

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ช่องว่างในเรื่องของการปรับปรุงกระบวนการ และได้มีการเลือกหัวข้อที่จะพัฒนาคือการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์อัตราการเกิดของเสียต่างๆ ทำให้เข้าใจปัญหาและสามารถระบุประเด็น ที่ควรจะพัฒนาได้ โดยในกรณีศึกษานี้ได้มีการกำหนดตัวชี้วัด KPI (Key Performance Index) ก็คือ อัตราการเกิดของเสียน้ำยาเอ็นแคปซูลชิ้นรั่ว ซึ่งเป็นของเสียที่เกิดขึ้นเป็นอันดับต้นๆ ของกระบวนการ

#### 4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบ

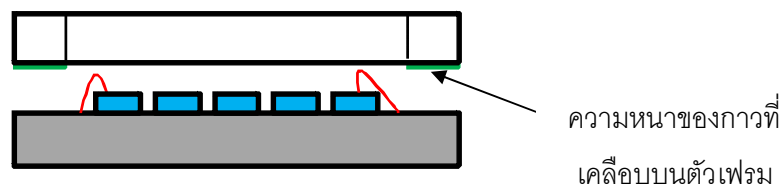
จากการที่ได้มีการศึกษาถึงกระบวนการที่ทำให้เกิดของเสีย และมีการวิเคราะห์ถึงสาเหตุต่างๆ จนได้ปัจจัยที่น่าจะส่งผลกระทบต่ออัตราการเกิดของเสีย น้ำยาเอ็นแคปซูลชิ้นรั่ว ซึ่งมีด้วยกันอยู่ 3 ปัจจัยหลักๆ ดังนี้

##### 4.1.1 ปัจจัยที่ 1- กาวที่เคลือบบนตัวเฟรมบางเกินไป

เนื่องจากได้มีการเปลี่ยนความหนาของกาวที่เคลือบบนตัวเฟรมลดลงจาก 0.20 มม. เป็น 0.05 มม. ซึ่งอาจจะมีส่งผลต่อปริมาณของเสียน้ำยาเอ็นแคปซูลชิ้นรั่ว

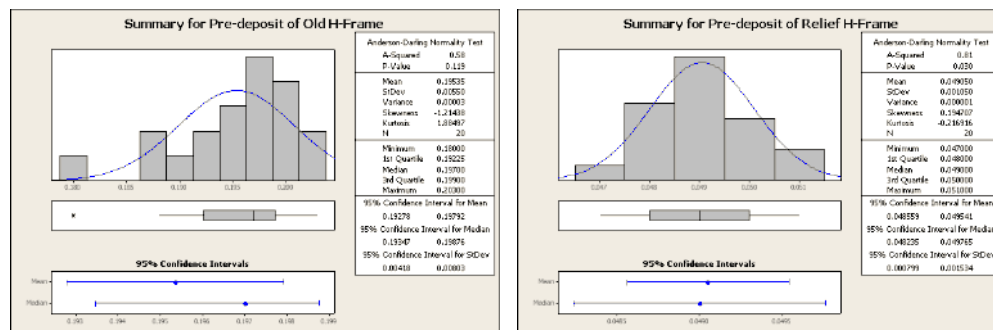
##### (1) แผนการทดสอบ

ทำการเปรียบเทียบปริมาณของเสียน้ำยาเอ็นแคปซูลชิ้นรั่วระหว่างตัวเฟรมสองกลุ่มที่เคลือบกาวที่มีความหนาไม่เท่ากัน (ความหนาของกาวที่เคลือบบนตัวเฟรม คือ 0.20 มม. และ 0.05 มม.)



ภาพที่ 4.1

จำลองความหนาของกาวที่เคลือบบนตัวเฟรม



ภาพที่ 4.2

กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลความหนาของกาวที่เคลือบบนตัว เฟรมทั้งสองกลุ่ม

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของความหนาของกาวที่เคลือบบนตัว เฟรมทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากับ 0.199 มม. และ 0.049 มม. ตามลำดับ

(2) ผลการทดสอบ

ได้มีการนำมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติในโปรแกรมสำเร็จรูปได้ผลดังนี้

#### Test and CI for Two Proportions

Sample X N Sample p

1 2 51 0.039216

2 27 254 0.106299

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: -0.0670835

95% CI for difference: (-0.132465, -0.00170190)

Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = -2.01 P-Value = 0.044

จากผลการทดสอบ ค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จะเห็นได้ว่า ปริมาณกาวที่เคลือบบนตัว เฟรมที่แตกต่างกัน มีผลต่อการเกิดของเสีย น้ำยาเ็นแคปซูลขึ้นรั่วที่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณที่กาวที่เคลือบบนตัว เฟรมที่บางลงนั้นส่งผลทำให้เกิด ปริมาณของเสียในอัตราที่สูงกว่า

(3) แนวทางการปรับปรุง

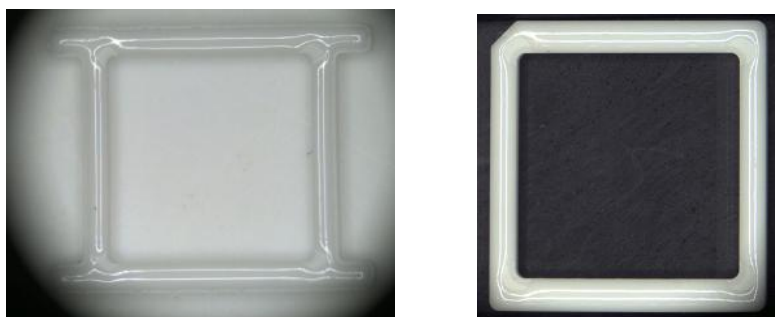
ทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของกาวที่เคลือบบนตัว เฟรม ให้มีความหนามากยิ่งขึ้น ให้มีความเหมาะสม กล่าวคือไม่บางจนเกินไป

#### 4.1.2 ปัจจัยที่ 2- กาวที่เคลือบบนตัวเฟรมตรงมุมน้อยเกินไป

เนื่องจากได้มีการเปลี่ยนการออกแบบของตัวเฟรม จาก H-Frame เป็น Block Frame ซึ่งอาจทำให้มีผลถึงปริมาณกาวที่เคลือบบนตัวเฟรมที่อยู่ตรงมุมทั้งสี่ด้านของตัวเฟรมมีการเปลี่ยนแปลงไป

##### (1) แผนการทดสอบ

ได้มีการทดสอบเปรียบเทียบปริมาณของเสีย น้ำยาเอ็นแคปซูเลชั่นรั่ว ระหว่างตัว H - Frame และ Block Frame ตามมุมทั้งสี่ด้านของตัวเฟรม



ภาพที่ 4.3

แสดงกาวที่เคลือบบนตัวเฟรมทั้งแบบ H-Frame และ Block Frame

##### (2) ผลการทดสอบ

ได้มีการนำมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติในโปรแกรมสำเร็จรูปได้ผลดังนี้

##### Test and CI for Two Proportions

| Sample  | X  | N  | Sample p |
|---------|----|----|----------|
| H-Frame | 6  | 50 | 0.120000 |
| B-Frame | 37 | 50 | 0.740000 |

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: -0.62

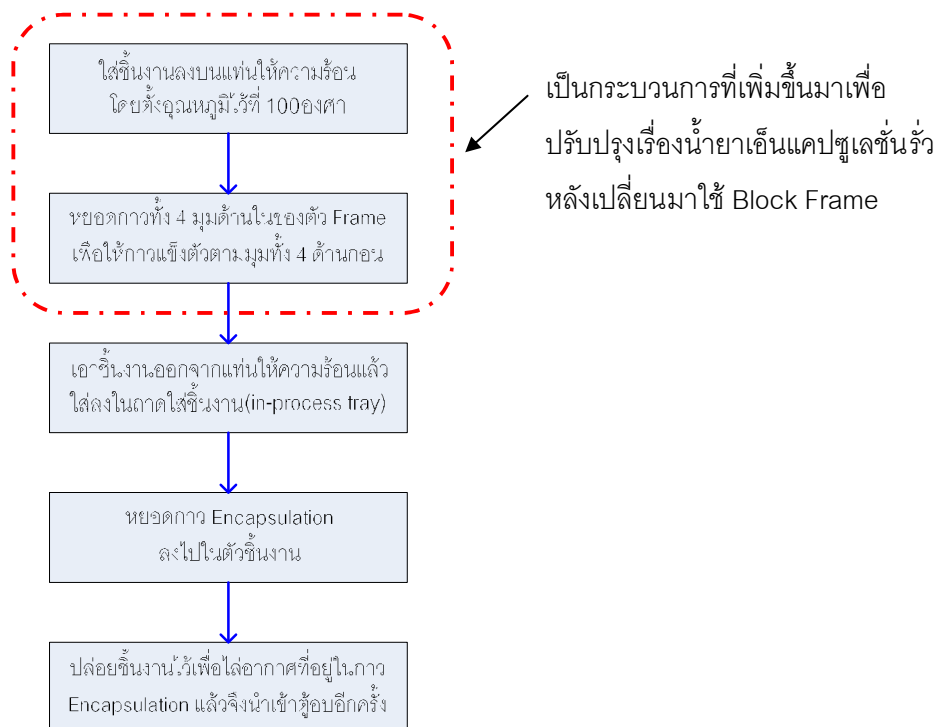
95% CI for difference: (-0.771311, -0.468689)

Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = -8.03 P-Value = 0.000

จากผลการทดสอบ ค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จะเห็นได้ว่า ปริมาณของเสีย น้ำยาเอ็นแคปซูเลชั่นรั่วที่เกิดขึ้นกับตัว Block Frame จะสูงกว่าตัว H-Frame แสดงว่าสมมติฐานที่สงสัยว่าปริมาณกาวตรงมุมที่เกิดจากการเปลี่ยนการออกแบบของตัวเฟรม จาก H-Frame เป็น Block Frame มีผลต่อการเกิดของเสีย น้ำยาเอ็นแคปซูเลชั่นรั่วอย่างมากอย่างมีนัยสำคัญ

### (3) แนวทางการปรับปรุง

เนื่องจากตัววัตถุดิบที่ส่งมาจากลูกค้าแล้วแต่เป็นตัว Block Frame จึงมีความจำเป็นต้องทำการแก้ไขกระบวนการผลิต เพื่อให้สามารถใช้ตัว Block Frame ที่มีอยู่ในการผลิตได้ โดยการเพิ่มกระบวนการหยอดกาวที่มุมหลังติดตัวเฟรมแล้ว ก่อนที่จะทำการหยอดน้ำยาเอ็นแคปซูลเลขขึ้นลงบนตัวชิ้นงาน วิธีการก็คือนำชิ้นงานที่วางติดตัวเฟรมแล้ว วางลงบนแท่นให้ความร้อนที่ตั้งอุณหภูมิที่ 100 องศา แล้วหยอดกาวทั้ง 4 มุมด้านในของตัวเฟรม เพื่อให้ น้ำยาเอ็นแคปซูลเลขขึ้นแข็งตามมุมก่อน แล้วจึงทำการหยอด น้ำยาเอ็นแคปซูลเลขขึ้นลงบนตัวชิ้นงานตามปกติได้



ภาพที่ 4.4

แสดงขั้นตอนการหยอดกาวทั้ง 4 มุมที่เพิ่มขึ้น เพื่อปรับปรุงหลังใช้ Block Frame

#### 4.1.3 ปัจจัยที่3- การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ไม่เหมาะสม

หลังจากที่ทำการศึกษเกี่ยวกับพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการวางตัว เฟรมลงบนชิ้นงานพบว่าในเรื่องของอุณหภูมิ, แรงกด, เวลาในการกด น่าจะมีผลกระทบกับการยึดติด ระหว่างตัวเฟรมเข้ากับแผ่นอลูมิเนียมไนไตร ดังนั้นจึงได้มีความพยายามที่จะหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมมากที่สุดที่ใช้ในการวางตัวเฟรม เพื่อที่จะลดขั้นตอนกระบวนการที่จะต้องหยอดกาวตามมุม หลังจากทำการวางตัวเฟรม ก่อนที่จะหยอดน้ำยาเอ็นแคปซูลเลขขึ้นลงตรงกลางชิ้นงาน

## (1) แผนการทดสอบ

ออกแบบการทดสอบโดยใช้เทคนิค DOE (Design of Experiment) ทำการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ควบคุมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของอุณหภูมิ, แรงกด และเวลาในการกด (3 factors, 2 levels, 2 replicates, 3 center points) เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด

ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ควบคุมต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบ

|              | 3 Factors          |                |                 |
|--------------|--------------------|----------------|-----------------|
|              | □□□□□□<br>(□□□□□□) | □□□□<br>(□□□□) | □□□□□<br>(□□□□) |
|              | 90                 | 10             | 140             |
| 2 Levels     | 110                | 30             | 180             |
| Center point | 100                | 20             | 160             |

## (2) ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1

ตารางแสดงผลการทดสอบการทดสอบค่าพารามิเตอร์ควบคุมต่างๆ

|        |         |           |            | He Leak Test<br>(mbar.l/s) |                  |
|--------|---------|-----------|------------|----------------------------|------------------|
| Item # | Temp °C | Force (g) | Time (sec) | After inject He            | Encapsulant leak |
| #1     | 90      | 140       | 10         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #2     | 90      | 140       | 30         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #3     | 90      | 180       | 10         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #4     | 90      | 180       | 30         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #5     | 110     | 140       | 10         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #6     | 110     | 140       | 30         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #7     | 110     | 180       | 10         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #8     | 110     | 180       | 30         | 9.0E-02                    | Leak             |
| #9     | 90      | 140       | 10         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #10    | 90      | 140       | 30         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #11    | 90      | 180       | 10         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #12    | 90      | 180       | 30         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #13    | 110     | 140       | 10         | 9.0E-06                    | Not Leak         |
| #14    | 110     | 140       | 30         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #15    | 110     | 180       | 10         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #16    | 110     | 180       | 30         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #17    | 100     | 160       | 20         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #18    | 100     | 160       | 20         | 9.0E-01                    | Leak             |
| #19    | 100     | 160       | 20         | 9.0E-01                    | Leak             |

เนื่องจากการทดสอบ โดยใช้เทคนิค DOE (Design of Experiment) ผลลัพธ์จะต้องเป็น variable data ดังนั้นจึงได้มีการประยุกต์ใช้หลักการเช็คความเป็นสัญญาณภาค แทนที่การดูผลลัพธ์จากการน้ำยาเอ็นแคปซูลเลชั่นรั่ว ซึ่งเป็น attribute data

หมายเหตุ: ความเป็นสัญญาณภาค น้อยกว่า  $1 \times 10^{-5}$  (mbar.l/s) แสดงว่าจะไม่เกิดการรั่ว  
ความเป็นสัญญาณภาค มากกว่า  $1 \times 10^{-5}$  (mbar.l/s) แสดงว่าจะเกิดการรั่ว

#### Factorial Fit: Response versus Temp, Force, Time

Estimated Effects and Coefficients for Response (coded units)

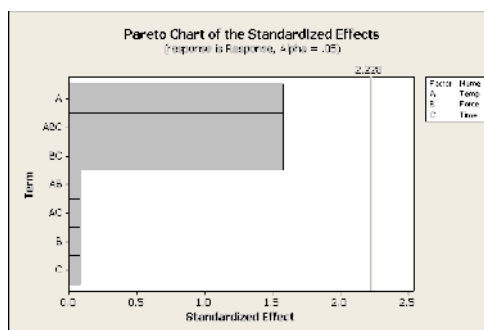
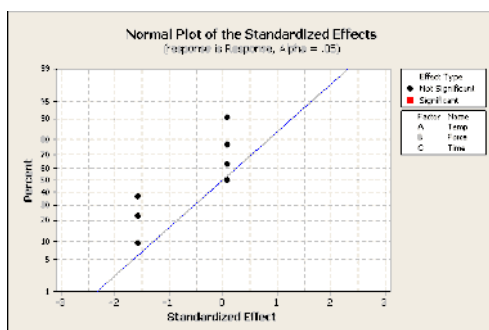
| Term            | Effect  | Coef    | SE Coef | T     | P     |
|-----------------|---------|---------|---------|-------|-------|
| Constant        |         | 0.7931  | 0.06769 | 11.72 | 0.000 |
| Temp            | -0.2137 | -0.1069 | 0.06769 | -1.58 | 0.145 |
| Force           | 0.0112  | 0.0056  | 0.06769 | 0.08  | 0.935 |
| Time            | 0.0112  | 0.0056  | 0.06769 | 0.08  | 0.935 |
| Temp*Force      | 0.0112  | 0.0056  | 0.06769 | 0.08  | 0.935 |
| Temp*Time       | 0.0112  | 0.0056  | 0.06769 | 0.08  | 0.935 |
| Force*Time      | -0.2137 | -0.1069 | 0.06769 | -1.58 | 0.145 |
| Temp*Force*Time | -0.2137 | -0.1069 | 0.06769 | -1.58 | 0.145 |
| Ct Pt           |         | 0.1069  | 0.17034 | 0.63  | 0.544 |

S = 0.270747 PRESS = 2.97116

R-Sq = 44.14% R-Sq(pred) = 0.00% R-Sq(adj) = 0.00%

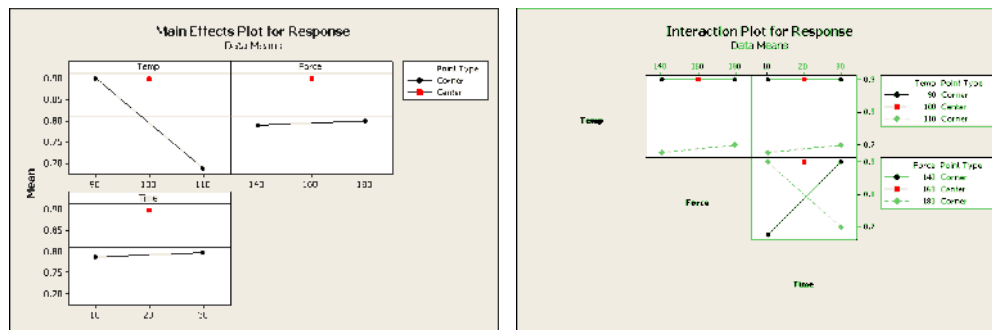
Analysis of Variance for Response (coded units)

| Source             | DF | Seq SS  | Adj SS  | Adj MS  | F    | P     |
|--------------------|----|---------|---------|---------|------|-------|
| Main Effects       | 3  | 0.18377 | 0.18377 | 0.06126 | 0.84 | 0.504 |
| 2-Way Interactions | 3  | 0.18377 | 0.18377 | 0.06126 | 0.84 | 0.504 |
| 3-Way Interactions | 1  | 0.18275 | 0.18275 | 0.18275 | 2.49 | 0.145 |
| Curvature          | 1  | 0.02886 | 0.02886 | 0.02886 | 0.39 | 0.544 |
| Residual Error     | 10 | 0.73304 | 0.73304 | 0.07330 |      |       |
| Pure Error         | 10 | 0.73304 | 0.73304 | 0.07330 |      |       |
| Total              | 18 | 1.31219 |         |         |      |       |



ภาพที่ 4.5

กราฟ Normal Plot และ Pareto Chart ที่แสดงผลกระทบของพารามิเตอร์ควบคุมต่างๆ



ภาพที่ 4.6

กราฟ Main Effects Plot และ Interaction Plot ที่มีผลกระทบของพารามิเตอร์ควบคุมต่างๆ

จากผลการทดสอบ ค่า P-Value ของพารามิเตอร์ควบคุมต่างๆ มากกว่า 0.05 ทั้งสิ้น จะเห็นได้ว่า ไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะทำให้ไม่เกิด น้ำยาเอ็นแคปซูลแข็งได้ ไม่ว่าจะ เป็นในเรื่องของอุณหภูมิ, แรงกด และเวลาในการกด

## 4.2 แนวทางในการปรับปรุง และประเมินผลการปรับปรุง

### (1) แนวทางในการปรับปรุง

จากทั้งสามปัจจัยที่ได้ทำการวิเคราะห์มา จะพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย น้ำยาเอ็นแคปซูลแข็งเร็วเกินไปแล้วแต่เป็นเรื่องของวัตถุดิบของตัว เฟรม ไม่ว่าจะ เป็นเรื่องของกาวที่เคลือบบนตัวเฟรมบางเกินไปหรือกาวตรงมุมขอบเฟรมน้อยเกินไป ซึ่งเราไม่สามารถทำการเปลี่ยนตัววัตถุดิบได้ เพราะลูกค้าได้ทำการสั่งวัตถุดิบดังกล่าวในปริมาณที่มาก และมีความจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในกระบวนการผลิต จึงได้มีการหาแนวทางในการปรับปรุง คือ มีการเพิ่มกระบวนการล้างกาวที่เคลือบบนตัวเฟรมออกก่อน แล้วทำการการฉีดกาวซิลิโคนเพิ่มเข้าไปแทนที่กระบวนการวางตัวเฟรม โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

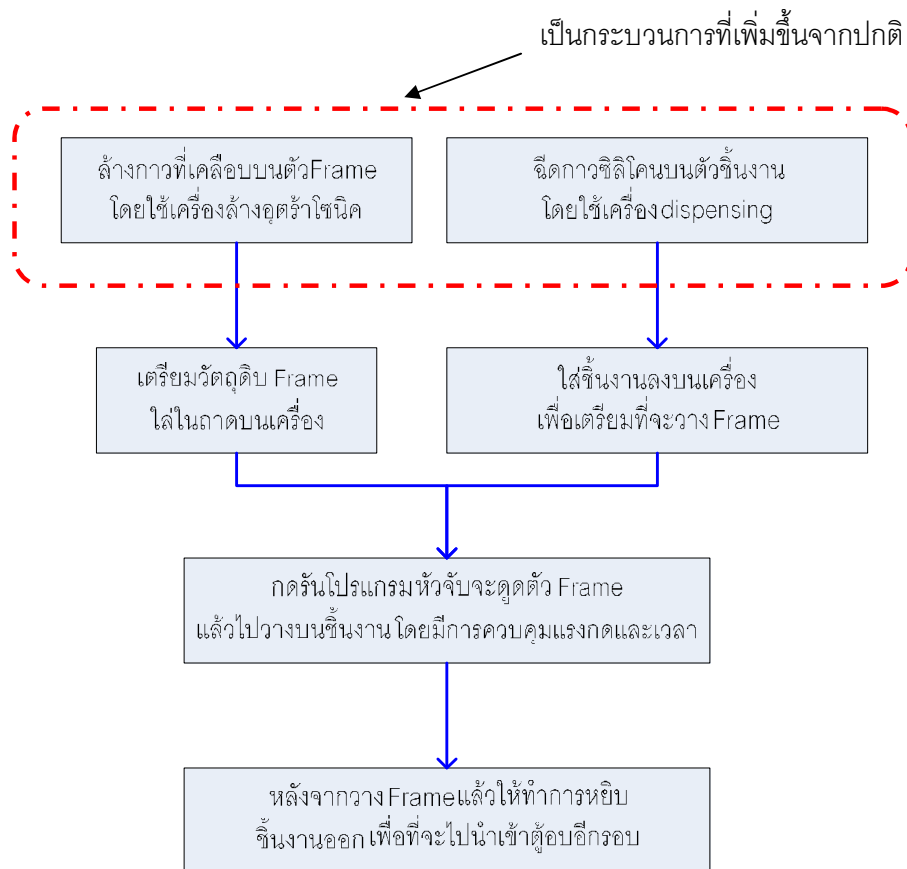
1) ทำความสะอาดกาวที่เคลือบอยู่บนตัว เฟรม โดยใช้เครื่องอัลตราโซนิกที่ใส่น้ำยาอะซิโตน

2) ทำการฉีดซิลิโคนลงบนตัวชิ้นงาน โดยใช้เครื่อง Dispensing และมีการควบคุมตำแหน่งการฉีด รวมไปถึงความกว้าง (0.60 มม) และความหนา (0.07 มม) ของซิลิโคนที่ฉีดด้วย

3) ทำการวางตัวเฟรมเข้ากับตัวชิ้นงาน โดยใช้เครื่องวางแบบอัตโนมัติ (แต่ไม่ต้องเปิด heater ให้ความร้อนบนเครื่อง)

4) หลังจากวางตัวเฟรมลงบนชิ้นงานแล้ว นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 120C เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง

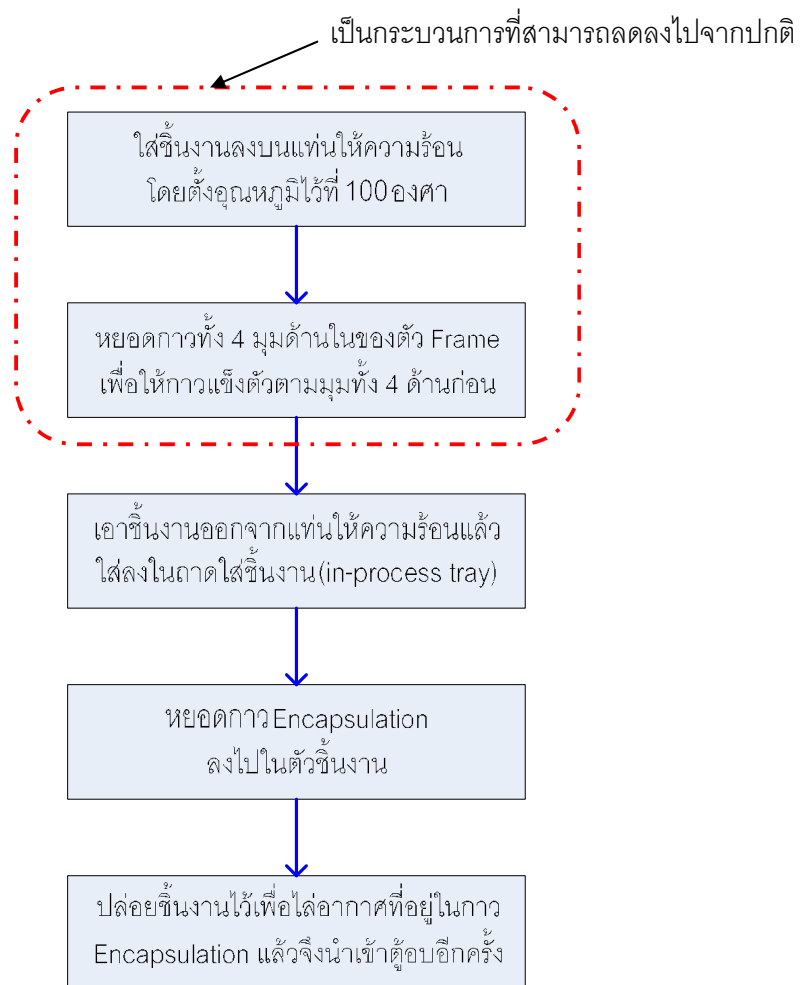
จากการแนวทางการปรับปรุงข้างต้นสามารถแสดงถึงกระบวนการวาง เฟรม และ กระบวนการหยอดน้ำยาเอ็นแคปซูลูเลชั่นที่เปลี่ยนแปลงไปได้ ตามภาพที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.7

แสดงขั้นตอนที่เพิ่มขึ้น ในกระบวนการวางเฟรม





ภาพที่ 4.8

แสดงขั้นตอนที่สามารถลดลงได้ ในกระบวนการหยุด น้ำยาเอ็นแคปซูลชั้น

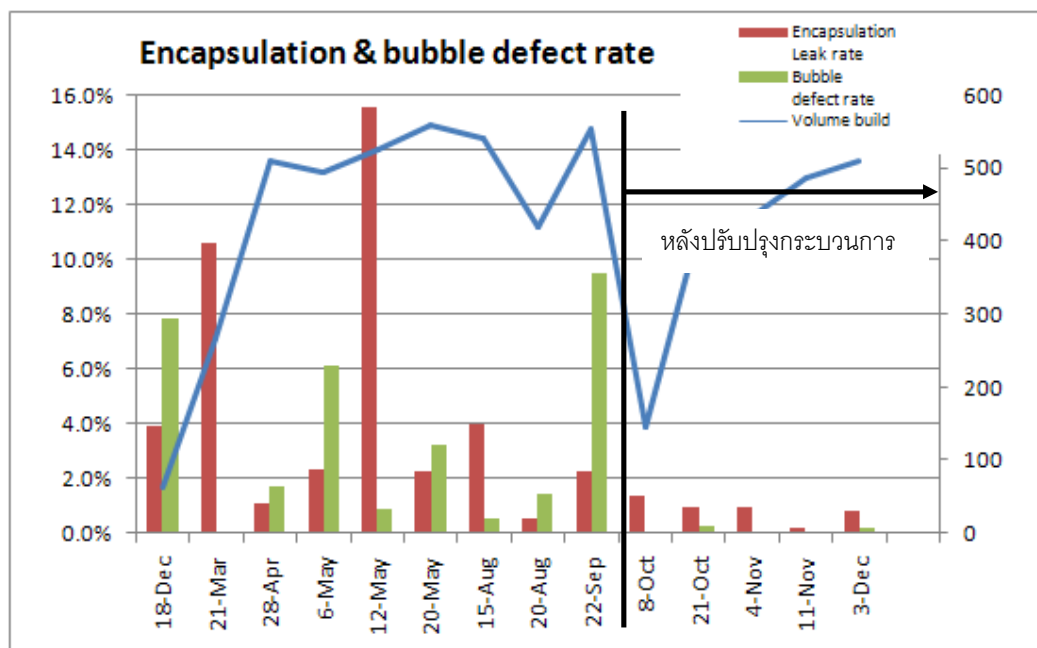
## (2) ประเมินผลการปรับปรุง

พบว่า หลังจากประยุกต์ใช้การฉีดกาวซิลิโคนลงที่ตัวชิ้นงาน เพื่อที่จะทำการติดเฟรม แทนที่จะใช้กาวที่เคลือบมากับตัวเฟรม ทำให้อัตราการเกิดของเสีย น้ำยาเ็นแคปซูลขึ้นรั่วลดลง นอกจากนี้ยังสามารถลดของเสียที่เกิดฟองอากาศ (bubble) ที่เกิดจากการหยอดกาวที่มั่วด้วยวิธีเดิมอีกด้วย

ตารางที่ 4.2

ตารางแสดงอัตราการเกิดของเสีย น้ำยาเ็นแคปซูลขึ้นรั่ว และของเสียที่เกิดฟองอากาศ

| ผลการทดสอบ                        | ก่อนประยุกต์ใช้การฉีดกาว |        |        |       |        |        |        |        |        | หลังประยุกต์ใช้การฉีดกาว |        |       |        |       |
|-----------------------------------|--------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|--------|-------|--------|-------|
|                                   | 18-Dec                   | 21-Mar | 28-Apr | 6-May | 12-May | 20-May | 15-Aug | 20-Aug | 22-Sep | 8-Oct                    | 21-Oct | 4-Nov | 11-Nov | 3-Dec |
| ของเสียที่เกิด Encapsulation รั่ว | 3.92%                    | 10.63% | 1.06%  | 2.35% | 15.57% | 2.29%  | 3.95%  | 0.57%  | 2.24%  | 1.40%                    | 0.97%  | 0.96% | 0.21%  | 0.80% |
| ของเสียที่เกิด ฟองอากาศ (bubble)  | 7.84%                    | 0.00%  | 1.70%  | 6.12% | 0.85%  | 3.20%  | 0.56%  | 1.43%  | 9.51%  | 0.00%                    | 0.24%  | 0.00% | 0.00%  | 0.20% |



ภาพที่ 4.9

กราฟแสดงอัตราการเกิดของเสีย น้ำยาเ็นแคปซูลขึ้นรั่ว และของเสียที่เกิดฟองอากาศ

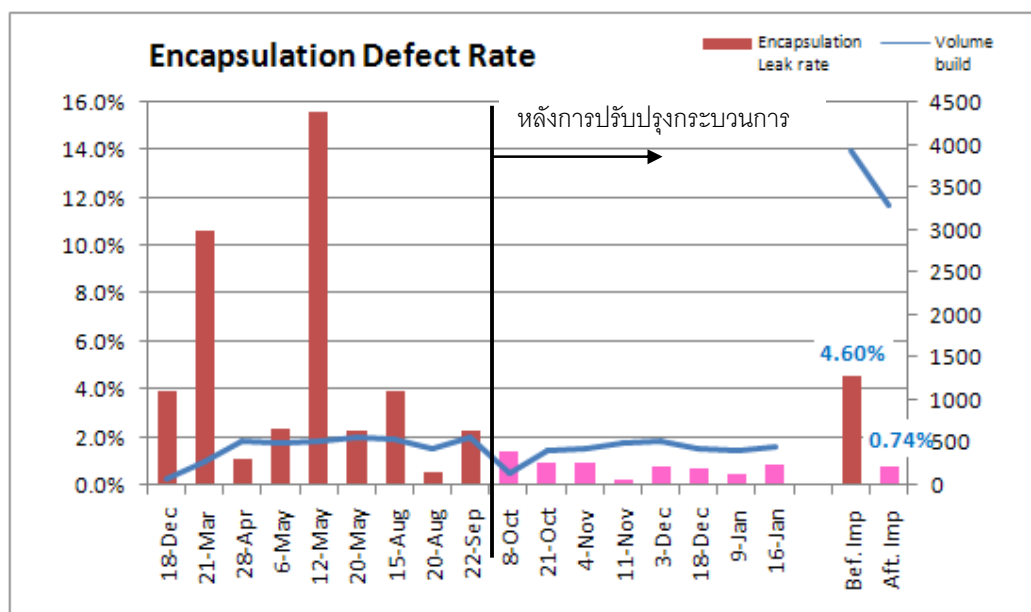
### 4.3 สรุปผลก่อนและหลังการปรับปรุง

จากที่ได้ประเมินผลการปรับปรุง และติดตามผลอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถสรุป ผล อัตราการเกิดของเสียน้ำยาเอ็นแคปซูลชั้นรั้วได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3

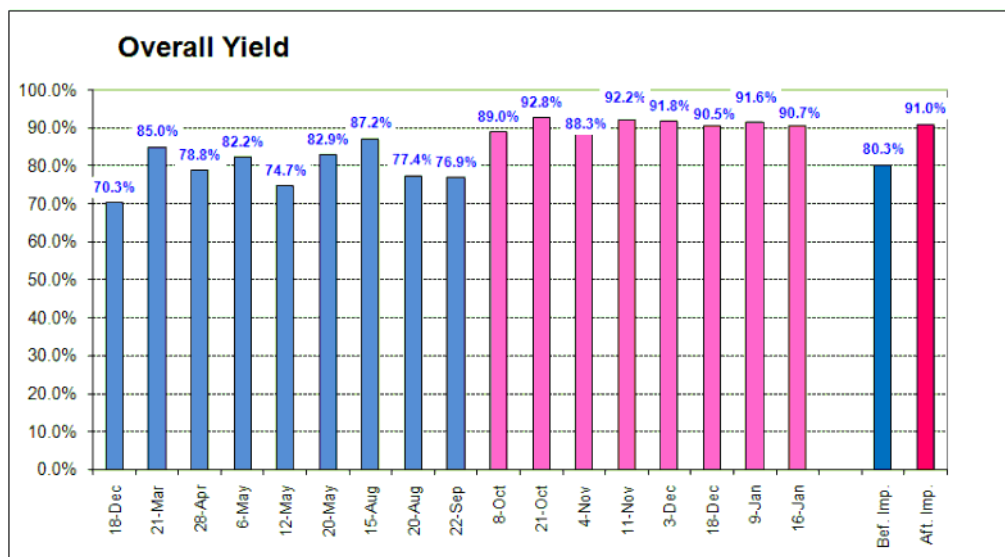
ตารางแสดงอัตราการเกิดของเสียน้ำยาเอ็นแคปซูลชั้นรั้ว ก่อนและหลังปรับปรุง

| ผลการทดสอบ                           | ก่อนประยุกต์ใช้การฉีดกาว |        |        |        |        |        |        |        |        | ค่าเฉลี่ย |
|--------------------------------------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
|                                      | 18-Dec                   | 21-Mar | 28-Apr | 6-May  | 12-May | 20-May | 15-Aug | 20-Aug | 22-Sep |           |
| ของเสียที่เกิด<br>Encapsulation รั่ว | 3.92%                    | 10.63% | 1.06%  | 2.35%  | 15.57% | 2.29%  | 3.95%  | 0.57%  | 2.24%  | 4.60%     |
| ผลการทดสอบ                           | หลังประยุกต์ใช้การฉีดกาว |        |        |        |        |        |        |        |        | ค่าเฉลี่ย |
|                                      | 8-Oct                    | 21-Oct | 4-Nov  | 11-Nov | 3-Dec  | 18-Dec | 9-Jan  | 16-Jan | -      |           |
| ของเสียที่เกิด<br>Encapsulation รั่ว | 1.40%                    | 0.97%  | 0.96%  | 0.21%  | 0.80%  | 0.71%  | 0.50%  | 0.88%  | -      | 0.74%     |



ภาพที่ 4.10

กราฟแสดงอัตราการเกิดของเสียน้ำยาเอ็นแคปซูลชั้นรั้วที่สามารถลดลงได้ ก่อนและหลังปรับปรุง



ภาพที่ 4.11

กราฟแสดงผลการผลิตชิ้นงานดี ก่อนและหลังปรับปรุง

จากการติดตามผลการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง หลังจากการประยุกต์ใช้การฉีดกาวซิลิโคนแทนที่กาวที่เคลือบบนตัวเฟรม ทำให้สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. อัตราการเกิดของเสียน้ำยาเอ็นแคปซูละชั้นรั่ว ลดลงจาก 4.60% เหลือ 0.74%
2. อัตราการเกิดของเสียที่เกิดฟองอากาศ Bubble Defect ลดลงจาก 3.26% เหลือ 0.22%
3. ผลการผลิตชิ้นงานดี (Yield) เพิ่มมากขึ้น จาก 80% ไปอยู่ที่ 91%

#### 4.4 ผลการให้คะแนนในหมวด 6 หลังการปรับปรุง

จากที่ได้มีการเลือกที่จะพัฒนาในหัวข้อ 6.2) ที่ว่าด้วยเรื่องการปรับปรุงกระบวนการ ได้มีการประเมินตามแนวทางการให้คะแนนที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.1.6 สามารถสรุปผลการให้คะแนนหลังการปรับปรุงอยู่ที่ 80% (เพิ่มขึ้น 20%) เพราะได้มีการประยุกต์นำเอาเครื่องมือในการปรับปรุงคุณภาพต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเทคนิค Six Sigma มาช่วยลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ และมีการแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่ามีการวิเคราะห์และเรียนรู้ภายในองค์กร ทำให้ส่งผลต่อการปรับปรุงกระบวนการให้ดียิ่งขึ้น