



INVERSED REGRESSION TECHNIQUES FOR DESIGN OF UNIVARIATE ACCEPTANCE
CONTROL CHART TO MONITOR DIAMETER OF ROD

The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage

เทคนิคความสัมพันธ์ถดถอยแบบย้อนกลับในการออกแบบแผนภูมิควบคุมเพื่อการยอมรับเชิงเดียว
ในการเฝ้าระวังเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงาน

INVERSED REGRESSION TECHNIQUES FOR DESIGN OF UNIVARIATE ACCEPTANCE
CONTROL CHART TO MONITOR DIAMETER OF ROD

ดุษฎี บุญธรรม
อาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการใช้เทคนิคความสัมพันธ์ถดถอยย้อนกลับในการออกแบบแผนภูมิควบคุมเพื่อการยอมรับแบบเชิงเดียว เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอกพร้อมกับควบคุมเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านใน โดยสัดส่วนของเสียที่ยอมรับได้นั้นอยู่ที่ 10.0% และมีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ที่ 90.0% ($1-\beta$) ในการควบคุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงานทั้งแท่งจะต้องควบคุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงานตำแหน่งด้านซ้ายและด้านขวาแยกกันทำให้ต้องใช้แผนภูมิควบคุมจำนวน 2 แผนภูมิควบคุม โดยทำการควบคุมเฉพาะเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอกเท่านั้น เนื่องจากในกระบวนการผลิตที่ไม่สามารถควบคุมเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านในได้แต่สามารถควบคุมเส้นผ่านศูนย์กลางเฉพาะตำแหน่งด้านนอกเท่านั้น หลังจากทำการออกแบบแผนภูมิควบคุมแท่งชิ้นงาน พบว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้ตรวจพบความผิดปกติได้อย่างรวดเร็ว ทำการปรับแก้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงานได้อย่างทันอ่วงที่ โดยก่อนการนำแผนภูมิควบคุมมาประยุกต์ใช้ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงานไม่ได้ตามข้อกำหนด 7.1 % และหลังการนำแผนภูมิมาประยุกต์ใช้เพื่อใช้พบว่าของเสียลดลงเหลือ 4.4 % มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 2.7 %

คำสำคัญ : แผนภูมิเพื่อการยอมรับ, ถดถอยย้อนกลับ, อำนาจการทดสอบ

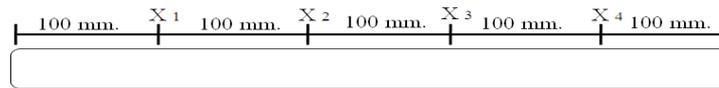
ABSTRACT

This research using inversed regression techniques to design a univariate acceptance control chart used to control diameter at inside and outside position of rod. The defect acceptance rate is set maximally at 10.0% and power of test is set at 90.0% (1). In order to control the rod diameter, both left and right side rod diameters need to be controlled using two control charts applying on the outside diameter. After the design of a control chart, the researcher has applied to the process having four machines in which the out of control condition can be identified to promptly. The out of specification diameter before applying the designed control chart was about 7.1%. After implementing the control chart, the defect was reduced to 4.4%. The defective was reduced by 2.7%.

KEYWORD: Acceptant Control Chart, Reverse Regression, Power of Test

1. บทนำ

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาการควบคุมคุณภาพของแท่งชิ้นงาน ในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปแท่งชิ้นงานแห่งหนึ่ง โดยลักษณะของแท่งชิ้นงานที่ทำการศึกษามีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก จากการศึกษาค้นคว้าปัญหาในเรื่องของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต โดยปัญหาหลักที่พบคือ เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงานไม่ได้ตามขนาดที่ลูกค้ากำหนด ในการตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแท่งชิ้นงาน จะต้องทำการควบคุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้ง 4 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งด้านนอกของแท่งชิ้นงาน 2 ตำแหน่ง (X_1, X_4) และตำแหน่งด้านใน 2 ตำแหน่ง (X_2, X_3) ตามรูปที่ 1 ในกระบวนการผลิตเราจะทำการปรับตั้งขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางได้เฉพาะตำแหน่งเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก(X_1, X_4)



รูปที่ 1 ตำแหน่งตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลาง

ดังนั้นเพื่อควบคุมขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงานให้ทั้ง 4 ตำแหน่ง ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในออกแบบแผนภูมิควบคุม โดยมีเป้าหมายในการควบคุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอกเพื่อให้สามารถควบคุมเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านในด้วย โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอกของแท่งชิ้นงานกับเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านในของแท่งชิ้นงาน โดยมีการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อพิสูจน์ว่าตัวแปรนั้น ๆ มีความสัมพันธ์กันหรือไม่และมีความสัมพันธ์อย่างไร

2. วิธีการดำเนินวิจัย

2.1 ศึกษาการออกแบบแผนภูมิควบคุม

ทำการศึกษาแผนภูมิควบคุมเพื่อการยอมรับเชิงเดียว (Acceptant Control Chart) เป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้เพื่อควบคุมสัดส่วนของเสียที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด [1] โดยกำหนดจำนวนตัวอย่าง (Sample Size) สัดส่วนของเสีย (δ) และความน่าจะเป็นที่เกิดความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I Error) โดยมีการคำนวณหาค่าของเขตควบคุมบน และขอบเขตควบคุมล่าง Douglas [2] ดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 UCL &= \mu_H - \frac{Z_\beta \sigma}{\sqrt{n}} \\
 &= USL - \left(Z_\gamma + \frac{Z_\beta}{\sqrt{n}} \right) \sigma
 \end{aligned} \tag{1}$$

และ

$$\begin{aligned}
 LCL &= \mu_L + \frac{Z_\beta \sigma}{\sqrt{n}} \\
 &= LSL + \left(Z_\gamma + \frac{Z_\beta}{\sqrt{n}} \right) \sigma
 \end{aligned} \tag{2}$$

- เมื่อ μ_H = ค่าเฉลี่ยสูงสุด
- μ_L = ค่าเฉลี่ยต่ำสุด
- β = ค่าความผิดพลาดแบบที่ 2
- γ = สัดส่วนของเสียสูงสุดที่ยอมรับได้

2.2 รวบรวมและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางแท่งชิ้นงาน

ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแต่ละตำแหน่งเพื่อใช้ในการออกแบบแผนภูมิควบคุม ผู้วิจัยมีการสุ่มขนาดแท่งชิ้นงานแต่ละตำแหน่งจำนวน 4 ตัวอย่าง โดยมีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 10 กลุ่มตัวอย่าง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านในและ ด้านนอกของตำแหน่ง X_1, X_2, X_3 และ X_4

Ø Inside	X_2	197.75	198.00	196.75	196.75	198.00	192.50	192.75	193.00	196.00	194.25
	X_3	194.50	197.75	196.25	197.25	197.75	192.50	193.00	195.00	197.25	196.75
Ø Outside	X_1	198.50	200.00	199.75	199.25	199.50	193.50	193.75	196.00	196.00	194.50
	X_4	197.75	202.25	199.75	200.75	201.00	197.50	195.25	199.25	200.75	199.75

โดยผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงานด้านในกับด้านนอกมาวิเคราะห์ถดถอยเพื่อทำนายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านในซึ่งในกระบวนการผลิตเราไม่สามารถควบคุมได้ ในการวิเคราะห์จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน (X_2) กับด้านนอก (X_1, X_4)
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน (X_3) กับด้านนอก (X_1, X_4)

2.3 ออกแบบแผนภูมิควบคุมเพื่อการยอมรับเชิงเดียว

ทำการออกแบบแผนภูมิควบคุมเพื่อการยอมรับเชิงเดียว เพื่อควบคุมเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกและด้านในพร้อม ๆ กัน โดยแผนภูมิควบคุมจะต้องมีความสามารถในการตรวจจับความผิดปกติที่ระดับ 10% ขนาดแท่งชิ้นงานที่ทำการศึกษานั้นมีขนาด $200 \pm 10 \mu\text{m}$. โดยมีค่าพิสัยสูงสุดคือ $210 \mu\text{m}$. และค่าพิสัยต่ำสุดคือ $190 \mu\text{m}$. โดยใช้หลักการถดถอยย้อนกลับ (Inversed Regression) ในการควบคุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงานทั้ง 4 ตำแหน่ง จะต้องใช้แผนภูมิควบคุมที่ควบคุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกพร้อมกับด้านใน จำนวน 2 แผนภูมิควบคุมคือ

- แผนภูมิควบคุมเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่ง X_1 กับ X_2
- แผนภูมิควบคุมเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่ง X_4 กับ X_3

2.4 นำแผนภูมิควบคุมชีวาร์ทไปประยุกต์ใช้

นำแผนภูมิควบคุมที่ผ่านการวิเคราะห์ประสิทธิภาพไปใช้ควบคุมขนาดของแท่งชิ้นงานในกระบวนการผลิตจริงโดยทำการควบคุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอกพร้อมกับด้านในของแท่งชิ้นงาน

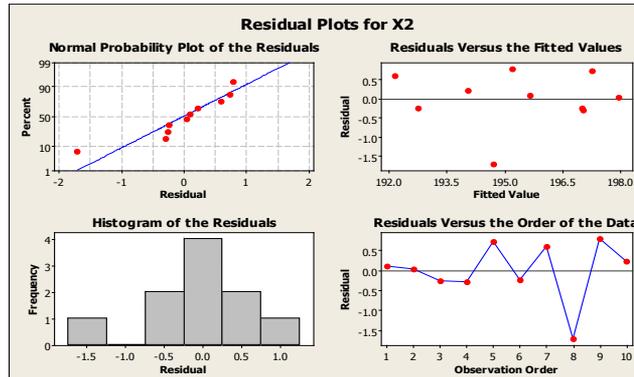
2.5 วิเคราะห์ผลจากการใช้ในกระบวนการผลิตจริง

ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตว่าสามารถควบคุมของเสียที่เกิดขึ้นก่อนและหลังที่นำแผนภูมิควบคุมไปใช้ในกระบวนการผลิตแท่งชิ้นงาน

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน (X_2) กับด้านนอก (X_1, X_4)

นำข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน (X_2) กับด้านนอก (X_1, X_4) มาวิเคราะห์ถดถอยเพื่อทำนายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน (X_2) และการกระจายตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงาน ตามตารางที่ 2 และรูปที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Steele [3] ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัวเพื่อพยากรณ์ค่าความเข้มข้นของสารประกอบทางเคมีในลำธารน้ำแต่ละแห่งเพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำเมื่อมีข้อมูลในการวิเคราะห์ที่ไม่เพียงพอ



รูปที่ 2 ผล Residual plot ของ \bar{O} ตำแหน่ง X_2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ถดถอยเพื่อทำนายตำแหน่ง X_2

Predictor	Coef	Se Coef	T	P
Constance	19.15	26.92	0.71	0.50
X_1	0.57	0.14	4.01	0.005
X_4	0.32	0.17	1.81	0.113

$S = 0.82$, $R-Sq = 88.2\%$, $R-Sq(adj) = 84.8\%$

จากการวิเคราะห์ถดถอยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่ง X_4 ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน X_2 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0% จึงทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์อีกครั้งโดยใช้ข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่ง X_1 กับ X_2 ซึ่งผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 วิเคราะห์ถดถอยสุดท้ายเพื่อทำนายตำแหน่ง X_2

Predictor	Coef	Se Coef	T	P
Constance	50.2	23.55	2.13	0.06
X_1	0.737	0.1195	6.16	0.00

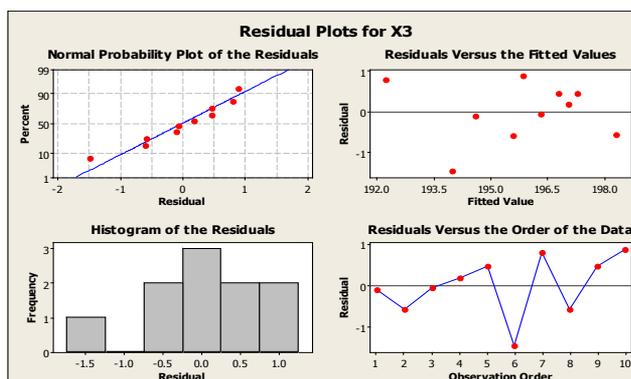
$S = 0.93$, $R-Sq = 82.6\%$, $R-Sq(adj) = 80.4\%$

ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน (X_2) กับด้านนอก (X_1) ได้ตั้งสมการที่ 3

$$Y(\bar{O}_{Inside}) = 50.2 + 0.737X_1(\bar{O}_{Outside}) \quad (3)$$

3.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน (X_3) กับด้านนอก (X_1, X_4)

นำข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน (X_3) กับด้านนอก (X_1, X_4) มาทำการวิเคราะห์ถดถอย เพื่อทำนายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน (X_3) และการกระจายตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงานตามตารางที่ 4 และรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผล Residual plot ของ ϕ ตำแหน่ง X_3

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ถดถอยเพื่อทำนายตำแหน่ง X_3

Predictor	Coef	Se Coef	T	P
Constance	19.60	26.97	0.73	0.49
X_1	0.08	0.14	0.60	0.57
X_4	0.80	0.18	4.46	0.003

S = 0.82 , R-Sq = 86.0% , R-Sq(adj) = 81.9%

จากการวิเคราะห์ถดถอยพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่ง X_1 ไม่มีความสัมพันธ์กับกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน X_3 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0% จึงทำการวิเคราะห์ผลใหม่ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ถดถอยสุดท้ายเพื่อทำนายตำแหน่ง X_3

Predictor	Coef	Se Coef	T	P
Constance	22.08	25.57	0.86	0.41
X_4	0.87	0.13	6.79	0.00

S = 0.79 , R-Sq = 85.2% , R-Sq(adj) = 83.4%

ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน (X_3) กับด้านนอก (X_4) ได้ดังสมการที่ 4

$$Y(\phi_{Inside}) = 22.1 + 0.871X_4(\phi_{Outside}) \quad (4)$$

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางด้านในและด้านนอก พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกตำแหน่ง X_1 มีความสัมพันธ์กับเส้นผ่านศูนย์กลางด้านในตำแหน่ง X_2 ตามสมการที่ 3 และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกตำแหน่ง X_4 มีความสัมพันธ์กับเส้นผ่านศูนย์กลางด้านในตำแหน่ง X_3 ตามสมการที่ 4 ดังนั้นในการควบคุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงานทั้ง 4 ตำแหน่งจะต้องใช้แผนภูมิควบคุมที่ควบคุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกพร้อมกับด้านใน จำนวน 2 แผนภูมิควบคุมคือแผนภูมิควบคุมเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่ง X_1 กับ X_2 และ แผนภูมิควบคุมเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่ง X_4 กับ X_3

3.3 ผลการออกแบบแผนภูมิควบคุมตำแหน่งด้านนอก (X_1) พร้อมกับควบคุมตำแหน่งด้านใน (X_2)

ในการออกแบบแผนภูมิควบคุมเพื่อการยอมรับเชิงเดียว เพื่อควบคุมเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกและด้านในพร้อม ๆ กันมีขั้นตอนดังนี้

1. หาค่าสูงสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอก (μ_H) ยอมรับของเสียได้ 10.0% [4] จากสมการที่ (5)

$$Z = \frac{USL - \mu_H}{\sigma_{X_1}} \quad (5)$$

แทนค่าในสูตร เมื่อ $USL = 210$, $Z = 1.28$ ($\beta = 0.1$), $\sigma_{X_1} = 0.93$

$$\begin{aligned} \mu_H &= 210 - (1.28 \times 0.93) \\ &= 208.8 \mu\text{m}. \end{aligned}$$

2. หาค่าสูงสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านใน (μ_H) โดยนำไปแทนในสมการที่ (3) โดยที่ $\sigma_{\text{Outside}} = 208.8 \mu\text{m}$.

$$\begin{aligned} Y(\sigma_{\text{Inside}}) &= 50.2 + (0.737 \times 208.8) \\ &= 204.08 \mu\text{m}. \end{aligned}$$

3. ตรวจสอบโอกาสที่จะเกิดของเสียของแท่งชิ้นงานเมื่อค่าสูงสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านใน (X_2) มีค่า $204.08 \mu\text{m}$.

$$\begin{aligned} P(X > 210) &= 1 - \phi\left(\frac{210 - 204.08}{0.93}\right) \\ &= 1 - \phi(6.34) \\ &= 0 \end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์พบว่าโอกาสเกิดของเสียของแท่งชิ้นงานน้อยกว่า 10 % เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านในมีค่าสูงสุดที่ $204.08 \mu\text{m}$.

4. คำนวณหาค่าขอบเขตควบคุมบน ของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอกจากสมการที่ (1) โดยที่ $USL = 210$, $Z_\gamma = \phi^{-1}(0.9)$, $Z_\beta = \phi^{-1}(0.9)$, $n = 4$, $\sigma_{X_1} = 0.93$

$$\begin{aligned} UCL &= 210 - \left(1.28 + \frac{1.28}{\sqrt{4}}\right) 0.93 \\ &= 208.20 \mu\text{m}. \end{aligned}$$

5. หาค่าต่ำสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอก (μ_L) สามารถยอมรับของเสียที่ 10.0% จากสมการที่ (6)

$$Z = \frac{LSL - \mu_L}{\sigma_{X_1}} \quad (6)$$

แทนค่าในสูตรเมื่อ $LSL = 190$, $Z = -1.28$ ($\beta = 0.1$), $\sigma_{X_1} = 0.93$

$$\begin{aligned} \mu_L &= 190 + (1.28 \times 0.93) \\ &= 191.19 \mu\text{m}. \end{aligned}$$

6. หาค่าต่ำสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านใน (μ_L) โดยแทนในสมการที่ (3) โดยที่ $\phi_{Outside} = 191.19 \mu\text{m}$.

$$Y(\phi_{Inside}) = 50.2 + (0.737 \times 191.19) \\ = 191.10 \mu\text{m}.$$

7. ตรวจสอบโอกาสที่จะเกิดของเสียของแท่งชิ้นงานเมื่อค่าต่ำสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านใน (X_2) มีค่า 204.08 μm

$$P(X < 190) = \phi\left(\frac{190 - 191.710}{0.93}\right) \\ = \phi(-1.18) \\ = 0.119$$

จากการวิเคราะห์พบว่าโอกาสเกิดของเสียของแท่งชิ้นงานมากกว่า 10 % ต้องคำนวณหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางแบบย้อนกลับโดยนำสมการที่ (3) มาคำนวณย้อนกลับให้ได้ตามสมการที่ (7)

8. หาค่าต่ำสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอก (μ_L) ยอมรับของเสียที่ 10.0% จากสมการย้อนกลับ

$$Y(\phi_{Outside}) = \frac{\phi_{Inside} - 22.1}{0.871} \quad (8)$$

แทนค่าในสูตรโดยที่ $\phi_{Inside} = 191.19 \mu\text{m}$.

$$Y(\phi_{Outside}) = \frac{191.01 - 22.1}{0.871} \\ = 193.92 \mu\text{m}.$$

9. ตรวจสอบโอกาสที่เกิดของเสียของแท่งชิ้นงาน เมื่อค่าต่ำสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอก (X_1) มีค่า 191.30 μm .

$$P(X < 190) = \phi\left(\frac{190 - 193.92}{0.79}\right) \quad (9) \\ = \phi(-4.94). \\ = 0$$

จากการคำนวณพบว่าโอกาสเกิดของเสียน้อยกว่า 10 % เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอกมีค่าต่ำสุดที่ 191.30 μm .

10. คำนวณหาค่าขอบเขตควบคุมล่าง (LCL) ของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอก จากสมการที่ (2) โดยที่ $LSL = 193.92$, $Z_\gamma = \phi^{-1}(0.9)$, $Z_\beta = \phi^{-1}(0.9)$, $n = 4$, $\sigma_{X4} = 0.79$

$$LCL = 193.92 + \frac{1.28}{\sqrt{4}} 0.79 \\ = 194.42 \mu\text{m}.$$

3.4 ผลการออกแบบแผนภูมิควบคุมตำแหน่งด้านนอก (X_4) พร้อมกับควบคุมตำแหน่งด้านใน (X_3)

1. หาค่าสูงสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอก (μ_H) สามารถยอมรับของเสียที่ 10.0% จากสมการที่ (5) แทนค่าในสูตร $USL = 210, Z = 1.28 (\beta = 0.1), \sigma_{X_4} = 0.79$

$$\begin{aligned}\mu_H &= 210 - (1.28 \times 0.79) \\ &= 209.0 \mu\text{m}.\end{aligned}$$

2. หาค่าสูงสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านใน (μ_H) โดยนำค่าไปแทนในสมการที่ (4) แทนค่าในสูตรโดยที่ $\sigma_{Outside} = 209.0 \mu\text{m}$.

$$\begin{aligned}Y(\sigma_{Inside}) &= 22.1 + (0.737 \times 209.0) \\ &= 204.13 \mu\text{m}.\end{aligned}$$

3. ตรวจสอบโอกาสที่จะเกิดของเสียของแท่งชิ้นงานเมื่อค่าสูงสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านใน (X_3) มีค่า 204.13 μm .

$$\begin{aligned}P(X > 210) &= 1 - \phi\left(\frac{210 - 204.13}{0.79}\right) \\ &= 1 - \phi(7.4) \\ &= 0\end{aligned}$$

จากการคำนวณพบว่าโอกาสเกิดของเสียน้อยกว่า 10 % เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านในมีค่าสูงสุดที่ 204.13 μm

4. คำนวณหาค่าขอบเขตควบคุมบน (UCL) ของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอก จากสมการที่ (1) โดยที่ $USL = 210, Z_\gamma = \phi^{-1}(0.9), Z_\beta = \phi^{-1}(0.9), n = 4, \sigma_{X_4} = 0.79$

$$\begin{aligned}UCL &= 210 - \left(1.28 + \frac{1.28}{\sqrt{4}}\right) 0.79 \\ &= 208.48 \mu\text{m}.\end{aligned}$$

5. หาค่าต่ำสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอก (μ_L) สามารถยอมรับของเสียที่ 10.0% จากสมการที่ (6) แทนค่าในสูตร เมื่อ $LSL = 190, Z = -1.28 (\beta = 0.1), \sigma_{X_4} = 0.79$

$$\begin{aligned}\mu_L &= 190 + (1.28 \times 0.79) \\ &= 191.01 \mu\text{m}.\end{aligned}$$

6. หาค่าต่ำสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านใน (μ_L) โดยนำค่าไปแทนในสมการที่ (4) แทนค่าในสูตรโดยที่ $\sigma_{Outside} = 191.01 \mu\text{m}$.

$$\begin{aligned}Y(\sigma_{Inside}) &= 22.1 + (0.737 \times 191.01) \\ &= 188.46 \mu\text{m}.\end{aligned}$$

7. ตรวจสอบโอกาสที่จะเกิดของเสียของแท่งชิ้นงานเมื่อค่าต่ำสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านใน (X_3) มีค่า 188.46 μm

$$\begin{aligned} (X < 190) &= \phi\left(\frac{190 - 188.46}{0.79}\right) \\ &= \phi(1.94) \\ &= 0.97 \end{aligned}$$

จากการคำนวณพบว่าโอกาสเกิดของเสียมากกว่า 10 % ดังนั้นต้องคำนวณหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางแบบย้อนกลับโดยนำสมการที่ (4) มาคำนวณย้อนกลับให้ได้ตามสมการที่ (8)

8. หาค่าต่ำสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอก (μ_L) ที่ยอมรับของเสียที่ 10.0% จากสมการย้อนกลับ

$$Y(\mathcal{O}_{Outside}) = \frac{\mathcal{O}_{Inside} - 22.1}{0.871} \quad (8)$$

แทนค่าในสูตรโดยที่ $\mathcal{O}_{Inside} = 191.01 \mu\text{m}$.

$$\begin{aligned} Y(\mathcal{O}_{Outside}) &= \frac{191.01 - 22.1}{0.871} \\ &= 193.92 \mu\text{m}. \end{aligned}$$

9. ตรวจสอบโอกาสที่เกิดของเสียของแท่งชิ้นงาน เมื่อค่าต่ำสุดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอก (X_4) มีค่า 193.92 μm

$$\begin{aligned} P(X < 190) &= \phi\left(\frac{190 - 193.92}{0.79}\right) \\ &= \phi(-4.94). \\ &= 0 \end{aligned}$$

พบว่าโอกาสเกิดของเสียน้อยกว่า 10 % ดังนั้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกมีค่าต่ำสุดที่ 193.92 μm .

10. คำนวณหาค่าขอบเขตควบคุมล่าง (LCL) ของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอก จากสมการที่ (2) โดยที่ $LSL = 193.92$, $Z_\gamma = \phi^{-1}(0.9)$, $Z_\beta = \phi^{-1}(0.9)$, $n = 4$, $\sigma_{X4} = 0.79$

$$\begin{aligned} LCL &= 193.92 + \frac{1.28}{\sqrt{4}} 0.79 \\ &= 194.42 \mu\text{m}. \end{aligned}$$

3.5 ผลการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้ในกระบวนการผลิต

นำแผนภูมิควบคุมไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตแท่งชิ้นงานเป็นระยะเวลา 1 เดือน ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพก่อนและหลังประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม

	Input (pcs)	Out Spec (pcs)	Out Spec (%)
After	110,755	7,916	7.1%
Before	103,081	2,798	2.7%
Diff	4.4%		

หลังจากนำแผนภูมิควบคุมไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต พบความผิดปกติของแท่งชิ้นงานเร็วขึ้นทำให้พนักงานที่มีหน้าที่ควบคุมเครื่องจักรสามารถแก้ไขขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงานที่ผิดปกติได้อย่างทันถ่วงที ทำให้ของเสียที่ออกมาจากการผลิตนั้นมีจำนวนลดลงเหลือเพียง 2.7 % หรือมีประสิทธิภาพ 97.3% ซึ่งประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 4.4 %

4. อภิปรายผล

ในการนำแผนภูมิควบคุมไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต จากเดิมใช้ค่าขอบเขตที่ลูกค้ำกำหนดเป็นตัวกำหนดขอบเขตในการควบคุม เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงานนั้นหลุดจากขอบเขตที่ลูกค้ำกำหนด ก็เป็นของเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งก่อนที่พนักงานประจำเครื่องจะทำการแก้ไขให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ตามที่กำหนดก็เกิดของเสียในระหว่างการผลิตจำนวนมากแล้วยังพบว่า การควบคุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งชิ้นงานนั้นยังสามารถทำได้ง่ายขึ้นเนื่องจากใช้ความสัมพันธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านในกับด้านนอกในการออกแบบแผนภูมิควบคุม ทำให้ทราบว่าควรแก้ไขให้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านนอกมีขนาดมากที่สุดและน้อยสุดเท่าไร จึงจะทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านในยังอยู่ในการควบคุม ซึ่งความสัมพันธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางตำแหน่งด้านในและด้านนอกมีความสัมพันธ์แบบถดถอย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mandel [5] ได้นำเทคนิคแผนภูมิควบคุมและการวิเคราะห์แบบถดถอยมารวมกัน เพื่อใช้ในการควบคุมชั่วโมงการทำงานกับปริมาณของจดหมายของสำนักงานไปรษณีย์แห่งหนึ่ง และ Johnson [6] ที่ได้เสนอวิธีการนำแผนภูมิสะสมที่มีตัวแปรเดียว (Univariate Cusum) ในการป้องกันความผิดปกติในระหว่างกระบวนการผลิต

เอกสารอ้างอิง

- [1] รังสิณี โสรวิทย์.(2557), “Acceptance Control Chart”, [ระบอบออนไลน์].แหล่งที่มา: http://www.fe.eng.kps.ku.ac.th/th/images/stories/people/fengms/02212462_QC/Lecture/Chap7_Stat_tech.pdf (วันที่ค้นข้อมูล 2 กรกฎาคม 2557)
- [2] Douglas C. Montgomery (2004),”Introduction to Statistical Quality Control”. John Wiley & Sons, 6th edition
- [3] Steele, T.D. (1976), “A Bivariate-Regression Model for Estimating Chemical Composition of Stream Flow or Groundwater”, US Geological Survey, Denver Federal
- [4] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2540), สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2 (ประมวลด้วย MINITAB). พิมพ์ครั้งที่ 7.กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- [5] Mandel, B.J. (1969), “The Regression Control Chart”, Journal of Quality Technology, pp.1-9, Jan 1969
- [6] Johnson, et.al. (2006). “A Multivariate CUSUM Procedure and a Most Active Bivariate Chart”, Department of Statistics, University of Wisconsin-Madison, Madison,WI, USA, pp.401-4114, 2006