

การประยุกต์ใช้ ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดความผันแปรในกระบวนการผลิตไฟฟ้ารถยนต์  
กรณีศึกษา กระบวนการเชื่อมประกอบ (Model B299)

ภาคพล ถาวงษ์

TNI

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต  
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น  
ปีการศึกษา 2560

APPLY 6 SINGMA TO REDUCE VARIANCE IN REAR LAMP PRODUCTION LINE  
A CASE STUDY OF WELDING ASSEMBLY LINE B299 MODEL

Pakapon Thavong

TNI

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Business Administration Program in Industrial Management

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2017

หัวข้อสารนิพนธ์

การประยุกต์ใช้ ซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดความผันแปรใน  
กระบวนการผลิตไฟฟ้ารถยนต์ กรณีศึกษา กระบวนการ  
เชื่อมประกอบ (Model B299)

โดย

ภคพล ถาวงษ์

สาขาวิชา

การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักร ดิงศภักดิ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

ภาคพล ถาวรษ์ : การประยุกต์ใช้ ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดความผันแปรในกระบวนการผลิต ไฟท้ายรถยนต์ กรณีศึกษา กระบวนการเชื่อมประกอบ (Model B299). อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์, 63 หน้า.

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการนำเอาเครื่องมือ ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) มาปรับปรุงใน กรณีศึกษา กระบวนการเชื่อมประกอบไฟท้ายรถยนต์ โดยการศึกษาจะมุ่งเน้นการปรับปรุง กระบวนการและนำเอาเครื่องมือ ซิกซ์ ซิกม่า มาช่วยลดความแปรปรวนในกระบวนการผลิต และต้องการลด Tolerance จากค่า  $0\pm 1.5$  mm เป็น  $0\pm 1.0$  mm โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ โดยสรุปคือ

1. กำหนดหัวข้อ (D-Define) ระบุปัญหาที่จะทำการปรับปรุง ซึ่งเนื่องจากกระบวนการ ปัจจุบันมีความแปรปรวนมาก และทำให้เกิดปัญหาในขั้นตอนการประกอบของลูกค้ำ ดังนั้นจึง ต้องการ ลดความแปรปรวนในกระบวนการผลิต และต้องการลด Tolerance จากค่า  $0\pm 1.5$  mm เป็น  $0\pm 1.0$  mm
2. การวัด (M-Measure) จากกระบวนการปัจจุบัน เมื่อเก็บข้อมูล ppk ของกระบวนการ ปัจจุบัน พบว่าเมื่อใช้ Tolerance  $0\pm 1.0$  mm. นั้น มีค่า ppk ไม่ถึง 1.33 นั้นหมายความว่า กระบวนการมีความแปรปรวนมาก ต้องทำการปรับปรุงก่อนที่จะเปลี่ยน Tolerance
3. การวิเคราะห์ (A-Analysis) จากการวิเคราะห์โดยใช้การระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ และ ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) พบว่า ปัจจัยที่ทำให้เกิดความแปรปรวนใน กระบวนการเชื่อมประกอบนั้นมาจาก 3 ปัจจัย คือ 1. Vacuum Jig ดูดเลนส์เข้ากับ Jig ตลอด เวลาทำให้ พนักงานไม่สามารถกำหนดตำแหน่งของ เลนส์ก่อนจะทำการเชื่อม, 2 Jig ไม่มี Stopper เพื่อที่จะกำหนดตำแหน่งของเลนส์ ก่อนทำการเชื่อม และ 3 Jig ไม่ Balance
4. การปรับปรุง (I-Improve) ทำการปรับปรุงกระบวนการโดยการเพิ่ม Foot Switch, เพิ่ม Stopper และทำการ Balance Jig ใหม่
5. การควบคุม (C-Control) ทำการแก้ เอกสาร Check Sheet จาก Tolerance  $0\pm 1.5$  mm เป็น  $0\pm 1.0$  mm.

จากการศึกษากระบวนการผลิตดังกล่าวพบว่า ซึ่งหลังจากการปรับปรุงพบว่า ความ สามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้น จาก ppk ถึง 1.33 เป็นทุกจุดมีค่า ppk มากกว่า 1.33 (ppk มากกว่า 1.33 เป็น 100% เมื่อใช้ Tolerance  $0\pm 1.0$  mm)

PAKAPON THAVONG : APPLY 6 SINGMA TO REDUCE VARIANCE IN REAR LAMP PRODUCTION LINE : A CASE STUDY OF WELDING ASSEMBLY LINE B299 MODEL. ADVISOR : ASSOC. PROF. DR. PICHIT SUKCHAREONPONG, 63 PP.

This research was applying Six Sigma tools to improve variation in production process. In case study: The vibration welding process for rear lamp (Model B299). The case will focus on process improvement and apply Six Sigma tools to reduce variability in the production process and to reduce Tolerance from  $0 \pm 1.5$  mm to  $0 \pm 1.0$  mm by steps taken by the conclusions.

1. Define phase: To be specified mention to improve. So, There found quality about dimension of rear lamp has more variation and effect to dimension out of spec when assembly on the vehicle. So, need to reduce variability and revise tolerance from  $0 \pm 1.5$  mm to  $0 \pm 1.0$  mm.

2. Measure phase: Prepared ppk data for current process that found all point of ppk data is less than 1.33. It's mean current process has more variation and should be improve variation before revise tolerance.

3. Analysis phase: Implemented analysis the rear root cause by define the potential cause and analysis via cause and effect diagram. That found 3 factor is concern is 1. Operator has not able to set up lens position on the vibration jig because it's always sucking, 2. No stopper to control lens on position on the vibration welding jig and 3. Base of jig not balance.

4. Improvement phase: Implemented modified working sequence by add foot switch and add stopper in vibration welding jig then improve base of jig to be balance.

5. Control phase: Revised tolerance of inspection check sheet from  $0 \pm 1.5$  mm to  $0 \pm 1.0$  mm.

As the result that showing the ppk data improved from all of point is less than 1.33 (0% ppk more than 1.33) to all of point is more than 1.33 (100% ppk more than 1.33)

Graduate School  
Field of Study Industrial Management  
Academic Year 2017

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความเมตตากรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ท่านได้ให้คำแนะนำ กระบวนการคิด วิเคราะห์ ที่เป็นประโยชน์ต่อสารนิพนธ์ฉบับนี้ จึงกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณ คณาจารย์ประจำหลักสูตรบริการธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรม ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า อีกทั้งขอขอบคุณทีมงาน ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายผลิต และฝ่ายคุณภาพ ของบริษัท อีชีโกะ (ประเทศไทย) จำกัด สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ อีกทั้งสารนิพนธ์จะสำเร็จไม่ได้ถ้าไม่มีโปรแกรม MINITAB ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อนๆ ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

ภคพล ถาวงษ์

TNI

## สารบัญ

|                                                                                  | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....                                                            | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....                                                         | จ    |
| กิตติกรรมประกาศ .....                                                            | ฉ    |
| สารบัญ.....                                                                      | ช    |
| สารบัญตาราง.....                                                                 | ฅ    |
| สารบัญรูป .....                                                                  | ญ    |
| บทที่                                                                            |      |
| 1 บทนำ.....                                                                      | 1    |
| ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....                                              | 1    |
| วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....                                                     | 2    |
| ขอบเขตของงานวิจัย.....                                                           | 2    |
| ขั้นตอนการศึกษาและดำเนินงาน.....                                                 | 2    |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....                                                   | 2    |
| นิยามศัพท์.....                                                                  | 3    |
| แผนการและระยะดำเนินงาน .....                                                     | 3    |
| 2 หลักการและทฤษฎี.....                                                           | 4    |
| ขั้นตอนกระบวนการ ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma).....                                   | 4    |
| การระบุสาเหตุที่เป็นไปได้.....                                                   | 7    |
| การเชื่อมประกอบด้วยระบบสัน หรือแรงเสียดทาน (Vibration or Friction Welding) ..... | 13   |
| การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ.....                                          | 15   |
| เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....                                           | 22   |
| 3 วิธีการวิจัย .....                                                             | 25   |
| ขั้นตอนการดำเนินงาน .....                                                        | 25   |

## สารบัญ (ต่อ)

| บทที่                                                              | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------|------|
| 4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ .....                                        | 27   |
| ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากสภาพปัจจุบัน .....                          | 27   |
| ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) .....                               | 31   |
| ข้อเสนอแนะ .....                                                   | 43   |
| บรรณานุกรม .....                                                   | 44   |
| ภาคผนวก .....                                                      | 47   |
| ภาคผนวก ก. แสดงขนาดของชิ้นงาน และค่า ppk ก่อนและหลังปรับปรุง ..... | 48   |
| ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์ .....                                     | 63   |

TNI

TAHT - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

## สารบัญตาราง

| ตาราง                                                                                                                                                    | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 แผนงานและระยะเวลาดำเนินงาน .....                                                                                                                       | 3    |
| 2 ตัวอย่างข้อมูลที่กระจายตัวแบบไม่ปกติ .....                                                                                                             | 18   |
| 3 ค่าการเปลี่ยนแปลงค่าที่ $\lambda$ ค่าต่างๆ .....                                                                                                       | 20   |
| 4 ค่า Gap ของไฟท้ายรถยนต์ ด้านซ้ายมือ (ก่อนการปรับปรุง) .....                                                                                            | 28   |
| 5 ค่า Gap ของไฟท้ายรถยนต์ ด้านขวามือ (ก่อนการปรับปรุง) .....                                                                                             | 29   |
| 6 ค่าเปรียบเทียบค่า pp,ppk เมื่อใช้ค่า Tolerance ที่ $0\pm 1.5\text{mm}$ และ $0\pm 1.0\text{ mm}$<br>ของไฟท้ายรถยนต์ ด้านขวามือ (ก่อนการปรับปรุง) .....  | 30   |
| 7 ค่าเปรียบเทียบค่า pp,ppk เมื่อใช้ค่า Tolerance ที่ $0\pm 1.5\text{mm}$ และ $0\pm 1.0\text{ mm}$<br>ของไฟท้ายรถยนต์ ด้านซ้ายมือ (ก่อนการปรับปรุง) ..... | 30   |
| 8 ค่าขนาดของชิ้นงาน (Gap) ของชิ้นงานก่อนอบ (Annealing) .....                                                                                             | 32   |
| 9 ค่าขนาดของชิ้นงาน (Gap) ของชิ้นงานหลังอบ (Annealing) .....                                                                                             | 32   |
| 10 วิธีการแก้ไข .....                                                                                                                                    | 35   |
| 11 ค่า Gap ของไฟท้ายรถยนต์ ด้านซ้ายมือ (หลังการปรับปรุงวิธีการ<br>และ Balance Jig) .....                                                                 | 38   |
| 12 ค่า Gap ของไฟท้ายรถยนต์ ด้านขวามือ (หลังการปรับปรุงวิธีการ<br>และ Balance Jig) .....                                                                  | 38   |
| 13 ค่า Gap ของไฟท้ายรถยนต์ ด้านซ้ายมือ (หลังการปรับตั้ง Jig ใหม่) .....                                                                                  | 40   |
| 14 ค่าเปรียบเทียบค่า pp,ppk เมื่อใช้ค่า Tolerance ที่ $0\pm 1.0\text{ mm}$ ของไฟท้ายรถยนต์<br>ด้านขวามือ (ก่อนและหลังการปรับปรุง) .....                  | 41   |
| 15 ค่าเปรียบเทียบค่า pp,ppk เมื่อใช้ค่า Tolerance ที่ $0\pm 1.0\text{ mm}$ ของไฟท้ายรถยนต์<br>ด้านซ้ายมือ (ก่อนและหลังการปรับปรุง) .....                 | 41   |
| 16 ขนาดของชิ้นงานก่อนการปรับปรุง (ไฟท้ายข้างซ้าย) .....                                                                                                  | 49   |
| 17 ขนาดของชิ้นงานก่อนการปรับปรุง (ไฟท้ายข้างขวา) .....                                                                                                   | 52   |
| 18 ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับปรุงวิธีการ (ไฟท้ายข้างซ้าย) .....                                                                                           | 55   |
| 19 ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับปรุงวิธีการ (ไฟท้ายข้างขวา) .....                                                                                            | 57   |
| 20 ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับตั้ง Jig ใหม่ (ไฟท้ายข้างซ้าย) .....                                                                                         | 59   |
| 21 ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับตั้ง Jig ใหม่ (ไฟท้ายข้างขวา) .....                                                                                          | 61   |

## สารบัญรูป

| รูป |                                                                                                                                   | หน้า |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1   | ตัวอย่างแผนภาพพาเรโต.....                                                                                                         | 8    |
| 2   | ตัวอย่างแผนภาพพาเรโตที่เกิดผลชัดเจน.....                                                                                          | 9    |
| 3   | ตัวอย่างแผนภาพไม่มีพาเรโตเกิดขึ้น.....                                                                                            | 9    |
| 4   | ตัวอย่างแสดงแผนภูมิพาเรโตมา 2 ฉบับ.....                                                                                           | 10   |
| 5   | ตัวอย่างการตั้งคำถาม “ทำไม”.....                                                                                                  | 11   |
| 6   | ผังแสดงเหตุและผล.....                                                                                                             | 12   |
| 7   | สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์กิจกรรม.....                                                                                               | 13   |
| 8   | แผนผังของกระบวนการเชื่อม.....                                                                                                     | 14   |
| 9   | ขั้นตอนของการเชื่อมด้วยระบบสัน.....                                                                                               | 14   |
| 10  | การคำนวณค่า Cpk และ Ppk แบบปกติ.....                                                                                              | 19   |
| 11  | การคำนวณค่า Cpk และ Ppk โดยใช้สมมติฐาน Weibull Distribution.....                                                                  | 19   |
| 12  | การคำนวณค่า Cpk และ Ppk โดยใช้ Box-Cox Transformation.....                                                                        | 21   |
| 13  | การคำนวณค่า Cpk และ Ppk โดยใช้ Johnson Transformation.....                                                                        | 21   |
| 14  | ขั้นตอนการดำเนินงานงานวิจัย.....                                                                                                  | 26   |
| 15  | แผนภาพ SIPOC.....                                                                                                                 | 27   |
| 16  | แผนผังกระบวนการ.....                                                                                                              | 27   |
| 17  | จุดที่ใช้ในการวัดขนาดของไฟฟ้ารถยนต์.....                                                                                          | 28   |
| 18  | Process Flow ของกระบวนการ และกระบวนการที่จะปรับปรุง.....                                                                          | 31   |
| 19  | Process Flow ของกระบวนการ และกระบวนการที่จะปรับปรุง.....                                                                          | 33   |
| 20  | ขนาดของไฟฟ้าก่อนอบ และหลังอบ.....                                                                                                 | 33   |
| 21  | แผนภูมิแก๊งปลา.....                                                                                                               | 34   |
| 22  | เปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง.....                                                                 | 37   |
| 23  | เปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการ หลังจากเพิ่ม Foots Switch,<br>Add Stopper และ Balance Jig ใหม่ และหลังจากปรับตั้ง Jig ใหม่..... | 39   |
| 24  | Jig หลังจากการปรับตั้งใหม่แล้ว มาร์คกำหนดตำแหน่งไว้ที่จุดปรับตั้งในทุกจุด.....                                                    | 39   |
| 25  | Inspection Check Sheet ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง.....                                                                           | 42   |
| 26  | วิธีการปฏิบัติงานหลังการปรับปรุง.....                                                                                             | 42   |
| 27  | ขนาดของชิ้นงานก่อนการปรับปรุง (ไฟฟ้าข้างซ้าย) ในรูปแบบของกราฟ<br>ที่พิถีพิถันความเผื่อ 1.5 มิลลิเมตร.....                         | 50   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูป |                                                                                                                  | หน้า |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 28  | ขนาดของชิ้นงานก่อนการปรับปรุง (ไฟท้ายข้างซ้าย) ในรูปแบบของกราฟ<br>ที่พิกัดความเผื่อ 1.0 มิลลิเมตร .....          | 51   |
| 29  | ขนาดของชิ้นงานก่อนการปรับปรุง (ไฟท้ายข้างขวา) ในรูปแบบของกราฟ<br>ที่พิกัดความเผื่อ 1.5 มิลลิเมตร .....           | 53   |
| 30  | ขนาดของชิ้นงานก่อนการปรับปรุง (ไฟท้ายข้างขวา) ในรูปแบบของกราฟ<br>ที่พิกัดความเผื่อ 1.0 มิลลิเมตร .....           | 54   |
| 31  | ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับปรุงวิธีการ (ไฟท้ายข้างซ้าย) ในรูปแบบของกราฟ<br>ที่พิกัดความเผื่อ 1.0 มิลลิเมตร .....   | 56   |
| 32  | ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับปรุงวิธีการ (ไฟท้ายข้างขวา) ในรูปแบบของกราฟ<br>ที่พิกัดความเผื่อ 1.0 มิลลิเมตร .....    | 58   |
| 33  | ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับตั้ง Jig ใหม่ (ไฟท้ายข้างซ้าย) ในรูปแบบของกราฟ<br>ที่พิกัดความเผื่อ 1.0 มิลลิเมตร ..... | 60   |
| 34  | ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับตั้ง Jig ใหม่ (ไฟท้ายข้างขวา) ในรูปแบบของกราฟ<br>ที่พิกัดความเผื่อ 1.0 มิลลิเมตร .....  | 62   |



TNI

TAHITI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์มีการแข่งขันที่รุนแรง และเพื่อที่จะสามารถแข่งขันในตลาดอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ จะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องให้ครบถ้วน ตัวอย่างเช่น ความต้องการของลูกค้า คุณภาพของผลิตภัณฑ์ การส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่ถูกต้องและรวดเร็ว และต้นทุนที่ใช้ในการผลิต ซึ่งปัจจัยทั้งหมดนี้จะส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้า และในปัจจุบันได้เกิดปัญหาเกี่ยวกับขนาดของชิ้นงานที่ไม่คงที่ ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการประกอบที่สายการผลิตของลูกค้า และส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของลูกค้า ถึงแม้ว่างานจะอยู่ในขนาดมาตรฐานที่กำหนด (Specification) ก็ตาม ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการที่จะต้องเพิ่มความสามารถของกระบวนการ และลดความผันแปรของกระบวนการผลิต

จากข้อมูลข้างต้น เพื่อทำการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเชื่อมประกอบพบว่าชิ้นงานไฟท้าย โมเดล B299 รุ่น 5 ประตู มีการกำหนดพิสัยความเผื่อ (Tolerance) ไว้ไม่ถูกต้อง ซึ่งกำหนดไว้กว้างเกิดความเป็นจริงตั้งแต่แรกเริ่ม ( $Tolerance = 0 \pm 1.5 \text{ mm}$ ) ทำให้เกิดปัญหาเกิดปัญหาการประกอบที่สายการผลิตของลูกค้าเพราะเมื่อหลังจากประกอบแล้ว พิกัดความเผื่อที่ควบคุมคือ  $0 \pm 1.5 \text{ mm}$ . ซึ่งปกติแล้ว ชิ้นงานไฟท้าย โมเดล B299 รุ่น 5 ประตู ควรจะมีพิสัยความเผื่อที่ 70% ของพิสัยความเผื่อหลังประกอบ นั่นหมายความว่าจะต้องมีพิสัยความเผื่อที่  $0 \pm 1.0 \text{ mm}$ .

ดังนั้นจึงเกิดความสูญเสียจากการที่ต้องแลกเปลี่ยนชิ้นงานในกรณีที่ลูกค้าประกอบแล้วเกิดปัญหา ต้นทุนของชิ้นงานที่ต้องทิ้ง และต้นทุนการผลิตเพื่อทดแทน และยังส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าอีกด้วย จึงมีแนวความคิดที่จะลดความผันแปรในกระบวนการผลิต เพื่อปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ แล้วกำหนดพิสัยความเผื่อใหม่จาก  $0 \pm 1.5 \text{ mm}$ . เป็น  $0 \pm 1.0 \text{ mm}$ . ดังนั้นจึงนำเอาแนวคิด ชิวกซ์ ชิวกม่า เพื่อลดความผันแปรปรวนในกระบวนการผลิต และประเมินกระบวนการโดยใช้ Process Performance Index (Ppk) ประเมินกระบวนการ

การทำวิจัยครั้งนี้จะประยุกต์ใช้ แนวคิด ชิวกซ์ ชิวกม่า เพื่อลดความผันแปรปรวนในกระบวนการผลิต เพื่อลดลดความผันแปรในกระบวนการผลิต และอาจเป็นแนวทางในการนำเอาการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC : Statistical Process Control) มาประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตได้อย่างเหมาะสม

### วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อลดพิสัยของความเผื่อของชิ้นงานไฟฟ้า โมเดล B299 รุ่น 5 ประตุ จาก  $0 \pm 1.5$  mm. เป็น  $0 \pm 1.0$  mm.
2. เพื่อลดความผันแปรในกระบวนการเชื่อมประกอบ
3. เพื่อศึกษาแนวคิดในการปรับปรุงคุณภาพ ซิกก์ ซิกม่า (Six Sigma)

### ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษากระบวนการเชื่อมประกอบไฟฟ้า โมเดล B299 รุ่น 5 ประตุ
2. ดัชนีประสิทธิภาพการวิจัย คือ Process Performance Index (Ppk)
3. มุ่งเน้นที่จะศึกษาแนวคิด ซิกก์ ซิกม่า (Six Sigma) และนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดความแปรปรวนในกระบวนการเชื่อมประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ (Model B299)

### ขั้นตอนการศึกษาและดำเนินงาน

1. สืบค้นและศึกษาเอกสารทางวิชาการ งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC : Statistical Process control)
2. ศึกษาสภาพการทำงานและขั้นตอนมาตรฐานในกระบวนการเชื่อมประกอบ และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
3. นำข้อมูลมาวิเคราะห์และทำแผนการปรับปรุงเพื่อลดความผันแปรในกระบวนการผลิต โดยอาศัย SPC Tools & Techniques
4. ดำเนินการตามแผนการปรับปรุงเพื่อลดความผันแปรในกระบวนการผลิต
5. ตรวจสอบและประเมินผลหลังจากดำเนินการตามแผนการปรับปรุง
6. สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ
7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติมาปรับปรุงกระบวนการ เพื่อลดความผันแปรในกระบวนการผลิตเชื่อมประกอบ
2. เป็นแนวทางในการวิจัยในการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติมาปรับปรุงกระบวนการ เพื่อลดความผันแปรในกระบวนการผลิต

### นิยามศัพท์

1. กระบวนการเชื่อมประกอบ คือ กระบวนการที่ใช้ต่อวัสดุพลาสติก 2 ชนิด โดยใช้หลักการให้ชิ้นงานเสียดสีกันจนเกิดความร้อน แล้วกดวัสดุพลาสติก 2 ชนิดให้ติดกัน (Vibration Welding)

2. การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC : Statistical Process Control) คือ วิธีการควบคุมการผลิตวิธีหนึ่งที่สำคัญสถิติที่รวบรวมจากการวัดคุณลักษณะพิเศษของสินค้านำเสนอออกมาในรูปแบบแผนภูมิควบคุม และนำมาวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

3. การผลิต คือ การนำทรัพยากรที่เป็นปัจจัยนำเข้า (Input Resource) มาทำการเปลี่ยนแปลง (Transform) ให้กลายเป็นผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น

### แผนการและระยะดำเนินงาน

ตารางที่ 1 แผนงานและระยะเวลาดำเนินงาน

| ลำดับ | รายละเอียดการดำเนินการ                                               | พ.ศ. 2559 |         | พ.ศ. 2560 |         |          |          |
|-------|----------------------------------------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|----------|----------|
|       |                                                                      | พ.ย. 59   | ธ.ค. 59 | ม.ค. 60   | ก.พ. 60 | มี.ค. 60 | เม.ย. 60 |
| 1     | ศึกษาทฤษฎี หลักการ แนวคิดการปรับปรุงคุณภาพ ซิกม่า ซิกม่า (Six Sigma) | ↔         |         |           |         |          |          |
| 2     | เลือกปัญหาที่จะทำการปรับปรุง (Define)                                | ↔         | ↔       |           |         |          |          |
| 3     | การวัดและตรวจสอบ (Measuring)                                         |           | ↔       |           |         |          |          |
| 4     | ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis)                                       |           |         | ↔         | ↔       |          |          |
| 5     | ขั้นตอนการปรับปรุง (Improvement)                                     |           |         | ↔         | ↔       |          |          |
| 6     | ขั้นตอนการควบคุม (Control)                                           |           |         |           |         | ↔        | ↔        |
| 7     | สรุปผลการดำเนินงาน                                                   |           |         |           |         |          | ↔        |
| 8     | จัดทำรูปแบบสารสนเทศ                                                  |           |         |           |         |          | ↔        |

## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎี

จากงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้ทำการวิจัยได้นำหลักการทฤษฎีการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC : Statistical Process Control) มาประยุกต์ใช้กับกระบวนการเชื่อมประกอบไฟฟ้าของรถยนต์ (Model b299) เพื่อลดความแปรผันในกระบวนการเชื่อมประกอบ (Vibration Welding) และปรับเปลี่ยนพิสัยความเผื่อ (Tolerance) จาก  $0\pm 1.5$  mm เป็น  $0\pm 1.0$  mm จากข้อมูลข้างต้น ผู้ทำการวิจัยจึงได้ศึกษาหลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นตอนกระบวนการ ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)
2. การระบุสาเหตุที่เป็นไปได้
3. การเชื่อมประกอบด้วยระบบสั่น หรือแรงเสียดทาน (Vibration or Friction Welding)
4. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ
5. เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### ขั้นตอนกระบวนการ ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)

ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) เป็นกลยุทธ์ที่นำมาใช้ในการบริหารงานคุณภาพขององค์กร ซึ่งประกอบด้วยการพัฒนาและการควบคุมคุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กระบวนการผลิตที่ต้องการที่ต้องการข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้เกิดคุณภาพ อันเป็นที่พึงพอใจของลูกค้ามากที่สุด และยังช่วยลดต้นทุนในการผลิต กระบวนการ ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) มีขั้นตอนการดำเนินการอยู่ 5 ขั้นตอน

- การกำหนด (Define Phase)
- การวัดผลงาน (Measurement Phase)
- การวิเคราะห์ผลงาน (Analysis Phase)
- การปรับปรุง (Improvement Phase)
- การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

#### 1. การกำหนด (Define Phase)

เพื่อให้ทีมงานและผู้สนับสนุนได้ข้อตกลงเกี่ยวกับขอบเขต เป้าหมายและเป้าหมายการเงินและสมรรถนะของโครงการ ควรจะเลือกแนวทางตามความเหมาะสม

- ทบทวนกฎบัตรโครงการ จะต้องครอบคลุมรายละเอียดของปัญหา ผลกระทบต่อธุรกิจ เป้าหมาย ขอบเขต ระยะเวลา และทีมงาน โดยให้ทีมงานพูดคุยกันเกี่ยวกับกฎบัตร

โครงการ หาคำตอบของคำถามต่างๆ เจรจาหาข้อตกลงกันในเรื่องขอบเขตของโครงการ ทรัพยากร ระยะเวลา เป็นต้น

- ยืนยันเนื้อหาของปัญหาและเป้าหมาย ทบทวนข้อมูลที่มีอยู่ หรือข้อมูลอื่นๆ เพื่อยืนยันว่า ปัญหานั้น

ก. มีอยู่จริง

ข. มีความสำคัญต่อลูกค้า (ฟังเสียงของลูกค้า : Voice of the Customer)

ค. มีความสำคัญต่อธุรกิจ (ฟังเสียงข้อมูลธุรกิจ : Voice of the Business)

ง. ความคาดหวังให้ปรับปรุงได้ด้วยวิธี Six Sigma (DMAIC)

- ยืนยันผลประโยชน์ทางการเงิน ใช้ข้อมูลที่มีอยู่เพื่อกำหนดต้นทุนปัจจุบัน ก่าไร ส่วนต่างก่าไร ที่สำคัญต่อโครงการ เพื่อตอบสนองความคาดหวังของฝ่ายบริหาร

- สร้าง/ยืนยันผังกระบวนการและขอบเขต บันทึกขั้นตอนหลังๆ ของกระบวนการ ไว้เป็นเอกสาร เพื่อยืนยันขอบเขตของโครงการ พิจารณาดูว่ามีข้อมูลที่ใช้วัดผลด้านเวลา ของ เสีย/ข้อผิดพลาด การทำงานซ้ำ เพื่อใช้ในแผนผังสายธารคุณค่า

- สร้างแผนการสื่อสาร ระบุชื่อผู้เข้าร่วมโครงการ และชื่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อให้พวกเขาได้รับข้อมูลหรือมีส่วนร่วมในโครงการ

## 2. การวัดผลงาน (Measurement Phase)

เพื่อให้เข้าใจถึงสภาพปัจจุบันของกระบวนการ และเก็บข้อมูลที่เชื่อถือได้ เกี่ยวกับ ความเร็วของกระบวนการ คุณภาพ และต้นทุนที่ใช้เพื่อเปิดเผยสาเหตุที่อยู่เบื้องหลังปัญหา

- สร้าง/ยืนยันผังแผนสายธารคุณค่าเพื่อยืนยันการไหลของกระบวนการปัจจุบัน เพิ่ม ข้อข้อบกพร่อง หรือของเสีย เวลา และข้อมูลอื่นๆ ของกระบวนการเพื่อสร้างแผนผังสายธารคุณค่า

- ระบุเอาต์พุต อินพุต และตัวแปรที่มีความสำคัญต่อโครงการ ต้องเก็บข้อมูลที่มี ความสัมพันธ์กับเป้าหมายโครงการ และลูกค้าที่เป็นเป้าหมาย

- สร้างแผนเก็บข้อมูลรวมทั้งคำจำกัดความสำหรับมาตรวัดทุกตัว

- สร้างแผนวิเคราะห์ข้อมูล สามารถใช้เครื่องมือใดบ้าง กับข้อมูลที่จะต้องเก็บ แผน การเก็บข้อมูลตามที่จำเป็น

- ใช้การวิเคราะห์ระบบการวัด และ Gage R&R หรือขั้นตอนอื่นๆ เพื่อให้แน่ใจว่า ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง คงเส้นคงวา และเชื่อถือได้

- เก็บข้อมูลเพื่อจัดทำข้อมูลบรรทัดฐาน (Baseline)

- ปรับปรุงแผนสายธารคุณค่าด้วยข้อมูล

- ใช้กฎของ Little เพื่อคำนวณหาเวลานำ (Lead Time)

- คำนวณหาความสามารถของกระบวนการ

- ปรับปรุงข้อที่สำเร็จได้เร็วที่รวดเร็ว (Quick-Hit) ถ้าวิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ความเสี่ยง ก็จะแสดงให้เห็นว่าสามารถได้รับประโยชน์บางส่วนตั้งแต่ตอนนี้ (สามารถวัดผลและแสดงผลการปรับปรุงได้)

- เตรียมตัวสำหรับการตรวจสอบขั้นวัดผล

### 3. การวิเคราะห์ผลงาน (Analysis Phase)

เพื่อชี้และพิสูจน์สาเหตุที่มีผลต่อตัวแปรขาเข้าและขาออกหลักซึ่งเชื่อมโยงกับเป้าหมายของโครงการ

- ทำการวิเคราะห์คุณค่า ระบุขั้นตอนที่เพิ่มคุณค่า ไม่เพิ่มคุณค่าและไม่เพิ่มคุณค่าทางธุรกิจ

- คำนวณประสิทธิภาพของรอบกระบวนการ (Process Cycle Efficiency : PCE)

- วิเคราะห์การไหลของกระบวนการ ระบุจุดที่เป็นคอขวดและข้อจำกัดในกระบวนการจุดที่จะต้องแก้ไข และประเมินผลกระทบต่อผลผลิตจากกระบวนการ และความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า

- วิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บในช่วงวัดผล

- สร้างทฤษฎีเพื่ออธิบายสาเหตุที่เป็นไปได้ ใช้การระดมสมอง FMEA แผนผังหรือตาราง C&E และเครื่องมืออื่นๆ เพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้

- ทำให้การค้นหาแคบสุด ใช้เทคนิคการระดมสมอง การเลือก และการจัดลำดับความสำคัญ เพื่อให้การค้นหารากเง้าและความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลกระทบที่มีนัยสำคัญแคบลง

- เก็บข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อยืนยันสาเหตุรากเง้า

- เตรียมตัวสำหรับสำหรับตรวจสอบขั้นวิเคราะห์

### 4. การปรับปรุง (Improvement Phase)

เพื่อเรียนรู้จากการนำวิธีการแก้ไขที่เลือก มาเดินเนิ่นการใช้อย่างเต็มรูปแบบ

- พัฒนารูปแบบการแก้ไขที่เป็นไปได้ ใช้ความสัมพันธ์แบบสาเหตุและผลกระทบ (จากขั้นตอนการวิเคราะห์) เพื่อบ่งชี้วิธีการแก้ไขที่เป็นไปได้

- ประเมิน เลือก และทำให้ได้วิธีการแก้ไขที่เหมาะสมที่สุด เปิดกว้างต่อการแก้ไขหรือการรวมทางเลือกแบบต่างๆ เพื่อให้ทางเลือกสุดท้ายได้ผลเหมาะสมที่สุด ถ้าจำเป็นให้ทำการออกแบบการทดลอง เพื่อหาวิธีติดตั้งที่เหมาะสม ที่สุดจากการปรับแต่งปัจจัยแต่ละปัจจัย

- การพัฒนาแผนผังสายสายธารคุณค่า “อนาคต” ปรับ VSM ที่มีอยู่เพื่อสะท้อนให้เห็นหน้าตาของกระบวนการหลังจากการปรับปรุงแล้ว รวมถึงการประมาณการเวลาที่ประหยัดได้ คุณภาพที่ดีขึ้น เป็นต้น

- พัฒนาและนำวิธีการแก้ไขมาใช้งาน
- ยืนยันว่าบรรลุเป้าหมายของโครงการแล้ว
- พัฒนาและดำเนินการแผนการนำมาใช้เต็มรูปแบบ
- เตรียมตัวสำหรับการตรวจสอบทบทวนขั้นปรับปรุง

#### 5. การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

เพื่อให้โครงการสำเร็จและส่งมอบกระบวนการที่ได้ปรับปรุงใหม่ให้กับเจ้าของกระบวนการ พร้อมขั้นตอนสำหรับการรักษาผลที่ได้เกิดขึ้นให้คงอยู่

- พัฒนาวิธีการและเอกสารสนับสนุน เพื่อรักษาผลการนำไปใช้ไปใช้งานเต็มรูปแบบให้ยั่งยืน

- เริ่มต้นการนำไปใช้งาน
- รักษาสมรรถนะที่เพิ่มขึ้นเอาไว้ ใช้หลักการป้องกันความผิดพลาด หรือมาตรการ

อื่นๆ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการทำงานด้วยวิธีแบบเดิม

- ติดตามผลการนำไปใช้งาน
- สร้างแผนควบคุมกระบวนการ มอบอำนาจการควบคุมให้กับเจ้าของกระบวนการ
- ตรวจสอบผลลัพธ์ ยืนยันมาตรฐานวัดของการปรับปรุงและประเมินมูลค่าทางการเงิน

ตามความเหมาะสม

- สรุปโครงการขั้นสุดท้าย

ก. บันทึกเอกสารเกี่ยวกับความคิดที่สามารถนำเอาวิธีการและบทเรียนที่ได้เรียนรู้มาไปปรับใช้ที่จุดใดได้บ้าง

ข. จัดประชุมตรวจสอบทบทวนขั้นควบคุม

ค. ฉลองความสำเร็จของโครงการ

- ยืนยันผลลัพธ์ทางการเงิน หลายเดือนหลังจากโครงการเสร็จสิ้น

#### การระบุสาเหตุที่เป็นไปได้

เพื่อช่วยในการพิจารณาสาเหตุที่เป็นไปได้อีกที่มีอยู่มากมาย การตัดสินใจที่จะเลือกใช้อธิบายเครื่องมือ 2 ประเภท ที่ใช้ในการระบุสาเหตุที่เป็นไปได้

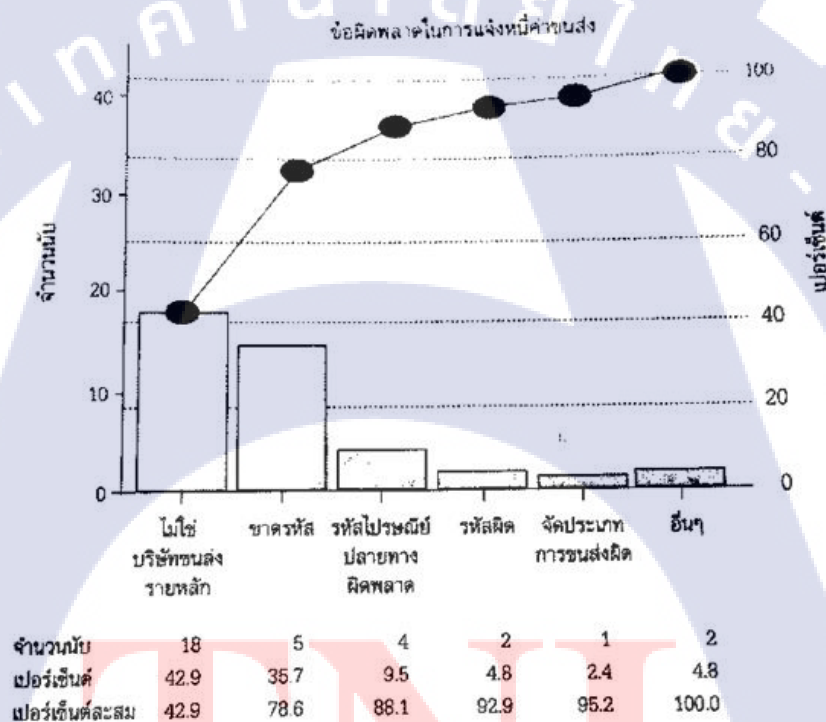
1. การแสดงผลข้อมูล มีเครื่องมือพื้นฐานหลายอย่าง เช่น ผังอนุกรมเวลา แผนภูมิความคุ้ม อีสโตแกรม ฯลฯ และเครื่องมือที่จะอธิบาย ในส่วนนี้คือ

1.1 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) เป็นแผนภูมิแท่ง ที่จะเน้นที่แหล่งของปัญหา จากนั้นจะได้มุ่งเน้นในการระบุสาเหตุของปัญหาที่เกิดผลกระทบมากที่สุด วิธีการสร้างแผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) ดังนี้

- เก็บข้อมูลปัญหาในรูปแบบต่างๆ

- สรุปคะแนน หาจำนวนรวมที่ได้สังเกต หรือผลกระทบรวม นอกจากนี้ หาจำนวนครั้งหรือผลกระทบแต่ละประเภท และหากมีปัญหาขนาดเล็กหรือปัญหาที่เกิดขึ้นไม่บ่อยจำนวนมาก ให้พิจารณารวมปัญหาเหล่านั้นเข้าด้วยกัน แล้วจัดให้เป็นประเภท “อื่นๆ”

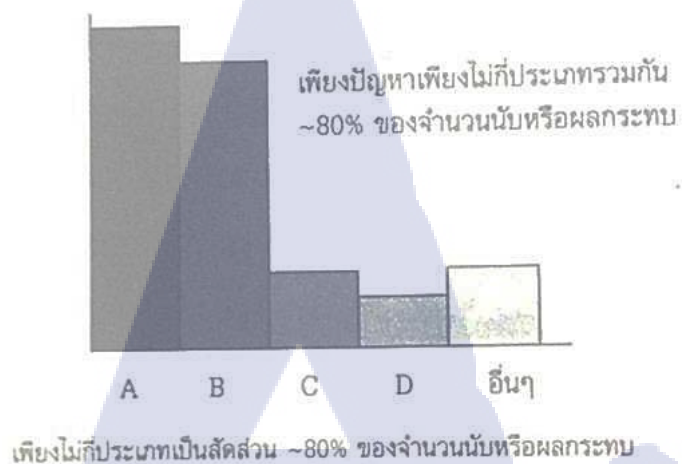
- เรียงปัญหาตามความถี่ หรือตามระดับของผลกระทบ
- วาดแกนตั้งและแบ่งเป็นส่วนๆ ให้เท่ากับจำนวนรวมที่ได้ จากการสังเกตการณ์
- เขียนแท่งสำหรับปัญหาแต่ละปัญหา โดยเริ่มจากแท่งที่สูงที่สุดและไล่ลงมา
- เพิ่มเส้นเปอร์เซ็นต์สะสมเข้าไปด้านขวา (โดยแปลงจากจำนวนนับดิบให้เป็นเปอร์เซ็นต์สะสม) แล้วเขียนจุดที่ด้านบนของแท่งแรกที่เป็นค่าเปอร์เซ็นต์สะสมของแท่งนั้น และเขียนอีกจุดหนึ่งเหนือแท่งที่ 2 และทำเช่นนี้ไปเรื่อย จนครบทุกแท่ง



รูปที่ 1 ตัวอย่างแผนภาพพาเรโต

ที่มา : วิทยา สุฤทธดำรง. (2554). เครื่องมือ Lean Six Sigma. หน้า 219.

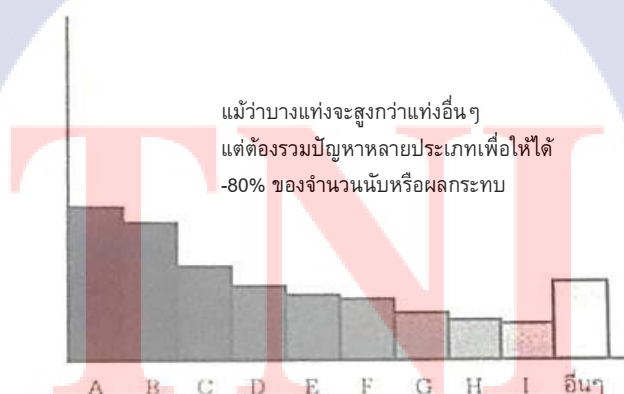
- ดีความผลลัพธ์
  - ก. เกิดผลพาเรโตชัดเจน รูปแบบนี้แสดงว่ามีปัญหาเพียงไม่กี่ประเภทเกิดขึ้นบ่อยที่สุดหรือมีผลกระทบมากที่สุด ให้ทำการมุ่งเน้นในการปรับปรุงไปที่ประเภทเหล่านั้นดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างแผนภาพพาเรโตที่เกิดผลชัดเจน

ที่มา : วิทยา สุหฤทธดำรง. (2554). เครื่องมือ **Lean Six Sigma**. หน้า 219.

ข. ไม่มีพาเรโตเกิดขึ้น รูปแบบนี้แสดงให้เห็นว่าไม่มีสาเหตุใดสำคัญมากกว่าสาเหตุอื่นดังรูปที่ 3 ให้ลองเปลี่ยนไปใช้พาเรโตของ “ผลกระทบ” โดยการคำนวณผลกระทบ เช่น ต้นทุนในการแก้ไข หรือ เวลาในการแก้ไข เป็นต้น หรืออาจจะต้องกลับไปทบทวนแผนภูมิ ก้างปลา หรือรายการสาเหตุที่เป็นไปได้ แล้วถามว่าปัจจัยใดบ้างที่อาจมีส่วนในสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่ได้ระบุนมา



ถึงแม้บางแห่งจะสูงกว่าแห่งอื่นๆ แต่ต้องรวมปัญหาหลายประเภทเพื่อให้ได้ ~80% ของจำนวนนับหรือผลกระทบ

รูปที่ 3 ตัวอย่างแผนภาพไม่มีพาเรโตเกิดขึ้น

ที่มา : วิทยา สุหฤทธดำรง. (2554). เครื่องมือ **Lean Six Sigma**. หน้า 221.

ค. คำแนะนำ ปัญหาที่เกิดขึ้นน้อยที่สุดอาจไม่ได้ส่งผลกระทบกับมากที่สุด ในแง่คุณภาพ เวลา หรือต้นทุน ให้สร้างแผนภูมิพาเรโตมา 2 ฉบับ จากข้อมูลชุดหนึ่งๆ ฉบับที่หนึ่งให้อาจำนวนนับหรือความถี่ และอีกฉบับให้อาผลกระทบ สุดท้ายอาจตั้งเป้าไปที่ปัญหาที่เกิดขึ้นน้อย และมีผลกระทบมากที่สุด ดังรูป 4



รูปที่ 4 ตัวอย่างแสดงแผนภูมิพาเรโตมา 2 ฉบับ

ที่มา : วิทยา สุหฤทธดำรง. (2554). เครื่องมือ **Lean Six Sigma**. หน้า 221.

1.2 “ทำไม” 5 ครั้ง (5Whys) เป็นวิธีหลักต้นให้คิดหาสาเหตุรากเงา วิธีการทำดังนี้

ก. เลือกสาเหตุ (จากแผนภูมิเหตุและผลกระทบ หรือแท่งที่สูงที่สุดจากแผนภูมิพาเรโต) แล้วถาม “ทำไมครั้งที่ 1”

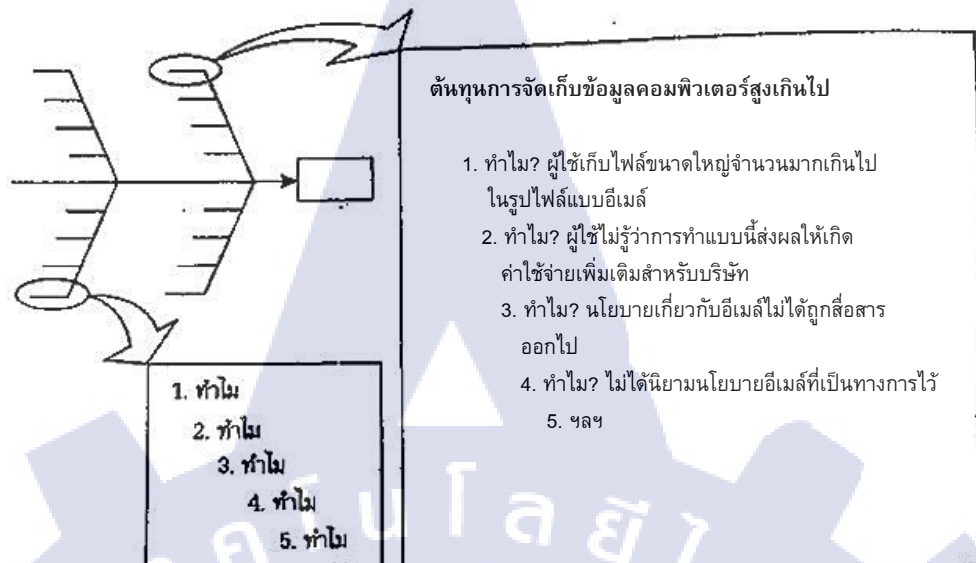
ข. ถาม “ทำไมจึงเกิดผลลัพธ์แบบนี้?” (ทำไมครั้งที่ 2)

ค. เลือกสาเหตุข้อหนึ่งจากทำไมที่ 2 แล้วถามว่า “ทำไมมันจึงเกิดขึ้น?” (ทำไมครั้งที่ 3)

ง. ทำแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนรู้สึกว่ไล่ไปจนถึงสาเหตุรากเงา ที่เป็นไปได้แล้ว

ดังรูปที่ 5

TNI

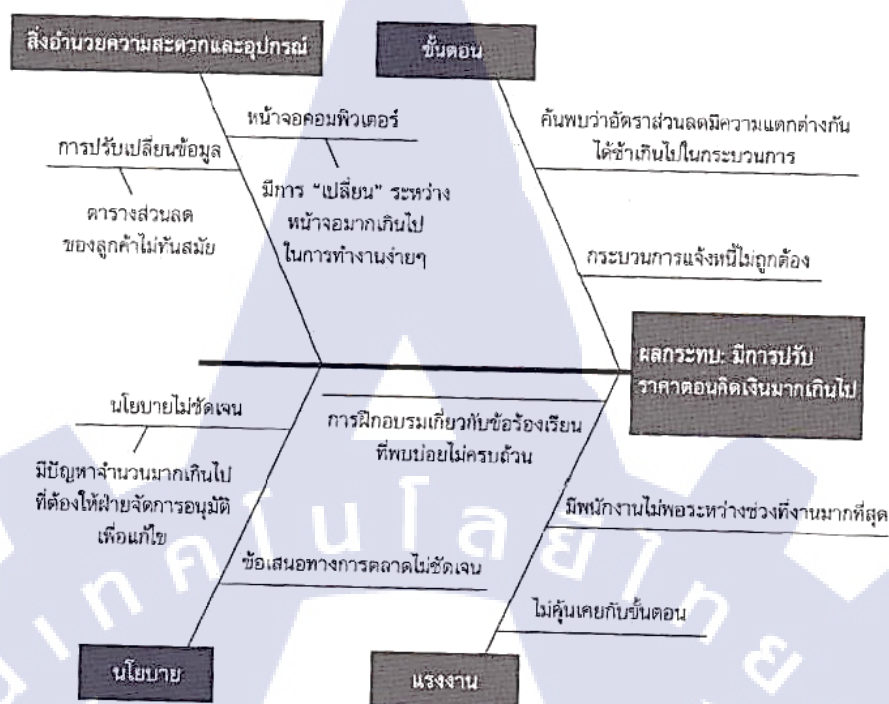


รูปที่ 5 ตัวอย่างการตั้งคำถาม “ทำไม”

ที่มา : วิทยา สุฤทธดำรง. (2554). เครื่องมือ Lean Six Sigma. หน้า 222.

1.3 ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) แผนผังสาเหตุและผล ถูกเรียกว่า “ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)” เนื่องจากหน้าตาแผนภูมิมีลักษณะคล้ายก้างปลา หรืออีกชื่อหนึ่งคือแผนผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) แผนผังนี้ได้รับการพัฒนาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1943 โดย ศาสตราจารย์คาโอริ อิชิกาวา แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว ในการวิเคราะห์ผังแสดงเหตุและผลนั้น เป็นการช่วยให้เข้าใจในอาการของปัญหา รวมทั้งยังสามารถนำมาใช้ในการหาสาเหตุหรือต้นตอของอาการปัญหาได้ การใช้เครื่องมือนี้ใช้เมื่อปัญหาที่เกิดขึ้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัยเกินไปจึงจำเป็นต้องหาต้นเหตุของปัญหาที่อาจแตกต่างจากสิ่งที่เห็น

เครื่องมือนี้จะช่วยจัดกลุ่มและหาความสัมพันธ์ของสาเหตุและแหล่งของปัญหาที่เป็นไปได้ในการเลือกคุณลักษณะของปัญหาและปัจจัยของสาเหตุ ควรเลือกในรูปแบบหรือขนาดที่สามารถวัดได้ เพราะผลสรุปจากแผนภาพเหตุและผลนี้จะถูกนำไปใช้ในการแก้ไขปรับปรุงตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการผลิตต่อไป ดังรูปที่ 6 ผังแสดงเหตุและผล



รูปที่ 6 ผังแสดงเหตุและผล

ที่มา : วิทยา สุหฤทธดำรง. (2554). เครื่องมือ Lean Six Sigma. หน้า 224.

#### วิธีใช้แผนผังเหตุและผลให้มีประสิทธิภาพ มีดังนี้

- ก. ใช้แผนผังก้างปลาวิเคราะห์หาสาเหตุที่ผิดปกติของปัจจัยในระบบมาเป็นสาเหตุของปัญหาไม่ใช่ความต้องการของลูกค้าหรือพฤติกรรมของลูกค้ามาเป็นสาเหตุ
- ข. ใช้แผนผังก้างปลาจำแนกสาเหตุที่ความสัมพันธ์กับอาการปัญหา โดยไม่จำเป็นต้องจำแนกสาเหตุปัญหาตาม 4M คือ Man Machine Method และ Material เสมอไป
- ค. ใช้แผนผังก้างปลาตามวิธีระดมความคิดเห็น ไม่ใช่แผนผังก้างปลาเป็นจุดประสงค์ในการวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์กิจกรรมกระบวนการ (Process Activity Analysis) เป็นการศึกษาขั้นตอนของกิจกรรมในกระบวนการผลิตขั้นสุดท้าย ตั้งแต่หน่วยเชื่อม หน่วยทดสอบกันไฟ หน่วยเตรียมผิว หน่วยพ่นสี และหน่วยบรรจุผลิตภัณฑ์ โดยจะแสดงผลออกมาในรูปของตารางกิจกรรม โดยจะแบ่งกิจกรรมออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

2.1 Operation คือ กิจกรรมที่เป็นการทำงาน หรือการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแก่ชิ้นงาน เช่น การจัดทำเอกสาร กระบวนการผลิตต่างๆ เป็นต้น

2.2 Transportation คือกิจกรรมการขนส่ง การเคลื่อนย้ายต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การเคลื่อนย้ายสินค้าในกระบวนการ (Physical Flow) ไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบ สินค้าระหว่างผลิต หรือสินค้าที่ผลิตเสร็จ การจัดส่งเอกสารต่างๆ (Information Flow) ซึ่งกระบวนการสื่อสารภายในองค์กร

2.3 Storage คือกิจกรรมการจัดเก็บวัตถุดิบ สินค้าระหว่างผลิต และสินค้าสำเร็จรูป

2.4 Delay คือกิจกรรมการรอคอยต่างๆ เช่น การรอ Supplier จัดส่งวัตถุดิบรอเพื่อเข้ากระบวนการผลิต เป็นต้น

2.5 Inspection คือกิจกรรมการตรวจสอบต่างๆ เช่น การตรวจสอบคุณภาพสินค้าสำเร็จรูป การตรวจสอบเอกสาร เป็นต้น



รูปที่ 7 สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์กิจกรรม

ที่มา : กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. หน้า 44.

### การเชื่อมประกอบด้วยระบบสั่น หรือแรงเสียดทาน (Vibration or Friction Welding)

การเชื่อมพลาสติกมีหลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น การเชื่อมแบบสัมผัส (Contact Welding) การเชื่อมโดยใช้โลหะแผ่นร้อน (Hot-Plate Welding) การเชื่อมด้วยระบบความถี่สูง (High-Frequency Welding) การเชื่อมอัลตราโซนิก (Ultrasonic Welding) การเชื่อมด้วยระบบสั่น หรือแรงเสียดทาน (Vibration or Friction Welding) การเชื่อมแบบหมุน (Spin Welding) การเชื่อมเลเซอร์ (Laser Welding) และการเชื่อมโซลเวนท์ (Solvent Welding)

และในงานวิจัยนี้ ในกระบวนการเชื่อมใช้การเชื่อมด้วยระบบสั่น หรือแรงเสียดทาน (Vibration or Friction Welding)

#### 1. กระบวนการเชื่อมด้วยระบบสั่น (Vibration Welding Process)

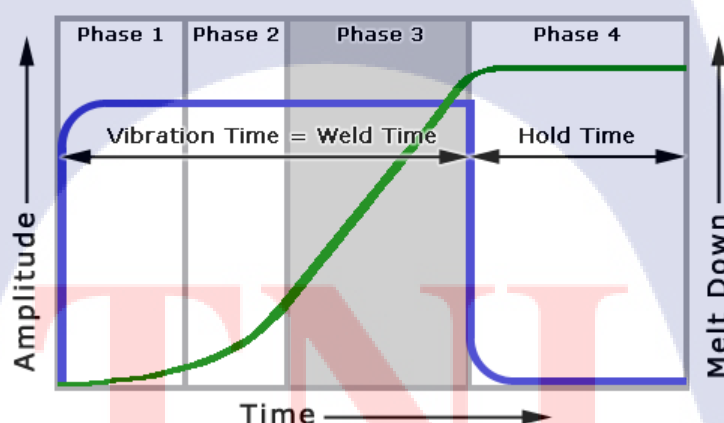
กระบวนการเชื่อมด้วยระบบสั่นเป็นการเชื่อมของพลาสติก 2 ชั้น ให้ติดกันโดยอาศัยแรงเสียดทาน, ความกว้างที่ต้องการเชื่อม และแรงกด ซึ่งผลของแรงเสียดทานระหว่างพลาสติก 2 ชั้น จะทำให้เกิดความร้อน และเป็นสาเหตุทำให้พลาสติกละลายตรงที่เกิดแรงเสียดทาน และ

เนื่องจากแรงกดของของกระบวนการเชื่อม จะผลักให้พลาสติกเหลวไหลออกจาก พื้นผิวของรอยเชื่อม จะทำให้เกิดครีบ ดังรูปที่ 8 หลังจากที่ยุติสั่น พลาสติกที่หลอมละลายจะแข็ง และเชื่อมติดกัน



รูปที่ 8 แผนผังของกระบวนการเชื่อม

โดยขั้นตอนการเชื่อมโดยระบบสั่นนี้มี 4 ระยะในการทำงาน ที่แตกต่างในกระบวนการเชื่อมโดยระบบสั่น ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ขั้นตอนของการเชื่อมด้วยระบบสั่น

- Phase 1 = ความร้อนจะถูกสร้างขึ้นที่พื้นผิวส่วนร่วม ไม่มีละลายได้เริ่มต้นที่จุดนี้
- Phase 2 = เริ่มต้นเป็นความร้อนจากแรงเสียดทานจะถูกสร้างขึ้น
- Phase 3 = พื้นผิวของวัสดุจะละลายและวิธีการที่สอดคล้องละลายลงทั่วทั้งจุดที่เชื่อมร่วมกัน
- Phase 4 = ระยะเวลาสำหรับระบายความร้อน

### การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) เป็นการวิเคราะห์ระดับคุณภาพที่ใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรม ดัชนีชี้วัดที่มักจะใช้กันก็คือ ค่า Cpk และ Ppk แม้ดัชนีดังกล่าวจะใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งโดยทั่วไปมักนิยาม Cpk และ Ppk ดังนี้

$$Cpk = \text{Min.} \left\{ \frac{\bar{X} - LSL}{3\hat{\sigma}_{within}}, \frac{USL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}_{within}} \right\} \quad \dots (2.1)$$

$$Ppk = \text{Min.} \left\{ \frac{\bar{X} - LSL}{3\hat{\sigma}_{overall}}, \frac{USL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}_{overall}} \right\} \quad \dots (2.2)$$

โดยที่  
 USL = Upper Specification Limit  
 LSL = Lower Specification Limit  
 $\hat{\sigma}_{within}$  = Within-Subgroup Standard Deviation  
 $\hat{\sigma}_{overall}$  = Overall Standard Deviation

ที่มา : จรัส ทรัพย์เสรี. (2550ก). การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ  
 ตอนที่ 1. วารสาร **Quality Production** มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. หน้า 57.

จากนิยามดังกล่าว ค่า Cpk และ Ppk เป็นการนำค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ค่าความแปรผันของกระบวนการ และข้อกำหนดของลูกค้ามาคำนวณร่วมกันเพื่อสะท้อนให้เห็นว่า กระบวนการมีขีดความสามารถแค่ไหนเมื่อเทียบกับข้อกำหนดของลูกค้า และในกรณีที่ Specification มีสองด้าน ค่า Ppk และ Cpk จะสูง เมื่อค่าเฉลี่ยอยู่ที่กลาง Specification และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อย

ทั้ง Cpk และ Ppk ในความหมายลึกๆ ก็คือกระบวนการที่เราศึกษาอยู่นั้นมีความสามารถแค่ไหนเมื่อเทียบกับ 3-Sigma Process ซึ่งอาจถือว่าเป็นขีดความสามารถที่อ้างอิงตามแนวคิดทางคุณภาพแบบดั้งเดิมที่คาดหวังอย่างน้อย  $\pm 3$  Sigma กระบวนการที่มีค่า Cpk/Ppk เท่ากับ 1 ก็คือมีขีดความสามารถเท่ากับ 3 Sigma Process นั่นเอง

ความแตกต่างระหว่าง Cpk และ Ppk นั่นคือ Cpk เป็นค่าที่บอกถึงขีดความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น คือ ที่เวลาใดเวลาหนึ่งกระบวนการมีความสามารถเป็นอย่างไร ค่านี้จะแสดงเป็นนัยถึงความแปรผันที่เกิดขึ้นจากความจำกัดพื้นฐานของเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการ และส่วน Ppk เป็นค่าที่บอกถึงขีดความสามารถของกระบวนการในระยะยาว ซึ่งจะ

รวมเอาความผันแปรที่เกิดจากความไม่เสถียรภาพของกระบวนการ กล่าวคือ มีความผันแปรระยะสั้นรวมกับความผันแปรอื่นที่เข้ามากระทบกระบวนการ ค่านี้จะแสดงถึงความสามารถของกระบวนการเมื่อเราให้กระบวนการดำเนินการไปเป็นระยะเวลา (นานเท่ากับช่วงที่เราเก็บข้อมูล)

อุดมคติของเราก็อย่างใดกระบวนการที่ทั้ง Cpk และ Ppk มีค่าสูง แต่ค่า Ppk จะน้อยกว่าหรือเท่ากับ Cpk เสมอ และถ้า Cpk และ Ppk มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่ากระบวนการไม่สูญเสียเสถียรภาพ เนื่องจากการขยับตัวของค่าเฉลี่ย หรืออาจจะกล่าวได้ว่ากระบวนการถูกควบคุมได้อย่างมีเสถียรภาพในระยะยาว

ถ้า Ppk มีค่าน้อยกว่า Cpk มากๆ แสดงว่ากระบวนการสูญเสียเสถียรภาพ เนื่องจากการขยับตัวของค่าเฉลี่ย ซึ่งแสดงว่ามีปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงเข้ามากระทบกระบวนการเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ซึ่งโดยทั่วไปจะมีแนวทางการประเมินค่า Cpk และ Ppk ดังนี้

- $Cpk/Ppk < 1$  กระบวนการมีขีดความสามารถที่ไม่ดี ควรได้รับการปรับปรุง
  - $1 < Cpk/Ppk < 1.33$  อาจพอรับได้ถ้ากระบวนการนั้นควบคุมได้ยากหรือมีข้อจำกัดทางเทคโนโลยี แต่อย่างไรก็ตามต้องควรที่จะปรับปรุงกระบวนการ
  - $Cpk/Ppk > 1.33$  กระบวนการมีขีดความสามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ดี
  - $Cpk/Ppk > 2$  คุณภาพระดับ World Class Quality หรือ Six Sigma Quality
- นอกจากนี้อาจตั้งความคาดหวังว่ากระบวนการควรมีขีดความสามารถที่สูง เช่น Cpk ควรมีค่ามากกว่า 1.67 และ Ppk ควรมีค่ามากกว่า 1.33

การคำนวณ Cpk และ Ppk ถ้าข้อมูลแบบเป็นแบบ Subgroup ควรจะเก็บข้อมูลข้อมูลตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตามควรเก็บข้อมูลในลักษณะอื่นๆ เช่น

- เก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง ในกรณีนี้อาจใช้ Subgroup = 1 แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ Subgroup = 1 จะได้ค่าที่ไม่มีความหมายนักในการประเมินกระบวนการ ถ้าคำนวณแบบ Within Variation บางครั้งอาจจะเลือกใส่ Subgroup เป็นค่าอื่นๆ มากกว่า ควรจะลองพิจารณาว่าช่วงเวลานั้นๆ ที่พอจะถือได้ว่ากระบวนการไม่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นเท่าไร ถ้าใช้ Subgroup เป็นช่วงเวลานั้น เช่น Subgroup = 100 ก็จะได้ Cpk ซึ่งแสดงถึง Variation ของชิ้นงานที่อยู่ติดๆ กันต่อเนื่องกัน 100 ตัว ค่า Cpk ที่ได้จากการคำนวณดังกล่าวน่าจะให้ประโยชน์ มากกว่า ส่วนค่า Ppk นั้นไม่มีปัญหาแต่อย่างใด จะใช้ Subgroup เท่าใดก็ได้ค่าออกมาเหมือนกัน

- เก็บข้อมูลทำ Trial Runs ลายท่านมักจะเก็บข้อมูลดังกล่าวเป็นจำนวนน้อยๆ เช่น 32 ค่า เป็นต้น ในกรณีดังกล่าวชิ้นงานอาจถูกผลิตอย่างต่อเนื่องติดๆ กัน 32 ตัว เราจึงมีทางเลือกได้ 2 ทางคือ จะใช้ Subgroup = 1 หรือ 32 ก็ได้ อย่างไรก็ตาม Cpk จะมีค่าแตกต่างกันบ้าง และในขณะที่ Ppk จะมีค่าเหมือนกัน ค่า Cpk ที่ได้จาก Subgroup = 1 จะถือเป็นช่วงสั้นๆ คือการผลิตเพียง 1 ตัว อย่างไรก็ตามการให้ค่า Subgroup = 32 ก็ไม่ผิด การคำนวณจะถือเป็น

ช่วงเวลาสั้นๆ คือเวลาของการผลิตทั้ง 32 ตัว การคำนวณดังกล่าวจะทำให้ค่า Cpk และ Ppk เท่ากัน

- Short Trim หรือ Long Trim ส่วนใหญ่จะเกิดความสับสน ซึ่งมักเก็บข้อมูล เพื่อทำ Trial Runs แล้วมาคำนวณ Process Capability โดยใช้สูตรการคำนวณ Standard Deviation (S) ดังนี้

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}, \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / N}{N-1}} \quad \dots (2.3)$$

Where :

$x_i$  is the  $i^{\text{th}}$  Observation

$\bar{x}$  is Mean of the Observation

N is the Number of Nonmissing Observation

ที่มา : จรัล ทรัพย์เสรี. (2550ข). การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ ตอนที่ 2. วารสาร **Quality Production** มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. หน้า 23.

จะเห็นได้ว่าสูตรการคำนวณเดียวกันกับ Overall Standard Deviation (S) ที่ใช้ในการคำนวณค่า Ppk ดังนั้น อาจเข้าใจผิดว่า Ppk เป็น Short Term Process Capability และอาจจะเข้าใจผิดไปอีกว่า Cpk เป็น Long Term Process Capability

สิ่งที่ถูกต้องคือ Ppk เป็น Long Term Process Capability ส่วน Cpk เป็น Short Term Process Capability (ซึ่งมักได้จาก Long Term Data) นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้จาก Trial Runs ดังกล่าวนั้นเป็นการเก็บแบบ Short Term (ยกเว้น Trial Runs ได้มาจากการผลิตเป็นเวลานาน ค่า Process Capability ที่ได้จึงเป็น Short Term Capability

อย่างไรก็ตาม การเรียกค่าที่ได้อาจมีความสับสนเล็กน้อย บางท่านอาจเรียกขีดความสามารถของกระบวนการจากข้อมูลที่เรียกว่า Ppk (เพราะสูตรเหมือน Ppk และ MINITAB ก็แสดงผลเป็นค่า Ppk) แต่บางท่านเรียกว่า Cpk (เพราะเห็นว่าเป็น Short Term Capability) ซึ่งจะเรียก Cpk หรือ Ppk ก็ได้ แต่ต้องเข้าใจว่า เป็น Short Term Capability

บางองค์กรอาจใช้เป้าหมาย เป็น  $Cpk > 1.67$  (Short Term) และ  $Ppk > 1.33$  (Long Term) ซึ่งหมายถึง ถ้าการประมาณไม่ผิดพลาด สิ่งที่จะได้ในระยะยาว คือ ค่าขีดความสามารถของกระบวนการของ Trial Runs (อาจเก็บข้อมูล 32 ชิ้น) จะกลายเป็น  $CPK > 1.67$  และเมื่อกระบวนการถูกรบกวนจากปัจจัยต่างๆ ในระยะยาวจะทำให้ค่า Ppk (Ppk ต้องน้อยกว่า Cpk เสมอ)

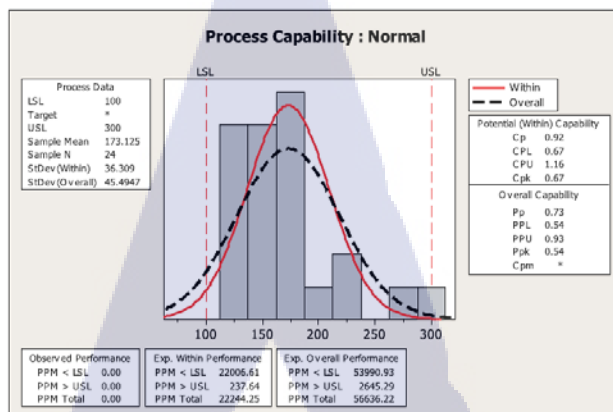
- การกระจายตัวแบบ Non-Normal Data ข้อมูลการกระจายตัวแบบไม่ปกติ สมมุติว่า Specification ของกระบวนการคือ 100-300 ขึ้น ปัญหาที่ตามมาก็คือ จะวิเคราะห์ข้อมูลอย่างไร บางท่านใช้การคำนวณ Ppk และ Cpk เหมือนปกติ หรือบางท่านอาจจะแปลงค่าหรือ Transformation (เช่น Box-Cox และ Johnson Transformation) หรือ อาจจะ Fit ข้อมูลกับ Weibull Distribution ซึ่งแต่ละวิธีนั้นจะทำให้ได้ค่า Cpk และ Ppk ต่างกัน และแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียต่างกัน ทำให้บางท่านเกิดความสับสนไม่น้อย

ตารางที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลที่กระจายตัวแบบไม่ปกติ

| ลำดับข้อมูล | ข้อมูล | ลำดับข้อมูล | ข้อมูล | ลำดับข้อมูล | ข้อมูล |
|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| 1           | 142    | 9           | 183    | 17          | 154    |
| 2           | 170    | 10          | 151    | 18          | 185    |
| 3           | 197    | 11          | 177    | 19          | 230    |
| 4           | 130    | 12          | 160    | 20          | 171    |
| 5           | 299    | 13          | 150    | 21          | 165    |
| 6           | 236    | 14          | 130    | 22          | 155    |
| 7           | 237    | 15          | 135    | 23          | 180    |
| 8           | 118    | 16          | 130    | 24          | 270    |

ที่มา : จรัส ทรัพย์เสรี. (2550ข). การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ ตอนที่ 2. วารสาร **Quality Production** มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. หน้า 24.

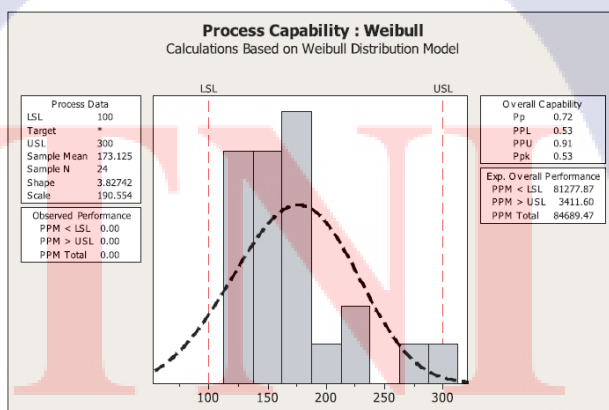
คำนวณ Cpk และ Ppk แบบปกติโดยไม่สนใจว่าข้อมูลเป็นแบบ Non-Normal การคำนวณแบบนี้ง่าย แต่มีข้อเสียคือ Within และ Over Performance ซึ่งเป็นการประมาณจำนวนของเสียที่ผิดเพี้ยนไป เนื่องจากการคำนวณอยู่ภายใต้ ข้อมูลที่กระจายตัวแบบ Normal นอกจากนี้ ถ้าประเมินขีดความสามารถของกระบวนการ โดยยึดถือความสามารถในการสร้างผลิตภัณฑ์ให้ได้ตาม Specification จะค่อนข้างต่ำกว่าความเป็นจริง เนื่องจากข้อมูลดังกล่าว แม้ว่าข้อมูลจะค่อนข้างมาทางด้าน Low Specification ซึ่งเป็นไปได้ที่จะมีโอกาสตก Spec. ด้านล่าง แต่หากมองที่ความสามารถโดยมองที่ Variation เทียบกับ Specification ถือได้ว่าได้ค่าที่สะท้อนความสามารถของกระบวนการได้ดีพอสมควร



รูปที่ 10 การคำนวณค่า Cpk และ Ppk แบบปกติ

ที่มา : จรัส ทรัพย์เสรี. (2550ข). การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ ตอนที่ 2. วารสาร **Quality Production** มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. หน้า 25.

คำนวณ Cpk และ Ppk โดย Fit ข้อมูลกับ Weibull Distribution การคำนวณจะคล้ายๆ กับการคำนวณแบบปกติ ต่อสมมุติฐานแบบ Weibull Distribution แนวทางดังกล่าวสามารถ Fit กับข้อมูลที่หลากหลาย เนื่องจากเป็นคุณสมบัติของ Weibull Distribution การคำนวณค่า Within และ Overall Performance จะดีขึ้นถ้าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบ Weibull จริงๆ อย่างไรก็ตาม การคำนวณแบบนี้จะได้เพียงแค่ค่า Ppk เท่านั้น



รูปที่ 11 การคำนวณค่า Cpk และ Ppk โดยใช้สมมุติฐาน Weibull Distribution

ที่มา : จรัส ทรัพย์เสรี. (2550ข). การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ ตอนที่ 2. วารสาร **Quality Production** มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. หน้า 25.

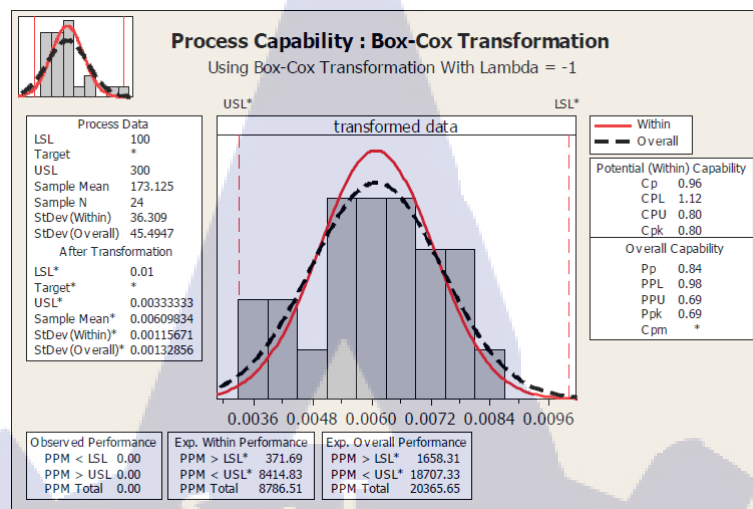
คำนวณ Cpk และ Ppk โดยการทำให้ Box-Cox Transformation การคำนวณโดยแปลงค่า (Transform) ข้อมูล (Y) ไปเป็น  $Y' = Y^\lambda$  (ตัวอย่างตารางที่ 3) โปรแกรมทางสถิติ เช่น MINITAB จะคำนวณหาค่า  $\lambda$  ที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้ข้อมูลหลังการแปลงค่ามีความใกล้เคียงกับการกระจายตัวแบบปกติมากที่สุด หลังจากนั้นจะนำค่าที่ถูกแปลงพร้อมทั้ง LSL และ USL ไปคำนวณหาค่า Cpk และ Ppk ต่อไป การคำนวณแบบนี้มีข้อได้เปรียบอีกอย่างคือ สามารถคำนวณได้ทั้ง Cpk และ Ppk และสะท้อนความสามารถของกระบวนการในการทำผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามข้อกำหนด

ตัวอย่างการคำนวณดังตารางที่ 3 จะได้ค่า Cpk และ Ppk ที่สูงกว่าการคำนวณแบบอื่น การคำนวณแบบนี้สะท้อนความสามารถของกระบวนการให้เป็นไปตามข้อกำหนดมากขึ้น นอกจากการคำนวณ Within และ Overall Performance ก็สะท้อนความจริงมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การคำนวณลักษณะนี้ทำให้เกิดความยุ่งยากในการอ่านค่าและการตีความ นอกจากนี้ค่าที่ได้อยู่ในสเกลที่ถูกแปลงค่า บุคลากรที่ไม่มีความชำนาญในการดูผลการวิเคราะห์ อาจสับสนได้ง่าย

ตารางที่ 3 ค่าการเปลี่ยนแปลงค่าที่  $\lambda$  ค่าต่างๆ

| Lambda ( $\lambda$ ) Value | Transformation      |
|----------------------------|---------------------|
| $\lambda = 2$              | $Y' = Y^2$          |
| $\lambda = 0.5$            | $Y' = \sqrt{Y}$     |
| $\lambda = 0$              | $Y' = \ln Y$        |
| $\lambda = -0.5$           | $Y' = 1/(\sqrt{Y})$ |
| $\lambda = -1$             | $Y' = 1/Y$          |

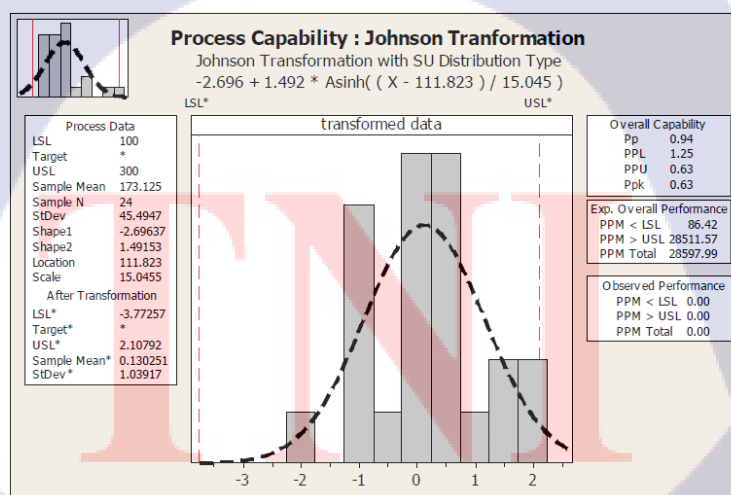
ที่มา : จรัส ทรัพย์เสรี. (2550ข). การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ ตอนที่ 2. วารสาร **Quality Production** มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. หน้า 25.



รูปที่ 12 การคำนวณค่า Cpk และ Ppk โดยใช้ Box-Cox Transformation

ที่มา : จรัล ทรัพย์เสรี. (2550ข). การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ  
ตอนที่ 2. วารสาร **Quality Production** มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. หน้า 26.

คำนวณ Cpk และ Ppk โดยการทำการ Johnson Transformation บางครั้งให้ได้การคำนวณ  
ที่ดีขึ้น



รูปที่ 13 การคำนวณค่า Cpk และ Ppk โดยใช้ Johnson Transformation

ที่มา : จรัล ทรัพย์เสรี. (2550ข). การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ  
ตอนที่ 2. วารสาร **Quality Production** มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. หน้า 26.

การคำนวณ Cpk และ Ppk มีอยู่หลายวิธี ดังนั้นแนวทางที่ Fit กับข้อมูลมากที่สุดซึ่งขึ้นอยู่กับ การประเมินได้จาก Histogram กับเส้น Distribution ในกราฟ จะเห็นได้ว่า การคำนวณด้วยวิธีพิเศษ แม้ว่าให้การวิเคราะห์ที่ดีขึ้นในบางกรณี แต่ก่อให้เกิดความซับซ้อนในการวิเคราะห์ และตีความเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว การคำนวณ Cpk และ Ppk แบบปกติโดยไม่ต้อง Transformation อะไรทั้งสิ้น เหตุผลอีกประการก็คือ ข้อมูลบางชุด จะทำการ Transformation อย่างไม่ก็ตามก็ไม่สามารถ Fit กับสมมติฐานของการทำ Transformation ได้อยู่ดี

สรุปแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Non-Normal ที่น่าจะง่ายที่สุดคือ

- วิเคราะห์หา Cpk และ Ppk เหมือนข้อมูลแบบปกติ
- ถ้าการกระจายเป็นแบบไม่ปกติให้ตระหนักว่าค่า Within และ Overall Performance ที่ได้จะเชื่อถือไม่ได้
- เรายังสามารถใช้ค่า Observed Performance ในการประเมินกระบวนการได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าข้อมูลที่มีมากพอ
- หากมีความรู้เรื่อง Transformation ให้เลือกแนวทางที่ Fit กับ Graph ที่สุดเพื่อประเมินค่า within และ Overall Performance ที่ดีขึ้น

### เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนบทความและงานวิจัยในอดีต พบว่า มีการทำวิจัยที่เกี่ยวกับการลดเวลานำและงานระหว่างผลิตโดยใช้เทคนิคการผลิตแบบลีนในอุตสาหกรรมการผลิตอย่างแพร่หลาย โดยในงานวิจัยนี้ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและทบทวนงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา โดยเฉพาะการนำเครื่องมือมาช่วยลดเวลานำและจำนวนงานระหว่างผลิตทั้งในอุตสาหกรรมการผลิตและอุตสาหกรรมอื่นๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องโดยใช้เทคนิค ชิกล์ ชิกลมา ดังงานวิจัยของ (สมอุษา วรรณกุล. 2547) ได้ศึกษากระบวนการแฉงวงจรถับแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ ชื่อว่า Flex Suspension Assembly (FSA) จะพบว่าจำนวนของผลิตภัณฑ์ที่เสีย เป็นจำนวนมาก จึงได้ทำการวิจัย ลดจำนวนของเสีย โดยใช้เทคนิค ชิกล์ ชิกลมา และลดอัตราข้อบกพร่องในกระบวนการ และเพื่อลดต้นทุนในการประกอบแฉงวงจรถับแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ หลังจากการศึกษาพบว่า ตัวแปรที่อาจมีผลกระทบ คือ ทิศทางการโก่งของแฉงวงจรถับ การลดความโก่ง ลักษณะการบิดงอของแฉงวงจรถับ ขนาดของการหยอดกาว เวลาที่ใช้พักกาว พบว่าแฉงวงจรถับ ระยะเวลาพัก และระยะใช้กาว เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการบกพร่อง เนื่องจากกาวน้อย และได้ความสัมพันธ์ของการโก่งของแฉงวงจรถับของสายชิ้นงาน เพื่อใช้ในการควบคุมและปรับปรุง ซึ่งหลังจากปรับปรุงสามารถลดอัตราข้อบกพร่องจากร้อยละ 2.83 เหลือร้อยละ 0.66 ลดได้ร้อยละ 70

2. การใช้เทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา จากการศึกษางานวิจัยพบว่า การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา (Motion and Time Study) มาช่วยปรับปรุงและลดเวลาในการทำงานให้มีค่าลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังจากงานวิจัยของ (จักรกฤษณ์ อันยะลา. 2552) ได้ทำวิจัยปรับปรุงประสิทธิภาพในโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป ซึ่งใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล แล้วนำเทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลามาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยการศึกษากระบวนการผลิตด้วยแผนผังการไหลและแผนภูมิกระบวนการผลิต แล้วทำการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงานรวมทั้งยังใช้หลักการดังกล่าวเพื่อออกแบบวิธีการทำงานของพนักงาน ผลการปรับปรุงพบว่า สามารถลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตจาก 30.24 นาที เป็น 25.53 นาที คิดเป็น 15.57% และลดขั้นตอนการผลิตโดยการออกแบบอุปกรณ์ช่วยทำให้ขั้นตอนในกระบวนการผลิตลดลงจาก 116 ขั้นตอน เป็น 97 ขั้นตอน คิดเป็น 16.37% โดยมีระยะคืนทุนจากการผลิต 10 วัน และ (เบญจมาภรณ์ ไพรัตน์ปัญญา. 2549) ได้ใช้เทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบชุดชนดินที่เหมืองแม่เมาะ โดยการวิเคราะห์กระบวนการผลิตด้วยแผนภูมิกระบวนการ ใช้วิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการทำงาน การศึกษาเวลา ได้ทำการนำเทคนิคการจับเวลาโดยตรงมาใช้ในการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงรวมถึงการหาเวลาปกติ, เวลามาตรฐานในการทำงาน จากนั้นจัดกระบวนการทำงานให้เหมาะสม จากการวิจัยพบว่าสามารถเพิ่มอัตราผลผลิตเฉลี่ยโดยรวมของระบบชุดชนดินของเหมืองแม่เมาะได้มากกว่า 10% อีกทั้งยังลดต้นทุนในการดำเนินงานลงมาก ถึง 37.6 ล้านบาท

3. การประยุกต์ใช้ Six Sigma สำหรับกระบวนการผลิตถุงมือยางแบบจุ่ม กรณีศึกษา อุตสาหกรรมการผลิตถุงมือยาง เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงาน ในการผลิตถุงมือยางแบบจุ่ม ดังจากงานวิจัยของ (จตุรพิช ก้อนสินธุ์. 2552) ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการเก็บข้อมูล ความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ ในรูปแบบสมการ  $Y = f(x)$  โดยที่  $Y$  คือผลลัพธ์ และ  $X$  คือตัวแปรที่ทำให้เกิดผลนั้น

จากผลการดำเนินงาน สามารถลดการใช้ก๊าซธรรมชาติในการผลิตจากเดิม 0.7234 ล้านบาทต่อพันคู่ เหลือ 0.6444 ล้านบาทต่อพันคู่หรือคิดเป็นพลังงานที่ลดลงเป็น 10.92% และในการลงทุนจะมีระยะเวลาคืนทุนในรูปแบบ Simply Payback Period ประมาณ 10 เดือน โดยมีผลประหยัดเท่ากับ 8,217,150 บาทต่อปี

4. การประยุกต์ใช้ Six sigma เพื่อปรับปรุงคุณภาพการผลิต กรณีศึกษา การผลิตชิ้นส่วนอัดที่ใช้สำหรับการประกอบสปริงเดลมอเตอร์ ดังงานวิจัยของ (กมลพันธ์ กลิ่นลำดวน. 2554) ซึ่งได้กำหนดหัวข้อที่จะทำการปรับปรุงโดยเลือกชนิดของข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต และรุ่นของอัดที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตมากที่สุด และวางขอบเขตการดำเนินงาน

จากผลการดำเนินงาน สามารถลดจำนวนข้อบกพร่องชนิดที่มีเศษติดยื่นออกมา (Burr) อับรู่ Brinks ลดลง 66.07% โดยลดลงจาก 1.21% เหลือ 0.47% และสามารถพิจารณาลดพนักงาน ตรวจสอบ (Inspector) ที่ทำการตรวจสอบ Burr และลดต้นทุนในอนาคต



### บทที่ 3 วิธีการวิจัย

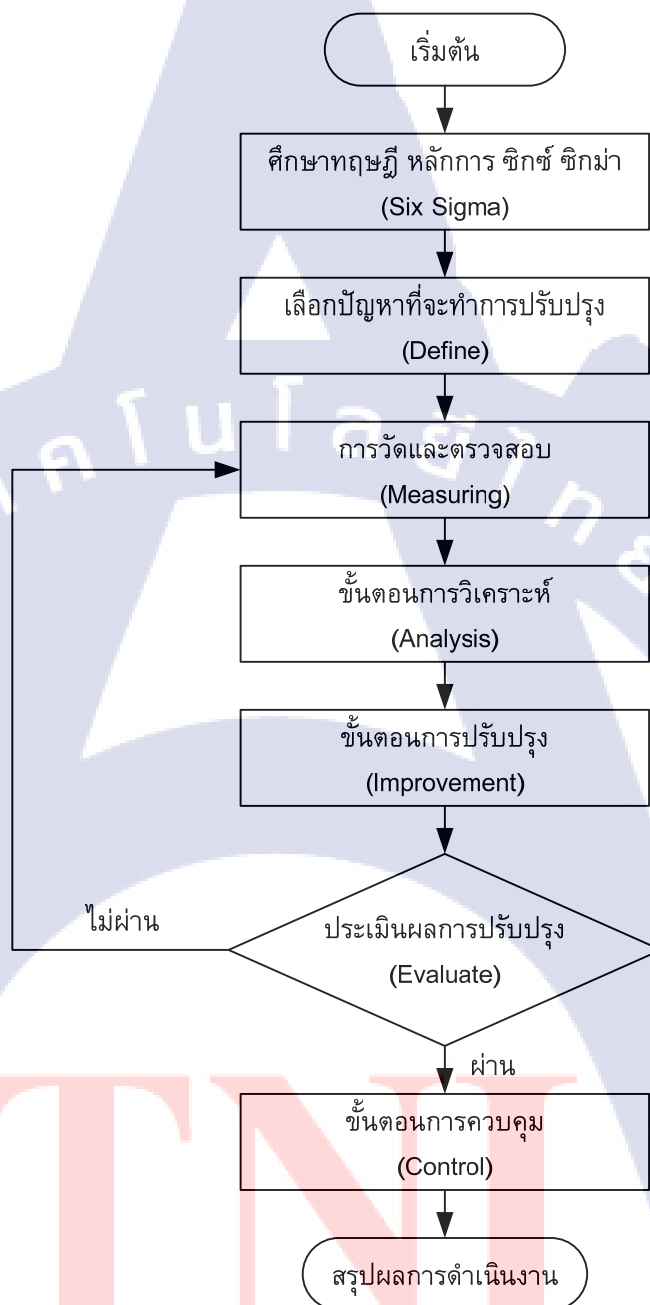
งานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการลดความผันแปรในกระบวนการผลิตไฟฟ้ารถยนต์ โดยประยุกต์ใช้ ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) และมีเป้าหมายเพื่อลดพิสัยความเผื่อ (Tolerance) จาก  $0 \pm 1.5$  มม. เป็น  $0 \pm 1.0$  มม. และเปรียบเทียบผลการปรับปรุง ก่อนทำและหลังทำ โดยใช้ ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการในระยะยาว (ppk ; Process Performances Index)

#### ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนของงานวิจัย แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎี หลักการ เครื่องมือต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ซิกซ์ ซิกม่า เช่น 5 ขั้นตอน (DMAIC) ของ ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma), ซิกซ์ ซิกม่า ในความหมายเชิงสถิติ และข้อมูลทางเทคนิค อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อลดความผันแปรในกระบวนการผลิตไฟฟ้า
2. เลือกปัญหาที่จะทำการปรับปรุง (Define) โดยการจัดตั้งทีมและทำการศึกษาและเก็บข้อมูลในกระบวนการผลิตโดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการฉีดพลาสติก, กระบวนการเชื่อมประกอบ (Welding Assembly) และ ความสำคัญต่อลูกค้า (พึงเสียงของลูกค้า: Voice of the Customer) นำข้อมูลที่ได้มาทำการเลือกหัวข้อของปัญหาที่จะมาทำการแก้ไขปรับปรุงก่อน
3. การวัดและตรวจสอบ (Measuring Phase) ทำการเก็บข้อมูล ppk เพื่อยืนยันกระบวนการและข้อมูลอื่นๆ ของกระบวนการ แล้วสร้างแผนการเก็บข้อมูลและสร้างแผนการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อยืนยันว่าสามารถใช้เครื่องมือประเภทใดบ้าง
4. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจุบัน ระบุนัยจำกัดของกระบวนการ ระบุนัยที่ต้องแก้ไข แล้วหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา และเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อยืนยันสาเหตุรากเหง้าของปัญหา
5. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improvement) หาแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ จากนั้นก็ประเมิน หรือเลือก และจะทำให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด จากนั้นคำนวณหา ppk ให้เป็นกระบวนการที่ปรับปรุงแล้ว
6. ขั้นตอนการควบคุม (Control) เมื่อประเมินผลการปฏิบัติงานแล้ว ก็พัฒนาวิธีการ และเอกสารที่สนับสนุน เพื่อรักษาผลการปรับปรุงให้ใช้งานเต็มรูปแบบและยั่งยืน

จากข้อมูลข้างต้น สรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเป็นเป็น Flow Chart ได้ดังนี้



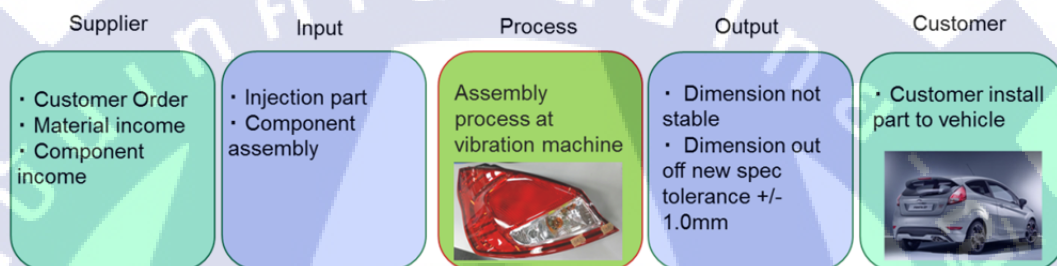
รูปที่ 14 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

## บทที่ 4

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

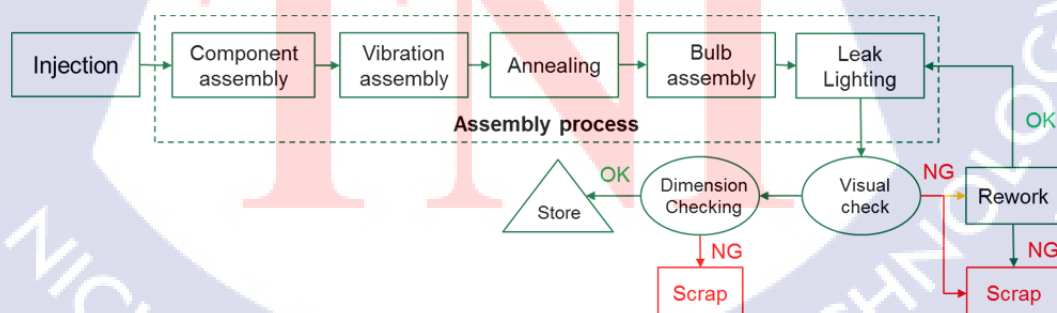
#### ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากสภาพปัจจุบัน

จากกระบวนการในปัจจุบัน บันทึกขั้นตอนหลักๆ ของกระบวนการด้วยแผนผัง SIPOC ดังนั้นจาก รูปที่ 15 แผนภาพ SIPOC ลำดับของกิจกรรมเหล่านี้ เราสนใจ Output ที่ได้คือ New Tolerance  $0\pm 1.0$  mm ดังนั้นกระบวนการที่น่าสนใจ คือกระบวนการเชื่อมประกอบ (Vibration Welding Assembly) เพื่อที่จะลดความแปรปรวนในกระบวนการเชื่อมประกอบ และใช้ New Tolerance  $0\pm 1.0$  mm ในการควบคุมกระบวนการ และยังลดปัญหาในการประกอบเข้ากับตัวรถ



รูปที่ 15 แผนภาพ SIPOC

กระบวนการเชื่อมประกอบที่เราสนใจ เมื่อนำมาเขียนแผนผังกระบวนการ จะมีกระบวนการย่อย 5 กระบวนการ แต่มี 2 กระบวนการที่มีผลต่อขนาดของชิ้นงาน และเป็นไปได้ที่จะส่งผมให้เกิดความแปรปรวนของขนาดไฟท้ายรถยนต์ คือ กระบวนการเชื่อมประกอบ (Vibration Welding) และกระบวนการอบคลายความเครียด (Annealing)



รูปที่ 16 แผนผังกระบวนการ



รูปที่ 17 จุดที่ใช้ในการวัดขนาดของไฟท้ายรถยนต์

จากข้อมูลข้างต้น ก่อนที่เริ่มทำการวิเคราะห์ จึงเริ่มทำการเก็บข้อมูลขนาดของชิ้นงาน ตามจุดเช็คใน Inspection Standard ข้างละ 30 ชิ้น เพื่อนำมาคำนวณ ppk ก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 4 ค่า Gap ของไฟท้ายรถยนต์ ด้านซ้ายมือ (ก่อนการปรับปรุง)

| Inspection<br>Point (Gap) | No  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Max | Min | Average |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
|                           | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |     |     |         |
| Point 1                   | 1.4 | 1.7 | 1.6 | 1.9 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 2.9 | 1.8 | 1.8 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.5 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 2.3 | 1.9 | 2.3 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 1.8 | 1.8 | 1.6 | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 2.9 | 1.4 | 1.9     |
| Point 2                   | 1.4 | 1.4 | 1.0 | 2.1 | 1.5 | 1.5 | 1.1 | 2.5 | 1.5 | 1.1 | 1.2 | 1.0 | 1.6 | 1.1 | 1.5 | 1.4 | 1.5 | 2.0 | 1.6 | 1.7 | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.7 | 1.3 | 1.4 | 1.7 | 2.5 | 1.0 | 1.5     |
| Point 3                   | 1.2 | 1.3 | 1.0 | 2.4 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 2.4 | 1.6 | 1.0 | 1.1 | 1.0 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.4 | 1.5 | 1.8 | 1.5 | 1.6 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.5 | 2.4 | 1.0 | 1.4     |
| Point 4                   | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.5 | 1.2 | 1.3 | 2.5 | 2.0 | 0.8 | 1.7 | 1.6 | 1.7 | 1.4 | 1.8 | 1.5 | 1.4 | 1.1 | 1.5 | 1.3 | 1.6 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.7 | 1.7 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.2 | 1.7 | 2.5 | 0.8 | 1.5     |
| Point 5                   | 1.7 | 2.2 | 2.6 | 2.7 | 2.0 | 1.9 | 2.4 | 1.9 | 1.5 | 2.0 | 1.9 | 2.3 | 1.9 | 2.4 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.9 | 1.8 | 1.5 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 2.7 | 1.5 | 2.0     |
| Point 6                   | 1.9 | 2.6 | 2.9 | 2.0 | 2.3 | 2.5 | 2.8 | 2.0 | 1.9 | 2.3 | 2.4 | 1.8 | 2.3 | 2.2 | 2.5 | 2.3 | 2.3 | 2.2 | 2.2 | 1.9 | 2.5 | 2.5 | 2.1 | 3.1 | 2.9 | 2.7 | 2.3 | 2.8 | 2.4 | 2.1 | 3.1 | 1.8 | 2.4     |
| Point 7                   | 2.0 | 2.5 | 2.6 | 1.8 | 2.4 | 2.6 | 2.6 | 1.8 | 2.1 | 2.2 | 2.5 | 2.4 | 2.3 | 2.0 | 2.5 | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 2.2 | 2.0 | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 2.9 | 2.7 | 2.8 | 2.2 | 2.6 | 2.4 | 2.5 | 2.9 | 1.8 | 2.4     |
| Point 8                   | 2.0 | 2.2 | 2.1 | 1.7 | 2.3 | 2.4 | 2.3 | 1.1 | 2.0 | 1.8 | 2.2 | 2.4 | 2.1 | 2.2 | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 2.0 | 2.4 | 2.4 | 2.2 | 2.7 | 2.4 | 2.6 | 2.1 | 2.5 | 2.4 | 2.5 | 2.7 | 1.1 | 2.2     |
| Point 9                   | 1.6 | 1.2 | 1.9 | 1.1 | 2.4 | 2.5 | 2.3 | 1.7 | 2.0 | 1.7 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 2.2 | 2.7 | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.3 | 1.9 | 2.6 | 2.5 | 2.0 | 2.6 | 2.2 | 2.4 | 2.2 | 2.5 | 2.6 | 2.4 | 2.7 | 1.1 | 2.2     |
| Point 10                  | 1.3 | 1.6 | 1.3 | 2.6 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 2.4 | 2.0 | 1.4 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.7 | 1.6 | 1.7 | 1.9 | 1.7 | 1.7 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.9 | 1.7 | 1.8 | 1.7 | 2.6 | 1.3 | 1.7     |

ตารางที่ 5 ค่า Gap ของไฟฟ้ารถยนต์ ด้านขวามือ (ก่อนการปรับปรุง)

| Inspection<br>Point (Gap) | No  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Max | Min | Average |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
|                           | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |     |     |         |
| Point 1                   | 1.9 | 2.6 | 1.5 | 2.0 | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 2.6 | 2.0 | 1.4 | 2.4 | 2.4 | 2.0 | 2.1 | 1.5 | 1.8 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 1.5 | 2.3 | 1.9 | 1.9 | 2.4 | 1.7 | 2.6 | 1.8 | 2.5 | 1.7 | 2.6 | 1.4 | 2.1     |
| Point 2                   | 2.0 | 2.0 | 1.6 | 1.6 | 2.4 | 2.2 | 1.7 | 2.8 | 2.2 | 2.0 | 1.8 | 2.5 | 1.6 | 2.4 | 2.2 | 1.8 | 3.3 | 2.5 | 2.5 | 2.1 | 2.0 | 1.8 | 2.5 | 1.7 | 2.0 | 3.0 | 2.1 | 2.2 | 2.0 | 1.8 | 3.3 | 1.6 | 2.1     |
| Point 3                   | 2.1 | 2.2 | 2.0 | 1.8 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 2.9 | 2.2 | 2.2 | 2.0 | 2.2 | 1.7 | 2.1 | 2.2 | 2.4 | 2.9 | 2.4 | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 1.8 | 2.0 | 1.5 | 1.9 | 2.9 | 2.0 | 2.2 | 2.0 | 2.1 | 2.9 | 1.5 | 2.2     |
| Point 4                   | 1.9 | 2.5 | 1.5 | 2.1 | 1.8 | 2.0 | 1.4 | 1.1 | 1.8 | 1.3 | 2.0 | 2.0 | 1.6 | 1.2 | 1.2 | 2.5 | 1.0 | 1.0 | 0.5 | 0.6 | 2.2 | 1.0 | 0.7 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 2.5 | 0.5 | 1.4     |
| Point 5                   | 2.0 | 2.0 | 1.6 | 2.5 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 1.6 | 1.8 | 1.7 | 2.1 | 2.1 | 2.4 | 1.7 | 1.4 | 2.0 | 1.5 | 1.5 | 1.0 | 1.3 | 1.9 | 1.9 | 1.5 | 1.9 | 1.7 | 1.0 | 1.8 | 1.3 | 1.0 | 1.3 | 2.5 | 1.0 | 1.7     |
| Point 6                   | 2.1 | 2.2 | 1.7 | 2.8 | 2.5 | 2.1 | 2.1 | 1.6 | 2.5 | 1.7 | 2.4 | 2.6 | 2.5 | 2.0 | 1.7 | 2.4 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.7 | 2.4 | 2.6 | 2.2 | 2.4 | 2.2 | 2.2 | 2.4 | 1.8 | 1.3 | 2.2 | 2.8 | 1.3 | 2.1     |
| Point 7                   | 2.2 | 2.0 | 1.8 | 2.6 | 2.4 | 2.0 | 1.9 | 1.6 | 2.3 | 1.7 | 2.1 | 2.5 | 2.4 | 2.1 | 1.7 | 2.3 | 1.8 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 2.2 | 2.5 | 2.2 | 2.2 | 2.1 | 2.4 | 2.3 | 1.7 | 1.4 | 2.4 | 2.6 | 1.4 | 2.1     |
| Point 8                   | 2.1 | 1.5 | 1.4 | 1.9 | 2.1 | 1.6 | 1.5 | 1.5 | 1.9 | 1.3 | 1.5 | 2.0 | 1.9 | 2.2 | 1.6 | 2.2 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 2.2 | 2.4 | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 2.3 | 2.1 | 1.7 | 1.0 | 2.4 | 2.4 | 1.0 | 1.9     |
| Point 9                   | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 2.1 | 2.5 | 1.6 | 1.9 | 1.8 | 2.5 | 1.4 | 1.8 | 2.2 | 2.1 | 2.3 | 2.1 | 2.5 | 2.2 | 2.1 | 2.6 | 2.2 | 2.7 | 2.8 | 1.7 | 2.3 | 2.4 | 3.3 | 2.8 | 2.4 | 1.5 | 3.0 | 3.3 | 1.4 | 2.2     |
| Point 10                  | 3.3 | 2.4 | 2.2 | 2.0 | 1.9 | 2.9 | 1.9 | 3.0 | 2.2 | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 2.2 | 2.4 | 2.5 | 2.9 | 2.6 | 2.3 | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 2.1 | 1.5 | 2.0 | 3.0 | 2.1 | 2.2 | 2.1 | 2.0 | 3.3 | 1.5 | 2.3     |

ตารางที่ 6 ค่าเปรียบเทียบค่า pp,ppk เมื่อใช้ค่า Tolerance ที่  $0\pm 1.5\text{mm}$  และ  $0\pm 1.0\text{ mm}$  ของ ไฟท้ายรถยนต์ ด้านขวามือ (ก่อนการปรับปรุง)

| Tolerance<br>$0\pm 1.5\text{ mm}$ | Gap  |      | Tolerance<br>$0\pm 1.0\text{ mm}$ | Gap  |      |
|-----------------------------------|------|------|-----------------------------------|------|------|
|                                   | PP   | PPK  |                                   | PP   | PPK  |
| Point 1                           | 1.19 | 0.89 | Point 1                           | 0.80 | 0.62 |
| Point 2                           | 1.21 | 0.89 | Point 2                           | 0.81 | 0.57 |
| Point 3                           | 1.12 | 0.82 | Point 3                           | 0.86 | 0.52 |
| Point 4                           | 0.99 | 0.94 | Point 4                           | 0.66 | 0.37 |
| Point 5                           | 1.26 | 1.02 | Point 5                           | 0.84 | 0.60 |
| Point 6                           | 1.06 | 0.80 | Point 6                           | 0.71 | 0.56 |
| Point 7                           | 1.29 | 0.95 | Point 7                           | 0.86 | 0.66 |
| Point 8                           | 1.48 | 1.33 | Point 8                           | 0.99 | 0.84 |
| Point 9                           | 1.07 | 0.93 | Point 9                           | 0.71 | 0.57 |
| Point 10                          | 1.11 | 0.66 | Point 10                          | 0.74 | 0.41 |

ตารางที่ 7 ค่าเปรียบเทียบค่า pp,ppk เมื่อใช้ค่า Tolerance ที่  $0\pm 1.5\text{mm}$  และ  $0\pm 1.0\text{ mm}$  ของ ไฟท้ายรถยนต์ ด้านซ้ายมือ (ก่อนการปรับปรุง)

| Tolerance<br>$0\pm 1.5\text{ mm}$ | Gap  |      | Tolerance<br>$0\pm 1.0\text{ mm}$ | Gap  |      |
|-----------------------------------|------|------|-----------------------------------|------|------|
|                                   | PP   | PPK  |                                   | PP   | PPK  |
| Point 1                           | 1.65 | 1.25 | Point 1                           | 1.10 | 0.87 |
| Point 2                           | 1.51 | 1.37 | Point 2                           | 1.01 | 0.64 |
| Point 3                           | 1.30 | 1.20 | Point 3                           | 0.86 | 0.52 |
| Point 4                           | 1.35 | 1.34 | Point 4                           | 0.90 | 0.67 |
| Point 5                           | 1.82 | 1.35 | Point 5                           | 1.21 | 0.91 |
| Point 6                           | 1.48 | 0.95 | Point 6                           | 0.99 | 0.55 |
| Point 7                           | 1.98 | 1.71 | Point 7                           | 1.32 | 0.93 |
| Point 8                           | 1.61 | 1.29 | Point 8                           | 1.07 | 0.92 |
| Point 9                           | 1.27 | 1.00 | Point 9                           | 0.85 | 0.71 |
| Point 10                          | 1.65 | 1.41 | Point 10                          | 1.10 | 1.04 |

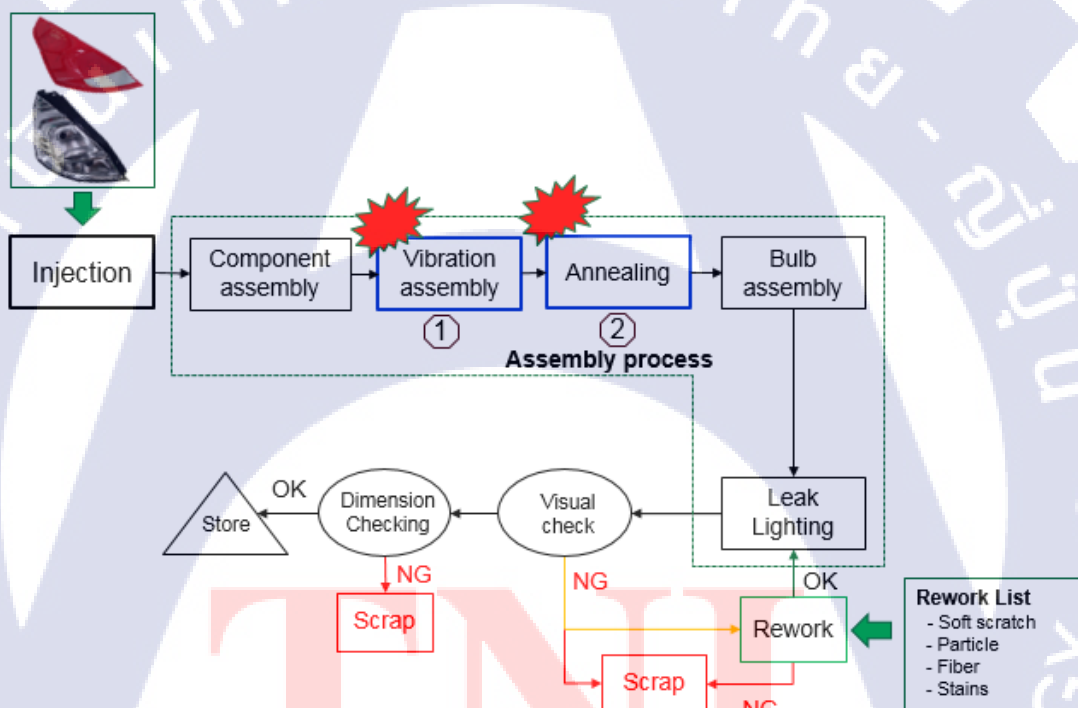
จากข้อมูลข้างต้นพบว่า ชิ้นงานไฟท้ายรถยนต์ มีความแปรปรวนในกระบวนการมาก โดยสังเกตจากค่า PP และ PPK ที่ Tolerance  $0\pm 1.5\text{ mm}$  มีหลายจุดที่มีค่าน้อยกว่า 1.33 และเมื่อลองเปลี่ยน ค่า Tolerance เป้าหมาย (Tolerance  $0\pm 1.0\text{ mm}$ ) มาคำนวณ pp, ppk พบว่ายังมีค่าน้อยลงไปอีก

ดังนั้น เพื่อที่จะเปลี่ยน ค่า Tolerance จากที่ควบคุมอยู่ที่  $0 \pm 1.5$  mm ไปเป็น Tolerance  $0 \pm 1.0$  mm. จะต้องมีการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดความแปรปรวนในการบวนการ และต้องมีค่า pp, ppk อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือ ทุกจุดมาค่ามากกว่า หรือ เท่ากับ 1.33

### ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis)

#### 1. ระบบกระบวนการที่จะปรับปรุง

จาก Process Flow รูปที่ 18 ในกระบวนการประกอบนั้น มีสองกระบวนการย่อย ในกระบวนการประกอบ (Assembly) ที่ส่งผลทางตรงกับขนาดของไฟท้ายรถยนต์ คือ การบวนการเชื่อมประกอบ (Vibration Welding) และกระบวนการอบลดความเครียดหลังจากการเชื่อมประกอบ (Annealing)



รูปที่ 18 Process Flow ของกระบวนการ และระบบการบวนการที่จะปรับปรุง

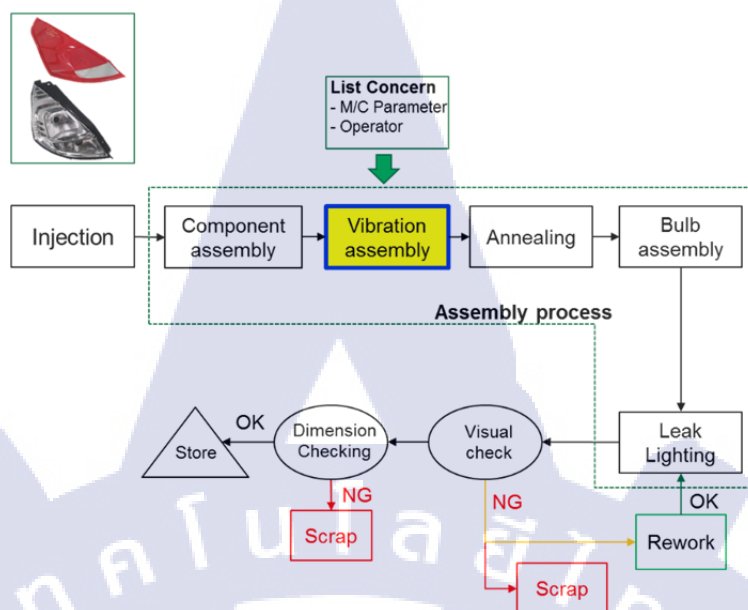
ตารางที่ 8 ค่าขนาดของชิ้นงาน (Gap) ของชิ้นงานก่อนอบ (Annealing)

|    | Point 1 | Point 2 | Point 3 | Point 4 | Point 5 | Point 6 | Point 7 | Point 8 | Point 9 | Point 10 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 1  | 2.1     | 1.8     | 1.3     | 1.4     | 2.5     | 2.5     | 3.0     | 2.6     | 2.1     | 2.3      |
| 2  | 2.0     | 1.6     | 1.5     | 1.5     | 2.3     | 2.3     | 2.8     | 2.7     | 2.2     | 2.3      |
| 3  | 2.1     | 1.7     | 1.0     | 1.0     | 2.5     | 2.8     | 3.4     | 3.2     | 2.4     | 2.8      |
| 4  | 2.1     | 1.6     | 0.8     | 0.9     | 2.7     | 3.0     | 3.8     | 3.4     | 2.6     | 2.9      |
| 5  | 2.0     | 1.3     | 0.7     | 0.9     | 2.6     | 3.3     | 3.7     | 3.4     | 2.7     | 3.0      |
| 6  | 2.1     | 1.5     | 0.6     | 1.0     | 3.0     | 3.7     | 4.1     | 3.5     | 2.7     | 2.9      |
| 7  | 2.0     | 1.4     | 0.6     | 1.0     | 2.6     | 3.7     | 4.0     | 3.5     | 2.7     | 2.8      |
| 8  | 1.9     | 1.3     | 1.0     | 1.3     | 2.5     | 3.4     | 3.6     | 3.2     | 2.6     | 2.8      |
| 9  | 2.0     | 1.7     | 0.8     | 1.0     | 2.6     | 3.4     | 3.8     | 3.4     | 2.7     | 3.0      |
| 10 | 2.0     | 1.2     | 0.5     | 0.9     | 3.0     | 3.7     | 4.1     | 3.4     | 2.7     | 2.9      |

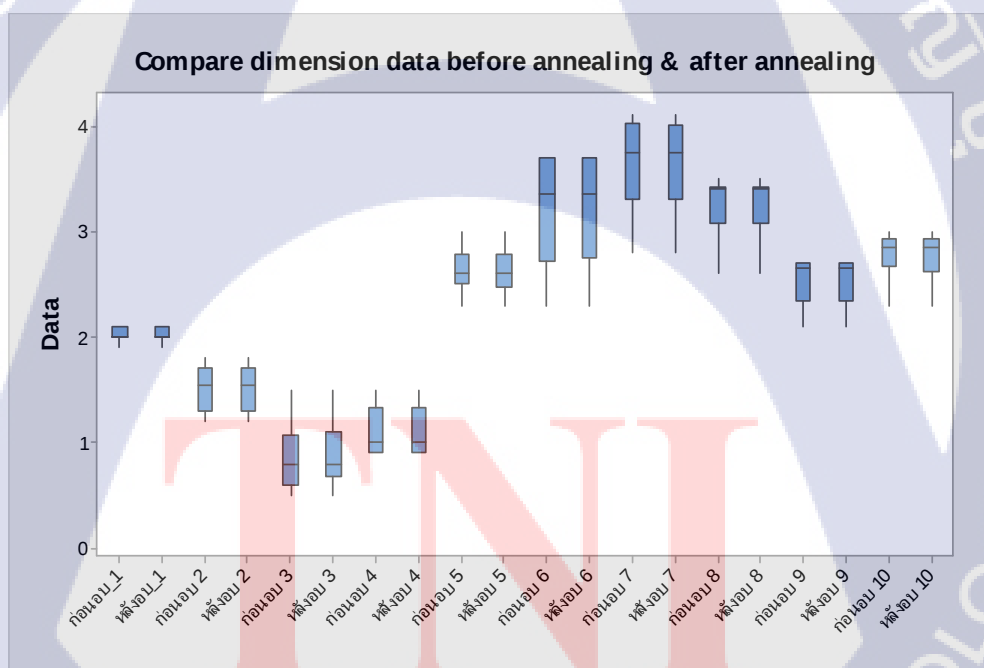
ตารางที่ 9 ค่าขนาดของชิ้นงาน (Gap) ของชิ้นงานหลังอบ (Annealing)

|    | Point 1 | Point 2 | Point 3 | Point 4 | Point 5 | Point 6 | Point 7 | Point 8 | Point 9 | Point 10 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 1  | 2.1     | 1.7     | 1.1     | 1.4     | 2.6     | 2.6     | 3.0     | 2.6     | 2.1     | 2.4      |
| 2  | 2.0     | 1.5     | 1.5     | 1.5     | 2.3     | 2.3     | 2.8     | 2.7     | 2.2     | 2.3      |
| 3  | 2.0     | 1.7     | 0.9     | 0.9     | 2.5     | 2.8     | 3.4     | 3.2     | 2.4     | 2.8      |
| 4  | 2.1     | 1.6     | 0.8     | 0.9     | 2.7     | 2.9     | 3.8     | 3.4     | 2.5     | 2.9      |
| 5  | 2.0     | 1.3     | 0.7     | 1.0     | 2.6     | 3.3     | 3.7     | 3.4     | 2.7     | 3.0      |
| 6  | 2.1     | 1.6     | 0.7     | 1.0     | 3.0     | 3.7     | 4.0     | 3.5     | 2.7     | 2.9      |
| 7  | 2.0     | 1.4     | 0.6     | 1.0     | 2.5     | 3.7     | 4.0     | 3.5     | 2.6     | 2.7      |
| 8  | 1.9     | 1.3     | 1.1     | 1.3     | 2.4     | 3.4     | 3.6     | 3.2     | 2.7     | 2.8      |
| 9  | 2.0     | 1.8     | 0.8     | 1.0     | 2.6     | 3.4     | 3.8     | 3.4     | 2.7     | 2.9      |
| 10 | 2.1     | 1.2     | 0.5     | 0.9     | 3.0     | 3.7     | 4.1     | 3.4     | 2.7     | 3.0      |

แต่เมื่อทำการทดลอง โดยการวัดไฟฟ้าจำนวน 10 ชิ้น ก่อนอบและหลังอบ พบว่าขนาดของไฟฟ้าไม่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด รูปที่ 19 แสดงขนาดของไฟฟ้าก่อนอบ และหลังอบ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า กระบวนการอบคลายความเครียด (Annealing) นั้นไม่ส่งผลกับขนาดของไฟฟ้า



รูปที่ 19 Process Flow ของกระบวนการ และกระบวนการที่จะปรับปรุง

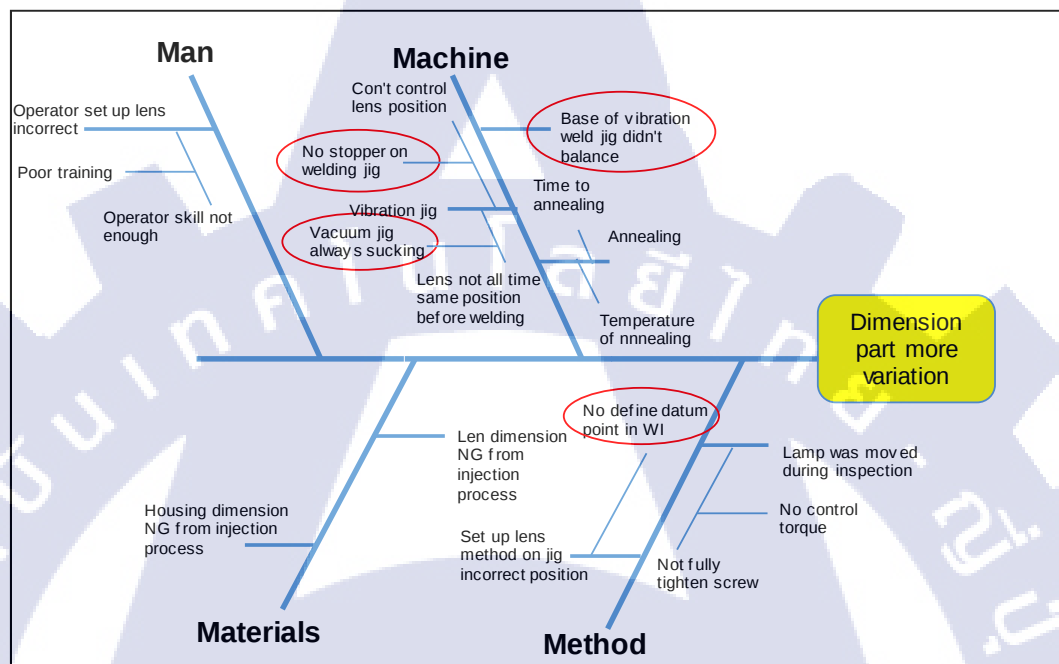


รูปที่ 20 ขนาดของไฟท้ายก่อนอบ และหลังอบ

จากตารางที่ 13 และตารางที่ 14 เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในรูปแบบของ Box Plot เพื่อเปรียบเทียบกลุ่มข้อมูลซึ่งมีความแตกต่างทั้งค่าเฉลี่ยและความผันแปร พบว่าข้อมูลขนาดของไฟท้ายก่อนอบ และหลังอบไม่มีความแตกต่างกัน

## 2. วิเคราะห์ปัญหา

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า กระบวนการเชื่อมประกอบ (Vibration Welding) เป็นกระบวนการที่ส่งผลให้ชิ้นงานไฟฟ้ารถยนต์ มีขนาดที่ไม่คงที่ และมีความแปรปรวนในกระบวนการเชื่อมประกอบ ดังนั้นจึงใช้แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) ในการวิเคราะห์



รูปที่ 21 แผนภูมิก้างปลา

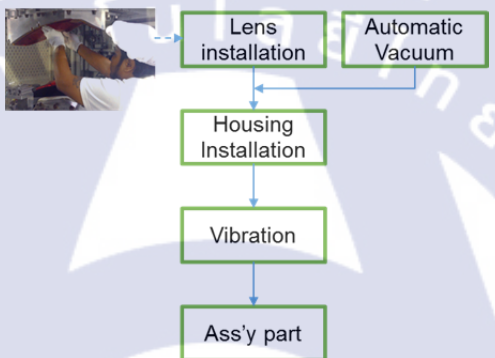
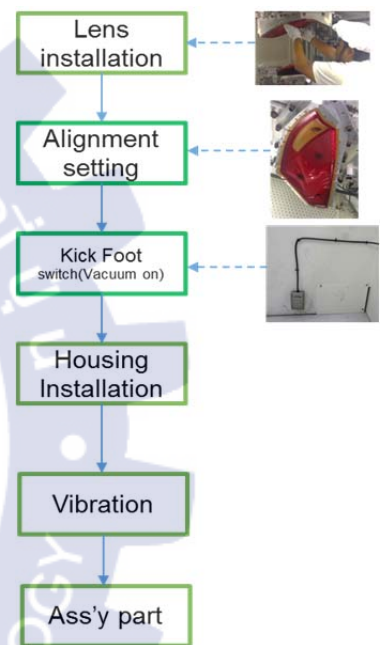
การแผนผังก้างปลาข้างต้นโดยการระดมสมอง และพูดคุย ระบุสาเหตุที่สำคัญ และพบว่า สาเหตุที่ทำให้ขนาดของไฟฟ้ารถยนต์มีความแปรผันมาก เนื่องจากสาเหตุ

- Vacuum Jig ดูดเลนส์เข้ากับ Jig ตลอดเวลาทำให้ พนักงานไม่สามารถกำหนดตำแหน่งของ เลนส์ก่อนจะทำการเชื่อม
- Jig ไม่มี Stopper เพื่อที่จะกำหนดตำแหน่งของเลนส์ ก่อนทำการเชื่อม
- Jig ไม่ Balance
- ไม่มีการระบุ จุด Datum สำหรับให้พนักงานอ้างอิง สำหรับพนักงานวางเลนส์ใน

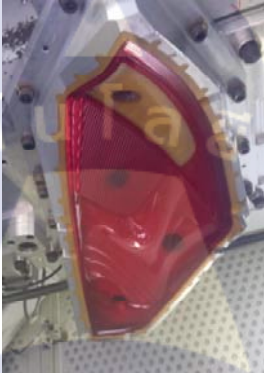
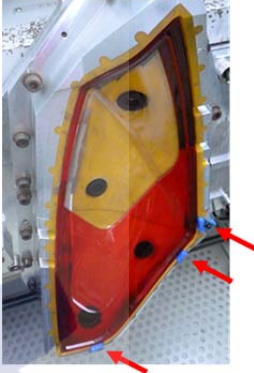
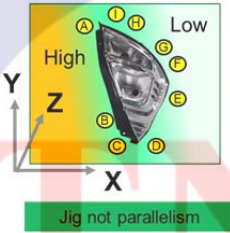
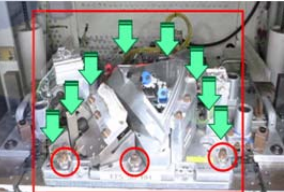
Jig

### 3. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improvement)

ตารางที่ 10 วิธีการแก้ไข

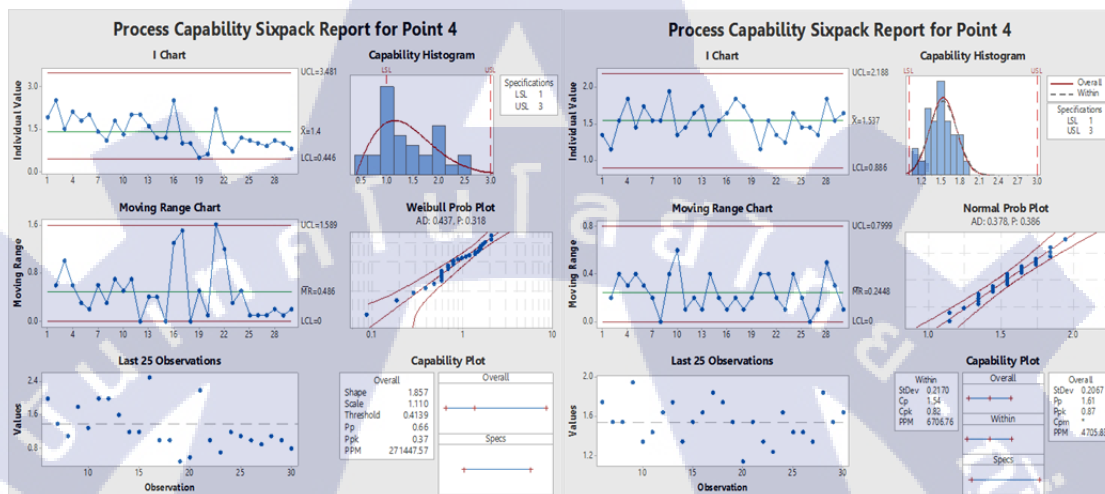
| สาเหตุ                                                                                            | การแก้ไข                                                                                           | ก่อนทำ                                                                                                                                                                                                                                                             | หลังทำ                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vacuum Jig ดูดเลนส์เข้ากับ Jig ตลอดเวลาทำให้พนักงานไม่สามารถกำหนดตำแหน่งของเลนส์ก่อนจะทำการเชื่อม | เพิ่ม Fools Switch เพื่อให้พนักงานวางเลนส์บน Jig ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องก่อน แล้วค่อยให้ Jig ดูดเลนส์ |  <pre> graph TD     A[Lens installation] --&gt; B[Automatic Vacuum]     B --&gt; C[Housing Installation]     C --&gt; D[Vibration]     D --&gt; E[Ass'y part]             </pre> |  <pre> graph TD     A[Lens installation] --&gt; B[Alignment setting]     B --&gt; C[Kick Foot switch(Vacuum on)]     C --&gt; D[Housing Installation]     D --&gt; E[Vibration]     E --&gt; F[Ass'y part]             </pre> |

ตารางที่ 10 วิธีการแก้ไข (ต่อ)

| สาเหตุ                                                          | การแก้ไข                                                                   | ก่อนทำ                                                                                                                                                                   | หลังทำ                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jig ไม่มี Stopper เพื่อที่จะกำหนดตำแหน่งของเลนส์ก่อนทำการเชื่อม | เพิ่ม Stopper เพื่อให้พนักงานกำหนดตำแหน่งของเลนส์ให้ถูกต้องก่อนทำการเชื่อม |                                                                                       |                                                                                        |
| Jig ไม่ Balance                                                 | ทำการ Balance ฐานของ Jig เทียบกับ Drawing                                  |   |   |

#### 4. ผลการปรับปรุง

หลังจากทำการปรับปรุงกระบวนการโดยทำการเพิ่ม Foots Switch เพื่อให้พนักงานวางเลนส์ บน Jig ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องก่อน แล้วค่อยให้ Jig ดูดเลนส์, เพิ่ม Stopper เพื่อให้พนักงานกำหนดตำแหน่งของเลนส์ ให้ถูกต้อง ก่อนทำการเชื่อม และทำการ Balance ฐานของ Jig เทียบกับ Drawing



ก่อนปรับปรุง

หลังจากเพิ่ม Foots Switch, Add stopper  
และ Balance Jig ใหม่

รูปที่ 22 เปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

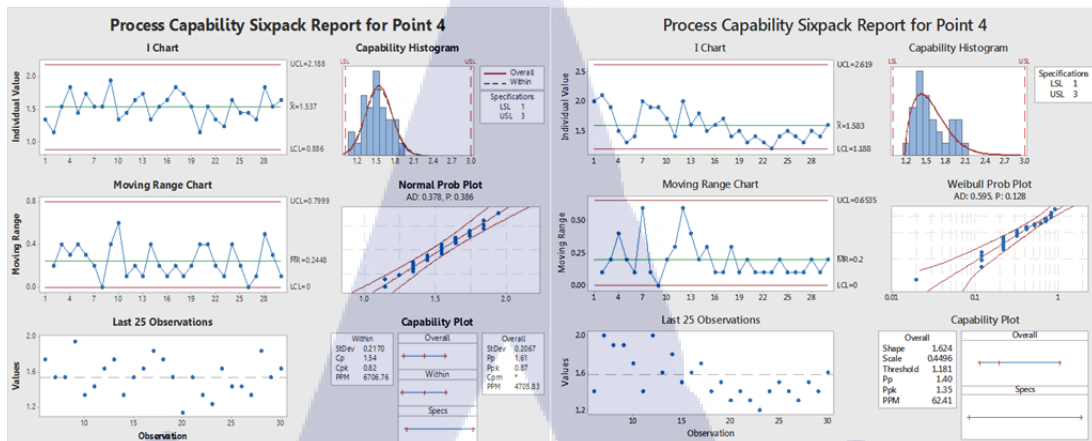
ความแปรปรวนหลังการปรับปรุงวิธีการทำงานและปรับปรุง Vibration Jig ลดลง โดยสังเกตจากค่า pp ที่เพิ่มขึ้น และจากฐานของ Histogram ที่แคบลง จากนั้นเพื่อปรับปรุงกระบวนการให้ดีขึ้นและเพื่อให้ค่า ppk เพิ่มขึ้นจึงต้องทำการปรับตั้งเครื่องจักรใหม่เพื่อขยับค่า X Bar ให้เข้าใกล้ 2.0 ให้มากที่สุด

ตารางที่ 11 ค่า Gap ของไฟท้ายรถยนต์ ด้านซ้ายมือ (หลังการปรับปรุงวิธีการ และ Balance Jig)

| Inspection  | No  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Max | Min | X bar | StDev | N  | Pp   | Ppk  |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|----|------|------|
| Point (Gap) | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |     |     |       |       |    |      |      |
| Point 1     | 2.0 | 2.1 | 2.3 | 2.0 | 2.1 | 2.3 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 2.4 | 2.2 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 2.1 | 2.0 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 2.0 | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 1.7 | 1.7 | 1.9 | 1.7 | 2.2 | 2.4 | 1.6 | 1.9   | 0.20  | 30 | 1.81 | 1.42 |
| Point 2     | 1.5 | 1.4 | 1.9 | 1.3 | 1.4 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.3 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.7 | 1.7 | 1.2 | 1.4 | 1.7 | 1.6 | 1.6 | 1.4 | 1.7 | 1.4 | 1.8 | 1.9 | 1.2 | 1.5   | 0.19  | 30 | 2.05 | 1.42 |
| Point 3     | 1.3 | 1.6 | 1.3 | 1.7 | 1.1 | 1.4 | 1.2 | 1.2 | 1.7 | 1.2 | 1.6 | 1.7 | 1.6 | 1.1 | 1.5 | 1.4 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 1.3 | 1.6 | 1.4 | 1.9 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.4 | 1.9 | 1.1 | 1.4   | 0.22  | 30 | 1.45 | 0.80 |
| Point 4     | 1.3 | 1.1 | 1.5 | 1.8 | 1.4 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 1.9 | 1.3 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 1.7 | 1.5 | 1.1 | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 1.6 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.8 | 1.5 | 1.6 | 1.9 | 1.1 | 1.5   | 0.21  | 30 | 1.61 | 0.87 |
| Point 5     | 1.9 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 2.3 | 1.7 | 2.3 | 2.0 | 2.2 | 1.8 | 1.7 | 1.7 | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 1.7 | 1.9 | 1.9 | 1.6 | 2.2 | 2.2 | 1.8 | 2.0 | 1.8 | 2.0 | 2.1 | 2.3 | 1.6 | 2.0   | 0.19  | 30 | 1.72 | 1.71 |
| Point 6     | 2.5 | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 2.5 | 2.3 | 2.5 | 2.5 | 2.6 | 2.3 | 2.4 | 2.1 | 2.1 | 2.3 | 2.2 | 2.4 | 2.4 | 2.0 | 2.4 | 2.1 | 2.0 | 2.3 | 2.1 | 2.6 | 2.4 | 2.4 | 2.6 | 2.2 | 2.3 | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 2.4   | 0.19  | 30 | 1.79 | 1.15 |
| Point 7     | 2.4 | 2.6 | 2.5 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.7 | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.5 | 2.0 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 2.2 | 2.1 | 2.2 | 2.6 | 2.3 | 2.1 | 2.4 | 2.2 | 2.7 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.5 | 2.3 | 2.5 | 2.7 | 2.0 | 2.4   | 0.19  | 30 | 1.52 | 1.46 |
| Point 8     | 2.6 | 2.3 | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.4 | 2.1 | 2.5 | 2.3 | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 2.3 | 2.6 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.3 | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.6 | 1.9 | 2.2   | 0.20  | 30 | 1.65 | 1.29 |
| Point 9     | 2.2 | 2.4 | 2.4 | 2.1 | 2.5 | 2.2 | 2.2 | 2.0 | 2.1 | 1.9 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 2.2 | 2.4 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.5 | 2.3 | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.5 | 1.9 | 2.2   | 0.17  | 30 | 1.77 | 1.56 |
| Point 10    | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.9 | 1.6 | 1.6 | 2.0 | 1.5 | 1.4 | 2.0 | 1.7 | 1.4 | 1.6 | 1.9 | 1.6 | 1.8 | 2.1 | 1.7 | 1.3 | 1.9 | 1.6 | 1.3 | 1.3 | 1.7 | 1.5 | 1.7 | 1.4 | 1.8 | 1.5 | 1.8 | 2.1 | 1.3 | 1.7   | 0.22  | 30 | 1.50 | 1.00 |

ตารางที่ 12 ค่า Gap ของไฟท้ายรถยนต์ ด้านขวามือ (หลังการปรับปรุงวิธีการ และ Balance Jig)

| Inspection  | No  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Max | Min | X bar | StDev | N  | Pp   | Ppk  |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|----|------|------|
| Point (Gap) | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |     |     |       |       |    |      |      |
| Point 1     | 2.0 | 2.1 | 2.3 | 2.0 | 2.1 | 2.3 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 2.4 | 2.2 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 2.1 | 2.0 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 2.0 | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 1.7 | 1.7 | 1.9 | 1.7 | 2.2 | 2.4 | 1.6 | 1.9   | 0.20  | 30 | 1.81 | 1.42 |
| Point 2     | 1.5 | 1.4 | 1.9 | 1.3 | 1.4 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.3 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.7 | 1.7 | 1.2 | 1.4 | 1.7 | 1.6 | 1.6 | 1.4 | 1.7 | 1.4 | 1.8 | 1.9 | 1.2 | 1.5   | 0.19  | 30 | 2.05 | 1.42 |
| Point 3     | 1.3 | 1.6 | 1.3 | 1.7 | 1.1 | 1.4 | 1.2 | 1.2 | 1.7 | 1.2 | 1.6 | 1.7 | 1.6 | 1.1 | 1.5 | 1.4 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 1.3 | 1.6 | 1.4 | 1.9 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.4 | 1.9 | 1.1 | 1.4   | 0.22  | 30 | 1.45 | 0.80 |
| Point 4     | 1.3 | 1.1 | 1.5 | 1.8 | 1.4 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 1.9 | 1.3 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 1.7 | 1.5 | 1.1 | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 1.6 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.8 | 1.5 | 1.6 | 1.9 | 1.1 | 1.5   | 0.21  | 30 | 1.61 | 0.87 |
| Point 5     | 1.9 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 2.3 | 1.7 | 2.3 | 2.0 | 2.2 | 1.8 | 1.7 | 1.7 | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 1.7 | 1.9 | 1.9 | 1.6 | 2.2 | 2.2 | 1.8 | 2.0 | 1.8 | 2.0 | 2.1 | 2.3 | 1.6 | 2.0   | 0.19  | 30 | 1.72 | 1.71 |
| Point 6     | 2.5 | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 2.5 | 2.3 | 2.5 | 2.5 | 2.6 | 2.3 | 2.4 | 2.1 | 2.1 | 2.3 | 2.2 | 2.4 | 2.4 | 2.0 | 2.4 | 2.1 | 2.0 | 2.3 | 2.1 | 2.6 | 2.4 | 2.4 | 2.6 | 2.2 | 2.3 | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 2.4   | 0.19  | 30 | 1.79 | 1.15 |
| Point 7     | 2.4 | 2.6 | 2.5 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.7 | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.5 | 2.0 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 2.2 | 2.1 | 2.2 | 2.6 | 2.3 | 2.1 | 2.4 | 2.2 | 2.7 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.5 | 2.3 | 2.5 | 2.7 | 2.0 | 2.4   | 0.19  | 30 | 1.52 | 1.46 |
| Point 8     | 2.6 | 2.3 | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.4 | 2.1 | 2.5 | 2.3 | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 2.3 | 2.6 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.3 | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.6 | 1.9 | 2.2   | 0.20  | 30 | 1.65 | 1.29 |
| Point 9     | 2.2 | 2.4 | 2.4 | 2.1 | 2.5 | 2.2 | 2.2 | 2.0 | 2.1 | 1.9 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 2.2 | 2.4 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.5 | 2.3 | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.5 | 1.9 | 2.2   | 0.17  | 30 | 1.77 | 1.56 |
| Point 10    | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.9 | 1.6 | 1.6 | 2.0 | 1.5 | 1.4 | 2.0 | 1.7 | 1.4 | 1.6 | 1.9 | 1.6 | 1.8 | 2.1 | 1.7 | 1.3 | 1.9 | 1.6 | 1.3 | 1.3 | 1.7 | 1.5 | 1.7 | 1.4 | 1.8 | 1.5 | 1.8 | 2.1 | 1.3 | 1.7   | 0.22  | 30 | 1.50 | 1.00 |

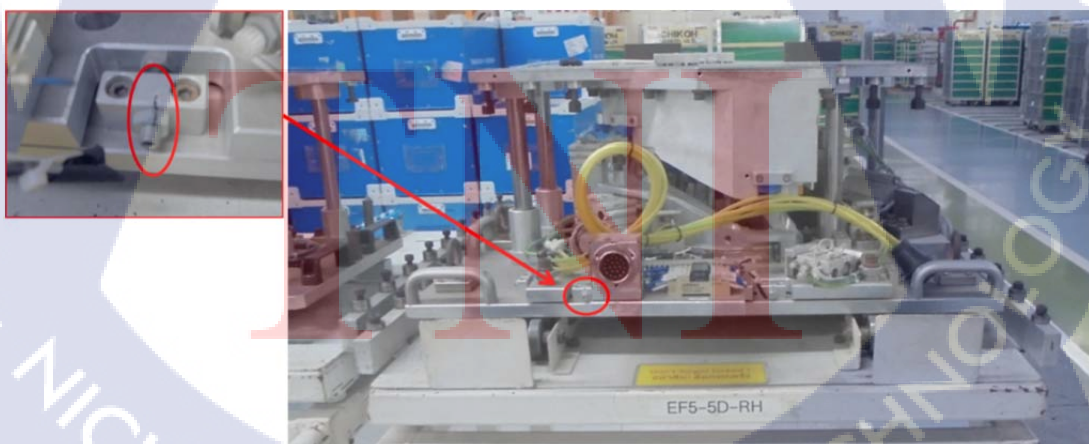


หลังจากเพิ่ม Foots Switch, Add Stopper  
และ Balance Jig ใหม่

หลังจากปรับตั้ง Jig ใหม่

รูปที่ 23 เปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการ หลังจากเพิ่ม Foots Switch, Add Stopper  
และ Balance Jig ใหม่ และหลังจากปรับตั้ง Jig ใหม่

หลังจากการปรับตั้ง Jig ใหม่ เพื่อให้ ค่า X Bar ของทุกจุด มีค่าเข้าใกล้ Nominal Data (2.0 mm.) มากที่สุด ส่งผลให้กระบวนการมีประสิทธิภาพดีขึ้น จากความแปรปรวนหลังการปรับปรุง  
วิธีการทำงานและปรับปรุง Vibration Jig ลดลง โดยสังเกตจากค่า pp ที่เพิ่มขึ้น และจากฐาน  
ของ Histogram ที่แคบลง จากนั้นเพื่อปรับปรุงกระบวนการให้ดีขึ้นและเพื่อให้ค่า ppk เพิ่มขึ้น  
จึงต้องทำการปรับตั้งเครื่องจักรใหม่เพื่อขยับค่า X Bar ให้เข้าใกล้ 2.0 ให้มากที่สุด



รูปที่ 24 Jig หลังจากการปรับตั้งใหม่แล้ว มาร์คกำหนดตำแหน่งไว้ที่จุดปรับตั้งในทุกจุด

## 5. สรุปผลการปรับปรุง

ตารางที่ 13 ค่า Gap ของไฟฟ้ารถยนต์ ด้านซ้ายมือ (หลังการปรับตั้ง Jig ใหม่)

| Inspection<br>Point (Gap) | No  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Max | Min | Average |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
|                           | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |     |     |         |
| Point 1                   | 1.8 | 1.9 | 2.1 | 1.8 | 1.9 | 2.1 | 1.7 | 1.8 | 1.6 | 2.2 | 2.0 | 1.7 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.9 | 1.8 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.8 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 1.7 | 1.5 | 2.0 | 2.2 | 1.4 | 1.7     |
| Point 2                   | 1.6 | 1.5 | 2.0 | 1.4 | 1.5 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.6 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | 1.4 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.8 | 1.8 | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 1.7 | 1.7 | 1.5 | 1.8 | 1.5 | 1.9 | 2.0 | 1.3 | 1.6     |
| Point 3                   | 1.7 | 2.0 | 1.7 | 2.1 | 1.5 | 1.8 | 1.6 | 1.6 | 2.1 | 1.6 | 2.0 | 2.1 | 2.0 | 1.5 | 1.9 | 1.8 | 1.9 | 2.2 | 2.2 | 1.7 | 2.0 | 1.8 | 2.3 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 1.7 | 1.8 | 2.3 | 1.5 | 1.8     |
| Point 4                   | 1.9 | 1.7 | 2.1 | 2.4 | 2.0 | 2.3 | 2.1 | 2.1 | 2.5 | 1.9 | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 1.9 | 2.1 | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.7 | 2.1 | 1.9 | 1.8 | 2.2 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 2.4 | 2.1 | 2.2 | 2.5 | 1.7 | 2.1     |
| Point 5                   | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 2.1 | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.3 | 2.5 | 1.9 | 2.5 | 2.2 | 2.4 | 2.0 | 1.9 | 1.9 | 2.3 | 2.2 | 2.2 | 1.9 | 2.1 | 2.1 | 1.8 | 2.4 | 2.4 | 2.0 | 2.2 | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.5 | 1.8 | 2.2     |
| Point 6                   | 2.4 | 2.1 | 2.1 | 2.2 | 2.4 | 2.2 | 2.4 | 2.4 | 2.5 | 2.2 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.2 | 2.1 | 2.3 | 2.3 | 1.9 | 2.3 | 2.0 | 1.9 | 2.2 | 2.0 | 2.5 | 2.3 | 2.3 | 2.5 | 2.1 | 2.2 | 2.6 | 2.6 | 1.9 | 2.2     |
| Point 7                   | 2.3 | 2.5 | 2.4 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 2.4 | 1.9 | 2.3 | 2.2 | 2.0 | 2.1 | 2.0 | 2.1 | 2.5 | 2.2 | 2.0 | 2.3 | 2.1 | 2.6 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 1.9 | 2.3     |
| Point 8                   | 2.5 | 2.2 | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 2.4 | 2.2 | 2.0 | 1.9 | 1.8 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.8 | 1.9 | 2.2 | 2.5 | 2.0 | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 2.1 | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 2.3 | 2.5 | 2.5 | 1.8 | 2.2     |
| Point 9                   | 2.2 | 2.4 | 2.4 | 2.1 | 2.5 | 2.2 | 2.2 | 2.0 | 2.1 | 1.9 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 2.2 | 2.4 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.5 | 2.3 | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.5 | 1.9 | 2.2     |
| Point 10                  | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 2.1 | 1.8 | 1.8 | 2.2 | 1.7 | 1.6 | 2.2 | 1.9 | 1.6 | 1.8 | 2.1 | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 1.9 | 1.5 | 2.1 | 1.8 | 1.5 | 1.5 | 1.9 | 1.7 | 1.9 | 1.6 | 2.0 | 1.7 | 2.0 | 2.3 | 1.5 | 1.8     |

ตารางที่ 14 ค่า Gap ของไฟฟ้ารถยนต์ ด้านขวามือ (หลังการปรับตั้ง Jig ใหม่)

| Inspection<br>Point (Gap) | No  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Max | Min | Average |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
|                           | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |     |     |         |
| Point 1                   | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.8 | 2.1 | 1.7 | 1.9 | 1.8 | 2.2 | 2.5 | 2.3 | 2.1 | 2.2 | 2.4 | 2.1 | 1.8 | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 2.5 | 1.7 | 2.0     |
| Point 2                   | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.1 | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.8 | 1.5 | 1.6 | 1.9 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.6 | 2.1 | 1.9 | 1.8 | 1.8 | 1.6 | 1.8 | 2.2 | 2.3 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.9 | 2.3 | 1.5 | 1.9     |
| Point 3                   | 1.5 | 1.7 | 1.3 | 2.0 | 2.1 | 1.9 | 1.5 | 1.7 | 1.5 | 1.3 | 1.6 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.8 | 1.4 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 2.1 | 1.2 | 1.6     |
| Point 4                   | 2.0 | 2.1 | 1.9 | 1.5 | 1.3 | 1.4 | 2.0 | 1.9 | 1.9 | 1.7 | 1.4 | 2.0 | 1.6 | 1.8 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.4 | 1.5 | 1.3 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.5 | 1.4 | 1.6 | 2.1 | 1.2 | 1.6     |
| Point 5                   | 2.1 | 2.4 | 2.1 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.4 | 1.9 | 2.4 | 2.1 | 2.1 | 1.8 | 2.4 | 2.3 | 2.2 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 2.3 | 2.1 | 2.5 | 2.2 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.2 | 1.8 | 2.3 | 2.0 | 1.9 | 2.5 | 1.8 | 2.1     |
| Point 6                   | 2.4 | 2.7 | 2.4 | 2.6 | 2.4 | 2.6 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.1 | 2.4 | 1.8 | 2.4 | 2.6 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.4 | 2.6 | 2.4 | 2.6 | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 1.9 | 2.3 | 2.2 | 2.3 | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 1.8 | 2.4     |
| Point 7                   | 2.4 | 2.5 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 1.8 | 2.4 | 2.7 | 2.6 | 2.3 | 1.9 | 2.3 | 2.6 | 2.6 | 2.4 | 2.5 | 2.3 | 2.4 | 2.3 | 2.5 | 2.3 | 2.2 | 2.5 | 2.1 | 2.5 | 2.1 | 2.5 | 2.1 | 2.4 | 2.7 | 1.8 | 2.4     |
| Point 8                   | 2.4 | 2.1 | 2.0 | 2.6 | 2.3 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 1.8 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.5 | 2.3 | 1.9 | 2.3 | 2.0 | 2.4 | 2.6 | 1.8     |
| Point 9                   | 2.8 | 2.1 | 2.3 | 2.5 | 2.7 | 2.5 | 2.2 | 2.8 | 2.5 | 2.0 | 2.2 | 2.1 | 2.4 | 2.6 | 2.2 | 2.3 | 2.0 | 1.9 | 2.1 | 2.1 | 2.3 | 2.4 | 2.3 | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 2.4 | 2.1 | 2.4 | 2.8 | 1.9 | 2.3     |
| Point 10                  | 1.9 | 1.7 | 2.3 | 2.0 | 1.9 | 2.3 | 1.8 | 2.0 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 1.7 | 1.9 | 1.8 | 2.0 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 1.6 | 1.9 | 1.8 | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 2.4 | 2.2 | 2.4 | 1.5 | 1.9     |

ตารางที่ 15 ค่าเปรียบเทียบค่า pp,ppk เมื่อใช้ค่า Tolerance ที่  $0\pm 1.0$  mm ของไฟฟ้ารถยนต์  
ด้านขวามือ (ก่อนและหลังการปรับปรุง)

| Before   | Gap  |      | After    | Gap  |      |
|----------|------|------|----------|------|------|
|          | PP   | PPK  |          | PP   | PPK  |
| Point 1  | 0.80 | 0.62 | Point 1  | 1.72 | 1.48 |
| Point 2  | 0.81 | 0.57 | Point 2  | 1.40 | 1.39 |
| Point 3  | 0.86 | 0.52 | Point 3  | 1.57 | 1.57 |
| Point 4  | 0.66 | 0.37 | Point 4  | 1.40 | 1.35 |
| Point 5  | 0.92 | 0.65 | Point 5  | 1.65 | 1.36 |
| Point 6  | 0.71 | 0.56 | Point 6  | 1.56 | 1.46 |
| Point 7  | 0.86 | 0.66 | Point 7  | 1.48 | 1.40 |
| Point 8  | 1.10 | 0.94 | Point 8  | 1.79 | 1.41 |
| Point 9  | 0.78 | 0.63 | Point 9  | 1.94 | 1.44 |
| Point 10 | 0.74 | 0.41 | Point 10 | 1.46 | 1.39 |

ตารางที่ 16 ค่าเปรียบเทียบค่า pp,ppk เมื่อใช้ค่า Tolerance ที่  $0\pm 1.0$  mm ของไฟฟ้ารถยนต์  
ด้านซ้ายมือ (ก่อนและหลังการปรับปรุง)

| Before   | Gap  |      | After    | Gap  |      |
|----------|------|------|----------|------|------|
|          | PP   | PPK  |          | PP   | PPK  |
| Point 1  | 1.12 | 1.05 | Point 1  | 1.81 | 1.68 |
| Point 2  | 1.01 | 0.64 | Point 2  | 2.05 | 1.69 |
| Point 3  | 0.86 | 0.52 | Point 3  | 1.47 | 1.46 |
| Point 4  | 0.90 | 0.67 | Point 4  | 1.61 | 1.46 |
| Point 5  | 1.21 | 0.90 | Point 5  | 1.71 | 1.44 |
| Point 6  | 0.99 | 0.55 | Point 6  | 1.79 | 1.38 |
| Point 7  | 1.32 | 0.94 | Point 7  | 1.52 | 1.39 |
| Point 8  | 1.07 | 0.92 | Point 8  | 1.65 | 1.38 |
| Point 9  | 0.85 | 0.71 | Point 9  | 1.96 | 1.57 |
| Point 10 | 1.10 | 1.04 | Point 10 | 1.49 | 1.48 |

จากตารางที่ 15, ตารางที่ 16 และรูปที่ 26 ก่อนการปรับปรุงกระบวนการนั้น ชิ้นงานไฟฟ้าทั้งข้างซ้ายและข้างขวา ppk ไม่เกิน 1.33 เลย พอหลังจากดำเนินการปรับปรุงกระบวนการเชื่อมประกอบแล้ว ทำให้กระบวนการเชื่อมประกอบมีความแปรปรวนลดลง และค่า ppk มากกว่า 1.33 ทุกจุด และยังมีค่าความแปรปรวนในกระบวนการ Variance ที่ลดลงอีกด้วย

## 6. ขั้นตอนการควบคุม (Control)

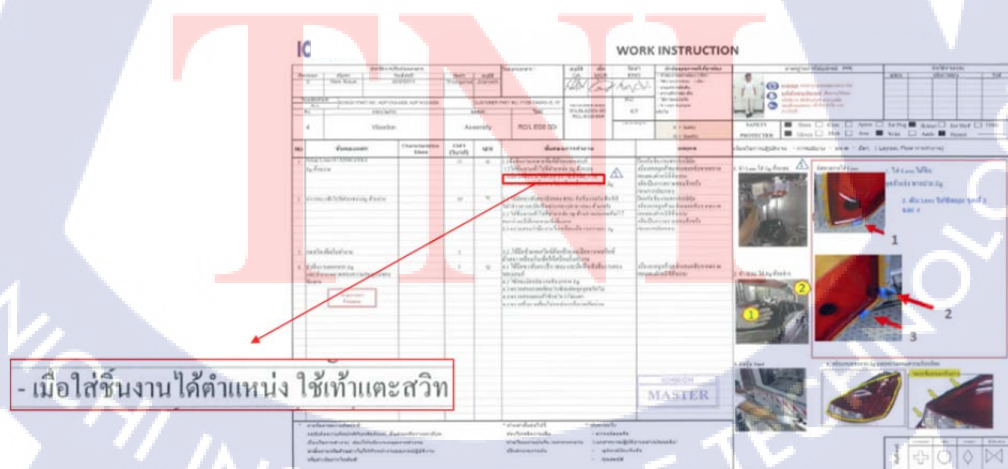
จากผลการปรับปรุงกระบวนการ พบว่าความสามารถของกระบวนการมีความแปรปรวนลดลง และส่งผลให้ค่า ppk ที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากขึ้นและมากกว่า 1.33 ตามเป้าหมาย แต่เพื่อให้ควบคุมกระบวนการให้มีความต่อเนื่อง จึงทำการแก้ไขเอกสาร Check Sheer โดยทำการเปลี่ยนค่า Tolerance ใน Inspection Check Sheet จาก  $0 \pm 1.5$  mm เป็น  $0 \pm 1.0$  mm ตามรูปที่ 25

ก่อนปรับปรุง

หลังปรับปรุง

รูปที่ 25 Inspection Check Sheet ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

และเพื่อป้องกันไม่ให้นักงานผลิตชิ้นงาน ไม่ตรงตามข้อกำหนด หรือชิ้นงาน Dimension NG จึงทำการเปลี่ยนแก้ไข WI โดยการกำหนดจุดที่เป็น Stopper 3 จุด แล้วจึงเตะ Foot Switch เพื่อให้ Vacuum Jig ดูดชิ้นงาน แล้วนำไป Training พนักงาน เพื่อให้พนักงานมีความเข้าใจในวิธีการทำงานแบบใหม่และปฏิบัติตาม



รูปที่ 26 วิธีการปฏิบัติงานหลังการปรับปรุง

### ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษางานวิจัย วิธีการวัดขนาดของชิ้นงานที่ไม่ถูกต้องนั้น จะทำให้การวัดขนาดของชิ้นงานมีความผิดพลาด ดังนั้น เพื่อลดความแปรปรวนอันเป็นผลจากการวิธีการวัดขนาดของชิ้นงานหรืออุปกรณ์วัดชิ้นงานที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นควรที่จะศึกษา การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA : Measurement System Analysis) เพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงกระบวนการให้มีความแปรปรวนลดลง

2. เพื่อให้กระบวนการมีเสถียรภาพ และเฝ้าระวังไม่ให้เกิดชิ้นงานที่ขนาดของชิ้นงานไม่เป็นตามข้อกำหนด ดังนั้นควรที่จะศึกษาการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC : Statistical Process Control)

3. ควรจะทำการควบคุมกระบวนการตั้งแต่กระบวนการฉีดพลาสติก (Injection Process) เพื่อลดความแปรปรวนตั้งแต่ต้นกระบวนการ และไม่ส่งผลกระทบต่อขนาดของชิ้นงานหลังกระบวนการประกอบ

บรรณานุกรม

TNI

### บรรณานุกรม

- กมลพันธ์ กลิ่นลำตวน. (2554). การประยุกต์ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิต กรณีศึกษาการผลิตชิ้นส่วนฮับที่ใช้สำหรับการประกอบสปินเดิลมอเตอร์. สารนิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- กมลรัตน์ ศรีสังข์สุข. (2553). การลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตสายเคเบิลขนาดเล็ก โดยแนวทางลีนซิก ซิกซ์ม่า. วารสารวิศวกรรมศาสตร์. 2(2) : 79-85.
- กันยรัตน์ คมวัชร. (2547). การนำ Six Sigma มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพการศึกษา. วารสารประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 5(1) : 20-34.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- จตุรพิช ก้อนสินธุ์. (2552). การประยุกต์ Six Sigma สำหรับกระบวนการผลิตถุงมือยางแบบจุ่ม กรณีศึกษา อุตสาหกรรมการผลิตถุงมือยาง. สารนิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- จรัล ทรัพย์เสรี. (2550ก). การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ ตอนที่ 1. วารสาร **Quality Production** มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. 5(14) : 56-59.
- (2550ข). การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ ตอนที่ 2. วารสาร **Quality Production** มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. 5(14) : 22-26.
- จักรกฤษณ์ อ้นยะลา. (2552). การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตในโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปด้วยเทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา. การค้นคว้าอิสระ สารนิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นพวรรณพรช นาคหุทัย; และคณะ. (2555). การประยุกต์ใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่าในบริบทอุตสาหกรรมไทย. วารสารเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรม. 11(3) : 43-48.
- เบญจมาภรณ์ ฟิรนนทปัญญา. (2549). การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบชุดชนิดดินที่เหมืองแม่เมาะโดยใช้เทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วลัยลักษณ์ อัครีวงศ์. (2549). โครงการการจัดการโซ่อุปทานอุตสาหกรรมกุ้งขาว ลิโทพีเหียสแวนาไมในประเทศไทย. สารนิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วสันต์ พุกผาสุข; และอรรถกร เก่งพล. (2551). การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียม  
โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกมา กรณีศึกษาบริษัทในอุตสาหกรรมชุบโครเมียม.

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 18(2) : 33-42.

วิทยา สุหฤทธดำรง. (2554). **เครื่องมือ Lean Six Sigma**. กรุงเทพฯ : อี.ไอ.สแควร์.

สมอุษา วรรณฤมล. (2547). การลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกมา.

วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุววรรณ ศรีวรรณ. (2553). การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตเบาะรถยนต์ โดยการ  
ประยุกต์ใช้วิธีซิกซ์ซิกมา. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 8.

หน้า 125-130. 19 พฤศจิกายน 2559. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

TNI

ภาคผนวก

TNI

ภาคผนวก ก.

แสดงขนาดของชิ้นงาน และค่า ppk ก่อนและหลังปรับปรุง

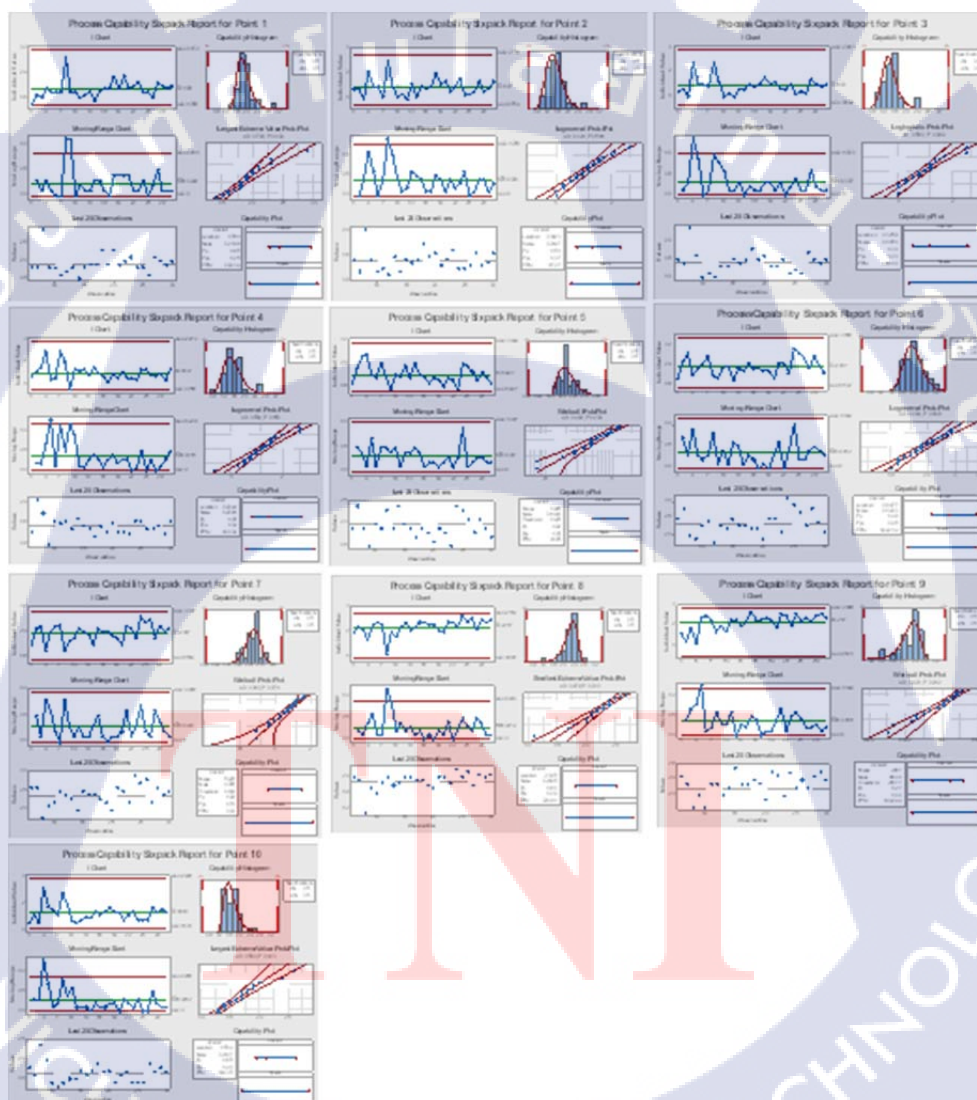
TNI

ตารางที่ 16 ขนาดของชิ้นงานก่อนการปรับปรุง (ไฟท้ายข้างซ้าย)

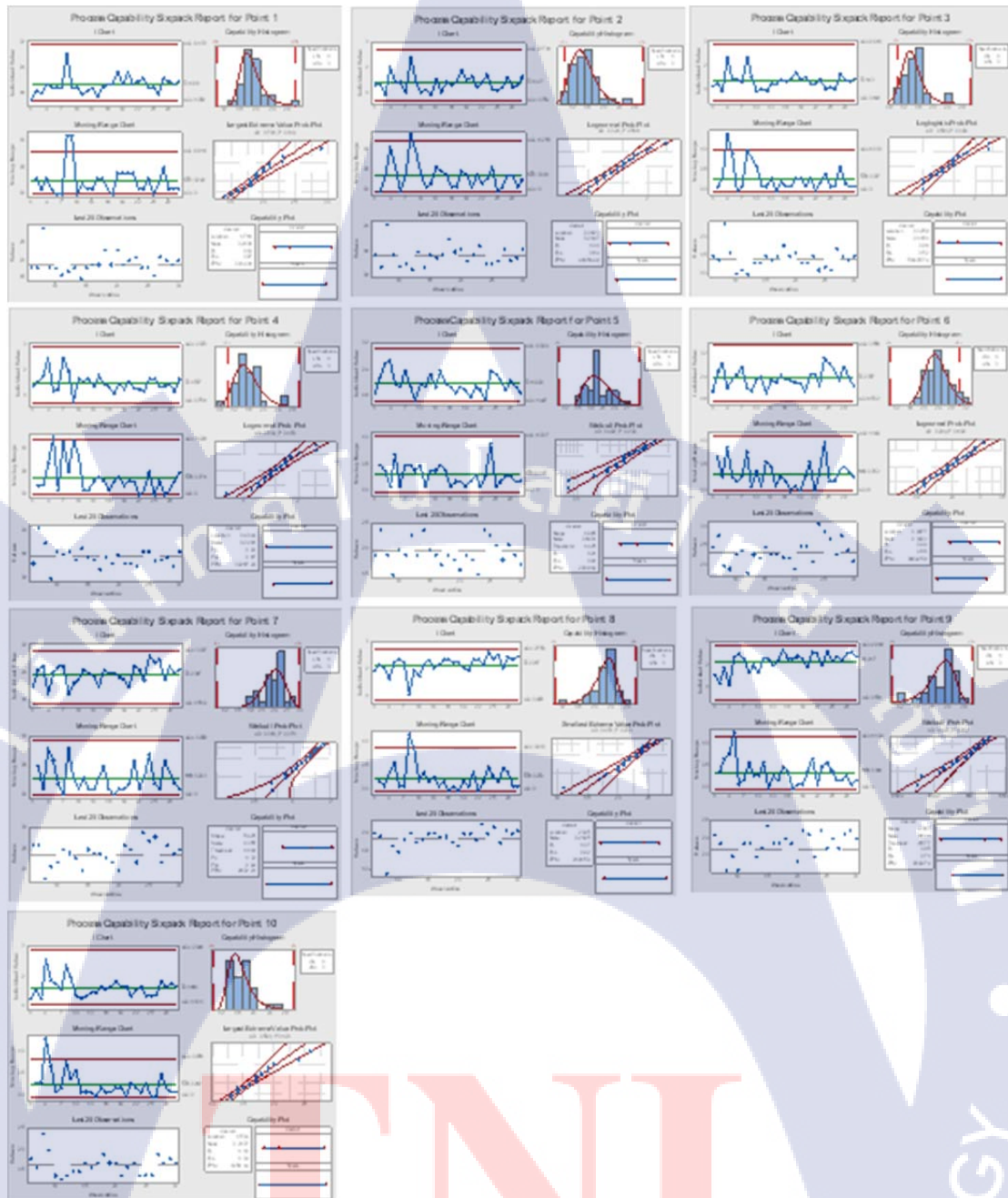
| Inspection Point<br>(Gap) |       | Point 1                     | Point 2   | Point 3     | Point 4   | Point 5                    | Point 6   | Point 7                    | Point 8                      | Point 9                    | Point 10                    |
|---------------------------|-------|-----------------------------|-----------|-------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Sample Part Number        | 1     | 1.4                         | 1.4       | 1.2         | 1.4       | 1.7                        | 1.9       | 2.0                        | 2.0                          | 1.6                        | 1.3                         |
|                           | 2     | 1.7                         | 1.4       | 1.3         | 1.6       | 2.2                        | 2.6       | 2.5                        | 2.2                          | 1.2                        | 1.6                         |
|                           | 3     | 1.6                         | 1.0       | 1.0         | 1.8       | 2.6                        | 2.9       | 2.6                        | 2.1                          | 1.9                        | 1.3                         |
|                           | 4     | 1.9                         | 2.1       | 2.4         | 2.5       | 2.7                        | 2.0       | 1.8                        | 1.7                          | 1.1                        | 2.6                         |
|                           | 5     | 1.8                         | 1.5       | 1.5         | 1.2       | 2.0                        | 2.3       | 2.4                        | 2.3                          | 2.4                        | 1.9                         |
|                           | 6     | 1.8                         | 1.5       | 1.5         | 1.3       | 1.9                        | 2.5       | 2.6                        | 2.4                          | 2.5                        | 1.8                         |
|                           | 7     | 1.8                         | 1.1       | 1.4         | 2.5       | 2.4                        | 2.8       | 2.6                        | 2.3                          | 2.3                        | 1.6                         |
|                           | 8     | 2.9                         | 2.5       | 2.4         | 2.0       | 1.9                        | 2.0       | 1.8                        | 1.1                          | 1.7                        | 2.4                         |
|                           | 9     | 1.8                         | 1.5       | 1.6         | 0.8       | 1.5                        | 1.9       | 2.1                        | 2.0                          | 2.0                        | 2.0                         |
|                           | 10    | 1.8                         | 1.1       | 1.0         | 1.7       | 2.0                        | 2.3       | 2.2                        | 1.8                          | 1.7                        | 1.4                         |
|                           | 11    | 1.6                         | 1.2       | 1.1         | 1.6       | 1.9                        | 2.4       | 2.5                        | 2.2                          | 2.3                        | 1.3                         |
|                           | 12    | 1.7                         | 1.0       | 1.0         | 1.7       | 2.3                        | 1.8       | 2.4                        | 2.4                          | 2.3                        | 1.4                         |
|                           | 13    | 1.8                         | 1.6       | 1.3         | 1.4       | 1.9                        | 2.3       | 2.3                        | 2.1                          | 2.0                        | 1.5                         |
|                           | 14    | 1.5                         | 1.1       | 1.3         | 1.8       | 2.4                        | 2.2       | 2.0                        | 2.2                          | 2.2                        | 1.5                         |
|                           | 15    | 1.8                         | 1.5       | 1.5         | 1.5       | 2.0                        | 2.5       | 2.5                        | 2.4                          | 2.7                        | 1.7                         |
|                           | 16    | 1.9                         | 1.4       | 1.4         | 1.4       | 1.9                        | 2.3       | 2.4                        | 2.4                          | 2.3                        | 1.6                         |
|                           | 17    | 1.9                         | 1.5       | 1.5         | 1.1       | 1.7                        | 2.3       | 2.4                        | 2.3                          | 2.3                        | 1.7                         |
|                           | 18    | 2.3                         | 2.0       | 1.8         | 1.5       | 1.9                        | 2.2       | 2.3                        | 2.3                          | 2.4                        | 1.9                         |
|                           | 19    | 1.9                         | 1.6       | 1.5         | 1.3       | 1.8                        | 2.2       | 2.2                        | 2.1                          | 2.3                        | 1.7                         |
|                           | 20    | 2.3                         | 1.7       | 1.6         | 1.6       | 1.6                        | 1.9       | 2.0                        | 2.0                          | 1.9                        | 1.7                         |
|                           | 21    | 1.9                         | 1.3       | 1.3         | 1.3       | 1.9                        | 2.5       | 2.6                        | 2.4                          | 2.6                        | 1.4                         |
|                           | 22    | 2.0                         | 1.5       | 1.3         | 1.3       | 1.8                        | 2.5       | 2.5                        | 2.4                          | 2.5                        | 1.6                         |
|                           | 23    | 2.1                         | 1.8       | 1.5         | 1.2       | 1.5                        | 2.1       | 2.2                        | 2.2                          | 2.0                        | 1.7                         |
|                           | 24    | 1.8                         | 1.2       | 1.1         | 1.7       | 2.4                        | 3.1       | 2.9                        | 2.7                          | 2.6                        | 1.4                         |
|                           | 25    | 1.8                         | 1.2       | 1.2         | 1.7       | 2.3                        | 2.9       | 2.7                        | 2.4                          | 2.2                        | 1.4                         |
|                           | 26    | 1.6                         | 1.3       | 1.1         | 1.4       | 2.1                        | 2.7       | 2.8                        | 2.6                          | 2.4                        | 1.4                         |
|                           | 27    | 2.1                         | 1.7       | 1.7         | 1.4       | 1.8                        | 2.3       | 2.2                        | 2.1                          | 2.2                        | 1.9                         |
|                           | 28    | 2.0                         | 1.3       | 1.5         | 1.5       | 2.1                        | 2.8       | 2.6                        | 2.5                          | 2.5                        | 1.7                         |
|                           | 29    | 1.9                         | 1.4       | 1.4         | 1.2       | 1.9                        | 2.4       | 2.4                        | 2.4                          | 2.6                        | 1.8                         |
|                           | 30    | 2.0                         | 1.7       | 1.5         | 1.7       | 1.7                        | 2.1       | 2.5                        | 2.5                          | 2.4                        | 1.7                         |
| Max                       |       | 2.9                         | 2.5       | 2.4         | 2.5       | 2.7                        | 3.1       | 2.9                        | 2.7                          | 2.7                        | 2.6                         |
| Min                       |       | 1.4                         | 1.0       | 1.0         | 0.8       | 1.5                        | 1.8       | 1.8                        | 1.1                          | 1.1                        | 1.3                         |
| X bar                     |       | 1.9                         | 1.5       | 1.4         | 1.5       | 2.0                        | 2.4       | 2.4                        | 2.2                          | 2.2                        | 1.7                         |
| Tolerance 1.5 mm          | StDev | 0.28                        | 0.33      | 0.34        | 0.36      | 0.31                       | 0.33      | 0.27                       | 0.31                         | 0.40                       | 0.30                        |
|                           | N     | 30                          | 30        | 30          | 30        | 30                         | 30        | 30                         | 30                           | 30                         | 30                          |
|                           | Pp    | 1.65                        | 1.51      | 1.30        | 1.35      | 1.82                       | 1.48      | 1.98                       | 1.61                         | 1.27                       | 1.65                        |
|                           | Ppk   | 1.25                        | 1.37      | 1.20        | 1.34      | 1.35                       | 0.95      | 1.71                       | 1.29                         | 1.00                       | 1.41                        |
|                           | P     | 0.04                        | 0.52      | 0.09        | 0.15      | 0.24                       | 0.61      | 0.37                       | 0.23                         | 0.21                       | 0.12                        |
| Distribution              |       | Largest<br>Extreme<br>Value | Lognormal | Loglogistic | Lognormal | 3-<br>Parameter<br>Weibull | Lognormal | 3-<br>Parameter<br>Weibull | Smallest<br>Extreme<br>Value | 3-<br>Parameter<br>Weibull | Largest<br>Extreme<br>Value |

ตารางที่ 16 ขนาดของชิ้นงานก่อนการปรับปรุง (ไฟท้ายข้างซ้าย) (ต่อ)

| Inspection Point<br>(Gap) |       | Point 1                     | Point 2   | Point 3     | Point 4   | Point 5                    | Point 6   | Point 7                    | Point 8                      | Point 9                    | Point 10                    |
|---------------------------|-------|-----------------------------|-----------|-------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Tolerance 1.0 mm          | StDev | 0.28                        | 0.33      | 0.34        | 0.36      | 0.31                       | 0.33      | 0.27                       | 0.31                         | 0.40                       | 0.30                        |
|                           | N     | 30                          | 30        | 30          | 30        | 30                         | 30        | 30                         | 30                           | 30                         | 30                          |
|                           | Pp    | 1.10                        | 1.01      | 0.86        | 0.90      | 1.21                       | 0.99      | 1.32                       | 1.07                         | 0.85                       | 1.10                        |
|                           | Ppk   | 0.87                        | 0.64      | 0.52        | 0.67      | 0.91                       | 0.55      | 0.93                       | 0.92                         | 0.71                       | 1.04                        |
|                           | P     | 0.04                        | 0.52      | 0.09        | 0.15      | 0.24                       | 0.61      | 0.37                       | 0.23                         | 0.21                       | 0.12                        |
| Distribution              |       | Largest<br>Extreme<br>Value | Lognormal | Loglogistic | Lognormal | 3-<br>Parameter<br>Weibull | Lognormal | 3-<br>Parameter<br>Weibull | Smallest<br>Extreme<br>Value | 3-<br>Parameter<br>Weibull | Largest<br>Extreme<br>Value |



รูปที่ 27 ขนาดของชิ้นงานก่อนการปรับปรุง (ไฟท้ายข้างซ้าย) ในรูปแบบของกราฟที่พิถีพิถัน  
เพื่อ 1.5 มิลลิเมตร



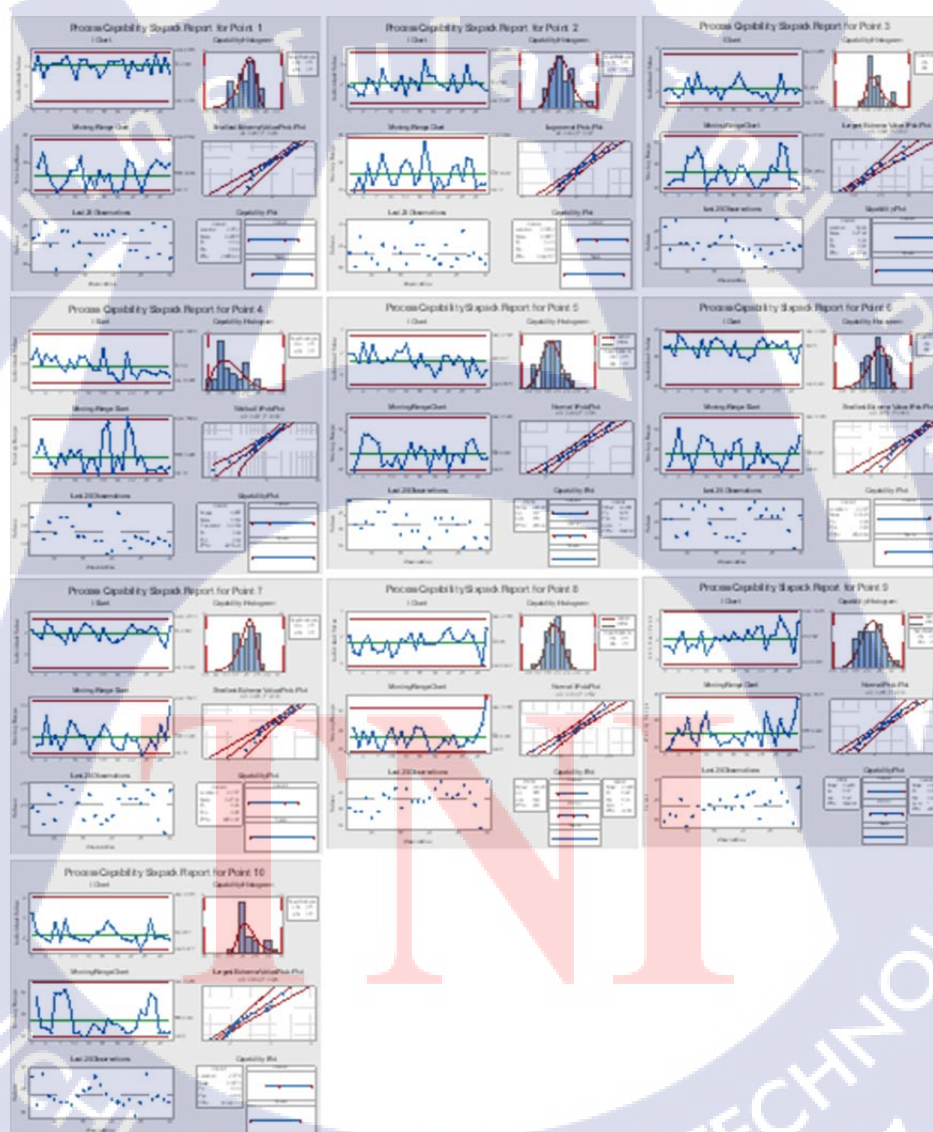
รูปที่ 28 ขนาดของชิ้นงานก่อนการปรับปรุง (ไฟฟ้าข้างซ้าย) ในรูปแบบของกราฟที่พิถีพิถัน  
เพื่อ 1.0 มิลลิเมตร

ตารางที่ 17 ขนาดของชิ้นงานก่อนการปรับปรุง (ไฟท้ายข้างขวา)

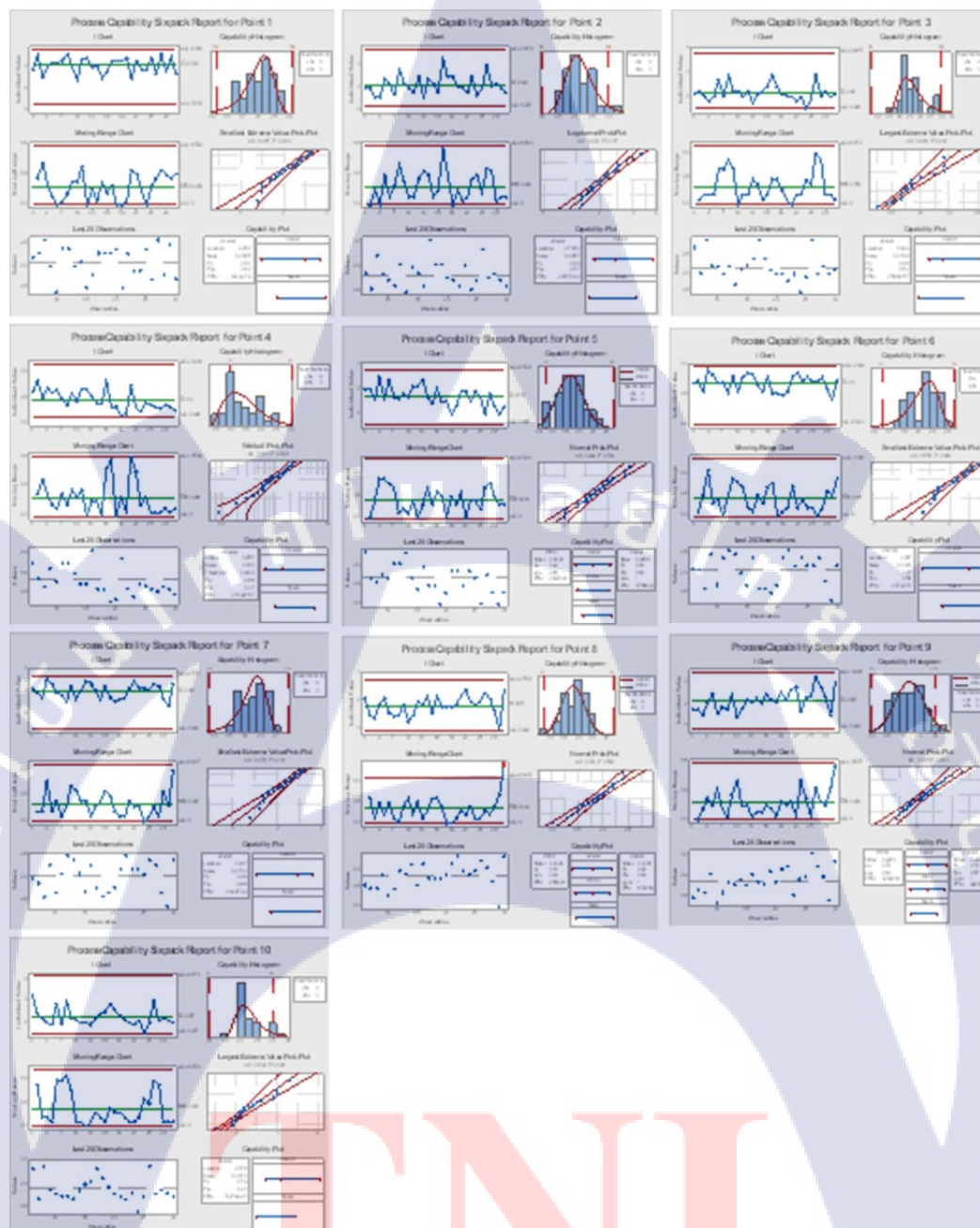
| Inspection Point<br>(Gap) |       | Point 1                      | Point 2   | Point 3                     | Point 4                    | Point 5 | Point 6                      | Point 7                      | Point 8 | Point 9 | Point 10                    |
|---------------------------|-------|------------------------------|-----------|-----------------------------|----------------------------|---------|------------------------------|------------------------------|---------|---------|-----------------------------|
| Sample Part Number        | 1     | 1.9                          | 2.0       | 2.1                         | 1.9                        | 2.0     | 2.1                          | 2.2                          | 2.1     | 1.8     | 3.3                         |
|                           | 2     | 2.6                          | 2.0       | 2.2                         | 2.5                        | 2.0     | 2.2                          | 2.0                          | 1.5     | 1.8     | 2.4                         |
|                           | 3     | 1.5                          | 1.6       | 2.0                         | 1.5                        | 1.6     | 1.7                          | 1.8                          | 1.4     | 1.5     | 2.2                         |
|                           | 4     | 2.0                          | 1.6       | 1.8                         | 2.1                        | 2.5     | 2.8                          | 2.6                          | 1.9     | 2.1     | 2.0                         |
|                           | 5     | 2.2                          | 2.4       | 2.0                         | 1.8                        | 1.6     | 2.5                          | 2.4                          | 2.1     | 2.5     | 1.9                         |
|                           | 6     | 2.2                          | 2.2       | 2.7                         | 2.0                        | 2.4     | 2.1                          | 2.0                          | 1.6     | 1.6     | 2.9                         |
|                           | 7     | 2.3                          | 1.7       | 2.0                         | 1.4                        | 1.7     | 2.1                          | 1.9                          | 1.5     | 1.9     | 1.9                         |
|                           | 8     | 2.6                          | 2.8       | 2.9                         | 1.1                        | 1.6     | 1.6                          | 1.6                          | 1.5     | 1.8     | 3.0                         |
|                           | 9     | 2.0                          | 2.2       | 2.2                         | 1.8                        | 1.8     | 2.5                          | 2.3                          | 1.9     | 2.5     | 2.2                         |
|                           | 10    | 1.4                          | 2.0       | 2.2                         | 1.3                        | 1.7     | 1.7                          | 1.7                          | 1.3     | 1.4     | 2.1                         |
|                           | 11    | 2.4                          | 1.8       | 2.0                         | 2.0                        | 2.1     | 2.4                          | 2.1                          | 1.5     | 1.8     | 2.0                         |
|                           | 12    | 2.4                          | 2.5       | 2.2                         | 2.0                        | 2.1     | 2.6                          | 2.5                          | 2.0     | 2.2     | 2.0                         |
|                           | 13    | 2.0                          | 1.6       | 1.7                         | 1.6                        | 2.4     | 2.5                          | 2.4                          | 1.9     | 2.1     | 1.9                         |
|                           | 14    | 2.1                          | 2.4       | 2.1                         | 1.2                        | 1.7     | 2.0                          | 2.1                          | 2.2     | 2.3     | 2.2                         |
|                           | 15    | 1.5                          | 2.2       | 2.2                         | 1.2                        | 1.4     | 1.7                          | 1.7                          | 1.6     | 2.1     | 2.4                         |
|                           | 16    | 1.8                          | 1.8       | 2.4                         | 2.5                        | 2.0     | 2.4                          | 2.3                          | 2.2     | 2.5     | 2.5                         |
|                           | 17    | 2.3                          | 3.3       | 2.9                         | 1.0                        | 1.5     | 1.6                          | 1.8                          | 1.8     | 2.2     | 2.9                         |
|                           | 18    | 2.3                          | 2.5       | 2.4                         | 1.0                        | 1.5     | 1.6                          | 1.6                          | 1.8     | 2.1     | 2.6                         |
|                           | 19    | 2.3                          | 2.5       | 2.1                         | 0.5                        | 1.0     | 1.5                          | 1.7                          | 1.8     | 2.6     | 2.3                         |
|                           | 20    | 2.4                          | 2.1       | 2.0                         | 0.6                        | 1.3     | 1.7                          | 1.8                          | 1.9     | 2.2     | 2.1                         |
|                           | 21    | 1.5                          | 2.0       | 2.0                         | 2.2                        | 1.9     | 2.4                          | 2.2                          | 2.2     | 2.7     | 2.0                         |
|                           | 22    | 2.3                          | 1.8       | 1.8                         | 1.0                        | 1.9     | 2.6                          | 2.5                          | 2.4     | 2.8     | 1.9                         |
|                           | 23    | 1.9                          | 2.5       | 2.0                         | 0.7                        | 1.5     | 2.2                          | 2.2                          | 2.0     | 1.7     | 2.1                         |
|                           | 24    | 1.9                          | 1.7       | 1.5                         | 1.2                        | 1.9     | 2.4                          | 2.2                          | 1.9     | 2.3     | 1.5                         |
|                           | 25    | 2.4                          | 2.0       | 1.9                         | 1.1                        | 1.7     | 2.2                          | 2.1                          | 2.0     | 2.4     | 2.0                         |
|                           | 26    | 1.7                          | 3.0       | 2.9                         | 1.0                        | 1.0     | 2.2                          | 2.4                          | 2.3     | 3.3     | 3.0                         |
|                           | 27    | 2.6                          | 2.1       | 2.0                         | 0.9                        | 1.8     | 2.4                          | 2.3                          | 2.1     | 2.8     | 2.1                         |
|                           | 28    | 1.8                          | 2.2       | 2.2                         | 1.1                        | 1.3     | 1.8                          | 1.7                          | 1.7     | 2.4     | 2.2                         |
|                           | 29    | 2.5                          | 2.0       | 2.0                         | 1.0                        | 1.0     | 1.3                          | 1.4                          | 1.0     | 1.5     | 2.1                         |
|                           | 30    | 1.7                          | 1.8       | 2.1                         | 0.8                        | 1.3     | 2.2                          | 2.4                          | 2.4     | 3.0     | 2.0                         |
|                           | Max   | 2.6                          | 3.3       | 2.9                         | 2.5                        | 2.5     | 2.8                          | 2.6                          | 2.4     | 3.3     | 3.3                         |
|                           | Min   | 1.4                          | 1.6       | 1.5                         | 0.5                        | 1.0     | 1.3                          | 1.4                          | 1.0     | 1.4     | 1.5                         |
|                           | X bar | 2.1                          | 2.1       | 2.2                         | 1.4                        | 1.7     | 2.1                          | 2.1                          | 1.9     | 2.2     | 2.3                         |
| Tolerance 1.5 mm          | StDev | 0.4                          | 0.4       | 0.3                         | 0.6                        | 0.4     | 0.4                          | 0.3                          | 0.3     | 0.5     | 0.4                         |
|                           | N     | 30.0                         | 30.0      | 30.0                        | 30.0                       | 30.0    | 30.0                         | 30.0                         | 30.0    | 30.0    | 30.0                        |
|                           | Pp    | 1.2                          | 1.2       | 1.1                         | 1.0                        | 1.3     | 1.1                          | 1.3                          | 1.5     | 1.1     | 1.1                         |
|                           | Ppk   | 0.9                          | 0.9       | 0.8                         | 0.9                        | 1.0     | 0.8                          | 1.0                          | 1.3     | 0.9     | 0.7                         |
|                           | P     | 0.24                         | 0.34      | 0.01                        | 0.32                       | 0.72    | 0.16                         | 0.23                         | 0.50    | 0.83    | 0.03                        |
| Distribution              |       | Smallest<br>Extreme<br>Value | Lognormal | Largest<br>Extreme<br>Value | 3-<br>Parameter<br>Weibull | Normal  | Smallest<br>Extreme<br>Value | Smallest<br>Extreme<br>Value | Normal  | Normal  | Largest<br>Extreme<br>Value |

ตารางที่ 17 ขนาดของชิ้นงานก่อนการปรับปรุง (ไฟท้ายข้างขวา) (ต่อ)

| Inspection Point<br>(Gap) |       | Point 1 | Point 2                      | Point 3   | Point 4                     | Point 5                    | Point 6 | Point 7                      | Point 8                      | Point 9 | Point 10 |
|---------------------------|-------|---------|------------------------------|-----------|-----------------------------|----------------------------|---------|------------------------------|------------------------------|---------|----------|
| Tolerance 1.0 mm          | StDev | 0.36    | 0.42                         | 0.34      | 0.56                        | 0.40                       | 0.39    | 0.32                         | 0.34                         | 0.47    | 0.41     |
|                           | N     | 30      | 30                           | 30        | 30                          | 30                         | 30      | 30                           | 30                           | 30      | 30       |
|                           | Pp    | 0.80    | 0.81                         | 0.86      | 0.66                        | 0.84                       | 0.71    | 0.86                         | 0.99                         | 0.71    | 0.74     |
|                           | Ppk   | 0.62    | 0.57                         | 0.52      | 0.37                        | 0.60                       | 0.56    | 0.66                         | 0.84                         | 0.57    | 0.41     |
|                           | P     | 0.24    | 0.34                         | 0.01      | 0.32                        | 0.72                       | 0.16    | 0.23                         | 0.50                         | 0.83    | 0.03     |
| Distribution              |       |         | Smallest<br>Extreme<br>Value | Lognormal | Largest<br>Extreme<br>Value | 3-<br>Parameter<br>Weibull | Normal  | Smallest<br>Extreme<br>Value | Smallest<br>Extreme<br>Value | Normal  | Normal   |



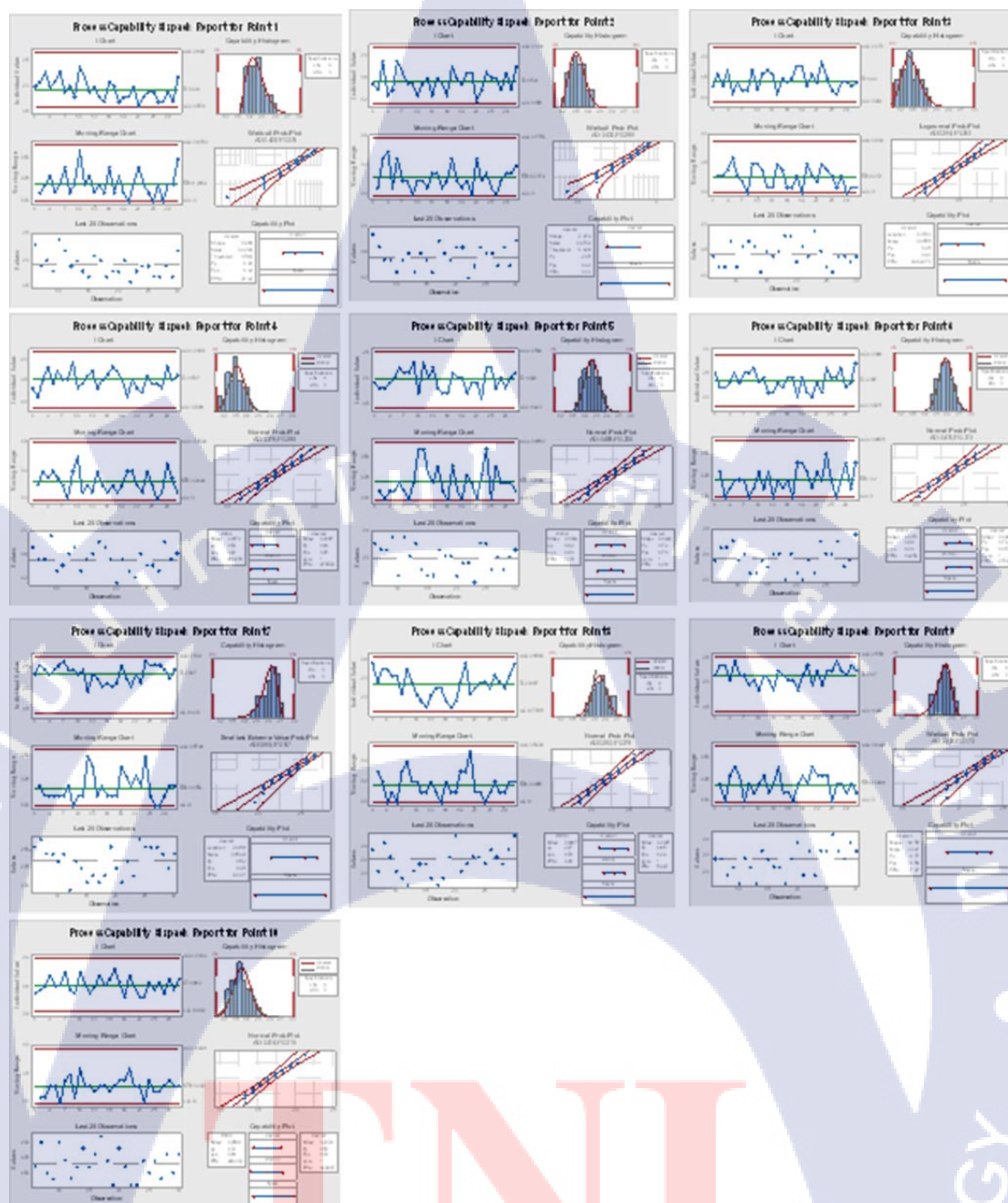
รูปที่ 29 ขนาดของชิ้นงานก่อนการปรับปรุง (ไฟท้ายข้างขวา) ในรูปแบบของกราฟที่พิเคราะห์ความเผื่อ 1.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 30 ขนาดของชิ้นงานก่อนการปรับปรุง (ไฟท้ายข้างขวา) ในรูปแบบของกราฟที่พิถีพิถัน  
เพื่อ 1.0 มิลลิเมตร

ตารางที่ 18 ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับปรุงวิธีการ (ไฟท้ายข้างซ้าย)

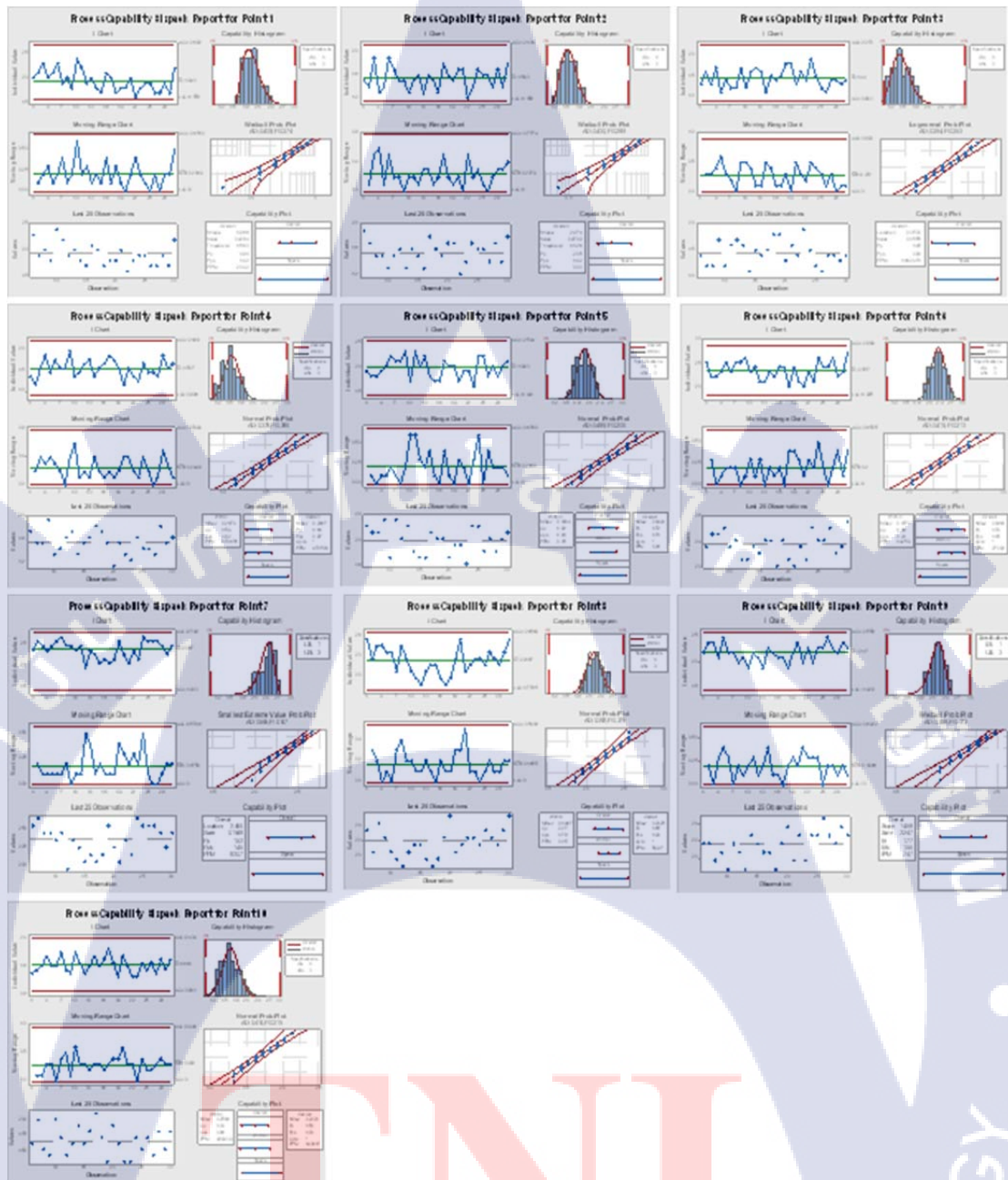
| Inspection Point<br>(Gap) |       | Point 1                    | Point 2                    | Point 3   | Point 4 | Point 5 | Point 6 | Point 7                      | Point 8 | Point 9 | Point 10 |
|---------------------------|-------|----------------------------|----------------------------|-----------|---------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|----------|
| Sample Part Number        | 1     | 2.0                        | 1.5                        | 1.3       | 1.3     | 1.9     | 2.5     | 2.4                          | 2.6     | 2.2     | 1.4      |
|                           | 2     | 2.1                        | 1.4                        | 1.6       | 1.1     | 1.8     | 2.2     | 2.6                          | 2.3     | 2.4     | 1.5      |
|                           | 3     | 2.3                        | 1.9                        | 1.3       | 1.5     | 1.8     | 2.2     | 2.5                          | 2.5     | 2.4     | 1.6      |
|                           | 4     | 2.0                        | 1.3                        | 1.7       | 1.8     | 1.9     | 2.3     | 2.4                          | 2.5     | 2.1     | 1.9      |
|                           | 5     | 2.1                        | 1.4                        | 1.1       | 1.4     | 2.0     | 2.5     | 2.5                          | 2.4     | 2.5     | 1.6      |
|                           | 6     | 2.3                        | 1.9                        | 1.4       | 1.7     | 2.2     | 2.3     | 2.6                          | 2.4     | 2.2     | 1.6      |
|                           | 7     | 1.9                        | 1.7                        | 1.2       | 1.5     | 2.1     | 2.5     | 2.7                          | 2.1     | 2.2     | 2.0      |
|                           | 8     | 2.0                        | 1.5                        | 1.2       | 1.5     | 2.1     | 2.5     | 2.5                          | 2.5     | 2.0     | 1.5      |
|                           | 9     | 1.8                        | 1.5                        | 1.7       | 1.9     | 2.3     | 2.6     | 2.5                          | 2.3     | 2.1     | 1.4      |
|                           | 10    | 2.4                        | 1.3                        | 1.2       | 1.3     | 1.7     | 2.3     | 2.4                          | 2.1     | 1.9     | 2.0      |
|                           | 11    | 2.2                        | 1.5                        | 1.6       | 1.4     | 2.3     | 2.4     | 2.5                          | 2.0     | 2.2     | 1.7      |
|                           | 12    | 1.9                        | 1.6                        | 1.7       | 1.6     | 2.0     | 2.1     | 2.0                          | 1.9     | 2.1     | 1.4      |
|                           | 13    | 2.0                        | 1.3                        | 1.6       | 1.7     | 2.2     | 2.1     | 2.4                          | 2.1     | 1.9     | 1.6      |
|                           | 14    | 1.8                        | 1.6                        | 1.1       | 1.3     | 1.8     | 2.3     | 2.3                          | 2.2     | 2.3     | 1.9      |
|                           | 15    | 1.7                        | 1.5                        | 1.5       | 1.5     | 1.7     | 2.2     | 2.1                          | 2.2     | 2.2     | 1.6      |
|                           | 16    | 2.1                        | 1.3                        | 1.4       | 1.6     | 1.7     | 2.4     | 2.2                          | 2.0     | 2.1     | 1.8      |
|                           | 17    | 2.0                        | 1.8                        | 1.5       | 1.8     | 2.1     | 2.4     | 2.1                          | 1.9     | 2.1     | 2.1      |
|                           | 18    | 1.7                        | 1.6                        | 1.8       | 1.7     | 2.0     | 2.0     | 2.2                          | 2.0     | 1.9     | 1.7      |
|                           | 19    | 1.8                        | 1.5                        | 1.8       | 1.5     | 2.0     | 2.4     | 2.6                          | 2.3     | 2.2     | 1.3      |
|                           | 20    | 1.8                        | 1.7                        | 1.3       | 1.1     | 1.7     | 2.1     | 2.3                          | 2.6     | 2.4     | 1.9      |
|                           | 21    | 2.0                        | 1.7                        | 1.6       | 1.5     | 1.9     | 2.0     | 2.1                          | 2.1     | 2.0     | 1.6      |
|                           | 22    | 1.6                        | 1.2                        | 1.4       | 1.3     | 1.9     | 2.3     | 2.4                          | 2.2     | 2.3     | 1.3      |
|                           | 23    | 1.8                        | 1.4                        | 1.9       | 1.2     | 1.6     | 2.1     | 2.2                          | 2.3     | 2.0     | 1.3      |
|                           | 24    | 1.9                        | 1.7                        | 1.5       | 1.6     | 2.2     | 2.6     | 2.7                          | 2.3     | 2.3     | 1.7      |
|                           | 25    | 1.9                        | 1.6                        | 1.2       | 1.4     | 2.2     | 2.4     | 2.6                          | 2.2     | 2.3     | 1.5      |
|                           | 26    | 1.7                        | 1.6                        | 1.1       | 1.4     | 1.8     | 2.4     | 2.6                          | 2.4     | 2.5     | 1.7      |
|                           | 27    | 1.7                        | 1.4                        | 1.4       | 1.3     | 2.0     | 2.6     | 2.6                          | 2.3     | 2.3     | 1.4      |
|                           | 28    | 1.9                        | 1.7                        | 1.4       | 1.8     | 1.8     | 2.2     | 2.5                          | 2.2     | 2.2     | 1.8      |
|                           | 29    | 1.7                        | 1.4                        | 1.3       | 1.5     | 2.0     | 2.3     | 2.3                          | 2.4     | 2.4     | 1.5      |
|                           | 30    | 2.2                        | 1.8                        | 1.4       | 1.6     | 2.1     | 2.7     | 2.5                          | 2.6     | 2.3     | 1.8      |
| Max                       |       | 2.4                        | 1.9                        | 1.9       | 1.9     | 2.3     | 2.7     | 2.7                          | 2.6     | 2.5     | 2.1      |
| Min                       |       | 1.6                        | 1.2                        | 1.1       | 1.1     | 1.6     | 2.0     | 2.0                          | 1.9     | 1.9     | 1.3      |
| X bar                     |       | 1.9                        | 1.5                        | 1.4       | 1.5     | 2.0     | 2.4     | 2.4                          | 2.2     | 2.2     | 1.7      |
| Tolerance 1.0 mm          | StDev | 0.20                       | 0.19                       | 0.22      | 0.21    | 0.19    | 0.19    | 0.19                         | 0.20    | 0.17    | 0.22     |
|                           | N     | 30                         | 30                         | 30        | 30      | 30      | 30      | 30                           | 30      | 30      | 30       |
|                           | Pp    | 1.81                       | 2.05                       | 1.45      | 1.61    | 1.72    | 1.79    | 1.52                         | 1.65    | 1.77    | 1.50     |
|                           | Ppk   | 1.42                       | 1.42                       | 0.80      | 0.87    | 1.71    | 1.15    | 1.46                         | 1.29    | 1.56    | 1.00     |
|                           | P     | 0.37                       | 0.29                       | 0.35      | 0.39    | 0.21    | 0.31    | 0.15                         | 0.38    | 0.17    | 0.41     |
| Distribution              |       | 3-<br>Parameter<br>Weibull | 3-<br>Parameter<br>Weibull | Lognormal | Normal  | Normal  | Normal  | Smallest<br>Extreme<br>Value | Normal  | Weibull | Normal   |



รูปที่ 31 ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับปรุงวิธีการ (ไฟฟ้าข้างซ้าย) ในรูปแบบของกราฟที่พิถีพิถัน  
ความเผื่อ 1.0 มิลลิเมตร

ตารางที่ 19 ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับปรุงวิธีการ (ไฟท้ายข้างขวา)

| Inspection Point<br>(Gap) |       | Point 1                    | Point 2                    | Point 3   | Point 4 | Point 5 | Point 6 | Point 7                      | Point 8 | Point 9 | Point 10 |
|---------------------------|-------|----------------------------|----------------------------|-----------|---------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|----------|
| Sample Part Number        | 1     | 2.0                        | 1.5                        | 1.3       | 1.3     | 1.9     | 2.5     | 2.4                          | 2.6     | 2.2     | 1.4      |
|                           | 2     | 2.1                        | 1.4                        | 1.6       | 1.1     | 1.8     | 2.2     | 2.6                          | 2.3     | 2.4     | 1.5      |
|                           | 3     | 2.3                        | 1.9                        | 1.3       | 1.5     | 1.8     | 2.2     | 2.5                          | 2.5     | 2.4     | 1.6      |
|                           | 4     | 2.0                        | 1.3                        | 1.7       | 1.8     | 1.9     | 2.3     | 2.4                          | 2.5     | 2.1     | 1.9      |
|                           | 5     | 2.1                        | 1.4                        | 1.1       | 1.4     | 2.0     | 2.5     | 2.5                          | 2.4     | 2.5     | 1.6      |
|                           | 6     | 2.3                        | 1.9                        | 1.4       | 1.7     | 2.2     | 2.3     | 2.6                          | 2.4     | 2.2     | 1.6      |
|                           | 7     | 1.9                        | 1.7                        | 1.2       | 1.5     | 2.1     | 2.5     | 2.7                          | 2.1     | 2.2     | 2.0      |
|                           | 8     | 2.0                        | 1.5                        | 1.2       | 1.5     | 2.1     | 2.5     | 2.5                          | 2.5     | 2.0     | 1.5      |
|                           | 9     | 1.8                        | 1.5                        | 1.7       | 1.9     | 2.3     | 2.6     | 2.5                          | 2.3     | 2.1     | 1.4      |
|                           | 10    | 2.4                        | 1.3                        | 1.2       | 1.3     | 1.7     | 2.3     | 2.4                          | 2.1     | 1.9     | 2.0      |
|                           | 11    | 2.2                        | 1.5                        | 1.6       | 1.4     | 2.3     | 2.4     | 2.5                          | 2.0     | 2.2     | 1.7      |
|                           | 12    | 1.9                        | 1.6                        | 1.7       | 1.6     | 2.0     | 2.1     | 2.0                          | 1.9     | 2.1     | 1.4      |
|                           | 13    | 2.0                        | 1.3                        | 1.6       | 1.7     | 2.2     | 2.1     | 2.4                          | 2.1     | 1.9     | 1.6      |
|                           | 14    | 1.8                        | 1.6                        | 1.1       | 1.3     | 1.8     | 2.3     | 2.3                          | 2.2     | 2.3     | 1.9      |
|                           | 15    | 1.7                        | 1.5                        | 1.5       | 1.5     | 1.7     | 2.2     | 2.1                          | 2.2     | 2.2     | 1.6      |
|                           | 16    | 2.1                        | 1.3                        | 1.4       | 1.6     | 1.7     | 2.4     | 2.2                          | 2.0     | 2.1     | 1.8      |
|                           | 17    | 2.0                        | 1.8                        | 1.5       | 1.8     | 2.1     | 2.4     | 2.1                          | 1.9     | 2.1     | 2.1      |
|                           | 18    | 1.7                        | 1.6                        | 1.8       | 1.7     | 2.0     | 2.0     | 2.2                          | 2.0     | 1.9     | 1.7      |
|                           | 19    | 1.8                        | 1.5                        | 1.8       | 1.5     | 2.0     | 2.4     | 2.6                          | 2.3     | 2.2     | 1.3      |
|                           | 20    | 1.8                        | 1.7                        | 1.3       | 1.1     | 1.7     | 2.1     | 2.3                          | 2.6     | 2.4     | 1.9      |
|                           | 21    | 2.0                        | 1.7                        | 1.6       | 1.5     | 1.9     | 2.0     | 2.1                          | 2.1     | 2.0     | 1.6      |
|                           | 22    | 1.6                        | 1.2                        | 1.4       | 1.3     | 1.9     | 2.3     | 2.4                          | 2.2     | 2.3     | 1.3      |
|                           | 23    | 1.8                        | 1.4                        | 1.9       | 1.2     | 1.6     | 2.1     | 2.2                          | 2.3     | 2.0     | 1.3      |
|                           | 24    | 1.9                        | 1.7                        | 1.5       | 1.6     | 2.2     | 2.6     | 2.7                          | 2.3     | 2.3     | 1.7      |
|                           | 25    | 1.9                        | 1.6                        | 1.2       | 1.4     | 2.2     | 2.4     | 2.6                          | 2.2     | 2.3     | 1.5      |
|                           | 26    | 1.7                        | 1.6                        | 1.1       | 1.4     | 1.8     | 2.4     | 2.6                          | 2.4     | 2.5     | 1.7      |
|                           | 27    | 1.7                        | 1.4                        | 1.4       | 1.3     | 2.0     | 2.6     | 2.6                          | 2.3     | 2.3     | 1.4      |
|                           | 28    | 1.9                        | 1.7                        | 1.4       | 1.8     | 1.8     | 2.2     | 2.5                          | 2.2     | 2.2     | 1.8      |
|                           | 29    | 1.7                        | 1.4                        | 1.3       | 1.5     | 2.0     | 2.3     | 2.3                          | 2.4     | 2.4     | 1.5      |
|                           | 30    | 2.2                        | 1.8                        | 1.4       | 1.6     | 2.1     | 2.7     | 2.5                          | 2.6     | 2.3     | 1.8      |
| Max                       |       | 2.4                        | 1.9                        | 1.9       | 1.9     | 2.3     | 2.7     | 2.7                          | 2.6     | 2.5     | 2.1      |
| Min                       |       | 1.6                        | 1.2                        | 1.1       | 1.1     | 1.6     | 2.0     | 2.0                          | 1.9     | 1.9     | 1.3      |
| X bar                     |       | 1.9                        | 1.5                        | 1.4       | 1.5     | 2.0     | 2.4     | 2.4                          | 2.2     | 2.2     | 1.7      |
| Tolerance 1.0 mm          | StDev | 0.20                       | 0.19                       | 0.22      | 0.21    | 0.19    | 0.19    | 0.19                         | 0.20    | 0.17    | 0.22     |
|                           | N     | 30                         | 30                         | 30        | 30      | 30      | 30      | 30                           | 30      | 30      | 30       |
|                           | Pp    | 1.81                       | 2.05                       | 1.45      | 1.61    | 1.72    | 1.79    | 1.52                         | 1.65    | 1.77    | 1.50     |
|                           | Ppk   | 1.42                       | 1.42                       | 0.80      | 0.87    | 1.71    | 1.15    | 1.46                         | 1.29    | 1.56    | 1.00     |
|                           | P     | 0.37                       | 0.29                       | 0.35      | 0.39    | 0.21    | 0.31    | 0.15                         | 0.38    | 0.17    | 0.41     |
| Distribution              |       | 3-<br>Parameter<br>Weibull | 3-<br>Parameter<br>Weibull | Lognormal | Normal  | Normal  | Normal  | Smallest<br>Extreme<br>Value | Normal  | Weibull | Normal   |



รูปที่ 32 ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับปรุงวิธีการ (ไฟท้ายข้างขวา) ในรูปแบบของกราฟที่พิถีพิถัน  
ความเผื่อ 1.0 มิลลิเมตร

ตารางที่ 20 ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับตั้ง Jig ใหม่ (ไฟท้ายข้างซ้าย)

| Inspection Point<br>(Gap) |       | Point 1                    | Point 2                    | Point 3   | Point 4 | Point 5 | Point 6 | Point 7                      | Point 8 | Point 9 | Point 10  |
|---------------------------|-------|----------------------------|----------------------------|-----------|---------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|-----------|
| Sample Part Number        | 1     | 1.8                        | 1.6                        | 1.7       | 1.9     | 2.1     | 2.4     | 2.3                          | 2.5     | 2.2     | 1.6       |
|                           | 2     | 1.9                        | 1.5                        | 2.0       | 1.7     | 2.0     | 2.1     | 2.5                          | 2.2     | 2.4     | 1.7       |
|                           | 3     | 2.1                        | 2.0                        | 1.7       | 2.1     | 2.0     | 2.1     | 2.4                          | 2.4     | 2.4     | 1.8       |
|                           | 4     | 1.8                        | 1.4                        | 2.1       | 2.4     | 2.1     | 2.2     | 2.3                          | 2.4     | 2.1     | 2.1       |
|                           | 5     | 1.9                        | 1.5                        | 1.5       | 2.0     | 2.2     | 2.4     | 2.4                          | 2.3     | 2.5     | 1.8       |
|                           | 6     | 2.1                        | 2.0                        | 1.8       | 2.3     | 2.4     | 2.2     | 2.5                          | 2.3     | 2.2     | 1.8       |
|                           | 7     | 1.7                        | 1.8                        | 1.6       | 2.1     | 2.3     | 2.4     | 2.6                          | 2.0     | 2.2     | 2.2       |
|                           | 8     | 1.8                        | 1.6                        | 1.6       | 2.1     | 2.3     | 2.4     | 2.4                          | 2.4     | 2.0     | 1.7       |
|                           | 9     | 1.6                        | 1.6                        | 2.1       | 2.5     | 2.5     | 2.5     | 2.4                          | 2.2     | 2.1     | 1.6       |
|                           | 10    | 2.2                        | 1.4                        | 1.6       | 1.9     | 1.9     | 2.2     | 2.3                          | 2.0     | 1.9     | 2.2       |
|                           | 11    | 2.0                        | 1.6                        | 2.0       | 2.0     | 2.5     | 2.3     | 2.4                          | 1.9     | 2.2     | 1.9       |
|                           | 12    | 1.7                        | 1.7                        | 2.1       | 2.2     | 2.2     | 2.0     | 1.9                          | 1.8     | 2.1     | 1.6       |
|                           | 13    | 1.8                        | 1.4                        | 2.0       | 2.3     | 2.4     | 2.0     | 2.3                          | 2.0     | 1.9     | 1.8       |
|                           | 14    | 1.6                        | 1.7                        | 1.5       | 1.9     | 2.0     | 2.2     | 2.2                          | 2.1     | 2.3     | 2.1       |
|                           | 15    | 1.5                        | 1.6                        | 1.9       | 2.1     | 1.9     | 2.1     | 2.0                          | 2.1     | 2.2     | 1.8       |
|                           | 16    | 1.9                        | 1.4                        | 1.8       | 2.2     | 1.9     | 2.3     | 2.1                          | 1.9     | 2.1     | 2.0       |
|                           | 17    | 1.8                        | 1.9                        | 1.9       | 2.4     | 2.3     | 2.3     | 2.0                          | 1.8     | 2.1     | 2.3       |
|                           | 18    | 1.5                        | 1.7                        | 2.2       | 2.3     | 2.2     | 1.9     | 2.1                          | 1.9     | 1.9     | 1.9       |
|                           | 19    | 1.6                        | 1.6                        | 2.2       | 2.1     | 2.2     | 2.3     | 2.5                          | 2.2     | 2.2     | 1.5       |
|                           | 20    | 1.6                        | 1.8                        | 1.7       | 1.7     | 1.9     | 2.0     | 2.2                          | 2.5     | 2.4     | 2.1       |
|                           | 21    | 1.8                        | 1.8                        | 2.0       | 2.1     | 2.1     | 1.9     | 2.0                          | 2.0     | 2.0     | 1.8       |
|                           | 22    | 1.4                        | 1.3                        | 1.8       | 1.9     | 2.1     | 2.2     | 2.3                          | 2.1     | 2.3     | 1.5       |
|                           | 23    | 1.6                        | 1.5                        | 2.3       | 1.8     | 1.8     | 2.0     | 2.1                          | 2.2     | 2.0     | 1.5       |
|                           | 24    | 1.7                        | 1.8                        | 1.9       | 2.2     | 2.4     | 2.5     | 2.6                          | 2.2     | 2.3     | 1.9       |
|                           | 25    | 1.7                        | 1.7                        | 1.6       | 2.0     | 2.4     | 2.3     | 2.5                          | 2.1     | 2.3     | 1.7       |
|                           | 26    | 1.5                        | 1.7                        | 1.5       | 2.0     | 2.0     | 2.3     | 2.5                          | 2.3     | 2.5     | 1.9       |
|                           | 27    | 1.5                        | 1.5                        | 1.8       | 1.9     | 2.2     | 2.5     | 2.5                          | 2.2     | 2.3     | 1.6       |
|                           | 28    | 1.7                        | 1.8                        | 1.8       | 2.4     | 2.0     | 2.1     | 2.4                          | 2.1     | 2.2     | 2.0       |
|                           | 29    | 1.5                        | 1.5                        | 1.7       | 2.1     | 2.2     | 2.2     | 2.2                          | 2.3     | 2.4     | 1.7       |
|                           | 30    | 2.0                        | 1.9                        | 1.8       | 2.2     | 2.3     | 2.6     | 2.4                          | 2.5     | 2.3     | 2.0       |
| Max                       |       | 2.2                        | 2.0                        | 2.3       | 2.5     | 2.5     | 2.6     | 2.6                          | 2.5     | 2.5     | 2.3       |
| Min                       |       | 1.4                        | 1.3                        | 1.5       | 1.7     | 1.8     | 1.9     | 1.9                          | 1.8     | 1.9     | 1.5       |
| X bar                     |       | 1.7                        | 1.6                        | 1.8       | 2.1     | 2.2     | 2.2     | 2.3                          | 2.2     | 2.2     | 1.8       |
| Tolerance 1.0 mm          | StDev | 0.20                       | 0.19                       | 0.22      | 0.21    | 0.19    | 0.19    | 0.19                         | 0.20    | 0.17    | 0.22      |
|                           | N     | 30                         | 30                         | 30        | 30      | 30      | 30      | 30                           | 30      | 30      | 30        |
|                           | Pp    | 1.81                       | 2.05                       | 1.47      | 1.61    | 1.72    | 1.79    | 1.52                         | 1.65    | 1.96    | 1.49      |
|                           | Ppk   | 1.68                       | 1.69                       | 1.46      | 1.46    | 1.44    | 1.38    | 1.39                         | 1.38    | 1.57    | 1.48      |
|                           | P     | 0.37                       | 0.29                       | 0.35      | 0.39    | 0.21    | 0.31    | 0.15                         | 0.38    | 0.19    | 0.40      |
| Distribution              |       | 3-<br>Parameter<br>Weibull | 3-<br>Parameter<br>Weibull | Lognormal | Normal  | Normal  | Normal  | Smallest<br>Extreme<br>Value | Normal  | Normal  | Lognormal |



รูปที่ 33 ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับตั้ง Jig ใหม่ (ไฟฟ้าข้างซ้าย) ในรูปแบบของกราฟที่ฝึกัดความเผื่อ 1.0 มิลลิเมตร

ตารางที่ 21 ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับตั้ง Jig ใหม่) (ไฟท้ายข้างขวา)

| Inspection Point<br>(Gap) |       | Point 1                | Point 2 | Point 3                    | Point 4                    | Point 5 | Point 6 | Point 7                     | Point 8 | Point 9 | Point 10  |
|---------------------------|-------|------------------------|---------|----------------------------|----------------------------|---------|---------|-----------------------------|---------|---------|-----------|
| Sample Part Number        | 1     | 1.9                    | 2.0     | 1.5                        | 2.0                        | 2.1     | 2.4     | 2.4                         | 2.4     | 2.2     | 1.9       |
|                           | 2     | 2.0                    | 2.0     | 1.7                        | 2.1                        | 2.4     | 2.7     | 2.5                         | 2.1     | 2.1     | 1.7       |
|                           | 3     | 1.8                    | 2.3     | 1.3                        | 1.9                        | 2.1     | 2.4     | 2.4                         | 2.0     | 2.3     | 2.3       |
|                           | 4     | 1.9                    | 2.1     | 2.0                        | 1.5                        | 1.8     | 2.6     | 2.4                         | 2.6     | 2.5     | 2.0       |
|                           | 5     | 2.0                    | 2.3     | 2.1                        | 1.3                        | 1.9     | 2.4     | 2.4                         | 2.3     | 2.2     | 1.9       |
|                           | 6     | 2.0                    | 2.2     | 1.9                        | 1.4                        | 2.0     | 2.6     | 2.3                         | 2.0     | 2.5     | 2.3       |
|                           | 7     | 2.0                    | 2.1     | 1.5                        | 2.0                        | 2.4     | 2.2     | 1.8                         | 2.2     | 2.2     | 1.8       |
|                           | 8     | 2.0                    | 1.8     | 1.7                        | 1.9                        | 1.9     | 2.3     | 2.4                         | 2.4     | 2.3     | 2.0       |
|                           | 9     | 2.0                    | 1.5     | 1.5                        | 1.9                        | 2.4     | 2.4     | 2.7                         | 2.4     | 2.5     | 1.5       |
|                           | 10    | 1.8                    | 1.6     | 1.3                        | 1.7                        | 2.1     | 2.1     | 2.6                         | 2.4     | 2.0     | 1.6       |
|                           | 11    | 2.1                    | 1.9     | 1.6                        | 1.4                        | 2.1     | 2.4     | 2.3                         | 2.3     | 2.2     | 1.8       |
|                           | 12    | 1.7                    | 1.6     | 2.0                        | 2.0                        | 1.8     | 1.8     | 1.9                         | 1.8     | 2.1     | 1.7       |
|                           | 13    | 1.9                    | 1.6     | 1.8                        | 1.6                        | 2.4     | 2.4     | 2.3                         | 2.1     | 2.4     | 1.9       |
|                           | 14    | 1.8                    | 1.7     | 1.6                        | 1.8                        | 2.3     | 2.6     | 2.6                         | 2.2     | 2.6     | 1.8       |
|                           | 15    | 2.2                    | 1.8     | 1.5                        | 1.5                        | 2.2     | 2.4     | 2.6                         | 2.3     | 2.2     | 2.0       |
|                           | 16    | 2.1                    | 1.6     | 1.4                        | 1.6                        | 2.0     | 2.5     | 2.4                         | 2.2     | 2.3     | 1.7       |
|                           | 17    | 2.3                    | 2.0     | 1.8                        | 1.7                        | 2.1     | 2.6     | 2.5                         | 1.9     | 2.0     | 1.8       |
|                           | 18    | 2.1                    | 1.9     | 1.4                        | 1.4                        | 2.1     | 2.4     | 2.3                         | 2.2     | 1.9     | 1.8       |
|                           | 19    | 2.2                    | 1.8     | 1.6                        | 1.5                        | 2.3     | 2.6     | 2.4                         | 2.1     | 2.1     | 1.9       |
|                           | 20    | 2.4                    | 1.8     | 1.4                        | 1.3                        | 2.1     | 2.4     | 2.3                         | 2.1     | 2.1     | 1.6       |
|                           | 21    | 2.1                    | 1.6     | 1.3                        | 1.4                        | 2.5     | 2.6     | 2.5                         | 2.2     | 2.3     | 1.9       |
|                           | 22    | 2.0                    | 1.8     | 1.5                        | 1.3                        | 2.2     | 2.2     | 2.3                         | 2.3     | 2.4     | 1.8       |
|                           | 23    | 2.3                    | 2.2     | 1.5                        | 1.2                        | 1.8     | 2.2     | 2.2                         | 2.2     | 2.3     | 2.2       |
|                           | 24    | 2.3                    | 2.3     | 1.4                        | 1.4                        | 1.9     | 2.3     | 2.5                         | 2.2     | 2.4     | 2.1       |
|                           | 25    | 2.4                    | 2.0     | 1.4                        | 1.5                        | 2.0     | 1.9     | 2.1                         | 2.5     | 2.4     | 2.1       |
|                           | 26    | 2.1                    | 1.9     | 1.5                        | 1.4                        | 2.2     | 2.3     | 2.5                         | 2.3     | 2.3     | 1.6       |
|                           | 27    | 1.9                    | 1.9     | 1.4                        | 1.3                        | 1.8     | 2.2     | 2.1                         | 1.9     | 2.1     | 1.7       |
|                           | 28    | 2.0                    | 1.6     | 1.4                        | 1.5                        | 2.3     | 2.3     | 2.5                         | 2.3     | 2.4     | 1.8       |
|                           | 29    | 1.8                    | 1.5     | 1.3                        | 1.4                        | 2.0     | 2.0     | 2.1                         | 2.0     | 2.1     | 2.4       |
|                           | 30    | 1.7                    | 1.9     | 1.2                        | 1.6                        | 1.9     | 2.5     | 2.4                         | 2.4     | 2.4     | 2.2       |
| Max                       |       | 2.4                    | 2.3     | 2.1                        | 2.1                        | 2.5     | 2.7     | 2.7                         | 2.6     | 2.6     | 2.4       |
| Min                       |       | 1.7                    | 1.5     | 1.2                        | 1.2                        | 1.8     | 1.8     | 1.8                         | 1.8     | 1.9     | 1.5       |
| X bar                     |       | 2.0                    | 1.9     | 1.6                        | 1.6                        | 2.1     | 2.4     | 2.4                         | 2.2     | 2.3     | 1.9       |
| Tolerance 1.0 mm          | StDev | 0.19                   | 0.24    | 0.23                       | 0.26                       | 0.21    | 0.22    | 0.20                        | 0.19    | 0.17    | 0.23      |
|                           | N     | 30                     | 30      | 30                         | 30                         | 30      | 30      | 30                          | 30      | 30      | 30        |
|                           | Pp    | 1.72                   | 1.40    | 1.57                       | 1.40                       | 1.65    | 1.56    | 1.48                        | 1.76    | 1.94    | 1.46      |
|                           | Ppk   | 1.48                   | 1.39    | 1.57                       | 1.35                       | 1.36    | 1.46    | 1.40                        | 1.39    | 1.44    | 1.39      |
|                           | P     | 0.22                   | 0.16    | 0.17                       | 0.13                       | 0.16    | 0.09    | 0.18                        | 0.25    | 0.18    | 0.27      |
| Distribution              |       | Lognormal<br>prob plot | Gamma   | 3-<br>Parameter<br>Weibull | 3-<br>Parameter<br>Weibull | Gamma   | Weibull | Smallest<br>Extreme<br>Valu | Normal  | Normal  | Lognormal |



รูปที่ 34 ขนาดของชิ้นงานหลังการปรับตั้ง jig ใหม่ (ไฟท้ายข้างขวา) ในรูปแบบของกราฟที่พิถีพิถัน  
ความเผื่อ 1.0 มิลลิเมตร