การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวดโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า

QUALITY IMPROVEMENT IN WIRE BOND PROCESS USED SIX SIGMA TECHNIQUE

พโยม เหลือแก้ว

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
คณะบริหารธุรกิจ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวดโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า

พโยม เหลือแก้ว

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
คณะบริหารธุรกิจ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวดโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า Quality Improvement in Wire Bond Process Using Six Sigma Technique
ชื่อ - นามสกุล	นายพโยม เหลือแก้ว
วิชาเอก	การจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดารณี พิมพ์ช่างทอง, D.B.A.
ปีการศึกษา	2555

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ศุภกร พรหิรัญกุล, ค.อ.ค.)

..... กรรมการ
(อาจารย์ปัทมา เจริญพร, ปร.ด.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดารณี พิมพ์ช่างทอง, D.B.A.)

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติการค้นคว้าอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะบริหารธุรกิจ
(รองศาสตราจารย์ชนงกรณ์ กุณฑลบุตร, D.B.A.)
วันที่ 10 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2556

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวดโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า
ชื่อ-นามสกุล	นายพโยม เหลือแก้ว
วิชาเอก	การจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดารณี พิมพ์ช่างทอง, D.B.A.
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวดโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่าของการผลิตออสซิลเลเตอร์โดยมีเป้าหมายเพื่อลดของเสียที่เกิดจากปัญหาลวดไม่ได้ขนาดจาก 2,640 PPM ให้เหลือต่ำกว่า 528 PPM หรือสามารถลดได้อย่างน้อย ร้อยละ 80 และต้องการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเชื่อมลวดในส่วนของการควบคุมขนาดบอนด์โดยมีเป้าหมายที่จะสามารถปรับค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cpk หรือ Ppk) ให้สูงขึ้นอย่างน้อยร้อยละ 50

ในการปรับปรุงอาศัยขั้นตอนของซิกซ์ ซิกม่าซึ่งเริ่มจากการระบุปัญหา การวิเคราะห์กระบวนการวัด และตามด้วยการวิเคราะห์หาสาเหตุซึ่งใช้การระดมสมองผ่านแผนภาพก้างปลาและการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อขนาดบอนด์คือ แรง เวลา กำลังและอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมลวด จากนั้นนำปัจจัยที่ได้ไปทดสอบเพื่อหาว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อขนาดบอนด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดสอบพบว่า ปัจจัย แรง เวลาและกำลังเท่านั้นที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นจึงทำขั้นตอนการปรับปรุงโดยการหาค่าของปัจจัยที่เหมาะสมโดยวิธีการออกแบบการทดลอง และได้ค่าที่เหมาะสมของปัจจัย แรง เวลา และกำลังเท่ากับ 42 กรัม 15 มิลลิวินาทีและ 1.54 ไมครอน (62 ไมโครนิ้ว) ตามลำดับ แล้วนำค่าที่ได้ไปทดลองและปรับใช้

จากการวิเคราะห์ผลหลังการปรับปรุงพบว่าในระยะยาวสามารถลดของเสียจากเดิม 2,640 PPM ให้เหลือเพียง 23.10 PPM หรือสามารถลดได้ ร้อยละ 99.21 และความสามารถของกระบวนการ (Cpk) เพิ่มจากเดิม 0.89 ขึ้นเป็น 1.38 หรือเพิ่มขึ้นได้ ร้อยละ 74.68

คำสำคัญ : การปรับปรุงคุณภาพ ซิกซ์ ซิกม่า

Independent Study Title	Quality Improvement in Wire Bond Process Used Six Sigma Technique
Name-Surname	Mr. Phayome Hluekeaw
Major Subject	Business Engineering Management
Independent Study Advisor	Assistant Professor Daranee Pimchangthong, D.B.A.
Academic Year	2012

ABSTRACT

The purposes of this independent study were to improve the quality of welding process using Six Sigma technique for oscillator production, with the target to reduce the waste from wrong size of wire from 2,640 PPM to less than 528 PPM, or at least 80%, and to improve the ability of welding process in bond size controlling stage with the target to be able to adjust the process capability index (Cpk or Ppk) up at least 50%.

The improvement process using Six Sigma began by identifying the problem, analysis of measurement process, and causes analysis using brainstorming through fishbone diagrams and failure mode and effects analysis (FMEA). The results found that the factors that affected the bond size were strength, time, energy, and temperature used in welding. The finding factors were tested to find the factors that had statistical significance in affecting bond size. The testing results found that only strength, time, and energy factors had statistically significant effects. The improvement process began with finding the proper value of the factors by designing the experiment (DOE) and the proper values of strength, time, and energy were found to be 42 gram, 15 millisecond, and 1.574 micro-meter (62 micro-inches) respectively. The values found from the experiment were further adopted to the process.

The analysis results after improvement process found that in the long term the amount of waste was reduced from 2,640 PPM to 23.10 PPM, or 99.21%. The capability of method (Cpk) increased from 0.89 to 1.38, or 74.68%

Keywords: Quality Improvement, Six Sigma

กิตติกรรมประกาศ

งานค้นคว้าอิสระฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดารณี พิมพ์ช่างทอง ที่ปรึกษาหลักงานค้นคว้าอิสระ ดร.ศุภกร พรหิรัญกุล ประธานคณะกรรมการสอบและคณะกรรมการสอบงานค้นคว้าอิสระทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา แนวคิด ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นต่าง ๆ รวมถึงการตรวจสอบข้อบกพร่อง อันเป็นประโยชน์ต่องานค้นคว้าอิสระนี้เป็นอย่างยิ่ง รวมถึงขอขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่านทั้งที่ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและที่อื่น ๆ ที่เคยสั่งสอนข้าพเจ้ามา

ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ บิดามารดา และจะไม่สามารถเสร็จสิ้นได้ถ้าปราศจากกำลังใจจากครอบครัวและเพื่อน ๆ ทุกคนโดยเฉพาะ คุณพงศ์ศักดิ์ จันทร์จิตร ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือ รวมถึง คุณอัครชัย ผิวละออง ผู้จัดการฝ่าย SAW Engineer ที่คอยให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน ผู้ศึกษาจึงใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

พโยม เหลือแก้ว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1

    1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

    1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 3

    1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

    1.4 คำจำกัดความในการวิจัย 4

    1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

    2.1 คุณภาพและการปรับปรุงคุณภาพ 6

    2.2 หลักการและความเป็นมาของซิกซ์ ซิกม่า 7

    2.3 ขั้นตอนการดำเนินงานของการปรับปรุงคุณภาพด้วยซิกซ์ ซิกม่า 8

    2.4 คณะทำงานสำหรับซิกซ์ ซิกม่า 9

    2.5 สถิติเบื้องต้น 11

    2.6 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ 14

    2.7 เครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางของซิกซ์ ซิกม่า 16

    2.8 การวิเคราะห์กระบวนการวัด (MSA) 19

    2.9 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ 21

    2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22

3. วิธีดำเนินการวิจัย 24

    3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล 27

3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 27

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 29

4.1 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการระบุปัญหา 29

4.2 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวัด 31

4.3 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวิเคราะห์ 33

4.4 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการปรับปรุง 54

4.5 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการควบคุม 62

5. สรุปผลการวิจัย การอภิปรายและข้อเสนอแนะ 67

5.1 สรุปผลการวิจัย 67

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย 67

5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย 68

บรรณานุกรม 69

ประวัติผู้เขียน 70

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงค่า PCR ต่ำสุดของแต่ละลักษณะกระบวนการผลิต 16

4.1 สรุปค่าตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง 41

4.2 ปัจจัยป้อนเข้าและพิกัดควบคุม 41

4.3 ค่าปัจจัยป้อนเข้าที่คงที่ในการทดลองของปัจจัยที่หนึ่ง 43

4.4 ค่าปัจจัยป้อนเข้าที่คงที่ในการทดลองของปัจจัยที่สอง 45

4.5 ค่าปัจจัยป้อนเข้าที่คงที่ในการทดลองของปัจจัยที่สาม 48

4.6 ค่าปัจจัยป้อนเข้าที่คงที่ในการทดลองของปัจจัยที่สี่ 51

4.7 ค่าปรับตั้งในการปรับปรุงขนาดบอนด์ในกระบวนการเชื่อมลวด 59

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	การบอนด์ที่แรงเกินไปซึ่งสร้างความเสียหายให้กับพื้นที่ใต้จุดบอนด์	2
1.2	ลักษณะการเชื่อมลวดสำหรับผลิตภัณฑ์ C	8
1.3	แผนการดำเนินงานในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิต	10
2.1	แสดงภาพตัวอย่างแผนภูมิการไหลของกระบวนการทำงาน	17
2.2	ตัวอย่างแผนภูมิพาเรโต	17
2.3	ตัวอย่างแผนภูมิฮีสโตแกรม	18
2.4	ตัวอย่างแผนภูมิก้างปลา	18
2.5	ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม	19
2.5	ตัวอย่างแผนภูมิการกระจาย	19
2.7	สิ่งแวดล้อมที่ทำการประเมินเครื่องมือวัด	20
3.1	ลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปร X และตัวแปร Yในกระบวนการ	26
3.2	ขั้นตอนของกระบวนการเชื่อมลวด	28
4.1	แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตตัวกำเนิดความถี่	29
4.2	แผนผัง SIPOC ของกระบวนการเชื่อมลวด	28
4.3	แผนภูมิพาเรโตแสดงประเภทของเสียเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม 2555	28
4.4	การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวัด	31
4.5	ผลการวิเคราะห์ความเอนเอียงของเครื่องมือวัด	32
4.6	แสดงลำดับการวัดที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ	33
4.7	ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของกระบวนการวัด (Gage R&R) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ	34
4.8	ผลการทดสอบความปกติของข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ	36
4.9	ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ	36
4.10	การดำเนินการวิจัยขั้นตอนการวิเคราะห์	37
4.11	การวิเคราะห์สาเหตุและผลด้วยแผนภูมิก้างปลา	38
4.12	การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ	39
4.13	ผลการหาจำนวนลวดในการทดลองที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.14 ผลการทดสอบความเป็นปกติของการทดลองปัจจัยแรงของการเชื่อมลวด 43

4.15 ผลการทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของแรงที่ใช้ในการเชื่อมลวด 44

4.16 ผลการทดสอบแบบ t-test ของแรงที่ใช้ในการเชื่อมลวด 45

4.17 ผลการทดสอบความเป็นปกติของการทดลองปัจจัยเวลาของการเชื่อมลวด 46

4.18 ผลการทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการเชื่อมลวด 47

4.19 ผลการทดสอบแบบ t-test ของเวลาที่ใช้ในการเชื่อมลวด 47

4.20 ผลการทดสอบความเป็นปกติของการทดลองปัจจัยกำลังของการเชื่อมลวด 49

4.21 ผลการทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของกำลังที่ใช้ในการเชื่อมลวด 50

4.22 ผลการทดสอบแบบ t-test ของกำลังที่ใช้ในการเชื่อมลวด 50

4.23 ผลการทดสอบความเป็นปกติของการทดลองปัจจัยอุณหภูมิของการเชื่อมลวด 52

4.24 ผลการทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมลวด 53

4.25 ผลการทดสอบแบบ t-test ของอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมลวด 53

4.26 ปัจจัยป้อนเข้าที่ผ่านการกรองแล้วว่ามีผลต่อขนาดบอนด์อย่างมีนัยสำคัญ 54

4.27 การดำเนินการวิจัยขั้นตอนการปรับปรุง 55

4.28 ผลการทดลองหาจำนวนการทำซ้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ 56

4.29 ผลการทดสอบความเป็นปกติของผลการทดลอง 57

4.30 ผลการทดสอบ Residual Analysis 57

4.31 ผลการทดลองวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของบอนด์ 58

4.32 ผลการวิเคราะห์ Regression ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ 59

4.33 ผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลจากการทดลอง 60

4.34 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ 61

4.35 ผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลจากการทดลอง 61

4.36 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการหลังการปรับปรุง 62

4.37 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) หลังการปรับปรุงกระบวนการ 63

4.38 แผนการควบคุมกระบวนการเชื่อมลวด 64

4.39 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}-R$ หลังจากปรับปรุงกระบวนการ 65

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.40 แผนภูมิพาเรโตแสดงของเสียในเดือนมกราคม 65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันในยุคที่เทคโนโลยีถูกพัฒนาขึ้นมาก สินค้าหลายประเภทถูกพัฒนาขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงโดยได้มีการผสมผสานเทคโนโลยีเข้าไปในตัวสินค้าให้มีฟังก์ชั่นการทำงานที่สะดวกและหลากหลายมากขึ้น ตัวอย่างเช่น รถยนต์ ก็มีการเพิ่มเทคโนโลยีสมองกลเข้าไปเพิ่มความสะดวกสบาย รวมถึงช่วยในเรื่องของความปลอดภัย และโทรศัพท์ก็เป็นอีกตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนในปัจจุบันซึ่งได้เปลี่ยนจากการใช้เพื่อสื่อสารเพียงอย่างเดียวไปเป็นการใช้งานที่หลากหลายมากขึ้นทำให้อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์กลายเป็นอุตสาหกรรมที่เติบโตมากและเริ่มมีการแข่งขันที่รุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ แต่ละองค์กรจึงต้องปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ และการมุ่งตอบสนองความต้องการของลูกค้าโดยการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นถือเป็นหนึ่งในกลยุทธ์ที่ใช้ในการแข่งขัน

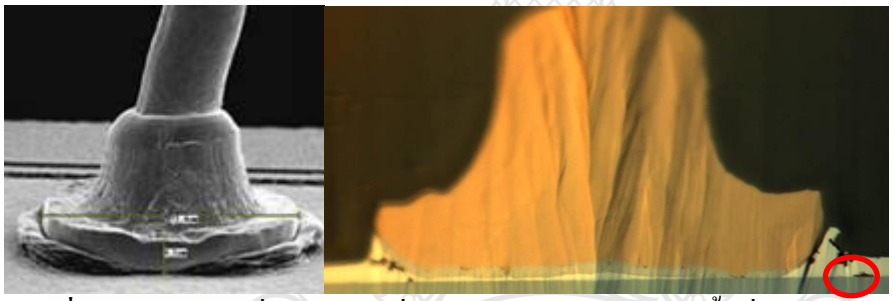
การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตถือเป็นมาตรการที่สำคัญและต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรกเพื่อยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการไม่ได้เป็นเพียงเพื่อปรับปรุงคุณภาพของตัวผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าเท่านั้นแต่ยังช่วยลดต้นทุนจากการผลิตของเสีย ทั้งวัตถุดิบ เวลา ค่าแรงรวมถึงผลกระทบอื่น ๆ อีกมากมาย และยังเป็นความเสี่ยงที่อาจทำให้บริษัทสูญเสียโอกาสทางธุรกิจ

บริษัทตัวอย่างที่หยิบยกมาเป็นกรณีศึกษา เป็นโรงงานผลิตอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณเวลา (Timing device) หรือที่เรียกกันว่าตัวกำเนิดสัญญาณความถี่ (Oscillator) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญที่จะต้องนำไปประกอบเป็นอุปกรณ์ที่เป็นระบบดิจิตอล เช่น Computer, Smart phone หรือแม้กระทั่งอุปกรณ์ที่เป็นสมองกลในรถยนต์ เช่น กล่อง ECU หรือระบบควบคุมการเบรกเป็นต้น ซึ่งบางครั้งการนำไปใช้ก็เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยโดยตรง ดังนั้นความผิดพลาดจะต้องไม่เกิดขึ้นโดยเด็ดขาด ซึ่งปัจจุบันบริษัทก็ได้ให้ความสำคัญกับคุณภาพ และมีการส่งเสริมในเรื่องการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องเสมอมา

จากสภาพปัจจุบันของโรงงานตัวอย่างมีการตั้งสายการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งในที่นี้จะเรียกว่า ผลิตภัณฑ์ C โดยเมื่อเริ่มผลิตก็พบว่าในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม 2555 ผลได้ (Yield) ของกระบวนการเชื่อมลวดมีค่าเฉลี่ยประมาณ 99.39% ซึ่งต่ำกว่าเป้าที่ตั้งไว้ 99.90% เป็นผลมาจากเกิดของ

เสียในกระบวนการจำนวนมากและหลังจากวิเคราะห์ก็พบว่าปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากปัญหาบอนด์ไม่ได้ขนาด (Bond size NG) ซึ่งก่อให้เกิดของเสียเฉลี่ยประมาณ 2,640 PPM ของงานที่ผลิตทั้งหมด ซึ่งทำให้บริษัทสูญเสียทั้งค่าวัตถุดิบ ค่าแรง และเวลาและอื่น ๆ ส่วนการตรวจจับจะเป็นแค่ตอนก็เริ่มผลิตในแต่ละล็อตและการสุ่มตรวจเท่านั้น จึงมีโอกาสที่จะมีงานที่ไม่ได้คุณภาพหลุดไปถึงมือลูกค้าได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อความเชื่อมั่นในตัวผลิตภัณฑ์

ปัญหาบอนด์ไม่ได้ขนาดถือเป็นปัญหาที่สำคัญ ซึ่งในที่นี้จะหมายถึงขนาดที่ได้จากการวัดขนาดบอนด์จากด้านบนในแนวแกน x เท่านั้น ซึ่งขนาดบอนด์ถือเป็นสิ่งสำคัญโดยเฉพาะสำหรับการเชื่อมลวดบนตัวไดโอดเนื่องจากตัวไดโอดมีความไวต่อแรงที่ใช้ในการเชื่อมลวดมากที่สุด ซึ่งขนาดบอนด์ที่ใหญ่ไปนั้นจะแสดงถึงการบอนด์ที่แรงเกินไป อาจทำให้พื้นที่ใต้จุดบอนด์เกิดความเสียหายและส่งผลต่อค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าได้ ดังแสดงในภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 การบอนด์ที่แรงเกินไปซึ่งสร้างความเสียหายให้กับพื้นที่ใต้จุดบอนด์

ส่วนขนาดบอนด์ที่เล็กไปก็จะแสดงถึงการบอนด์ที่เบาเกินไปซึ่งจะส่งผลต่อแรงยึดเกาะของการเชื่อมลวดซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นทางวิศวกรจึงกำหนดให้มีการวัดขนาดของบอนด์ก่อนการเชื่อมลวดกับงานทุกล็อตโดยให้ทดลองเชื่อมลวดก่อนจำนวน 3 ตัว แล้วนำไปวัดขนาด หากพบว่าบอนด์ไม่ได้ขนาดก็จะต้องให้ช่างทำการปรับแต่งเครื่องเชื่อมลวดและทดลองซ้ำจนกว่าจะผ่าน ส่วนตัวงานที่บอนด์ไม่ได้ขนาดก็จะต้องคัดออกส่งทำให้ผลได้ของกระบวนการลดลง

ดังนั้นการศึกษาในเรื่องนี้จะมุ่งเน้นที่การลดของเสียในกระบวนการเชื่อมลวดที่เกิดจากปัญหาบอนด์ไม่ได้ขนาดให้ลดลงและปรับปรุงความสามารถของกระบวนการให้ดีขึ้นโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่าซึ่งจะเป็นผลให้บริษัทสามารถเพิ่มผลกำไรและสร้างความมั่นใจในตัวผลิตภัณฑ์ได้

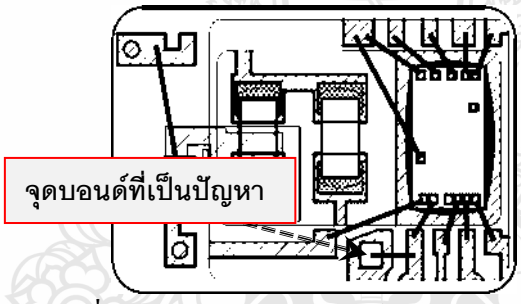
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อลดของเสียที่เกิดจากปัญหาบอนด์ไม่ได้ขนาดจาก 2,640 PPM ให้เหลือต่ำกว่า 528 PPM หรือสามารถลดได้อย่างน้อยร้อยละ 80

2. เพื่อปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเชื่อมลวด (Process capability) ในส่วนของการควบคุมขนาดบอนด์ให้ดีขึ้นโดยสามารถปรับค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cpk หรือ Ppk) ของกระบวนการจากเดิมให้สูงขึ้นอีกร้อยละ 50

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวด (Wire bond) ของผลิตภัณฑ์ C ซึ่งใช้เครื่อง Shinkawa รุ่น UTC345K Supper ร่วมกับลวดทองชนิด GPG ขนาด 25 ไมครอน ดังแสดงในภาพที่ 1.2 โดยการลดของเสียที่เกิดจากปัญหาขนาดบอนด์ของการเชื่อมลวดที่ตัวไดโอดให้น้อยลงและปรับปรุงความสามารถของกระบวนการให้ดีขึ้นโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า



ภาพที่ 1.2 ลักษณะการเชื่อมลวดสำหรับผลิตภัณฑ์ C

ขั้นตอนการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตโดยใช้ขั้นตอนที่เรียกว่า DMAIC ซึ่งมี 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. Define Phase : สำรวจสภาพของกระบวนการผลิตปัจจุบันและรวบรวมปัญหาที่อาจทำให้เกิดปัญหาโดยวิธีการดังนี้

1.1 รวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

1.2 พิจารณาปริมาณของเสียในปัจจุบัน

1.3 กำหนดเป้าหมายของการลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิต

2. Measure Phase : ศึกษาระบบการวัดและวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

2.1 ศึกษาระบบการวัด (MSA)

2.2 วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process capability) ก่อนการปรับปรุง

3. Analysis Phase : วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดย

3.1 ระดมความคิดเพื่อแจกแจงปัจจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิเคราะห์เพื่อเลือกปัจจัยที่สำคัญ

4. Improve Phase : แก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิตโดย

4.1 ออกแบบการทดลอง Design of Experiment (DOE)

4.2 วิเคราะห์เพื่อกำหนดวิธีการแก้ไขและสรุปผลการทดลอง

5. Control Phase : การติดตามผลและควบคุมไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้นอีก

แผนการดำเนินงาน

สำหรับงานวิจัยนี้มีระยะเวลาในการดำเนินงานทั้งหมด 3 เดือนซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับแผนการดำเนินงานโดยสังเขป ดังแสดงในภาพที่ 1.3

แผนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน					
	พ.ย. 2555		ธ.ค. 2555		ม.ค. 2556	
	W.1-2	W.3-4	W.1-2	W.3-4	W.1-2	W.3-4
1. Define Phase : สำรวจสภาพของกระบวนการผลิตปัจจุบันและรวบรวมปัญหาที่อาจทำให้เกิดปัญหา						
2. Measure Phase : วัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา						
3. Analysis Phase: วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา						
4. Improve Phase: แก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิต						
5. Control Phase: ทำการติดตามผลและควบคุม						

ภาพที่ 1.3 แผนการดำเนินงานในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิต

1.4 คำจำกัดความในการวิจัย

Oscillator = ตัวกำเนิดความถี่ที่ใช้การสั่นของแร่ควอตซ์เป็นแหล่งกำเนิดความถี่

Wire Bonding = การเชื่อมติดด้วยเส้นลวดขนาดเล็ก

Diode = อุปกรณ์กึ่งตัวนำซึ่งเป็นส่วนประกอบในการผลิตออสซิลเลเตอร์มีหน้าที่ในการควบคุมคุณสมบัติทางไฟฟ้า

PPM = Part per Million : 1 ส่วนในล้านส่วน

Carrier = ถาดขนาดเล็กที่ใช้จัดเรียงงานเพื่อเข้าเครื่องเชื่อมลวด

Magazine = อุปกรณ์ที่ใช้ใส่ Carrier เพื่อนำเข้าเครื่องเชื่อมลวด

Accuracy	=	ความถูกต้อง
Bias	=	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้กับค่าอ้างอิง
Yield	=	ผลได้จากการผลิตคือ เปอร์เซ็นต์ของงานดีต่องานทั้งหมด
DOE	=	Design of Experiment : การออกแบบการทดลอง
Mean	=	ค่าเฉลี่ย
MSA	=	Measurement System Analysis : การวิเคราะห์กระบวนการวัด
Normality Test	=	การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล
Process Capability	=	ความสามารถของกระบวนการ
Severity	=	ความรุนแรง
Occurrence	=	ความถี่ในการเกิดปัญหา
Detection	=	ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้น
RPN	=	Risk Priority Number : ตัวเลขแสดงน้ำหนักของความเสี่ยง
Cpk	=	ดัชนีความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น
Ppk	=	ดัชนีความสามารถของกระบวนการในระยะยาว

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดของเสียที่เกิดจากปัญหาบอนด์ไม่ได้ขนาดซึ่งส่งผลให้องค์กรสามารถลดต้นทุนจากการผลิตงานเสียทำให้มีกำไรเพิ่มขึ้น

2. สามารถลดโอกาสที่มีงานไม่ได้คุณภาพหลุดไปถึงมือลูกค้าส่งผลให้ลูกค้ามีความเชื่อมั่นในตัวผลิตภัณฑ์มากขึ้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตเป็นสิ่งสำคัญที่จะตอบสนองความต้องการและความพึงพอใจของลูกค้า จึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา โดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

2.1 คุณภาพและการปรับปรุงคุณภาพ

2.2 หลักการและความเป็นมาของซิกซ์ ซิกม่า

2.3 ขั้นตอนการดำเนินงานของการปรับปรุงคุณภาพด้วยซิกซ์ ซิกม่า

2.4 คณะทำงานสำหรับซิกซ์ ซิกม่า

2.5 สถิติเบื้องต้น

2.6 เครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางของซิกซ์ ซิกม่า

2.7 การวิเคราะห์กระบวนการวัด

2.8 การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณภาพและการปรับปรุงคุณภาพ

2.1.1 ความหมายของคุณภาพ

คุณภาพหมายถึง การปฏิบัติงานโดยไม่มีความผิดพลาดได้ผลงานตรงตามมาตรฐานที่กำหนดและบรรลุตามความต้องการที่จำเป็น (Need) และความคาดหวัง (Expectation) ของลูกค้าหรือผู้รับบริการ (สิทธิศักดิ์ พฤกษ์ปิติกุล, 2546 : 1-2)

จากคำจำกัดความที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า ความหมายของคำว่าคุณภาพจะถูกเชื่อมโยงกับความต้องการและความคาดหวังของลูกค้าอย่างยิ่ง จนอาจกล่าวได้ว่า “ลูกค้าคือผู้กำหนดนิยามของคำว่าคุณภาพ” อย่างไรก็ตาม ลูกค้าจะมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและความคาดหวังอย่างรวดเร็วตลอดเวลา ซึ่ง Kano (สิทธิศักดิ์ พฤกษ์ปิติกุล, 2546 : 2-5) ได้แบ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือบริการออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่หนึ่งเรียกว่า Dissatisfier ส่วนนี้เป็นคุณภาพที่ลูกค้าคาดหวังจากผลิตภัณฑ์หรือบริการ โดยที่ลูกค้าอาจบอกหรือไม่บอกก็ได้คุณภาพในส่วนนี้ในสายตาของลูกค้าจึงเป็นสิ่งที่องค์กร

ต้องให้แก่ลูกค้าหรือผู้รับบริการ เป็นคุณภาพที่ต้องมี (Must be quality) ของผลิตภัณฑ์หรือบริการนั้น ๆ

ส่วนที่สอง เรียกว่า Satisfier ส่วนนี้เป็นคุณภาพที่แปรผันตรงกับความพึงพอใจของลูกค้า เช่น เวลาส่งมอบผลิตภัณฑ์ ราคาของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น สินค้ามีคุณภาพเหมือนกันทุกประการ แต่ราคาต่ำกว่า ย่อมสร้างความพึงพอใจได้มากกว่า

ส่วนที่สามเรียกว่า Delighter ส่วนนี้เป็นคุณภาพที่เหนือความคาดหวังของลูกค้า ลูกค้าคาดไม่ถึง คู่แข่งไม่มี ซึ่ง Kano เรียกคุณภาพส่วนนี้ว่าเป็นตัวสร้างสร้างความประทับใจ (Delighter) ซึ่งจะเป็นคุณภาพที่สร้างความแตกต่างของบริการหรือผลิตภัณฑ์ เป็นคุณภาพที่อยู่เหนือคู่แข่ง และเป็นคุณภาพที่ทำให้เหนือคู่แข่ง เอาชนะคู่แข่งและเป็นคุณภาพที่องค์กรสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้มากกว่า

กล่าวได้ว่าคุณภาพที่ตรงหรือเหนือความคาดหวังและคุณภาพที่สามารถสร้างความประทับใจให้กับลูกค้าจะเป็นสิ่งที่ดึงดูด (Attract) ให้ลูกค้าเข้ามารับบริการเพิ่ม ทำให้สามารถเพิ่มยอดขายหรือจำนวนของลูกค้าได้ ในขณะที่คุณภาพที่ได้มาตรฐาน คงเส้นคงวา ไม่ผิดพลาดจะเป็นสิ่งที่สร้างความเชื่อมั่นให้แก่ลูกค้าทำให้เกิดการซื้อหรือใช้บริการซ้ำอย่างมั่นใจ (Retain) และเกิดเป็นความภักดีต่อผลิตภัณฑ์หรือการบริการ

2.2 หลักการและความเป็นมาของซิกซ์ ซิกม่า

ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) เป็นกลยุทธ์ที่ใช้ในการบริหารคุณภาพที่บริษัทหรือองค์กรต่าง ๆ ทั่วโลกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิผล (Effectiveness) ให้สามารถตอบสนองความต้องการและความพึงพอใจของลูกค้าในตัวผลิตภัณฑ์หรือบริการอย่างสูงสุด โดยใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าที่สุด เพื่อสร้างความสามารถในการแข่งขันและได้มาซึ่งกำไรในระยะยาว (Long Term Profitability) แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกม่าเกิดขึ้นครั้งแรกในช่วงทศวรรษที่ 1980 โดยบิลล์สมิท (Bill Smith) ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรอาวุโสในกิจการของบริษัท Motorola ซึ่ง Bill ได้ประยุกต์วิธีการทางสถิติเพื่อศึกษาความแปรปรวนของแต่ละกระบวนการ และกลั่นกรองออกมาเป็นวิธีการซิกซ์ ซิกม่าเพื่อนำเสนอ และยังสามารถทำให้ผู้บริหารในขณะนั้นซึ่งก็คือ บ็อบ กาลวิน (Bob Galvin) มีส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกกระบวนการที่มีสมรรถนะต่ำที่สุดและมีผลกระทบต่อบริษัทมากที่สุด เพื่อนำไปเป็นโครงการที่จะต้องปรับปรุงแก้ไขเป็นอันดับแรก โดยพยายามลดของเสียหรือสิ่งที่ไม่ก่อให้เกิดคุณภาพในกระบวนการผลิตให้เหลือน้อยที่สุดจนประสบความสำเร็จ สามารถลดต้นทุนได้และยังสามารถเพิ่มระดับความพึงพอใจของลูกค้าให้มากขึ้นจากนั้นหลายบริษัทก็ได้นำซิกซ์ ซิกม่าไปใช้เป็นแผนกลยุทธ์

ของกิจการจนประสบความสำเร็จอีกมากมาย เช่นบริษัท General Electric (GE), AlliedSignal รวมถึง Sony (ณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์, 2548 : 50-51)

2.3 ขั้นตอนการดำเนินงานของการปรับปรุงคุณภาพด้วยซิกซ์ ซิกม่า

การปรับปรุงคุณภาพด้วยหลักการของซิกซ์ ซิกม่าจะใช้ขั้นตอนที่เรียกว่า DMAIC ซึ่งประกอบด้วย การระบุปัญหา (Define) การวัด (Measure) การวิเคราะห์(Analyze) การปรับปรุง (Improve) และการควบคุม (Control) โดยมีรายระเอียดดังนี้ (พี เพนเดและคณะ, 2548 : 22-23)

2.3.1 ขั้นตอนการระบุปัญหา (Define Phase)

ขั้นตอนการระบุปัญหาหรือเลือกปัญหาเป็นขั้นตอนแรกในการปรับปรุงคุณภาพตามแนวคิดซิกซ์ ซิกม่าซึ่งการที่จะต้องทำโครงการอะไรก็ควรรู้และเข้าใจก่อนว่าอะไรคือปัญหาขององค์กร (Business case) อะไรคือโจทย์ (Problem Statement) และอะไรคือผลลัพธ์หรือเป้าประสงค์ที่ต้องการจากโครงการ (Goal Statement) ในขั้นตอนนี้จะเริ่มด้วยการสำรวจความต้องการหรือความพึงพอใจของลูกค้า จำนวนของเสียและผลเสียที่กระทบต่อองค์กรรวมถึงปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขได้ ศึกษาสภาพของกระบวนการผลิตทั้งกระบวนการจากแผนภาพอธิบายกระบวนการ (Process Mapping) แล้วนำปัญหาทั้งหมดมาจัดเรียงตามลำดับความสำคัญโดยเขียนอธิบายอย่างชัดเจนเพื่อจะได้สามารถเลือกทำโครงการที่เป็นปัญหาที่สำคัญก่อน โดยปัญหาที่เลือกก่อนนั้นต้องเป็นปัญหาที่วิกฤตต่อคุณภาพ (CTQ : Critical to Quality) โดยในขั้นตอนนี้ยังไม่ต้องพูดถึงวิธีการแก้ปัญหาหรือข้อสรุป

2.3.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการวัดและวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดปัญหาจากขั้นตอนก่อนหน้าเริ่มด้วยการกำหนดตัวชี้วัดของกระบวนการ กำหนดชนิดของข้อมูลที่จะเก็บ กำหนดวิธีการเก็บตัวอย่าง และกำหนดวิธีการวัด โดยควรมีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการวัดที่จะใช้ก่อนเพื่อจะได้ทราบถึงความคลาดเคลื่อนและความแปรผันที่เกิดจากการวัดและหากพบว่ากระบวนการวัดยังไม่เหมาะสมก็ควรปรับปรุงกระบวนการวัดให้ดีเสียก่อน จากนั้นจึงค่อยนำไปวัดเพื่อเก็บข้อมูล

2.3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการต่าง ๆ เพื่อดูว่าปัจจัยใดมีผลต่อกระบวนการอย่างมีนัยสำคัญบ้าง จะได้นำปัจจัยที่มีผลไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป ซึ่งการดำเนินการในขั้นตอนนี้ทำให้เข้าใจกระบวนการมากขึ้น และยังได้ทบทวนมาตรฐานการทำงาน ซึ่ง

ตัวแปรต่าง ๆ จะถูกวิเคราะห์ และทำให้ได้ปัจจัยที่เหมาะสมที่จะนำไปทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไปในขั้นตอนการปรับปรุง

2.3.4 ขั้นตอนในการปรับปรุง (Improve phase)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำปัจจัยจากขั้นตอนก่อนหน้ามาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองทางสถิติ (Design of Experiment, DOE) พร้อมทั้งหาค่าที่เหมาะสมให้กับแต่ละปัจจัยเพื่อให้กระบวนการมีเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2.3.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control phase)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการเฝ้าระวัง (Monitoring) เพื่อรักษาระดับของคุณภาพหลังการปรับปรุงให้คงไว้ และจำเป็นต้องสร้างมาตรฐานของกระบวนการใหม่เพื่อควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาให้เป็นไปตามที่กำหนดโดยเน้นการป้องกันเพื่อไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้นซ้ำ

2.4 คณะทำงานสำหรับซิกซ์ ซิกม่า

แนวคิดการบริหารคุณภาพซิกซ์ ซิกม่าไม่ใช่เป็นเพียงเครื่องมือทางข้อมูลหรือการคำนวณข้อบกพร่องเท่านั้น แต่ยังประกอบด้วยการทำงานเป็นทีมด้วย ซึ่งหมายถึงความร่วมมือกันของพนักงานในแต่ละระดับสายงานช่วยกันปฏิบัติหน้าที่ในส่วนของตนเพื่อให้บรรลุไปสู่เป้าหมายเดียวกัน ดังนั้นในคณะทำงานของโครงการจึงต้องประกอบด้วยทีมงานที่มาจากหลายระดับ เพื่อให้สามารถทำโครงการในบรรลุเป้าหมายได้อย่างราบลื่น ซึ่งประกอบด้วย (สิทธิศักดิ์ พฤกษ์ปิติกุล, 2546 : 23-28)

2.4.1 ผู้นำหรือคณะกรรมการ (Leadership Group or Council)

กลุ่มผู้นำหรือคณะกรรมการ คือ ผู้บริหารระดับสูงขององค์กร มีบทบาทในการเลือกโครงการ สนับสนุนในทุกด้านทั้งด้านการจัดตั้งทีม การจัดหาวัตถุดิบรวมถึงกำหนดวิสัยทัศน์และเป้าประสงค์ขององค์กรให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

2.4.2 แชมเปี้ยน (Champions)

เป็นผู้รับผิดชอบโครงการตามที่ได้รับมอบหมายจากผู้นำสูงสุดซึ่งจะต้องเป็นผู้มีความรู้ความเข้าใจในปรัชญา ทฤษฎีและเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. สื่อสารวิสัยทัศน์และเป้าประสงค์ (Goal) ในการพัฒนาให้บริษัท ฝ่าย แผนก และเจ้าของกระบวนการทราบ
2. อนุมัติหรือไม่อนุมัติโครงการ

3. กำหนดสายงานการดำเนินโครงการแบบข้ามสายงานระหว่างกันภายในองค์กร
4. กำหนดวิธีการพัฒนาและการฝึกอบรมการนำซิกซ์ ซิกม่าไปใช้
5. สนันสนุนการพัฒนาแนวคิดทางสถิติ
6. จัดหาหรือโยกย้ายทรัพยากร
7. ขจัดปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ
8. ระลึกถึงความพยายามและความช่วยเหลือกันของพนักงาน

2.4.3 มาสเตอร์แบล็กเบลท์ (Master Black Belts)

จะเป็นผู้ที่ได้รับการแต่งตั้งจากแชมเปี้ยนซึ่งจะต้องมีความชำนาญด้านกระบวนการพัฒนาคุณภาพและมีความเชี่ยวชาญทางสถิติ (Statistics Expert) ทำงานด้านนี้เต็มเวลา รับผิดชอบในการดูแลแบล็กเบลท์ในการดำเนินโครงการให้ประสบความสำเร็จ โดยมีหน้าที่ดังนี้

1. เป็นผู้นำส่วนหลัก ๆ ของโครงการ
2. คอยดูแลสนับสนุนการทำโครงการของแบล็กเบลท์
3. จัดหาให้ได้มาซึ่งทรัพยากร
4. พัฒนาและจัดฝึกอบรมให้แก่พนักงานทุกระดับขององค์กร
5. ช่วยระบุหัวข้อโครงการ
6. ขอความช่วยเหลือจากแชมเปี้ยนเมื่อต้องการ
7. อบรมและรับรองการเป็นแบล็กเบลท์
8. แบ่งปันการทำงานที่ได้ผลดีให้องค์กรได้รับรู้
9. ปรับปรุงประสิทธิภาพของทีมและโครงการ

2.4.4 แบล็กเบลท์ (Black Belts)

เป็นผู้ที่ได้รับการฝึกอบรมถึงหลักการ แนวคิดและวิธีการของซิกซ์ ซิกม่ามาเป็นอย่างดีและจะต้องทำงานในโครงการนี้เต็มเวลาโดยมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. ปฏิบัติให้เสมือนผู้เชี่ยวชาญด้านกลยุทธ์แบบซิกซ์ ซิกม่าอย่างกระตือรือร้น
2. ระบุอุปสรรค
3. จัดการโครงการ เช่น ทำแผนการทำงานโดยผ่านฝ่ายบริหาร
4. รายงานความคืบหน้าให้กับหัวหน้าทีมของแต่ระดับตามความเหมาะสม
5. ขอความช่วยเหลือจากแชมเปี้ยนหากจำเป็น
6. กำหนดเครื่องมือที่จะนำไปใช้
7. รวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ตั้งแต่พนักงานไปจนถึงผู้จัดการ

8. ติดตามให้แน่ใจว่าผลลัพธ์ได้ถูกนำไปใช้อย่างต่อเนื่อง

2.4.5 กรีนเบลท์ (Green Belts)

เป็นผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมซิกซ์ ซิกม่ามาพอสมควรและได้รับเลือกให้เข้าไปแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานประจำของตน ซึ่งการทำงานจะเป็นแบบเฉพาะกิจ โดยมีหน้าที่ดังนี้

1. ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยแบล็กเบลท์ในการจัดการโครงการแต่ทำงานแบบไม่เต็มตัว (Part time)

2. เป็นส่วนร่วมในทีมของแบล็กเบลท์

3. เรียนรู้วิธีการแบบซิกซ์ ซิกม่าเพื่อประยุกต์ใช้กับโครงการอย่างเหมาะสม

2.5 สถิติเบื้องต้น

สถิติ (Statistics) หมายถึง ศาสตร์ (Science) ที่ใช้เพื่อการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน (Uncertainty) ดังนั้น การใช้สถิติในการตัดสินใจจึงควรต้องมีวิธีการที่ชัดเจนและทำตามขั้นตอน 5 ขั้นตอน คือ การนิยามประชากร การเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล การตีความหมาย และการนำผลที่ได้ไปใช้ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2551 : 30-55)

2.5.1 ประเภทของสถิติ

ในการจัดเนื้อหาของสถิติที่เป็นศาสตร์นั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) หมายถึงสถิติที่ใช้ในการอธิบายและนำเสนอข้อเท็จจริงของข้อมูลที่รวบรวมมาโดยจะนำเสนอค่าแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางการกระจายของข้อมูลหรือนำเสนอในรูปของกราฟต่าง ๆ

2. สถิติอนุมาน (Inferential Statistics) เป็นสถิติที่มีการกล่าวอ้างถึงประชากรกลุ่มตัวอย่างข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง (Sample) ผ่านวิธีการทางสถิติและความน่าจะเป็นเพื่อวิเคราะห์ลักษณะของประชากร (Population)

2.5.2 ประเภทของข้อมูล

ข้อมูลในทางสถิติสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ข้อมูลแสดงคุณภาพ (Qualitative Data) หมายถึง ข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาคุณสมบัติ หรือข้อมูลที่ได้มาจากการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ

2. ข้อมูลแสดงปริมาณ (Quantitative Data) หมายถึงข้อมูลที่รวบรวมมาได้ในรูปของตัวเลข ซึ่งอาจจะได้มาจากกระบวนการวัด เช่น ความหนาของแผ่นเหล็ก

2.5.3 ลักษณะของข้อมูล

ก่อนที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์ได้นั้น ข้อมูลที่ได้จะต้องเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพตรงตามธรรมชาติ ซึ่งมีข้อมูลตามธรรมชาติจะต้องมีลักษณะสมบัติ 3 ประการ คือ ค่าการกระจายรูปทรงของรูปแบบข้อมูล และค่าแนวโน้มสู่ศูนย์กลางของข้อมูล และหากข้อมูล 2 กรณีแรกไม่เป็นไปตามธรรมชาติ ก็จะต้องกลับไปแก้ไขข้อมูลก่อน โดยอาจต้องย้อนกลับไปดูความผิดพลาด จึงจะพิจารณาถึงค่าแนวโน้มสู่ศูนย์กลางของข้อมูลได้

1. ค่าการกระจาย (Dispersion) คือ การดูว่ามีข้อมูลชุดใดชุดหนึ่งกระจายตัวออกจากกลุ่ม หรืออยู่ห่างจากกลุ่มมากน้อยแค่ไหน ซึ่งอาจเกิดจากอิทธิพลของปัจจัยที่ไม่ได้ควบคุมในขณะเก็บข้อมูลโดยในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะตัวสถิติที่ใช้ในการวัดค่าการกระจายตัวที่สำคัญ 2 ตัวได้แก่ค่าพิสัยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1.1 ค่าพิสัย (Range) คือค่าความแตกต่างระหว่างค่ามากที่สุดกับค่าน้อยที่สุดค่าพิสัยจัดเป็นวิธีการวัดการกระจายของข้อมูลที่หยาบที่สุดตามสมการดังนี้

$$R = X_{max} - X_{min}$$

เมื่อ

R = ค่าพิสัย

X_{max} = ค่ามากที่สุดของข้อมูล

X_{min} = ค่าน้อยที่สุดของข้อมูล

พิสัยใช้ในการวัดข้อมูลได้อย่างคร่าว ๆ เมื่อต้องการความเร็วเท่านั้น เพราะพิสัยจะมีข้อเสียตรงที่จะมีความไวต่อข้อมูลที่ผิดปกติมาก ๆ และค่าที่ได้จะมาจากข้อมูลเพียง 2 ข้อมูลเท่านั้น ดังนั้นค่าพิสัยจึงไม่เหมาะกับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่เกิน 10 ตัว

1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S) คือ ค่ารากที่สองของผลรวมของความแตกต่างระหว่างข้อมูลดิบกับค่าเฉลี่ยยกกำลังสอง (Sum of Squares ของผลต่าง) หารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมดเป็นการวัดการกระจายที่นิยมใช้มากที่สุด ในการคำนวณหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานจะใช้ข้อมูลทุกตัวที่กระจายตัวรอบค่ากลาง และจะต้องนำตัวอย่างไปอนุมานประชากร ดังนั้นข้อมูลจึงมีความอิสระไม่ครบทุกตัว โดยจะเรียกข้อมูลที่อิสระนี้ว่า องศาแห่งความอิสระ (Degree of Freedom) ซึ่งหมายถึงจำนวนข้อมูลที่มีสารสนเทศในการอนุมานค่าเบี่ยงเบนของประชากร ซึ่งจะแสดงตามสมการดังนี้

$S^2 = \frac{SS}{DF}$

เมื่อ S^2 = ความแปรปรวน (Variance)

SS = ผลรวมกำลังสอง (Sum of Square)

DF = องศาแห่งความอิสระ

$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}}$

เมื่อ S = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. รูปทรง (Shape) ข้อมูลทุกๆแบบจะมีรูปแบบคงที่เสมอ แบบของรูปทรงของข้อมูลจะประกอบด้วย 2 คุณสมบัติ คือ ความเบ้ และความโด่ง

2.1 ความเบ้ (Skewness)

ข้อมูลที่มีการแจกแจงที่สมมาตรนั้นจะมีมัชฌิมเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยมที่เท่ากันหรือทับกันพอดี ส่วนข้อมูลที่มีการแจกแจงที่ไม่สมมาตร คือมีลักษณะเบ้ไปข้างใดข้างหนึ่งจะมีมัชฌิมเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยมที่แตกต่างกัน

2.2 ความโด่ง (Kurtosis)

ความโด่ง หมายถึง ความสูงของเส้นโค้งของการแจกแจงข้อมูล การวัดความโด่งของของเส้นโค้งเพื่อประกอบการพิจารณาว่าการแจกแจงของข้อมูลชุดใดเป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) หรือโค้งแบบปกติ (Normal Curve) เพราะการแจกแจงปกติจะต้องมีลักษณะจะต้องมีลักษณะ 2 ประการ คือ ส่วนโค้งต้องมีลักษณะสมมาตรและต้องมีความโค้งที่พอดีไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป

3. ค่าแนวโน้มศูนย์กลาง (Central Tendency) หมายถึง ค่าที่ควรจะเป็นของข้อมูลซึ่งจะแสดงให้เห็นผลจากปัจจัยที่ได้รับการควบคุมและไม่ได้รับการควบคุมในขณะเก็บข้อมูล และมักใช้ในการตัดสินใจเพื่อแก้ปัญหา

3.1 ค่ามัชฌิม (Mean) หรือ ค่าเฉลี่ย (Average)

ค่าเฉลี่ย หมายถึง ค่าที่ได้จากการขจัดทิ้งหรือการเฉลี่ยออก (Average out) ผลของตัวแปรที่อยู่ไม่ได้ควบคุม (Uncontrolled Effect) ในขณะเก็บข้อมูล ซึ่งโดยปกติมักจะแทนด้วย $\bar{X}$ โดยสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย หรือ ค่ามัชฌิม

X_i = ค่าวัดของข้อมูลตัวที่ i

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ค่าเฉลี่ย เป็นตัวสถิติที่ใช้ในการวัดค่าแนวโน้มสู่ศูนย์กลางของข้อมูลที่กระจายตัวแบบปกติเท่านั้น และข้อมูลที่รวบรวมมานั้นก็จะต้องมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบคงที่อีกด้วย วิธีค่าเฉลี่ยมีจุดอ่อนตรงที่มีความไวต่อข้อมูลผิดปกติ เช่น เป็นข้อมูลที่ต่ำหรือสูงไปจากกลุ่มมาก ๆ ก็จะทำให้ค่าที่ได้ผิดพลาดไปได้เช่นกัน

3.2 ค่ามัธยฐาน (Median) คือค่าของข้อมูลที่อยู่ตรงกลางของข้อมูลทั้งหมดที่ได้นำมาเรียงลำดับจากน้อยไปหามากซึ่งการหาค่ามัธยฐานสามารถคำนวณหาได้ 2 แบบได้แก่การคำนวณหาค่ามัธยฐานจากข้อมูลดิบที่ไม่อยู่ในรูปของตารางแจกแจงความถี่และการคำนวณหาค่ามัธยฐานจากข้อมูลจัดกลุ่มที่อยู่ในรูปของตารางแจกแจงความถี่ ค่ามัธยฐานจะนิยมใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีตัวใดตัวหนึ่งสูงหรือต่ำมาก ๆ เพราะค่ามัธยฐานจะไม่มีความไวต่อค่าดังกล่าว

3.3 ค่าฐานนิยม (Mode) คือค่าของข้อมูลตัวที่มีค่าซ้ำกันมากที่สุดในชุดข้อมูลนั้น ๆ การหาค่าฐานนิยมสามารถคำนวณหาได้ 2 แบบได้แก่การคำนวณหาค่าฐานนิยมจากข้อมูลดิบที่ไม่อยู่ในรูปของตารางแจกแจงความถี่และการคำนวณหาค่าฐานนิยมจากข้อมูลจัดกลุ่มที่อยู่ในรูปของตารางแจกแจงความถี่ซึ่งมักจะใช้กับข้อมูลที่มีลักษณะไม่สมมาตรหรือข้อมูลเชิงคุณภาพ

2.6 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process control analysis)

เทคนิคทางสถิติสามารถนำมาใช้ควบคุมกระบวนการผลิตได้ทุกขั้นตอน ในการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงปริมาณของผลิตภัณฑ์โดยใช้การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ ซึ่ง โดยปกติเราใช้ขีดจำกัดช่วงกว้าง $6\sigma'$ ในการวัดความสามารถของกระบวนการ ซึ่งข้อมูลจากการผลิตมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย $\bar{x}'$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ'แล้วกระบวนการผลิตจะมีขีดจำกัดความคลาดเคลื่อนธรรมชาติ (Natural tolerance limits) ด้านบน (UNTL) และด้านล่าง (LNTL) อยู่ที่ $\bar{x}' + 3\sigma'$ และ $\bar{x}' - 3\sigma'$ ตามลำดับ ซึ่งขีดจำกัดความคลาดเคลื่อนนี้จะใช้ในการประเมินความสามารถของกระบวนการผลิต ซึ่งค่านี้จะได้จากการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตแล้วทำการคำนวณค่าทางสถิติ เพื่อใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของคุณสมบัติที่ต้องการควบคุมแบบช่วง ภายใต้ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดโดยทั่วไปจะใช้ 99.73% นั้นหมายถึงมีผลิตภัณฑ์ที่มีขีดจำกัดคลาดเคลื่อน

ธรรมชาติ 0.27% นอกจากนี้ ขีดจำกัดความคลาดเคลื่อนธรรมชาติ ยังใช้ในการประมาณค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสียในกระบวนการผลิตได้อีกด้วย

วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการวิธีการหนึ่งคือ การวัดอัตราส่วนความสามารถของกระบวนการ (Process capability : PCR หรือ Cp) โดยจะใช้หลักการเปรียบเทียบขีดจำกัดความคลาดเคลื่อนธรรมชาติกับขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ โดยที่

$$Cp = \frac{USL-LSL}{6\sigma'}$$

เมื่อ USL (Upper specification limits) คือ ขีดจำกัดของข้อกำหนดด้านบน

LSL (Lower specification limits) คือ ขีดจำกัดของข้อกำหนดด้านล่าง

σ' (Standard deviation) คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่แท้จริงของการผลิต ซึ่งหากไม่ทราบสามารถด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างที่ได้จากแผนภูมิควบคุมเชิงปริมาณ ดังนี้

$$Cp = \frac{USL-LSL}{6S}$$

ในกรณีที่กระบวนการผลิตมีขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะเพียงด้านเดียว เราจะกำหนด PCR ดังนี้

Cp สำหรับขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะด้านบน (Cpu_U) $= \frac{USL-\bar{X}'}{3\sigma'}$

Cp สำหรับขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะด้านล่าง (Cp_L) $= \frac{\bar{X}'-LSL}{3\sigma'}$

ในกรณีที่ไม่ทราบค่า $\bar{X}'$ และ σ' จะสามารถหาโดยการประมาณค่า $\bar{X}'$ ด้วย $\bar{\bar{X}}$ และ σ' ด้วย $\bar{R}/2$ หรือ $\bar{S}$ หรือ S ก็ได้

หากค่า Cp เท่ากับ 1 แสดงว่าขีดจำกัดของข้อกำหนดเฉพาะมีค่าเท่ากับขีดจำกัดความคลาดเคลื่อนธรรมชาติพอดี ซึ่งถือว่ากระบวนการไม่มีปัญหา แต่โดยทั่ว ๆ ไปค่า Cp ต่ำที่สุดที่ถือว่ากระบวนการผลิตมีความสามารถคือ 1.33 แต่ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของแต่ละกระบวนการผลิตด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่า PCR ต่ำสุดของแต่ละลักษณะกระบวนการผลิต

ลักษณะของกระบวนการผลิตขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะ	สองด้าน	ด้านเดียว
กระบวนการผลิตทั่ว ๆ ไป	1.33	1.25
กระบวนการผลิตใหม่	1.50	1.45
กระบวนการผลิตทั่วๆไปที่ผลิตผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับความปลอดภัยและความแข็งแรง	1.50	1.45
กระบวนการผลิตใหม่ที่ผลิตผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับความปลอดภัยและความแข็งแรง	1.67	1.60

ที่มา : (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2551: 105)

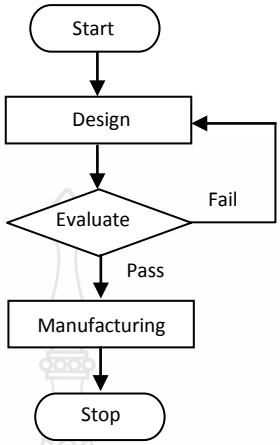
อัตราส่วนความสามารถของกระบวนการที่กล่าวมาแล้วนั้น จะใช้วัดความสามารถของกระบวนการที่มีค่าเฉลี่ยอยู่กึ่งกลางของ USL และ LSL แต่ถ้าค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตไม่อยู่กึ่งกลางของ USL และ LSL แต่เคลื่อนไปทาง USL หรือ LSL การวัดความสามารถของกระบวนการจะใช้ค่า PCR_k หรือ C_{pk} ดังนี้

$$PCR_k = C_{pk} = \min\{PCR_{kU}, PCR_L\}$$

2.7 เครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางของซิกซ์ ซิกม่า

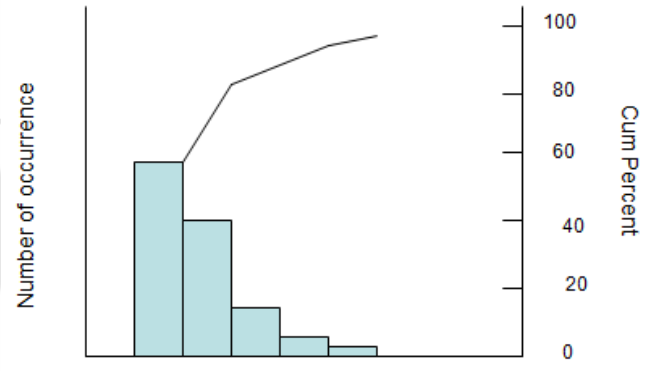
2.7.1 แผนผังการดำเนินธุรกิจ (Business flow map) คือ ภาพรวมการดำเนินงานขององค์กร ความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนงาน รวมถึงหน้าที่หลักของแต่ละส่วน เพื่อให้สามารถเห็นภาพรวมขององค์กรเพื่อช่วยในการวางแผนการทำโครงการ

2.7.2 แผนผังการไหลของกระบวนการ (Process flow diagram) คือ แผนผังของขั้นตอนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน เพื่อแสดงให้ภาพและง่ายต่อการจัดการดังแสดงในภาพที่ 2.1



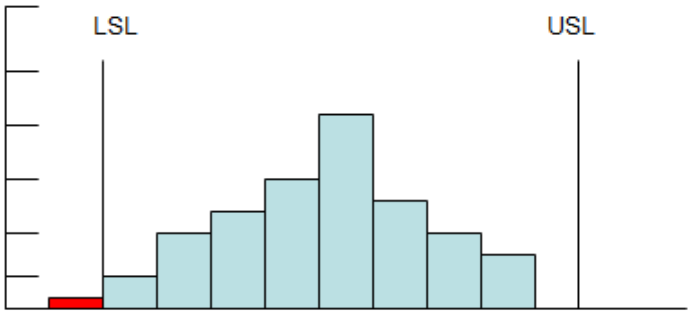
ภาพที่ 2.1 แสดงภาพตัวอย่างแผนภูมิการไหลของกระบวนการทำงาน

2.7.3 แผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram) คือ แผนภูมิที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของความบกพร่องกับปริมาณหรือความถี่ที่เกิดข้อบกพร่องขึ้น โดยกราฟจะแสดงเรียงตามปริมาณของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากมากไปหาน้อยด้วยกราฟแท่งพร้อมกับแสดงค่าสะสมของความถี่ด้วยกราฟเส้น เพื่อช่วยให้สามารถเลือกเฉพาะสาเหตุที่สำคัญตามหลักการของพาเรโตดังแสดงในภาพที่ 2.2



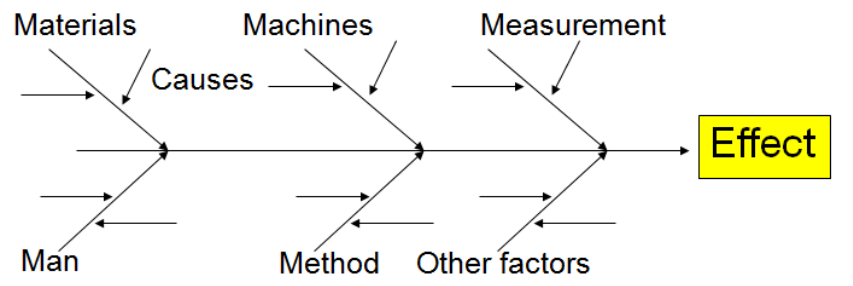
ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างแผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram)

2.7.4 แผนภูมิฮีสโตแกรม (Histogram) เป็นกราฟแท่งที่ใช้แสดงความถี่ของข้อมูลที่ได้จากการวัดหรือข้อมูลที่มีค่าต่อเนื่อง เพื่อใช้ตรวจดูการกระจายตัวของข้อมูลและดูข้อมูลที่มีความถี่ของการเกิดสูงสุดดังแสดงในภาพที่ 2.3



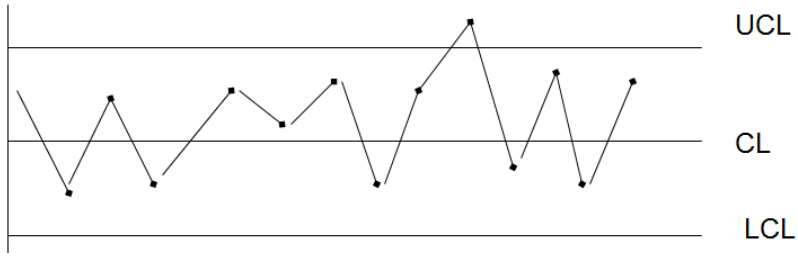
ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างแผนภูมิฮีสโตแกรม

2.7.5 แผนภูมิแสดงเหตุและผลหรือผังก้างปลา (Cause and effect or Fish-bone diagram) คือผังหรือแผนภูมิที่ประกอบด้วยเส้นตรงหลายลักษณะประกอบกัน มีรูปร่างคล้ายก้างปลา ใช้เพื่อการค้นหาสาเหตุหรือต้นเหตุของการเกิดปัญหา โดยการแยกเป็นสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย ซึ่งเป็นการจดบันทึกไว้ในก้างปลาอย่างเป็นระบบ และยังช่วยดึงเอาความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่มให้ได้มากที่สุด เพื่อครอบคลุมทุกสาเหตุของปัญหาดังแสดงในภาพที่ 2.4



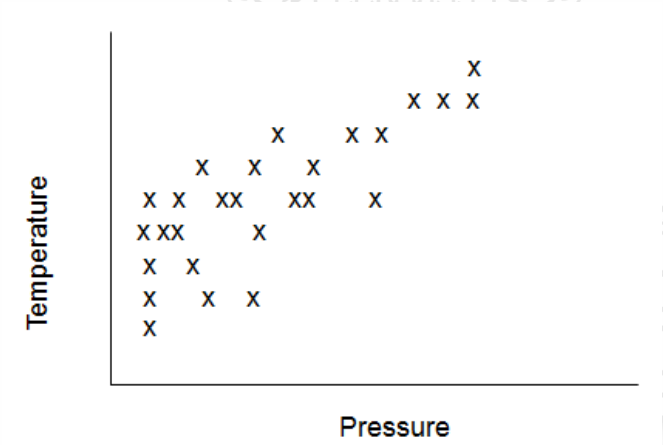
ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างแผนภูมิก้างปลา

2.7.6 แผนภูมิควบคุม (Control Chart) คือ กราฟเส้นที่มีแกนนอนเป็นค่าหน่วยเวลา และแกนตั้งคือค่าคงที่ที่ต้องการควบคุม เส้นกราฟแนวนอน อาจจะมี 2 เส้น หรือ 3 เส้น เพื่อที่จะแสดงขอบเขตการควบคุมค่าวัดในแนวตั้ง ใช้เพื่อตรวจจับหาจุดบกพร่องที่เป็นแบบเรื้อรังและเฉียบพลัน ตลอดจนตรวจจับจุดค่าวัดในเวลาใด ๆ ที่ผิดไปจากค่าขอบเขตควบคุมและตรวจจับแนวโน้มการเกิดความผิดปกติต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม

2.7.7 แผนภูมิการกระจาย (Scatter diagram) คือ กราฟ 2 แกน (แกนตั้งกับแกนนอน) ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล 2 ชุด ซึ่งแทนค่าวัด หรือคุณสมบัติของค่าวัดทั้ง 2 อย่าง ที่ใช้เป็นข้อมูล ซึ่งต้องมีอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 50 คู่ จะได้ผลการวิเคราะห์ที่ดีกว่า ประโยชน์ของผังการกระจายนอกเหนือจากการใช้เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลแล้วยังสามารถใช้ในการตรวจสอบผลของอันหนึ่งว่ามีผลต่ออีกอันหรือไม่และยังใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาได้ในบางกรณีดังแสดงในภาพที่ 2.6

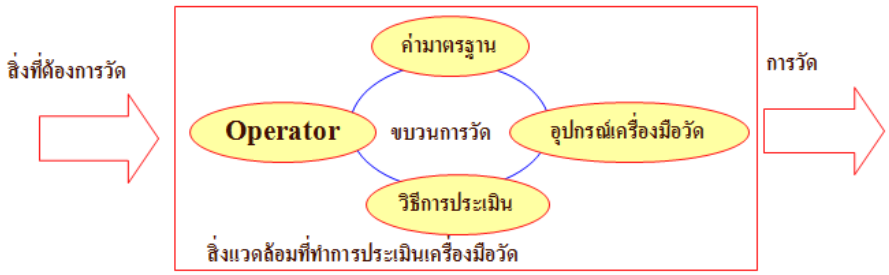


ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างแผนภูมิการกระจาย

2.8 การวิเคราะห์กระบวนการวัด (MSA)

การวิเคราะห์กระบวนการ (Measurement system analysis หรือ MSA) คือ วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่แสดงความผันแปรที่เกิดจากขบวนการ (process) และพนักงาน (Operator) ต่อระบบการวัดในการทดลองเพื่อเก็บค่าต่าง ๆ เพื่อมาทำการวิเคราะห์เพราะเราต้องมั่นใจว่าค่าที่เรามาได้จากเครื่องมือวัดนั้นต้องเป็นค่าที่ถูกต้อง ก่อนการวัดเก็บข้อมูลเราต้องทดสอบเครื่องมือวัดนั้น ๆ ด้วย MSA ซึ่งสิ่งที่เกี่ยวข้องกับ MSA มีดังนี้

- Operator คือ คนหรือความสามารถเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดชิ้นงานเดียวกัน
- Reference คือ ค่ามาตรฐานในการนำไปสอบเทียบเครื่องมือวัด
- Procedure คือ วิธีการที่ใช้ในการประเมินเครื่องมือวัด
- Equipment คือ อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการวัด
- Environment คือ สิ่งแวดล้อมที่ทำการประเมินเครื่องมือวัดนั้น ๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 สิ่งแวดล้อมที่ทำการประเมินเครื่องมือวัด

2.8.1 จุดมุ่งหมายของ MSA เพื่อประเมินและลดข้อผิดพลาดในการทดลองที่เกิดจากระบบการวัด ซึ่งสามารถแบ่งความผิดพลาดโดยแยกตามที่มาของความผิดพลาดได้ดังนี้

2.8.2 ความเที่ยงตรง (Precision) คือ ความสามารถของเครื่องมือวัดที่วัดค่าแต่ละครั้งว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยแค่ไหนซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

- ความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability) คือ ความผันแปรของการวัดที่เกิดขึ้นเมื่อทำการวัดหลายครั้ง บนชิ้นงานชิ้นเดียวกันและเงื่อนไขในการวัดที่เหมือนกัน
- ความสามารถในการให้ผลซ้ำ (Reproducibility) คือ ความผันแปรของการวัด เมื่อทำการวัดหลายครั้งบนชิ้นงานชิ้นเดียวกัน แต่เงื่อนไขในการวัดต่างกัน

2.8.3 ความถูกต้อง (Accuracy) คือ การที่ผลการวัดที่ได้มีค่าเข้าใกล้ค่าจริง (True Value) ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

- Stability : ความสามารถให้ค่าความถูกต้องในเวลาที่ต่างกัน
- Linearity : ความสามารถของความถูกต้องในการวัดค่าที่ย่านการวัดที่ต่างกันหรือขนาดที่ต่างกัน
- Bias : ความถูกต้องที่เกิดจากค่าที่ต่างจากค่าจริงหรือ off-set
- Resolution : ค่าความละเอียด

2.9 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA) คือ การคิดเชิงวิเคราะห์ เพื่อให้ทราบว่า “อะไร” คือความเสี่ยงอันอาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการต่าง ๆ แล้วจัดเรียงลำดับความสำคัญของความเสี่ยงเหล่านั้น รวมถึงหามาตรการในการจัดการความเสี่ยงเหล่านั้นให้ลดลงให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อให้ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย ได้รับผลกระทบน้อยที่สุดซึ่งโดยทั่วไปแล้ว FMEA จะมี 2 แบบ คือ FMEA สำหรับการออกแบบ และ FMEA สำหรับกระบวนการ ซึ่งในที่นี้เราจะใช้ FMEA เพื่อกระบวนการเท่านั้นโดยการวิเคราะห์จะมีหลักการ 3 ประการด้วยกันคือ

1. การดำเนินงานโดยคณะทำงาน ซึ่งหลัก ๆ ก็จะเป็นการระดมความคิดจากผู้ที่มีความรู้หรือผู้เชี่ยวชาญจากสายงานต่าง ๆ มาแลกเปลี่ยนความคิดและแสดงความคิดเห็นซึ่งควรมีการกำหนดเวลาในการประชุมไว้ล่วงหน้าอย่างชัดเจน และมีการกำหนดภารกิจและความรับผิดชอบของคณะทำงานให้ชัดเจน

2. การดำเนินการผ่านการวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการเป็นการประเมินคะแนนเพื่อหาความเสี่ยงของแต่ละปัญหา โดยเริ่มจากการศึกษาหน้าที่หลักของกระบวนการ แล้ววิเคราะห์ว่ามีปัจจัยอะไรบ้างที่ทำให้กระบวนการสูญเสียหน้าที่หลักไป โดยอาศัยตัวเลขประเมินลำดับก่อนหลังของความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) เพื่อเลือกแก้ไขปัญหาที่มีค่า RPN สูง ๆ ก่อน โดยค่า RPN สามารถวิเคราะห์จากสมการดังนี้

$$RPN = S \times O \times D$$

โดย S = ความรุนแรง (Severity) ส่วนใหญ่จะพิจารณาจากผลกระทบต่อลูกค้า

O = โอกาสที่เกิดขึ้น (Occurrence) พิจารณาจากความเป็นไปได้ที่จะเกิดข้อบกพร่อง

D = ความสามารถในการตรวจจับ (Detection) พิจารณาได้จากประสิทธิภาพและความสามารถของกระบวนการตรวจสอบข้อผิดพลาด

3. การดำเนินการโดยเน้นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เอกสาร FMEA เรียกได้ว่าเป็นเอกสารที่มีชีวิต ซึ่งจะต้องได้รับการทบทวนอยู่อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการวิเคราะห์จะเป็นการประเมินความเสี่ยงก่อนที่เหตุการณ์จะเกิดขึ้นหรือก่อนการผลิตจริง

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพียงเพ็ญ นนทจิต (2550) ได้นำเอาวิธีการบริหารคุณภาพแบบซิกซ์ ซิกม่าเพื่อเป็นเครื่องมือในการค้นหาปัจจัยหรือปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการวางแผนการบรรจุสินค้าและหาแนวแนวทางแก้ไขปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบรรจุสินค้าเพื่อส่งออกโดยทางเรือเดินทะเลไปยังประเทศสหรัฐอเมริกาและพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบ คือ เกิดจากการขาดการประสานงานและขาดความเข้าใจในการปฏิบัติงาน รวมทั้งการที่ไม่มีการควบคุมประสิทธิภาพการบรรจุ และได้ปรับปรุงแก้ไขโดยเพิ่มการวางแผนการบรรจุสินค้าประจำสัปดาห์ให้เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด คือ ต้องบรรจุให้ได้อย่างน้อย ร้อยละ 80 ของพื้นที่ของตู้คอนเทนเนอร์ และหลังจากปรับปรุงพบว่าประสิทธิภาพของการบรรจุสินค้าในตู้คอนเทนเนอร์มีเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 68 ไปเป็น ร้อยละ 80

เทพนที ด่านเดชา (2552) นำเอาหลักแนวทางการผลิตแบบลีนและการบริหารคุณภาพด้วยแนวทางแบบซิกซ์ ซิกม่าเพื่อปรับปรุงกระบวนการประกอบแผงวงจรรวม โดยมีเป้าหมายเน้นการลดรอบเวลา (Cycle time) ของกระบวนการ Die Attach และ Wire bond และลดของเสียที่เกิดจาก Loop ภายในแผนกประกอบแผงวงจรรวม ผลจากการวิเคราะห์พบว่ารอบเวลาที่สูญเปล่าไปเกิดจาก 3 สาเหตุ คือ ความสูญเปล่าจากการมีขั้นตอนมากเกินไป ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวโดยไม่จำเป็น และความสูญเปล่าจากการรอเวลานานเกินไปและหลังจากปรับปรุงแล้วสามารถลดรอบเวลาของกระบวนการ Die Attach จาก 235.44 นาที ลงเหลือ 88.39 นาที โดยลดลง 147.5 นาที และลดรอบเวลาของกระบวนการ Wire bond จาก 788.36 นาที ลงเหลือ 770.26 นาที โดยลดลง 18.10 นาที และยังสามารถใช้วิธีการบริหารคุณภาพแบบซิกซ์ ซิกม่าเพื่อลดอัตราของเสียที่เกิดจากปัญหาเกี่ยวกับ Loop ลงจาก ของเสีย 1228 DPPM เหลือ 677 DPPM โดยลดลงจากเดิม 551 DPPM ซึ่งคิดเป็น ร้อยละ 44.87 เมื่อเทียบกับเวลาก่อนดำเนินการปรับปรุง

ศุภกฤต หวังสิทธิเดช (2552) ใช้วิธีการทางซิกซ์ ซิกม่าในการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงานประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อลดปริมาณของเสียของการผลิตแผงวงจรปรับเพิ่มลดไฟแสดงผลบนหน้าปัดของรถยนต์ โดยเริ่มจากการระบุปัญหาและใช้เครื่องมือต่าง ๆ ทั้งการวิเคราะห์ความเสียหายและผลกระทบ (FMEA) แผนภูมิพาเรโตรวมทั้งเครื่องมือทางสถิติเพื่อศึกษาความแปรปรวนของกระบวนการผลิต และวิเคราะห์ต่อด้วยการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติในขั้นตอนการวิเคราะห์ จากนั้นจึงทำการออกแบบการทดลอง (DOE) เพื่อศึกษาหาปัจจัยความแปรปรวนที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญมาทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต และมีการติดตามผลและควบคุมกระบวนการที่ปรับปรุง และหลังการปรับปรุงสามารถลดของเสียจาก 856 DPPM ให้เหลือศูนย์

สุภวรรณ ศรีวรรณู (2554) ใช้วิธีเทคนิคซิกซ์ ซิกม่าเพื่อลดข้อบกพร่องและปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตเบาะนั่งหน้ารถยนต์ โดยดำเนินตามขั้นตอน DMAIC ในการปรับปรุง 2 กระบวนการคือ กระบวนการผลิตที่พิงศีรษะ ส่วนที่กระบวนการผนึกชิ้นงานด้วยการพ่นกาว (Bonding) โดยขั้นตอน D-phase พบว่าปัญหาที่เกิดมากที่สุดคือเกิดโพรงอากาศที่พิงศีรษะ ส่วนกระบวนการ Bonding พบปัญหาจากการ Bonding ไม่ติด และเมื่อนำปัญหาทังสองกระบวนการมาค้นหาสาเหตุด้วย M-phase ด้วยการระดมสมองและผังก้างปลาพบว่าสาเหตุของโพรงอากาศเกิดขึ้นมากที่ขั้นตอนการการฉีด ส่วนปัญหา Bonding ไม่ติดนั้นมีสาเหตุมาจากแรงกดของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานไม่เหมาะสมและไม่มีการควบคุมปริมาณและวิธีการในการพ่นกาวจากนั้นจึงนำสาเหตุหลักของทั้ง 2 กระบวนการทำการมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการแก้ไข A-phase โดยใช้เทคนิค FMEA ร่วมกับ DOE พบว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาเกิดโพรงอากาศคือชนิดของหลอดฉีด ส่วนกระบวนการ Bonding จะใช้หลักการวิเคราะห์การไหลของงานพร้อมทั้งออกแบบวิธีการทำงานใหม่มาแก้ไขปัญหาการพ่นกาวไม่ติด ในการแก้ไขปัญหา I-phase ได้ทำการเปลี่ยนชนิดของหลอดฉีดจากการไหลทางเดียวมาเป็นการไหลแบบสองทางแบบเฉียง ส่วนกระบวนการ Bonding ได้ทำการแก้ไข 2 ทางคือ (1) ปรับปรุงเครื่องพ่นกาวให้สามารถพ่นกาวอัตโนมัติให้สามารถควบคุม ปริมาณกาว เวลาที่ใช้และทิศทางในการพ่นกาวได้ (2) ปรับปรุงอุปกรณ์กดชิ้นงานโดยเพิ่มตำแหน่งกดชิ้นงาน และหลังจากการปรับเปลี่ยนก็ได้กำหนดเป็นมาตรฐานการทำงานใหม่ (C-phase) และติดตามผลหลังการปรับปรุงเป็นเวลา 3 เดือนพบว่าปริมาณของเสียที่เกิดจากปัญหาโพรงอากาศลดลง 99.45% และที่กระบวนการ Bonding สามารถลดพนักงานได้ 1 คน และยังสามารถลดเวลาในการทำงานลงได้ 24.41 วินาที/ชิ้น ส่งผลให้สามารถเพิ่มค่าผลได้ (Yield) จาก 98.94% เป็น 99.87% และสามารถลดค่าใช่จ่ายลงได้ 22,800 บาท/เดือน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวดของผลิตภัณฑ์ C ซึ่งมีตัวเลขของผลได้ (Yield) ในกระบวนการที่ต่ำกว่าเป้าหมายที่วางไว้เนื่องจากเกิดของเสียในกระบวนผลิตจำนวนมากซึ่งส่งผลต่อต้นทุน และผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็ไม่มีคุณภาพซึ่งอาจส่งผลต่อความเชื่อมมั่นของลูกค้า ดั้งนั้นทางบริษัทจึงจำเป็นจะต้องหาแนวทางการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงกระบวนการอย่างเร่งด่วน ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่าในกระบวนเชื่อมลวดแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การระบุปัญหาศึกษาและรวบรวมข้อมูลผลได้ (Yield) ศึกษาผลกระทบของปัญหาข้อมูลของเสีย รวมถึงศึกษาขั้นตอนการทำงานในกระบวนการเชื่อมลวด

เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการระบุปัญหา

1.1 Voice of Customer (VOC)

1.2 Critical to quality (CTQ)

1.3 SIPOC Process map

1.4 หลักการตั้งคำถาม 3W2H

2. ขั้นตอนการวัดศึกษาความแปรปรวนของระบบการวัดในกระบวนการปัจจุบัน โดยการทดสอบความเอนเอียงของเครื่องมือวัด (Gage bias study) วิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gage R&R) จากนั้นจึงวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจากข้อมูลย้อนหลังจากอดีตจนถึงปัจจุบันโดยวิเคราะห์จากดัชนีความสามารถของกระบวนการ C_{pk} และ P_{pk} รวมถึงดูค่าเฉลี่ยและค่าส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อดูว่ากระบวนการผลิตในปัจจุบันมีปัญหาเรื่องการควบคุมกระบวนการหรือไม่อย่างไร

เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการการวัด

1. การทดสอบความเอนเอียงของเครื่องมือวัด (Gage Bias Study)

2. การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gage R&R)

3. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process capability analysis)

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้จะเริ่มด้วยการค้นหาปัจจัยหลักที่มีผลต่อขนาดบอนด์จากการระดมสมองโดยอาศัยผังก้างปลา (Fish bone diagram) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ช่วยค้นหาและลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย จากนั้นจึงนำปัจจัยหลักที่ได้ไปทำการพิสูจน์ด้วยการทดสอบสมมุติฐานเพื่อตัดปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องออก

เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์

1. การระดมสมอง (Brain storming)

2. การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

3. แผนภาพพาเรโต (Pareto diagram)

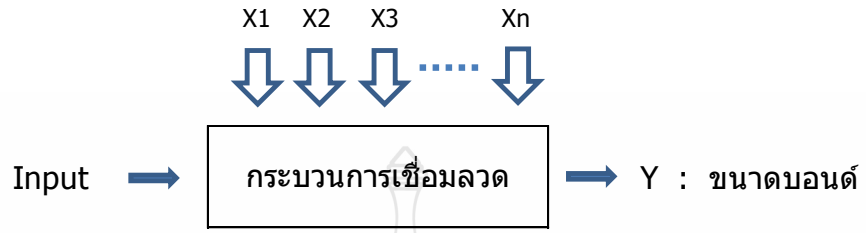
4. การทดสอบสมมุติฐาน (Hypothensis testing)

5. วิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Two-samples t-test)

6. การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test)

7. การทดสอบความเสถียรภาพของความแปรปรวน (Test for Variance Stability)

8. ขั้นตอนการปรับปรุงในขั้นตอนการปรับปรุงนี้ จะนำปัจจัยที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วว่ามีผลกระทบต่อขนาดของบอนด์มาทำการหาค่าพารามิเตอร์ที่จะทำให้บอนด์มีขนาดที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะใช้วิธีการออกแบบการทดลอง (Design of experiment : DOE) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมาช่วยในการกำหนดวิธีการทดลองและวิเคราะห์ผล โดยจะเป็นการหาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทั้งหมดแล้วกลั่นกรองออกมาเป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X (พารามิเตอร์ทั้งหมด) กับตัวแปร Y (ขนาดบอนด์) เพื่อนำไปหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นจึงนำไปกำหนดให้ใช้ในกระบวนการผลิตและติดตามผล ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปร X และตัวแปร Y ในกระบวนการ

เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการปรับปรุง

1. การออกแบบการทดลอง (Design of experiment)
2. การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test)
3. การตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูล (Model Adequacy Checking)
4. การวิเคราะห์เศษเหลือ (Residual Analysis)
5. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Regression Analysis)
6. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process capabiliy Analysis)
7. การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการควบคุม (Control Phase) ขั้นตอนนี้จะเป็นการควบคุมปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดปัญหาเพื่อให้แน่ใจว่าหลังจากที่ทำการปรับปรุงแล้วได้มีการปฏิบัติตามที่ได้ปรับปรุงและกำหนดไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะต้องถูกระบุไว้ในขั้นตอนการทำงานและมีการกำหนดรอบเวลาในการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการโดยเช่นการตรวจสอบประจำวัน (Daily Check) การตรวจสอบประจำสัปดาห์ (Weekly Check) หรือตรวจเช็คประจำเดือน (Monthly Check) ซึ่งวิธีการตรวจเช็คต่าง ๆ ทั้งรอบเวลาและหน้าที่ผู้รับผิดชอบรวมถึงวิธีการลงบันทึกนั้นจะต้องถูกกำหนดไว้ในตารางแผนควบคุม (Control Plan) โดยการลงบันทึกนั้นอาจจะใช้เป็น Check Sheet ซึ่งมีการกำหนดหัวข้อในการตรวจเช็คตามรอบเวลานั้น ๆ ไว้ และนอกจากการตรวจสอบปัจจัยป้อนเข้าเป็นประจำแล้ว ยังสามารถควบคุมกระบวนการโดยการใช้การดูความแปรผันของกระบวนการโดยอาศัย Control Chart เพื่อช่วยเฝ้าระวังรวมถึงใช้ในการดูความผิดปกติต่าง ๆ ได้

เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการควบคุม

1. แผนการควบคุมกระบวนการ (Control Plan)
2. แผนภูมิควบคุม (Control chart)

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวด ข้อมูลที่จำเป็นต่อการปรับปรุงกระบวนการจะเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตในกระบวนการเชื่อมลวด ได้แก่

1. ข้อมูล Yield ของแต่ละเดือน
2. DPPM ของของเสียแต่ละประเภทที่ตรวจพบ
3. ใบบันทึกการผลิตและพารามิเตอร์ของเครื่องจักร
4. ข้อมูลการวัดขนาดบอนด์ในกระบวนการเชื่อมลวด
5. ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเริ่มจากเดือน พฤศจิกายน 2555 ถึง มกราคม 2556

3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวดเพื่อลดของเสีย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์เชิงปริมาณเป็นการวิเคราะห์ Yield และ DPPM ของของเสียแต่ละประเภทที่ตรวจพบก่อนและหลังการปรับปรุง

2. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process capability analysis) ก่อนและหลังการปรับปรุงซึ่งจะวิเคราะห์ดัชนีความสามารถของกระบวนการ C_{pk} และ P_{pk} รวมถึงดูค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อดูว่ากระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่

สำรวจสภาพปัจจุบัน

1. ศึกษาขั้นตอนการทำงานของกระบวนการเชื่อมลวด

กระบวนการเชื่อมลวดเป็นกระบวนการที่มีหน้าที่ในการเชื่อมวงจรด้วยลวดทองซึ่งจะเริ่มจากการรับชิ้นงานจากกระบวนการก่อนหน้าจากนั้นจึงเป็นขั้นตอนการเตรียมงานซึ่งจะเป็นการย้ายตัวงาน (Transfer) จากถาดใส่งานของกระบวนการก่อนหน้าเพื่อจัดเรียงลงคาริเออร์ (Carrier) จากนั้นจึงโหลดเข้าแม็คกาซีน (Magazine) แล้วนำแม็คกาซีนเข้าเครื่องเพื่อเชื่อมลวดและตรวจสอบคุณภาพก่อนส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไปดังแสดงในภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนของกระบวนการเชื่อมลวด

2. การปฏิบัติงานเกี่ยวกับเครื่องจักรและการตรวจสอบ

เครื่องจักรจะถูกปรับแต่งและตั้งค่าพารามิเตอร์ตามที่กำหนดและมีการตรวจสอบคุณภาพของการเชื่อมลวดโดยการนำชิ้นงาน 3 ตัวแรกของงานทุกล็อต ไปทำการวัดขนาดของบอนด์ เพื่อให้มั่นใจว่าขนาดของบอนด์ของลวดที่ทำการเชื่อมในล็อตนั้น ๆ ตรงกับความต้องการตามข้อกำหนด และจะบันทึกค่าต่าง ๆ ลงในระบบ แต่หากงานที่นำไปทำการวัดนั้นมีขนาดของบอนด์ไม่ตรงกับข้อกำหนดจะต้องทำการปรับแต่งเครื่องจักรใหม่เพื่อให้ได้คุณภาพตามที่กำหนด

บทที่ 4

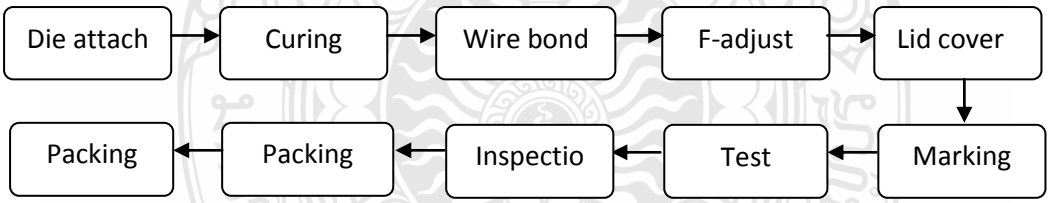
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวดของผลิตภัณฑ์ C โดยมีเป้าหมายที่จะเพิ่มผลได้ (yield) และปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ (Process capability) โดยอาศัยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่ามาเป็นเครื่องมือ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการระบุปัญหา
2. การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวัด
3. การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวิเคราะห์
4. การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการปรับปรุง
5. การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการควบคุม

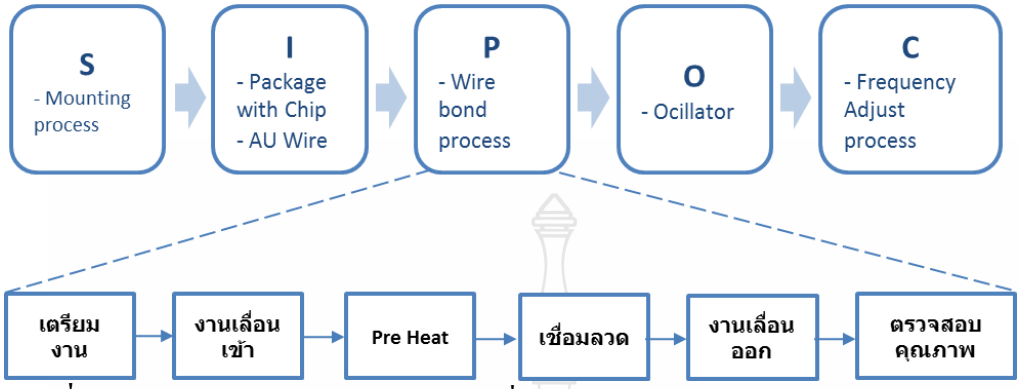
4.1 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการระบุปัญหา (Define Phase)

1. สำรวจกระบวนการ การผลิตตัวกำเนิดความถี่ประกอบด้วยกระบวนการย่อย ๆ หลายกระบวนการซึ่งสามารถดูการไหลของกระบวนการได้จากแผนภูมิการไหลของกระบวนการได้ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตตัวกำเนิดความถี่

2. SIPOC Process map กระบวนการเชื่อมลวด เริ่มจาก รับชิ้นงานจากกระบวนการก่อนหน้าเข้าสู่กระบวนการเชื่อมลวดแล้วส่งต่อกระบวนการถัดไปแล้วส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไป โดยสามารถเขียนเป็นผัง SIPOC และจากการตั้งคำถาม 3W2H ขั้นตอนที่ก่อให้เกิดปัญหาในผัง SIPOC คือ P หรือ Process และสามารถแบ่งออกเป็นกระบวนการย่อย ๆ ของกระบวนการเชื่อมลวดโดยใช้ Process map ได้ดังนี้ได้ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แผนผัง SIPOC ของกระบวนการเชื่อมลวด

จากปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักการตั้งคำถาม 3W2H ดังนี้

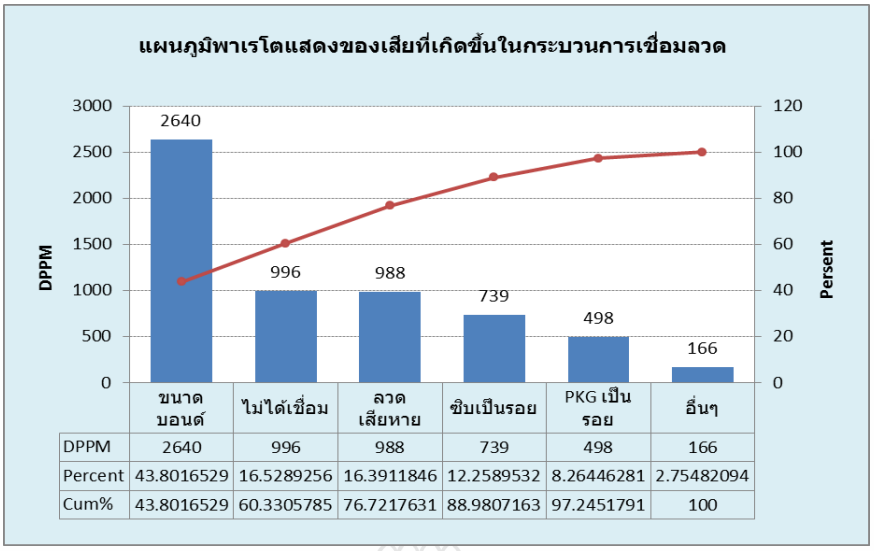
- What : พบของเสียบอนด์ไม่ได้ขนาดในระดับ PPM ที่สูง
- Where : กระบวนการเชื่อมลวด
- When : เดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม
- How : ใบรายงานจากการตรวจสอบคุณภาพ
- How much : 2,640 PPM

จากการเก็บข้อมูลของผลได้ (Yield) ในกระบวนการเชื่อมลวดของผลิตภัณฑ์ C ย้อนหลังตั้งแต่เดือนกันยายนจนถึงเดือนตุลาคม 2555 พบว่า Yield เฉลี่ยที่ได้อยู่ที่ 99.39% ซึ่งต่ำกว่าเป้าที่วางไว้ที่ 99.90% และจากปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น ทำให้มีกระทบกับ (Voice Of Customer, VOC) ดังนี้

1. ลูกค้าภายใน (Internal customer) ทางบริษัทได้ตั้งเป้า Yield ของกระบวนการเชื่อมลวดไว้ที่ 99.90% แต่จากการผลิตจริงมี Yield เฉลี่ยอยู่ที่ 99.39% เท่านั้น ซึ่งเท่ากับว่ามีของเสียในกระบวนการถึง 6,027 PPM และงานเหล่านี้หากไม่สามารถซ่อมแซมได้ก็จะต้องมีการปรับเป็นมูลค่าผลิตภัณฑ์ซึ่งจะส่งผลต่อกำไรของบริษัท ส่วนกระบวนก็ต้องมีการหยุดเมื่อเจอปัญหาซึ่งจะมีผลกระทบต่อเวลาของกระบวนการ ส่วนทางด้านพนักงานก็ต้องมีการตรวจเช็คที่มากขึ้นเพื่อตรวจจับความผิดปกติทั้งตัวงานและเครื่องจักร

2. ลูกค้าภายนอก (External customer) อาจได้รับสินค้าล้าช้าเพราะต้องมีการผลิตชิ้นงานเพิ่มเพื่อทดแทนชิ้นงานที่ถูกคัดออกและอาจมีงานที่ไม่ได้มาตรฐานหลุดออกไปถึงมือลูกค้าได้ Critical to quality (CTQ)

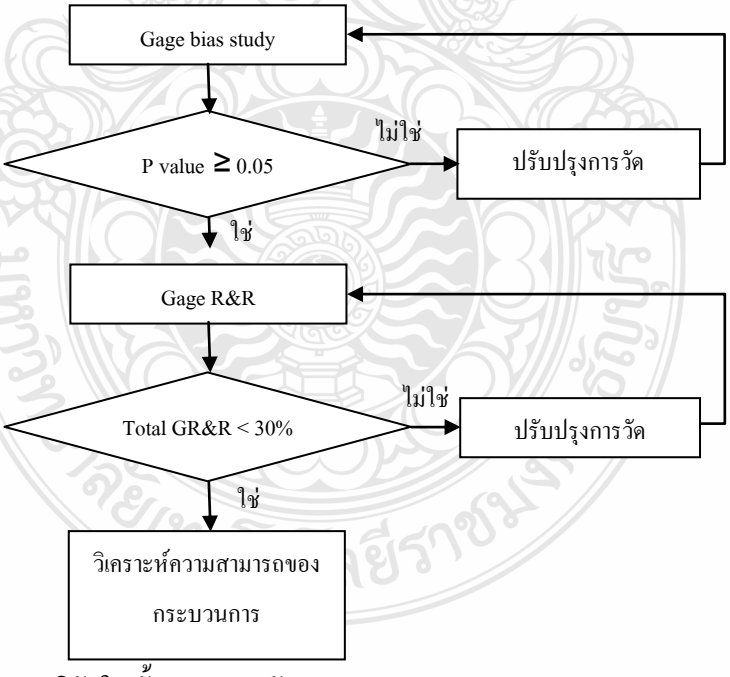
จากการรวบรวมข้อมูลของเสียในกระบวนการเชื่อมลวดของผลิตภัณฑ์ C ตั้งแต่เดือนกันยายนจนถึงเดือนตุลาคม 2555 มาสร้างเป็นแผนภูมิพาเรโต พบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้ Yield ของกระบวนการต่ำกว่าเป้าหมายเกิดจากปัญหาบอนด์ไม่ได้ขนาดซึ่งพบมากถึง 2,640 PPM ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 43.8 ของจำนวนของเสียทั้งหมดดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 แผนภูมิพาเรโตแสดงประเภทของเสียเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม 2555

4.2 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

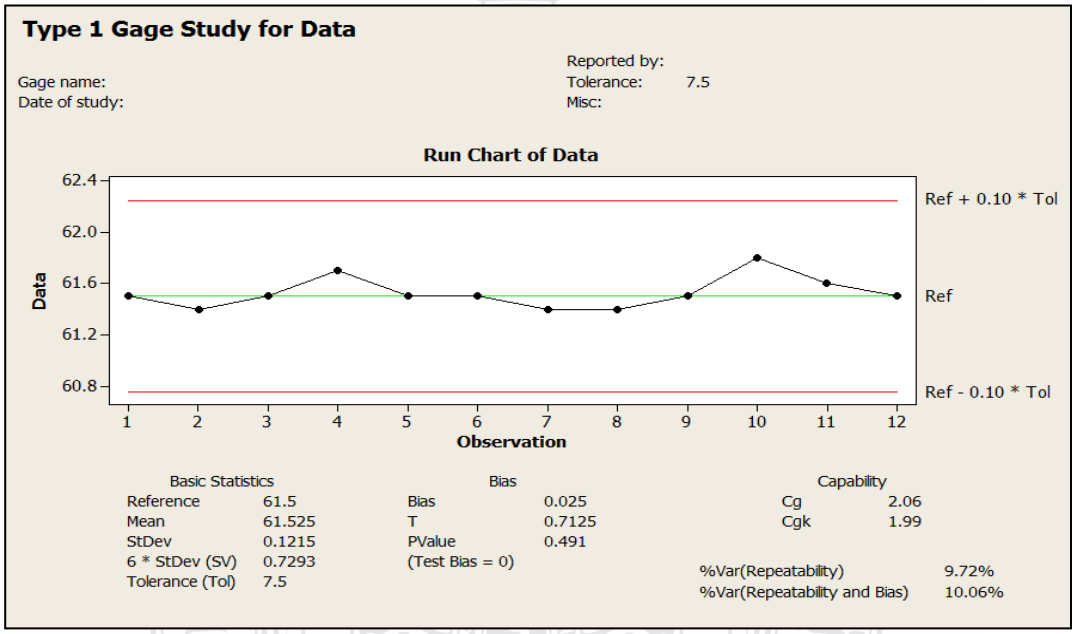
ในขั้นตอนนี้จะทำการวัดเพื่อศึกษาความแปรปรวนของระบบการวัดในปัจจุบัน และวิเคราะห์ถึงความสามารถของกระบวนการในปัจจุบันเกี่ยวกับการควบคุมขนาดของบอนด์โดยมีขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวัด

4.2.1 วิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) เพื่อประเมินระบบการวัดที่ใช้อยู่ปัจจุบันเพื่อให้มั่นใจว่าปัญหาบอนด์ไม่ได้ขนาดไม่ได้เกิดจากระบบการวัดและให้มั่นใจว่าระบบการวัดนี้สามารถที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการครั้งนี้ได้หรือไม่ ซึ่งในที่นี้เครื่องมือที่ใช้ในการวัดขนาดของบอนด์ในปัจจุบันก็คือเครื่อง Nikon Measuring Microscope รุ่น MM-40 ซึ่งมีกำลังขยายสูงสุด 100 เท่า และความละเอียดของการวัดอยู่ที่ 0.1 ไมโครเมตรซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ทดสอบความเอนเอียงของเครื่องมือวัด (Gage Bias Study) โดยการสร้างชิ้นงานมาหนึ่งตัวแล้วให้พนักงานหนึ่งคนวัดตัวงานนั้นด้วยเครื่องมือวัดซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ ครั้ง ซึ่งในที่นี้จะให้พนักงานทำการวัดขนาดบอนด์ของตัวออสซิลเลเตอร์ซ้ำ ๆ กัน 12 ครั้ง แล้วนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ซึ่งได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความเอนเอียงของเครื่องมือวัด

จากภาพที่ 4.5 พบว่าค่า P-Value ของ Bias เท่ากับ 0.491 ซึ่งมากกว่า 0.05 ถือว่าเครื่องมือไม่มีความเอนของเครื่องมือวัด ส่วนค่าความสามารถของเครื่องมือวัด (Cgk) อยู่ที่ 1.99 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี

2. วิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gage R&R) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

2.1 คัดเลือกตัวออสซิลเลเตอร์จำนวน 10 ตัว ซึ่งมีขนาดบอนด์ทั้ง 3 แบบ คือ งานดี งานเสียและงานที่กำกึ่ง

2.2 คัดเลือกพนักงานประจำเครื่องวัดที่มีความชำนาญในการวัดขนาดบอนด์ 2 คน

3. ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการกำหนดวิธีการวัดโดยกำหนดจำนวนงานที่จะใช้วัดเป็น 10 ตัว พนักงาน 2 คน และวัดซ้ำ 3 ครั้ง ซึ่งโปรแกรมจะแสดงผลเป็นลำดับของการวัดทั้งตัวงานและพนักงานแบบสุ่มดังแสดงในภาพที่ 4.6

ลำดับการวัด	ตัวชิ้นงานที่	พนักงานวัด	ลำดับการวัด	ชิ้นงานที่	พนักงานวัด	ลำดับการวัด	ชิ้นงานที่	พนักงานวัด
1	7	Operator 1	21	6	Operator 1	41	8	Operator 1
2	2	Operator 1	22	5	Operator 1	42	4	Operator 1
3	9	Operator 1	23	3	Operator 1	43	7	Operator 1
4	5	Operator 1	24	9	Operator 1	44	3	Operator 1
5	4	Operator 1	25	1	Operator 1	45	9	Operator 1
6	1	Operator 1	26	10	Operator 1	46	10	Operator 1
7	3	Operator 1	27	2	Operator 1	47	1	Operator 1
8	10	Operator 1	28	8	Operator 1	48	6	Operator 1
9	8	Operator 1	29	4	Operator 1	49	2	Operator 1
10	6	Operator 1	30	7	Operator 1	50	5	Operator 1
11	10	Operator 2	31	3	Operator 2	51	9	Operator 2
12	6	Operator 2	32	9	Operator 2	52	8	Operator 2
13	9	Operator 2	33	8	Operator 2	53	6	Operator 2
14	7	Operator 2	34	10	Operator 2	54	4	Operator 2
15	1	Operator 2	35	7	Operator 2	55	1	Operator 2
16	4	Operator 2	36	1	Operator 2	56	5	Operator 2
17	3	Operator 2	37	6	Operator 2	57	3	Operator 2
18	5	Operator 2	38	4	Operator 2	58	7	Operator 2
19	2	Operator 2	39	2	Operator 2	59	2	Operator 2
20	8	Operator 2	40	5	Operator 2	60	10	Operator 2

ภาพที่ 4.6 แสดงลำดับการวัดที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

4. ทำการวัดโดยลำดับพนักงานและตัวงานที่ใช้วัดตามที่โปรแกรมกำหนดมาแล้วนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gage R&R) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ซึ่งได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.7

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Parts	9	2573.43	285.936	450.097	0.000
Operators	1	0.10	0.104	0.164	0.695
Parts * Operators	9	5.72	0.635	3.443	0.003
Repeatability	40	7.38	0.185		
Total	59	2586.63			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

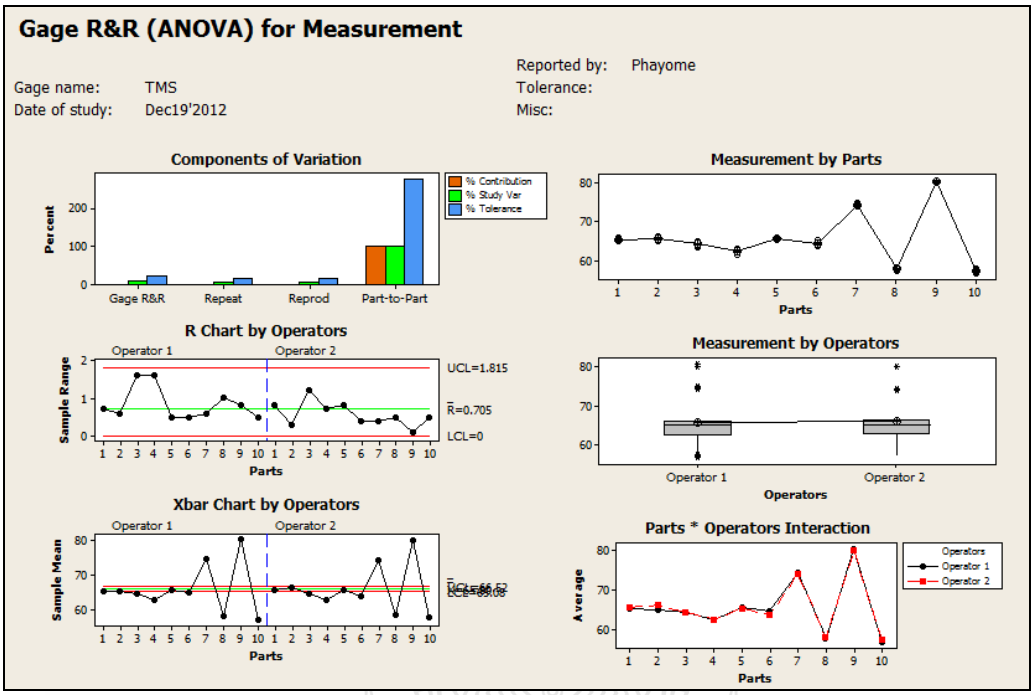
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.3348	0.703
Repeatability	0.1845	0.39
Reproducibility	0.1503	0.31
Operators	0.0000	0.00
Operators*Parts	0.1503	0.31
Part-To-Part	47.5502	99.30
Total Variation	47.8850	100.00

Process tolerance = 15

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.57858	3.4715	8.36	23.14
Repeatability	0.42953	2.5772	6.21	17.18
Reproducibility	0.38763	2.3258	5.60	15.51
Operators	0.00000	0.0000	0.00	0.00
Operators*Parts	0.38763	2.3258	5.60	15.51
Part-To-Part	6.89567	41.3740	99.65	275.83
Total Variation	6.91990	41.5194	100.00	276.80

Number of Distinct Categories = 16

ภาพที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของกระบวนการวัด (Gage R&R) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

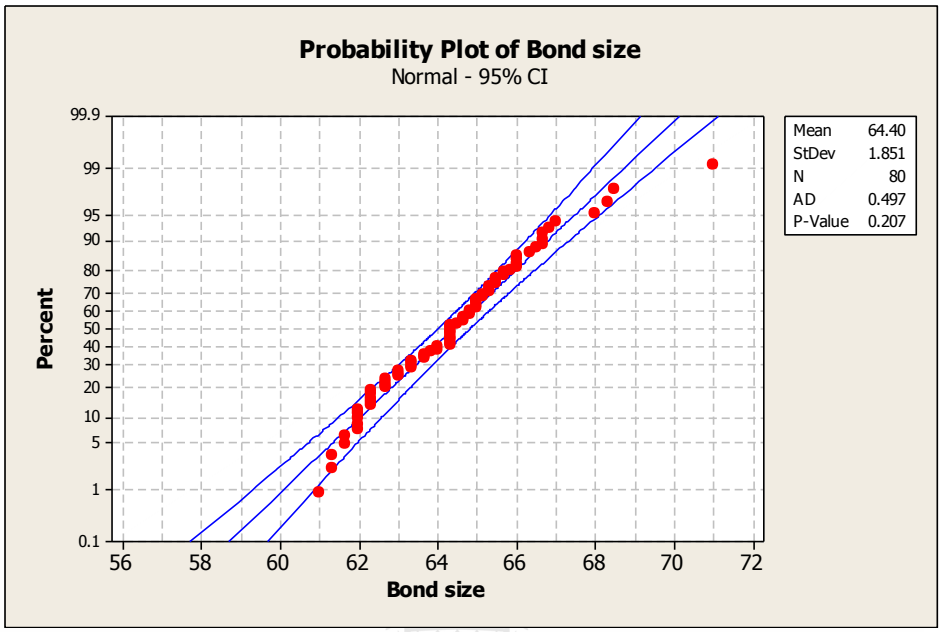


ภาพที่ 4.7 (ต่อ)

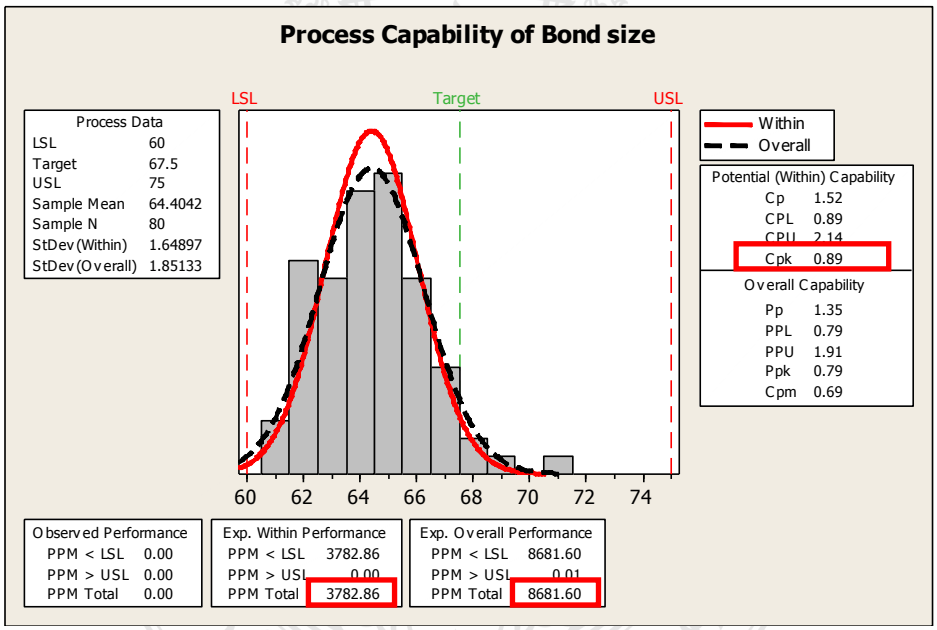
จากภาพที่ 4.7 พบว่าค่าเปอร์เซนต์ Contribute เท่ากับ 0.703% ซึ่งน้อยกว่า 30% และความผันแปรของผลการวัดส่วนใหญ่เกิดจากชิ้นงานตัวอย่างเองถึง 99.3% นั้นหมายถึงกระบวนการวัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เป็นกระบวนการวัดที่ดีเยี่ยมเชื่อถือและได้สามารถใช้ในการทดลองปรับปรุงคุณภาพได้เป็นอย่างดี

4.2.2 วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process capability analysis)

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจะทำโดยรวบรวมข้อมูลของการวัดขนาดบอนด์ ย้อนหลังไปในช่วงเดือนกันยายน ถึง ตุลาคม 2555 จำนวน 80 ล็อต ล็อตละ 3 ข้อมูล (รวมเป็น 240 ข้อมูล) โดยข้อมูลที่รวบรวมมานั้นมาจากกระบวนการผลิตในสภาพปกติปัจจุบัน แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละล็อตแล้วนำข้อมูลไปทดสอบความปกติของข้อมูลและทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติซึ่งจะวิเคราะห์ดัชนีความสามารถของกระบวนการ C_{pk} และ P_{pk} รวมถึงดูค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อดูว่ากระบวนการผลิตในปัจจุบันมีปัญหาเรื่องการควบคุมกระบวนการหรือไม่ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 4.8 และ 4.9



ภาพที่ 4.8 ผลการทดสอบความปกติของข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ



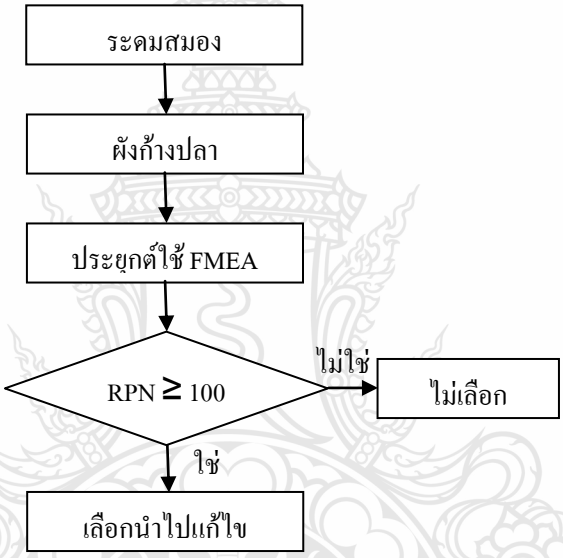
ภาพที่ 4.9 ผลวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

จากภาพที่ 4.8 ผลการทดสอบความปกติของข้อมูลได้ค่า P-value เท่ากับ 0.207 ซึ่งมากกว่า 0.05 และในทางสถิติถือว่าข้อมูลเป็นปกติ จากนั้นจึงนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการซึ่งได้ผลตามภาพที่ 4.9 พบว่าค่า Cpk ของกระบวนการเท่ากับ 0.89 ซึ่งหมายถึงกระบวนการมีความสามารถอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานของกระบวนการผลิตทั่วไปซึ่งควรจะอยู่ที่

ระดับ 1.33 ขึ้นไป และเมื่อวิเคราะห์ค่า PPM ซึ่งเป็นการประเมินของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บข้อมูล (Within performance) จะเท่ากับ 3,782 PPM และในระยะยาว (Overall performance) หากไม่ทำการแก้ไขของเสียที่เกิดขึ้นจะมากถึง 8,681 PPM ซึ่งจำเป็นต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วน

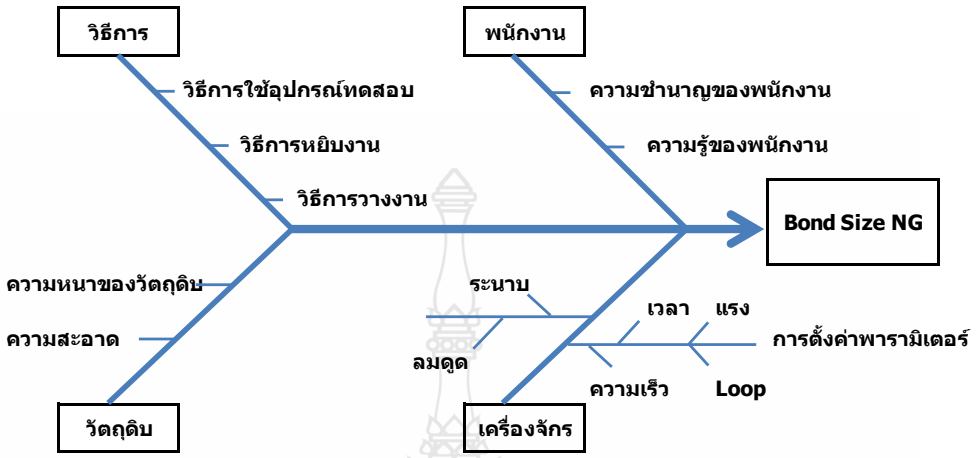
4.3 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

ในขั้นตอนนี้จะเริ่มด้วยการค้นหาสาเหตุหลักที่มีผลต่อขนาดบอนด์โดยการระดมสมอง แล้วจึงนำปัจจัยทั้งหมดที่ได้ไปทำการพิสูจน์ว่าสาเหตุไหนบ้างที่มีผลต่อขนาดบอนด์แล้วจึงสรุปผล โดยมีขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 การดำเนินการวิจัยขั้นตอนการวิเคราะห์

4.3.1 วิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังก้างปลา (Fish bone diagram) ระดมความคิดของวิศวกรและผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเชื่อมลวดเพื่อช่วยกันแจกแจงสาเหตุหรือปัจจัยทั้งหมดที่คาดว่าจะมีผลต่อขนาดของบอนด์ซึ่งได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 การวิเคราะห์สาเหตุและผลด้วยแผนภูมิก้างปลา (Fish bone diagram)

4.3.2 วิเคราะห์หาสาเหตุหลักด้วยตารางการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) โดยนำสิ่งที่ได้จากผังก้างปลามาสร้างตารางวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ เพื่อวิเคราะห์สาเหตุหรือปัจจัยหลักที่มีผลต่อขนาดบอนด์โดยวิศวกรและผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเชื่อมลวดมาช่วยกันประเมินเป็นคะแนนของความเสี่ยง RPN แล้วเลือกเฉพาะปัจจัยที่มีค่า RPN มากกว่าหรือเท่ากับ 100 ไปแก้ไขต่อไป ซึ่งได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.12 และตารางที่ 4.2

ขั้นตอนกระบวนการผลิต	Potential Key Process Input Variation(KPIVs)	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	SEV	Class	Potential Cause(s) Mechanism(s) of failure	Occur	Current Process Controls Detection	Detect	R.P.N.
การเตรียมงาน	การวางงานลงคาริเออร์	ระดับของร่องวางงาน	ชิ้นงานไม่ได้ระดับส่งผลต่อขนาดบอนด์	8		ตัวล็อคงานของคาริเออร์หักงอ	2	ตรวจจับด้วยเครื่องจักร	2	32
การน่างานเข้าเครื่องจักร	วิธีการวางงานแม็คกาซีน	วางแม็คกาซีนไม่ลงล็อค	เครื่องไม่สามารถเลื่อนงานเข้าไปได้ส่งผลต่อขนาดบอนด์	2		พนักงานไม่ระวัง	2	เครื่องจะร้องเตือน	2	8
สั่งเครื่องจักรให้เชื่อมลวด	แรงที่ใช้ในการบอนด์	ตั้งค่าสูงหรือต่ำเกินไป	บอนด์ไม่ได้ขนาด	8		ฝ่ายออกแบบกำหนดค่าไม่เหมาะสม	9	ตั้งค่าแรงในโปรแกรมของเครื่องจักรโดยไม่อนุญาตให้พนักงานปรับค่าเอง	2	144
	เวลาที่ใช้ในการบอนด์	ตั้งค่าสูงหรือต่ำเกินไป	บอนด์ไม่ได้ขนาด	8		ฝ่ายออกแบบกำหนดค่าไม่เหมาะสม	9	ตั้งค่าเวลาในโปรแกรมของเครื่องจักรโดยไม่อนุญาตให้พนักงานปรับค่าเอง	2	144
	กำลังที่ใช้ในการบอนด์	ตั้งค่าสูงหรือต่ำเกินไป	บอนด์ไม่ได้ขนาด	8		ฝ่ายออกแบบกำหนดค่าไม่เหมาะสม	9	ตั้งค่ากำลังในโปรแกรมของเครื่องจักรโดยไม่อนุญาตให้พนักงานปรับค่าเอง	2	144
	อุณหภูมิที่ใช้ในการบอนด์	ตั้งค่าสูงหรือต่ำเกินไป	บอนด์ไม่ได้ขนาด	8		ฝ่ายออกแบบกำหนดค่าไม่เหมาะสม	9	ตั้งค่าอุณหภูมิในโปรแกรมของเครื่องจักรโดยไม่อนุญาตให้พนักงานปรับค่าเอง	2	144
	ความเร็วที่ใช้ในการบอนด์	ตั้งค่าสูงหรือต่ำเกินไป	บอนด์ไม่ได้ขนาด	3		ฝ่ายออกแบบกำหนดค่าไม่เหมาะสม	2	ตั้งค่าความเร็วในโปรแกรมของเครื่องจักรโดยไม่อนุญาตให้พนักงานปรับค่าเอง	2	12
	Loop ที่ใช้ในการบอนด์	ตั้งค่าไม่เหมาะสม	บอนด์ไม่ได้ขนาด	3		ฝ่ายออกแบบกำหนดค่าไม่เหมาะสม	2	ตั้งค่า Loop ในโปรแกรมของเครื่องจักรโดยไม่อนุญาตให้พนักงานปรับค่าเอง	2	12
	ความหนาของวัตถุดิบ	ความผันแปรของวัตถุดิบ	บอนด์ไม่ได้ขนาด	2		ขาดการทวนสอบค่าเฉลี่ยและค่าความผันแปรที่รับจากลูกค้า	2	IQA สุ่มตรวจ	7	28

ภาพที่ 4.12 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

ขั้นตอนกระบวนการผลิต	Potential Key Process Input Variation(KPIVs)	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	SEV	Class	Potential Cause(s) Mechanism(s) of failure	Occur	Current Process Controls Detection	Detect	R.P.N.
สั่งเครื่องจักรให้เชื่อมลวด	ความสะอาดของวัตถุดิบ	วัตถุดิบสกปรก	บอนด์ไม่ได้ขนาด	2		วิธีการจัดเก็บวัตถุดิบไม่เหมาะสม	2	IQA สุ่มตรวจ	7	28
ตรวจสอบงานตามแผนการสุ่ม	วิธีการใช้เครื่องมือวัด	ใช้ไม่ถูกต้อง	วัดขนาดบอนด์ผิด	6		พนักงานขาดความรู้ในการทำงาน	3	ทำ Gate R&R	2	28
	เครื่องมือที่ใช้วัด	เครื่องมือวัดไม่มีประสิทธิภาพ	วัดขนาดบอนด์ผิด	6		พนักงานขาดความรู้ในการทำงาน	3	ทำ Gate R&R	2	28

ภาพที่ 4.12 (ต่อ)

ตารางที่ 4.1 สรุปค่าตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง

KPIVs List	RPN
การวางงานลงคาริเออร์	32
วิธีการวางงานแม็คกาซีน	8
แรงที่ใช้ในการบอนด์	144
เวลาที่ใช้ในการบอนด์	144
กำลังที่ใช้ในการบอนด์	144
อุณหภูมิที่ใช้ในการบอนด์	144
ความเร็วที่ใช้ในการบอนด์	12
Loop ที่ใช้ในการบอนด์	12
ความหนาของวัตถุดิบ	28
ความสะอาดของวัตถุดิบ	28
วิธีการใช้เครื่องมือวัด	28
เครื่องมือที่ใช้วัด	28

เมื่อพิจารณาจากค่า RPN ทำให้สามารถเลือกปัจจัยป้อนเข้าน่าจะมีผลต่อขนาดบอนด์ได้ทั้งหมด 4 ปัจจัย ซึ่งจะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase) ต่อไป คือ แรง เวลา กำลัง และอุณหภูมิ

4.3.3 ทดสอบสมมุติฐาน (Hypothensis testing) เลือกเอาเฉพาะปัจจัยป้อนเข้าได้รับเลือกมาทำการกรองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อขนาดบอนด์อย่างมีนัยสำคัญ โดยปัจจัยป้อนเข้าที่ได้รับเลือกจะมีพิกัดควบคุมดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยป้อนเข้าและพิกัดควบคุม

ปัจจัยป้อนเข้าในกระบวนการ	พิกัดควบคุม	ตั้งค่าสำหรับการทดลอง		
		ค่าต่ำ	ค่ากลาง	ค่าสูง
1. แรงที่ใช้ในการบอนด์	30+/-5 กรัม	25	30	35
2. เวลาที่ใช้ในการบอนด์	10+/-5 มิลลิวินาที	5	10	15
3. กำลังที่ใช้ในการบอนด์	1.143 +/-0.127 ไมครอน (45+/-5 ไมโครนิ้ว)	1.016 (40)	1.143 (45)	1.27 (50)

การกรองปัจจัยป้อนเข้าในที่นี้จะวิเคราะห์โดยเลือกใช้การทดลองแบบ t-test เนื่องจากต้องการที่จะกรองทีละปัจจัยและระดับของแต่ละปัจจัยมีเพียงสองระดับเท่านั้น ซึ่งมีขั้นตอนทดลองดังนี้

4.3.4.1 การออกแบบสิ่งตัวอย่าง

ก่อนที่จะทำการทดลองต้องทำการออกแบบจำนวนสิ่งตัวอย่างเพื่อหาจำนวนลวดที่ใช้ในการทดลองผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติก่อนโดยกำหนดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.0 และกำหนดค่าความแตกต่างวิกฤตเท่ากับ 1 และกำหนดค่ากำลังการทดสอบ (Power values) เท่ากับ 0.9 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของ AIAG ที่ใช้กัน ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 4.13 ซึ่งจะได้จำนวนลวดตัวอย่างเท่ากับ 23 เส้น เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบการทดลองต่อไป

Power and Sample Size

```
2-Sample t Test

Testing mean 1 = mean 2 (versus not =)
Calculating power for mean 1 = mean 2 + difference
Alpha = 0.05  Assumed standard deviation = 1


            Sample  Target
Difference    Size   Power  Actual Power
         1      23     0.9      0.912498

The sample size is for each group.
```

ภาพที่ 4.13 ผลการหาจำนวนลวดในการทดลองที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

4.3.4.2 การทดลองสำหรับปัจจัยที่ 1 แรงที่ใช้ในการบอนด์โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

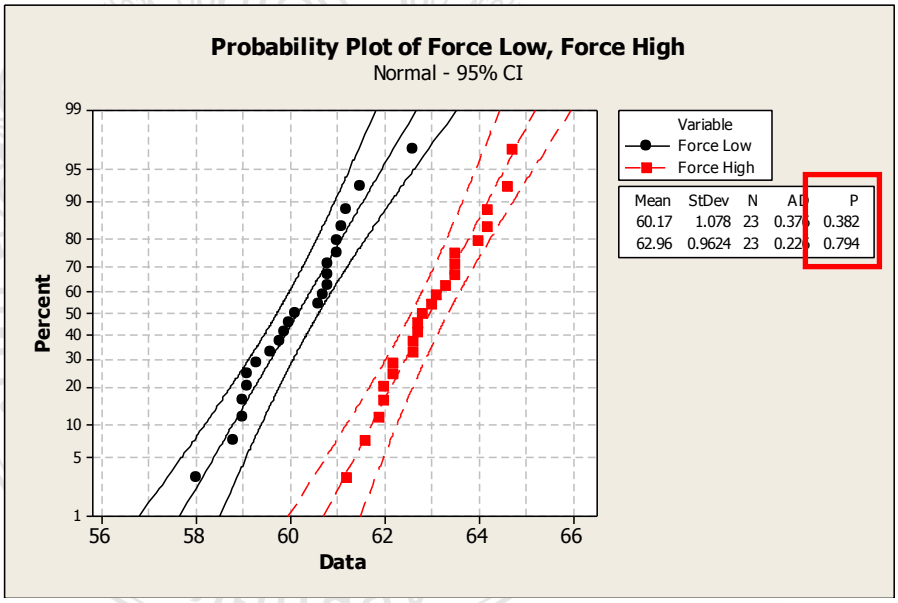
1. เลือกชิ้นงานมาอย่างสุ่มเพื่อทำการเชื่อมลวดจำนวน 23 เส้น
2. นำมาทดลองโดยตั้งค่าปัจจัยป้อนเข้าต่าง ๆ ตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ค่าปัจจัยป้อนเข้าที่คงที่ในการทดลองของปัจจัยที่หนึ่ง

ปัจจัยป้อนเข้าในกระบวนการ	ตั้งค่าสำหรับการทดลอง
1. เวลาที่ใช้ในการบอนด์	10 มิลลิวินาที
2. กำลังที่ใช้ในการบอนด์	1.143 ไมครอน (45 ไมโครนิ้ว)
3. อุณหภูมิที่ใช้ในการบอนด์	260 องศาเซลเซียส

1. ทำการเชื่อมลวดโดยใช้พนักงานที่ผ่านการอบรมและเข้าใจวิธีการเชื่อมลวดเป็นอย่างดีมาทำการเชื่อมลวด โดยกลุ่มที่หนึ่งเป็นค่าแรงด้านต่ำ (Force Low) โดยตั้งที่ 25 กรัม และกลุ่มที่สองเป็นค่าแรงด้านสูง (Force High) โดยตั้งที่ 35 กรัม แล้วทำการวัดและบันทึกผล

2. ทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) ของงานทั้งสองกลุ่มซึ่งได้ผลการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 4.14 และอ่านค่า P-value ของงานกลุ่มที่หนึ่งและกลุ่มที่สองได้เท่ากับ 0.382 และ 0.794 ตามลำดับซึ่งมากกว่า 0.05 แปลความว่าค่า P-value มีค่ามากแสดงว่าค่า A-Squared น้อยนั้นคือมีระยะระหว่างจุดและเส้นตรงน้อย หมายถึงข้อมูลที่เก็บมานั้นมีความเป็นปกติสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อได้



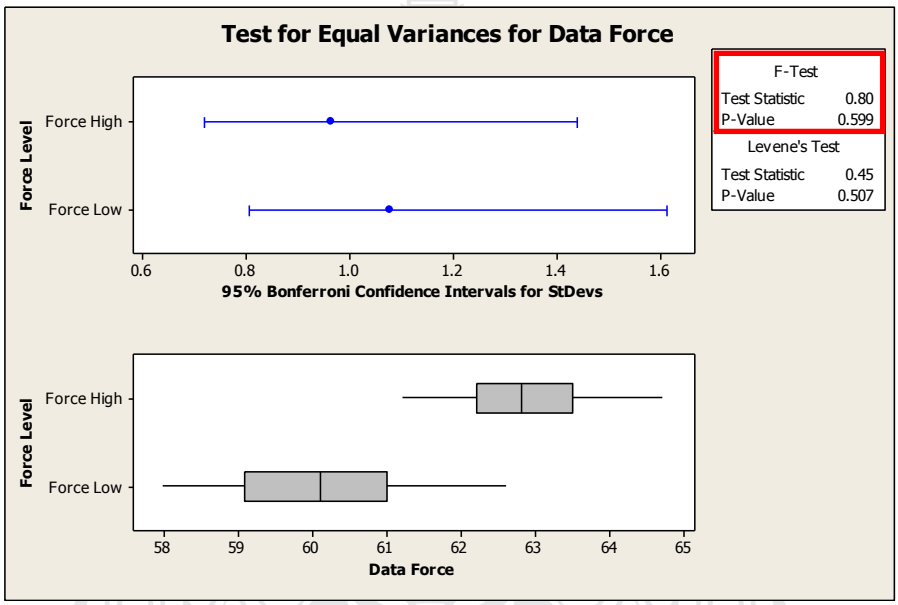
ภาพที่ 4.14 ผลการทดสอบความเป็นปกติของการทดลองปัจจัยแรงของการเชื่อมลวด

ทดสอบความเสถียรภาพของความแปรปรวนโดยมีสมมติฐานในการทดสอบ คือ

H_0 : ความแปรปรวนของข้อมูลมีความเสถียรภาพ

H_1 : ความแปรปรวนของข้อมูลไม่มีความเสถียรภาพ

ผลการทดสอบความเสถียรภาพของความแปรปรวน (Test for Variance Stability) ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 4.15 พิจารณาจาก Box-plot พบว่าไม่มี Outlier และค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.599 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่าตัวสถิติทดสอบ F-test มีค่าน้อย แปลความว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเหมาะสมเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการทดสอบว่าแรงที่ใช้ในการเชื่อมลวดมีผลต่อขนาดของบอนด์หรือไม่ต่อไป



ภาพที่ 4.15 ผลการทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของแรงที่ใช้ในการเชื่อมลวด

ทดสอบว่าแรงที่ใช้ในการเชื่อมลวดมีผลต่อขนาดของบอนด์หรือไม่โดยใช้หลักการทดสอบแบบ t-test แบบความแปรปรวนของข้อมูลทั้งสองกลุ่มเท่ากันในการทดสอบ โดยมีสมมติฐานในการทดลองดังนี้

H_0 : แรงที่ใช้ในการเชื่อมลวดไม่มีผลต่อขนาดของบอนด์

H_1 : แรงที่ใช้ในการเชื่อมลวดมีผลต่อขนาดของบอนด์

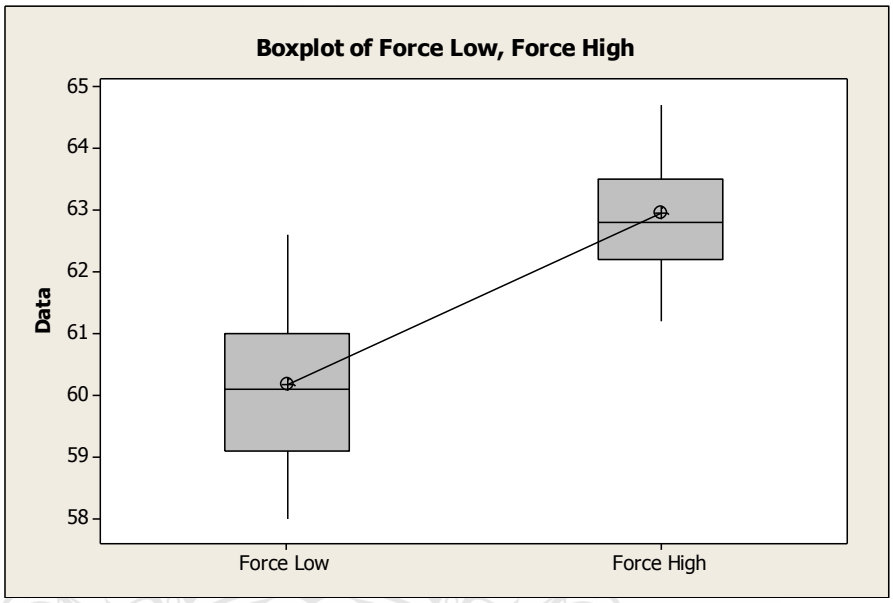
ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติดังแสดงในภาพที่ 4.16 พบว่าค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าตัวสถิติ t มีค่ามาก แสดงว่างานที่เชื่อมลวดที่ใช้แรงต่ำและแรงสูงมีผลต่อขนาดบอนด์

Two-Sample T-Test and CI: Force Low, Force High

```
Two-sample T for Force Low vs Force High

             N    Mean  StDev  SE Mean
Force Low   23   60.17   1.08     0.22
Force High  23  62.961  0.962     0.20

Difference = mu (Force Low) - mu (Force High)
Estimate for difference:  -2.796
95% CI for difference:  (-3.403, -2.188)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -9.28  P-Value = 0.000  DF = 43
```



ภาพที่ 4.16 ผลการทดสอบแบบ t-test ของแรงที่ใช้ในการเชื่อมลวด

4.3.3.2 การทดลองสำหรับปัจจัยที่ 2 เวลาที่ใช้ในการบอนด์โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

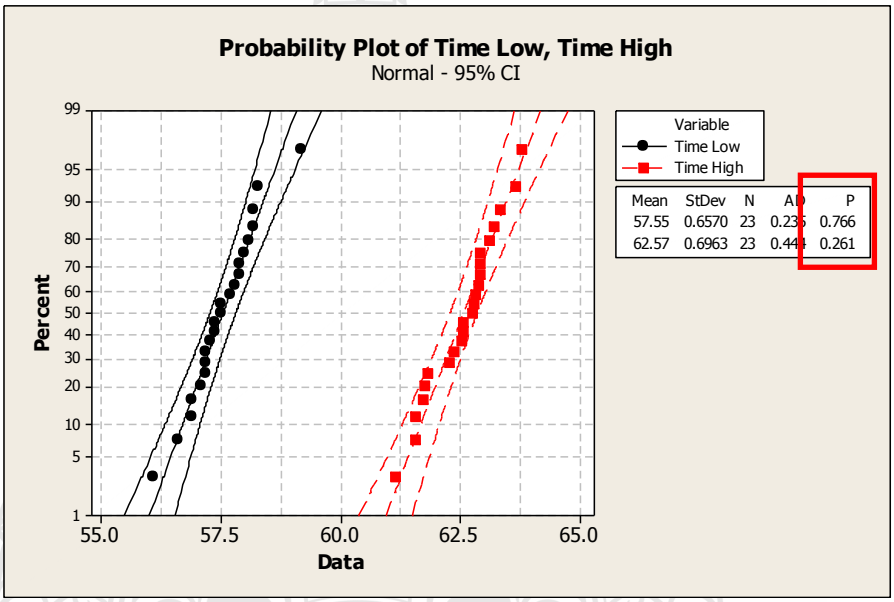
1. เลือกชิ้นงานมาอย่างสุ่มเพื่อทำการเชื่อมลวดจำนวน 23 เส้น
2. นำมาทดลอง โดยตั้งค่าปัจจัยป้อนเข้าต่าง ๆ ตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าปัจจัยป้อนเข้าที่คงที่ในการทดลองของปัจจัยที่สอง

ปัจจัยป้อนเข้าในกระบวนการ	ตั้งค่าสำหรับการทดลอง
1. แรงที่ใช้ในการบอนด์	30 กรัม
3. กำลังที่ใช้ในการบอนด์	1.143 ไมครอน (45 ไมโครนิ้ว)
4. อุณหภูมิที่ใช้ในการบอนด์	260 องศาเซลเซียส

1. ทำการเชื่อมลวดโดยใช้พนักงานที่ผ่านการอบรมและเข้าใจวิธีการเชื่อมลวดเป็นอย่างดีมาทำการเชื่อมลวด โดยกลุ่มที่หนึ่งเป็นค่าเวลาด้านน้อย (Time Low) โดยตั้งที่ 5 มิลลิวินาที และกลุ่มที่สองเป็นค่าเวลาด้านมาก (Time High) โดยตั้งที่ 15 มิลลิวินาที แล้วทำการวัดและบันทึกผล

2. ทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) ของงานทั้งสองกลุ่มซึ่งได้ผลการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 4.17 และอ่านค่า P-value ของงานกลุ่มที่หนึ่งและกลุ่มที่สองได้เท่ากับ 0.766 และ 0.261 ตามลำดับซึ่งมากกว่า 0.05 แปลความว่าค่า P-value มีค่ามากแสดงว่าค่า A-Squared น้อยนั้นคือมีระยะระหว่างจุดและเส้นตรงน้อย หมายถึงข้อมูลที่เก็บมานั้นมีความเป็นปกติสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อได้



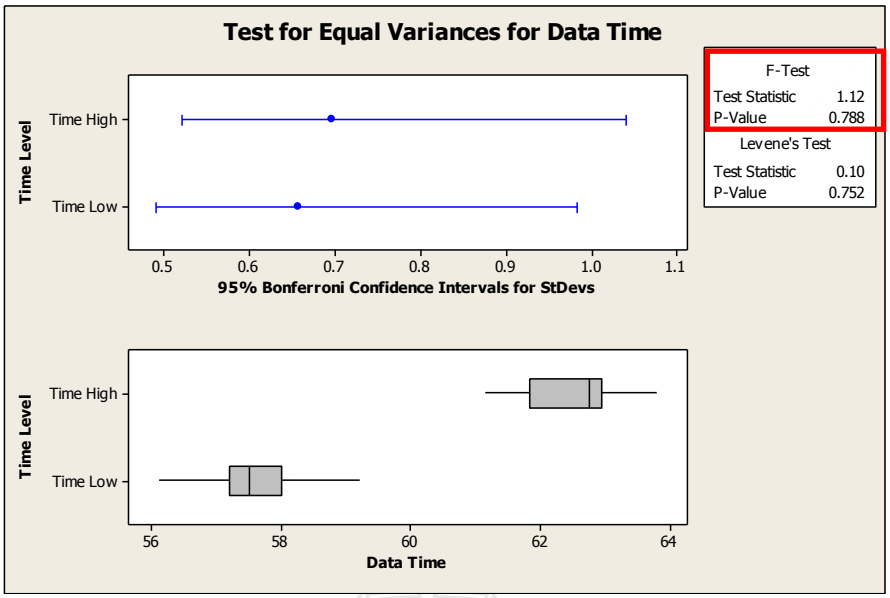
ภาพที่ 4.17 ผลการทดสอบความเป็นปกติของการทดลองปัจจัยเวลาของการเชื่อมลวด

ทดสอบความเสถียรภาพของความแปรปรวนโดยมีสมมติฐานในการทดสอบ คือ

H_0 : ความแปรปรวนของข้อมูลมีความเสถียรภาพ

H_1 : ความแปรปรวนของข้อมูลไม่มีความเสถียรภาพ

ผลการทดสอบความเสถียรภาพของความแปรปรวน (Test for Variance Stability) ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 4.18 พิจารณาจาก Box-plot พบว่าไม่มี Outlier และค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.788 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าตัวสถิติทดสอบ F-test มีค่าน้อย แปลความว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเหมาะสมเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการทดสอบว่าเวลาที่ใช้ในการเชื่อมลวดมีผลต่อขนาดของบอนด์หรือไม่ต่อไป



ภาพที่ 4.18 ผลการทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการเชื่อมลวด

ทดสอบว่าเวลาที่ใช้ในการเชื่อมลวดมีผลต่อขนาดของบอนด์หรือไม่ โดยใช้หลักการทดสอบแบบ t-test แบบความแปรปรวนของข้อมูลทั้งสองกลุ่มเท่ากันในการทดสอบ โดยมีสมมติฐานในการทดลองดังนี้

H_0 : เวลาที่ใช้ในการเชื่อมลวดไม่มีผลต่อขนาดของบอนด์

H_1 : เวลาที่ใช้ในการเชื่อมลวดมีผลต่อขนาดของบอนด์

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติดังแสดงในภาพที่ 4.19 พบว่าค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าตัวสถิติ t มีค่ามาก แสดงว่างานที่เชื่อมลวดที่ใช้เวลาน้อยและเวลามากมีผลต่อขนาดของบอนด์

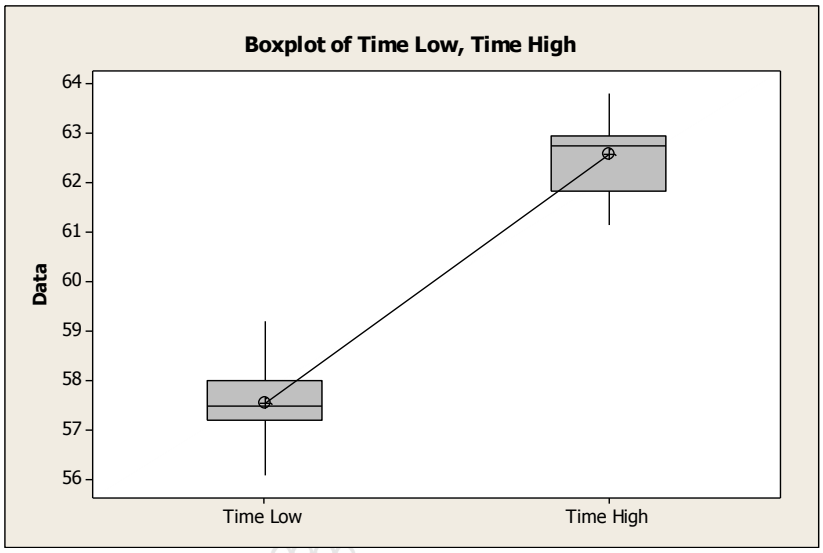
Two-Sample T-Test and CI: Time Low, Time High

```
Two-sample T for Time Low vs Time High

           N    Mean  StDev  SE Mean
Time Low   23  57.548  0.657     0.14
Time High  23  62.566  0.696     0.15


Difference = mu (Time Low) - mu (Time High)
Estimate for difference:  -5.018
95% CI for difference:  (-5.421, -4.616)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -25.14  P-Value = 0.000  DF = 43
```

ภาพที่ 4.19 ผลการทดสอบแบบ t-test ของเวลาที่ใช้ในการเชื่อมลวด



ภาพที่ 4.19 (ต่อ)

4.3.3.3 การทดลองสำหรับปัจจัยที่ 3 กำลังที่ใช้ในการบอนด์โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

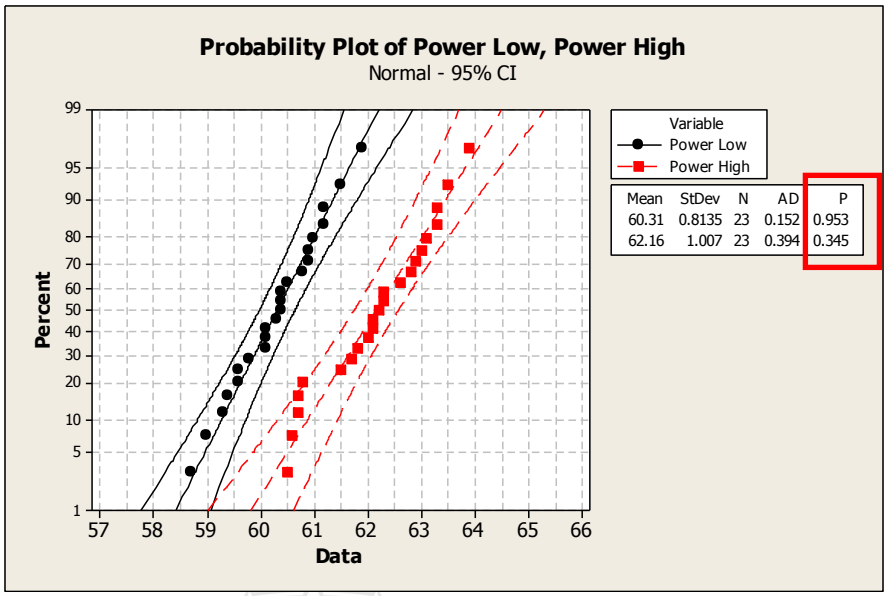
1. เลือกชิ้นงานมาอย่างสุ่มเพื่อทำการเชื่อมลวดจำนวน 23 เส้น
2. นำมาทดลองโดยตั้งค่าปัจจัยป้อนเข้าต่าง ๆ ตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าปัจจัยป้อนเข้าที่คงที่ในการทดลองของปัจจัยที่สาม

ปัจจัยป้อนเข้าในกระบวนการ	ตั้งค่าสำหรับการทดลอง
1. แรงที่ใช้ในการบอนด์	30 กรัม
2. เวลาที่ใช้ในการบอนด์	10 มิลลิวินาที
4. อุณหภูมิที่ใช้ในการบอนด์	260 องศาเซลเซียส

1. ทำการเชื่อมลวดโดยใช้พนักงานที่ผ่านการอบรมและเข้าใจวิธีการเชื่อมลวดเป็นอย่างดีมาทำการเชื่อมลวด โดยกลุ่มที่หนึ่งเป็นค่ากำลังด้านต่ำ (Power Low) โดยตั้งที่ 1.016 ไมครอน (40 ไมครอน) และกลุ่มที่สองเป็นค่ากำลังด้านสูง (Power High) โดยตั้งที่ 1.270 ไมครอน (50 ไมครอน) แล้วทำการวัดและบันทึกผล

2. ทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) ของงานทั้งสองกลุ่มซึ่งได้ผลการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 4.20 และอ่านค่า P-value ของงานกลุ่มที่หนึ่งและกลุ่มที่สองได้เท่ากับ 0.953 และ 0.345 ตามลำดับซึ่งมากกว่า 0.05 แปลความว่าค่า P-value มีค่ามากแสดงว่าค่า A-Squared น้อยนั้นคือมีระยะระหว่างจุดและเส้นตรงน้อย หมายถึงข้อมูลที่เก็บมานั้นมีความเป็นปกติสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อได้



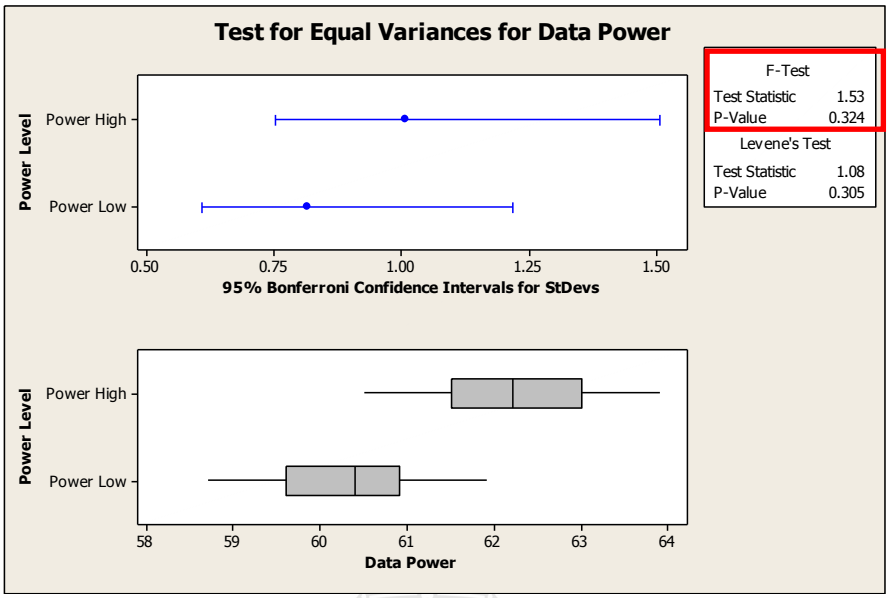
ภาพที่ 4.20 ผลการทดสอบความเป็นปกติของการทดลองปัจจัยกำลังของการเชื่อมลวด

ทดสอบความเสถียรภาพของความแปรปรวนโดยมีสมมติฐานในการทดสอบ คือ

H_0 : ความแปรปรวนของข้อมูลมีความเสถียรภาพ

H_1 : ความแปรปรวนของข้อมูลไม่มีความเสถียรภาพ

ผลการทดสอบความเสถียรภาพของความแปรปรวน (Test for Variance Stability) ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 4.21 พิจารณาจาก Box-plot พบว่าไม่มี Outlier และค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.324 ซึ่งมีค่ามาก แสดงว่าตัวสถิติทดสอบ F-test มีค่าน้อย แปลความว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเหมาะสมเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการทดสอบว่ากำลังที่ใช้ในการเชื่อมลวดมีผลต่อขนาดบอนด์หรือไม่ต่อไป



ภาพที่ 4.21 ผลการทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของกำลังที่ใช้ในการเชื่อมลวด

ทดสอบว่ากำลังที่ใช้ในการเชื่อมลวดมีผลต่อขนาดบอนด์หรือไม่ โดยใช้หลักการทดสอบแบบ t-test แบบความแปรปรวนของข้อมูลทั้งสองกลุ่มเท่ากันในการทดสอบ โดยมีสมมติฐานในการทดลองดังนี้

H_0 : กำลังที่ใช้ในการเชื่อมลวดไม่มีผลต่อขนาดบอนด์

H_1 : กำลังที่ใช้ในการเชื่อมลวดมีผลต่อขนาดบอนด์

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติดังแสดงในภาพที่ 4.22 พบว่าค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าตัวสถิติ t มีค่ามาก แสดงว่างานที่เชื่อมลวดที่ใช้กำลังต่ำและกำลังสูงมีผลต่อขนาดบอนด์

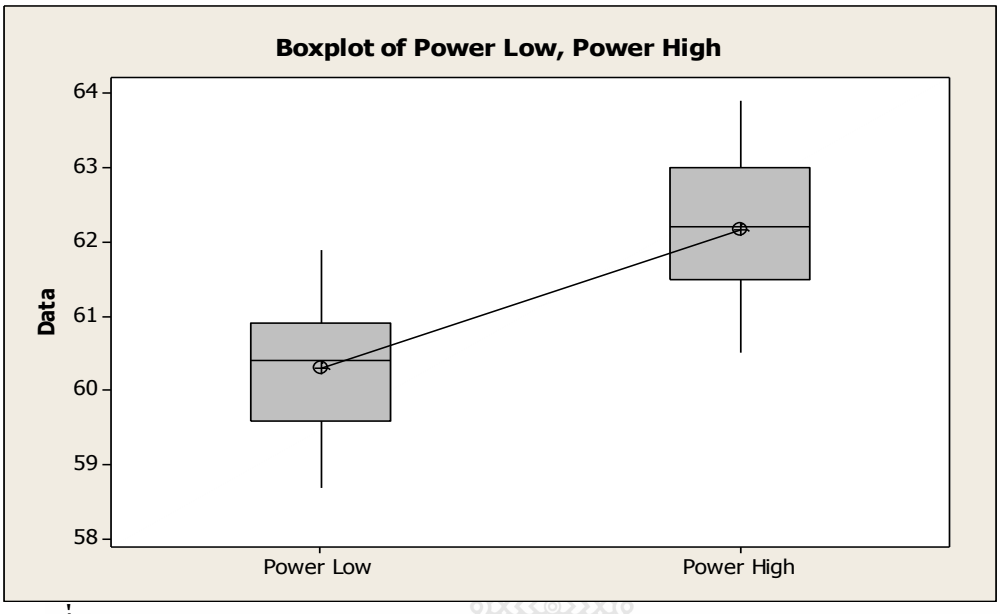
Two-Sample T-Test and CI: Power Low, Power High

```
Two-sample T for Power Low vs Power High

             N    Mean  StDev  SE Mean
Power Low   23  60.309  0.813     0.17
Power High  23   62.16   1.01     0.21

Difference = mu (Power Low) - mu (Power High)
Estimate for difference:  -1.852
95% CI for difference:  (-2.397, -1.307)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -6.86  P-Value = 0.000  DF = 42
```

ภาพที่ 4.22 ผลการทดสอบแบบ t-test ของกำลังที่ใช้ในการเชื่อมลวด



ภาพที่ 4.22 (ต่อ)

4.3.3.3 การทดลองสำหรับปัจจัยที่ 4 อุณหภูมิ ที่ใช้ในการบอนด์โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

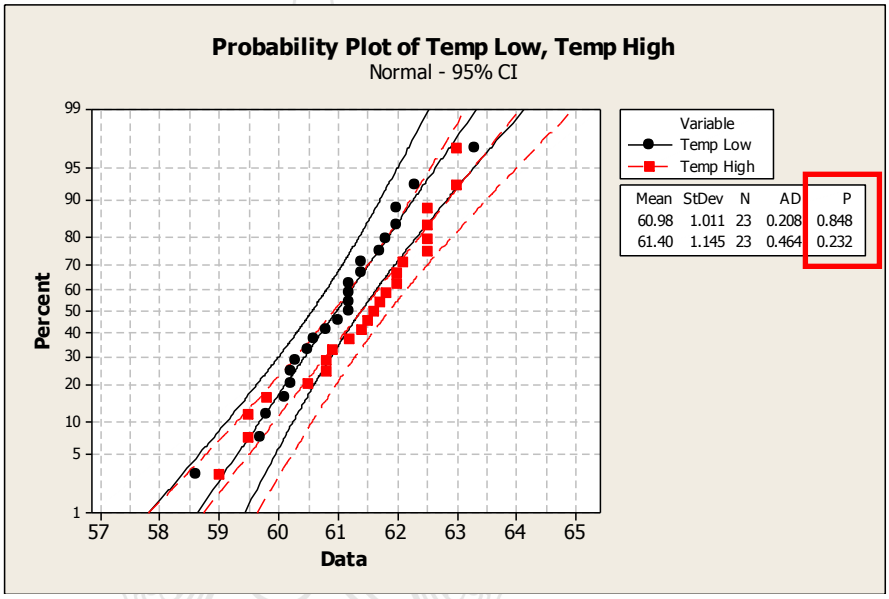
1. เลือกชิ้นงานมาอย่างสุ่มเพื่อทำการเชื่อมลวดจำนวน 23 เส้น
2. นำมาทดลองโดยตั้งค่าปัจจัยป้อนเข้าต่าง ๆ ตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าปัจจัยป้อนเข้าที่คงที่ในการทดลองของปัจจัยที่สาม

ปัจจัยป้อนเข้าในกระบวนการ	ตั้งค่าสำหรับการทดลอง
1. แรงที่ใช้ในการบอนด์	30 กรัม
2. เวลาที่ใช้ในการบอนด์	10 มิลลิวินาที
3. กำลังที่ใช้ในการบอนด์	1.143 ไมครอน (45 ไมโครนิ้ว)

ทำการเชื่อมลวดโดยใช้พนักงานที่ผ่านการอบรมและเข้าใจวิธีการเชื่อมลวดเป็นอย่างดีมาทำการเชื่อมลวด โดยกลุ่มที่หนึ่งเป็นค่าอุณหภูมิด้านต่ำ (Temperature Low) โดยตั้งที่ 240 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่สองเป็นค่าอุณหภูมิด้านสูง (Temperature High) โดยตั้งที่ 280 องศาเซลเซียส แล้วทำการวัดและบันทึกผล

ทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) ของงานทั้งสองกลุ่มซึ่งได้ผลการทดสอบดังภาพที่ 4.23 และอ่านค่า P-value ของงานกลุ่มที่หนึ่งและกลุ่มที่สองได้เท่ากับ 0.848 และ 0.232 ตามลำดับซึ่งมากกว่า 0.05 แปลความว่าค่า P-value มีค่ามากแสดงว่าค่า A-Squared น้อยนั้นคือมีระยะระหว่างจุดและเส้นตรงน้อย หมายถึงข้อมูลที่เก็บมานั้นมีความเป็นปกติสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อได้



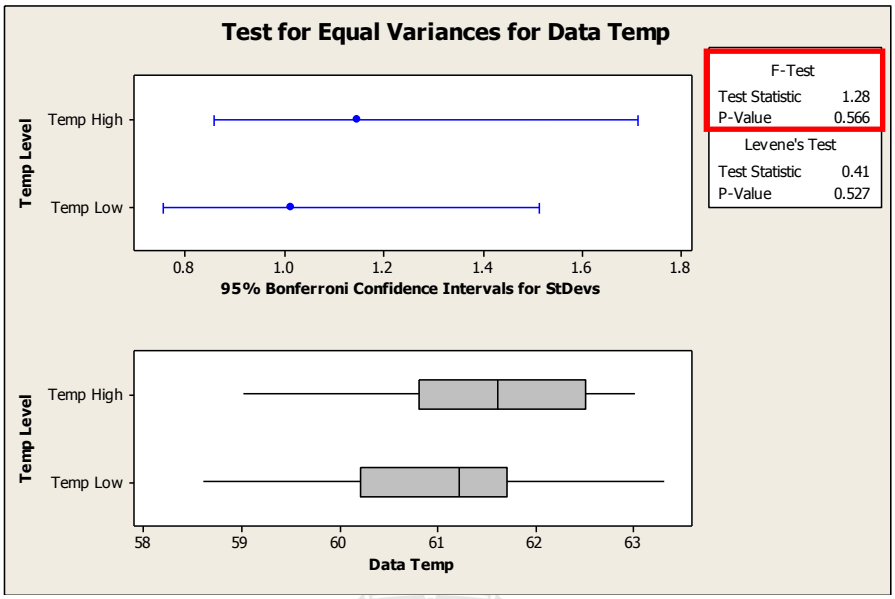
ภาพที่ 4.23 ผลการทดสอบความเป็นปกติของการทดลองปัจจัยอุณหภูมิของการเชื่อมลวด

ทดสอบความเสถียรภาพของความแปรปรวนโดยมีสมมติฐานในการทดสอบ คือ

H_0 : ความแปรปรวนของข้อมูลมีความเสถียรภาพ

H_1 : ความแปรปรวนของข้อมูลไม่มีความเสถียรภาพ

ผลการทดสอบความเสถียรภาพของความแปรปรวน (Test for Variance Stability) ได้ผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 4.24 พิจารณาจาก Box-plot พบว่าไม่มี Outlier และค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.566 ซึ่งมีค่ามาก แสดงว่าตัวสถิติทดสอบ F-test มีค่าน้อยแปลความว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเหมาะสมเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการทดสอบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมลวดมีผลต่อขนาดบอนด์หรือไม่ต่อไป



ภาพที่ 4.24 ผลการทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนของอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมลวด

ทดสอบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมลวดมีผลต่อขนาดบอนด์หรือไม่ โดยใช้หลักการทดสอบแบบ t-test แบบความแปรปรวนของข้อมูลทั้งสองกลุ่มเท่ากันในการทดสอบ โดยมีสมมติฐานในการทดลองดังนี้

H_0 : อุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมลวดไม่มีผลต่อขนาดบอนด์

H_1 : อุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมลวดมีผลต่อขนาดบอนด์

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติดังแสดงในภาพที่ 4.25 พบว่าค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.197 ซึ่งมากว่า 0.05 แสดงว่าตัวสถิติ t มีค่าน้อย แสดงว่างานที่เชื่อมลวดที่ใช้อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูงไม่มีผลต่อขนาดบอนด์อย่างมีนัยสำคัญ

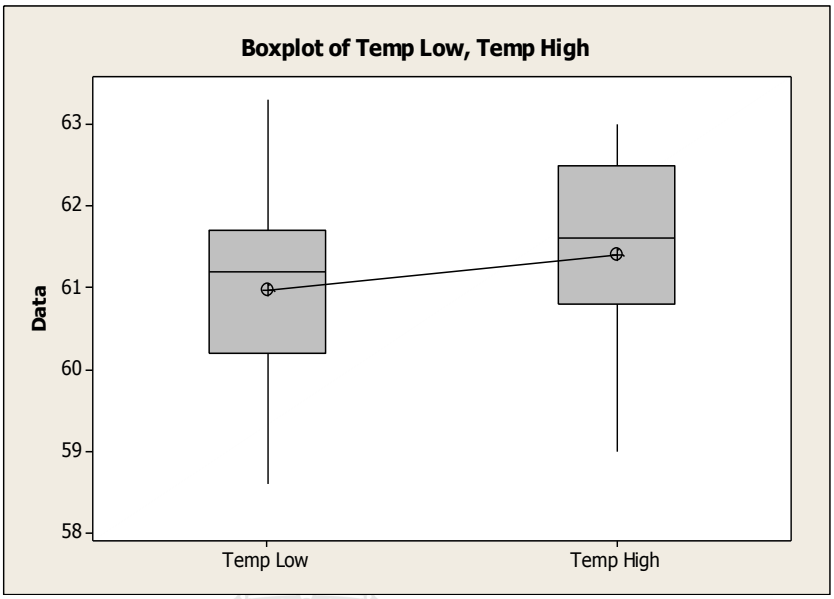
Two-Sample T-Test and CI: Temp Low, Temp High

```
Two-sample T for Temp Low vs Temp High

           N   Mean  StDev  SE Mean
Temp Low   23  60.98   1.01     0.21
Temp High  23  61.40   1.14     0.24

Difference = mu (Temp Low) - mu (Temp High)
Estimate for difference:  -0.417
95% CI for difference:  (-1.060, 0.225)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -1.31  P-Value = 0.197  DF = 43
```

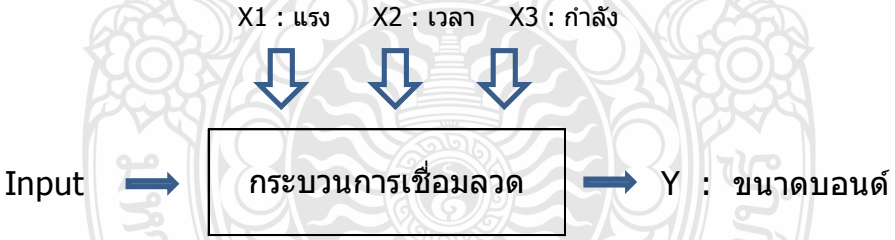
ภาพที่ 4.25 ผลการทดสอบแบบ t-test ของอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมลวด



ภาพที่ 4.25 (ต่อ)

4.3.3.3 สรุปผลการวิเคราะห์ปัจจัยป้อนเข้า

ผลการทดลองกรองปัจจัยป้อนเข้าโดยใช้วิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Two-samples t-test) ในการทดลองแต่ละปัจจัยเพื่อหาว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อขนาดบอนด์ของเส้นลวดอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อขนาดบอนด์ คือ แรง เวลาและกำลังที่ใช้ในการเชื่อมลวด ดังแสดงในภาพที่ 4.26

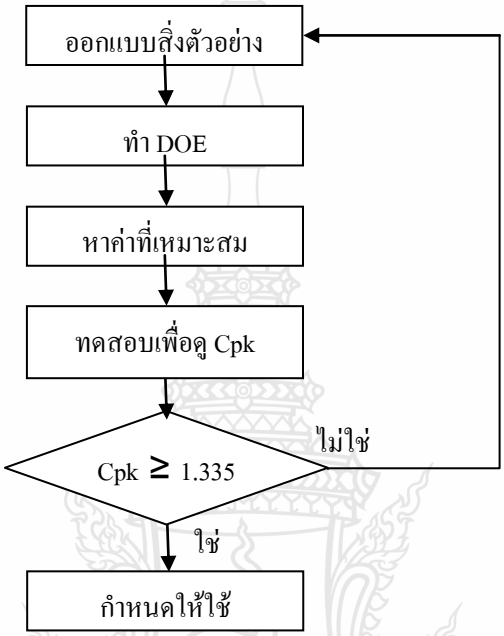


ภาพที่ 4.26 ปัจจัยป้อนเข้าที่ผ่านการกรองแล้วว่ามีผลต่อขนาดบอนด์อย่างมีในสำคัญ

4.4 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase)

ในขั้นตอนการปรับปรุงนี้เป็นการนำปัจจัยที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วว่ามีผลกระทบต่อขนาดบอนด์มาทำการหาค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่จะทำให้ขนาดบอนด์เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะใช้วิธีการออกแบบการทดลอง (Design of experiment : DOE) โดยเริ่มจากการออกแบบสิ่งตัวอย่างแล้วทำการทดลองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมาช่วยในกำหนดวิธีการทดลองและวิเคราะห์ผลเพื่อหา

ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่อขนาดบอนด์แล้วกลั่นกรองออกมาเป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ปัจจัยป้อนเข้า) และตัวแปรตาม (ขนาดบอนด์) เพื่อนำมาหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยมีวิธีการดังแสดงในภาพที่ 4.27



ภาพที่ 4.27 การดำเนินการวิจัยขั้นตอนการปรับปรุง

4.4.1 การออกแบบสิ่งตัวอย่าง

ก่อนที่จะทำการทดลองต้องทำการออกแบบจำนวนสิ่งตัวอย่างผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติก่อนโดยกำหนดกำหนดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.0 และกำหนดค่าความแตกต่างวิกฤตเท่ากับ 1 และกำหนดค่ากำลังการทดสอบ (Power values) เท่ากับ 0.9 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของ AIAG ที่ใช้กัน ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 4.28 ซึ่งจะได้จำนวนสิ่งตัวอย่าง เท่ากับ 48 ชิ้นและได้ค่า Reps (Number of replicates) เท่ากับ 6 เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบการทดลองต่อไป

Power and Sample Size

General Full Factorial Design

Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 1

Factors: 3 Number of levels: 2, 2, 2

Include terms in the model up through order: 3
Not including blocks in model.

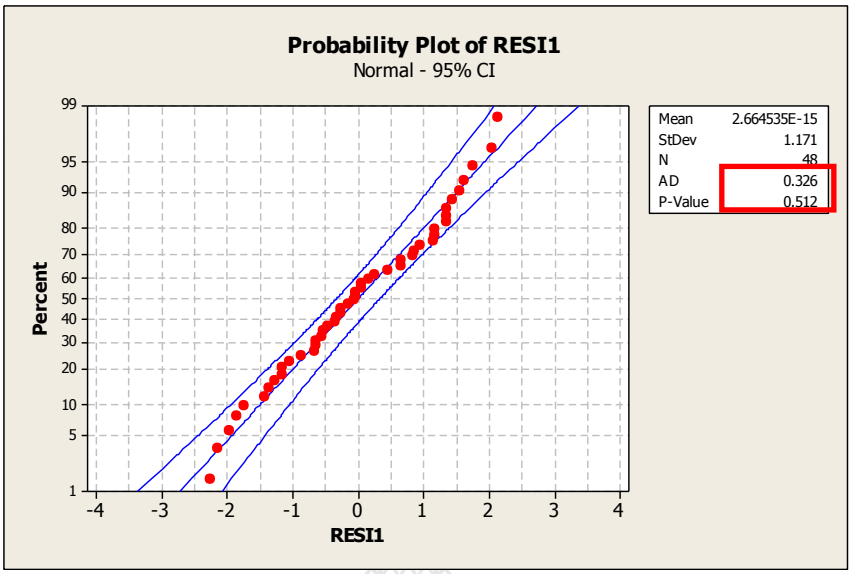
Maximum Difference	Reps	Total Runs	Target Power	Actual Power
1	6	48	0.9	0.922172

ภาพที่ 4.28 ผลการทดลองหาจำนวนการทำซ้ำที่ได้จากการวิเคราะห์

จากนั้นจึงทำการออกแบบการทดลองผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติได้ทั้งหมด 48 การทดลอง จากนั้นนำไปทำการทดลองอย่างสุ่มตามที่โปรแกรมได้กำหนดไว้ให้ แล้วบันทึกผลเพื่อวิเคราะห์ต่อไป

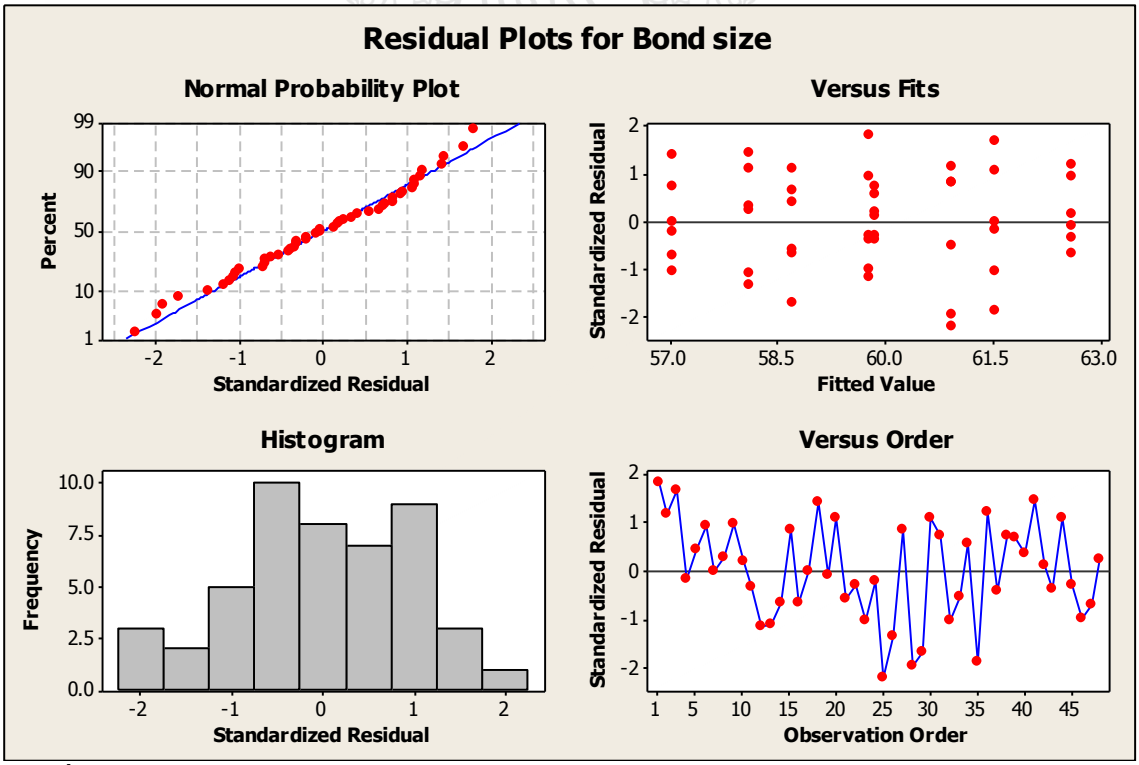
4.4.2 การออกแบบการทดลอง (DOE)

ทำการออกแบบการทดลองด้วยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติโดยเลือกออกแบบการทดลองแบบ General full factorial design โดยกำหนดค่า Number replicated เท่ากับ 6 ซึ่งจะได้ผลจากโปรแกรมเป็นลำดับการปรับตั้งค่าของแต่ละปัจจัยในแต่ละชิ้นงานตัวอย่าง จากนั้นจึงทำการทดลองตามรูปแบบที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูปตามลำดับ แล้วนำผลที่ได้จากการทดลองไปทำการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) ซึ่งได้ผลการทดสอบดังภาพที่ 4.29 และอ่านค่า P-value ได้เท่ากับ 0.512 แปลความว่าค่า P-value มีค่ามากแสดงว่าค่า A-Squared น้อย นั่นคือมีระยะระหว่างจุดและเส้นตรงน้อย หมายถึงข้อมูลที่เก็บมานั้นมีความเป็นปกติ



ภาพที่ 4.29 ผลการทดสอบความเป็นปกติของผลการทดลอง

จากนั้นจึงทำการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูล (Model Adequacy Checking) โดยใช้หลักการวิเคราะห์เศษเหลือ (Residual Analysis) ดังภาพที่ 4.30 จากการพิจารณาพบว่าไม่มีความผิดปกติของข้อมูลซึ่งแสดงว่าข้อมูลที่เก็บมาจากการทดลองอยู่ภายใต้ความสุ่มแสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อได้



ภาพที่ 4.30 ผลการทดสอบ Residual Analysis

4.4.3 หาค่าที่เหมาะสม โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพื่อเลือกปัจจัยที่มีผลต่อขนาดบอนด์ซึ่งได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.31 โดยวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยที่มีผลคือ แรง เวลาและกำลังที่ใช้ในการบอนด์โดยที่ไม่มีความสัมพันธ์ต่อกันระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อขนาดบอนด์

General Linear Model: Bond size versus Force, Time, Power

Factor	Type	Levels	Values
Force	fixed	2	1, 2
Time	fixed	2	1, 2
Power	fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for Bond size, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Force	1	95.203	95.203	95.203	59.10	0.000
Time	1	33.668	33.668	33.668	20.90	0.000
Power	1	13.653	13.653	13.653	8.48	0.006
Force*Time	1	0.367	0.367	0.367	0.23	0.636
Force*Power	1	0.163	0.163	0.163	0.10	0.752
Time*Power	1	0.608	0.608	0.608	0.38	0.543
Force*Time*Power	1	0.521	0.521	0.521	0.32	0.573
Error	40	64.433	64.433	1.611		
Total	47	208.617				

S = 1.26919 R-Sq = 69.11% R-Sq(adj) = 63.71%

ภาพที่ 4.31 ผลการทดลองวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของบอนด์

แล้วนำผลที่ได้จากการทดลองไปหาสมการความสัมพันธ์โดยใช้วิธีการ Regression โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 4.32 ซึ่งได้สมการ คือ

Bond size = 46.5 + 0.282*Force + 0.168*Time + 0.107*Power

Regression Analysis: Bond size versus Force, Time, Power

```
The regression equation is
Bond size = 46.5 + 0.282 Force + 0.168 Time + 0.107 Power

Predictor      Coef  SE Coef      T      P
Constant     46.483    1.552  29.94  0.000
Force       0.28167  0.03538   7.96  0.000
Time        0.16750  0.03538   4.73  0.000
Power       0.10667  0.03538   3.01  0.004

S = 1.22560   R-Sq = 68.3%   R-Sq(adj) = 66.2%

Analysis of Variance

Source           DF       SS      MS      F      P
Regression        3  142.524  47.508  31.63  0.000
Residual Error   44   66.093   1.502
Total            47  208.617

Source  DF  Seq SS
Force    1  95.203
Time     1  33.668
Power    1  13.653
```

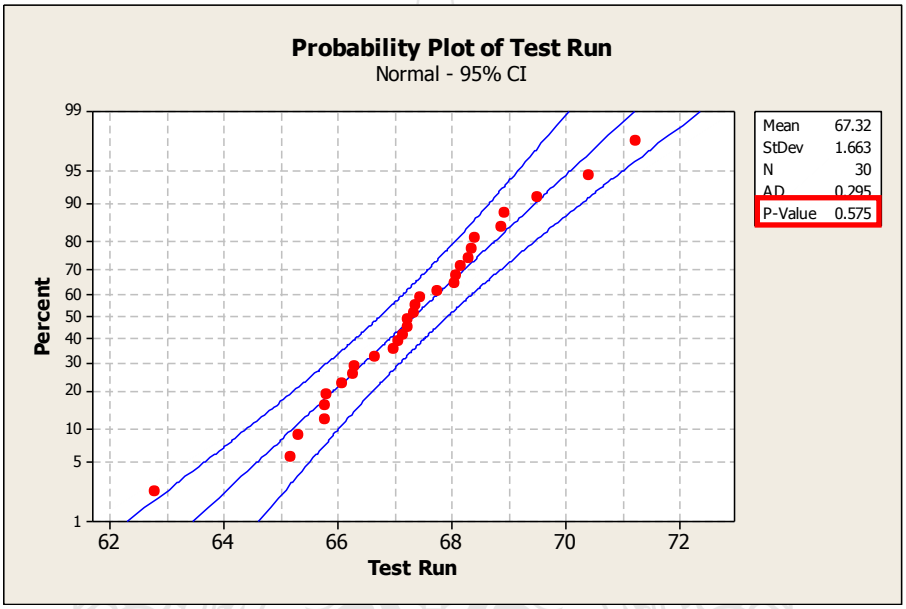
ภาพที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์ Regression ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

จากนั้นนำสมการที่ได้ไปค้นหาค่าของปัจจัยป้อนเข้าที่เหมาะสมที่สุดพบว่าค่าปัจจัยป้อนเข้าที่มีผลต่อขนาดของบอนด์ที่เหมาะสมที่สุดคือค่าดังแสดงในตารางที่ 4.7

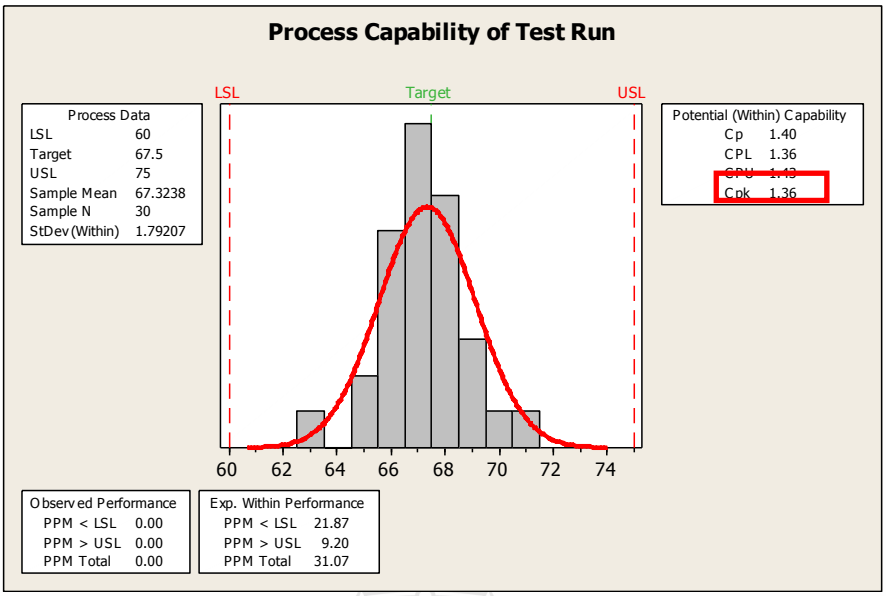
ตารางที่ 4.7 ค่าปรับตั้งในการปรับปรุงขนาดบอนด์ในกระบวนการเชื่อมลวด

ปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการ	พิกัดควบคุม
ปัจจัย A : แรงที่ใช้ในการบอนด์ (Force)	42 กรัม
ปัจจัย B : กำลังที่ใช้ในการบอนด์ (Power)	1.574 ไมครอน (62 ไมโครนิ้ว)
ปัจจัย C : เวลาที่ใช้ในการบอนด์ (Time)	15 มิลลิวินาที

4.4.6 นำค่าของปัจจัยป้อนเข้าไปทดลองกับชิ้นงานจำนวน 30 ชิ้นแล้วนำผลที่ได้ไปทดสอบความปกติของข้อมูลซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 4.33 พบว่าได้ค่า P-Value เท่ากับ 0.575 ซึ่งมากกว่า 0.05 หมายถึงข้อมูลมีความปกติสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้ จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการต่อซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.34 และจากการวิเคราะห์พบว่าค่า Cpk ที่ได้เท่ากับ 1.36 ซึ่งมากกว่าเป้าหมายที่วางไว้ที่ 1.335 และค่าเฉลี่ยของขนาดบอนด์ที่ได้ เท่ากับ 67.32 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายที่วางไว้ที่ 67.5 จึงสรุปว่าค่าของปัจจัยป้อนเข้าที่ใช้ในการทดสอบสามารถนำมาใช้ได้จริงและสามารถปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น

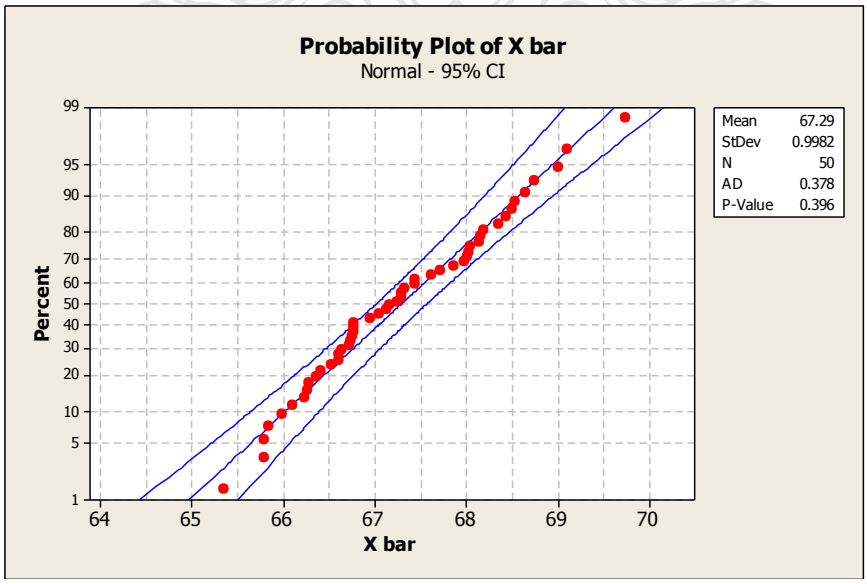


ภาพที่ 4.33 ผลการทดสอบความปกติของข้อมูลจากการทดลอง

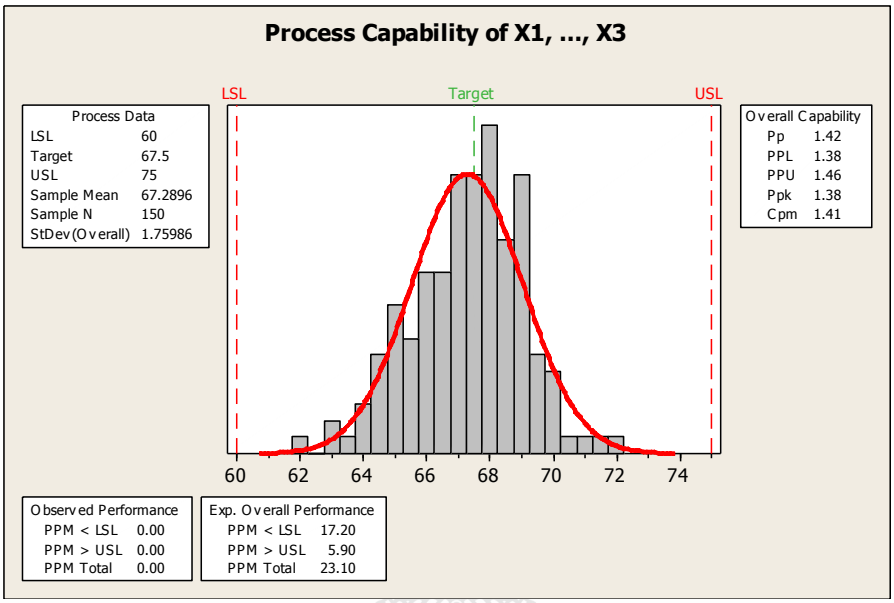


ภาพที่ 4.34 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

4.4.7 นำค่าของปัจจัยป้อนเข้าไปกำหนดให้ใช้แล้วติดตามผลโดยการสุ่มวัดล็อตละ 3 ชิ้น เป็นจำนวน 30 ล็อตแล้วนำผลที่ได้ไปทดสอบความปกติของข้อมูลซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 4.35 พบว่าได้ค่า P-Value เท่ากับ 0.575 หมายถึงข้อมูลมีความปกติสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้ซึ่งได้ผลการดำเนินงานดังแสดงในภาพที่ 4.36 และจากการวิเคราะห์พบว่าค่า Ppk ที่ได้เท่ากับ 1.38 ซึ่งเป็นที่น่าพอใจ แล้วสามารถลดของเสียที่อาจจะเกิดขึ้นในระยะยาวให้เหลือเพียง 23.10 PPM เท่านั้น



ภาพที่ 4.35 ผลการทดสอบความปกติของข้อมูลจากการทดลอง



ภาพที่ 4.36 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการหลังการปรับปรุง

4.5 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการควบคุมปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการเชื่อมลวดที่มีผลต่อขนาดบอนด์ทั้งสามปัจจัย คือ แรง เวลาและกำลัง เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงและรักษาระดับคุณภาพที่ได้ทำการปรับปรุงให้ดีขึ้นแล้วไว้ โดยปัจจัยทั้งสามจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าที่ปรับตั้งไว้ในโปรแกรมแล้วได้ จากนั้นได้ทำการปรับปรุงตารางการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) และปรับปรุงแผนการควบคุมกระบวน (Control Plane) โดยการเปลี่ยนแปลงค่าปรับตั้งของแต่ละปัจจัยที่สำคัญให้กับกระบวนการผลิตใหม่แล้ว ซึ่งพนักงานสามารถตรวจสอบค่าที่กำหนดได้ดังแสดงในภาพที่ 4.37 และ 4.38 โดยให้ทางช่าง (Technician) มีหน้าที่ในการตรวจสอบค่าต่าง ๆ ให้อยู่ภายใต้ค่ากำหนดในแต่ละครั้งของการ Setup เครื่องจักร และบันทึกผลลงในตาราง Check Sheet โดยต้องคอยระวังไม่ให้ตั้งค่าผิดพลาดนอกจากการตรวจสอบปัจจัยป้อนเข้าทั้งสามปัจจัยเป็นประจำแล้ว ยังสามารถควบคุมกระบวนการโดยตรวจจับความผันแปรที่ผิดปกติของข้อมูลจากกระบวนการโดยอาศัย แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเฝ้าระวังและป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาบอนด์ไม่ได้ขนาดขึ้นอีกตามภาพที่ 4.39

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA) **FMEA** (กระบวนการ)

กระบวนการที่เป็นเป้าหมาย	AU Wire bond	PROCCESS Responsibility ความรับผิดชอบ	Mr.Mustuzaki, Mr. Chitnarong	FMEA Number หมายเลข	MP- PFMEA-SAW-2008-01T
Model Year(s)/ Vehicle(s) รุ่น	Saw oscillator			Page หน้า	1 of 1
Core Team สมาชิกในทีม	: Mr. Phayome , Mr. Akkrachai, Ms. Aranya, Mr. Nakhorn, Mr. Eakapol			Prepared By ผู้จัดทำ	Mr.Phayome
				FMEA Date (Orig.) วันที่ (ฉบับแรก)	06/04/2008 (Rev.) : (ฉบับปรับปรุง) 11.30

ผู้อนุมัติ	ผู้ตรวจสอบ	ผู้รับผิดชอบ
Chitnarong Pichitweng	Chitnarong Pichitnong	Akkrachai Piwlaung
4/1/2013	4/1/2013	4/1/2013

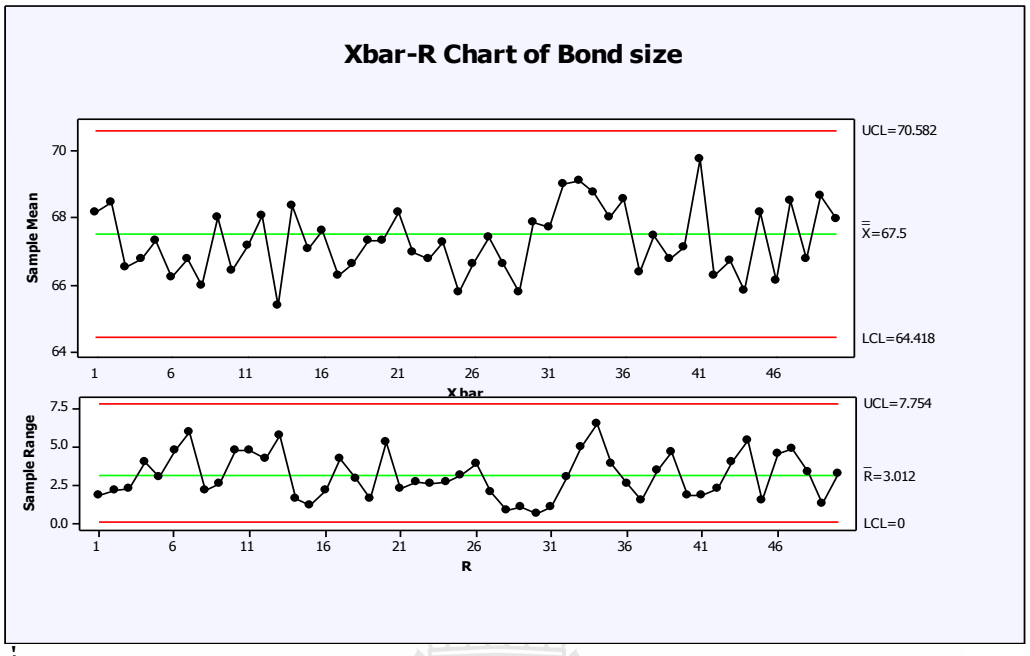
4-ม.ค.-13

Process Function หน้าที่ของกระบวนการ Requirements รายละเอียดงาน	Requirements หัวข้อข้อกำหนด	Potential Failure Mode หมวดอาการ ปัญหาคงค้าง	Potential Effect(s) of Failure ผลกระทบจากอาการ ปัญหาคงค้าง	Sev (S) ความรุนแรง	Class (C) ระดับ	Potential Causes(s)/ Mechanism (s) of Failure สาเหตุ / กลไกของอาการ ปัญหาคงค้าง	Current Process Controls การควบคุมกระบวนการที่มีอยู่ในปัจจุบัน การป้องกัน Prevention	Occur (O) ความถี่ในการเกิด	Current Design Controls การค้นหา Detection	(Detected) ความเป็นไปได้ในการค้นหา	R.P.N. ตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ SxOxD	Recommended Action(s) มาตรการแนะนำ	Responsibility & Target Completion Date ผู้รับผิดชอบและวันที่ตั้งเป้าว่าจะแล้วเสร็จ	Action Results ผลการดำเนินมาตรการแก้ไข				
															Actions Taken มาตรการที่เลือกมา	Sev ความรุนแรง (S)	Occ ความถี่ในการเกิด (O)	Det ความเป็นไปได้ในการค้นหา (D)	R.P.N. ตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ SxOxD
Au wire bonding																			
1.) Au wire bonding	Appearance inspection std.	1 st shape trouble	Deterioration of reliabli	7		Capillary wear	Rules of capillary durability	2	Appearance check	6	84	NONE						
		Bonding position shift	Insufficient strenght	6		Capillary camera shifting	Correct position when chage capillary	3	Appearance inspection	3	54	NONE						
		Wire broken	Oscilltion defect	7		Wire hooking Clamp trouble	Periodical cleaning on cleaning standard	2	CI Inspection	2	28	NONE						
						Nail & Holder loos , Bending	Peridical cleaning & Cover save gard	2	CI Inspection	2	28	NONE						
		Wire not connect	Oscillation defect			PKG, Chip dirty	Periodical cleaning M/C	1	FA I nspection, CI inspection	3	21	NONE						
				7		Trouble Load trouble	Machine program setting	2	Check M/C condition, Strenght check	3	42	NONE						
						Capillary wear	Rules of capillary durability	2	Record sheet	4	56	NONE						
	Bonding strength	Insufficient bonding strenght	Deteration of reliability	7		Wrong Au wire specification	Model change control	2	CI Inspection	3	42	NONE						
				7		Wrong Au wire specification	Matching model each Au wire spec	2	CI Inspection	3	42	NONE						
	Bond size	Bond size NG.	Deteration of reliability	7		Bonding parameter not suitable.	Confirm bond size after set up the machine.	6	Measuring by sampling.	7	294	Change parameter to suitable , and use SPC for control.	Phayome Hl. WW.01'13	Change parameter to suitable , and use SPC for control.	7	1	7	49

ภาพที่ 4.37 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) หลังการปรับปรุงกระบวนการ

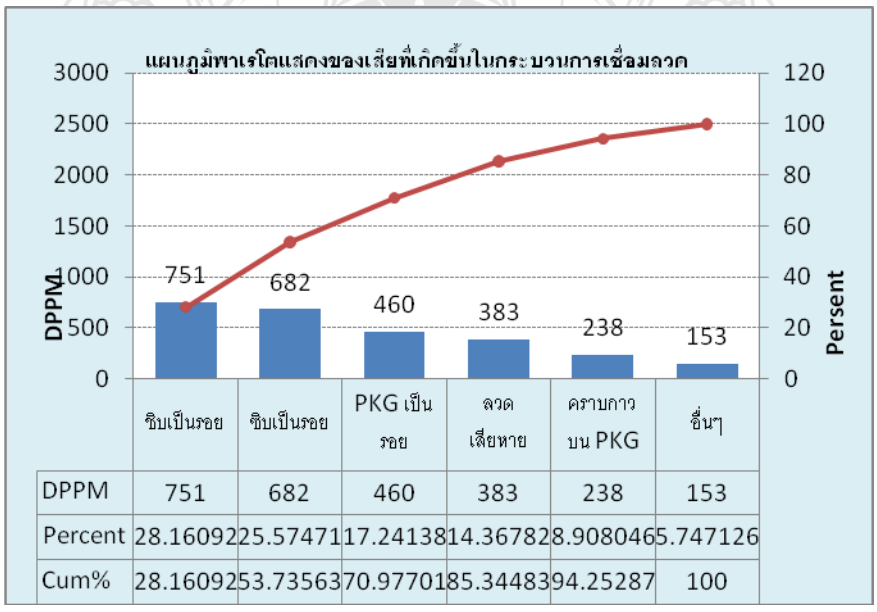
Process Name/Operation Description	Parameter	Methods						Reaction Plan	Analyzed Data
		Specification/ Tolerance	Evaluation Measurement Technique	Sample size/ Frequency	Who	Control Method	Action point		
Wire bonding	Force	42 g	Monitor the setting value	1 time/Setup	Technician	Check sheet	Wrong setting	Notify Engineer	Engineer to verify
	Time	15 ms	Monitor the setting value	2 time/Setup	Technician	Check sheet	Wrong setting	Notify Engineer	Engineer to verify
	Power	62 uinch	Monitor the setting value	3 time/Setup	Technician	Check sheet	Wrong setting	Notify Engineer	Engineer to verify
Bond size measurement	Bond size	60 - 75 um	Bond size measurement	3 pcs/lot	Operator	SPC	Out of control	Notify Engineer	Process capability

ภาพที่ 4.38 แผนการควบคุมของกระบวนการเชื่อมลวด



ภาพที่ 4.39 แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ หลังจากปรับปรุงกระบวนการ

หลังการปรับคุณภาพของกระบวนการเชื่อมลวดโดยการเปลี่ยนค่าปัจจัยที่สำคัญของการเชื่อมลวด คือ แรง เวลา และกำลังที่ใช้ในการเชื่อมลวดให้เหมาะสม โดยได้มีการแก้ไขตารางการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) แผนการควบคุมของกระบวนการและใช้แผนภูมิควบคุม พบว่าในช่วงเดือนมกราคม 2556 ไม่พบของเสียจากปัญหาบอนด์ไม่ได้ขนาดดังสรุปได้ในแผนภูมิพาเรโตดังแสดงในภาพที่ 4.40



ภาพที่ 4.40 แผนภูมิพาเรโตแสดงของเสียในเดือนมกราคม 2556

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การดำเนินการศึกษาในครั้งนี้เป็นการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวดโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งสามารถลดของเสียที่เกิดจากปัญหาบอนด์ไม่ได้ขนาด (Bond size NG) ของผลิตภัณฑ์ C จากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการสามารถปรับค่า Ppk จาก 0.79 ให้เพิ่มขึ้นเป็น 1.38 ซึ่งสามารถเพิ่มขึ้นได้ 74.68% จากที่ตั้งเป้าของโครงการไว้ให้เพิ่มขึ้น 50% และยังสามารถลดของเสียจากก่อนการปรับปรุงพบของเสียที่ 2,640 PPM โดยสามารถลดให้เหลือเพียง 23.10 PPM ซึ่งหมายถึงสามารถลดได้ถึง 99.21% จากที่ตั้งเป้าไว้ให้ลดลง 80% โดยมุ่งเน้นที่จะแก้ปัญหาบอนด์ไม่ได้ขนาดซึ่งสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

5.1.1 ขั้นตอนการระบุปัญหา (Define Phase) ตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงปัญหาที่มีผลกระทบต่อองค์กร ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นผลกระทบในหลายด้านทั้งกระทบต่อลูกค้าภายในและลูกค้าภายนอกทั้งด้านต้นทุน เวลา การส่งมอบงาน รวมถึงความพึงพอใจของลูกค้า

5.1.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase) ในขั้นตอนนี้จะเริ่มด้วยการวิเคราะห์กระบวนการวัดพบว่ากระบวนการวัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันทั้งเครื่องมือที่ใช้วัดและพนักงานที่ทำการวัดมีความสามารถดีเยี่ยมเชื่อถือได้และสามารถนำมาใช้ในการทดลองได้เป็นอย่างดี จากนั้นจึงนำข้อมูลของการวัดขนาดบอนด์จากอดีตจนถึงปัจจุบันจำนวน 80 ล็อต มาทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการพบว่าค่า Ppk ที่ได้เท่ากับ 0.79 เท่านั้น ซึ่งต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งไม่ควรต่ำกว่า 1.33 จึงจำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการเป็นการด่วน

5.1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase) ในขั้นตอนนี้จะเป็นการค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อขนาดบอนด์โดยอาศัยการระดมสมองผ่านผังก้างปลา (Fish bone diagram) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ซึ่งสามารถคัดเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้องให้เหลือเพียง 4 ปัจจัย คือ แรง เวลา กำลังและอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมลวด จากนั้นจึงนำปัจจัยที่ได้มากรองอีกครั้งโดยการทดสอบสมมุติฐาน (Hypothensis testing) โดยใช้หลักการทดสอบแบบ t-test เปรียบเทียบระหว่างค่าด้านต่ำและค่าด้านสูงของแต่ละปัจจัยเพื่อหาว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อขนาดบอนด์อย่างมีนัยสำคัญตาม

หลักทางสถิติ ซึ่งปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญก็จะมีเฉพาะปัจจัย แรง เวลาและกำลังที่ใช้ในการเชื่อมลวดเท่านั้น

5.1.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase) ในขั้นตอนนี้เป็นการนำปัจจัยที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วว่ามีผลต่อขนาดบอนด์อย่างมีนัยสำคัญมาหาค่าของปัจจัยป้อนเข้าที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ขนาดบอนด์ที่ดีที่สุดโดยใช้วิธีการออกแบบการทดลอง (DOE : Design of experiment) มาช่วยทดลองเพื่อกลั่นกรองออกมาเป็นสมการของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับขนาดบอนด์แล้วนำสมการที่ได้ไปหาค่าของปัจจัยป้อนเข้าที่เหมาะสม และทดลองทำการเชื่อมลวดจำนวน 30 ตัว แล้ววิเคราะห์ความสามารถของกระบวน ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่าได้ค่าเฉลี่ยที่ 67.32 และได้ค่า Cpk เท่ากับ 1.36 ซึ่งสามารถนำไปกำหนดใช้ในกระบวนการได้ และจากการนำไปปรับใช้และติดตามผลปรากฏว่าในระยะยาวค่า Ppk เท่ากับ 1.38 และสามารถลดของเสียที่เกิดจากขนาดบอนด์ให้เหลือเพียง 23.10 PPM

5.1.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase) ขั้นตอนจะเป็นการควบคุมปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการเชื่อมลวดที่มีผลต่อขนาดบอนด์ทั้งหมด ไปกำหนดในเอกสารแผนการควบคุมกระบวนการ (Control Plan) ซึ่งจะกำหนดแผนในการควบคุมต่าง ๆ รวมทั้งกำหนดให้ใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ เพื่อใช้ตรวจจับความผันแปรของกระบวนการเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นอีก

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่ามาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวด พบว่าก่อนการปรับปรุงเกิดปัญหาบอนด์ไม่ได้ขนาดประมาณ 6,027 PPM และผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยการระดมสมองผ่านแผนภาพก้างปลาและการ วิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อขนาดบอนด์คือ แรง เวลา กำลังและอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมลวด จากนั้นนำปัจจัยที่ได้ไปทดสอบเพื่อหาว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อขนาดบอนด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติพบว่า ปัจจัยอุณหภูมิไม่มีผลต่อขนาดบอนด์ทำให้เหลือเฉพาะปัจจัย แรง เวลาและกำลังเท่านั้นที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นจึงทำการหาค่าของปัจจัยที่เหมาะสมโดยวิธีการออกแบบการทดลองและได้ค่าที่เหมาะสมของปัจจัย แรง เวลาและกำลังเท่ากับ 42 กรัม 15 มิลลิวินาที และ 62 ไมโครนิ้ว (1.574 ไมครอน) ตามลำดับ แล้วนำค่าที่ได้ไปทดลองและปรับใช้และจากการวิเคราะห์ผลพบว่าในระยะยาวสามารถลดของเสียจากเดิม 2,640 PPM ให้เหลือเพียง 23.10 PPM หรือสามารถลดได้ 99.21% และยังสามารถเพิ่มดัชนีความสามารถของกระบวนการผลิตขึ้นเป็น 1.38 หรือเพิ่มขึ้นได้ 74.68% อีกด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

ในการทำการศึกษาครั้งนี้ พบว่าขั้นตอนการปรับปรุงนั้นเป็นขั้นตอนที่ยากและน่าจะเกิดปัญหามากที่สุด จึงควรระมัดระวังในเรื่องการกำหนดค่าด้านสูงและค่าด้านต่ำของปัจจัยแต่ละปัจจัย เนื่องจากปัจจัยแต่ละปัจจัยจะมีหน่วยที่แตกต่างกันและหากกำหนดค่าไม่เหมาะสมก็จะทำให้น้ำหนักของแต่ละปัจจัยได้ค่าที่ไม่ควรจะเป็นซึ่งทำให้การทดลองผิดพลาดและจะทำให้เสียเวลาและเสียวัตถุดิบที่ใช้ผลิตงานในการทดลองโดยไม่จำเป็น

บรรณานุกรม

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2551. **การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์ และคณะ. 2548. **คู่มือปฏิบัติ Six Sigma เพื่อสร้างความเป็นเลิศในองค์กร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : บริษัท เอ็กซเปอร์เน็ท จำกัด.

เทพนที ด่านเดชา. 2554. **การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการกระกอบแผงวงจรรวมตามแนวทางการผลิตแบบลีนและการบริหารคุณภาพด้วยซิกซ์ซิกม่า**. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

บรรจง จันทมาศ. 2546. **การบริหารงานคุณภาพและเพิ่มผลผลิต**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

พี เพนเด และคณะ. 2548. **เส้นทางสู่ Six Sigma**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท้อป.

เพียงเพ็ญ นนทจิต. 2554. **ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการวางแผนการบรรจุสินค้าโดยนำวิธีการบริหารบริหารแบบ Six Sigma เป็นเครื่องมือในการปรับปรุง**. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ศุภกฤต หวังสิทธิเดช. 2552. **การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยวิธีการทางซิกซ์ซิกม่า : กรณีศึกษาโรงงานประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สิทธิศักดิ์ พฤกษ์ปิติกุล. 2546. **การพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดดด้วยวิธี Six Sigma** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สุภวรรณ ศรีวรรณ. 2554. **การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตเบาะรถยนต์โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ซิกม่า**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายพโยม เหลือแก้ว
การศึกษา	ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ.2548
ประสบการณ์ในการทำงาน	วิศวกรกระบวนการ
	บริษัท เซอร์คิทอีเล็กทรอนิกส์อินดรัสตรีส์ (มหาชน) จำกัด
	พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2554
	วิศวกรอาวุโส
	บริษัท เอปสัน พรีซิชั่น (ไทยแลนด์) จำกัด
	พ.ศ. 2554 ถึง ปัจจุบัน
อาชีพปัจจุบัน	วิศวกรอาวุโส
สถานที่ทำงาน	บริษัท เอปสัน พรีซิชั่น (ไทยแลนด์) จำกัด
	64 นิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ซิตี้ ตำบลหัวสำโรง
	อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา
ที่อยู่ปัจจุบัน	34/12 หมู่ 3 ตำบลปากพนัง ฝั่งตะวันออก
	อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี