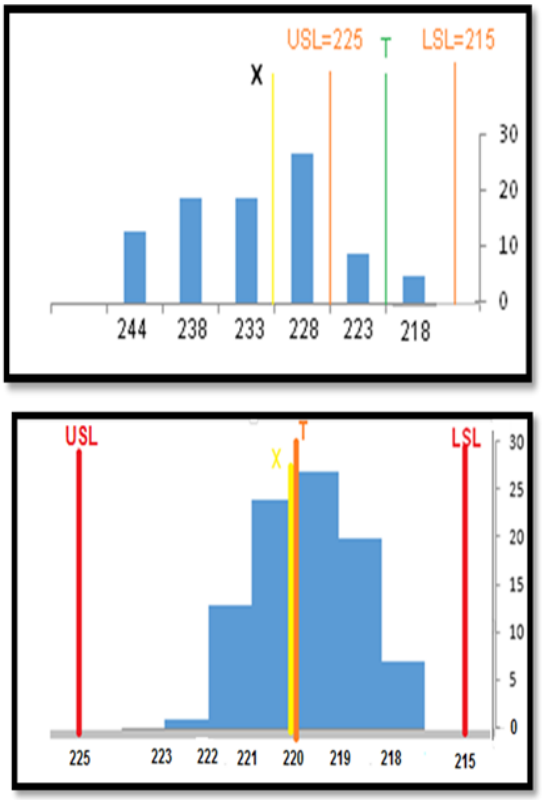
حدود المواصفات أكبر من تشتت العملية والعملية قادرة على تحقيق المواصفات المحددة في التصميم بدون وجود تشتت وانحرافات.

5-4-2- تحليل مقدرة العملية من أجل انحراف الأوزان: وتتم وفق المراحل التالية

- **تحليل انتشار البيانات وتمركزها باستخدام المدرج التكراري :**

نلاحظ من المخطط البياني لأوزان العبوات بعد التحسين الشكل (11) مايلي :

- تطابق متوسط العملية X و القيمة الإسمية للمواصفات T إذاً العملية **متمركزة**.
- يلاحظ توزع البيانات **ضمن حدود المواصفات** دون وجود أي التواء أو انزياح للبيانات
- المدى الفعلي R= 6 للبيانات أصغر من حدود المواصفة USL−LSL=10



الشكل(11) المدرج التكراري لأوزان العبوات قبل و بعد التحسين

✌ **تحليل التوزيع الطبيعي البيانات باستخدام ورق الاحتمال الطبيعي :**

استخدمت ورق الاحتمال لتبيان "**كيفيه توزع** " البيانات المدروسة، يلاحظ من ورقة الاحتمال أن الخط الواصل بين النقاط هو خط مستقيم بدون وجود أي انحناءات أو قيم متطرفة تذكر، مما يدل على أن البيانات تتبع توزيعاً طبيعياً نجد من المخطط الشكل (12) أن **6σ < USL− LSL** حدود المواصفات أكبر من تشتت العملية إذاً العملية قادرة على تحقيق المواصفات المحددة في التصميم بدون وجود تشتت وانحرافات.

✌ **حساب مؤشرات مقدرة العملية :**

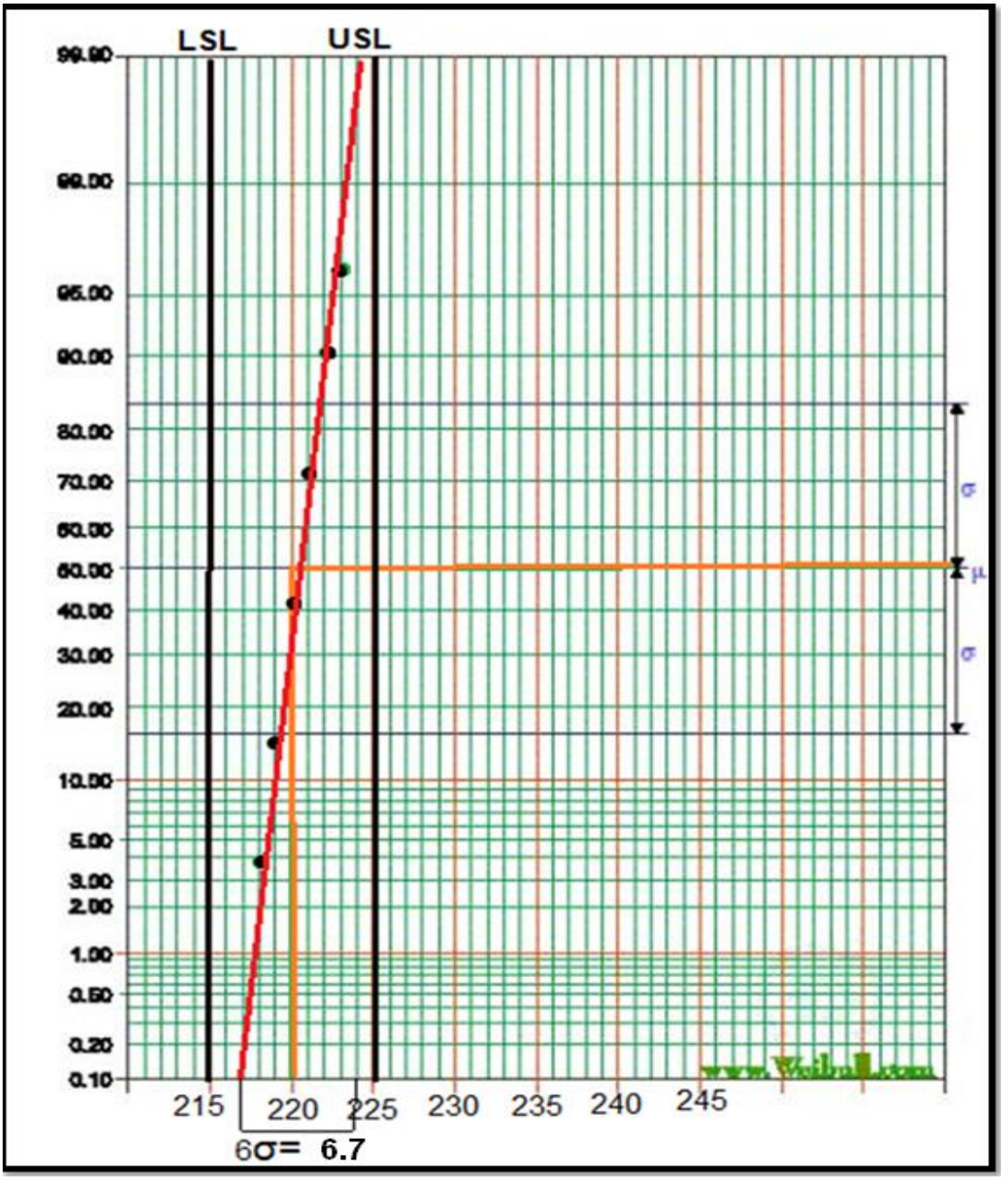
- حساب مؤشر القدرة البسيط $Cp= \frac{LSL-USL}{6\sigma}=\frac{10}{7} = 1.4$

Cp>1 العملية قادرة على تحقيق مواصفات التصميم

- حساب مؤشر المقدرة لحدي المواصفة

$$Cpk =Min(= Min(\frac{225-220}{3} , \frac{220-215}{3}) = 1.5$$
$$\frac{USL-\mu}{3\sigma} , \frac{\mu-LSL}{3\sigma})$$

Cpk=Cp العملية متمركزة حول المواصفة الاسمية T



الشكل (12) ورقة الاحتمال الطبيعي لأوزان العبوات بعد التحسين.

6- الاستنتاجات والمقترحات :

أولاً: الاستنتاجات

1- تؤثر درجة حرارة قالب التشكيل على جودة المنتجات النهائية حيث أنّ التبريد القليل لايكفي البلاستيك المشكّل للانتقال من الحالة اللدنة إلى الحالة الصلبة ، وبالتالي سيبقى في حالة لدنة يصعب فصله عن القالب و فصل الزوائد الملتصقة عن المنتج ، هذا مايسبب بانخفاض جودة التصنيع. إذاً يجب المحافظة على فعّالية تبريد قالب التشكيل بضبط درجة حرارته لتصبح أقرب مايمكن لدرجة حرارة تبريده التصميمية وهي ضمن المجال (5-12 C)، بالفحص المستمر والصيانة الدورية لقنوات التبريد ؛ وهذا ما نفذّته الباحثة من خلال منهجية الستة سيغما فانخفضت نسبة عيوب القص من 6.5% حتى 0.39% .

2- لدقة معايرة قالب تشكيل الباريزون دورها في ضبط كمية الباريزون المتدفق عبر الفراغ المحصور بين الجزيرة والمغزل الذي يتغير من مرور الزمن ، فيتسبب إمّا بزيادة كمية البلاستيك المتدفق وهذا بدوره يؤدي لزيادة سماكة المنتج ،هدر المادة البلاستيكية وارتفاع التكلفة ، وإمّا بنقص الكمية المتدفقة نحو قالب التشكيل مؤدياً لانخفاض جودة المنتج النهائي .قامت الباحثة باتخاذ منهجية الستة سيغما سبيلاً لمعالجة انحراف الأوزان وضبطها ؛ فانخفضت نسبة التباينات من 4% حتى 0.18% .

3- مما سبق نستنتج أن للستة سيغما بأدواتها التحليلية والإحصائية دور هام في تحديد العيوب وتحليل أسباب ظهورها بشكل منطقي دقيق، وأثبتت قدرتها تجريبياً على خفض نسبة الإنتاج المعيب الكلي من 16% حتى 6% ،وهذا ما أدى لرفع مستوى سيغما المعمل من 3.3 وحتى 3.9 وحسّن مقدرة عمليته الإنتاجية ومردودها ليصبح 99.38 بعد ان سجّل مردود 93.32 قبل تطبيق مشروع التحسين.

ثانياً: المقترحات

- واجهت الباحثة أثناء محاولتها تطبيق منهج الستة سيغما بعض المعوقات التي قاومت عملية التنفيذ والإجراء مثل نقص المعرفة بالستة سيغما كأداة لتحسين الجودة، وصعوبة فهم الإحصاءات ، ممانعة العاملين للتغيير في سياسية الجودة و قلّة توافر الخبرة لديهم،

  لذلك تقترح الباحثة إعداد فريق مختص بالجودة مهمته تدريب العاملين وتثقيفهم بالأساليب والتقنيات الحديثة لتحسين الجودة ومنها الستة سيغما وربطها بواقع المعمل.
- كما أنها واجهت صعوبة في توفير عناصر فريق العمل كافية لمراقبة جودة العملية الإنتاجية على مدار اليوم ،وتسليم المهمة لوردية العمل السابقة أو اللاحقة ،لهذا السبب تقترح الباحثة إعداد فريق متدرب بعناصر كافية مهمته مراقبة جودة المنتجات وتطبيق الصيانة الدورية المستمرة لها ومنع الهدر في المواد البلاستيكية الخام بالإضافة للاهتمام بفحص المواد الأولية والتأكيد على خلوها من الشوائب وخاصة المواد معادة التدوير.
- توصي الباحثة بتطبيق الستة سيغما على المنتجات المصنّعة من مواد بلاستيكية خام لإثبات أثرها الإيجابي تجريبياً على الوفورات المالية العائدة عن هذا التطبيق .
- توصي الباحثة بتطبيق الستة سيغما لدراسة أسباب ضعف خط لحام العبوات البلاستيكية المتسبب بتسرب وهدر الزيوت المعبأة ، وإيجاد مشروع التحسين المناسب لتخفيض نسبة العيوب الناتجة عن هذه المشكلة

7- المراجع :

[1]. Antony. J & Mukkarram . B , 2011- Key Ingredients for a Successful Six Sigma Program, Warwick Manufacturing Group School of Engineering University of Warwick, UK

[2]. FORREST. W, 2003-IMPLEMENTIN SIX SIGMA, John Wiley & Sons, Second Edition, Hoboken, New Jersey

[3]. Sung H. Park , 2003 - Six Sigma for Quality and Productivity Promotion, Asian Productivity Organization Hirakawacho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-0093, Japan

[4].Brent strong .A , 2006- Plastics materials and processing, third edition, Brigham young university.

[5]. AMNI HUSNA.S ,2013- THE EFFECT OF RECYCLED – HIGH DENSITY POLYETHYLENE , Thesis submitted fulfillment of the requirements for the award of the degree of Bachelor of Engineering in Manufacturing, Faculty of Manufacturing Engineering UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG.

[6]. Senjuntichai.A and others , 2018- Defect Reduction in Ready Rice Packaging by Applying Six Sigma , International Journal of Innovation, Management and Technology, Vol. 9, No. 4

[7].ul ain.Q, & Panchal.J , 2017 - Total Quality Control for Manufacturing of Plastic Woven Laminated Bags Using Six Sigma , Modern institute of Engineering and Technology ,Kurukshetra University.

[8]. Mishra.A, 2014- Six Sigma Methodology In A Plastic Injection Molding Industry: A Case Study , International Journal of Industrial Engineering and Technology , ISSN 0974-3146 Volume 7.

[9].Hamali.S , 2018- A Six Sigma Application for the Reduction of Floor Covering Defects, Management Department BINUS Business School, Undergraduate Program, Bina Nusantara University .

[10]. Advanced Elastomer Systems , 2007- Guide for extrusion blow molding , the worldwide leader in engineered TPE.

[11]. Wilson.M , 1989-Machine \ process capability study , USA-ISBN1-883237-10-6.)