

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)

ในขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการนี้จะนำปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ที่มีผลกระทบต่อการเกิดข้อบกพร่องชนิดบางส่วนของเส้นลายวงจรเชื่อมต่อกัน ได้แก่ รับเบอร์โรล การม้วนงานเข้าโรล ฟิล์มแม่แบบและสควิชโรล มาทำการปรับปรุงแก้ไขโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดข้อบกพร่องชนิดบางส่วนของเส้นลายวงจรเชื่อมต่อกันในสภาวะต่างๆ ของปัจจัยทั้ง 4 ที่เกี่ยวข้อง และกำหนดสภาวะของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 4 ของกระบวนการสร้างเส้นลายวงจรเพื่อให้อัตราของเสียลดลง

4.1.1 การปรับปรุงกระบวนการทำความสะอาดผิวหน้าทองแดงและถ่ายแบบเส้นลายวงจร

1. ปัจจัยและคุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้า จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อกลั่นกรองปัจจัยต่างๆ พบว่าปัจจัยที่ต้องควบคุมในกระบวนการทำความสะอาดผิวหน้าทองแดงและถ่ายแบบเส้นลายวงจรมีทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ รับเบอร์โรล การม้วนงานเข้าโรลที่ท้ายเครื่องของกระบวนการทำความสะอาดผิวหน้าทองแดงและฟิล์มแม่แบบของกระบวนการถ่ายแบบเส้นลายวงจร ดังนั้นจึงกำหนดระดับของแต่ละปัจจัย ดังตารางที่ 4.1 เพื่อทำการทดลองหาระดับที่เหมาะสมต่อไป

ตารางที่ 4.1

ปัจจัยและคุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้า

ลำดับ	ปัจจัย	ระดับ	
		-1	1
1	Rubber Roll	มียางหุ้ม	ไม่มียางหุ้ม
2	Unload Method	ไม่ใช้ PE คั่น	ใช้ PE คั่น
3	Master Film	แบบเก่า	แบบใหม่

2. การกำหนดสมมติฐานการทดลอง ในการทดลองนี้ได้ทำการกำหนด

สมมติฐานการทดลองดังนี้

สมมติฐานที่ 1 อิทธิพลของวิธีการรับงานที่ท้ายเครื่อง MSC (ปัจจัย A)

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$$

$$H_1 : \tau_i \neq 0 \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่า}$$

สมมติฐานที่ 2 อิทธิพลของรับเบอร์โรล (ปัจจัย B)

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0 \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่า}$$

สมมติฐานที่ 3 อิทธิพลของฟิล์มแม่แบบ (ปัจจัย C)

$$H_0 : \gamma_1 = \gamma_2 = 0$$

$$H_1 : \gamma_k \neq 0 \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่า}$$

สมมติฐานที่ 4 อิทธิพลร่วมของวิธีการรับงานที่ท้ายเครื่อง MSC และรับเบอร์โรล

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0 \text{ ทุกระดับ } i, j$$

$$H_1 : (\tau\beta)_{ij} \neq 0 \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่า}$$

สมมติฐานที่ 5 อิทธิพลร่วมของรับเบอร์โรลและฟิล์มแม่แบบ

$$H_0 : (\tau\gamma)_{ik} = 0 \text{ ทุกระดับ } i, k$$

$$H_1 : (\tau\gamma)_{ik} \neq 0 \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่า}$$

สมมติฐานที่ 6 อิทธิพลร่วมของวิธีการรับงานที่ท้ายเครื่อง MSC และฟิล์มแม่แบบ

$$H_0 : (\beta\gamma)_{jk} = 0 \text{ ทุกระดับ } j, k$$

$$H_1 : (\beta\gamma)_{jk} \neq 0 \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่า}$$

สมมติฐานที่ 7 อิทธิพลร่วมของวิธีการรับงานที่ท้ายเครื่อง MSC รับเบอร์โรลและฟิล์มแม่แบบ

$$H_0 : (\tau\beta\gamma)_{ijk} = 0 \text{ ทุกระดับ } i, j, k$$

$$H_1 : (\tau\beta\gamma)_{ijk} \neq 0 \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่า}$$

3. การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลอง เพื่อตัดสินปัจจัยที่มีผลกับการเกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิคการทดลองแบบ 2^3 แฟคทอเรียล ในแต่ละการทดลองจะมีการทำซ้ำ 5 ครั้ง ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2
ผลการทดลองแบบ 2^3 แฟคทอเรียล

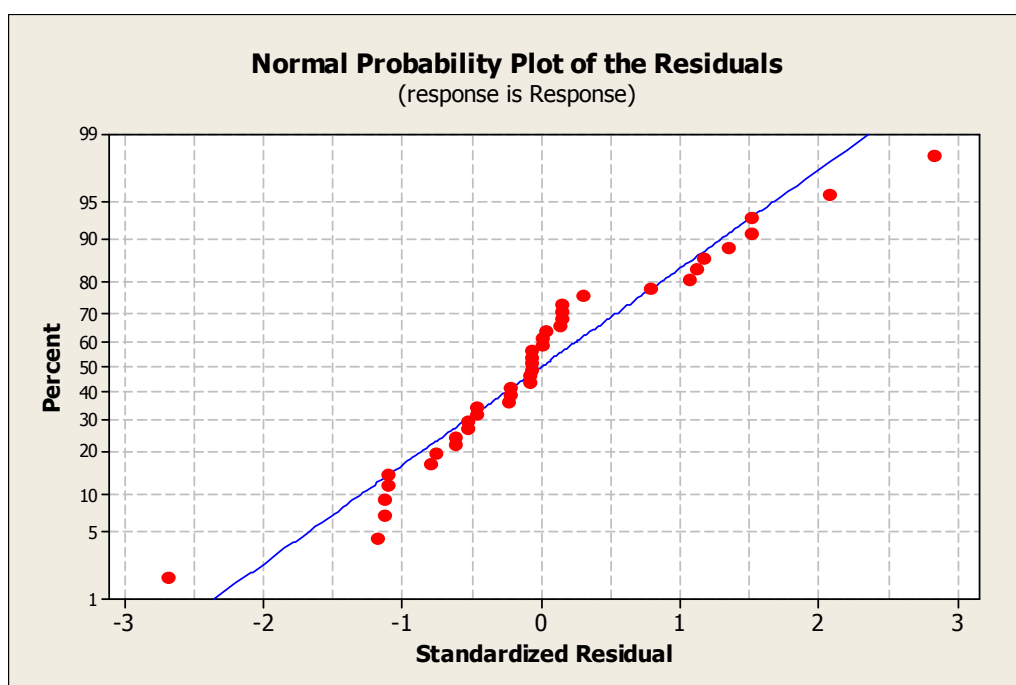
Std. Order	Run Order	Rubber Roll (A)	Unload Method (B)	Master Film (C)	Short (%)
1	4	-1	-1	-1	0.47
2	2	-1	-1	-1	0.89
3	6	-1	-1	-1	0.47
4	1	-1	-1	-1	0.99
5	9	-1	-1	-1	0.26
6	3	1	-1	-1	0.10
7	10	1	-1	-1	0.26
8	14	1	-1	-1	0.05
9	7	1	-1	-1	0.05
10	12	1	-1	-1	0.10
11	18	-1	1	-1	0.07
12	5	-1	1	-1	0.07
13	13	-1	1	-1	0.14
14	8	-1	1	-1	0.14
15	16	-1	1	-1	0.28
16	40	1	1	-1	0.00
17	31	1	1	-1	0.31
18	38	1	1	-1	0.05
19	33	1	1	-1	0.26

ตารางที่ 4.2
ผลการทดลองแบบ 2^3 แฟคทอเรียล (ต่อ)

Std. Order	Run Order	Rubber Roll (A)	Unload Method (B)	Master Film (C)	Short (%)
20	37	1	1	-1	0.16
21	11	-1	1	1	0.05
22	21	-1	1	1	0.26
23	15	-1	1	1	0.00
24	17	-1	1	1	0.10
25	19	-1	1	1	0.00
26	26	-1	-1	1	0.00
27	23	-1	-1	1	0.35
28	29	-1	-1	1	0.00
29	27	-1	-1	1	0.05
30	24	-1	-1	1	0.35
31	35	1	-1	1	0.00
32	20	1	-1	1	0.00
33	28	1	-1	1	0.05
34	22	1	-1	1	0.05
35	25	1	-1	1	0.05
36	32	1	1	1	0.00
37	36	1	1	1	0.05
38	39	1	1	1	0.00
39	30	1	1	1	0.00
40	34	1	1	1	0.00

4. การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) เพื่อเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของข้อมูลว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่สำคัญคือ NID $(0, \sigma^2)$ หรือไม่ โดยลักษณะการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบนั้น ประกอบด้วย การทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคาดเคลื่อนของการทดลองภายใต้เงื่อนไข 3 ประการ ดังต่อไปนี้

(ก) การทดสอบสมมติฐานการกระจายแบบปกติของข้อมูล โดยพิจารณาจากกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability) ของคลาดเคลื่อนกับค่าความน่าจะเป็นสะสม (Residual VS P_k) ดังภาพที่ 4.1

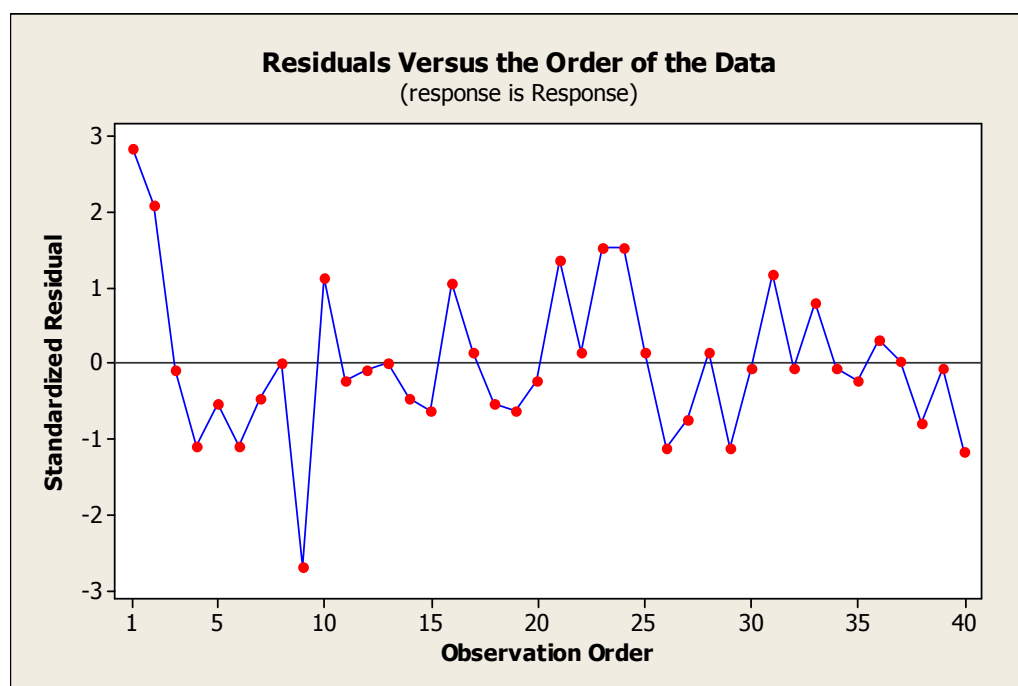


ภาพที่ 4.1

ผลลัพธ์การทดสอบสมมติฐานการกระจายแบบปกติของการทดลองที่ 1

จากภาพที่ 4.1 เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนที่สังเกตได้จากการทดลองในแกนนอนคู่กับค่าความน่าจะเป็นในแกนตั้ง พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ เนื่องจากการพล็อตจุดต่างๆ บนกราฟอยู่บนเส้นตรงและใกล้กับเส้นตรงดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ

(ข) การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระของข้อมูล โดยพิจารณาจากกราฟระหว่างลำดับที่ของการทดลองกับค่าความคลาดเคลื่อน (Order VS Residual) ดังภาพที่ 4.2

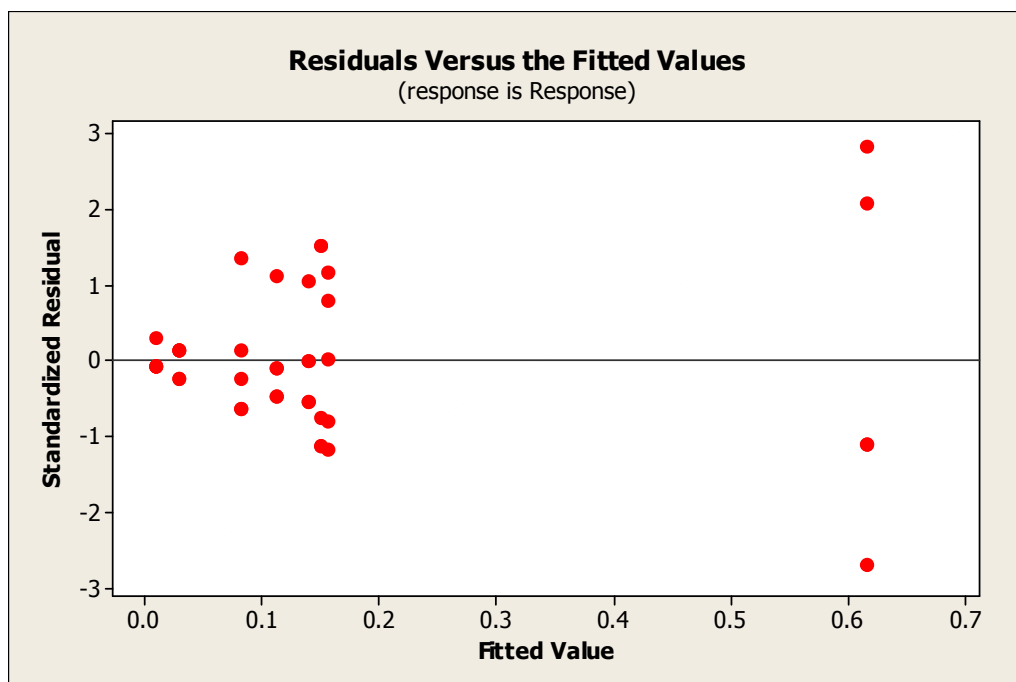


ภาพที่ 4.2

ผลลัพธ์การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระของข้อมูลของการทดลองที่ 1

จากภาพที่ 4.2 เมื่อพิจารณาการกระจายของข้อมูลบนแผนภูมิ พบว่าการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนไม่สามารถทำนายรูปแบบที่แน่นอนได้ ไม่เป็นวัฏจักรหรือเรียงลำดับเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระต่อกัน

(ค) การทดสอบความสม่ำเสมอของความแปรปรวนของข้อมูล โดยพิจารณาจากกราฟการกระจายของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มกับค่าความคลาดเคลื่อน (Sample Mean VS Residual) ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3

ผลลัพธ์การทดสอบความสม่ำเสมอของความแปรปรวนของข้อมูลของการทดลองที่ 1

จากภาพที่ 4.3 พบว่าความคลาดเคลื่อนมีรูปแบบการกระจายที่ไม่แน่นอน ไม่สามารถทำนายรูปแบบที่แน่นอนได้ แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีเสถียรภาพของความแปรปรวน

5. การวิเคราะห์การทดลองแบบ 2^3 แฟคทอเรียล

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.4

(ก) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า รับเบอร์โรล (Rubber Roll) การม้วนงานเข้าโรล (Unload Method) และฟิล์มแม่แบบ (Master Film) แต่ละปัจจัยมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า ปัจจัยทั้งสามข้างต้นมีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องชนิดบางส่วนของเส้นลายวงจรเชื่อมต่อกัน

(ข) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างรับเบอร์โรลกับวิธีการม้วนงานเข้าโรล (Rubber Roll*Unload Method) มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างรับเบอร์โรลกับฟิล์มแม่แบบ (Rubber Roll*Master Film) และปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีการม้วนงานเข้าโรลกับฟิล์มแม่แบบ (Unload Method*Master Film)

มีค่า P-Value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างรับเบอร์โรลกับวิธีการม้วนงานเข้าโรลมีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องชนิดบางส่วนของเส้นลายวงจรเชื่อมต่อกัน ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างรับเบอร์โรลกับฟิล์มแม่แบบและปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีการม้วนงานเข้าโรลกับฟิล์มแม่แบบไม่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องชนิดบางส่วนของเส้นลายวงจรเชื่อมต่อกัน

(ค) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างรับเบอร์โรลกับวิธีการม้วนงานเข้าโรลกับฟิล์มแม่แบบ (Rubber Roll*Unload Method*Master Film) มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสามข้างต้นมีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องชนิดบางส่วนของเส้นลายวงจรเชื่อมต่อกัน

General Linear Model: Response versus Rubber Roll, Unload, Master Film

Factor	Type	Levels	Values
Rubber Roll	fixed	2	-1, 1
Unload	fixed	2	-1, 1
Master Film	fixed	2	-1, 1

Analysis of Variance for Response, using Adjusted SS for Tests

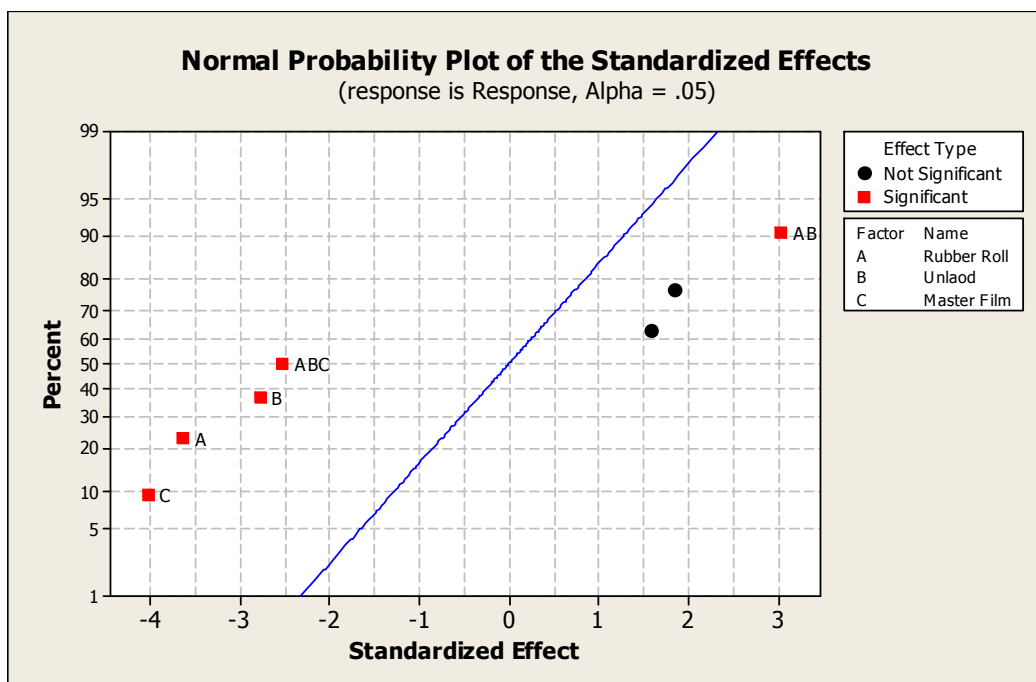
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Rubber Roll	1	0.28900	0.28900	0.28900	13.21	0.001
Unload	1	0.16900	0.16900	0.16900	7.72	0.009
Master Film	1	0.35344	0.35344	0.35344	16.15	0.000
Rubber Roll*Unload	1	0.20164	0.20164	0.20164	9.22	0.005
Rubber Roll*Master Film	1	0.05476	0.05476	0.05476	2.50	0.123
Unload*Master Film	1	0.07396	0.07396	0.07396	3.38	0.075
Rubber Roll*Unload*Master Film	1	0.13924	0.13924	0.13924	6.36	0.017
Error	32	0.70020	0.70020	0.02188		
Total	39	1.98124				

S = 0.147923 R-Sq = 64.66% R-Sq(adj) = 56.93%

ภาพที่ 4.4

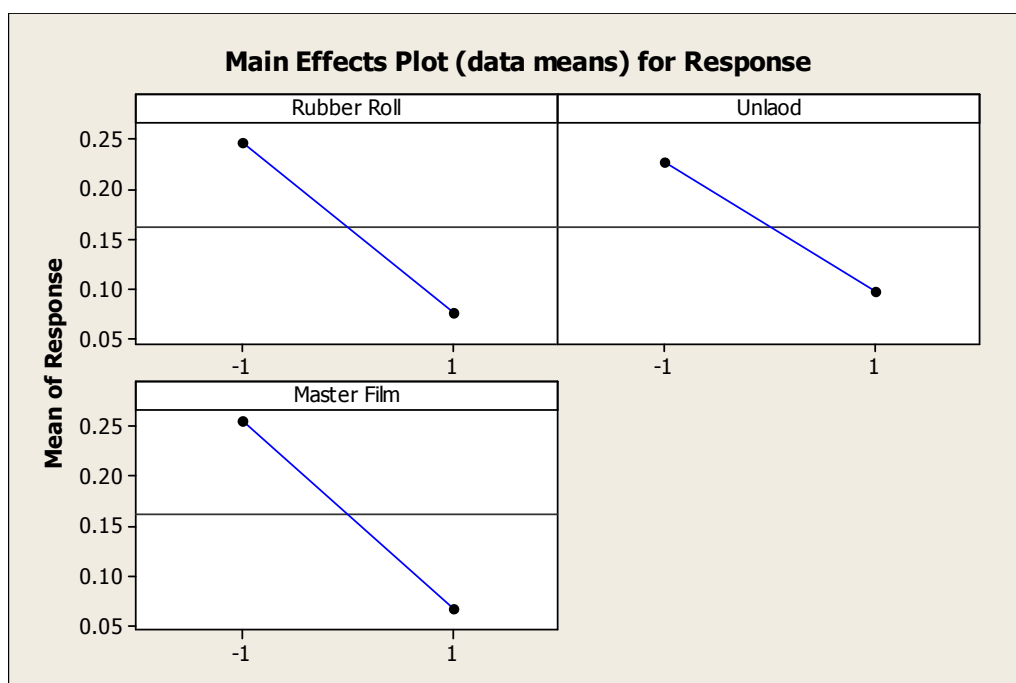
ผลลัพธ์การทดลองแบบ 2^3 แฟคทอเรียล

นอกจากค่า P-value จากตาราง ANOVA ข้างต้นแล้ว ผู้วิจัยสามารถดูผลของปัจจัยได้จาก Normal Probability Plot (ภาพที่ 4.5) กล่าวคือจุดที่แสดงในตาราง คือ จุดที่มีนัยสำคัญทั้งหมด



ภาพที่ 4.5

ผลการวิเคราะห์จาก Normal Probability Plot



ภาพที่ 4.6

กราฟแสดงปัจจัยหลัก Main Effects Plot กับผลตอบแทน

เมื่อวิเคราะห์ผลจากภาพ 4.6 ซึ่งเป็นกราฟแสดงปัจจัยหลัก Main Effects Plot กับผลตอบสนองซึ่งงานวิจัยนี้ต้องการผลตอบสนองที่ได้ค่าต่ำ พบว่าปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ รับเบอร์โรล (Rubber Roll) วิธีการม้วนงานเข้าโรล (Unload Method) และฟิล์มแม่แบบ (Master Film) ที่ระดับต่ำให้ค่าตอบสนองที่สูงและที่ระดับสูงให้ค่าตอบสนองที่ต่ำ ดังนั้นการกำหนดมาตรฐานของปัจจัยหลักทั้งสามจึงควรกำหนดที่ระดับสูงเพื่อลดอัตราของเสียให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด

4.1.2 การปรับปรุงกระบวนการล้างทรายฟิล์มส่วนที่ไม่โดนแสง

ปัจจัยที่ต้องควบคุมในกระบวนการล้างทรายฟิล์มส่วนที่ไม่โดนแสงมี 1 ปัจจัยได้แก่ สควิชโรล โดยจากขั้นตอนการวิเคราะห์พบว่าอายุการใช้งานของสควิชโรลมีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องชนิดบางส่วนของเส้นลายวงจรเชื่อมต่อกันดังนั้นจึงได้ออกแบบและทดลองเพื่อกำหนดอายุการใช้งานที่เหมาะสมของสควิชโรล วิธีการกำหนดช่วงของการทดลอง กำหนดโดยในแต่ละช่วงให้มีระยะเวลาห่างกัน 15 วันทั้งนี้ได้พิจารณาจากมาตรฐานการใช้งานเดิมที่กำหนดไว้ที่ 60 วัน ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

1. การกำหนดสมมติฐานการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ทำการกำหนดสมมติฐานการทดลองดังนี้

$$H_0 : \tau_{15} = \tau_{30} = \tau_{35} = \tau_{40} = \tau_{45} = \tau_{60} = 0$$

$$H_1 : \tau_i \neq 0 \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่า}$$

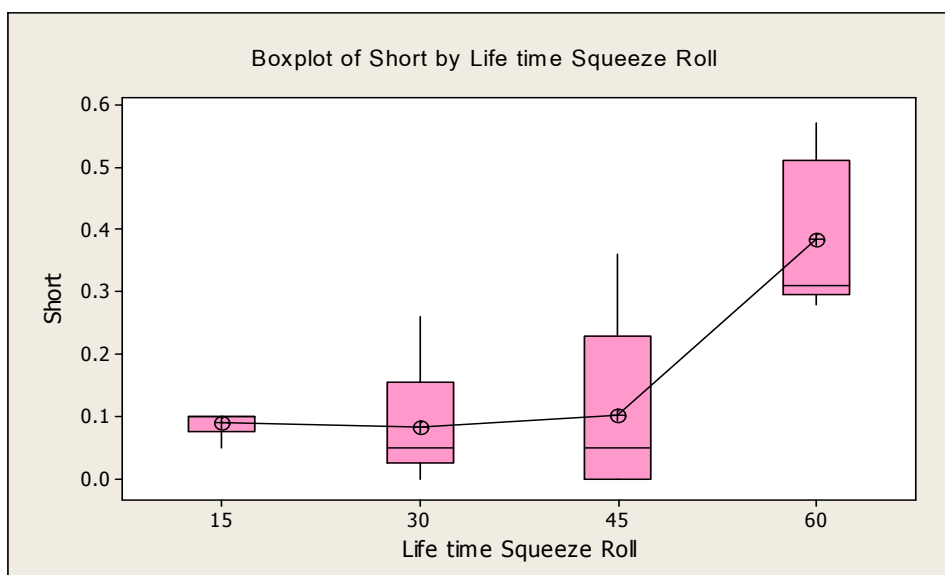
2. การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อตัดสินปัจจัยที่มีผลกับการเกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิคการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แต่เนื่องจากการทดลองนี้ต้องการทดลองภายใต้การเปรียบเทียบตามระยะเวลาจึงไม่สามารถออกแบบการทดลองให้เป็นการสุ่มสมบูรณ์ได้ทั้งหมด ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.7

ตารางที่ 4.3

ผลการทดลองการกำหนดอายุการใช้งานสควิซโรล

Day	Run Order	Short Defect (%)	Day	Run Order	Short Defect (%)
15	3	0.10	45	12	0.36
15	5	0.10	45	15	0.00
15	2	0.05	45	14	0.10
15	4	0.10	45	11	0.00
15	1	0.10	45	13	0.05
30	7	0.00	60	17	0.31
30	6	0.05	60	19	0.45
30	9	0.05	60	16	0.28
30	10	0.05	60	18	0.57
30	8	0.26	60	20	0.31



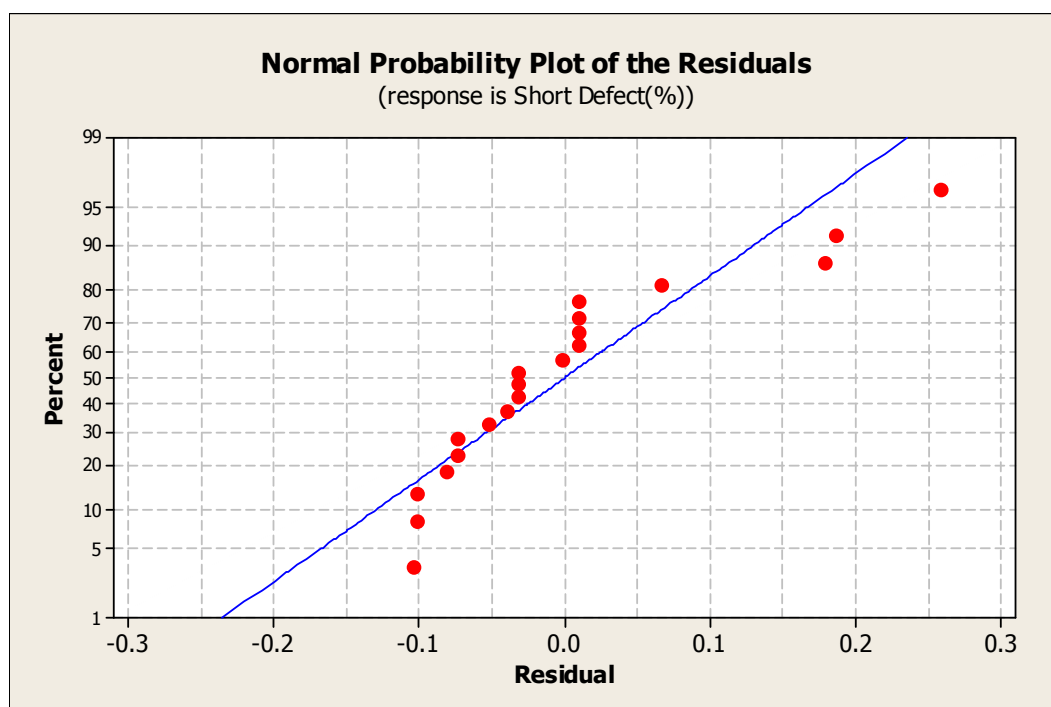
ภาพที่ 4.7

Boxplot ของอัตราส่วนของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นที่ระดับต่างๆ ของอายุการใช้งานของสควิซโรล

จาก Boxplot ที่ระดับอายุการใช้งาน 15 วัน ให้ค่าต่ำที่สุด ในขณะที่ระดับอายุการใช้งาน 60 วัน ให้ค่าสูงที่สุด ระดับอายุการใช้งาน 15 วัน มีการกระจายต่ำที่สุด และระดับอายุการใช้งาน 60 วัน มีการกระจายมากที่สุด

3. การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) เพื่อเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของข้อมูลว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่สำคัญ คือ NID ($0, \sigma^2$) หรือไม่ โดยลักษณะการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบนั้น ประกอบด้วยการทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคาดเคลื่อนของการทดลองภายใต้เงื่อนไข 3 ประการ ดังต่อไปนี้

(ก) การทดสอบสมมติฐานการกระจายแบบปกติของข้อมูล โดยพิจารณาจากกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability) ของคลาดเคลื่อนกับค่าความน่าจะเป็นสะสม (Residual VS P_k) ดังภาพที่ 4.8

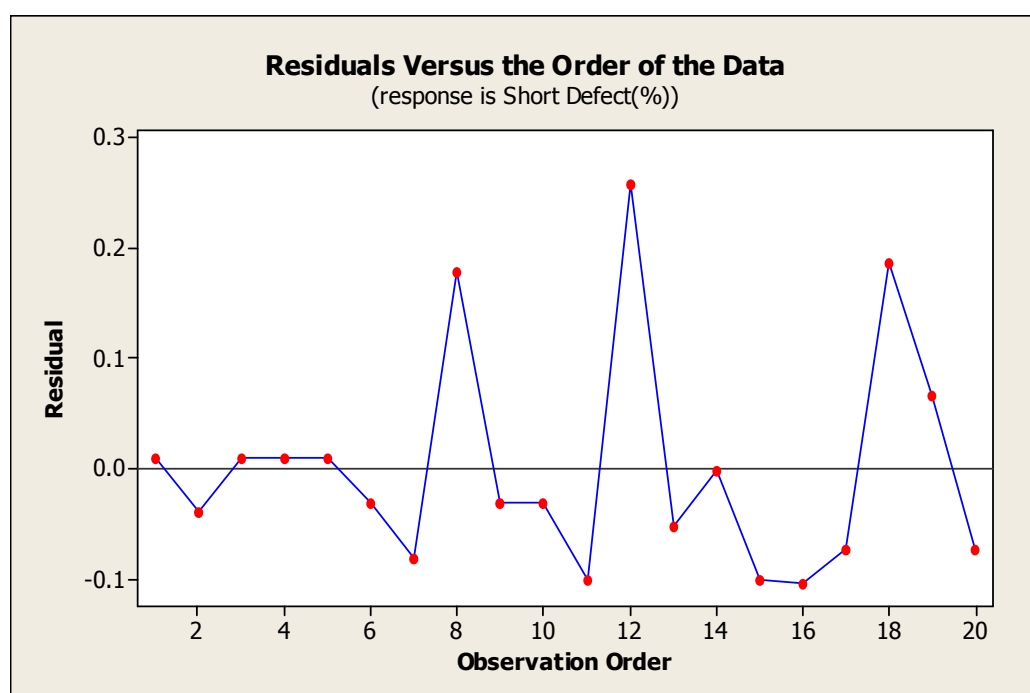


ภาพที่ 4.8

ผลลัพธ์การทดสอบสมมติฐานการกระจายแบบปกติของการทดลองที่ 2

จากภาพที่ 4.9 เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนที่สังเกตได้จากการทดลองในแกนแนวนอนคู่กับค่าความน่าจะเป็นในแกนตั้ง พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติเนื่องจากการพล็อตจุดต่างๆ บนกราฟอยู่บนเส้นตรงและใกล้กับเส้นตรงดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ

(ข) การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระของข้อมูล โดยพิจารณาจากกราฟระหว่างลำดับที่ของการทดลองกับค่าความคลาดเคลื่อน (Order VS Residual) ดังภาพที่ 4.10

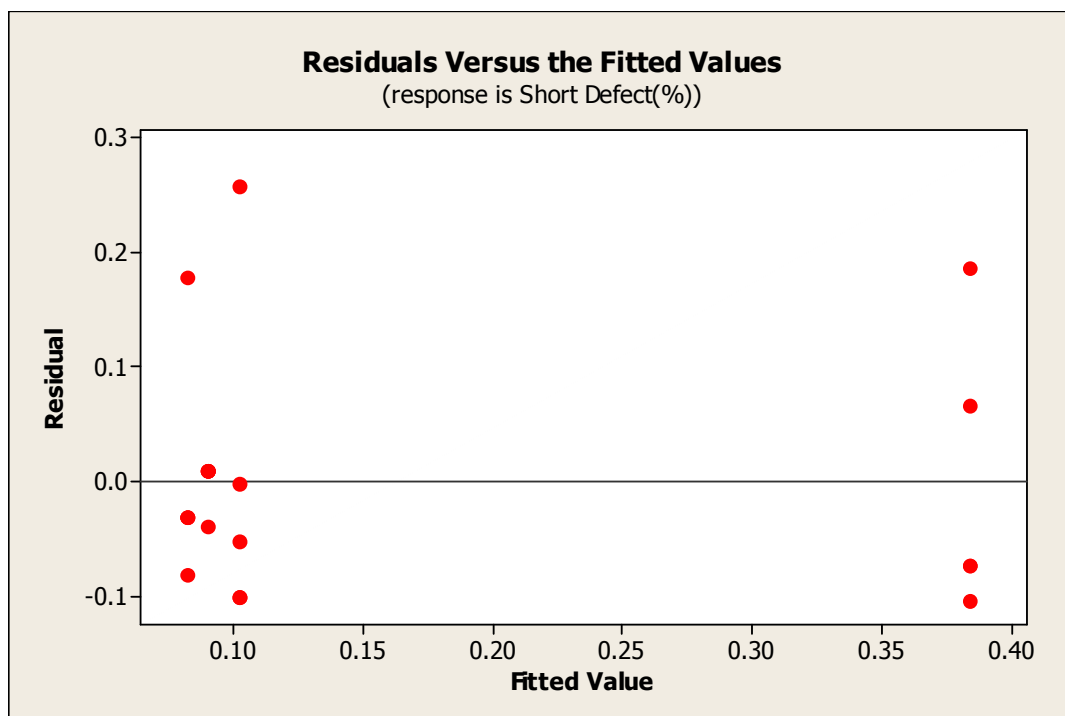


ภาพที่ 4.9

ผลลัพธ์การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระของข้อมูลของการทดลองที่ 2

จากภาพที่ 4.10 เมื่อพิจารณาการกระจายของข้อมูลบนแผนภูมิ พบว่าการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนไม่สามารถทำนายรูปแบบที่แน่นอนได้ ไม่เป็นวัฏจักรหรือเรียงลำดับเชิงไปด้านใดด้านหนึ่ง แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระต่อกัน

(ค) การทดสอบความสม่ำเสมอของความแปรปรวนของข้อมูล โดยพิจารณาจากกราฟการกระจายของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มกับค่าความคลาดเคลื่อน (Sample Mean VS Residual) ดังภาพที่ 4.10



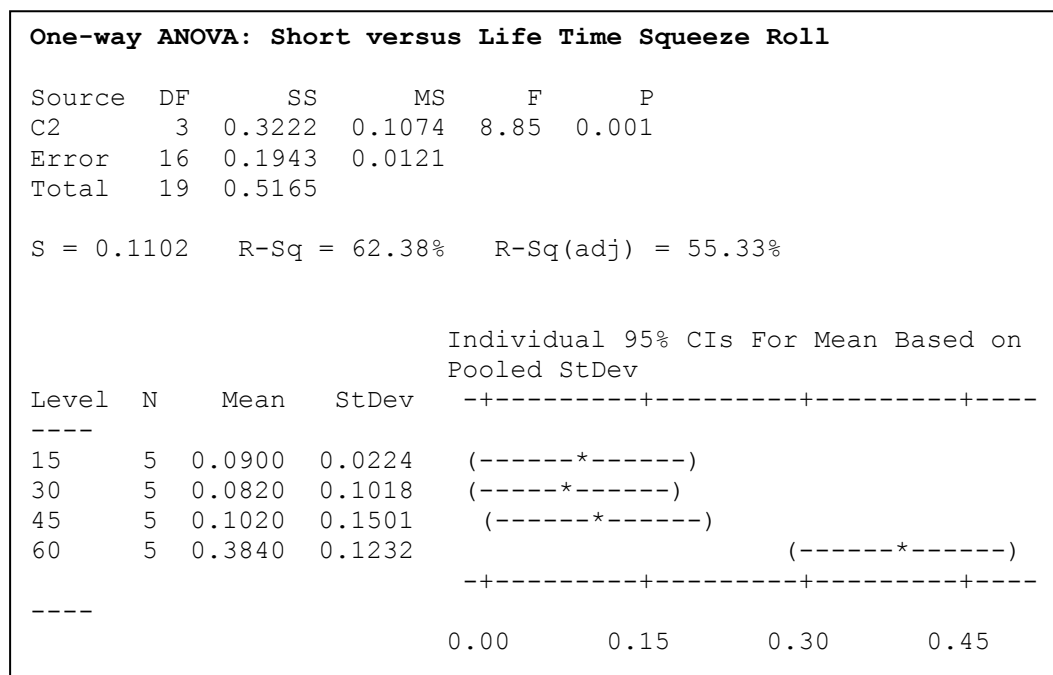
ภาพที่ 4.10

ผลลัพธ์การทดสอบความสม่ำเสมอของความแปรปรวนของข้อมูลของการทดลองที่ 2

จากภาพที่ 4.3 พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีรูปแบบการกระจายที่ไม่แน่นอน ไม่สามารถทำนายรูปแบบที่แน่นอนได้ แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีเสถียรภาพของความแปรปรวน

4. การวิเคราะห์การทดลองสุ่มสมบูรณ์

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.11 เนื่องจากค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.001 ซึ่งต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ดังนั้น อายุการใช้งานของสควิทโรลมีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องชนิดบางส่วนของเส้นลายวงจรเชื่อมต่อกัน



ภาพที่ 4.11

ผลลัพธ์การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ของอายุการใช้งานสควิชโรล

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่ามียุคการใช้งานอย่างน้อย 1 ระดับที่มีความแตกต่างกับระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญดังนั้นจึงได้ทำการพิสูจน์หาระดับดังกล่าวการเปรียบเทียบค่ากลาง (Multiple Comparison) โดยวิธี Duncan ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{คำนวณค่า } S_{\bar{Y}_i} &= \sqrt{\frac{MSE}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{0.0121}{5}} \\ &= 0.05 \end{aligned}$$

คำนวณค่า R

$$R_2 = r_{0.05}(2, 16) S_{\bar{Y}_i} = 3.00(0.05) = 0.1500$$

$$R_3 = r_{0.05}(3, 16) S_{\bar{Y}_i} = 3.15(0.05) = 0.1575$$

$$R_4 = r_{0.05}(4, 16) S_{\bar{Y}_i} = 3.23(0.05) = 0.1615$$

เรียงลำดับของค่าเฉลี่ยตัวอย่างในแต่ละระดับจากน้อยไปหามาก

$$\bar{Y}_{30} = 0.0820 < \bar{Y}_{15} = 0.0900 < \bar{Y}_{45} = 0.1020 < \bar{Y}_{60} = 0.3840$$

เปรียบเทียบ

$$60 \text{ VS } 30 : 0.3840 - 0.0820 = 0.3020 > R_4 = 0.1615$$

$$60 \text{ VS } 15 : 0.3840 - 0.0900 = 0.2940 > R_4 = 0.1615$$

$$60 \text{ VS } 45 : 0.3840 - 0.1020 = 0.2820 > R_4 = 0.1615$$

$$45 \text{ VS } 30 : 0.1020 - 0.0820 = 0.0200 < R_3 = 0.1575$$

$$45 \text{ VS } 15 : 0.1020 - 0.0900 = 0.0120 < R_3 = 0.1575$$

$$15 \text{ VS } 30 : 0.0900 - 0.0820 = 0.0080 < R_2 = 0.1500$$

สรุปผลการเปรียบเทียบ อายุการใช้งานสวิตช์โรลที่ระดับ 15 30 45 ให้ผลที่เท่ากัน ยกเว้นที่ระดับ 60 วันให้ผลที่แตกต่างกับระดับอื่นๆ ดังนั้นอายุการใช้งานที่เหมาะสมคือ 15 30 และ 45 วัน ซึ่งในที่นี้ทางผู้วิจัยและทีมงานได้กำหนดให้อายุการใช้งานของสวิตช์โรลเป็น 30 วันทั้งนี้ เพื่อให้สอดคล้องกับกิจกรรมการทำความสะอาดประจำเดือน (Monthly Clean) ของเครื่อง

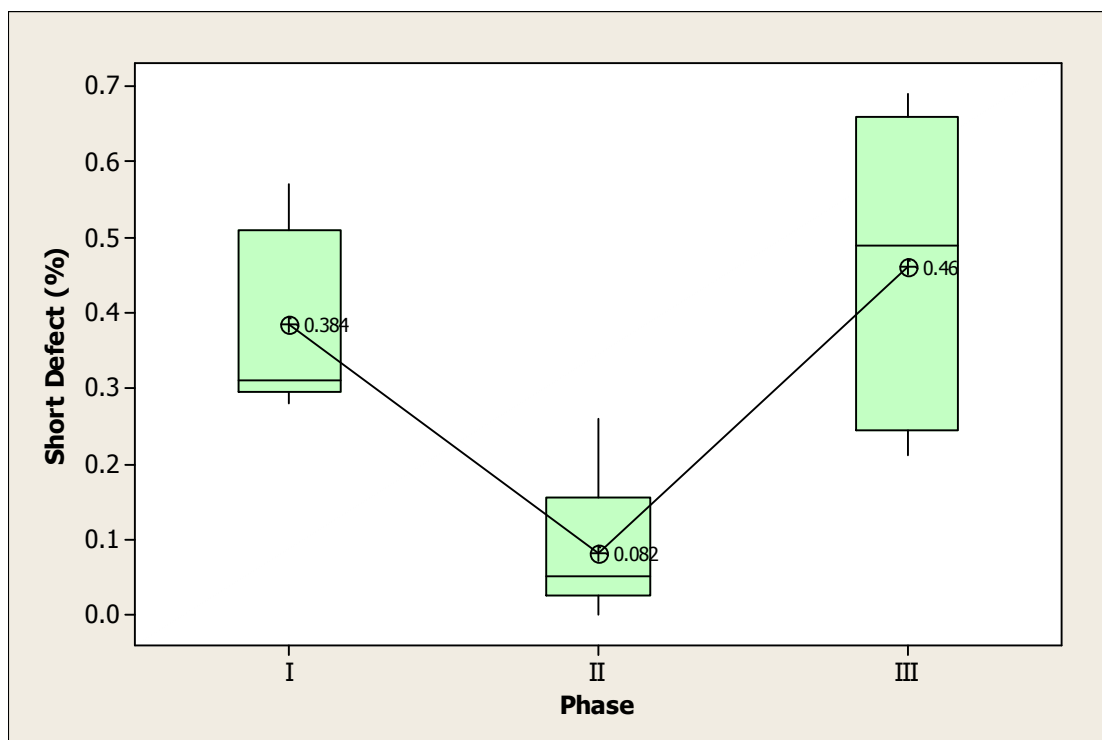
4.1.3 การวิเคราะห์ความต่อเนื่องของกระบวนการ

ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ความต่อเนื่องของกระบวนการเพื่อวิเคราะห์ถึงผลกระทบของการเกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการหน้าได้แก่ กระบวนการทำความสะอาดผิวหน้าทองแดงและกระบวนการถ่ายแบบเส้นลายวงจร และกระบวนการหลัง ได้แก่ กระบวนการล้างทรายฟิล์มส่วนที่ไม่โดนแสง โดยผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.12

ตารางที่ 4.4

ผลการวิเคราะห์ความต่อเนื่องของกระบวนการ

Phase	กระบวนการ		Short Defect (%)				
	Material Scrubbing & Exposure	Development	1	2	3	4	5
I	ปรับปรุง	ไม่ปรับปรุง	0.31	0.45	0.28	0.57	0.31
II	ปรับปรุง	ปรับปรุง	0.00	0.05	0.05	0.05	0.26
III	ไม่ปรับปรุง	ปรับปรุง	0.28	0.69	0.49	0.63	0.21



ภาพที่ 4.12

Boxplot การเปรียบเทียบการเกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ของการกระบวนก่อนและหลัง

จากภาพที่ 4.12 เป็นการเปรียบเทียบการเกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ของการปรับปรุงกระบวนการก่อน คือ กระบวนการทำความสะอาดผิวหน้าทองแดงและกระบวนการถ่ายแบบเส้นลายวงจร และกระบวนการหลัง คือ กระบวนการล้างทรายฟิล์มส่วนที่ไม่โดนแสง โดยเฟส I เป็นการปรับปรุงกระบวนการก่อนแต่ไม่ได้ปรับปรุงกระบวนการหลัง มีค่าเฉลี่ยการเกิดข้อบกพร่องเท่ากับ 0.384 เปอร์เซ็นต์ เฟส II เป็นการปรับปรุงกระบวนการก่อนและปรับปรุงกระบวนการหลัง มีค่าเฉลี่ยการเกิดข้อบกพร่องเท่ากับ 0.082 เปอร์เซ็นต์ และเฟส III ไม่ปรับปรุงกระบวนการก่อนแต่ปรับปรุงกระบวนการหลัง มีค่าเฉลี่ยการเกิดข้อบกพร่องเท่ากับ 0.45 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นหากทำการปรับปรุงเพียงกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งจะไม่สามารถลดปริมาณการเกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ลงได้

4.2 การควบคุมตัวแปรต่างๆ (Control Phase)

จากขั้นตอนของการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการที่ผ่านมา ทำให้ทราบถึงปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญต่อการเกิดข้อบกพร่องของกระบวนการ และค่าระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสม ซึ่งการควบคุมตัวแปรต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบและควบคุมปัจจัยนำเข้าที่ได้จากขั้นตอนของการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ ในขั้นตอนการควบคุมนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ การควบคุมปัจจัยนำเข้า การควบคุมกระบวนการ และระบบแจ้งเตือนเมื่อตรวจสอบพบข้อบกพร่อง (Feedback System) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 การควบคุมปัจจัยนำเข้า

1. รับเบอร์โรล (Rubber Roll) ในการควบคุมรับเบอร์โรลนั้นทำโดยกำหนดมาตรฐานลงในคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ดังแสดงในภาพที่ ก-1 ในภาคผนวก ก

2. การม้วนงานเข้าโรล (Unload Method) ในการควบคุมการม้วนงานเข้าโรลนั้นทำโดยการกำหนดวิธีการลงในคู่มือการปฏิบัติงานเช่นเดียวกับการควบคุมรับเบอร์โรล ดังภาพที่ ก-2 ในภาคผนวก ก

3. फिल्मแม่แบบ (Master Film) ในการควบคุมฟิล์มแม่แบบนี้ทำโดยการแก้ไขการออกแบบใหม่โดยทำการร้องขอไปที่แผนกออกแบบให้เปลี่ยนแบบของฟิล์มแม่แบบ ดังตัวอย่างในภาพที่ ก-1 ในภาคผนวก ก

4. สควิชโรล (Squeeze Roll) ในการควบคุมสควิชโรลนั้นทำโดยการกำหนดอายุการใช้งานลงในข้อกำหนดคุณภาพ (Q-Condition) ดังตารางที่ ข-1 ในภาคผนวก ข และโดยการบันทึกในแบบฟอร์มที่ได้จัดทำไว้ดังตัวอย่างตารางที่ ก-3 ในภาคผนวก ก

4.2.2 การควบคุมกระบวนการ

ในการควบคุมกระบวนการโดยรวมนั้นทำโดยการจัดทำข้อกำหนดคุณภาพ (Q-Condition) ของกระบวนการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมคุณภาพโดยรวมของกระบวนการ ตั้งแต่กระบวนการแรกจนถึงกระบวนการสุดท้ายของการสร้างเส้นลายวงจร ดังตารางที่ ข-1 ในภาคผนวก ข

4.2.3 ระบบแจ้งเตือนเมื่อตรวจสอบพบข้อบกพร่อง (Feedback System)

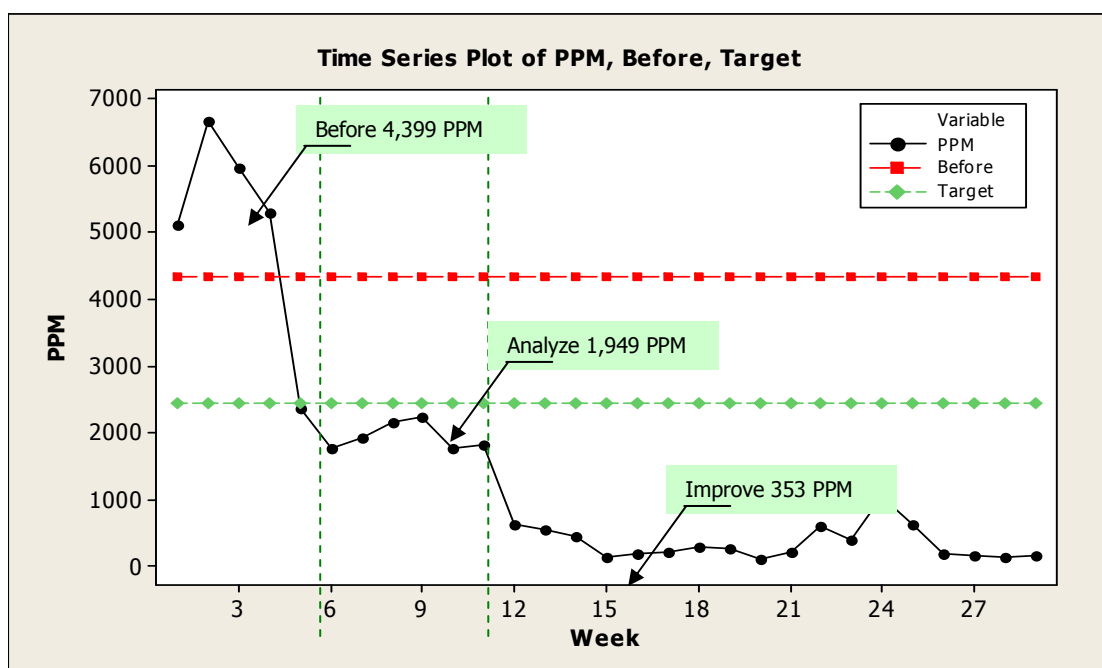
ระบบแจ้งเตือนเมื่อตรวจสอบพบข้อบกพร่องจัดทำขึ้นเพื่อเป็นการแจ้งเตือนกระบวนการที่เกี่ยวข้องกรณีเกิดข้อบกพร่องที่มากผิดปกติ ทั้งนี้เพื่อให้กระบวนการที่เกี่ยวข้องได้รับทราบปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและทำการตรวจสอบหาสาเหตุและหาวิธีการแก้ไขป้องกัน

ไม่ให้ปัญหานั้นเกิดต่อเนื่อง ดังแสดงในภาพที่ ค-1 ในภาคผนวก ค ซึ่งจะช่วยลดความเสียหายที่เกิดจากการเกิดข้อบกพร่องอย่างต่อเนื่องของผลิตภัณฑ์นั้นได้

4.3 สรุปผลการดำเนินงานตามวิธีการซิกส์ซิกมา

จากวัตถุประสงค์ในการทำการวิจัยครั้งนี้ คือ เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกส์ซิกมา ซึ่งหลังจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการซิกส์ซิกมาแล้วสามารถสรุปผลได้ดังภาพที่ 4.13

จากภาพที่ 4.13 เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลสถิติของเสียก่อนการดำเนินการแก้ไขปัญหในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง มิถุนายน 2552 พบว่ามีค่าเฉลี่ยของเสียเท่ากับ 4,399 PPM และเมื่อมีการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงพบว่าอัตราของเสียมีค่าเฉลี่ยที่ลดลง โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่หนึ่งในขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของเสียลดลงเหลือ 1,949 PPM และช่วงที่สองจะเป็นผลหลังจากทำการควบคุมปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาแล้ว พบว่ามีค่าเฉลี่ยของเสียลดลงเหลือเพียง 25,780 PPM ซึ่งสามารถลดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นลงได้มากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้คือ 2,200 PPM



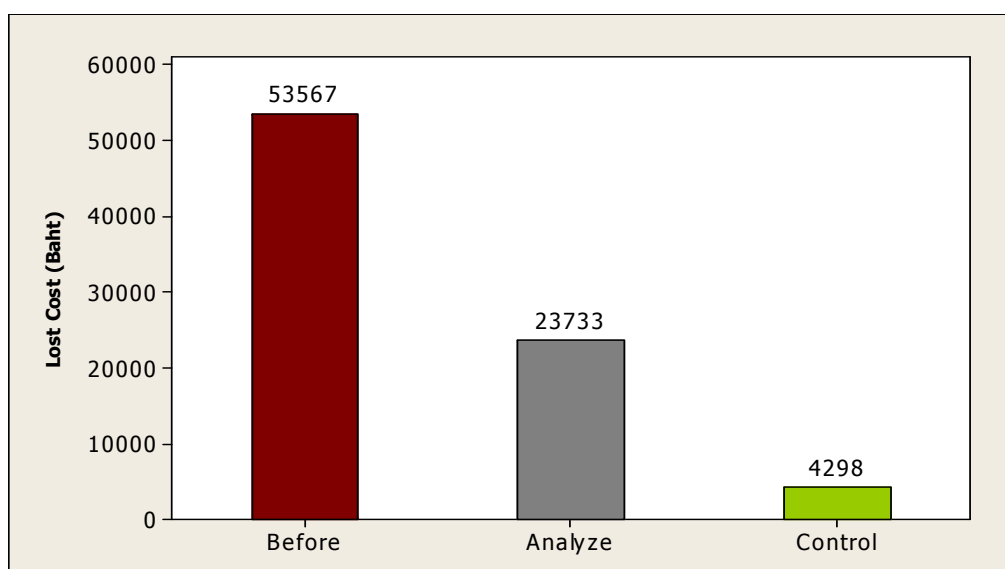
ภาพที่ 4.13

สรุปผลการดำเนินการแก้ไข

4.4 มูลค่าความสูญเสียที่ลดลง

หลังจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการซิกซ์ซิกมาสามารถลดความสูญเสียอันเนื่องมาจากของเสียที่เกิดขึ้นได้ ดังภาพที่ 4.14

จากภาพที่ 4.14 เป็นกราฟเปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นพบวก่อนการดำเนินการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการซิกซ์ซิกมาในช่วงเดือน พ.ค. ถึง มิ.ย. 2552 นั้นมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยอยู่ที่ 53,567 บาทต่อเดือน และเมื่อเริ่มดำเนินการแก้ไขปรับปรุงจนกระทั่งถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ในช่วงเดือน ก.ค. ถึง ส.ค. 2552 พบว่ามูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยลดลงเหลือ 23,733 บาทต่อเดือน และหลังจากทำการควบคุมปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาในช่วง ส.ค. ถึง ธ.ค. 2552 แล้วนั้นพบว่าสามารถลดมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยเหลือเพียง 4,298 บาทต่อเดือน



ภาพที่ 4.14

มูลค่าความสูญเสียที่ลดลง

4.5 ความสามารถกระบวนการ

หลังจากการดำเนินการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการซิกซ์ซิกมาพบว่าความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้น โดยก่อนปรับปรุงมีของเสียเฉลี่ยเท่ากับ 4,399 PPM แต่เมื่อทำการปรับปรุงแล้วอัตราของเสียค่าเฉลี่ยที่ลดลงโดยเหลือเพียง 353 PPM และเมื่อเปรียบเทียบในระดับซิกมาแล้วพบว่าความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้นด้วย โดยก่อนปรับปรุงความสามารถของ

กระบวนการเท่ากับ 4.02 ซิกมาและเมื่อทำการปรับปรุงแล้วความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้นเป็น 4.89 ซิกมา ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5

ความสามารถของกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุง

Index	Process Capability		
	ก่อนปรับปรุง	เป้าหมาย	หลังปรับปรุง
DPPM	4399	2200	353
Sigma	4.02	4.35	4.89
Cpk	1.34	1.45	1.63