การลดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน โดยใช้หลักการ DMAIC กรณีศึกษา: ผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

DEFECT REDUCTION FOR EMERGENCY KNOB PRODUCT BY DMAIC APPROACH A CASE STUDY OF AUTOMOTIVE PART MANUFACTURER

ธนรัตน์ เอี่ยมเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การลดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน โดยใช้หลักการ DMAIC กรณีศึกษา: ผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

ธนรัตน์ เอี่ยมเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน โดยใช้หลักการ DMAIC กรณีศึกษา: ผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์
ชื่อ - นามสกุล	นายธนรัตน์ เอี่ยมเจริญ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาจุดดำ เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดขึ้นรูปปุ่มฉุกเฉินในรถยนต์ โดยการประยุกต์ใช้การบริหารคุณภาพตามหลักการ DMAIC จากข้อมูลในอดีตพบว่า ปุ่มฉุกเฉินในรถยนต์ซึ่งเป็นโมเดลตัวอย่าง เกิดปัญหาจุดดำ จากการดำเนินงานภายในองค์กรมากถึงร้อยละ 3.88 และจำนวนการร้องเรียนของลูกค้าคิดเป็นร้อยละ 0.22 ของจำนวนการผลิตทั้งหมด

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนตามหลักการ DMAIC โดยเริ่มจากขั้นตอนการระบุปัญหาได้ศึกษาปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาใน 4 กระบวนการได้แก่ กระบวนการล้างหม้ออบ กระบวนการล้างวัตถุดิบที่ค้างอยู่ กระบวนการตั้งพารามิเตอร์เครื่องจักร และกระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน 100% จากนั้นทำการวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้แผนผังต้นไม้ และวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงด้วยการทดสอบสมมติฐาน และการประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้ว จึงทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง สุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุม โดยการจัดทำมาตรฐานการงานให้กับกระบวนการผลิตเพื่อไม่เกิดปัญหานั้นซ้ำขึ้นอีก

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการบริหารคุณภาพตามหลักการ DMAIC สามารถลดปัญหาจุดดำ ของกระบวนการฉีดขึ้นรูปปุ่มฉุกเฉินในรถยนต์จากร้อยละ 3.88 เหลือร้อยละ 0.92 และจำนวนการร้องเรียนของลูกค้าจากร้อยละ 0.22 เหลือร้อยละ 0.01 ของจำนวนการผลิตทั้งหมด ส่งผลให้สามารถเพิ่มผลผลิตให้กับสายการผลิตตัวอย่าง และสามารถสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อลูกค้า อันจะนำไปสู่ยอดขาย และผลกำไรที่ดีขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ : การลดข้อบกพร่อง หลักการ DMAIC ปัญหาจุดดำ ชิ้นส่วนรถยนต์

Thesis Title	Defect Reduction for Emergency Knob Product by DMAIC Approach: A Case Study of Automotive Part Manufacturer
Name - Surname	Mr. Thanarat Iemcharoen
Program	Industrial Engineering
Thesis Advisor	Mrs. Rapee Kanchana, D.Eng.
Academic Year	2012

ABSTRACT

The objective of this research is to solve a black dot problem of an automobile emergency knob product in the injection molding process by applying the principle of quality management, DMAIC approach. From the historical data, it indicated that there was the black dot problem found in the automobile emergency knob production up to 3.88% while the numbers of the customer complaints were also found at 0.22% of the total production.

The research methodology consisted of five steps according to DMAIC approach. First, the black dot problem was clearly identified the root cause of the problem in four processes; hopper washing process, material purging process, machine parameters setting process and 100% inspection process. Second, the tree diagram and hypothesis testing were used to identify and analyze the exact cause of problem. The attribute gage study was also used to evaluate the measurement system performance and then the production system was improved by using design of experiment technique. Finally, the work standard was established to control the manufacturing process.

The results showed that by applying the principle of quality management based on DMAIC approach, the black dot problem of the automobile emergency knob product in the injection molding process can be reduced from 3.88% to 0.92% whereas the numbers of the customer complaints were also decreased from 0.22% to 0.01%.In conclusion the productivity was increased and created a good image to customers. Which bring sales and profits in the future.

Keywords : defect reduction, DMAIC approach, black dot problem, automotive part

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร.ระพี กาญจนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร ดร.สมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล และ ดร.เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ ผู้ทรงคุณวุฒิคณะกรรมการสอบ ที่กรุณาได้ให้คำปรึกษา การเอาใจใส่ติดตาม และคำแนะนำอันเป็นประโยชน์มาโดยตลอด รวมทั้งอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ หลักสูตรปริญญาโท ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ และเสนอแนะแนวทางต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ อีกทั้งคณะกรรมการสอบหัวข้อวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ในการนำไปปรับปรุงกรอบแนวคิดงานวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำระเบียบการจัดทำงานวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และจะไม่สามารถเสร็จสิ้นได้ถ้าปราศจากกำลังใจครอบครัว เพื่อนๆ ทุกคน ในการวิจัยครั้งนี้ ถึงแม้จะประสบปัญหาและอุปสรรคต่างๆ มากมาย แต่ด้วยความช่วยเหลือของทุกท่านที่กล่าวมานี้ทั้งหมด เป็นแรงผลักดันให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ธนรัตน์ เอี่ยมเจริญ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ฌ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 3
1.3 สมมติฐานการวิจัย 3
1.4 เป้าหมายและตัวชี้วัดการวิจัย 3
1.5 ขอบเขตการวิจัย 4
1.6 ขั้นตอนการศึกษา 4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
2 ทฤษฎีและวิจารณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ประวัติและความเป็นมาของซิกส์ ซิกม่า 6
2.2 กระบวนการ DMAIC 11
2.3 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30
3 วิธีดำเนินการวิจัย 32
3.1 ศึกษาภาพรวมของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน 34
3.2 การจัดตั้งทีมงานในการแก้ไขปัญหา 34
3.3 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase) 34
3.4 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase) 35
3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase) 37
3.6 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase) 40
3.7 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase) 43

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

4 ผลการดำเนินงานวิจัย 45

4.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน (Emergency Knob Injection Process)... 45

4.2 การจัดตั้งทีมงานในการแก้ไขปัญหา 55

4.3 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase) 56

4.4 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase) 60

4.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase) 62

4.6 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase) 78

4.7 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase) 88

5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 92

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 92

5.2 อภิปรายผลการดำเนินงาน 94

5.3 ข้อเสนอแนะ 94

รายการอ้างอิง 96

ภาคผนวก 99

ภาคผนวก ก ข้อมูลของเสีย 100

ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดสอบระบบการวัด 102

ภาคผนวก ค มาตรฐานการผลิต และการตรวจสอบ 105

ภาคผนวก ง คุณสมบัติของพลาสติก และเครื่องจักร 109

ภาคผนวก จ ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ 112

ประวัติผู้เขียน 128

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ผลการทดสอบความหนาสี	19
2.2	ตัวอย่างผลการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab	19
2.3	ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ 2 Proportion โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab	21
2.4	เกณฑ์การตัดสินใจ	22
2.5	ผลการทดสอบความสามารถของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน	22
2.6	ผลจากการวิเคราะห์ความสามารถของพนักงาน	23
2.7	การไขว้ผลการทดสอบของพนักงาน A และพนักงาน B	24
2.8	เกณฑ์การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ Kappa	25
2.9	สัญลักษณ์ของผลกระทบ หรืออิทธิพลที่เกิดขึ้นจากปัจจัยและความสัมพันธ์ร่วมกัน	26
2.10	สัญลักษณ์ของปัจจัย และระดับของปัจจัย	26
2.11	ผลทดสอบระดับการสั่นสะเทือนบนผิวของแผงวงจร	27
2.12	ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ 2^2 Factorial Design โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab	27
4.1	เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียของปัญหาแต่ละประเภทที่พบเฉลี่ยต่อเดือน ซึ่งเกิดจากการดำเนินงานภายใน	57
4.2	เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียของปัญหาแต่ละประเภทที่พบเฉลี่ยต่อเดือน ซึ่งเกิดจากการร้องเรียนของลูกค้า	57
4.3	ข้อบกพร่องคิดเป็นเปอร์เซ็นต์และเปอร์เซ็นต์สะสมที่เกิดจากการดำเนินงานภายใน	58
4.4	ข้อบกพร่องคิดเป็นเปอร์เซ็นต์และเปอร์เซ็นต์สะสมที่เกิดจากการร้องเรียนของลูกค้า	59
4.5	เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์กลั่นกรองปัจจัย	63
4.6	ผลการเปรียบเทียบวิธีการทำความสะอาดที่มีรูปแบบต่างกันกับการเกิดปัญหาจุดดำ	65
4.7	ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของวิธีการทำความสะอาดหม้ออบ	66
4.8	ผลการเปรียบเทียบพลาสติกชนิดต่างๆ ที่นำมาไล่วัตถุดิบตกค้างกับการเกิดปัญหาจุดดำ	67
4.9	ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้าง	68
4.10	เปรียบเทียบต้นทุนโดยรวมของการใช้พลาสติกชนิด PS และ PP	69
4.11	ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิหลอมเหลวค่าต่างๆ ในช่วง H_4 กับการเกิดปัญหาจุดดำ	70
4.12	ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของอุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4	71
4.13	ผลการเปรียบเทียบการใช้มาตรฐานการตรวจสอบรูปแบบต่างๆ กับการเกิดปัญหาจุดดำ	72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.14 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของรูปแบบการตรวจสอบชิ้นงาน 73
4.15 ข้อมูลการทดสอบระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบทั้ง 2 คน 74
4.16 ผลการประเมินทักษะพนักงานตรวจสอบทั้ง 2 คน 76
4.17 เกณฑ์การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ Kappa 77
4.18 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ Kappa โดยใช้โปรแกรม Minitab 77
4.19 ผลการทดสอบสมมติฐานของข้อบกพร่องทั้ง 5 ปัจจัย 78
4.20 เครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงสาเหตุข้อบกพร่อง 79
4.21 คุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้าในแบบการทดลอง 79
4.22 ข้อมูลการทดสอบระหว่างปัจจัยชนิดพลาสติกไล่เศษตกค้างกับอุณหภูมิหลอมเหลว 80
4.23 ผลการทดสอบ 2^2 Factorial Design โดยใช้โปรแกรม Minitab 80
4.24 ผลการประเมินทักษะพนักงานตรวจสอบทั้ง 2 คน (ก่อน-หลังปรับปรุง) 84
4.25 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ Kappa โดยใช้โปรแกรม Minitab 85
4.26 สรุปแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหา 86
5.1 สรุปแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาจุดดำ 92

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	แผนภูมิแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียเฉลี่ยจากการดำเนินงานภายในตั้งแต่เดือนธันวาคม 2553 ถึงกุมภาพันธ์ 2554	2
1.2	แผนภูมิแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียเฉลี่ยจากลูกค้าตั้งแต่เดือนธันวาคม 2553 ถึงกุมภาพันธ์ 2554	2
2.1	การแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง	8
2.2	การเปลี่ยนแปลงค่าตั้ง (Setting) โดยธรรมชาติ	9
2.3	กระบวนการในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในซิกส์ ซิกม่า	11
2.4	ตัวอย่างการสร้างกราฟเส้น	12
2.5	ตัวอย่างการสร้างกราฟแท่ง	13
2.6	ตัวอย่างลักษณะของแผนภูมิพาเรโต	14
2.7	ตัวอย่างลักษณะของแผนภูมิการไหลของงาน	15
2.8	ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบ Why-Why Tree	16
2.9	ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบ How-How Tree	16
2.10	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมที่มีต่อค่า Y (ระดับการสั่นสะเทือน)	29
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	33
3.2	ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ 2 Proportion	37
3.3	ขั้นตอนการปรับปรุงปัญหาโดยใช้ 2^2 Factorial Design	41
4.1	ชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน และตำแหน่งการประกอบในรถบรรทุก	45
4.2	เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 50 ตัน (Injection Machine)	46
4.3	แม่พิมพ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นส่วน (Mould)	46
4.4	ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน	47
4.5	ขั้นตอนการทำความสะอาดหม้ออบ	48
4.6	วัตถุดิบที่ใช้ขึ้นรูปชิ้นงานกรณีศึกษา	48
4.7	ขั้นตอนการเติมวัตถุดิบลงในหม้ออบ	49
4.8	ขั้นตอนการตั้งอุณหภูมิเพื่ออบวัตถุดิบ	49
4.9	ขั้นตอนการนำแม่พิมพ์ขึ้นติดตั้งยึดกับแท่นเครื่องฉีด	50
4.10	ขั้นตอนการไล่วัตถุดิบเก่าที่ค้างอยู่ภายในกระบอกฉีด	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.11 ขั้นตอนการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์โดยอ้างอิงจากมาตรฐาน 51
4.12 ขั้นตอนการยืนยันผลก่อนเริ่มทำการผลิต 52
4.13 ขั้นตอนการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานเข้าสู่แม่พิมพ์ 53
4.14 ขั้นตอนการตกแต่งครีบ และบรรจุใส่ถาด 53
4.15 ขั้นตอนการสุ่มตรวจสอบระหว่างกระบวนการ 54
4.16 ขั้นตอนการบำรุงรักษาแม่พิมพ์ 54
4.17 ขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นงาน 100% 55
4.18 ตัวอย่างชิ้นงานที่ผ่าน และไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับของลูกค้า 55
4.19 โครงสร้างของทีมงานในการแก้ปัญหาจุดดำ 56
4.20 แผนภูมิพาเรโตแสดงปัญหาการผลิตปุ่มฉุกเฉิน Knob Hzs จากการดำเนินงานภายใน 58
4.21 แผนภูมิพาเรโตแสดงปัญหาการผลิตปุ่มฉุกเฉิน Knob Hzs จากการร้องเรียนของลูกค้า 59
4.22 กระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหาจุดดำ 61
4.23 แผนผังต้นไม้แสดงเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาจุดดำ 62
4.24 ผลการทดสอบการหาจำนวนตัวอย่างโดยใช้โปรมแกรม Minitab ช่วยในการคำนวณ 64
4.25 การทดสอบพนักงานโดยใช้ Attribute Gage Study 74
4.26 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรมอัตโนมัติ Attribute Gage Study Report 76
4.27 ผลกระทบหลักของปัจจัยเดี่ยว 81
4.28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแต่ละตัว 82
4.29 มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบแบบเป็นลำดับขั้นตอน 83
4.30 การอบรมพนักงานโดยใช้มาตรฐานการตรวจสอบแบบ Step Check 84
4.31 ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบคงค้างก่อนและหลังการปรับปรุง 86
4.32 อุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4 ก่อนและหลังการปรับปรุง 87
4.33 มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบก่อนและหลังการปรับปรุง 87
4.34 การประเมินทักษะพนักงานโดยใช้ Attribute Gage Study 88
4.35 การควบคุมการใช้ชนิดพลาสติกในการไล่วัตถุดิบคงค้าง 88
4.36 การควบคุมการตั้งค่าอุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4 89
4.37 การควบคุมการใช้มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบรูปแบบใหม่ 89

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.38 การควบคุมพนักงานที่ผ่านการประเมินทักษะ 90

4.39 แนวโน้มการเกิดปัญหาจุดดำจากการดำเนินงานภายใน 90

4.40 แนวโน้มการเกิดปัญหาจุดดำจากข้อร้องเรียนของลูกค้า 91

5.1 สรุปผลการแก้ไขจากการดำเนินงานภายใน (In-House) 93

5.2 สรุปผลการแก้ไขจากข้อร้องเรียนของลูกค้า (Customer Complaint) 93

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

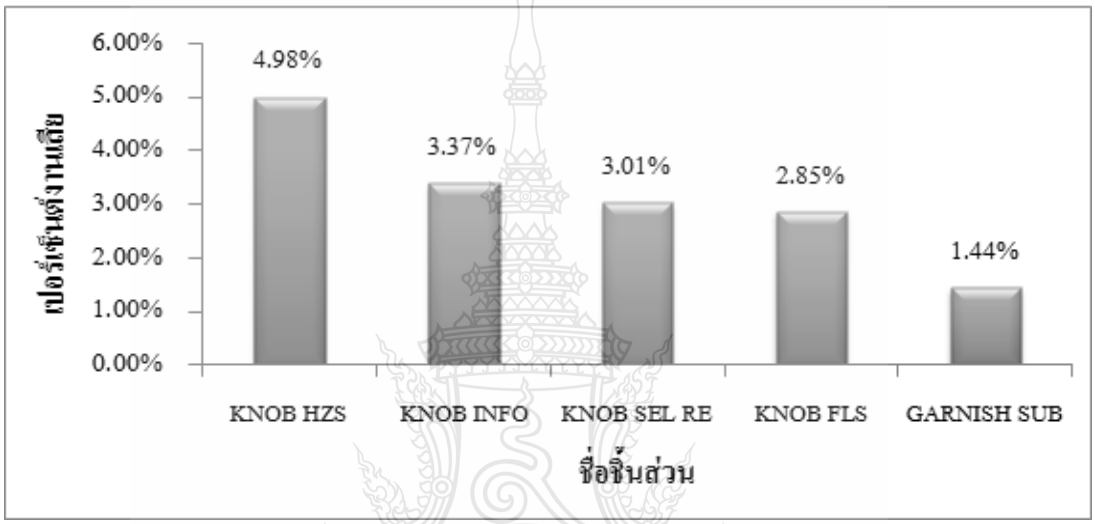
ในปัจจุบันธุรกิจทางด้านรถยนต์ มีการแข่งขันทางด้านการค้ากันสูงมาก เนื่องจากวงการอุตสาหกรรมทุกวันนี้เปิดกว้างและเป็นเสรีมาก ผู้ที่อยู่ในวงการนี้จึงต้องตื่นตัวเพื่อก้าวให้ทันกับ

สถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การเพิ่มผลผลิตจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการที่จะทำให้บริษัทสามารถแข่งขันและสนองความต้องการของลูกค้าได้เป็นอย่างดี ซึ่งในการเพิ่มผลผลิตนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การลดข้อบกพร่องที่เกิดในกระบวนการเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรให้ทันสมัย หรือการใช้เทคโนโลยีการผลิตสมัยใหม่ เป็นต้น

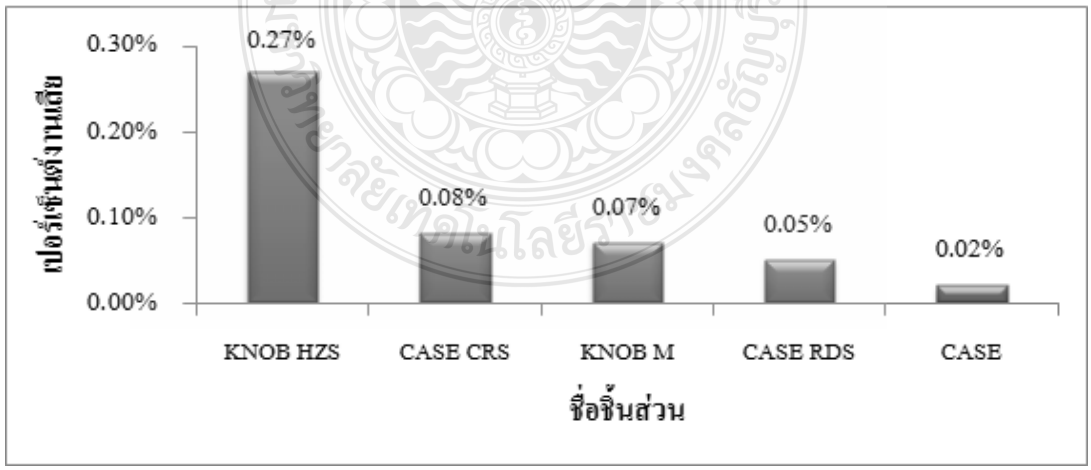
สถานการณ์อุตสาหกรรมรถยนต์ในปี 2553 มีการขยายตัวเมื่อเปรียบเทียบกับปีที่ผ่านมา เนื่องจากผู้บริโภคมีความเชื่อมั่นในเศรษฐกิจของประเทศ และเศรษฐกิจโลก สำหรับตลาดในประเทศได้รับผลดีจากการแนะนำรถยนต์เข้าสู่ตลาดของผู้ประกอบการตั้งแต่ต้นปี 2553 และบางรุ่นยังคงมียอดค้างส่งมอบ โดยสถิติการจำหน่ายรถยนต์ตั้งแต่เดือนมกราคม – ตุลาคม 2553 พบว่ามีปริมาณการขายรถยนต์รวมทั้งสิ้น 628,361 คัน ซึ่งมีปริมาณมากกว่าปี 2552 อยู่ถึง 49.7 เปอร์เซ็นต์ โดยบริษัทที่มีส่วนแบ่งทางการตลาด 3 อันดับแรก คือ A, B, C ซึ่งมีส่วนแบ่งทางการตลาดเท่ากับ 40.6 เปอร์เซ็นต์ 19.1 เปอร์เซ็นต์ และ 14.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ [1] ส่งผลให้โรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ดังบริษัทกรณีศึกษาที่เป็นส่วนหนึ่งของ Supply Chain ให้กับบริษัท B ต้องปรับตัว และพัฒนาตัวเองให้พร้อมสำหรับการแข่งขัน การปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการที่จะทำให้บริษัทสามารถแข่งขันและตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าได้เป็นอย่างดี

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทขึ้นรูปพลาสติก พ่นสี และประกอบชิ้นส่วนพลาสติก ซึ่งบริษัทมีนโยบายที่จะทำการผลิตสินค้าให้เกิดคุณภาพสูงสุด และมีความต้องการที่จะปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่อง โดยผลิตภัณฑ์ของบริษัทจะแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ผลิตภัณฑ์ยานยนต์ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากปัจจุบันบริษัทมีแนวโน้มยอดขายผลิตภัณฑ์ยานยนต์ที่มากขึ้นเป็นลำดับ ผู้บริหารจึงมีนโยบายต้องการที่จะปรับปรุงคุณภาพของชิ้นส่วนยานยนต์เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ และ สามารถแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่นได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการเก็บข้อมูลชิ้นงานเสียของชิ้นส่วน ยานยนต์ พบชิ้นงานเสียจำนวนมากในสายการผลิตปุ่มฉุกเฉินรุ่น Knob Hzs ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ประกอบเข้ากับแผงคอนโซลหน้ารถบรรทุก 6

ล้อ ยี่ห้อหนึ่ง โดยจากการเก็บข้อมูลจำนวนชิ้นงานเสียแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือในส่วน Internal Data (ข้อมูลจากภายในซึ่งเก็บข้อมูลจากการดำเนินงาน) และ External Data (ข้อมูลจากภายนอกซึ่งได้เก็บข้อมูลจากการข้อร้องเรียนของลูกค้า) ในช่วง 3 เดือนตั้งแต่เดือนธันวาคม 2553 ถึง กุมภาพันธ์ 2554 พบจำนวนชิ้นงานเสียโดยเฉลี่ยจากการดำเนินงานภายใน และจากการร้องเรียนของลูกค้า พบว่าปุ่มฉุกเฉินรุ่น Knob Hzs มีจำนวนชิ้นงานเสียมากเป็นอันดับหนึ่ง คือ 4.98 เปอร์เซ็นต์ และ 0.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังภาพที่ 1.1 และ ภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.1 แผนภูมิแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียเฉลี่ยจากการดำเนินงานภายในตั้งแต่เดือนธันวาคม 2553 ถึงกุมภาพันธ์ 2554



ภาพที่ 1.2 แผนภูมิแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียเฉลี่ยจากลูกค้าตั้งแต่เดือนธันวาคม 2553 ถึงกุมภาพันธ์ 2554

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมแล้วพบว่าปัญหาที่พบมากเป็นอันดับหนึ่งในชิ้นส่วนดังกล่าว คือ ปัญหาจุดดำ (Black Dot) โดยมีเปอร์เซ็นต์ของเสียจากการดำเนินงานภายในเท่ากับ 3.88 เปอร์เซ็นต์ และจากการร้องเรียนของลูกค้าเท่ากับ 0.22 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับจำนวนการผลิตทั้งหมด และเมื่อนำข้อมูลมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สะสมเพื่อทำการพลอตกราฟพาเรโตพบว่า ปัญหาจุดดำมีเปอร์เซ็นต์สะสมจากการดำเนินงานภายในเท่ากับ 77.98 เปอร์เซ็นต์ และจากการร้องเรียนของลูกค้าเท่ากับ 82.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการเลือกปัญหาที่มีนัยสำคัญมากที่สุดตามหลักการของพาเรโต ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการจัดการและแก้ไขปัญหาให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทางผู้วิจัยได้เลือกนำหลักการ DMAIC มาช่วยในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อช่วยลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องจุดดำในกระบวนการผลิตปุ่มฉุกเฉินรุ่น Knob Hzs

1.2.2 เพื่อปรับปรุงระบบการผลิตปุ่มฉุกเฉิน โดยการประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC

1.3 สมมติฐานการวิจัย

เมื่อนำทฤษฎี DMAIC มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียแล้วจะทำให้ระบบการดำเนินงานเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและหารากเหง้าของสาเหตุเพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิต และควบคุมกระบวนการทำงานไม่ให้เกิดปัญหาเหล่านั้นซ้ำขึ้นอีกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังเช่น การปรับปรุงคุณภาพ PCB Board การปรับปรุงปัญหารอยไหม้ของคลัทช์รถมอเตอร์ไซค์ และการปรับปรุงเพื่อลดปริมาณเชือกเสียในอุตสาหกรรมผลิตเข็มขัดนิรภัย

1.4 เป้าหมายและตัวชี้วัดการวิจัย

1.4.1 เพื่อปรับปรุงระบบการผลิตปุ่มฉุกเฉินให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะลดปัญหาจุดดำเฉลี่ย ต่อเดือนที่เกิดจากการดำเนินงานภายในจากเดิม 3.88 เปอร์เซ็นต์ เป็น 1.94 เปอร์เซ็นต์

1.4.2 เพื่อปรับปรุงระบบการผลิตปุ่มฉุกเฉินให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะลดปัญหาจุดดำเฉลี่ยต่อเดือนที่เกิดจากการร้องเรียนของลูกค้าจากเดิม 0.2 2 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.11 เปอร์เซ็นต์

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ศึกษาเฉพาะชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน รุ่น Knob Hzs

1.5.2 เก็บข้อมูลชิ้นงานเสียก่อนการปรับปรุงในระยะเวลา 3 เดือนคือธันวาคม 2553 ถึง กุมภาพันธ์ 2554 และจะเลือกแก้ไขสาเหตุที่พบมากที่สุดเท่านั้น

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

สำหรับงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงาน ทั้งหมด 8 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขปเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1.6.1 ศึกษากระบวนการในการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน รุ่น Knob Hzs เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุง รวมทั้งเรียนรู้เทคนิคการใช้เครื่องมือต่างๆ ของซิกซ์ ซิกมาเพื่อนำมาประกอบในกระบวนการคิดแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ

1.6.2 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นและวางแผนต่างๆ เพื่อที่จะใช้ในการวิเคราะห์

1.6.3 กำหนดหัวข้อปัญหา (Define Phase) โดยระบุลูกค้า ระบุรุ่นชิ้นส่วน เริ่มจากเก็บข้อมูลโดยใช้ Check Sheet และทำแผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) เพื่อหาลำดับความสำคัญลักษณะของปัญหาแล้วจึงเลือก เพื่อใช้ในการปรับปรุงต่อไป

1.6.4 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase) เป็นการหาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยใช้เครื่องมือ Process Mapping, Tree Diagram และ Why-Why Analysis

1.6.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase) ค้นหาสภาวะปัจจุบันจนถึงปัจจัยต่างๆทั้งหลายที่สามารถไปสู่ค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้โดยใช้เครื่องมือ 2 Proportion, Attribute Gage Study มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา

1.6.6 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase) จะทำการระบุความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาและค้นหาแนวทางการแก้ไขปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินรุ่น Knob Hzs ที่ดีที่สุด โดยการนำ 2^2 Factorial Design, Operation Standard, Attribute Gage Study และการจัดการอบรม (Training) มาใช้

1.6.7 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase) เป็นการกำหนดมาตรฐานในการปฏิบัติงานของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินรุ่น Knob Hzs เพื่อทำให้กระบวนการที่ถูกปรับปรุงให้ดีแล้วยังคงอยู่ตลอดไป

1.6.8 สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 สามารถทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต

1.7.2 สามารถลดปริมาณชิ้นงานเสียเฉลี่ยต่อเดือนของชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินรุ่น Knob Hzs ที่เกิดจากการดำเนินงานภายใน ไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียเฉลี่ยต่อเดือนก่อนการปรับปรุง

1.7.3 สามารถลดปริมาณชิ้นงานเสียเฉลี่ยต่อเดือนของชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินรุ่น Knob Hzs ที่เกิดจากการร้องเรียนของลูกค้า ไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียเฉลี่ยต่อเดือนก่อนการปรับปรุง

1.7.4 สามารถประยุกต์วิธีการไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงกระบวนการผลิตในสายการผลิตอื่นได้

1.7.5 สามารถเพิ่มผลผลิตให้กับสายการผลิตตัวอย่างได้ตามความต้องการของลูกค้า

1.7.6 สามารถนำแนวทางการวิเคราะห์แก้ไข ไปใช้กับวิธีการขึ้นรูปพลาสติกรูปแบบอื่นได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวิจารณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษารวบรวมข้อมูลทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากหนังสือ บทความและงานวิจัยต่างๆ ซึ่งมีเนื้อหาที่ประกอบไปด้วย 3 หัวข้อหลัก คือ

1) ประวัติและความเป็นมาของซิกส์ ซิกม่า
   1. แนวคิดของกรรมวิธีทาง ซิกส์ ซิกม่า
   2. เป้าหมายตามกรรมวิธีซิกส์ ซิกม่า
   3. การจัดองค์กรบริหารตามแนวทางซิกส์ ซิกม่า
2) กระบวนการ DMAIC
   1. ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define)
   2. ขั้นตอนการวัด (Measure)
   3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze)
   4. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve)
   5. ขั้นตอนการควบคุม (Control)
3) การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติและความเป็นมาของซิกส์ ซิกม่า

นับตั้งแต่สิ้นสุดสงครามโลกครั้งที่ 2 เป็นต้นมา ประเทศญี่ปุ่นได้พัฒนาความสามารถทางเศรษฐกิจอย่างหนัก ในปี ค.ศ.1945 เริ่มมีนักวิชาการจากสหรัฐอเมริกาไปให้คำปรึกษาเพื่อการพัฒนาแก่ประเทศญี่ปุ่น W. Edwards Deming ก็เป็นหนึ่งในนักวิชาการที่ไปให้คำปรึกษาที่มีชื่อเสียงที่สุดในสมัยนั้น

การสัมมนาของ Deming เริ่มจากการให้ความรู้ทางสถิติ ไปจนถึงการเป็นที่ปรึกษาในการปรับโฉมหน้าทางอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น ทฤษฎีการจัดการต่างๆ ของ Deming มักเป็นไปในการกำหนดนโยบายซึ่งมุ่งเน้นไปในการวิเคราะห์ และจัดการกับความไม่แน่นอนต่างๆ ของกระบวนการซึ่งส่งผลไปถึงการผลิต จนไปถึงการปรับปรุงคุณภาพทั่วทั้งองค์กร Total Quality Management (TQM) ซึ่งได้รับการยกย่องเป็นอย่างมากจนมีการตั้งรางวัล Deming Prize เป็นรางวัลทางด้านคุณภาพที่สูงที่สุด

จากความสำเร็จในการพัฒนาคุณภาพ และเศรษฐกิจในประเทศญี่ปุ่นมาถึงปี ค.ศ.1980 ได้มีสื่อ NBC ของสหรัฐอเมริกา เสนอข้อความว่า “If Japan Can, Why Can’t We” รณรงค์ให้เกิดการพัฒนาทางด้านคุณภาพกันอย่างมากมายในสหรัฐอเมริกา ทำให้มีการมองถึงความสำเร็จของประเทศญี่ปุ่นทั้งที่ความรู้และทฤษฎีต่างๆ มีต้นกำเนิดมาจากสหรัฐอเมริกาเอง ได้มีการศึกษาและพัฒนาตลอดมา Mikel Harry วิศวกรของบริษัท Motorola ได้ศึกษาแนวคิดในเรื่องความแปรปรวนของ Deming เป็นพิเศษ และเสนอต่อองค์กรว่า การศึกษาความแปรปรวนจะเป็นแนวทางพัฒนาประสิทธิภาพที่ดีที่สุด และถือเป็นจุดเริ่มต้นของแนวคิดของกรรมวิธีทาง ซิกส์ ซิกม่าซึ่งในทางสถิติ “ซิกม่า” เป็นสัญลักษณ์ภาษากรีก (σ) ซึ่งใช้ในการอธิบายถึงความผันแปรในกระบวนการ แสดงถึงการวัดค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการกระจายตัวของ ข้อมูลที่เบี่ยงเบนไปจากค่ากลางของข้อมูล ซึ่งค่าความผันแปรนี้จะทำการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ (Specification Limits) ของผลิตภัณฑ์ ถ้าข้อมูลของผลิตภัณฑ์ชิ้นใดมีค่าออกนอกข้อกำหนดเฉพาะนี้ก็จะถือว่าผลิตภัณฑ์นั้นเป็นผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Defect) ซึ่งถ้ากระบวนการใดมีความสามารถของกระบวนการอยู่ที่ระดับ 6 ซิกม่า นั่นจะหมายถึงระยะห่างระหว่างค่าเซตติ้งของกระบวนการและข้อกำหนดเฉพาะในแต่ละข้างจะมีค่าเป็น 6 เท่าของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งจะมีโอกาสในการสร้างผลิตภัณฑ์บกพร่องเพียง 3.4 ppm เท่านั้น (Part Per Million; ppm) กรรมวิธีทาง ซิกส์ ซิกม่า ได้เริ่มมีการพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.1985 และภายใต้การนำของ Bob Galvin, CEO ของ Motorola ในสมัยนั้น ได้เริ่มมีการนำกรรมวิธีทางซิกส์ ซิกม่า มาใช้ในปี ค.ศ.1987 มุ่งเน้นไปในการวิเคราะห์ความแปรปรวนในทุกสิ่งที่โมโตโรร่าทำ และดำเนินการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องกำหนดเป้าหมายที่ความผิดพลาด 3.4 ppm ตามแนวคิดของซิกส์ ซิกม่า

จากความสำเร็จในการนำกรรมวิธีซิกส์ ซิกม่า มาใช้ ของโมโตโรร่า ทำให้บริษัทสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ 2 พันล้านเหรียญสหรัฐ และได้รับรางวัลคุณภาพ Malcolm Baldridge Award ในปี ค.ศ.1988 และจากแนวความคิดนี้ ได้มีองค์กรต่างๆ นำไปใช้จนประสบความสำเร็จจนได้รับความนิยมสูงสุดในปัจจุบัน [2]

2.1.1 แนวคิดของกรรมวิธีทาง ซิกส์ ซิกม่า

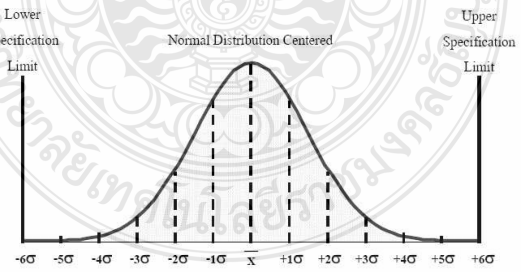
ในแนวทางของซิกส์ ซิกม่า การที่ผู้ผลิตจะสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าได้นั้น ผู้ผลิตจำเป็นจะต้องมีการลดความเสี่ยงหรือโอกาสที่จะทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจ ซึ่งการลดความเสี่ยงนี้ จะสามารถทำได้โดยการเพิ่มความสามารถในกระบวนการผลิตอันเป็นผลทำให้กระบวนการผลิตสามารถผลิตสินค้าหรือบริการซ้ำๆ กันได้ในระดับมาตรฐานที่สูง โอกาสที่ลูกค้าจะพึงพอใจก็จะมีสูงตามไปด้วย แต่ในการเพิ่มความสามารถในกระบวนการผลิตนั้น สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคือ จะต้องทำการศึกษา และทำความเข้าใจถึงความผันแปรที่เกิดขึ้นตลอดช่วงการผลิต ซึ่ง

แหล่งความผันแปรหลักๆ จะมาจากการออกแบบ (Design) วัสดุ (Materials) และกระบวนการผลิต (Process) เพราะความผันแปรเหล่านี้จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถของกระบวนการผลิต ถ้าความผันแปรในกระบวนการผลิตมีมาก ความสามารถของกระบวนการจะต่ำ ในทางกลับกันถ้าความผันแปรในกระบวนการผลิตมีน้อย ความสามารถของกระบวนการก็จะสูง

ในการลดความผันแปรของกระบวนการ ต้องทำการศึกษาและหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์กับสาเหตุปัจจัยในกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถแสดงให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์ได้คือ $Y = f(x_1, x_2, \ldots, x_N)$ เมื่อ Y คือลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และ $(x_1, x_2, \ldots, x_N)$ คือสาเหตุปัจจัยต่างๆ ในกระบวนการผลิต ซึ่งสาเหตุปัจจัยในกระบวนการผลิตนี้มีจำนวนมากมาย (Trivial Many) แต่สาเหตุปัจจัยที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบอย่างมากต่อลักษณะทางคุณภาพนั้นจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital Few) เมื่อสาเหตุปัจจัยเหล่านี้ถูกควบคุมความผันแปรก็จะลดลง คุณภาพของผลิตภัณฑ์ก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย

2.1.2 เป้าหมายตามกรรมวิธีซิกส์ ซิกม่า

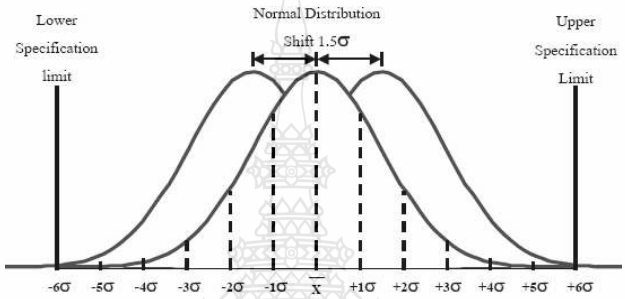
ในกระบวนการผลิตและบริการ โดยปกติจะมีประชากรส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับ $\pm 3\sigma$ หรือประมาณ 97.73% ภายใต้การกระจายแบบปกติดังแสดงในภาพที่ 2.1 แสดงการแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ซึ่งการกำหนดเป้าหมายในอดีตให้สามารถผลิตสินค้าและบริการภายใต้ระดับ $\pm 3\sigma$ หมายถึงการมีโอกาสพบของเสีย 2,700 ชิ้นในล้านชิ้น หากคำนึงถึงการให้บริการในสายการบิน การผ่าตัดของแพทย์การจ่ายยาในโรงพยาบาล ย่อมไม่มีลูกค้าคนใดเป็นผลของความผิดพลาดแม้เพียงหนึ่งครั้งในล้านครั้งรวมไปถึงการผลิตสินค้า และบริการต่างตอบสนองความต้องการของลูกค้า จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องผลิตสินค้า และบริการให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเข้าใกล้ระดับของเสียเป็นศูนย์



Spec. Limit	Percent	Defective ppm
±1 sigma	68.27	317300
±2 sigma	95.45	45500
±3 sigma	99.73	2700
±4 sigma	99.9937	63
±5 sigma	99.999943	0.57
±6 sigma	99.9999998	0.002

ภาพที่ 2.1 การแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง

แต่ในความเป็นจริงแล้วกระบวนการผลิตภายใต้สภาวะควบคุมในระยะยาว กระบวนการจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าตั้ง (Setting) โดยธรรมชาติ ซึ่งจะขยับเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะอยู่ในช่วง $\pm 1.5\sigma$ เนื่องจากมีสิ่งรบกวนต่างๆ ที่เกิดจากอิทธิพลความไม่สุ่มของระบบเข้ามามีอิทธิพลตลอดช่วงการผลิต ซึ่งการที่ค่าตั้ง (Setting) มีการขยับเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะนี้จะทำให้มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากข้อบกพร่องลดลงจากเดิมเหลือ 93.32% อันเป็นผลสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องเพิ่มขึ้นเป็น 66,807 ppm (Part Per Million) ดังภาพที่ 2.2



Spec. limit	Percent	Defective ppm
±1 sigma	30.23	697700
±2 sigma	69.13	308700
±3 sigma	93.32	66807
±4 sigma	99.3790	6210
±5 sigma	99.97670	233
±6 sigma	99.999660	3.4

ภาพที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงค่าตั้ง (Setting) โดยธรรมชาติ

ภายใต้แนวความคิดของซิกส์ ซิกม่านี้ การกระจายของลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะถูกทำให้ลดลง โดยการลดความผันแปรในกระบวนการผลิต ซึ่งภายใต้แนวความคิดนี้ลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะมีการกระจายอยู่ในช่วง $\pm 6\sigma$ จากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้มีความมั่นใจว่า จะมีผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากข้อบกพร่องคิดเป็นสัดส่วน 99.9999998% ถึงแม้ว่าค่าตั้ง (Setting) จะมีการขยับเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ 1.5σ แล้วก็ตาม ก็จะมีสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องเพียง 0.0000034% หรือคิดเป็น 3.4 ppm เท่านั้น

2.1.3 การจัดองค์กรบริหารตามแนวทางซิกส์ ซิกม่า

การดำเนินการตามแนวทางซิกส์ ซิกม่า นั้นเริ่มต้นและสิ้นสุดลงด้วยการสร้างความพึงพอใจให้เกิดกับลูกค้านั้นจะเป็นการดำเนินงานทั่วทั้งองค์กรเพื่อเป็นการสร้างรากฐานในการปรับปรุง

คุณภาพอย่างแท้จริง โดยจัดตั้งคณะทำงานเพื่อการดำเนินงานและวางรากฐานอย่างเป็นระบบ ซึ่งคณะทำงานนี้จะต้องได้รับการอบรมและการฝึกฝนเพื่อให้เข้าใจถึง หลักการ แนวคิด และวิธีการ ในการดำเนินงานตามแนวทาง ซิกส์ ซิกม่า และทราบถึง หน้าที่ และบทบาท และความรับผิดชอบของตน โดยคณะทำงานที่จัดตั้งขึ้นมานั้นจะประกอบด้วย

1) ผู้บริหารระดับสูง (Executive Leadership)

สิ่งสำคัญที่สุดในการนำเอาแนวทางซิกส์ ซิกม่า มาใช้ให้ประสบผลสำเร็จได้นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้บริหารระดับสูงต้องลงมาดูแลด้วยตนเอง โดยเริ่มจากการกำหนดเป้าหมาย ที่มีต่อโครงการเพื่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกันถึงเพื่อให้คณะทำงานได้เข้าใจแนวทางการทำงาน ถ้าปราศจากการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูงแล้ว การนำแนวทางซิกส์ ซิกม่า มาใช้ก็ไม่อาจบรรลุถึงผลสำเร็จได้ ดังนั้นก่อนที่จะนำแนวทางนี้มาใช้ ผู้บริหารระดับสูงต้องประกาศถึงวิสัยทัศน์ให้เข้าใจร่วมกันว่าการนำ ซิกส์ ซิกม่า เข้ามานั้นต้องการให้องค์กรเป็นอย่างไร เพื่อกำหนดทิศทางขององค์กรต่อไปในอนาคต

2) แชมเปี้ยน (Champions)

บุคคลผู้ที่มาทำหน้าที่เป็นแชมเปี้ยนนั้น ต้องเป็นบุคคลที่อยู่ในส่วนของผู้บริหารระดับสูงในองค์กรลักษณะการทำงานของแชมเปี้ยนแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะได้แก่ แชมเปี้ยนบุคลากร (Deployment Champion) และแชมเปี้ยนโครงการ (Project Champion) ซึ่งมีหน้าที่หลักในการจัดตั้งและติดตามผล การทำงานของคณะทำงานตลอดจนกำหนดและประเมินผลโครงการ ผู้ที่จะมาทำตำแหน่งนี้จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ในเรื่องของธุรกิจเป็นอย่างสูงและมีความรู้ความเข้าใจในปรัชญา ทฤษฎี และเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการตามแนวทางซิกส์ ซิกม่าเป็นอย่างดี

3) มาสเตอร์แบลคเบลท์ (Master Black Belt)

เป็นบุคคลผู้ซึ่งได้รับการแต่งตั้งโดยแชมเปี้ยน ทำหน้าที่ในการประสานงานร่วมกับฝ่ายบริหาร ซึ่งต้องรับผิดชอบ และดูแลการทำงานในรูปแบบที่เต็มเวลา เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานตามแนวทางซิกส์ ซิกม่า โดยตรง ตลอดจนเป็นผู้อบรม ดูแล และเป็นพี่เลี้ยงให้กับคณะทำงานที่ชื่อว่า แบลคเบล (Black Belt) และกรีนเบล (Green Belt) โดยต้องเป็นผู้เริ่มต้นทำให้พนักงานมีความเข้าใจถึงการนำหลักการ และแนวคิดมาใช้ในทางปฏิบัติ

4) แบลคเบลท์ (Black Belt)

ทำงานภายใต้การดูแลของมาสเตอร์แบลคเบลท์ (Master Black Belt) มีหน้าที่หลักในการประยุกต์ใช้ความรู้ในหลักการและแนวคิด ตลอดจนเครื่องมือทางสถิติมาใช้ในการแก้ปัญหาโครงการที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งต้องรับผิดชอบและดูแลการทำงานในรูปแบบที่เต็มเวลา เพื่อสนับสนุน

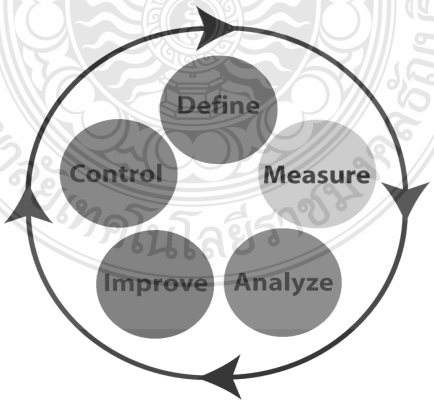
การปฏิบัติงานตามแนวทางซิกส์ ซิกม่าโดยตรง และเป็นเสมือนตัวเชื่อมระหว่างการจัดการของฝ่ายบริหารและการทำงานในระดับปฏิบัติการ

5) กรีนเบลท์ (Green Belt)

เป็นบุคคลที่ได้รับเลือกให้เข้าไปแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานประจำที่ทำอยู่ โดยคณะทำงานเฉพาะกิจซึ่งทำการแก้ปัญหาในแต่ละโครงการ สำหรับเนื้อหาที่ใช้ในการอบรมนั้น ต้องมีการปรับปรุงให้ง่ายขึ้น เพื่อสนับสนุนการแก้ปัญหาในสายงานที่ทำอยู่ อีกทั้งยังมีส่วนช่วยสนับสนุนการทำงานให้กับคณะทำงานแบลคเบลท์ (Black Belt) ซึ่งจะมีส่วนช่วยเสริมและสนับสนุนให้การบริหารจัดการมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2.2 กระบวนการ DMAIC

กระบวนการนี้จะมุ่งเน้นที่การแก้ปัญหาในกระบวนการเป็นหลัก โดยผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการดำเนินงานนี้คือคณะผู้ทำงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะดำเนินงานตามกระบวนการ DMAIC คือ กระบวนการในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องดังภาพที่ 2.3 โดยก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการหลักนั้นจะต้องทำการนิยามถึงปัญหาที่ต้องการจะนำมาปรับปรุงเสียก่อนโดยควรเลือกปัญหาที่เป็นปัญหาที่สำคัญ เป็นต้นเหตุที่ทำให้ลูกค้าไม่พอใจและส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อกระบวนการหรือเป็นปัญหาที่เห็นสิ่งที่ควรปรับปรุงอย่างชัดเจนมาทำการแก้ปัญหาก่อน จากนั้นทำการเลือกลักษณะของตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) เพื่อมาทำการศึกษาและเป็นตัววัดผลในการปรับปรุง (Key Process Output Value; KPOV) จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการในขั้นต่างๆ ต่อไป



ภาพที่ 2.3 กระบวนการในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในซิกส์ ซิกม่า

2.2.1 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)

ในขั้นตอนของการเลือกปัญหาเริ่มจากการกำหนดลูกค้าและศึกษาความต้องการของลูกค้าจากการสำรวจความต้องการ หรือความพึงพอใจของลูกค้า หรือจากข้อมูลการร้องเรียนของลูกค้า ศึกษากระบวนการทำงานหลักขององค์กร แล้วนำความต้องการของลูกค้ามากระจายเป็นปัจจัยคุณภาพที่สำคัญของแต่ละกระบวนการ ปัญหาคุณภาพต่างๆ ที่สำคัญและตรงกับความต้องการของลูกค้า รวมถึงปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขได้ในหน่วยงานปกติก็จะถูกจัดเรียงลำดับความสำคัญและถูกเลือกให้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง เมื่อแบลคเบลท์ (Black Belt) และแชมเปี้ยน (Champion) สามารถกำหนดโครงการที่จะดำเนินการแก้ไขปรับปรุงได้แล้ว ก็จะร่วมกันกำหนดขอบเขตการดำเนินงานและคณะทำงานต่อไป ซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้ในขั้นตอนนี้ มีดังนี้

1) กราฟ (Graph)

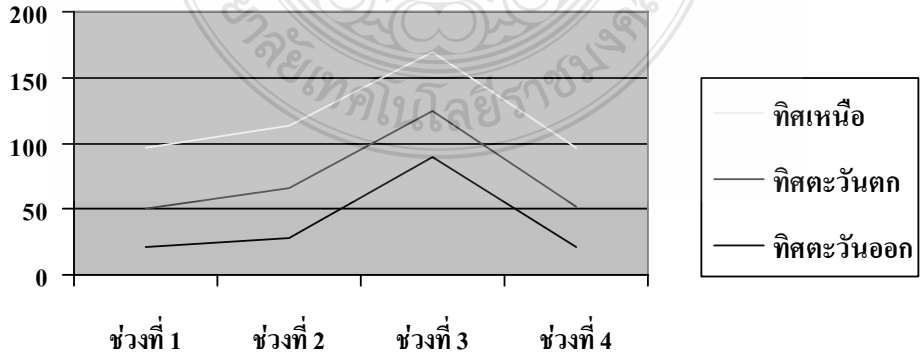
เป็นแผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติซึ่งสามารถทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ โดยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้กราฟมีอยู่หลายประเภท ทั้งนี้ขึ้นอยู่ที่ว่าข้อมูลที่พิจารณามีความผันแปรอยู่ในรูปแบบใด เช่น ปริมาณอนุกรมเวลา หรือสัดส่วน ฯลฯ ซึ่งกราฟแต่ละชนิด จะมีประโยชน์ในการใช้แตกต่างกันดังนี้ [3-4]

1. กราฟเส้น เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสัมพันธ์ 2 ตัว ใช้สำหรับการแสดงแนวโน้มของปัญหา เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการแก้ไขในช่วงเวลา และใช้สำหรับอ่านค่าตัวแปรอีกตัวแปรหนึ่งได้อย่างคร่าวๆ จากกราฟเส้นตรงซึ่งมีหลักการเขียนกราฟดังนี้

ก. ให้แกนตั้งและแกนนอนเป็นค่าของตัวแปร Y และ X ตามลำดับ

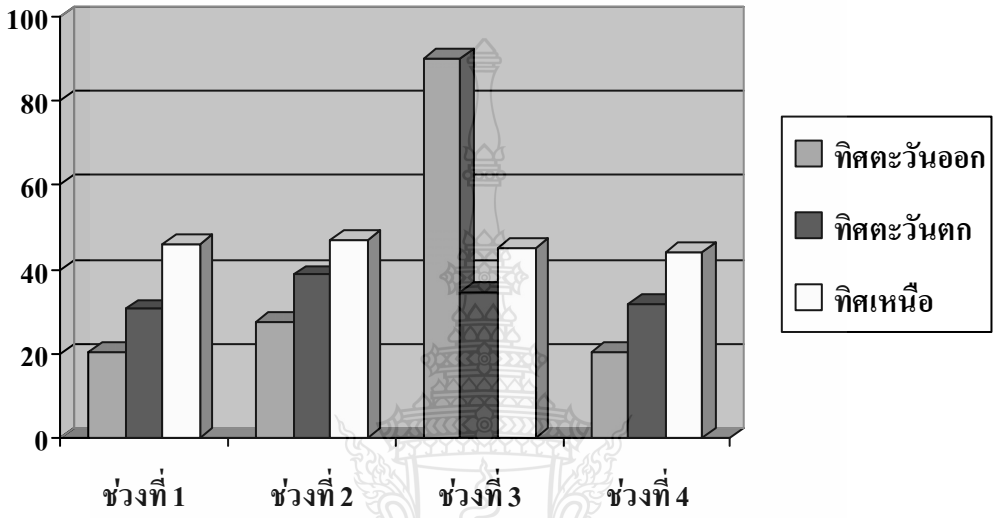
ข. กำหนดจุดคู่ลำดับ (X, Y) ลงบนกราฟ

ค. ลากเส้นต่อจุดคู่ลำดับทุกจุดบนแผ่นกราฟก็จะได้กราฟเส้น ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างการสร้างกราฟเส้น

2. กราฟแท่งจะมีลักษณะเช่นเดียวกับกราฟฮิสโตแกรม เป็นกราฟที่ประกอบด้วยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีพื้นที่เท่ากัน วางอยู่บนแนวนอนหรือแนวตั้งก็ได้ ใช้สำหรับในการเปรียบเทียบค่าของข้อมูลตามเวลา หรือประเภทสินค้าใช้สำหรับการเปรียบเทียบค่าของข้อมูลตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป ดังตัวอย่างกราฟแท่งในภาพที่ 2.5

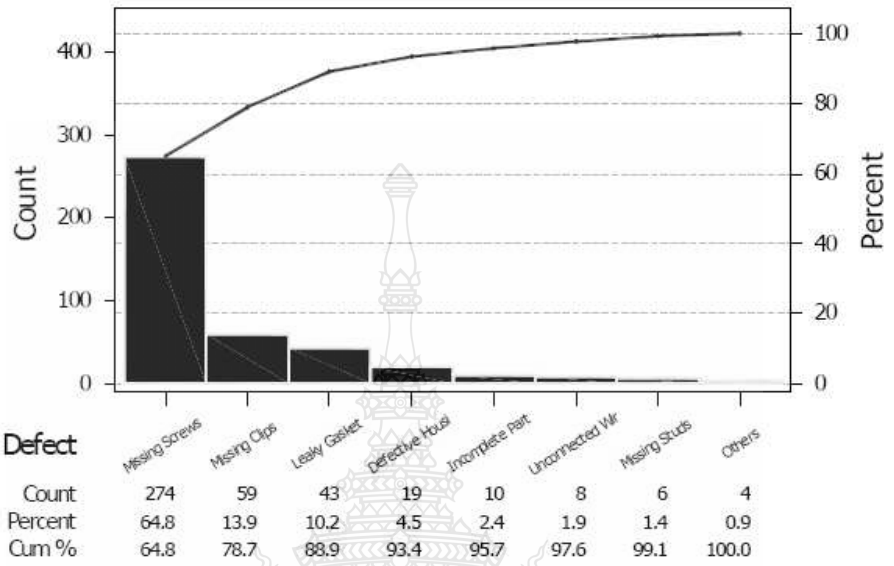


ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างการสร้างกราฟแท่ง

2) แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

แนวคิดของแผนภูมิพาเรโต คือ ในปัญหาใดๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีมาจากสาเหตุหลายๆ อย่าง และในสาเหตุหลายๆ อย่างจะมีสาเหตุใหญ่เพียงไม่กี่อย่างที่มีบทบาทสำคัญทำให้เกิดปัญหา ดังนั้นถ้าจะแก้ปัญหาให้สำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพต้องไปแก้ไขที่สาเหตุใหญ่ก่อน ซึ่งการลดสาเหตุใหญ่ให้เหลือครึ่งหนึ่ง จะง่ายกว่าการลดสาเหตุเล็กให้หมดไปโดยสิ่งที่สำคัญของกิจกรรมการควบคุมคุณภาพ คือ การกำหนดจุดที่สำคัญเพื่อการปฏิบัติงานในสถานปฏิบัติงานของเรามีสิ่งที่ต้องแก้ไขปรับปรุงหรือแก้ปัญหาต่างๆ มากมาย จะแก้ไขปรับปรุงหรือแก้ปัญหามากน้อยเพียงใด เป็นสิ่งที่หาคำตอบได้ยาก ในกรณีเหล่านี้การแก้ไข้ปรับปรุงหรือการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิผล ก็ควรจะเลือกแก้ในสิ่งที่ทำให้สูญเสียต้นทุนไปมากหรือมีจำนวนของเสียมากที่สุด และอาศัยความพยายามของทุกๆ คน ร่วมกันแก้ไข ซึ่งแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภท หรือแบบหลายพวก โดยอาศัยหลักการพาเรโต (Pareto Principle) คือ สิ่งที่สำคัญมากมีจำนวนน้อย และสิ่งที่สำคัญน้อยมีจำนวนมาก (Vital Few and Trivial Many) ซึ่งมักใช้

ตัวเลข 80 – 20 เป็นค่าประมาณ สำหรับทั้งจำนวน และความสำคัญ ลักษณะของแผนภูมิพาเรโต ดังภาพที่ 2.6



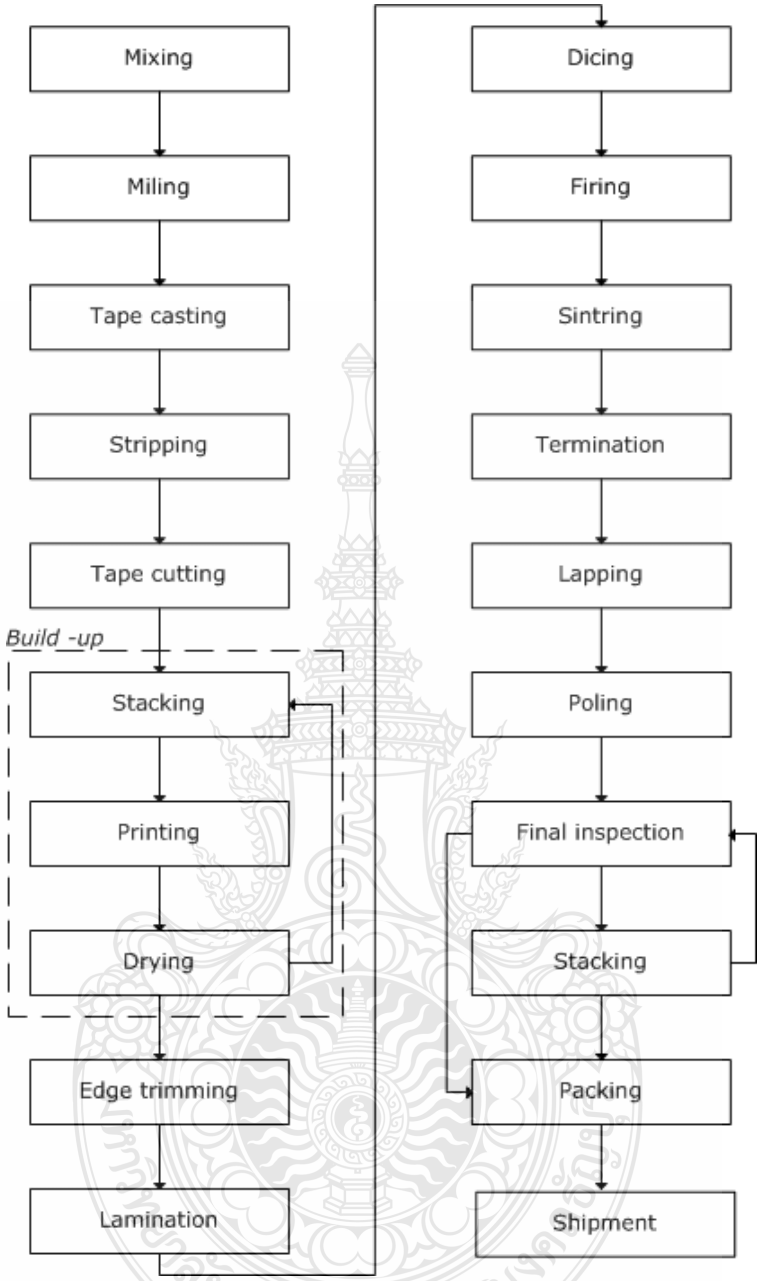
ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างลักษณะของแผนภูมิพาเรโต

2.2.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

ในขั้นนี้เป็นการวิเคราะห์หาปัจจัยที่คาดว่าน่าจะมีผลต่อการเกิดปัญหา โดยก่อนอื่นควรศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัดที่ใช้เพื่อวัดความผันแปรที่เกิดจากการวัด หากความผันแปรที่เกิดขึ้นมีมากเกินกว่าที่กำหนดจะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัดให้ดีขึ้นเสียก่อน จากนั้นทำการศึกษาถึงความสามารถของกระบวนการ เพื่อศึกษาว่าความสามารถของกระบวนการที่แท้จริงเป็นเท่าไรและควรจะตั้งเป้าหมายในการปรับปรุงไว้เท่าใด ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้คือปัจจัยต่างที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้ในขั้นตอนนี้ มีดังนี้

1) แผนภูมิแสดงการไหลของงาน (Flow Chart)

เป็นแผนภาพที่แสดงให้ทราบถึงโครงสร้างและความสัมพันธ์ของงานในกระบวนการที่ทำการศึกษา ซึ่งการแบ่งย่อยงานเพื่อนำมาสร้างแผนภาพแสดงการไหลของงานนั้น จะต้องมีความละเอียดเพียงพอที่จะสามารถนำไปวิเคราะห์ถึงปัญหาในกระบวนการที่สนใจได้ บางครั้งเราอาจเรียกว่า แผนที่กระบวนการ (Process Mapping) ซึ่งตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 2.7

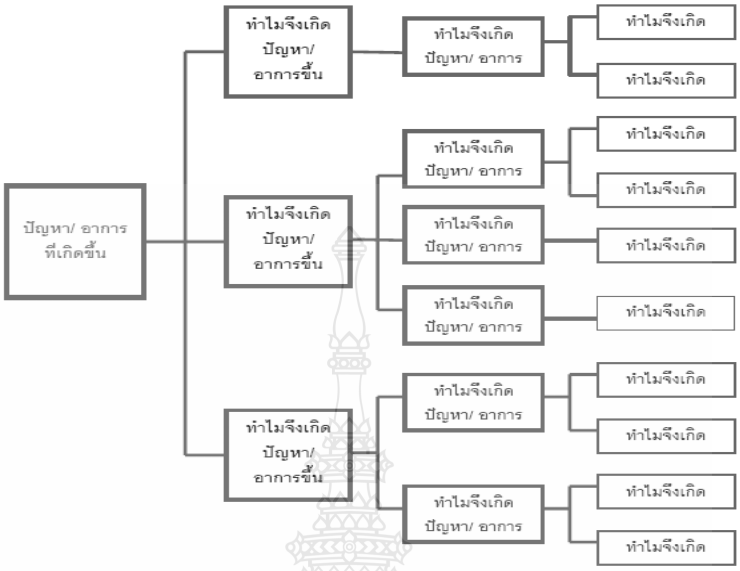


ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างลักษณะของแผนภูมิการไหลของงาน

2) แผนผังต้นไม้ (Tree Diagram)

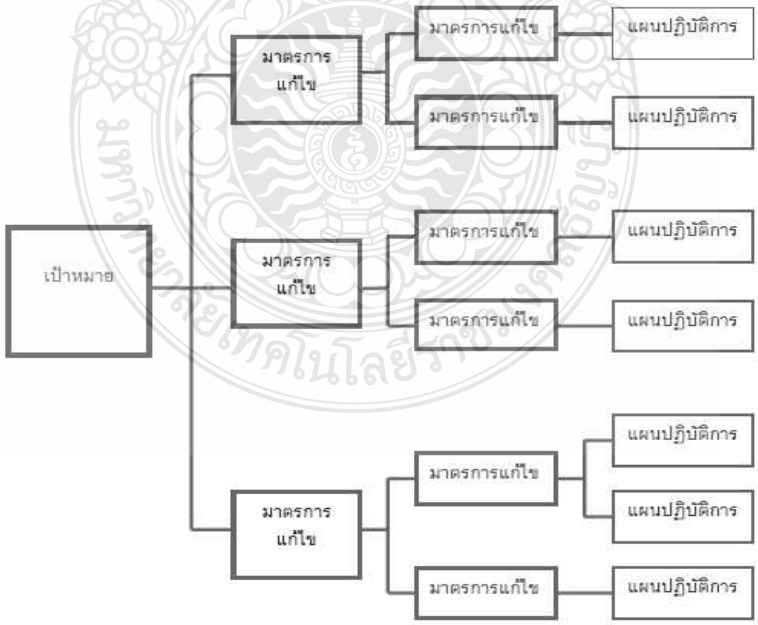
แผนผังต้นไม้เป็นเครื่องมือเพื่อหากลยุทธ์ที่ดีที่สุด และเป็นการวางแผนแนวทางการดำเนินงานในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์หลัก และวัตถุประสงค์ย่อยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งรูปแบบของแผนผังต้นไม้ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 2 รูปแบบคือ

ก. การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Why-Why Tree)



ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบ Why-Why Tree

ข. การหามาตรการแก้ไขป้องกันปัญหา (How-How Tree)



ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบ How-How Tree

จากรูปแบบของแผนผังต้นไม้ทั้ง 2 รูปแบบข้างต้น แสดงให้เห็นว่าแผนผังดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลายเหตุการณ์ทั้งในส่วนของการวิเคราะห์หาสาเหตุ โดยใช้การตั้งคำถามว่าทำไมจึงเกิดปัญหาขึ้น (Why-Why Analysis) ดังภาพที่ 2.8 และการหามาตรการแก้ไขป้องกันปัญหาโดยใช้การตั้งคำถามว่า ทำอย่างไรถึงจะแก้ปัญหาได้ (How-How Analysis) ดังภาพที่ 2.9

2.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

ขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ เพื่อดูว่าปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีผลต่อกระบวนการอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของกระบวนการ หากปัจจัยใดที่ทดสอบแล้วพบว่ามีผลต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) ก็จะนำไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป ซึ่งจากการดำเนินงานในขั้นตอนนี้ จะทำให้เข้าใจกระบวนการมากขึ้น และมาตรฐานการทำงานต่างๆ จะถูกทบทวน และปรับปรุงใหม่ ตัวแปรต่างๆ จะถูกกำหนดและศึกษา และทำให้ทราบว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) อย่างมากซึ่งจะเป็นปัจจัยที่เหมาะสมที่จะนำไปทำการแก้ไขต่อไป ซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้ในขั้นตอนนี้ มีดังนี้

1) การทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis)

ในกรณีที่ผู้ตัดสินใจมีความตั้งใจที่จะตัดสินใจแบบมีการทดลอง ด้วยการยืนยันความเชื่ออย่างใดอย่างหนึ่งแล้ว จะทำการตัดสินใจผ่านการทดสอบสมมติฐาน โดยที่ตัวแบบของการตัดสินใจนี้จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ทางเลือก คือ สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis; H_0) คือ สมมติฐานที่สร้างขึ้นด้วยความหวังที่จะปฏิเสธ และการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ทำให้ยอมรับสมมติฐานอื่นๆ (Alternative Hypothesis; H_1)

ในการตัดสินใจจากผลการทดสอบสมติฐานเชิงสถิติ อาจจะเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 เมื่อเราปฏิเสธสมมติฐานหลัก โดยที่สมมติฐานหลักเป็นจริง การตัดสินใจดังกล่าวเป็นการกระทำความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I error) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ α

กรณีที่ 2 เมื่อสมมติฐานหลักไม่ถูกต้อง แต่สรุปว่าสมมติฐานหลักถูกต้อง การตัดสินใจดังกล่าว เป็นการกระทำความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type II error) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ β และเรียก $1 - \beta$ ว่าอำนาจในการทดสอบ (Power of Test)

แนวทางในการตั้งสมมติฐานมีอยู่ด้วยกัน 3 แนวทางคือ

1. การกำหนดสมมติฐานจากประสบการณ์ในอดีต ซึ่งการกำหนดสมมติฐานแบบนี้ จะถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างมาก ในการควบคุมกระบวนการ

2. การกำหนดสมมติฐานจากทฤษฎี การกำหนดสมมติฐานแบบนี้มักจะถูกนำไปใช้กับงานวิจัยและพัฒนา (R&D)

3. การกำหนดสมมติฐานจากการพิจารณาถึงปัจจัยภายนอกต่างๆ

การทดสอบสมมติฐานจำเป็นต้องมีการทำการทดลอง เพื่อหาเหตุผลมายืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบซึ่งถ้าเหตุผลที่ได้ไม่สามารถยืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบได้แล้ว ผู้ทดสอบก็มีความจำเป็นที่จะต้องทำการยอมรับทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งจริงๆ แล้วการที่ยอมรับทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่งนั้น มิใช่เป็นเพราะทางเลือกนั้นถูกต้อง แต่ที่เลือก เพราะไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะทำการปฏิเสธ (Fail to Reject) ทางเลือกนั้น ในทางกลับกันถ้าเหตุผลที่ได้นั้นสามารถทำการยืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบได้ความเชื่อของผู้ทดสอบก็จะสามารถทำการยอมรับได้

ในทางปฏิบัติเมื่อตั้งสมมติฐานได้แล้ว ถ้าหากมีปัจจัยไม่มากก็จะทำการทดสอบสมมติฐานแบบพื้นฐานได้ แต่ถ้าหากมีหลายปัจจัยก็อาจจะออกแบบการทดลองตามความเหมาะสมโดยอาศัยหลักการของการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment; DOE) หรือจากข้อมูลปกติตามความเหมาะสมทำการทดลองเก็บข้อมูล แล้วใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล ซึ่งจะมีวิธีการแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อมูล และวิธีการทดลอง ในทางปฏิบัติสามารถใช้โปรแกรมในการคำนวณทางสถิติช่วย ซึ่งจะสามารถคำนวณค่า P-Value (Probability Value) ที่สัมพันธ์โดยตรงกับ α ซึ่งหมายถึงโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด หากทำการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งเมื่อเราให้ค่า $\alpha = 0.05$ จะหมายถึงว่าเรายอมรับความเสี่ยงที่จะผิดพลาดแบบที่ 1 เท่ากับ 0.05 หรือ 5% หรือมีโอกาสผิดพลาดได้ 1 ใน 20 ของการตัดสินใจ ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐานนั้น หากพบว่าค่า P มีค่ามากกว่า 0.05 คือมีโอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักแล้วกระทำความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากกว่า 0.05 ก็จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก และต้องยอมรับสมมติฐานหลักนั้น แต่ถ้าหากค่า P น้อยกว่า 0.05 ก็จะทำการปฏิเสธสมมติฐานหลักนั้น แล้วยอมรับสมมติฐานอื่นแทน

ดังนั้นการใช้ P-Value ในการทดสอบสมมติฐาน จะทำให้ทราบความเชื่อมั่นที่แท้จริงและสะดวก เนื่องจากไม่ต้องมีตารางสถิติของตัวทดสอบอยู่ข้างกาย และตัดปัญหาการเปิดตารางผิด ที่สำคัญคือ โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติทั่วไปจะคำนวณค่านี้ให้โดยอัตโนมัติ ที่สำคัญคือ ต้องทราบว่าในการสรุปผลนั้น “จะทำการปฏิเสธ H_0 เมื่อค่า P-Value< α ” เท่านั้น ไม่ต้องคำนึงถึงเครื่องหมายใน H_1 เนื่องจากจะใช้ในการคำนวณ P-Value มาก่อนแล้วนั่นเอง

จากเนื้อหาข้างต้นเพื่อเป็นการสนับสนุนทฤษฎีจึงขอยกตัวอย่างเพื่อเพิ่มความเข้าใจดังนี้ ในการพ่นสีสำหรับการผลิตอย่างหนึ่งกำหนดมาตรฐานไว้ว่า ให้มีความหนามาตรฐานเท่ากับ 1.2

mm โดยวิศวกรในแผนกตั้งข้อสังเกตว่าเครื่องพ่นสีเดิมจะพ่นสีได้บางกว่าการใช้เครื่องพ่นสีชนิดใหม่ และเครื่องทั้ง 2 ชนิดนี้จะพ่นสีได้หนากว่ามาตรฐานที่กำหนดทั้งคู่ จากการทดลองได้ผลดังนี้

ตารางที่ 2.1 ผลการทดสอบความหนาสี

ชนิดเครื่องพ่นสี	**ความหนาสี (มิลลิเมตร)**
เครื่องพ่นสีเดิม	1.4, 1.7, 1.1, 1, 1.8, 1.4, 2.2
เครื่องพ่นสีใหม่	2, 2.4, 1.8, 1.6, 1, 1.7, 1.5, 1.2, 2.2, 1.4

จากผลการทดลองข้างบน จะสรุปผลได้หรือไม่ว่าเครื่องพ่นสีทั้งสองพ่นสีได้ความหนาคาดหมายแตกต่างกัน ด้วยระดับความมีนัยสำคัญ 0.05

สมมติฐานการวิจัย: เครื่องพ่นสีทั้งสองพ่นสีได้ความหนาคาดหมายที่แตกต่างกัน

μ_x คือ ความหนาสีเฉลี่ยที่วัดได้จากเครื่องพ่นสีเดิม

μ_y คือ ความหนาสีเฉลี่ยที่วัดได้จากเครื่องพ่นสีใหม่

สมมติฐานทางสถิติ: H_0 คือ $\mu_x = \mu_y$

H_1 คือ $\mu_x \neq \mu_y$

ใช้โปรแกรม Minitab คำนวณได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างผลการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab

```
Two-Sample T-Test and CI

Sample   N   Mean  StDev  SE Mean
1        7  1.510  0.420     0.16
2       10  1.680  0.440     0.14


Difference = mu (1) - mu (2)
Estimate for difference:  -0.170
95% CI for difference:  (-0.626, 0.286)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.81 P-Value = 0.435 DF = 13
```

สรุปผล: ค่า P-Value = 0.435 > α = 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0

เครื่องทั้งสองพ่นสีได้ความหนาคาดหมาย **ไม่แตกต่างกัน** อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

2) การทดสอบสมมติฐานระหว่างค่าสัดส่วนของประชากรสองชุด (2 Proportion)

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัดส่วนที่ใช้กันทั่วไปในวิศวกรรมมี 2 กรณี

1. การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัดส่วนของประชากรชุดเดียว (1 Proportion)
2. การทดสอบสมมติฐานระหว่างค่าสัดส่วนของประชากรสองชุด (2 Proportion)

ซึ่งในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกใช้แบบ 2 Proportion เพื่อต้องการเปรียบเทียบว่าสัดส่วนงานเสียของประชากร 2 ชุดมีความแตกต่างกันหรือไม่

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของประชากร 2 ชุดก็เพื่อต้องการทราบว่าสัดส่วนของลักษณะที่สนใจศึกษาของประชากร 2 ชุดมีความแตกต่างกันหรือไม่ หรือมีความแตกต่างกันเท่ากับจำนวนที่คาดไว้หรือไม่ เช่น สัดส่วนของลูกค้าที่ใช้เครื่องขยายเสียงยี่ห้อ X ในจังหวัดสมุทรปราการสูงกว่าสัดส่วนของลูกค้าที่ใช้เครื่องขยายเสียงยี่ห้อ X ในจังหวัดนนทบุรี เป็นต้น วิธีการที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของประชากร 2 ชุดนี้ คือ จะต้องเลือกตัวอย่างจากแต่ละประชากรที่มีลักษณะที่สนใจศึกษาขึ้นมาจำนวนหนึ่ง และหาค่าสัดส่วนของลักษณะที่สนใจศึกษาจากตัวอย่างทั้งหมดที่เลือกมาเป็นตัวแทนจากแต่ละประชากร แล้วนำผลต่างของสัดส่วนที่ได้จากตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับสัดส่วนของลักษณะที่สนใจศึกษา ซึ่งผู้ทดสอบคาดไว้หรือตั้งไว้เป็นสมมติฐาน ถ้าผลการทดสอบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแสดงว่าสมมติฐานหรือความเชื่อของผู้ทดสอบไม่ถูกต้อง แต่ถ้าผลการทดสอบมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่าสมมติฐานหรือความเชื่อของผู้ทดสอบถูกต้อง [5]

จากเนื้อหาข้างต้นเพื่อเป็นการสนับสนุนทฤษฎีจึงขอยกตัวอย่างเพื่อเพิ่มความเข้าใจ ดังนี้ ร้านซ่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าแห่งหนึ่งสามารถซื้ออุปกรณ์อะไหล่จากตัวแทนจำหน่าย 2 บริษัท คือ บริษัท A และ B ในราคาที่เท่ากัน แต่จากการตรวจสอบอุปกรณ์อะไหล่ดังกล่าวจำนวน 200 ชิ้น จากบริษัท A พบอุปกรณ์อะไหล่ชำรุด 12 ชิ้น และจากการตรวจสอบอุปกรณ์อะไหล่จำนวน 300 ชิ้น จากบริษัท B พบอุปกรณ์อะไหล่ชำรุด 21 ชิ้น คุณภาพของอุปกรณ์อะไหล่ที่ซื้อจากทั้งสองบริษัทมีความแตกต่างกันหรือไม่ ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05

สมมติฐานการวิจัย: คุณภาพของอุปกรณ์อะไหล่ที่ซื้อจากทั้งสองบริษัทมีความแตกต่างกัน

P_A คือ สัดส่วนคุณภาพของอุปกรณ์อะไหล่ที่ซื้อจากบริษัท A

P_B คือ สัดส่วนคุณภาพของอุปกรณ์อะไหล่ที่ซื้อจากบริษัท B

สมมติฐานทางสถิติ: H_0 คือ $P_A = P_B$

H_1 คือ $P_A \neq P_B$

ใช้โปรแกรม Minitab คำนวณ โดยใช้ฟังก์ชั่น 2 Proportion ได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ 2 Proportion โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	12	200	0.060000
2	21	300	0.070000

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: -0.01
95% CI for difference: (-0.0537823, 0.0337823)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = -0.45 **P-Value = 0.654**

สรุปผล: ค่า P-Value = 0.654 > α = 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0

คุณภาพของอะไหล่ที่ซื้อจากทั้งสองบริษัท**ไม่แตกต่างกัน** อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

3) การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study)

การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ เป็นการประเมินผลเมื่อคุณลักษณะที่ศึกษาเป็นคุณลักษณะเชิงคุณภาพ (Attribute Characteristic) เช่น รสชาติ ความเรียบร้อย ความสวยงาม หรือคุณลักษณะเชิงผันแปรที่มีการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ คือ Go/No Go Gauge โดยแนวคิดของวิธีนี้จะอาศัยการจำแนกชิ้นสิ่งตัวอย่างที่มีลักษณะทั้งดี ไม่ดี และก้ำกึ่ง (Marginal)ในจำนวนที่เหมาะสม แล้วให้พนักงานที่สุ่มมา (หรือกำหนดไว้ล่วงหน้า) ทำการตรวจสอบเพื่อจำแนกผลการตรวจสอบเป็น ผ่าน และ ไม่ผ่าน จากนั้นพิจารณาว่าผลการตรวจสอบซ้ำมีคุณภาพตรงกับคุณภาพแท้จริงของสิ่งตัวอย่างงานหรือไม่ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะบ่งบอก “ความถูกต้อง” ในการตรวจสอบ โดยการวิเคราะห์ความสามารถของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน สามารถวิเคราะห์และคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้ [6]

1. ประสิทธิผลของพนักงานวัด (Operator Effectiveness; O_E)

$$O_E = \frac{\text{จำนวนที่ตรวจได้อย่างถูกต้อง}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะตรวจถูกต้อง}} \tag{2.1}$$

2. ดัชนีตรวจสอบที่ปฏิเสธผิดพลาด (False Alarm Index; I_{FA})

$$I_{FA} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะปฏิเสธผิดพลาด}} \tag{2.2}$$

3. ดัชนีตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาด (Index of a Miss; I_{miss})

$$I_{MISS} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ยอมรับผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะยอมรับผิดพลาด}} \quad (2.3)$$

โดยเกณฑ์การตัดสินใจผลการวิเคราะห์ความสามารถของพนักงาน ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การตัดสินใจ [7]

การตัดสินใจ	O_E	I_{FA}	I_{MISS}
ยอมรับพนักงาน	≥ 90%	≤ 5%	≤ 2%
ยอมรับแบบกึ่งกึ่ง	≥ 80%	≤ 10%	≤ 5%
ปฏิเสธพนักงาน	< 80%	> 10%	> 5%

จากเนื้อหาข้างต้นเพื่อสนับสนุนทฤษฎีจึงขอยกตัวอย่างเพื่อเพิ่มความเข้าใจ ดังนี้

ตารางที่ 2.5 ผลการทดสอบความสามารถของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน

พนักงาน	ชี้บ่งว่าเป็นงานดีอย่างถูกต้อง	ชี้บ่งว่าเป็นงานเสียอย่างถูกต้อง	จำนวนรวมที่ชี้บ่งถูกต้อง	จำนวนการปฏิเสธที่ผิดพลาด	จำนวนการยอมรับที่ผิดพลาด	รวม
A	14	14	28	10	2	40
B	17	14	31	7	2	40
C	18	16	34	6	0	40

จากสมการที่ 2.1 ถึง สมการที่ 2.3 สามารถหาประสิทธิผลของพนักงาน ดัชนีตรวจสอบที่ปฏิเสธผิดพลาด และดัชนีตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาดของพนักงานแต่ละคน ดังสรุปในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ผลจากการวิเคราะห์ความสามารถของพนักงาน

พนักงาน	ความมีประสิทธิผล (O_E)	อัตราการปฏิเสธที่ผิดพลาด (I_{FA})	อัตราการยอมรับที่ผิดพลาด (I_{MISS})
A	28/40 = 70%	10/24 = 41.67%	2/16 = 12.5%
B	31/40 = 77.5%	7/24 = 29.17%	2/16 = 12.5%
C	34/40 = 85%	6/24 = 25%	0/16 = 0%

หมายเหตุ: I_{FA} ใช้สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี (Good) ในการทดสอบจำนวน 12 ชิ้น

I_{MISS} ใช้สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพไม่ดี (No Good) ในการทดสอบจำนวน 8 ชิ้น

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 2.6 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ตามตารางที่ 2.4 จะพบว่า พนักงาน C มีประสิทธิผลที่ยอมรับได้แบบก้ำกึ่ง ในขณะที่ไม่สามารถให้การยอมรับพนักงาน A และ B ได้ สำหรับการปฏิเสธที่ผิดพลาด (False Alarm) ไม่สามารถให้การยอมรับพนักงานทั้งสามคนได้ รวมถึงไม่สามารถให้การยอมรับพนักงาน A และ B ได้สำหรับการยอมรับที่ผิดพลาด (Miss)

4) การวิเคราะห์ผลของระบบการตรวจสอบโดยใช้ทฤษฎีสัมประสิทธิ์ของ Kappa และ Kendall's (Kappa and Kendall's Coefficient)

ในการวิเคราะห์ผลของระบบการตรวจสอบ จะดำเนินการทดสอบเช่นเดียวกับการประเมินผลระบบการตรวจสอบทุกประการ เพียงแต่จะทำการพิจารณาถึงการทดสอบสมมุติฐานความมีประสิทธิผลของพนักงานทีละคู่ คือ

H_0 คือ พนักงานทดสอบไม่มีผลต่อค่าวัดจากระบบการตรวจสอบ

H_1 คือ พนักงานทดสอบมีผลต่อค่าวัดจากระบบการตรวจสอบ

ในการวิเคราะห์ระบบการวัด จะอาศัยตารางไขว้ (Cross Tabulation) แสดงผลการตรวจสอบของพนักงานทีละคู่ ตัวอย่างเช่นตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 การไขว้ผลการทดสอบของพนักงาน A และพนักงาน B

		พนักงาน B		ผลรวม
		NG	G	
พนักงาน A	NG	18 (12.6)	6 (11.4)	24
	G	3 (8.4)	13 (7.6)	16
ผลรวม		21	19	40

แนวความคิดของการทดสอบสมมุติฐานจากตารางไขว้จะพิจารณาจากผลการตรวจสอบที่ให้ผลเหมือนกันของพนักงานทั้งสองคนโดยอาศัย Cohen's Kappa หรือสัมประสิทธิ์ของ Kappa และ Kendall's (Kappa and Kendall's Coefficient) โดย

$$\text{Kappa}=\frac{P_0-P_e}{1-P_e} \tag{2.4}$$

เมื่อ P_0 คือ ผลรวมของค่าสัดส่วนของค่าสังเกตในแนวทแยงมุม

P_e คือ ผลรวมของค่าสัดส่วนคาดหมายในแนวทแยงมุม

โดยที่ค่าสัดส่วนคาดหมาย (Expected Proportions) จะหาได้จากเงื่อนไขที่ว่าถ้า H_0 เป็นจริง จะได้ว่า ผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งสองคนจะเป็นอิสระต่อกัน ค่าสัดส่วนที่คาดหมายจึงได้มาจากโอกาสที่พนักงานแต่ละคนตรวจสอบได้ผลดังกล่าวมาคูณกัน เช่น จากตารางที่ 2.7 พนักงาน A มีโอกาสที่จะตรวจสอบได้ NG เท่ากับ 24/40 และพนักงาน B มีโอกาสที่จะตรวจสอบได้ NG เท่ากับ 21/40 ดังนั้นโอกาสที่พนักงาน A และ B จะตรวจสอบได้ผลว่า NG เหมือนกันคือ 24/40 x 21/40 ดังนั้นจากการตรวจสอบทั้งหมด 40 ครั้ง จะมีจำนวนครั้งที่คาดหมายว่าพนักงาน A และ B จะตรวจสอบได้ผล NG เหมือนกันคือ 24/40 x 21/40 x 40 เท่ากับ 12.6 ครั้ง ดังค่าที่แสดงในวงเล็บ ( ) ของตารางที่ 2.7 และสามารถคำนวณสัมประสิทธิ์ Kappa ได้ดังสมการที่ 2.5

$$\text{Kappa}=\frac{(18/40+13/40)-(12.6/40+7.6/40)}{1-(12.6/40+7.6/40)}=0.545 \tag{2.5}$$

ในทำนองเดียวกัน ทางผู้ศึกษาต้องการพิจารณาว่าพนักงานแต่ละคนมีความสามารถในการตรวจสอบดีเพียงใด (ความสามารถในการแยกงาน NG ออกจากงานดี) สามารถพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ของพนักงานแต่ละคนกับค่าอ้างอิง โดยใช้สมการที่ 2.4 ได้เช่นเดียวกัน

สัมประสิทธิ์ Kappa จะมีความหมายต่อเมื่อข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบของพนักงานทั้งสองคนมีจำนวนของประเภท (Categories) ข้อมูลเท่ากันและเหมือนกัน โดยค่าสัมประสิทธิ์ Kappa จะวัดถึงระดับของความสัมพันธ์ระหว่างกันของพนักงานทั้งสองที่ตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน (Interrater Agreement) ซึ่ง AIAG ตั้งเกณฑ์ไว้ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 เกณฑ์การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ Kappa

ผลการตรวจสอบไม่สัมพันธ์กัน	ผลการตรวจสอบสัมพันธ์กัน	ผลการตรวจสอบสัมพันธ์กันดีมาก
≤ 0.40	$0.41 - 0.74$	≥ 0.75

2.2.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบ และทำการทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) กับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) นั้นๆ และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่จะทำให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) ที่ดีที่สุด จากนั้นจะดำเนินการวิเคราะห์ระบบการวัดของแต่ละปัจจัยเพื่อทำให้การดำเนินการควบคุมในขั้นตอนถัดไปเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้ในขั้นตอนนี้ มีดังนี้

1) การออกแบบการทดลองกรณี 2^2 แฟคทอเรียล (2^2 Factorial Design)

การทดลองนี้มักนำมาใช้ในระยะแรกๆ ของการทดลอง ซึ่งเราจะนำปัจจัยเข้ามาศึกษาจำนวนมาก โดยเฉพาะในกรณีที่เราไม่แน่ใจ แล้วค่อยๆ Screen Out เอาปัจจัยที่มีผลน้อยมากๆ ออกไปให้เหลือเฉพาะปัจจัยที่มีผลต่อ Y อย่างแท้จริงเท่านั้น (เป็นไปตามกฎพาเรโต หรือกฎ 80-20) ซึ่งท้ายสุดอาจเหลือเพียง 1 หรือ 2 ปัจจัยเท่านั้น ซึ่งการออกแบบชนิดนี้ได้ใช้อย่างแพร่หลายสำหรับการทดลองต่างๆ ที่ประกอบไปด้วยปัจจัยหลายๆ ปัจจัย นอกจากนี้ยังเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงความสัมพันธ์ร่วมกันของปัจจัยเหล่านั้นต่อผลตอบสนองที่ต้องการด้วย อย่างไรก็ตามพบว่าหลายๆ กรณีงานวิจัยมักเกี่ยวข้องกับ “การออกแบบเฉพาะ” จึงมีการออกแบบแนวคิดเพื่อให้ง่ายต่อการทำงานจริงต่อไป การออกแบบเฉพาะในที่นี้หมายถึง การออกแบบการทดลองใน 2 ระดับของปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ เป็นจำนวน k ปัจจัย โดยระดับนี้อาจแทน “ระดับของปริมาณ (Quantitative Level)”

เช่น อุณหภูมิ ความดัน เวลา หรือ “ระดับของคุณภาพ (Qualitative Level)” เช่น ประสิทธิภาพเครื่องจักร คน โดยแบ่งออกเป็นระดับสูง (High) และต่ำ (Low) หรือเป็นระดับที่มี (Yes) หรือไม่มี (No) ของปัจจัยนั้นๆ

การทดลองแบบนี้จะมีเพียง 2 ปัจจัย (Factors) คือ ปัจจัย A และ B ซึ่งแต่ละปัจจัยจะประกอบไปด้วย 2 ระดับเท่านั้นจึงเรียกการออกแบบการทดลองชนิดนี้ว่า **“การออกแบบการทดลองกรณี 2^2 แฟคทอเรียล”** ซึ่งระดับของปัจจัยประกอบไปด้วยระดับต่ำ (Low) และระดับสูง (High) [8]

ตารางที่ 2.9 สัญลักษณ์ของผลกระทบ หรืออิทธิพลที่เกิดขึ้นจากปัจจัยและความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างปัจจัย

อิทธิพลที่เกิดขึ้นจาก		**สัญลักษณ์**
ปัจจัยหลักที่ 1	Main Effect of A	A
ปัจจัยหลักที่ 1	Main Effect of A	B
ความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างปัจจัย	Interaction of A and B	AB

นอกจากนี้กำหนดให้ระดับของปัจจัยแทนด้วยสัญลักษณ์ดังแสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 สัญลักษณ์ของปัจจัย และระดับของปัจจัย

ระดับ		**สัญลักษณ์**	
ต่ำ	Low	-	-1
สูง	High	+	+1

จากเนื้อหาข้างต้นเพื่อเป็นการสนับสนุนทฤษฎีจึงขอยกตัวอย่างเพื่อเพิ่มความเข้าใจ ดังนี้ ตัวนำร่องถูกใช้เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของการบากร่องบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ระดับของการสั่นสะเทือนบนผิวของแผงวงจรในขณะทำการดัดเป็นแหล่งกำหนดหลักของความแปรผันของขนาดในการบากร่อง โดยสองปัจจัยที่คิดว่ามีอิทธิพลต่อการสั่นสะเทือนประกอบด้วย

A คือ ขนาดบิต 2 ขนาด คือ 1/16 (-) และ 1/8 นิ้ว (+)

B คือ ความเร็วตัด 2 ค่า คือ 40 (-) และ 90 รอบต่อนาที (+)

และตัดแผงวงจร 4 แผง ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้แต่ละชุด ข้อมูลของการสั่นแสดงดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 ผลทดสอบระดับการสั่นสะเทือนบนผิวของแผงวงจร

A	B	Treatment Combination	การทดลองซ้ำ			
			1	2	3	4
-	-	(1)	18.2	18.9	12.9	14.4
+	-	a	27.2	24	22.4	22.5
-	+	b	15.9	14.5	15.1	14.2
+	+	ab	41	43.9	36.3	39.9

ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อระดับการสั่นสะเทือน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และถ้าต้องการให้ระดับการสั่นสะเทือนเกิดน้อยที่สุด ควรกำหนดแต่ละปัจจัยอย่างไร

สมมติฐานการวิจัย: 1. ขนาดบิทมีผลต่อระดับการสั่นสะเทือน (α)

2. ความเร็วตัดมีผลต่อระดับการสั่นสะเทือน (β)

3. Interaction ของขนาดบิทและความเร็วตัดมีผลต่อระดับการสั่นสะเทือน ($\alpha\beta$)

สมมติฐานทางสถิติ: H_0: $\alpha_i = 0$ ทุกค่า i H_0: $\beta_j = 0$ ทุกค่า j H_0: $\alpha\beta_{ij} = 0$ ทุกค่า i,j

H_1: $\alpha_i \neq 0$ บางค่า I H_1: $\beta_j \neq 0$ บางค่า j H_1: $\alpha\beta_{ij} \neq 0$ บางค่า i,j

ใช้โปรแกรม Minitab คำนวณ โดยใช้ฟังก์ชั่น 2^2 Factorial Design ได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 2.12 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ 2^2 Factorial Design โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab

Factorial Fit: อายุการใช้งาน versus ขนาดบิท, ความเร็วตัด

Estimated Effects and Coefficients for อายุการใช้งาน (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		23.831	0.6112	38.99	0.000
ขนาดบิท	16.637	8.319	0.6112	13.61	0.000
ความเร็วตัด	7.537	3.769	0.6112	6.17	0.000
ขนาดบิท*ความเร็วตัด	8.713	4.356	0.6112	7.13	0.000

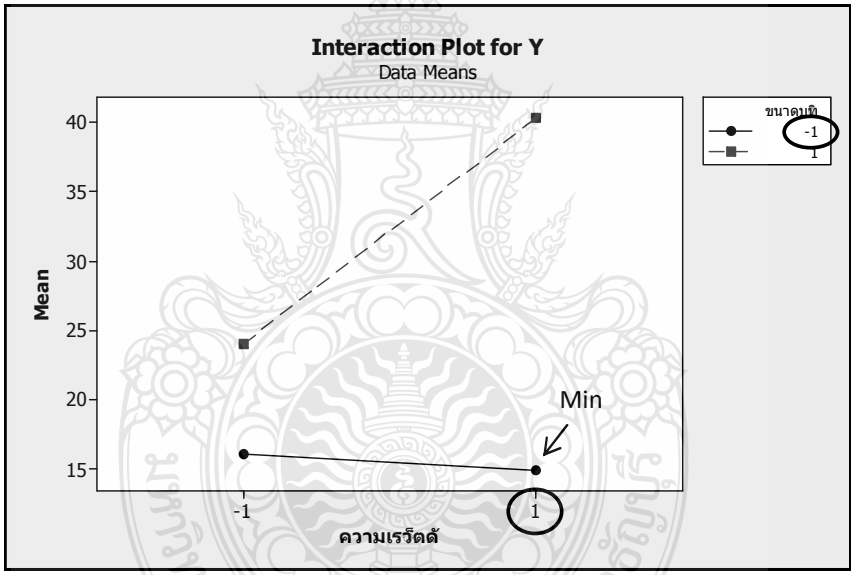
S = 2.44476 PRESS = 127.507

R-Sq = 95.81% R-Sq(pred) = 92.54% R-Sq(adj) = 94.76%

จากตารางที่ 2.12 สรุปได้ว่าขนาดบิต ความเร็วตัด และ Interaction มีค่า P-Value = 0 $< \alpha =$ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 (ยอมรับ H_1) สรุปได้ว่าทั้งขนาดบิต ความเร็วตัด และ Interaction ล้วนมีผลต่อระดับการสั่นสะเทือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Y = 23.831+0.6112A+0.6112B+0.6112AB \quad (2.6)$$

ซึ่งถ้าประมวลผลจากค่า R-Sq (adj) แสดงว่าค่า Y (ระดับการสั่นสะเทือน) ที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลมาจากสมการนี้เท่ากับ 94.76% ส่วนอีก 5.24% ที่เหลือมาจากปัจจัยอื่นๆ จากนั้นใช้โปรแกรม Minitab คำนวณเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสม เมื่อต้องการให้การสั่นสะเทือนเกิดน้อยที่สุด



ภาพที่ 2.10 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมที่มีต่อค่า Y (ระดับการสั่นสะเทือน)

จากภาพที่ 2.10 สรุปได้ว่า ถ้าต้องการให้ระดับการสั่นสะเทือนเกิดน้อยที่สุด ต้องใช้ขนาดบิทที่ 1/16 นิ้ว (-1) และต้องใช้ความเร็วตัดที่ 90 รอบต่อนาที (1)

2.2.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

เมื่อกระบวนการผลิตได้รับการปรับปรุงแล้ว ขั้นตอนนี้ก็จะเป็นการจัดทำวิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆ เพื่อให้พนักงานสามารถควบคุมได้ด้วยตนเอง แล้วทำการประเมินความสามารถของ

กระบวนการผลิตอีกครั้ง เพื่อวิเคราะห์ว่าหลังจากปรับปรุงแล้วกระบวนการสามารถทำได้ตามเป้าหมายหรือไม่ หากความสามารถของกระบวนการยังไม่ดี ก็จะต้องย้อนกลับไปทำตามขั้นตอนก่อนหน้านี้อีกครั้ง นอกจากนี้แล้วจะต้องมีการประเมินผลการดำเนินงาน โดยวัดจากระดับคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไป และประเมินความสามารถในการลดต้นทุน หรือความพึงพอใจของลูกค้าที่เปลี่ยนไปหลังการปรับปรุงกระบวนการ

1) การจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Operation Standard)

มาตรฐานการปฏิบัติงานเป็นเอกสารที่แนะนำวิธีการปฏิบัติงานต่างๆ ที่ทำเป็นประจำเพื่อให้มีการปฏิบัติอย่างถูกต้อง โดยจะต้องระบุวิธีการปฏิบัติงานให้เป็นขั้นตอน (Step-by-Step) โดยละเอียด ซึ่งผู้ปฏิบัติงานนั้นๆ ได้ผลออกมาอย่างน่าเชื่อถือ และมีความสม่ำเสมอ ไม่ว่าจะเป็นการปฏิบัติงานโดยผู้ใด มาตรฐานการปฏิบัติงานเป็นเอกสารที่แต่ละแห่งต้องจัดทำขึ้นมา โดยให้มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติจริง ทั้งนี้เพราะแต่ละแห่งมีปัจจัยต่างๆที่ทำให้มีการปฏิบัติงานโดยมีขั้นตอนและวิธีการแตกต่างกันได้ แล้วแต่ลักษณะโครงสร้างขององค์กร ขนาดขององค์กร อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ

การจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานขององค์กรจะต้องกำหนดหน่วยงานหรือผู้ที่จะรับผิดชอบในการที่จะบริหารทั้งหมด เช่น ตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการอนุมัติ การแจกจ่าย การควบคุม การจัดเก็บ การทบทวน การแก้ไข การทำลายมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ไม่ใช้แล้ว เป็นต้น โดยทั่วไปจะเป็นแผนกประกันคุณภาพก็ได้ ส่วนการกำหนดเรื่องของมาตรฐานการปฏิบัติงานที่จะใช้ในการปฏิบัติงาน และเนื้อหาอาจมอบหมายให้แต่ละแผนกที่รับผิดชอบในงานต่างๆ ไปจัดทำเพราะผู้ที่จะมีหน้าที่เขียนการปฏิบัติงานใด จะต้องรู้ในรายละเอียดของงานนั้นๆ เพราะมาตรฐานการปฏิบัติงานที่เขียนขึ้นมาจะต้องใช้ในการปฏิบัติงานได้จริงๆ ตามสภาพการทำงานจริงๆ เมื่อเขียนเสร็จผ่านขั้นตอนการตรวจสอบให้ถูกต้องจะส่งให้แผนกที่รับผิดชอบในการบริหารจัดทำให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดจนได้เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานที่สมบูรณ์ผ่านการอนุมัติ

มาตรฐานการปฏิบัติงานแต่ละเรื่องที่จัดทำขึ้นจะต้องนำมาใช้ในการปฏิบัติงานจริงๆ ดังนั้นเพื่อให้มีการทำงานอย่างถูกต้อง จึงต้องมีการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานทุกคนให้เข้าใจในมาตรฐานการปฏิบัติงานอย่างชัดเจนทั้ง ผู้ที่ทำงานอยู่แล้วและผู้ที่เข้ามาใหม่ การฝึกอบรมควรจะต้องอธิบายถึงเหตุผลของการปฏิบัติงานแต่ละขั้นตอนด้วย เพราะการอธิบายถึงวิธีการปฏิบัติอย่างเดียวไม่เพียงพอในการที่จะเน้นถึงความสำคัญของแต่ละขั้นตอน ตัวอย่างเช่น ขั้นตอนการปฏิบัติงานตรวจวิเคราะห์ฟอร์มาลินในอาหาร “เตรียมตัวอย่างอาหาร จากนั้นเติมน้ำล้างหรือน้ำแช่ตัวอย่างลงขวดน้ำยาหมายเลข 1 จากนั้นถ่ายสารละลายจากขวดหมายเลข 1 ลงขวดหมายเลข 2 จากนั้นถ่ายสารละลายจาก

ขวดหมายเลข 2 ลงขวดหมายเลข 3 และขั้นตอนสุดท้ายคือการอ่านผล” ควรอธิบายด้วยว่าการเตรียมตัวอย่างอาหารนั้นสามารถเตรียมได้อย่างไรบ้าง มีกี่กรณี เหตุผลที่ต้องเตรียมตัวอย่างเช่นนี้ การเติมสารละลายลงขวดหมายเลขต่างๆ มีความสำคัญอย่างไร หากไม่ปฏิบัติตามจะมีผลอย่างไรขั้นตอนใดต้องระมัดระวังเนื่องจากน้ำยาที่ใช้มีฤทธิ์กัดกร่อน รวมทั้งเมื่อปฏิบัติงานเสร็จแล้วต้องดำเนินการอย่างไรต่อ เช่น ลงผลการวิเคราะห์ในแบบฟอร์ม และเก็บอุปกรณ์ให้เรียบร้อย เป็นต้น

2.3 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการบริหารคุณภาพด้วยหลักการ DMAIC พบว่ามีงานวิจัยจำนวนมากที่นำหลักการ DMAIC มาใช้ในการแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิต และถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในหลากหลายอุตสาหกรรมดังเช่น อุตสาหกรรมรถยนต์ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุสาหกรรมฉีดพลาสติก อุตสาหกรรมทอลวดตาข่าย อุตสาหกรรมการผลิตสุขภัณฑ์ อุตสาหกรรมผลิตอาหาร อุตสาหกรรมโครงสร้าง และอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนแม่พิมพ์ เป็นต้น ซึ่งในทุกงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาข้างต้นสามารถใช้แนวทางซิกส์ ซิกม่า มาแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นแรงสนับสนุนให้งานวิจัยนี้เลือกแนวทางซิกส์ ซิกม่า มาช่วยลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินรถยนต์ ของโรงงานตัวอย่าง

ทุกงานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ในเบื้องต้นมีขั้นตอนการดำเนินงานที่คล้ายกันตามวิธีการทางซิกส์ ซิกม่า 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจากจากการการระบุปัญหา เป็นการศึกษาปัญหาและหาสาเหตุของปัญหา จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัด และเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงด้วยวิธีการทางสถิติ เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้ว จึงทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง สุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุม โดยวางแผนเพื่อควบคุมกระบวนการให้สามารถธำรงไว้ซึ่งผลของการปรับปรุง โดยเครื่องมือที่ทุกงานวิจัยนำมาใช้เหมือนกันคือ แผนที่กระบวนการ (Process Mapping) เพื่อศึกษาการไหลของกระบวนการ แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เพื่อช่วยให้การวิเคราะห์ปัญหามีความง่าย และเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis; FMEA) เพื่อเป็นการช่วยวิเคราะห์ภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบในกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) สำหรับวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภทหรือแบบหลายพวก

ในขั้นตอนการวัด (Measure) ของงานวิจัยที่ศึกษาทำให้ทราบว่ามีการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อปัญหา โดยการใช้แผนผังการไหลของงาน (Process Mapping) ดังเช่น การลดจำนวนของเสียในการทอลวดตาข่าย [9] การปรับปรุงกระบวนการประกอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ [10] และการปรับปรุง

กระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์ [11] และมีการใช้แผนผังต้นไม้ (Tree Diagram) ในการวิเคราะห์หาสาเหตุข้อบกพร่องของปัญหา ดังเช่น การปรับปรุงปัญหารอยไหม้ของคลัทช์รถมอเตอร์ไซค์ [12] ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการดำเนินงานของวิทยานิพนธ์เล่มนี้

นอกจากนี้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา (Analyze) ได้มีการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์หาความแตกต่างของข้อบกพร่องสำหรับพิสูจน์สมมุติฐานเพื่อหาว่าปัจจัยต่างๆ มีผลจริงหรือไม่ ก่อนที่จะนำปัจจัยเหล่านั้นไปดำเนินการแก้ไขต่อไป โดยการวิเคราะห์ผ่านความแปรปรวนหรือที่เรียกว่า ANOVA และการทดสอบสมมติฐานแบบ 2 Sample T-Test ดังเช่น การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ [13] การลดของเสียจากกระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์ [14]

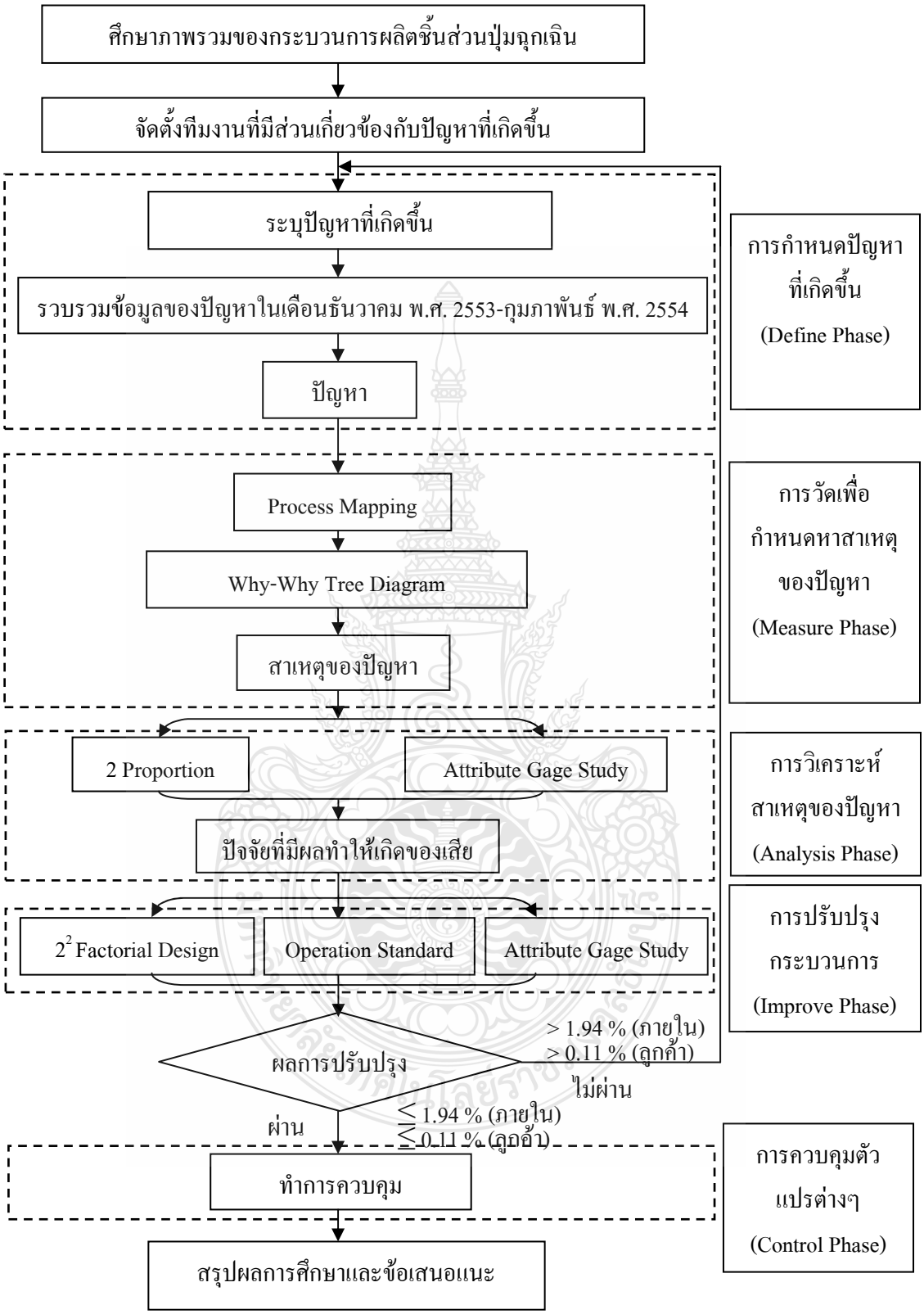
ในขั้นตอนการปรับปรุง (Improve) งานวิจัยทั้งหมดที่ได้ทำการศึกษาใช้การออกแบบ Factorial Design ที่คล้ายกัน แต่มีเพียงจำนวนปัจจัย รอบการทดลองและสภาพปัญหาหรือลักษณะของปัญหาที่แตกต่างกันตามตัวแปรเท่านั้น ดังเช่น การปรับปรุงคุณภาพ PCB Board [15]

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในส่วนนี้จะบรรยายเกี่ยวกับขั้นตอนการนำทฤษฎีการบริหารคุณภาพด้วยหลักการ DMAIC โดยนำเอาหลักการในเรื่องของการลดความผันแปรในกระบวนการผลิต มาประยุกต์ใช้ในการลดความสูญเสีย (Waste) โดยเนื้อหาจะเน้นหลักการต่างๆ เป็นลักษณะภาพรวมและเหตุผลการนำมาใช้ เพื่อความเข้าใจในการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเหล่านี้ในขั้นตอนต่างๆ ของการดำเนินงานได้อย่างเหมาะสม ซึ่งทั้งหมดนี้มีเป้าหมายคือ การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการ การตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าให้สูงขึ้น และช่วยลดต้นทุนภายในองค์กรลงอย่างมีประสิทธิภาพ

ระเบียบวิธีวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลักๆ โดยเริ่มจากการการระบุปัญหาและการวัด ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาและหาสาเหตุของปัญหา จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัดและตรวจสอบแล้ววิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงด้วยวิธีการทางสถิติ เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้ว จึงทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองและการออกแบบใหม่ สุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุมโดยวางแผนเพื่อควบคุมกระบวนการให้สามารถธำรงไว้ซึ่งผลของการปรับปรุง ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยได้ดังภาพที่ 3.1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาภาพรวมของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน

เป็นการดำเนินการศึกษาภาพรวมของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินในโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา โดยทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติซึ่งมีหน้าที่ในการผลิตชิ้นส่วน รวมถึงการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรแต่ละกระบวนการ เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานของทีมงานให้มีความเข้าใจก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและดำเนินการปรับปรุงต่อไป โดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสารในระบบคุณภาพของแต่ละแผนกที่เกี่ยวข้องซึ่งข้อมูลที่ได้รวบรวมจะใช้ตารางและกราฟในการแสดงข้อมูลและถ้าเป็นขั้นตอนต่างๆ จะใช้แผนภูมิการไหลในการแสดงขั้นตอนการดำเนินการเพราะสามารถทำให้ทีมงานสามารถทำความเข้าใจได้โดยง่ายยิ่งขึ้น

3.2 การจัดตั้งทีมงานในการแก้ไขปัญหา

เมื่อทำการศึกษากระบวนการและได้หัวข้อที่จะทำการศึกษารวมถึงเป้าหมายในการปรับปรุงแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือการจัดตั้งทีมงานที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหานั้น เป็นการคัดเลือกทีมงานที่มาจากหลายหน่วยงานที่มาร่วมกันแก้ไขปัญหาให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางเอาไว้ โดยทีมงานที่จัดตั้งขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาจุดดำนี้ จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์เป็นอย่างดีในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน ดังนั้นคณะทำงานดังกล่าวจึงต้องเป็นบุคคลที่มาจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินโดยการคัดเลือกจากแผนกงานฉีด แผนกประกันคุณภาพ และแผนกวิศวกรรม

3.3 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ เริ่มจากการเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินเพื่อทำการคัดเลือกปัญหาที่สำคัญมาทำการปรับปรุงและแก้ไข ซึ่งการเก็บข้อมูลจะเริ่มจากการนำข้อมูลของเสียจากบันทึกจำนวนชิ้นงานเสียของกระบวนการตรวจสอบ 100% และบันทึกจำนวนชิ้นงานเสียจากข้อร้องเรียนของลูกค้า มาทำการรวบรวมข้อมูลของเสียเป็นระยะเวลา 3 เดือนคือในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 จากนั้นทีมงานจะทำการคัดเลือกปัญหาที่มีนัยสำคัญโดยใช้หลักการของพาเรโตมาดำเนินการแก้ไขปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป ซึ่งขั้นตอนการคัดเลือกปัญหามีดังนี้

3.3.1 เก็บข้อมูลจำนวนชิ้นงานเสียจากบันทึกจำนวนชิ้นงานเสียของกระบวนการตรวจสอบ 100% (ภายใน) และบันทึกจำนวนชิ้นงานเสียจากข้อร้องเรียนของลูกค้า (ภายนอก) เป็นระยะเวลา 3 เดือน คือตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554

3.3.2 นำข้อมูลจำนวนชิ้นงานเสียมาทำการพล็อตเป็นกราฟแท่ง แยกเป็น 2 ส่วนคือ ข้อมูลจำนวนงานเสียจากการดำเนินงานภายใน และข้อมูลจำนวนงานเสียจากการร้องเรียนของลูกค้าโดยเรียงลำดับจากรุ่นชิ้นงานที่มีจำนวนงานเสียมากที่สุด

3.3.3 ทำการคัดเลือกชิ้นงานที่มีจำนวนชิ้นงานเสียมากที่สุด มาทำการวิเคราะห์หาปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุดของชิ้นส่วนดังกล่าว โดยการนำข้อมูลของแต่ละปัญหาที่เกิดขึ้นมาทำการหาเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสีย และเปอร์เซ็นต์สะสม จากนั้นทำการพล็อตกราฟพาเรโตเพื่อคัดเลือกปัญหาที่มีนัยสำคัญตามหลักการของพาเรโต

3.4 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ เป็นขั้นตอนการวัดความผิดพลาดต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการปรับปรุง โดยเริ่มต้นจากการสร้างแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน ทำให้สามารถทราบถึงปัจจัยและความสัมพันธ์ในแต่ละงานในกระบวนการ หลังจากนั้นนำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากการศึกษาสร้างแผนภูมิการไหลของกระบวนการมาเข้าสู่การระดมสมอง โดยการสร้างแผนภูมิต้นไม้ที่มีลักษณะการวิเคราะห์แบบตั้งคำถามว่าทำไมจึงเกิดปัญหาดังกล่าวขึ้น (Why-Why Tree) เพื่อแสดงเหตุและผลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ก็คือ สาเหตุของปัญหาที่ก่อให้เกิดปัญหา จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์

3.4.1 ขั้นตอนการศึกษาแผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการ (Process Mapping)

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ จะทำการศึกษาแผนภูมิของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินที่ประกอบไปด้วยขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 12 ขั้นตอน เป็นขั้นตอนแรกของการศึกษาและพัฒนาคุณภาพของการผลิต เนื่องจากจะทำให้สามารถทราบถึงปัจจัยและความสัมพันธ์ในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการ ในการศึกษาขั้นตอนนี้ทีมงานจะต้องมีความเข้าใจในกระบวนการผลิตและสามารถระบุปัญหา ซึ่งจะก่อให้เกิดข้อบกพร่องได้อย่างชัดเจน ซึ่งผลของขั้นตอนนี้ก็คือ ทำให้ทราบว่าขั้นตอนใดมีโอกาสก่อให้เกิดปัญหาจุดดำ และขั้นตอนการใดที่สามารถตรวจจับปัญหาดังกล่าวได้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์สาเหตุต่อไป ซึ่งขั้นตอนการศึกษาแผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการมีดังนี้

1) เขียนแผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมเครื่องจักร เตรียมวัตถุดิบ จนกระทั่งกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบเข้าคลังสินค้า

2) จัดประชุมร่วมกันระหว่างทีมงานที่มีความเข้าใจ และความเชี่ยวชาญในแต่ละกระบวนการ

3) นำข้อมูลสาเหตุของปัญหาที่เคยเกิดขึ้นในอดีต มาร่วมวิเคราะห์ในที่ประชุม เพื่อหาว่ากระบวนการใดที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาขึ้น

4) ระบุกระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหาลงในแผนภูมิกระบวนการไหล เพื่อนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าในขั้นตอนถัดไป

3.4.2 ขั้นตอนการแสดงเหตุและผลโดยใช้แผนผังต้นไม้ (Why-Why Tree Diagram)

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ เริ่มจากการศึกษาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของปัญหาที่เชื่อว่าเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบที่ทำให้เกิดปัญหาจุดดำ โดยการนำปัจจัยนำเข้าแยกตามกระบวนการที่ศึกษาได้จากข้อ 3.4.1 มาทำการระดมสมองจากทีมงานที่จัดตั้งขึ้นมา โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้แผนผังต้นไม้ที่มีลักษณะการวิเคราะห์แบบตั้งคำถามว่าทำไมจึงเกิดปัญหาดังกล่าวขึ้น (Why-Why Tree) เนื่องจากต้องการให้ทีมงานมีรูปแบบการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีมติในองค์ประชุมที่มีความสอดคล้องกัน และต้องการแสดงความสัมพันธ์ของปัญหากับสาเหตุในรูปของแผนผังซึ่งทำให้ง่ายต่อการเข้าใจ และสามารถชี้ประเด็นสาเหตุของปัญหาได้อย่างชัดเจน ซึ่งสาเหตุรากเหง้าที่ระบุได้จากแผนผังต้นไม้ในช่องท้ายสุดจะเป็นการกำหนดปัจจัยเพื่อที่จะทำการวิเคราะห์ด้วยหลักทางสถิติต่อไป ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหาแสดงได้ดังนี้

1) นำปัญหาที่ถูกคัดเลือกมาจากหัวข้อ Define ซึ่งก็คือ ปัญหาจุดดำ มาใส่ไว้ในช่องกลางด้านซ้ายสุดของแผนผังต้นไม้

2) ระดมสมองภายในทีมงาน แยกวิเคราะห์ทีละกระบวนการโดยใช้หลักการตั้งคำถามว่า “ ทำไมจึงเกิดปัญหาดังกล่าวขึ้น” แล้วนำสาเหตุที่วิเคราะห์ได้จากการระดมสมองมาใส่ลงในช่องของแผนผังต้นไม้ โดยให้เรียงตามกระบวนการที่วิเคราะห์ให้ถูกต้อง

3) ทีมงานระดมสมองถามต่ออีกว่าทำไมจึงเกิดสาเหตุนั้นขึ้น และให้นำสาเหตุที่วิเคราะห์ได้ไปใส่ต่อจากช่องในข้อ 2. จากนั้นให้ถามว่าทำไม-ทำไมไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้สาเหตุที่เป็นรากเหง้า หรือเป็นสาเหตุเชิงระบบ

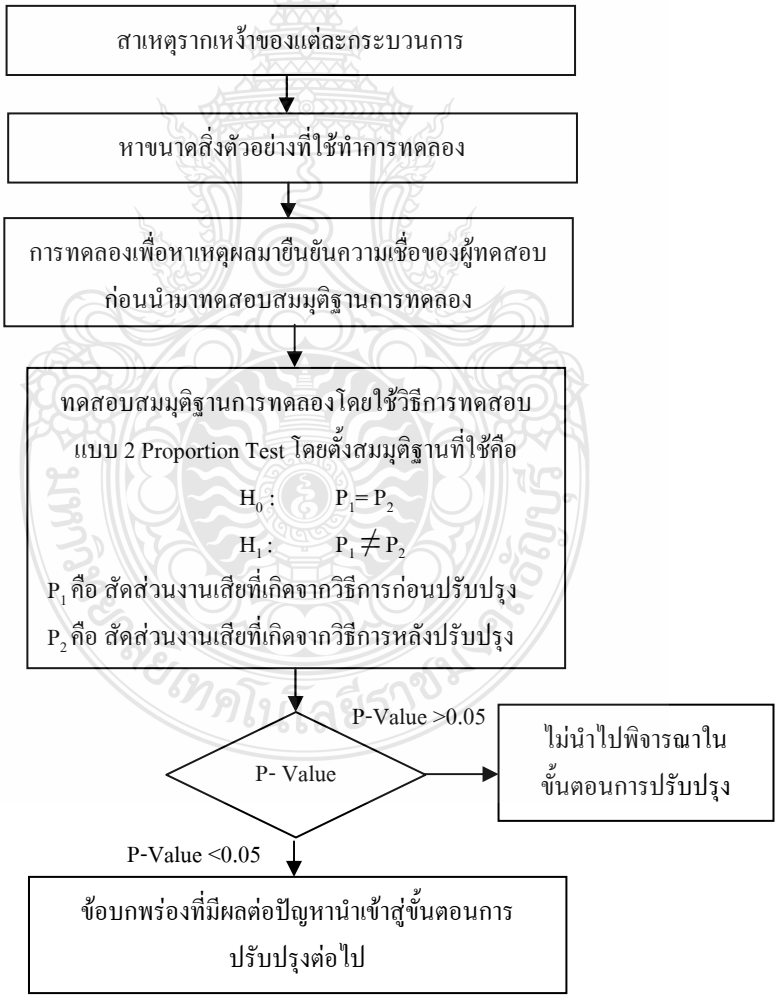
4) นำสาเหตุรากเหง้าของแต่ละกระบวนการ ซึ่งนั่นก็คือ ช่องซ้ายสุดของแต่ละแถว มาเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ในหัวข้อถัดไป

3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

หลังจากที่เราได้สรุปปัจจัยสำคัญที่น่าจะมีผลต่อปัญหาจุดดำแล้ว ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนการพิสูจน์สมมุติฐานเพื่อหาว่าปัจจัยต่างๆ มีผลจริงหรือไม่ ก่อนที่จะนำไปดำเนินการแก้ไขต่อไป

3.5.1 การพิสูจน์สาเหตุโดยใช้การวิเคราะห์ค่าสัดส่วนของประชากรสองชุด (2 Proportions)

รายละเอียดการศึกษาในขั้นตอนนี้จะเริ่มจากการหาจำนวนงานตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลอง (Power and Sample Size) จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ทีละสาเหตุทีละปัจจัย โดยใช้วิธีการทดสอบการวิเคราะห์ค่าสัดส่วนของประชากรสองชุด (2 Proportions) เพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยตัวใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหาจุดดำ โดยในการทดลองนี้จะมีจุดมุ่งหมายเพื่อกลั่นกรองปัจจัยต่างๆ (Screening Factors) ที่สงสัยออกไปก่อนหรือเป็นการกรองเฉพาะปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาจุดดำอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ 2 Proportion

1) ขั้นตอนการหาขนาดตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลอง (Power and Sample Size)

ขั้นตอนการวิเคราะห์หาขนาดตัวอย่าง (Sample Size) ของการทดสอบความมีนัยสำคัญของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง จะใช้โปรมแกรม Minitab มาช่วยในการคำนวณและอำนวยความสะดวก ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เลือกระดับค่าความผิดพลาดชนิดที่ 1 โดยกำหนดไว้ที่ 5%

2. พิจารณาสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน โดยให้สัดส่วนของเสียของประชากรกลุ่มแรกอยู่ที่ 0.0388 (ได้จากข้อมูลสัดส่วนของเสียปัจจุบัน ณ ช่วงเวลาทดสอบ) และให้สัดส่วนของเสียของประชากรอีกกลุ่มหนึ่งอยู่ที่ 0.0194 (ซึ่งเป็นสัดส่วนของเสียที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้)

3. ใส่ค่าจำนวนตัวอย่างในการทดลองที่ทีมงานสามารถปฏิบัติได้จริงและเป็นไปได้ในแง่เศรษฐศาสตร์ ซึ่งในการทดลองนี้เราใส่ค่าของตัวอย่างอยู่ในช่วง 1,800 – 1,980 ตัวอย่าง จากนั้นพิจารณาจำนวนตัวอย่าง โดยพิจารณาจากค่าความไวที่มีค่ามากที่สุด

2) การทดลองวิธีการแบบใหม่เพื่อหาสัดส่วนงานเสีย

การทดสอบสมมติฐานจำเป็นต้องมีการทำการทดลองก่อน เพื่อหาเหตุผลมายืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบซึ่งถ้าเหตุผลที่ได้ไม่สามารถยืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบได้แล้ว ผู้ทดสอบก็มีความจำเป็นที่จะต้องทำการยอมรับทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งจริงๆ แล้วการที่ยอมรับทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่งนั้น มิใช่เป็นเพราะทางเลือกนั้นถูกต้อง แต่ที่เลือกเพราะไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะทำการปฏิเสธ (Fail to Reject) ทางเลือกนั้น ในทางกลับกันถ้าเหตุผลที่ได้นั้นสามารถทำการยืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบได้ความเชื่อของผู้ทดสอบก็จะสามารถทำการยอมรับได้ ขั้นตอนนี้เป็นการนำสาเหตุรากเหง้าของแต่ละกระบวนการมาทำการวิเคราะห์โดยการทดลอง เพื่อหาพารามิเตอร์หรือวิธีการแบบใหม่ของข้อบกพร่องนั้นๆ และวัดผลด้วยอัตราการเกิดปัญหาจุดดำ โดยทำการควบคุมปัจจัยอื่นๆ ให้คงที่ ก่อนนำพารามิเตอร์หรือวิธีการแบบใหม่ของข้อบกพร่องนั้นมาทำการเปรียบเทียบกับแบบเก่าด้วยการทดสอบสมมุติฐานด้วยวิธี 2 Proportion เพื่อดูความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

3) การทดสอบสมมุติฐาน (Hypothesis Test Methods)

1. การตั้งสมมติฐาน คือ การระบุข้อความที่ต้องการพิสูจน์เกี่ยวกับระบบหรือประชากร โดยทั่วไปจะกำหนด H_1 ก่อน และส่วนกลับของข้อความใน H_1 จะระบุไว้ใน H_0 โดยในขั้นตอนการวิเคราะห์ทางผู้วิจัยได้ใช้การเปรียบเทียบประชากร 2 กลุ่ม การตั้งสมมติฐานจึงต้องกำหนดเป็นค่า P หรือค่าสัดส่วนของงานเสียระหว่างก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง ดังตัวอย่าง [8]

สมมติฐานการวิจัย: P_1 : แทนสัดส่วนงานเสียที่เกิดจากวิธีการก่อนปรับปรุง

P_2 : แทนสัดส่วนงานเสียที่เกิดจากวิธีการหลังปรับปรุง (วิธีการที่ดีที่สุด)

สมมติฐานทางสถิติ : $H_0 : P_1 = P_2$

$H_1 : P_1 \neq P_2$

2. กำหนดระดับทดสอบ หรือระดับนัยสำคัญ (Significance Level; α) โดยทั่วไปค่าที่นิยมใช้ คือ 5% หรือ $\alpha = 0.05$ แต่ตามความเป็นจริงแล้วค่า α ที่ใช้สามารถใช้ได้ในช่วง 1% ถึง 10% หรือมีระดับความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่า 90% ซึ่งในทุกขั้นตอนของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ทางผู้วิจัยเลือกใช้ระดับนัยสำคัญที่ 5% ($\alpha = 0.05$)

3. ทดสอบสมมติฐาน 2 Proportion โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab ในขั้นตอนนี้ทางผู้วิจัยได้นำสัดส่วนงานเสียไปใส่ลงในโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab โดยกำหนดให้ใส่ตัวอย่างการทดลองในช่อง Trials และใส่จำนวนงานเสียในช่อง Events จากนั้นให้โปรแกรมทำการประมวลผลหาค่า P-Value เพื่อนำมาใช้ในการสรุปผลการทดสอบ

4. สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน เมื่อนำค่า P-Value ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่าค่า P-Value มีค่ามาก ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า P-Value $< \alpha$ หมายถึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

ค่า P-Value $> \alpha$ หมายถึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

3.5.2 การพิสูจน์สาเหตุโดยใช้การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิสูจน์ความสามารถของพนักงานที่มีหน้าที่ในการตรวจสอบชิ้นงานปุ่มฉุกเฉินที่นำมาศึกษา ซึ่งแนวคิดของวิธีนี้จะอาศัยการจำแนกชิ้นสิ่งตัวอย่างที่มีลักษณะ ทั้งดี ไม่ดี และก้ำกึ่ง (Marginal) ในจำนวนที่เหมาะสม แล้วให้พนักงานที่สุ่มมา (หรือกำหนดไว้ล่วงหน้า) ทำการตรวจสอบ เพื่อจำแนกผลการตรวจสอบเป็น ผ่าน และ ไม่ผ่าน จากนั้นพิจารณาว่าผลการตรวจสอบซ้ำมีคุณภาพตรงกับคุณภาพแท้จริงของสิ่งตัวอย่างงานหรือไม่ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะบ่งบอก “ความถูกต้อง” ในการตรวจสอบ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการประเมินผล

1. ทำการเลือกตัวอย่างงานมาตรฐานจากกระบวนการผลิตประมาณ 20-30 ชิ้น สำหรับตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ทีมงานจะเลือกใช้ชิ้นงานมาตรฐานจำนวน 20 ชิ้น ประกอบด้วยงานดี (Accept) 6 ชิ้น งานเสีย (Reject) 7 ชิ้น และคุณภาพก่ำกึ่งด้านเสีย (Marginal of Reject) 7 ชิ้น [6]

2. ทำการกำหนดหมายเลขให้แก่ชิ้นงานแต่ละชิ้น

3. เลือกพนักงานที่มีหน้าที่ในการตรวจสอบชิ้นส่วนกรณีศึกษา ซึ่งได้รับการอบรมมาแล้ว จำนวน 2 คน

4. เลือกพนักงานขึ้นมาก่อน 1 คน ให้ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างงาน อย่างสุ่ม ประเมินผลคุณภาพว่า "ผ่าน" หรือ "ไม่ผ่าน" พร้อมบันทึกผล (ในการประเมินผลของพนักงานแต่ละคนต้องทำการตรวจสอบ "ซ้ำ" อย่างน้อยชิ้นงานละ 2 ครั้ง)

5. ทำการเลือกพนักงานคนที่ 2 ขึ้นมาแล้วดำเนินการเหมือนข้อ 4. และทำเช่นเดียวกันกับพนักงานคนอื่นๆ จนครบตามแผน

6. วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมมาตรฐาน Attribute Gage Study Report ซึ่งเกณฑ์ในการวัดผลดูจากค่าประสิทธิภาพโดยรวม (O_E) ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 90% ดัชนีตรวจสอบที่ปฏิเสธผิดพลาด (I_{FA}) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5% และดัชนีตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาด (I_{miss}) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2% ถึงจะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

7. วิเคราะห์ผลทฤษฎีสัมประสิทธิ์ของ Kappa และ Kendall's โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งเกณฑ์ในการวัดผลคือ ค่าสัมประสิทธิ์ของพนักงานแต่ละคนกับค่ามาตรฐานหรือค่าอ้างอิงต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.75 จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลที่ได้กับข้อ 6

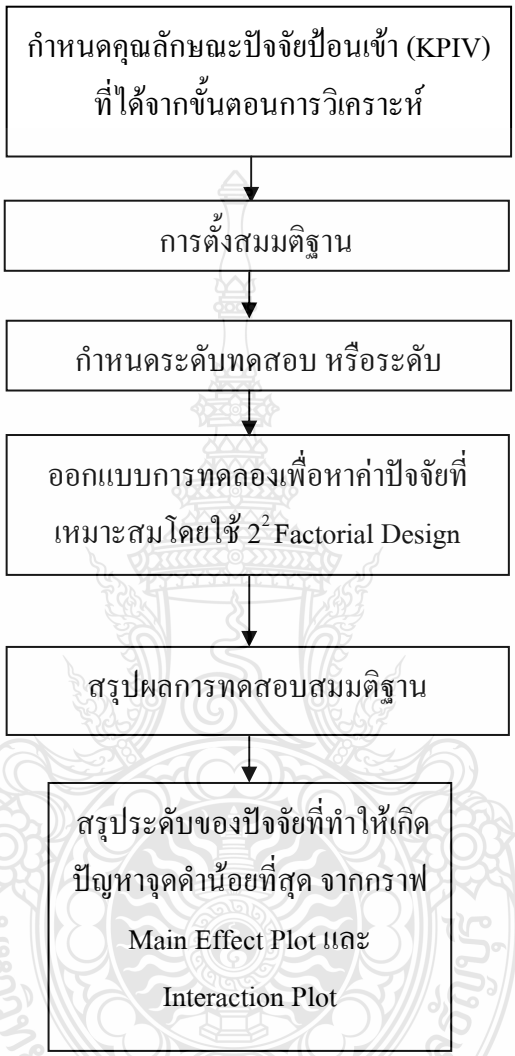
3.6 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

3.6.1 การออกแบบการทดลองกรณี 2^2 Factorial Design

ในขั้นตอนนี้จะทำการเลือกการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลมาใช้เพราะสามารถทำการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่มีต่อกระบวนการและเกิดขึ้นพร้อมๆ กันได้ เมื่อมีการทำการทดลองควรทำการเปลี่ยนค่าระดับปัจจัยไปพร้อมๆกันมากกว่าทำการเปลี่ยนค่าระดับปัจจัยตัวใดตัวหนึ่ง เพราะจะทำให้ได้งานที่มีประสิทธิภาพมากกว่าทั้งในเรื่องการประหยัดเวลาและต้นทุน และยังสามารถวิเคราะห์เรื่องอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างปัจจัยได้ด้วย โดยอิทธิพลร่วม (Interaction) คือผลของการที่ปัจจัยร่วมกันที่มีอยู่ในหลายๆกระบวนการ ถ้าไม่ได้ทำการทดลองแบบแฟคทอเรียลอาจจะไม่เห็นผลของอิทธิพลร่วม (Interaction) ได้ชัดเจนนัก

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบและทำการทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) กับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) นั้น และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่ทำให้ได้ค่าตัวแปร

ตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) ที่ดีที่สุด ก่อนนำไปสู่การดำเนินการควบคุมในขั้นตอนถัดไป โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการปรับปรุงปัญหาโดยใช้ 2^2 Factorial Design

1) การกำหนดคุณลักษณะปัจจัยป้อนเข้า (Key Process Input Variable)

ในขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดคุณลักษณะของสาเหตุปัจจัยที่มีความสำคัญ ซึ่งได้จากการวิเคราะห์กลั่นกรองแล้วว่ามีผลต่อปัญหาจุดดำ โดยจะกำหนดคุณลักษณะในรูปแบบของวิธีการก่อนปรับปรุง และวิธีการใหม่ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ที่จะทำให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) ที่ดีที่สุด

2) การตั้งสมมติฐาน

เนื่องจากในขั้นตอนนี้เป็นการออกแบบการทดลอง เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาจุดดำ และหาระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาจุดดำน้อยที่สุด ดังนั้นการกำหนดสมมติฐานจึงจำเป็นที่จะต้องกำหนดแยกกันในแต่ละปัจจัย ดังตัวอย่าง

สมมติฐานการวิจัย: α : หมายถึง ปัจจัย A มีผลต่อค่า Y

β : หมายถึง ปัจจัย B มีผลต่อค่า Y

$\alpha\beta$: Interaction ของปัจจัย A และ B มีผลต่อค่า Y

สมมติฐานทางสถิติ: $H_0 : \alpha_i = 0$ ทุกค่า i $H_0 : \beta_j = 0$ ทุกค่า j $H_0 : \alpha\beta_{ij} = 0$ ทุกค่า i, j

$H_1 : \alpha_i \neq 0$ บางค่า i $H_1 : \beta_j \neq 0$ บางค่า j $H_1 : \alpha\beta_{ij} \neq 0$ บางค่า i, j

โดยทางผู้วิจัยจะยกตัวอย่างความหมายของสมมติฐานทางสถิติดังนี้

$H_0 : \alpha_i = 0$ ทุกค่า i หมายถึง ปัจจัย A **ในทุกระดับ (Level) มีผลต่อค่า Y เท่ากัน** แสดงให้เห็นว่า ปัจจัย A ไม่มีผลต่อค่า Y อย่างมีนัยสำคัญ

$H_0 : \alpha_i \neq 0$ บางค่า i หมายถึง ปัจจัย A **ในบางระดับ (Level) มีผลต่อค่า Y ไม่เท่ากับระดับอื่นๆ** แสดงให้เห็นว่า ปัจจัย A มีผลต่อค่า Y อย่างมีนัยสำคัญ

3) กำหนดระดับทดสอบ หรือระดับนัยสำคัญ (Significance Level; α)

โดยทั่วไปค่าที่นิยมใช้ คือ 5% หรือ α = 0.05 แต่ตามความเป็นจริงแล้วค่า α ที่ใช้สามารถใช้ได้ในช่วง 1% ถึง 10% หรือมีระดับความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่า 90% ซึ่งในทุกขั้นตอนของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ทางผู้วิจัยเลือกใช้ระดับนัยสำคัญที่ 5% (α = 0.05)

4) การออกแบบการทดลองกรณี 2^2 Factorial Design

ในขั้นตอนนี้เริ่มจากการสร้างการออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab จากนั้นกำหนดระดับของปัจจัยลงไปในโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมจะทำการกำหนดจำนวนครั้งในการทดสอบให้อัตโนมัติ จากนั้นนำข้อมูลการทดสอบใส่ลงในตารางข้อมูลนำเข้า แล้วโปรแกรม Minitab จะประมวลผลคำนวณว่าปัจจัยใดมีผลต่อค่า Y และแสดงปัจจัยที่ทำให้ค่า Y มีค่าน้อยที่สุดให้อีกด้วย

5) สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

เมื่อนำค่า P-Value ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่าค่า P-Value มีค่ามาก ซึ่งเกณฑ์การตัดสินใจคือ

ค่า P-Value $<\alpha$ หมายถึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

ค่า P-Value $>\alpha$ หมายถึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

6) สรุประดับปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาจุดดำน้อยที่สุด

ในขั้นตอนนี้เริ่มจากการนำข้อมูลการทดสอบที่คีย์ลงในโปรแกรมจากหัวข้อ 4) ใส่ลงในฟังก์ชั่น Main Effect Plot และ Interaction Plot ซึ่งในฟังก์ชั่นนี้จะทำการประมวลผลและคำนวณค่าปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาจุดดำน้อยที่สุด โดยแสดงเป็นกราฟเส้นทั้งในรูปแบบแยกเป็นปัจจัยเดี่ยว (Main) และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ร่วมกัน (Interaction)

3.6.2 การจัดทำมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบ (Operation Standard)

ในขั้นตอนนี้จะทำการจัดทำมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบขึ้นใหม่ โดยกำหนดให้ผู้ตรวจต้องตรวจสอบเป็นลำดับขั้นตอน (Step Check) ตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ และนำมาตรฐานขั้นตอนตรวจสอบรูปแบบใหม่ไปทำการอบรมให้กับพนักงานในรูปแบบการฝึกอบรมในงาน (On the Job Training) เพื่อให้พนักงานเกิดความเข้าใจ และเกิดทักษะในการตรวจสอบมากขึ้น

3.6.3 การประเมินทักษะผู้ตรวจสอบโดยใช้การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study)

ในขั้นตอนนี้จะดำเนินการทดสอบพนักงานโดยใช้การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study) ดังขั้นตอนในหัวข้อ 3.6.2 เพื่อเปรียบเทียบผลได้ที่ก่อนและหลังการจัดทำมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบรูปแบบใหม่

3.6.4 การนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

เมื่อเราได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละข้อบกพร่องที่ทำให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) ที่ดีที่สุดแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำเสนอแนวทางปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของปัญหาที่มีความสำคัญและข้อบกพร่องที่ไม่มีความแตกต่าง แต่ต้องทำการปรับปรุงให้ดีขึ้น

3.7 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลงานที่ปฏิบัติ โดยการเปรียบเทียบผลการทำงานก่อนการปฏิบัติงาน และหลังปฏิบัติงานว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ถ้าผลลัพธ์ออกมาตามเป้า ก็จะนำไปจัดทำมาตรฐานสำหรับการปฏิบัติงานในครั้งต่อไป เช่นการปรับแก้ไขค่ามาตรฐานการผลิต การจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ การจัดทำบัตรทักษะของพนักงาน เป็นต้น แต่ถ้า

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด โดยอาจสูงหรือต่ำกว่าที่ต้องการ ทีมงานคุณภาพก็ต้องทำการศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุ เพื่อทำการแก้ไขปรับปรุงใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การเก็บข้อมูลหลังการแก้ไขปรับปรุง ผู้วิจัยทำการนำเสนอผลการเก็บข้อมูลใหม่หลังการปรับปรุงทั้งในส่วนของผลการดำเนินงานภายใน และข้อร้องเรียนจากลูกค้า เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการเกิดปัญหาจุดดำ ก่อนและหลังการปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ โดยทำการนำเสนอเป็นช่วงดังนี้

ช่วงที่ 1 ช่วงก่อนการปรับปรุง (เดือนธันวาคม 2553 – เดือนกุมภาพันธ์ 2554)

ช่วงที่ 2 ช่วงระหว่างการปรับปรุง (เดือนมีนาคม 2554)

ช่วงที่ 3 ช่วงหลังการปรับปรุง (เดือนเมษายน 2554 – เดือนมิถุนายน 2554)

จากขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าทางผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้วิธีของซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) ซึ่งมีกระบวนการของ DMAIC ช่วยในการวิเคราะห์ระบบการดำเนินงานแบบเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน เริ่มจากการกำหนดหัวข้อปัญหา (Define) โดยเก็บข้อมูลจาก Check Sheet และคัดเลือกปัญหาโดยใช้แผนภูมิพาเรโต จากนั้นวัดผลการดำเนินงาน (Measure) ในปัจจุบันโดยใช้ Process Mapping และ Tree Diagram ควบคู่กับ Why-Why Analysis เพื่อคัดเลือกสาเหตุของปัญหาที่มีนัยสำคัญมาทำการวิเคราะห์ (Analyze)ในขั้นตอนถัดไป ซึ่งในขั้นตอนนี้ทางผู้วิจัยจะใช้หลักการการทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis) และหลักการประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study) มาทำการพิสูจน์สาเหตุของปัญหาที่คัดเลือกมาว่าส่งผลกับตัวแปรตามที่กำหนดไว้หรือไม่ และเมื่อได้สาเหตุที่แท้จริงแล้วในขั้นตอนต่อไปทางผู้วิจัยจะทำการปรับปรุง (Improve) โดยใช้หลักการของการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) มาช่วยในการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการปรับตั้งค่าเครื่องจักร อีกทั้งจะนำวิธีการอบรม (On The Job Training) พร้อมทั้งสอบวัดความรู้โดยใช้หลักการประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study) เพื่อเพิ่มทักษะการตรวจสอบและคัดกรองพนักงานที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และเมื่อผลลัพธ์จากการปรับปรุงมีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจ จึงทำการควบคุม (Control) ระบบการทำงานโดยใช้การสร้างมาตรฐานการทำงาน (Operation Standard) ให้กับกระบวนการผลิตเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเหล่านั้นซ้ำขึ้นอีก

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

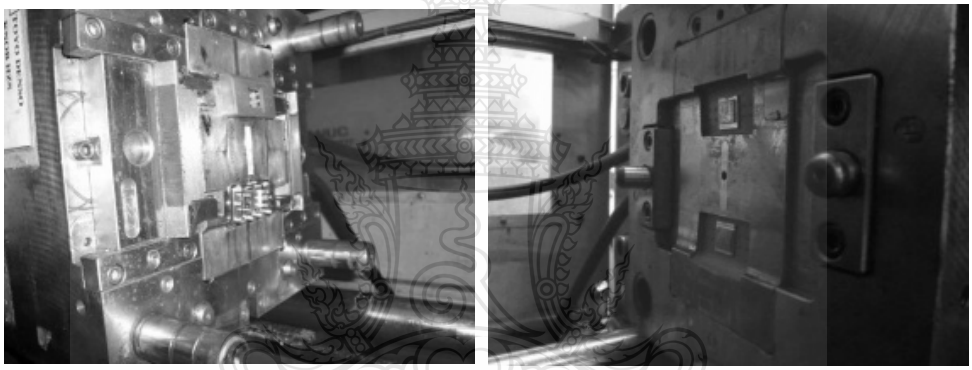
4.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน (Emergency Knob Injection Process)

ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน เป็นส่วนประกอบหนึ่งของรถบรรทุก 6 ล้อยี่ห้อหนึ่ง ดังภาพที่ 4.1 โดยชิ้นส่วนกรณีศึกษาเป็นชิ้นส่วนที่ประกอบเข้ากับแผงคอนโซลหน้ารถ ซึ่งเป็นด้านที่สามารถมองเห็นได้ง่าย หรือที่ลูกค้าเรียกว่าด้านโชว์ ดังนั้นเกณฑ์การยอมรับด้านคุณภาพจึงไม่สามารถมีสิ่งผิดปกติใดๆ บริเวณผิวของชิ้นส่วนกรณีศึกษาได้ทั้งสิ้น

ภาพที่ 4.1 ชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน และตำแหน่งการประกอบในรถบรรทุก

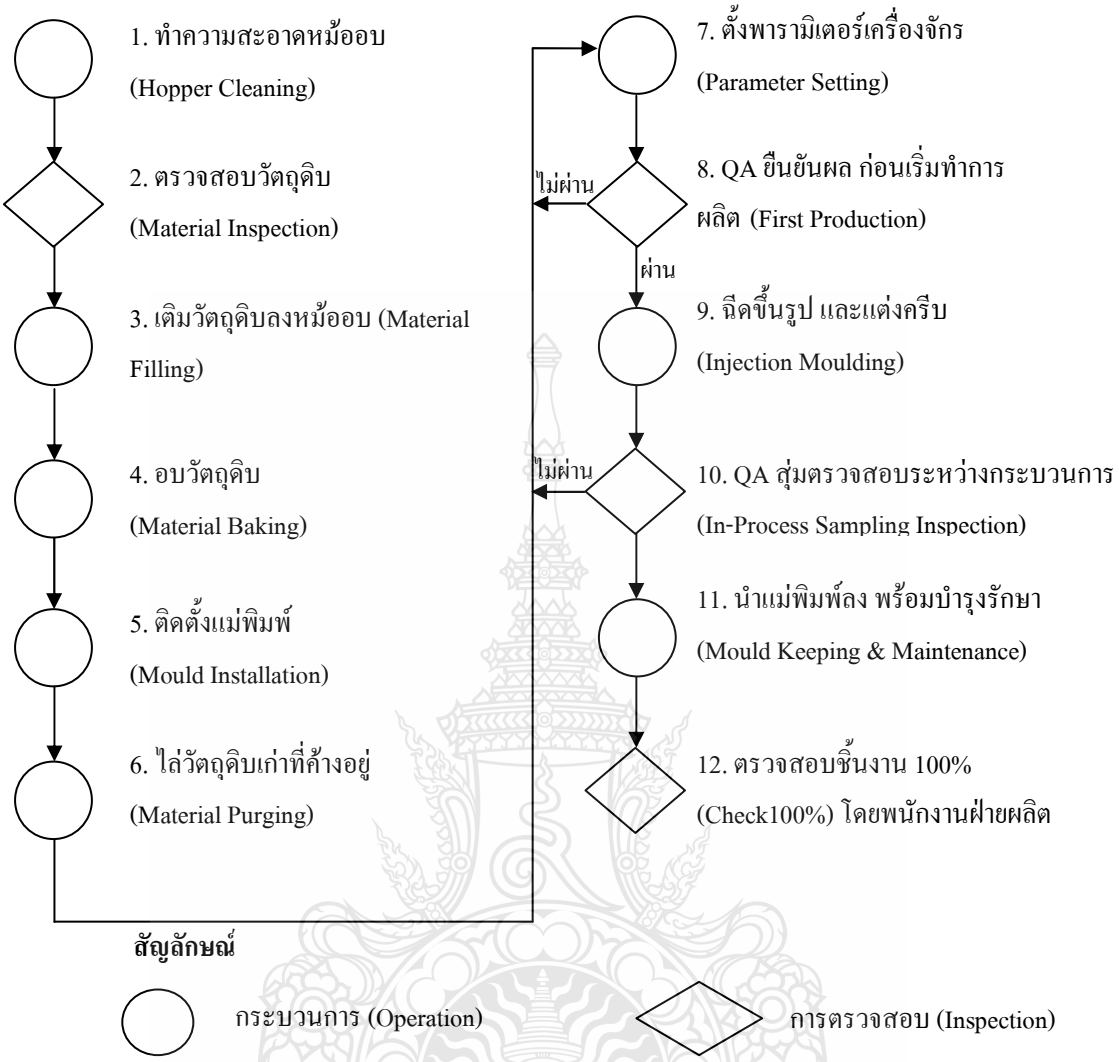
ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินที่ได้หยิบยกเป็นกรณีศึกษานี้ มีลักษณะเป็นการผลิตในรูปแบบฉีดพลาสติก (Injection Molding Part) ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องฉีดพลาสติก (Injection Machine) รุ่น FANUC ROBOSHOT ขนาด 50 ตัน ดังภาพที่ 4.2 และแม่พิมพ์ซึ่งมีหน้าที่ในการขึ้นรูปชิ้นส่วนที่มีคุณลักษณะเฉพาะดังนี้ แม่พิมพ์แบบ 2 Plate ชนิดพิมพ์แบบ Cool Runner ประเภทพิมพ์แบบ Insert Type ชนิดหน้าพิมพ์แบบ Shibo Surface และชนิดทางเข้าแบบ Submarine Gate ดังภาพที่ 4.3 โดยมีพนักงานที่มีหน้าที่ควบคุมเครื่องจักร และตรวจสอบชิ้นงานก่อนและหลังการผลิตเสร็จสิ้น ปัจจุบันในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินมีสายการผลิตอยู่ 12 ขั้นตอน และทำงาน 7 วันต่อสัปดาห์ สามารถผลิตงานได้สูงสุด 13,860 ชิ้นต่อสัปดาห์ ซึ่งขั้นตอนทั้ง 12 ขั้นตอนแสดงดังภาพที่ 4.4

ภาพที่ 4.2 เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 50 ตัน (Injection Machine)



แผ่นคอร์ (Core Side) **แผ่นหลุมแบบ (Cavity Side)**

ภาพที่ 4.3 แม่พิมพ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นส่วน (Mould)



ภาพที่ 4.4 ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน

4.1.1 ขั้นตอนการทำความสะอาดหม้ออบ

วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้ก็เพื่อเป็นการเป่าทำความสะอาดฝุ่นผง หรือเศษพลาสติกเก่าที่ตกค้างอยู่ ไม่ให้ปะปนไปกับวัตถุดิบใหม่ที่กำลังจะฉีดในรอบถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 4.5 โดยถ้ามีสิ่งแปลกปลอมปะปนไปกับวัตถุดิบในขั้นตอนการฉีด จะส่งผลให้เกิดสิ่งแปลกปลอมติดบนผิวชิ้นงานซึ่งทำให้งานไม่ได้คุณภาพนั่นเอง

ภาพที่ 4.5 ขั้นตอนการทำความสะอาดหม้ออบ

4.1.2 ขั้นตอนการตรวจสอบวัตถุดิบ

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของวัตถุดิบ เช่น ชื่อวัตถุดิบ เกรดวัตถุดิบ สีวัตถุดิบ และวันที่นำมาใช้งาน ก่อนที่จะนำลงไปในหม้ออบ เพื่อที่จะได้ไม่เกิดความผิดปกติเมื่อฉีดขึ้นรูปภายในแม่พิมพ์

ภาพที่ 4.6 วัตถุดิบที่ใช้ขึ้นรูปชิ้นงานกรณีศึกษา

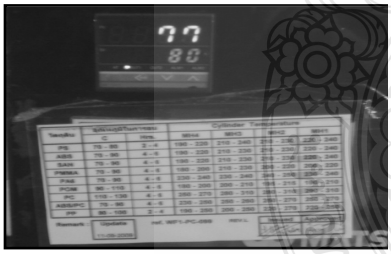
4.1.3 ขั้นตอนเติมวัตถุดิบลงหม้ออบ

ขั้นตอนนี้เป็นการเติมวัตถุดิบที่ผ่านการตรวจสอบจากหัวข้อ 4.1.2 ลงในหม้ออบ โดยการเปิดฝาหม้ออบ แล้วทำการเติมจากด้านบน ดังภาพที่ 4.7

ภาพที่ 4.7 ขั้นตอนการเติมวัตถุดิบลงในหม้ออบ

4.14 ขั้นตอนการอบวัตถุดิบ

ขั้นตอนนี้เป็นการอบวัตถุดิบโดยใช้ความร้อน และลมช่วยในการกระจายความร้อนให้ทั่วหม้ออบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดความชื้นของวัตถุดิบออกก่อนที่จะเข้าสู่กระบอกฉีดและแม่พิมพ์ตามลำดับ โดยช่างเทคนิคจะทำการตั้งอุณหภูมิ และเวลาในการอบตามมาตรฐานที่ทางบริษัทกำหนดไว้

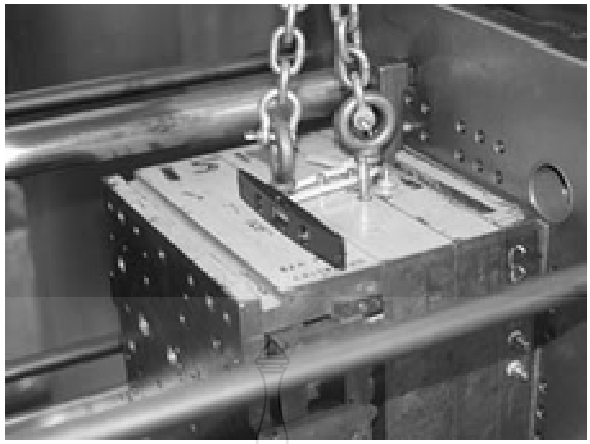


Material	อุณหภูมิ / เวลาในการอบ		Barrel Temperature			
	°C	Hrs.	MH4	MH3	MH2	MH1
Polyethylene (PP)	80-100	2-4	220-250	220-270	200-250	190-250
Polystyrene (PS)	70-80	2-4	220-235	210-230	200-220	180-210
Acryl nit – But ad - Styrene(ABS)	70-90	4-6	225-240	210-230	210-230	190-220
Styrene-Acryl nit - Copal(SAN)	70-90	4-6	220-240	210-230	210-230	190-220
Polymethylmethacrylate (PMMA)	70-90	4-6	200-220	200-220	210-230	180-200

ภาพที่ 4.8 ขั้นตอนการตั้งอุณหภูมิเพื่ออบวัตถุดิบ

4.1.5 ขั้นตอนการติดตั้งแม่พิมพ์

ขั้นตอนนี้มีทางช่างเทคนิคจะนำแม่พิมพ์ (Mold) ยึดกับแท่นเครื่อง จากนั้นจะทำการตั้งหัวฉีด (Nozzle) ให้ตรงกับทางเข้าของแม่พิมพ์เพื่อป้องกันไม่ให้พลาสติกไหลออกในขณะทำการฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน จากนั้นจะทำการติดตั้งน้ำหล่อเย็นให้ครบทุกจุด ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ขั้นตอนการนำแม่พิมพ์ขึ้นติดตั้งยึดกับแท่นเครื่องฉีด

4.1.6 ขั้นตอนการไล่วัตถุดิบเก่าที่ค้างอยู่ภายในกระบอกฉีด

ขั้นตอนนี้เป็นการนำพลาสติกชนิด PS ฉีดไล่วัตถุดิบเก่าที่ค้างภายในกระบอกฉีด โดยเศษของวัตถุดิบเก่า หรือเศษสิ่งแปลกปลอมจะถูกหลอมละลายติดมากับวัตถุดิบที่นำมาใช้ล้าง ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เศษวัตถุดิบเก่าหรือสิ่งแปลกปลอมถูกฉีดรวมไปกับวัตถุดิบใหม่ จนเกิดสิ่งผิดปกติบนผิวชิ้นงาน เช่น จุดดำ จุดน้ำตาล เศษเหล็ก หรือเศษพลาสติก เป็นต้น

ภาพที่ 4.10 ขั้นตอนการไล่วัตถุดิบเก่าที่ค้างอยู่ภายในกระบอกฉีด

4.1.7 ขั้นตอนการตั้งพารามิเตอร์เครื่องจักร

ขั้นตอนนี้ทางช่างเทคนิคจะทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์เครื่องจักร เช่น อุณหภูมิหลอมเหลวภายในกระบอกฉีด ความเร็วในการฉีด แรงดันในการฉีด ระยะเนื้อพลาสติก เป็นต้น โดยการปรับตั้งค่าจะอ้างอิงจากมาตรฐานค่าพารามิเตอร์ (Injection Condition Standard) ของแต่ละชิ้นส่วน ที่ผ่านการอนุมัติจากลูกค้าในช่วงการทดลองผลิตของสินค้าล็อตแรก โดยค่าพารามิเตอร์ของชิ้นส่วนกรณีศึกษามีดังนี้

ก) ที่ระยะสกรู 12 mm. ความเร็วฉีด 9 mm/s

ข) ที่ระยะสกรู 8 mm. ความเร็วฉีด 28 mm/s

ค) ความดันฉีด 1500 Kg/Cm

ง) ความดันอัดย้ำ 880 Kg/Cm เป็นเวลา 2 sec.

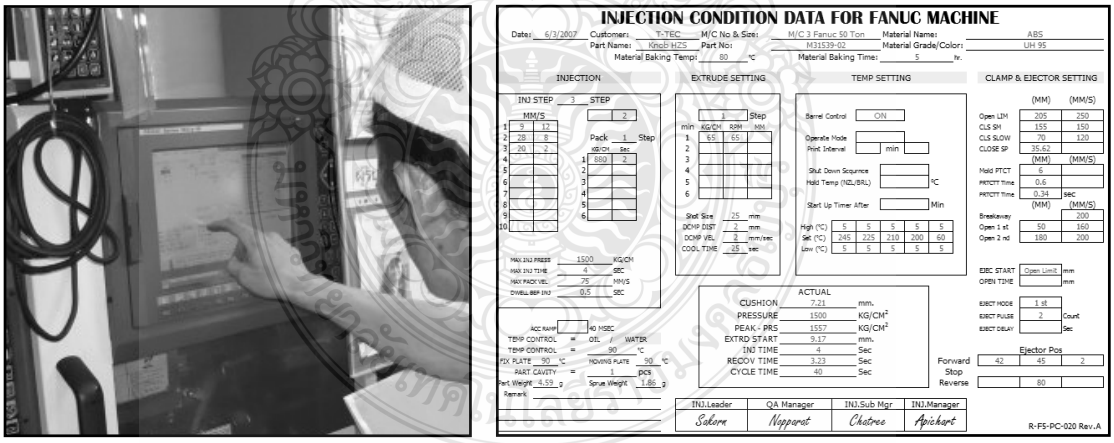
จ) อุณหภูมิแม่พิมพ์ 90ºC

ฉ) อุณหภูมิกระบอกฉีดบริเวณ Zone 1 = 200 ºC

ช) อุณหภูมิกระบอกฉีดบริเวณ Zone 2 = 210 ºC

ซ) อุณหภูมิกระบอกฉีดบริเวณ Zone 3 = 225 ºC

ฌ) อุณหภูมิกระบอกฉีดบริเวณ Zone 4 = 230 ºC



ภาพที่ 4.11 ขั้นตอนการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์โดยอ้างอิงจากมาตรฐาน

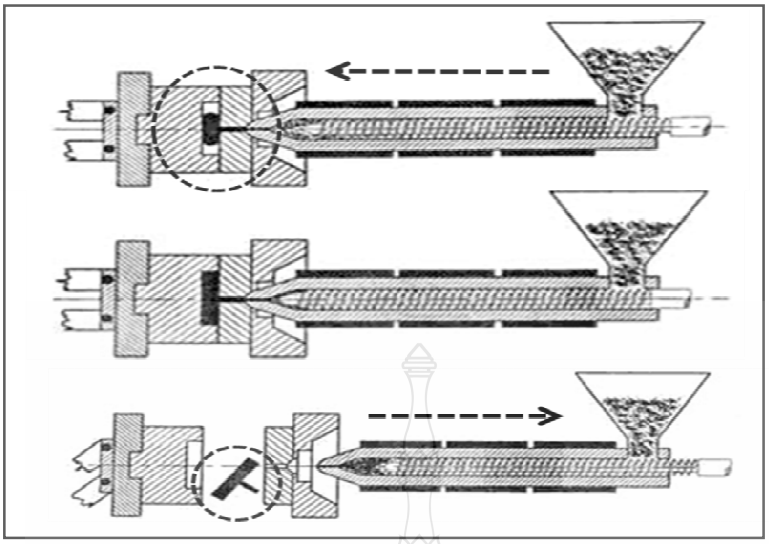
4.1.8 ขั้นตอนการยืนยันผลก่อนเริ่มทำการผลิตโดยพนักงาน QA

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบและยืนยันผลโดยพนักงาน QA ก่อนที่จะอนุมัติให้ทำการผลิตแบบต่อเนื่อง (Mass Production) เพื่อป้องกันความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นจากสาเหตุการติดตั้งเครื่องผิดพลาด ซึ่งในขั้นตอนนี้พนักงาน QA จะทำการตรวจสอบทั้งขนาดของชิ้นงาน และความเรียบร้อยทั่วไปอย่างละเอียด เป็นจำนวน 5 ตัว ถ้าพบว่าชิ้นงานอยู่ในสภาพปกติก็จะทำการเซ็นอนุมัติให้ทำการผลิตแบบต่อเนื่องได้ทันที แต่ถ้าพบว่าชิ้นงานมีสภาพที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด จะทำการแจ้งหัวหน้างานฝ่ายผลิตให้ทำการปรับแก้ไขเครื่องทันที

ภาพที่ 4.12 ขั้นตอนการยืนยันผลก่อนเริ่มทำการผลิต

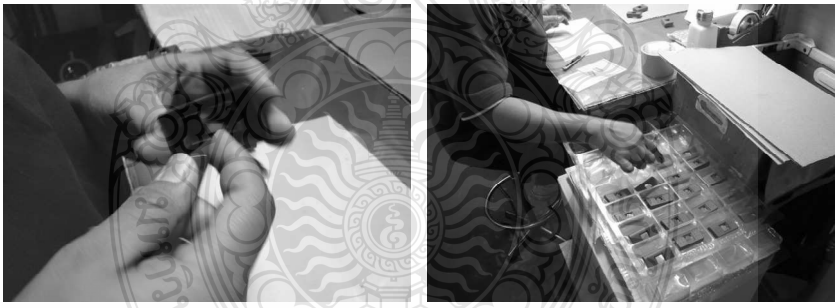
4.1.9 ขั้นตอนการฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน และตกแต่งครีบ

ขั้นตอนนี้เป็นการฉีดขึ้นรูปพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์ โดยเม็ดพลาสติกจะถูกหลอมเหลวภายในกระบอกฉีด จากนั้นสกรูจะเป็นตัวผลักดันพลาสติกที่ถูกหลอมเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์ เมื่อฉีดพลาสติกดังกล่าวเต็มแม่พิมพ์แล้ว จะถูกคงความดันไว้เพื่อป้องกันพลาสติกไหลย้อนกลับ จากนั้นแม่พิมพ์จะถูกเปิดออก และชิ้นงานจะถูกปลดออกจากแม่พิมพ์ ดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 ขั้นตอนการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานเข้าสู่แม่พิมพ์

เมื่อชิ้นงานถูกปลดออกจากแม่พิมพ์แล้ว พนักงานหน้าเครื่องจะนำชิ้นงานมาทำการตกแต่งครีบในจุดต่างๆ และทำการบรรจุใส่ถาด เพื่อรอเข้าสู่กระบวนการถัดไป ดังภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 ขั้นตอนการตกแต่งครีบ และบรรจุใส่ถาด

4.1.10 ขั้นตอนการสุ่มตรวจสอบระหว่างกระบวนการผลิตโดยพนักงาน QA

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการรับประกันกระบวนการในระหว่างการผลิตว่ายังคงได้ตามมาตรฐานเดิม โดยพนักงาน QA จะทำการสุ่มตรวจสอบชิ้นส่วนที่ออกมาจากเครื่องฉีดทุกๆ 4 ชั่วโมง เป็นจำนวนตามระดับ AQL 0.65 โดยใช้เวลาการตรวจสอบต่อชิ้นเท่ากับ 50 วินาที ซึ่งในขั้นตอนนี้พนักงาน QA จะทำการตรวจสอบทั้งขนาดของชิ้นงาน และความเรียบร้อยทั่วไปเช่นเดียวกัน

ภาพที่ 4.15 ขั้นตอนการสุ่มตรวจสอบระหว่างกระบวนการ

4.1.11 ขั้นตอนการนำแม่พิมพ์ลง และบำรุงรักษา

วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้เพื่อเป็นการบำรุงรักษาแม่พิมพ์ก่อนเก็บเข้าชั้นวาง โดยแม่พิมพ์ที่ถูกนำลงมาจากเครื่อง ช่างเทคนิคจะทำการเปิดแม่พิมพ์ออกทั้ง 2 ด้าน จากนั้นจะบำรุงรักษาโดยการเช็ดทำความสะอาดบริเวณแนวประกบแม่พิมพ์ (Parting Line) และบริเวณอินเสิร์ตที่ใช้ขึ้นรูปชิ้นงาน จากนั้นจะทำการพ่นน้ำยากันสนิมทั่วแม่พิมพ์ ดังภาพที่ 4.16

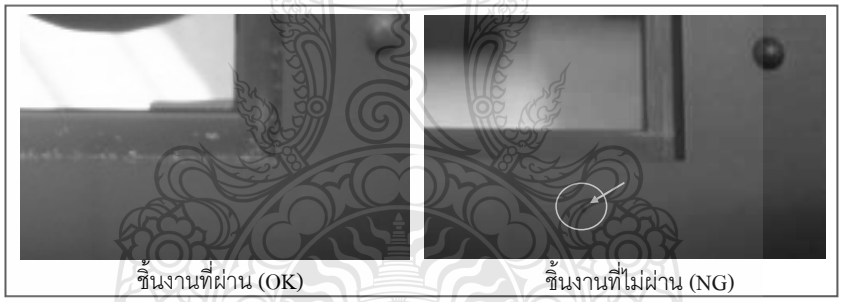
ภาพที่ 4.16 ขั้นตอนการบำรุงรักษาแม่พิมพ์

4.1.12 ขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นงาน 100%

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบชิ้นงานทุกชิ้น ก่อนส่งมอบให้กับลูกค้า ซึ่งในขั้นตอนนี้พนักงานจะตรวจสอบเฉพาะความเรียบร้อยทั่วไปของชิ้นงาน (Appearance Check) โดยพนักงานจะ

ทำการตรวจสอบผ่านเลนส์ที่มีกำลังขยาย 3 เท่าตัว ดังภาพที่ 4.17 เพื่อให้สามารถมองเห็นสิ่งแปลกปลอมบนผิวชิ้นงานได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งการตรวจสอบชิ้นงานกรณีศึกษา ลูกค้ากำหนดเกณฑ์การยอมรับคือ ไม่สามารถมีสิ่งแปลกปลอมบนผิวชิ้นงานได้ เนื่องจากต้องนำไปประกอบบริเวณด้านโชว์ภายในรถบรรทุก ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างชิ้นงานที่ผ่าน และไม่ผ่านได้ดังภาพที่ 4.18

ภาพที่ 4.17 ขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นงาน 100%



ภาพที่ 4.18 ตัวอย่างชิ้นงานที่ผ่าน และไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับของลูกค้า

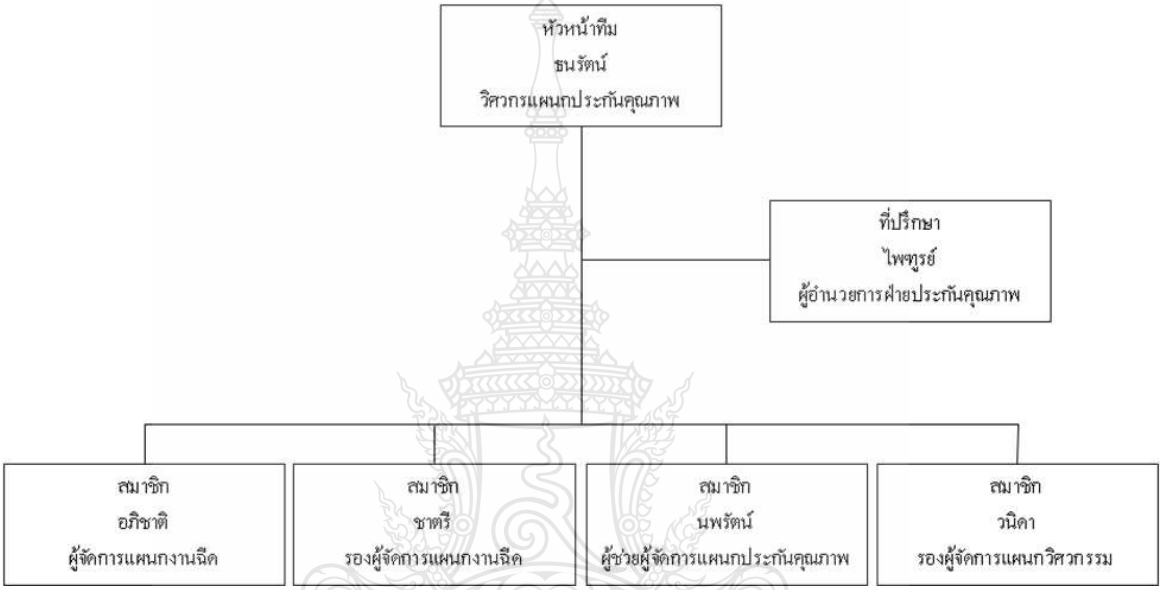
4.2 การจัดตั้งทีมงานในการแก้ไขปัญหา

จากการประสานงานกับแผนกต่างๆ ทำให้ได้ตัวแทนของแผนกต่างๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยผู้อำนวยการฝ่ายประกันคุณภาพ ผู้จัดการแผนกงานฉีด รองผู้จัดการแผนกงานฉีด ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกประกันคุณภาพ รองผู้จัดการแผนกวิศวกรรม และวิศวกรแผนกประกันคุณภาพ รวมจำนวนพนักงานที่เข้าร่วมในทีมงานทั้งหมด 6 คนและเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงจัดทำแผนภูมิคณะทำงานดังภาพที่ 4.19 และกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบดังนี้

หัวหน้าทีมคือ วิศวกรแผนกประกันคุณภาพ (QA Engineer) มีหน้าที่ออกแบบการทดลอง กำหนดนัดหมายการประชุมและเป็นผู้นำการประชุมระดมสมองของทีมงานในการดำเนินการ

ที่ปรึกษาคือ ผู้อำนวยการฝ่ายประกันคุณภาพ (QA Director) มีหน้าที่ให้คำปรึกษาและเสนอแนะในที่ประชุม เช่น กรณีที่มีความคิดเห็นไม่ตรงกันและหาข้อสรุปในการประชุม

สมาชิกทีมคือ ผู้จัดการแผนกงานฉีด รองผู้จัดการแผนกงานฉีด ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกประกันคุณภาพ รองผู้จัดการแผนกวิศวกรรม มีหน้าที่ร่วมกันวิเคราะห์ข้อบกพร่อง การช่วยกันระดมสมอง การออกแบบการทดลอง รวมถึงการเก็บข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง



ภาพที่ 4.19 โครงสร้างของทีมงานในการแก้ปัญหาจุดดำ

4.3 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)

จากผลการเก็บข้อมูลสัดส่วนปัญหาของชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานภายใน และจากข้อร้องเรียนของลูกค้าย้อนหลังเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 พบว่าชิ้นงานที่พบปัญหามากที่สุดคือ ชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินรุ่น Knob Hzs โดยมีจำนวนชิ้นงานเสียเฉลี่ยจากการดำเนินงานภายในเท่ากับ 4.98% และจากข้อร้องเรียนของลูกค้าเท่ากับ 0.27%

จากข้อมูลข้างต้นทางผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมพบว่า ปัญหาที่พบมากจากการดำเนินงานภายใน และข้อร้องเรียนของลูกค้า คือปัญหาจุดดำ (Black Dot) โดยมีจำนวนชิ้นงานเสียเฉลี่ยจากการดำเนินภายในเท่ากับ 388 ชิ้น หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 3.88% และจากข้อร้องเรียนของลูกค้าเท่ากับ 24 ชิ้น หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 0.22% ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียของปัญหาแต่ละประเภทที่พบเฉลี่ยต่อเดือน ซึ่งเกิดจากการดำเนินงานภายใน

ปัญหา	จำนวนการผลิต (ชิ้น)			เฉลี่ย	% ของเสีย
	4424	13711	11878	10004	
	ธ.ค.53	**ม.ค.54**	**ก.พ.54**	**เฉลี่ย**	
Black Dot	285	302	578	388	**3.88%**
Dent	10	23	7	13	**0.13%**
Scratch	31	33	50	38	**0.38%**
Silver Line	31	29	8	23	**0.23%**
Weld Line	0	21	0	7	**0.07%**
Overcut	0	8	4	4	**0.04%**
Glossy	4	22	3	10	**0.10%**
White Mark	13	28	0	14	**0.14%**
Sink Mark	0	3	0	1	**0.01%**
Gas Burn	1	0	0	0	**0.00%**
				498	**4.98%**

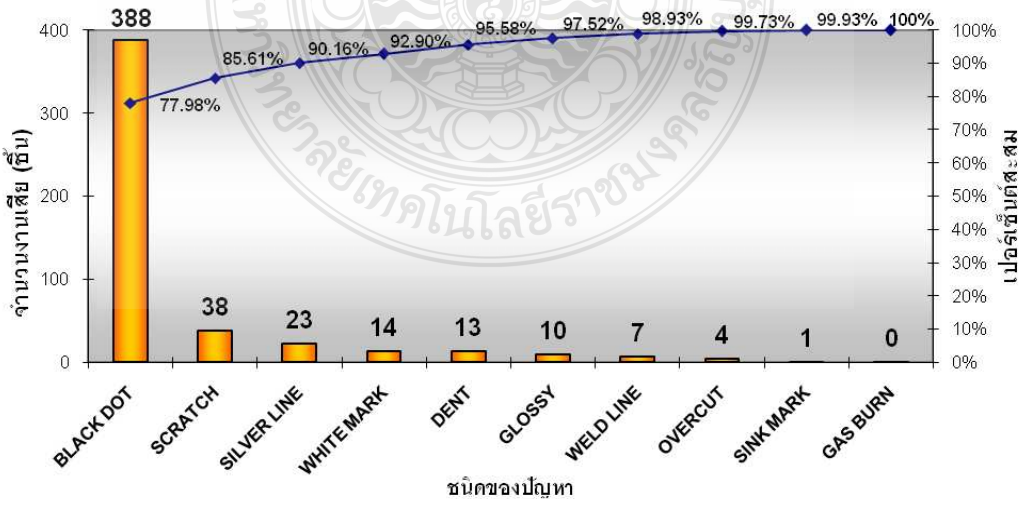
ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียของปัญหาแต่ละประเภทที่พบเฉลี่ยต่อเดือน ซึ่งเกิดจากการร้องเรียนของลูกค้า

ปัญหา	จำนวนส่งมอบ (ชิ้น)			เฉลี่ย	% ของเสีย
	12348	10366	10028	10914	
	ธ.ค.53	**ม.ค.54**	**ก.พ.54**	**เฉลี่ย**	
Black Dot	18	24	31	24	**0.22%**
Scratch	2	3	4	3	**0.03%**
Dent	0	1	3	1	**0.01%**
Gas Stain	1	2	0	1	**0.01%**
				29	**0.27%**

จากข้อมูลปัญหา ทางผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยใช้แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) พบว่าปัญหาจุดดำ (Black Dot) มีเปอร์เซ็นต์สะสมจากการดำเนินงานภายในเท่ากับ 77.98% และมีเปอร์เซ็นต์สะสมจากข้อร้องเรียนของลูกค้าเท่ากับ 82.8% ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการเลือกปัญหาที่มีนัยสำคัญมากที่สุดตามกฎ 80-20 ของทฤษฎีพาเรโต

ตารางที่ 4.3 ข้อบกพร่องคิดเป็นเปอร์เซ็นต์และเปอร์เซ็นต์สะสมที่เกิดจากการดำเนินงานภายใน

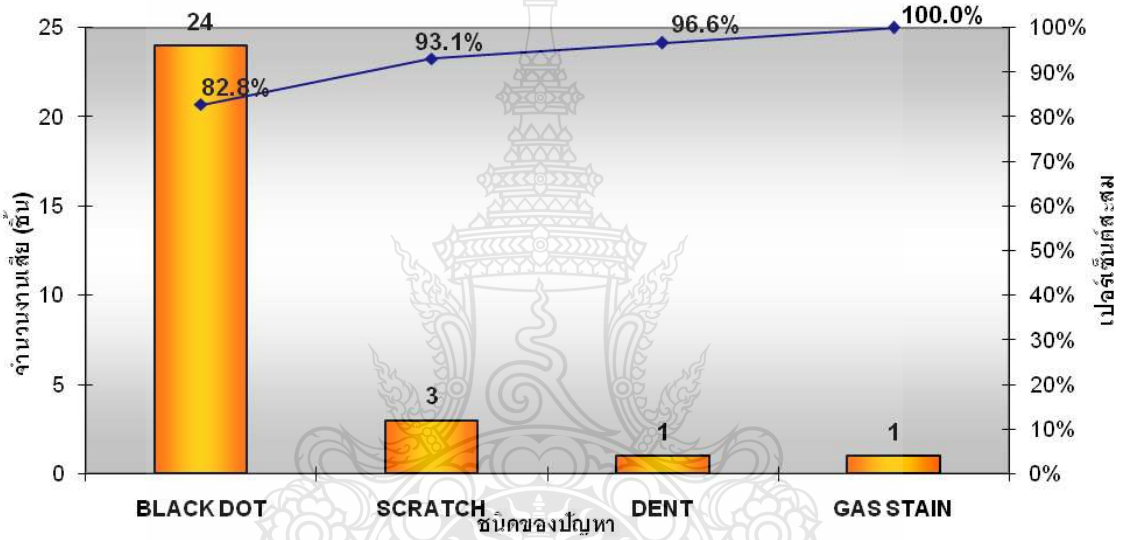
ปัญหา	จำนวน (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์สะสม
Black Dot	388	77.98%	**77.98%**
Scratch	38	7.63%	85.61%
Silver Line	23	4.55%	90.16%
White Mark	14	2.74%	92.90%
Dent	13	2.68%	95.58%
Glossy	10	1.94%	97.52%
Weld Line	7	1.41%	98.93%
Overcut	4	0.80%	99.73%
Sink Mark	1	0.20%	99.93%
Gas Burn	0	0.07%	100%
	498		



ภาพที่ 4.20 แผนภูมิพาเรโตแสดงปัญหาการผลิตปุ่มฉุกเฉิน Knob Hzs จากการดำเนินงานภายใน

ตารางที่ 4.4 ข้อบกพร่องคิดเป็นเปอร์เซ็นต์และเปอร์เซ็นต์สะสมที่เกิดจากการร้องเรียนของลูกค้า

ปัญหา	จำนวน (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์สะสม
Black Dot	24	82.8%	82.8%
Scratch	3	10.3%	93.1%
Dent	1	3.4%	96.6%
Gas Stain	1	3.4%	100.0%
	29		



ภาพที่ 4.21 แผนภูมิพาเรโตแสดงปัญหาการผลิตปุ่มฉุกเฉิน Knob Hzs จากการร้องเรียนของลูกค้า

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นปัญหาหลักที่เกิดขึ้นและส่งผลต่อคุณภาพมากที่สุดคือปัญหาจุดดำ (Black Dot) ซึ่งผู้ทำการวิจัยและทีมงานจึงได้เลือกปัญหานี้ไปทำการปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป

4.4 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

4.4.1 การศึกษาขั้นตอนการไหลของกระบวนการ (Process Mapping)

จากการศึกษากระบวนการผลิตทั้งกระบวนการอย่างละเอียดในหัวที่ 4.1 ทำให้สามารถแสดงขั้นตอนการไหลของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินตั้งแต่วัตถุดิบรับเข้าผ่านกระบวนการผลิตจนเป็นชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินดังแสดงในภาพที่ 4.22

จากผลการศึกษากระบวนการผลิตทั้งกระบวนการพบว่าขั้นตอนที่ส่งผลทำให้เกิดปัญหาจุดดำ (Black Dot) เกิดขึ้นใน 4 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นตอนการทำความสะอาดหม้ออบ (Hopper Cleaning)

จากข้อมูลสาเหตุของปัญหาในอดีตพบว่า เมื่อไม่มีการทำความสะอาดหม้ออบ จะทำให้ฝุ่นผงจากเม็ดพลาสติกที่ตกค้างภายในหม้ออบ ปะปนไปกับเม็ดพลาสติกที่จะถูกหลอมเหลวภายในกระบอกฉีด จนทำให้เกิดปัญหาจุดดำติดที่ผิวชิ้นงานได้

2) ขั้นตอนการไล่วัตถุดิบเก่าที่ค้างอยู่ (Material Purging)

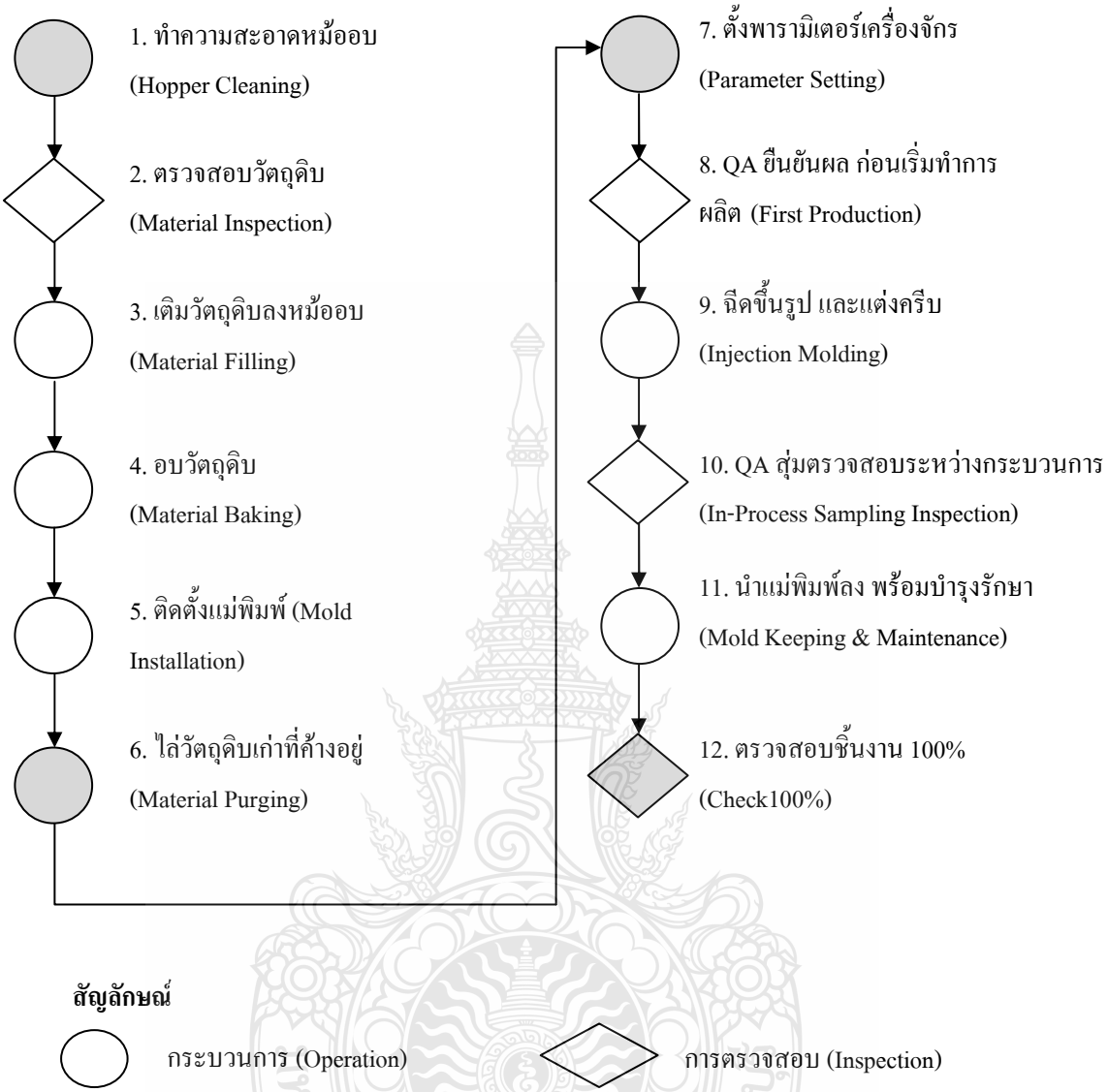
จากข้อมูลสาเหตุของปัญหาในอดีตพบว่า เมื่อไม่มีการไล่วัตถุดิบเก่าที่ค้างอยู่ภายในกระบอกฉีดออก ก่อนที่จะผลิตในล็อตถัดไป จะทำให้สีของเม็ดพลาสติกเก่าปะปนกับสีของเม็ดพลาสติกใหม่ จนทำให้เกิดปัญหาจุดดำ หรือสีเพี้ยน บนผิวของชิ้นงานได้

3) ขั้นตอนการตั้งพารามิเตอร์เครื่องจักร (Parameter Setting)

จากข้อมูลสาเหตุของปัญหาในอดีตพบว่า ในบางครั้งช่างเทคนิคใช้ประสบการณ์ในการตั้งเครื่อง โดยที่ไม่ได้อ้างอิงจากมาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่งผลให้การปรับตั้งอุณหภูมิกระบอกฉีดสูงจนเกินไป มีผลต่อการหลอมเหลวภายในกระบอก จนเกิดการไหม้เป็นลักษณะจุดสีดำบนผิวชิ้นงานได้

4) ขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นงาน 100% (Check100%)

จากข้อมูลปัญหาการคืนชิ้นงานจากลูกค้าในอดีต ที่ได้มีการสอบย้อนกลับผู้ตรวจสอบชิ้นงานดังกล่าว มีหลายครั้งพบว่าพนักงานตรวจสอบ 100% ไม่สามารถดักจับปัญหางานได้ จนชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐานหลุดรอดไปหาลูกค้า



ภาพที่ 4.22 กระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหาจุดดำ

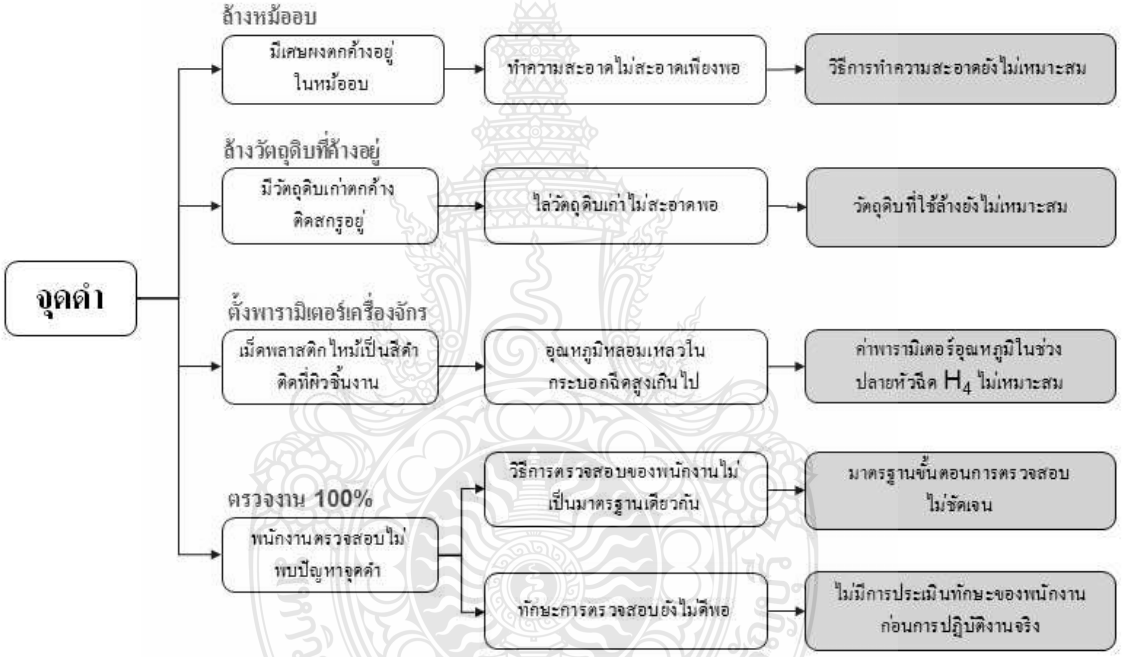
4.4.2 ผลการวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล (Why-Why Tree Diagram)

เมื่อทำการศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินทั้งกระบวนการอย่างละเอียดแล้ว ทำให้ทราบว่าตัวแปรนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการมีอะไรบ้าง จากนั้นทำการระดมสมองเพื่อทำการหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด

สำหรับหัวข้อปัญหาของโครงงานวิจัยนี้คือ การเกิดปัญหาจุดดำ ทางผู้วิจัยและทีมงานที่ประกอบด้วยวิศวกรและผู้ที่เกี่ยวข้องหลายๆ ฝ่าย ได้ช่วยกันระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาดังกล่าว โดยการนำปัจจัยนำเข้าแยกตามกระบวนการที่ศึกษาได้จากข้อ

4.4.1 มาทำการระดมสมอง โดยใช้แผนผังต้นไม้ที่มีลักษณะการวิเคราะห์แบบตั้งคำถามว่าทำไมจึงเกิดปัญหาดังกล่าวขึ้น ดังภาพที่ 4.23 ซึ่งจากแผนผังต้นไม้แสดงเหตุและผลของปัจจัยนั้น จะพบว่าสาเหตุรากเหง้าของปัญหาที่เกิดในแต่ละกระบวนการมีทั้งหมด 5 สาเหตุ ดังนี้

1) วิธีการทำความสะอาดหม้ออบไม่เหมาะสม
2) ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบเก่าที่ตกค้างอยู่ภายในกระบอกฉีดไม่เหมาะสม
3) ค่าพารามิเตอร์อุณหภูมิในช่วงปลายหัวฉีด (H_4) สูงเกินไป
4) มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบไม่ชัดเจน
5) ไม่มีการประเมินทักษะของพนักงานก่อนการปฏิบัติงานจริง



ภาพที่ 4.23 แผนผังต้นไม้แสดงเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาจุดดำ

4.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

จากขั้นตอนการวัดผล (Measure Phase) พบว่าสาเหตุรากเหง้าที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษา 5 สาเหตุซึ่งประกอบไปด้วย วิธีการทำความสะอาดหม้ออบไม่เหมาะสม ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบคงค้างยังไม่เหมาะสม อุณหภูมิหลอมเหลวในช่วงปลายหัวฉีด (H_4) สูงเกินไป มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบไม่ชัดเจน และไม่มีการประเมินทักษะพนักงานก่อนปฏิบัติงานจริง

แนวทางการวิเคราะห์นั้นจะทำการวิเคราะห์ทีละสาเหตุทีละปัจจัย โดยใช้วิธีการทดสอบสมมติฐานระหว่างค่าสัดส่วนของประชากรสองชุด (2 Proportion) ในสาเหตุที่ 1-4 และใช้วิธีการประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study) ในสาเหตุที่ 5 ดังตารางที่ 4.5 เพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยตัวใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหาจุดดำ โดยในการทดลองนี้จะมีจุดมุ่งหมายเพื่อกลั่นกรองปัจจัยต่างๆ (Screening Factors) ที่สงสัยออกไปก่อนหรือเป็นการกรองเฉพาะปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาจุดดำ อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์กลั่นกรองปัจจัย

ลำดับ	สาเหตุข้อบกพร่อง	เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์
1	วิธีการทำความสะอาดหม้ออบ	การทดสอบสมมติฐานโดยใช้วิธีการทดสอบสมมติฐานระหว่างค่าสัดส่วนของประชากรสองชุด (2 Proportion)
2	ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบคงค้าง	
3	อุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4 สูงเกินไป	
4	มาตรฐานการตรวจสอบไม่ชัดเจน	
5	การประเมินทักษะพนักงานก่อนปฏิบัติงานจริง	Attribute Gage Study

4.5.1 การพิสูจน์สาเหตุโดยใช้วิธีการทดสอบสมมติฐานระหว่างค่าสัดส่วนของประชากรสองชุด (2 Proportion)

1) การหาจำนวนตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลอง (Power and Sample Size)

จากขั้นตอนการหาจำนวนตัวอย่าง (Sample Size) ที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.6.1 จะทำการพิจารณาสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน โดยให้สัดส่วนของเสียของประชากรกลุ่มแรกอยู่ที่ 0.0388 (ได้จากข้อมูลสัดส่วนของเสียปัจจุบัน) และให้สัดส่วนของเสียของประชากรอีกกลุ่มหนึ่งอยู่ที่ 0.0194 (ซึ่งเป็นสัดส่วนของเสียที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้) ซึ่งจำนวนตัวอย่างในการทดลองที่ทีมงานสามารถปฏิบัติได้จริงและเป็นไปได้ในแง่เศรษฐศาสตร์ ซึ่งในการทดลองนี้เราใส่ค่าของตัวอย่างอยู่ในช่วง 1,800 – 1,980 ชิ้นโดยใช้โปรมแกรม Minitab มาช่วยในการคำนวณ จากนั้นพิจารณาจำนวนตัวอย่าง โดยพิจารณาจากความไว ผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.24

Power and Sample Size

```
Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)
Calculating power for proportion 2 = 0.0194
Alpha = 0.05


              Sample
Proportion 1    Size     Power
      0.0388    1800  0.933843
      0.0388    1890  0.944160
      0.0388    1980  0.952966

The sample size is for each group.
```

ภาพที่ 4.24 ผลการทดสอบการหาจำนวนตัวอย่างโดยใช้โปรมแกรม Minitab ช่วยในการคำนวณ

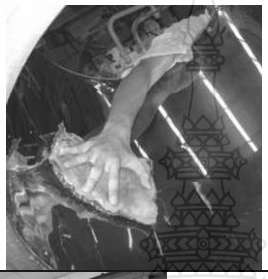
จากภาพที่ 4.24 แสดงผลการทดสอบการหาขนาดตัวอย่างจากความไวพบว่าที่ขนาดตัวอย่างที่ 1,980 ชิ้นจะให้ค่ากำลังของการทดสอบที่ 0.952966 ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้ขนาดตัวอย่างอย่างน้อยเท่ากับ 1,980 ชิ้นขึ้นไปในการทดสอบความมีนัยสำคัญของข้อบกพร่อง 2 ประชากรในขั้นตอนต่อไป

2) การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในเรื่อง วิธีการทำความสะอาดหม้ออบไม่เหมาะสม

ปัญหาที่พบคือ วิธีการทำความสะอาด ณ ปัจจุบันทางบริษัทใช้วิธีการเป่าไล่เศษตกค้างหรือสิ่งแปลกปลอมภายในหม้ออบ เพื่อไม่ให้ปะปนไปกับวัตถุดิบใหม่ แต่เมื่อทางทีมงานได้เข้าไปสำรวจพื้นที่ปฏิบัติงานจริงพบว่า การใช้แรงลมเป่าไล่เศษตกค้างนั้นไม่สามารถทำให้เศษตกค้างในหม้ออบหมดไปอย่างสิ้นเชิงได้ ดังนั้นผู้ทำการวิจัยและทีมงานจึงทำการทดลองโดยการใช้วิธีการทำความสะอาดรูปแบบอื่นที่สามารถกระทำได้ และไม่ส่งผลกระทบต่อเงื่อนไขของกระบวนการฉีดพลาสติก 3 รูปแบบ คือ

1. ทำความสะอาดหม้ออบโดยใช้วิธีการเป่าลมไล่
2. ทำความสะอาดหม้ออบโดยการใช้ผ้าเช็ด
3. ทำความสะอาดหม้ออบโดยการใช้เครื่องดูดฝุ่น

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบวิธีการทำความสะอาดที่มีรูปแบบต่างกันกับการเกิดปัญหาจุดดำ

วิธีการทำความสะอาด	รูปภาพประกอบ	Input (pcs)	Black Dot (pcs)	% Reject
เป่าลม (วิธีปัจจุบัน)		1,980	62	3.1
ใช้ผ้าเช็ด		1,980	67	3.4
ใช้เครื่องดูดฝุ่น		1,980	58	2.9

หมายเหตุ : วิธีการทำความสะอาดหม้ออบที่ใช้ในปัจจุบันคือ การเป่าลม

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.6 พบว่าวิธีทำความสะอาดรูปแบบใหม่ด้วยการใช้ผ้าเช็ดมีเปอร์เซ็นต์ของเสียมากกว่าวิธีปัจจุบัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกเปรียบเทียบกับวิธีการทำความสะอาดโดยใช้เครื่องดูดฝุ่นเนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ของเสียต่ำที่สุด โดยตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

H_0 : $P_1 = P_2$

H_1 : $P_1 > P_2$

P_1 : อัตราการเกิดปัญหาจุดดำ เมื่อทำความสะอาดหม้ออบโดยใช้วิธีการเป่าลม

P_2 : อัตราการเกิดปัญหาจุดดำ เมื่อทำความสะอาดหม้ออบโดยใช้เครื่องดูดฝุ่น

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Minitab ได้ผลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของวิธีการทำความสะอาดหม้ออบ

Sample	**X**	**N**	**Sample p**
Blowing	62	1980	0.031313
Vacuum Cleaner	58	1980	0.029293
Difference = p (1) - p (2) Estimate for difference: 0.00202020 95% CI for difference: (-0.00865765, 0.0126981) Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 0.37 P-Value = 0.711			

จากผลการทดสอบ เมื่อนำค่า P-Value ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่าค่า P-Value มีค่ามาก ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า P-Value $< \alpha$ หมายถึง ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

ค่า P-Value $> \alpha$ หมายถึง ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.711 ซึ่งมากกว่า 0.05 นั่นหมายถึงอัตราการเกิดปัญหาจุดดำเมื่อทำความสะอาดหม้ออบโดยใช้วิธีเป่าลมไม่แตกต่างกับอัตราการเกิดปัญหาจุดดำเมื่อทำความสะอาดหม้ออบโดยใช้เครื่องดูดฝุ่น อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการทำความสะอาดแบบการเป่าลมไล่ เป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาจุดดำตามที่ได้ตั้งสมมติฐานไว้จริง แต่ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแตกต่างกันน้อยมาก โดยเมื่อนำมาพิสูจน์โดยใช้เครื่องมือทางสถิติพบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงไม่ควรเปลี่ยนรูปแบบวิธีการทำงานแต่อย่างใด

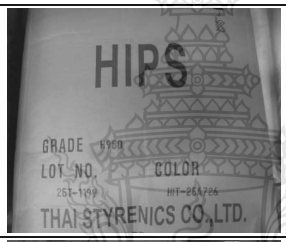
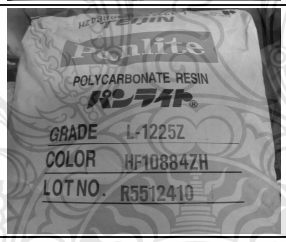
3) การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในเรื่อง ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้างในกระบอกฉีดไม่เหมาะสม

ปัจจัยอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเกิดปัญหาจุดดำ คือวัตถุดิบหรือชนิดพลาสติกที่ใช้ฉีดไล่วัตถุดิบตกค้างภายในกระบอกฉีด ซึ่งทีมงานผู้มีประสบการณ์ด้านงานฉีดให้ความเห็นในที่ประชุมว่า ชนิดพลาสติก PS (Polystyrene) ไม่สามารถที่จะหลอมเหลวเศษตกค้างให้หลุดออกมาได้ทั้งหมด เนื่องจากอุณหภูมิหลอมเหลวของ PS น้อยกว่าชนิดพลาสติก ABS (Acrylnitrile Butadien-Styrene) ที่ตกค้างอยู่ ส่งผลให้เศษพลาสติกที่ไหม้ตกค้างภายในกระบอกฉีด (Barrel) หลอมรวมกับวัตถุดิบใหม่เมื่อฉีดขึ้นรูปชิ้นงานจึงเกิดปัญหาจุดดำบนผิวชิ้นงาน ดังนั้นผู้ทำการวิจัยและทีมงานจึงได้ทำการ

ออกแบบการทดลองโดยการคัดเลือกชนิดพลาสติกที่มีอุณหภูมิหลอมเหลว และมีคุณสมบัติเหนียวเมื่อได้รับความร้อน มาทดลองเป็นจำนวนทั้งหมด 4 ชนิด คือ

1. Polystyrene (PS)
2. Polycarbonate (PC)
3. Polypropylene (PP)
4. Polymethyl Methacrylate (PMMA)

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบพลาสติกชนิดต่างๆ ที่ นำมาไล่วัตถุดิบตกค้างกับการเกิดปัญหาจุดดำ

ชนิดพลาสติกที่นำมาไล่วัตถุดิบตกค้าง	รูปภาพประกอบ	Input (pcs)	Black Dot (pcs)	% Reject
PS Polystyrene (ชนิดปัจจุบัน)		1,980	54	2.7
PC Polycarbonate		1,980	69	3.5
PP Polypropylene		1,980	12	0.6
PMMA Polymethyl Methacrylate		1,980	60	3.0

หมายเหตุ : ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้างในปัจจุบัน คือ PS (Polystyrene)

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.8 พบว่าชนิดพลาสติก PC (Polycarbonate) และ PMMA (Polymethyl Methacrylate) ทำให้เกิดเปอร์เซ็นต์ของเสียที่สูงกว่าชนิดพลาสติกที่ใช้อยู่ปัจจุบัน คือ PS (Polystyrene) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกเปรียบเทียบกับพลาสติกชนิด PP (Polypropylene) เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ของเสียต่ำที่สุด โดยตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

H_0 : $P_1 = P_2$

H_1 : $P_1 > P_2$

P_1 : อัตราการเกิดปัญหาจุดดำ เมื่อใช้พลาสติกชนิด PS (Polystyrene) ไล่วัตถุดิบที่ตกค้างอยู่ภายในกระบอกฉีด

P_2 : อัตราการเกิดปัญหาจุดดำ เมื่อใช้พลาสติกชนิด PP (Polypropylene) ไล่วัตถุดิบที่ตกค้างอยู่ภายในกระบอกฉีด

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Minitab ได้ผลดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้าง

Sample	**X**	**N**	**Sample p**
PS (Polystyrene)	54	1980	0.027273
PP (Polypropylene)	12	1980	0.006061
Difference = p (1) - p (2) Estimate for difference: 0.0212121 95% CI for difference: (0.0132650, 0.0291592) Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 5.23 P-Value = 0.000			

จากผลการทดสอบ เมื่อนำค่า P-Value ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่าค่า P-Value มีค่าน้อย ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า P-Value $< \alpha$ หมายถึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

ค่า P-Value $> \alpha$ หมายถึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั่นหมายถึงอัตราการเกิดปัญหาจุดดำ เมื่อใช้พลาสติกชนิด PS (Polystyrene) ไม่เท่ากับอัตราการเกิดปัญหาจุดดำ เมื่อใช้พลาสติกชนิด PP (Polypropylene) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้

พลาสติกชนิด PP (Polypropylene) ในการไล่วัตถุดิบตกค้าง จะทำให้ปัญหาจุดดำลดน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต และต้นทุนของเสียดังตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าพลาสติกที่นำมาทดลองคือชนิด PP มีต้นทุนโดยรวมต่อเดือนต่ำกว่า PS อย่างเห็นได้ชัดหรือประมาณครึ่งหนึ่ง ดังนั้นเมื่อนำทั้ง 2 ปัจจัยมาพิจารณาร่วมกันจึงสรุปได้ว่าควรนำผลของปัจจัยนี้ไปทำการวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนการปรับปรุง

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบต้นทุนโดยรวมของการใช้พลาสติกชนิด PS และ PP

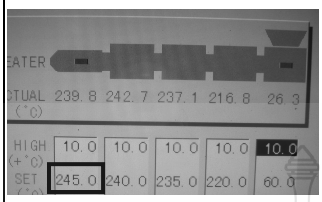
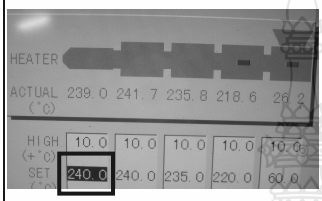
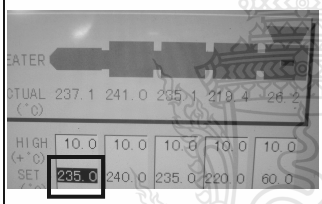
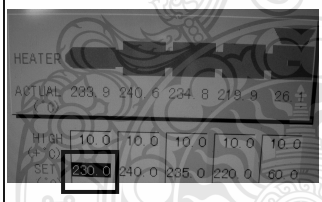
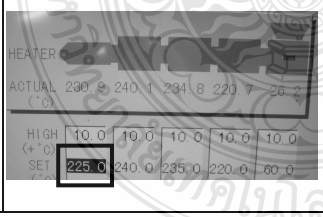
นิด	**ต้นทุนการไล่วัตถุดิบคงค้าง / เดือน**				**ต้นทุนของเสีย / เดือน**					ต้นทุนรวม (1+2)
	ค่าวัตถุดิบ / กิโลกรัม (บาท)	จำนวนการไล่ (ครั้ง)	จำนวนที่ใช้ไล่ / ครั้ง	ต้นทุน (บาท) (1)	จำนวนการผลิต (ชิ้น)	%NG	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	ราคาขาย/ชิ้น (บาท)	ต้นทุน (บาท) (2)	
PS	55.5	15	5 Kg	4,163	59,400	2.7	1,604	3.66	5,871	**10,034**
PP	50	15	5 Kg	3,750	59,400	0.6	356	3.66	1,303	**5,053**

4) การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในเรื่อง อุณหภูมิกระบอกฉีดในช่วงปลายหัวฉีด (H_4) สูงเกินไป

จากปัญหาจุดดำที่เกิดขึ้น ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเกิดปัญหาคือเรื่องอุณหภูมิหลอมเหลวภายในกระบอกฉีด โดยถ้าตั้งสูงเกินไปจะทำให้เม็ดพลาสติกไหม้เป็นสีดำกึ่งสีน้ำตาลเข้ม เมื่อขึ้นรูปออกมาจะก่อให้เกิดปัญหาจุดดำบนผิวงานขึ้น แต่ถ้าตั้งต่ำจนเกินไปจะทำให้เนื้อพลาสติกไหลเข้าแม่พิมพ์ (Mold) ไม่สะดวกจนเกิดปัญหารอยประสาน (Weld Line) บนผิวชิ้นงาน ซึ่งจากการสำรวจขั้นตอนการตั้งค่าพารามิเตอร์เครื่องจักรที่ใช้อยู่ปัจจุบันพบว่า ที่ตำแหน่งปลายหัวฉีด หรือใกล้กับทางเข้าแม่พิมพ์ (H_4 Zone) อุณหภูมิมีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่ทางผู้ผลิตวัตถุดิบกำหนดไว้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบการทดลอง โดยกำหนดอุณหภูมิในช่วง H_4 ให้อยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน 5 ค่าดังนี้

1. อุณหภูมิปลายหัวฉีดที่ 245 ºC
2. อุณหภูมิปลายหัวฉีดที่ 240 ºC
3. อุณหภูมิปลายหัวฉีดที่ 235 ºC
4. อุณหภูมิปลายหัวฉีดที่ 230 ºC
5. อุณหภูมิปลายหัวฉีดที่ 225 ºC

ตารางที่ 4.11 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิหลอมเหลวค่าต่างๆ ในช่วง H_4 กับการเกิดปัญหาจุดดำ

อุณหภูมิในช่วง H_4 (°C)	รูปภาพประกอบ	Input (pcs)	Black Dot (pcs)	Weld Line (pcs)	% Reject
245 (อุณหภูมิปัจจุบัน)		1980	66	0	3.3
240		1980	54	0	2.7
235		1980	59	0	3.0
230		1980	18	0	0.9
225		1980	22	13	1.8

หมายเหตุ : อุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4 ที่ใช้ในปัจจุบันคือ 245°

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.11 พบว่าอุณหภูมิหลอมเหลวที่ 240 °C, 230 °C และ 225 °C ทำให้การเกิดปัญหาจุดดำน้อยกว่าค่าปัจจุบัน คือ 2.7%, 0.9% และ1.8% ตามลำดับ แต่ทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกค่าอุณหภูมิที่ 230 °C มาทำการเปรียบเทียบ เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ของเสียต่ำที่สุด โดยตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

H_0 : $P_1 = P_2$

H_1 : $P_1 > P_2$

P_1 : อัตราการเกิดปัญหาจุดดำ เมื่อตั้งค่าอุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4 เท่ากับ 245°C

P_2 : อัตราการเกิดปัญหาจุดดำ เมื่อตั้งค่าอุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4 เท่ากับ 230°C

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Minitab ได้ผลดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของอุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4

Sample	**X**	**N**	**Sample p**
Temp 245	66	1980	0.033333
Temp 230	18	1980	0.009091
Difference = p (1) - p (2) Estimate for difference: 0.0242424 95% CI for difference: (0.0152986, 0.0331863) Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 5.31 P-Value = 0.000			

จากผลการทดสอบ เมื่อนำค่า P-Value ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่าค่า P-Value มีค่าน้อย ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า P-Value$<\alpha$ หมายถึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

ค่า P-Value$>\alpha$ หมายถึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

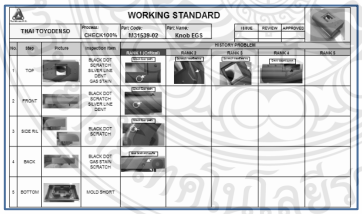
จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั่นหมายถึงอัตราการเกิดปัญหาจุดดำ เมื่อตั้งค่าอุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4 เท่ากับ 245 °C ไม่เท่ากับอัตราการเกิดปัญหาจุดดำ เมื่อตั้งค่าอุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4 เท่ากับ 230 °C อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการปรับค่าอุณหภูมิลงมาที่ 230 °C ส่งผลให้จำนวนปัญหาจุดดำลดลงอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจึงต้องนำผลของปัจจัยนี้ไปทำการวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนการปรับปรุง

5) การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในเรื่อง มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบไม่ชัดเจน

ก่อนที่จะส่งมอบชิ้นส่วนให้กับลูกค้า จะต้องผ่านขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นงานทุกชิ้น 100% ซึ่งจากการเข้าไปสำรวจพื้นที่ปฏิบัติงานจริงพบว่าพนักงานทั้ง 2 คนที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบชิ้นงาน มีรูปแบบในการตรวจสอบที่ต่างกัน และในบางครั้งพนักงานหลงลืมตรวจสอบได้

ไม่ครบทุกด้านของชิ้นงาน โดยจากการสอบถามความเข้าใจของพนักงานทราบว่า มาตรฐานการตรวจสอบ (Inspection Standard) ที่ระบุไว้ที่จุดปฏิบัติงานไม่ชัดเจน ไม่ได้บ่งบอกให้ตรวจสอบด้านไหนก่อนและหลัง ระบุเพียงให้ตรวจสอบโดยการมองผ่านเลนส์ และระวังปัญหาต่างๆ พนักงานจึงตรวจสอบเน้นเฉพาะด้านหน้า ส่วนด้านอื่นตรวจบ้างเป็นครั้งคราว ทางทีมงานจึงมองว่าปัจจัยนี้เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ปัญหาจุดดำ หลุดรอดไปถึงลูกค้า ดังนั้นผู้ทำการวิจัยและทีมงานจึงได้จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบขึ้นใหม่ โดยกำหนดให้ผู้ตรวจต้องตรวจสอบเป็นลำดับขั้นตอน (Step Check) ตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ จากนั้นทำการออกแบบการทดลองโดยการจัดเตรียมชิ้นงานที่มีปัญหาจุดดำจำนวน 200 ชิ้น ให้ปะปนอยู่ในชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด 1,980 ชิ้น และกำหนดให้พนักงานตรวจโดยอ้างอิงจากมาตรฐานรูปแบบเก่า และมาตรฐานรูปแบบใหม่ (Step Check) ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบการใช้มาตรฐานการตรวจสอบรูปแบบต่างๆ กับการเกิดปัญหาจุดดำ

รูปแบบการตรวจ	**รูปภาพประกอบ**	**Input (pcs)**	**Black Dot (pcs)**	**ตรวจพบ (pcs)**
มาตรฐานเดิม		1,980	200	193
มาตรฐานใหม่ (Step Check)		1,980	200	200

การทดสอบความแตกต่างระหว่างการตรวจสอบโดยอ้างอิงจากมาตรฐานรูปแบบเก่าเปรียบเทียบกับการตรวจสอบโดยอ้างอิงจากมาตรฐานรูปแบบใหม่ (Step Check) โดยการตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0 : $P_1 = P_2$

H_1 : $P_1 < P_2$

P_1 : อัตราการตรวจสอบพบปัญหาจุดดำ เมื่อการตรวจสอบอ้างอิงจากมาตรฐานการตรวจสอบรูปแบบเก่า

P_2 : อัตราการตรวจสอบพบปัญหาจุดดำ เมื่อการตรวจสอบอ้างอิงจากมาตรฐานการตรวจสอบรูปแบบใหม่ (Step Check)

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Minitab ได้ผลดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของรูปแบบการตรวจสอบชิ้นงาน

Sample	**X**	**N**	**Sample p**
Old Standard	193	200	0.965000
Step Check	200	200	1.000000
Difference = p (1) - p (2) Estimate for difference: -0.035 95% CI for difference: (-0.0604701, -0.00952989) Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = -2.69 P-Value = 0.007			

จากผลการทดสอบ เมื่อนำค่า P-Value ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่าค่า P-Value มีค่าน้อย ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า P-Value$<\alpha$ หมายถึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

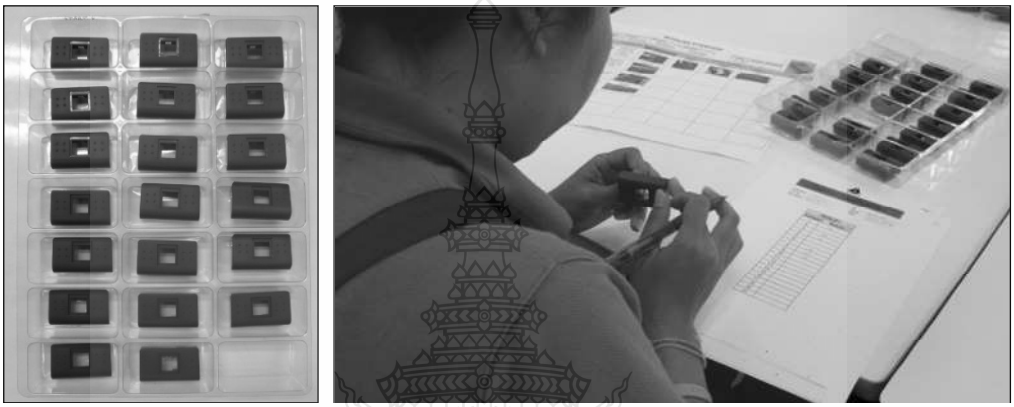
ค่า P-Value$>\alpha$ หมายถึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.007 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั่นหมายถึงอัตราการตรวจสอบพบปัญหาจุดดำ เมื่อการตรวจสอบอ้างอิงจากมาตรฐานการตรวจสอบรูปแบบเก่าไม่เท่ากับอัตราการตรวจสอบพบปัญหาจุดดำ เมื่อการตรวจสอบอ้างอิงจากมาตรฐานการตรวจสอบรูปแบบใหม่ (Step Check) อย่างมีนัยสำคัญ

4.5.2 การพิสูจน์สาเหตุโดยใช้การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิสูจน์สาเหตุการไม่ประเมินทักษะพนักงานก่อนปฏิบัติงานจริง โดยใช้หลักการประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ(Attribute Gage Study) มาทำ

การประเมินความสามารถของพนักงานที่มีหน้าที่ตรวจสอบชิ้นงานกรณีศึกษา ซึ่งพนักงานที่เข้ามาทำการทดสอบทั้ง 2 คนต้องจำแนกและประเมินผลชิ้นสิ่งตัวอย่างทั้งหมด 20 ชิ้น แบ่งเป็นงานดี (Accept) จำนวน 6 ชิ้น งานเสีย (Reject) จำนวน 7 ชิ้น และงานก่ำกึ่งด้านเสีย (Marginal of Reject) จำนวน 7 ชิ้น โดยพนักงานต้องตรวจสอบซ้ำชิ้นงานละ 2 ครั้ง ดังภาพที่ 4.25 ซึ่งข้อมูลการทดสอบระบบการวัดของพนักงาน แสดงดังตารางที่ 4.15



ภาพที่ 4.25 การทดสอบพนักงานโดยใช้ Attribute Gage Study

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลการทดสอบระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบทั้ง 2 คน

Sample No.	**Master**	**Inspector # 1**		**Inspector # 2**	
		Trials		**Trials**	
		1	**2**	**1**	**2**
1	R	R	R	R	R
2	A	R	R	A	R
3	R	R	R	R	R
4	R	R	R	R	R

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลการทดสอบระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบทั้ง 2 คน (ต่อ)

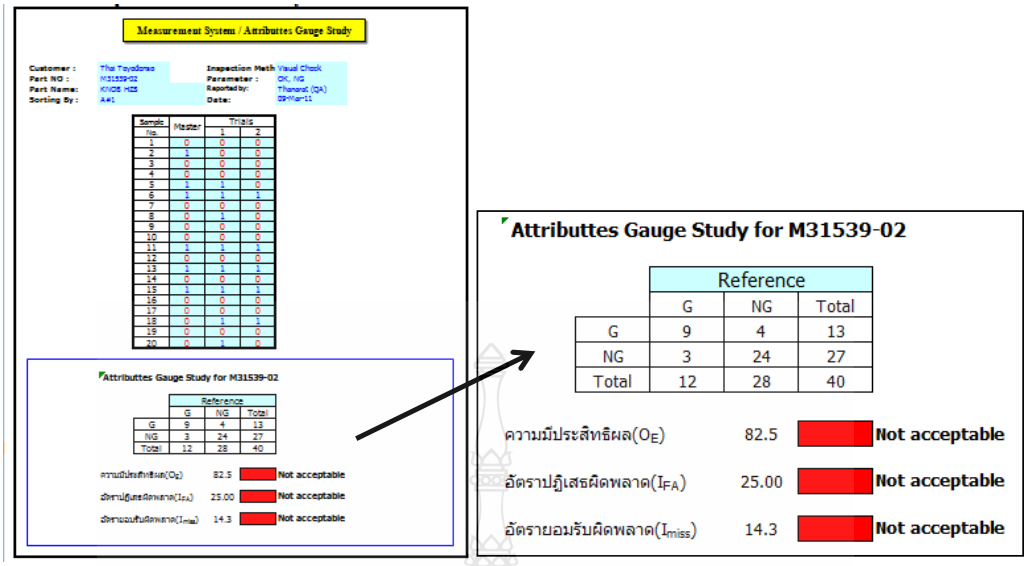
Sample No.	Master	Inspector # 1		Inspector # 2	
		Trials		Trials	
		1	2	1	2
5	A	A	R	A	R
6	A	A	A	R	A
7	R	R	R	R	R
8	R	A	R	A	R
9	R	R	R	R	R
10	R	R	R	R	R
11	A	A	A	A	R
12	R	R	R	R	R
13	A	A	A	A	A
14	R	R	R	R	R
15	A	A	A	A	A
16	R	R	R	R	R
17	R	R	R	R	R
18	R	A	A	A	R
19	R	R	R	R	R
20	R	A	R	R	R

สัญลักษณ์

A หมายถึง งานดีได้คุณภาพ (Accept)

R หมายถึง งานที่เกิดปัญหาจุดดำทั้งมีขนาดชัดเจนและกำกึ่ง (Reject and Marginal)

จากนั้นจะนำจะวิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรมอัตโนมัติที่เรียกว่า Attribute Gage Study Report ดังภาพที่ 4.26 โดยพนักงานต้องผ่านเกณฑ์การประเมินทั้ง 3 เกณฑ์ที่ทางบริษัทได้กำหนดไว้ ซึ่งจะสอดคล้องกับมาตรฐานในคู่มือการผลิตกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ประเทศอเมริกา ดังนี้ ประสิทธิภาพโดยรวม (O_E) ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 90% ดัชนีตรวจสอบที่ปฏิเสธผิดพลาด (I_{FA}) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5% และดัชนีตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาด (I_{miss}) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2% ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.16



ภาพที่ 4.26 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรมอัตโนมัติ Attribute Gage Study Report

ตารางที่ 4.16 ผลการประเมินทักษะพนักงานตรวจสอบทั้ง 2 คน

หัวข้อการประเมิน	**O_E**	**I_{FA}**	**I_{MISS}**	**สรุป**
เกณฑ์การยอมรับ	≥ 90%	≤ 5%	≤ 2%	
คนที่ 1	82.5	25	14.3	ไม่ผ่าน
คนที่ 2	85	33.3	7.1	ไม่ผ่าน

จากการประเมินทักษะการตรวจสอบของพนักงานพบว่า พนักงานคนที่ 1 (Inspector # 1) ได้ค่า O_E = 82.5%, I_{FA} = 25%, I_{MISS} = 14.3% และพนักงานคนที่ 2 (Inspector # 2) ได้ค่า O_E = 85%, I_{FA} = 33.3%, I_{MISS} = 7.1% แสดงให้เห็นว่าพนักงานตรวจสอบทั้ง 2 คนไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จึงสามารถพิสูจน์สาเหตุได้ว่า การที่ไม่ประเมินทักษะพนักงานก่อนปฏิบัติงานจะทำให้ พนักงานที่ขาดทักษะการตรวจสอบเข้าไปปฏิบัติหน้าที่และปล่อยชิ้นงานเสียหลุดไปถึงลูกค้าดังเช่นปัญหาที่พบ

จากผลการทดสอบโดยใช้โปรแกรมมาตรฐานที่ถูกสร้างโดยใช้ Microsoft Excel ข้างต้น ทางผู้วิจัยได้ใช้อีกหนึ่งทฤษฎีในการคำนวณผ่านโปรแกรม Minitab คือ ทฤษฎีสัมประสิทธิ์ของ Kappa และ Kendall's (Kappa and Kendall's coefficient) เพื่อทำการเปรียบเทียบความสอดคล้องของผลลัพธ์ระหว่างทั้ง 2 ทฤษฎี โดยทฤษฎีนี้จะใช้เกณฑ์การประเมินอ้างอิงจากค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ที่

ได้ ซึ่งค่านี้จะวัดถึงระดับความสัมพันธ์ระหว่างผลการตรวจสอบของพนักงานแต่ละคนกับค่ามาตรฐาน ซึ่งค่าดังกล่าวมีเกณฑ์การประเมินดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 เกณฑ์การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ Kappa

ผลการตรวจสอบ ไม่สัมพันธ์กัน	ผลการตรวจสอบ สัมพันธ์กัน	ผลการตรวจสอบ สัมพันธ์กันดีมาก
≤ 0.40	$0.41 - 0.74$	≥ 0.75

เมื่อนำผลการทดสอบของพนักงานทั้ง 2 คน มาประมวลผ่านโปรแกรม Minitab ดังตารางที่ 4.18 พบว่าพนักงานทั้ง 2 คนมีผลการประเมินดังนี้ พนักงานคนที่ 1 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 0.59 และพนักงานคนที่ 2 ได้ค่าเท่ากับ 0.61 แสดงให้เห็นว่าผลการตรวจสอบของพนักงานคนที่ 2 มีระดับความสัมพันธ์กับค่ามาตรฐานมากกว่าคนที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับผลจากค่า O_E ในทฤษฎี Attribute Gage Study ที่มีค่ามากกว่าเช่นเดียวกัน และเมื่อนำค่าดังกล่าวไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินในตารางที่ 4.17 จะพบว่าอยู่ในช่วงของผลการตรวจสอบสัมพันธ์กัน ซึ่งไม่ใช่เป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด มีโอกาสที่พนักงานจะไม่สามารถดักจับปัญหาจนหลุดรอดไปถึงมือลูกค้า ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าทั้ง 2 ทฤษฎีที่นำมาใช้ประเมินความสามารถพนักงานมีความสอดคล้องกัน โดยควรมีการปรับปรุงเพิ่มทักษะให้กับพนักงานตรวจสอบเพื่อไม่ให้ชิ้นงานเสียหลุดรอดไปถึงลูกค้า

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ Kappa โดยใช้โปรแกรม Minitab

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
1	20	15	75.00	(50.90, 91.34)
2	20	14	70.00	(45.72, 88.11)

Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

Assessment Disagreement

Appraiser	# R / A	Percent	# A / R	Percent	# Mixed	Percent
1	1	16.67	1	7.14	3	15.00
2	0	0.00	0	0.00	6	30.00

R / A: Assessments across trials = R / standard = A.
A / R: Assessments across trials = A / standard = R.
Mixed: Assessments across trials are not identical.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
1	A →	0.592132	0.158114	3.74497	0.0001
	R	0.592132	0.158114	3.74497	0.0001
2	A →	0.614006	0.158114	3.88332	0.0001
	R	0.614006	0.158114	3.88332	0.0001

4.5.3 สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

จากขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องเพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยตัวใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหาจุดดำ สามารถสรุปการทดสอบสมมุติฐานของข้อบกพร่องทั้ง 5 ปัจจัย แสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบสมมติฐานของข้อบกพร่องทั้ง 5 ปัจจัย

ลำดับ	สาเหตุ	ผลการทดสอบ	สรุปผล
1	วิธีการทำความสะอาดหม้ออบไม่เหมาะสม	P-Value = 0.711	ไม่มีผลต่อการเกิดจุดดำ
2	ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้างไม่เหมาะสม	P-Value = 0.000	มีผลต่อการเกิดจุดดำ
3	อุณหภูมิหลอมเหลวช่วงปลายหัวฉีดสูงเกินไป	P-Value = 0.000	มีผลต่อการเกิดจุดดำ
4	มาตรฐานการตรวจสอบไม่ชัดเจน	P-Value = 0.007	มีผลต่อการเกิดจุดดำ
5	ไม่มีการประเมินทักษะพนักงานก่อนปฏิบัติงาน	ไม่ผ่านเกณฑ์ Attribute Gage	มีผลต่อการเกิดจุดดำ

จากผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องทั้ง 5 ปัจจัยดังตารางที่ 4.19 ทำให้ผู้วิจัย และทีมงานทราบว่าข้อบกพร่องที่มีผลต่อปัญหาและต้องทำการปรับปรุง คือ ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้าง อุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4 มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบ และการประเมินทักษะพนักงานก่อนปฏิบัติงานจริง ในขั้นตอนต่อไปผู้ทำการวิจัยจะนำทั้ง 4 ข้อบกพร่องไปทำการปรับปรุง

4.6 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อกลั่นกรองปัจจัยต่างๆ (Screening Factor) มีปัจจัยที่ต้องปรับปรุงอยู่ 4 สาเหตุ ซึ่งแนวทางการปรับปรุงนั้นจะใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) ในสาเหตุข้อบกพร่องเรื่องชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้าง และอุณหภูมิหลอมเหลวในช่วงปลายหัวฉีด (H_4) และจะปรับปรุงโดยใช้การจัดทำมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบ (Operation Standard) ในสาเหตุข้อบกพร่องเรื่องมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบไม่ชัดเจน และการประเมินทักษะพนักงานก่อนปฏิบัติงานจริง ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 เครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงสาเหตุข้อบกพร่อง

ลำดับ	สาเหตุข้อบกพร่อง	เครื่องมือที่ใช้ปรับปรุง
1	ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้าง	หลักการออกแบบการทดลอง โดยใช้การทดลองแบบ 2^2 Factorial Design
2	อุณหภูมิหลอมเหลวในช่วงปลายหัวฉีด (H_4)	
3	มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบไม่ชัดเจน	มาตรฐานการตรวจสอบ (Operation Std.)
4	การประเมินทักษะพนักงานก่อนปฏิบัติงานจริง	Attribute Gage Study

4.6.1 การออกแบบการทดลองแบบ 2^2 Factorial Design

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบ และทำการทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) กับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) นั้นๆ และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่จะทำให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) ที่ดีที่สุด

จากการวิเคราะห์จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อกลั่นกรองปัจจัยต่างๆ (Screening Factor) มีปัจจัยที่ต้องปรับปรุงคือ ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้าง และอุณหภูมิหลอมเหลวในช่วงปลายหัวฉีด (H_4) โดยยังไม่ทราบค่าปัจจัยที่เหมาะสมดังนั้นจึงทำการกำหนดระดับของแต่ละปัจจัยต่างๆ ดังตารางที่ 4.21 และออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมโดยใช้การทดลองแบบ 2^2 Factorial Design

ตารางที่ 4.21 คุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้าในแบบการทดลอง

Factor	KPIV (Key Process Input Variable)		Unit
	Current	New	
ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้าง	PS	PP	-
อุณหภูมิหลอมเหลวในช่วงปลายหัวฉีด H_4	245	230	°C

สมมติฐานการวิจัย: α : ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบคงค้าง มีผลต่อปัญหาจุดดำ

β : อุณหภูมิหลอมเหลวในช่วงปลายหัวฉีด (H_4) มีผลต่อปัญหาจุดดำ

$\alpha\beta$: Interaction ของชนิดพลาสติก และอุณหภูมิ มีผลต่อปัญหาจุดดำ

สมมติฐานทางสถิติ: $H_0: \alpha_i = 0$ ทุกค่า i $H_0: \beta_j = 0$ ทุกค่า j $H_0: \alpha\beta_{ij} = 0$ ทุกค่า i,j

$H_1: \alpha_i \neq 0$ บางค่า i $H_1: \beta_j \neq 0$ บางค่า j $H_1: \alpha\beta_{ij} \neq 0$ บางค่า i,j

เมื่อใช้โปรแกรมสร้างการออกแบบการทดลอง โปรแกรมจะกำหนดจำนวนครั้งในการทดสอบให้อัตโนมัติ (8 Run) จากนั้นนำข้อมูลการทดสอบใส่ลงในตารางข้อมูลนำเข้า ดังตารางที่ 4.22 และผลการคำนวณค่า P-Value ได้ผลดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.22 ข้อมูลการทดสอบระหว่างปัจจัยชนิดพลาสติกไล่เสษตกค้างกับอุณหภูมิหลอมเหลว

↓	C1	C2	C3	C4	C5-T	C6	C7
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Purge Material	Barrel Temp.	Defect
1	2	1	1	1	PP	230	5
2	1	2	1	1	PS	230	14
3	3	3	1	1	PS	245	71
4	4	4	1	1	PP	245	41
5	5	5	1	1	PS	230	23
6	8	6	1	1	PP	245	30
7	7	7	1	1	PS	245	65
8	6	8	1	1	PP	230	8

ตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบ 2^2 Factorial Design โดยใช้โปรแกรม Minitab

Factorial Fit: Defect versus Purge Material, Barrel Temp.

Estimated Effects and Coefficients for Defect (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		32.13	1.965	16.35	0.000
Purge Material	-22.25	-11.13	1.965	-5.66	0.005
Barrel Temp.	39.25	19.63	1.965	9.99	0.001
Purge Material*Barrel Temp.	-10.25	-5.13	1.965	-2.61	0.059

S = 5.55653 PRESS = 494
R-Sq = 97.20% R-Sq(pred) = 88.79% R-Sq(adj) = 95.09%

Analysis of Variance for Defect (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	4071.25	4071.25	2035.63	65.93	0.001
2-Way Interactions	1	210.13	210.13	210.13	6.81	0.059
Residual Error	4	123.50	123.50	30.88		
Pure Error	4	123.50	123.50	30.88		
Total	7	4404.87				

จากผลการทดสอบ เมื่อนำค่า P-Value ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า P-Value < α หมายถึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

ค่า P-Value > α หมายถึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่า

1) ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบคงค้างมีค่า P-Value เท่ากับ 0.005 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั่นหมายถึงชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบคงค้างมีผลต่อปัญหาจุดดำ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

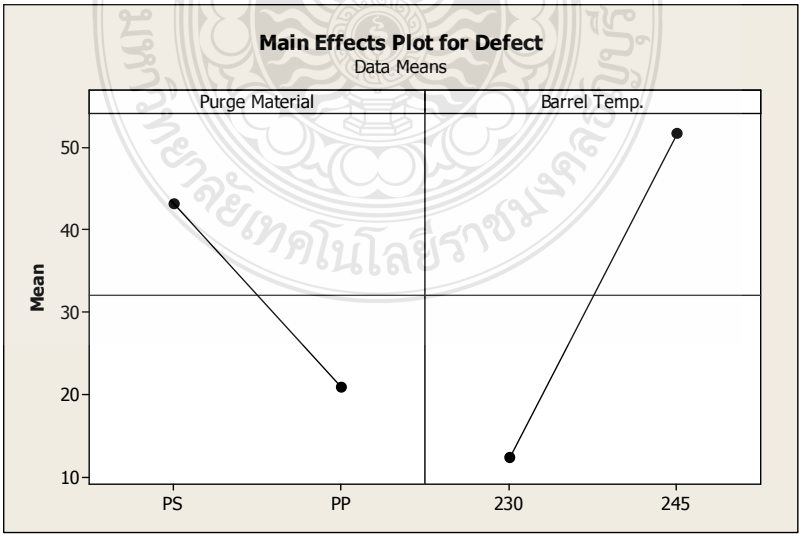
2) อุณหภูมิหลอมเหลวในช่วงปลายหัวฉีด (H4) มีค่า P-Value เท่ากับ 0.001 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั่นหมายถึงอุณหภูมิหลอมเหลวในช่วงปลายหัวฉีด (H4) มีผลต่อปัญหาจุดดำ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

3) Interaction ของชนิดพลาสติก และอุณหภูมิมีค่า P-Value เท่ากับ 0.059 ซึ่งมากกว่า 0.05 นั่นหมายถึง Interaction ของชนิดพลาสติก และอุณหภูมิไม่มีผลต่อปัญหาจุดดำ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4) สมการความสัมพันธ์คือ $Y = 32.13 - 11.13\alpha + 19.63ß$

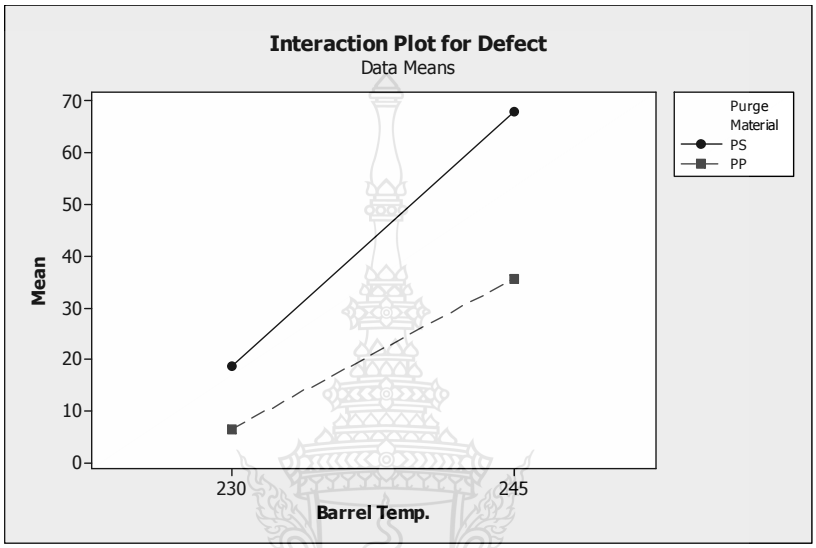
5) R-Sq (adj) = 95.09% แสดงว่าค่า Y ที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลมาจากสมการความสัมพันธ์เท่ากับ 95.05% ส่วนที่เหลือ 4.95% มาจากปัจจัยอื่นๆ

ผลการทดลองโดยใช้ Main Effect Plot และ Interaction Plot เพื่อหาระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาจุดดำน้อยที่สุด แสดงได้ดังภาพที่ 4.27 และ 4.28



ภาพที่ 4.27 ผลกระทบหลักของปัจจัยเดี่ยว

จากกราฟภาพที่ 4.27 เป็นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของสาเหตุหลักแต่ละตัว โดยเมื่อเปลี่ยนชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้าง (Purge Material) จากเดิม PS เป็น PP แล้วจะทำให้ปัญหาจุดดำลดลง และเมื่อลดอุณหภูมิหลอมเหลวในกระบอกฉีด (Barrel Temperature) จากเดิม 245 เป็น 230 °C จะทำให้ปัญหาจุดดำลดลงเช่นเดียวกัน



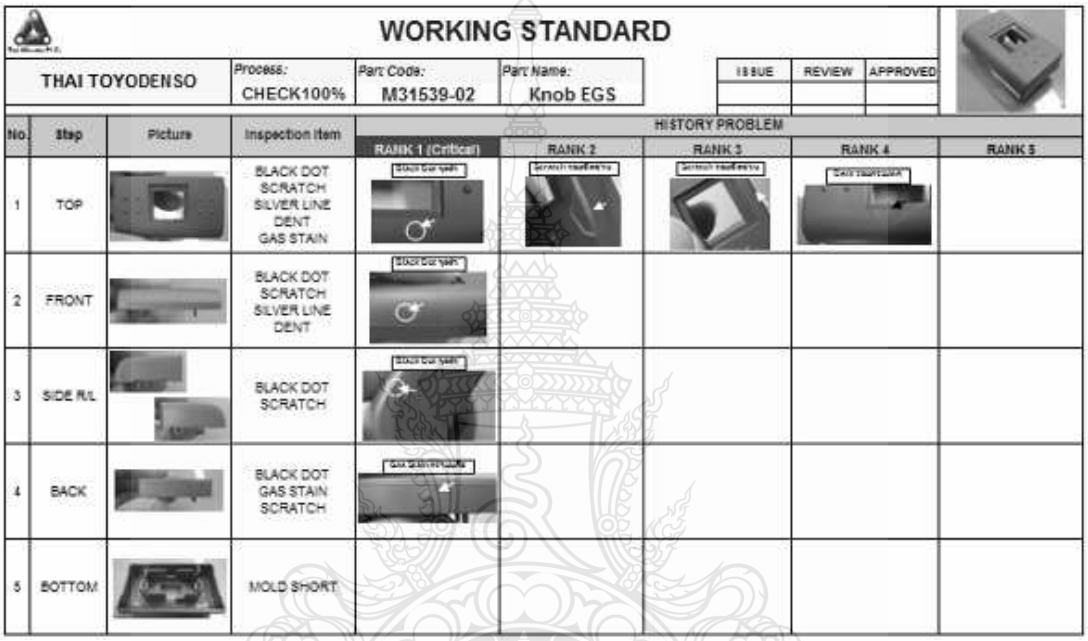
ภาพที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแต่ละตัว

จากกราฟภาพที่ 4.28 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้าง (Purge Material) และ อุณหภูมิหลอมเหลวในกระบอกฉีด (Barrel Temperature) จะพบว่า พลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้างชนิด PP และ อุณหภูมิหลอมเหลวในกระบอกฉีด ที่ 230 °C ทำให้เกิดปัญหาจุดดำลดลง ส่วนพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้างชนิด PS และอุณหภูมิหลอมเหลวในกระบอกฉีด ที่ 230 °C ทำให้เกิดปัญหาจุดดำลดลง สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้างกับอุณหภูมิหลอมเหลวในกระบอกฉีดช่วงปลายหัวฉีด (H_4) ไม่มีอิทธิผลร่วมต่อกัน

4.6.2 การจัดทำมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบ (Operation Standard)

จากขั้นตอนทดสอบสมมติฐานในหัวข้อ 5) จะเห็นได้ว่าถ้ามีการปรับแก้ไขขั้นตอนการตรวจสอบให้มีความชัดเจนแล้ว จะทำให้ผู้ตรวจสอบสามารถตรวจพบปัญหาจุดดำได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ทางผู้วิจัยจึงได้จัดทำมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบขึ้นใหม่ ดังภาพที่ 4.29 โดยกำหนดให้ผู้ตรวจต้องตรวจเป็นลำดับขั้นตอน (Step Check) ตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: กำหนดให้ตรวจสอบผิวด้านบน โดยปัญหาวิกฤต คือ จุดดำ
ขั้นตอนที่ 2: กำหนดให้ตรวจสอบผิวด้านหน้า โดยปัญหาวิกฤต คือ จุดดำ
ขั้นตอนที่ 3: กำหนดให้ตรวจสอบผิวด้านขวา/ซ้าย โดยปัญหาวิกฤต คือ จุดดำ
ขั้นตอนที่ 4: กำหนดให้ตรวจสอบผิวด้านหลัง โดยปัญหาวิกฤต คือ คราบแก๊ส
ขั้นตอนที่ 5: กำหนดให้ตรวจสอบผิวด้านล่าง โดยปัญหาวิกฤต คือ เว้าแหว่ง



WORKING STANDARD

THAI TOYODENSO	Process: CHECK100%	Part Code: M31539-02	Part Name: Knob EGS	ISSUE	REVIEW	APPROVED

No.	Step	Picture	Inspection item	HISTORY PROBLEM RANK 1 (Critical)	RANK 2	RANK 3	RANK 4	RANK 5
1	TOP		BLACK DOT SCRATCH SILVER LINE DENT GAS STAIN					
2	FRONT		BLACK DOT SCRATCH SILVER LINE DENT					
3	SIDE R/L		BLACK DOT SCRATCH					
4	BACK		BLACK DOT GAS STAIN SCRATCH					
5	BOTTOM		MOLD SHORT					

ภาพที่ 4.29 มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบแบบเป็นลำดับขั้นตอน

จากนั้นทางผู้วิจัยได้นำมาตรฐานขั้นตอนตรวจสอบรูปแบบใหม่ไปทำการอบรมให้กับพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในสถานีงานตรวจสอบ 100% โดยการอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการตรวจสอบในแต่ละด้านของชิ้นงาน และปัญหาที่ต้องเฝ้าระวัง เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมงดังภาพที่ 4.30 เพื่อให้พนักงานเกิดความเข้าใจในขั้นตอนการตรวจสอบที่เป็นลำดับขั้น และเฝ้าระวังปัญหาที่จะเกิดขึ้นในแต่ละด้านของชิ้นงาน พร้อมทั้งยังได้รับทราบปัญหาที่เคยเกิดขึ้นในอดีต ซึ่งการอบรมจะทำให้พนักงานเกิดทักษะในการตรวจสอบมากยิ่งขึ้นด้วย จากนั้นทำการประเมินพนักงานโดยใช้การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study) ดังที่จะกล่าวในขั้นตอนถัดไป

ภาพที่ 4.30 การอบรมพนักงานโดยใช้มาตรฐานการตรวจสอบแบบ Step Check

4.6.3 การประเมินทักษะผู้ตรวจสอบโดยใช้การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study)

เมื่อทำการอบรมพนักงานเรียบร้อยแล้ว ได้ดำเนินการทดสอบพนักงานโดยใช้การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study) ตามขั้นตอนในหัวข้อ 4.5.2 เพื่อเปรียบเทียบผลได้ที่ก่อนและหลังการจัดทำมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบรูปแบบใหม่ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ผลการประเมินทักษะพนักงานตรวจสอบทั้ง 2 คน (ก่อน-หลังปรับปรุง)

หัวข้อประเมิน	**O_E**		**I_{FA}**		**I_{MISS}**		**สรุป หลังปรับปรุง**
เกณฑ์	≥ 90%		≤ 5%		≤ 2%		
ช่วงเวลา	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	
คนที่ 1	82.5	100	25	0	14.3	0	ผ่าน
คนที่ 2	85	100	33.3	0	7.1	0	ผ่าน

จากผลที่ได้ในตารางที่ 4.24 สรุปได้ว่าเมื่อจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบใหม่ให้เป็นลักษณะตรวจเป็นลำดับขั้นตอน (Step Check) และอบรมพนักงานให้เกิดความเข้าใจแล้ว ทางผู้วิจัยพบว่าพนักงานเกิดทักษะการตรวจสอบมากยิ่งขึ้น ซึ่งสะท้อนออกมาในรูปของคะแนนทดสอบที่ดี

มากขึ้น โดยผู้ตรวจสอบทั้ง 2 คนได้ค่า O_E = 100%, I_{FA} = 0% และ I_{MISS} = 0% ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้ และเมื่อนำผลการทดสอบมาทำการประมวลผลโดยใช้ทฤษฎีสัมประสิทธิ์ของ Kappa และ Kendall's พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ของพนักงานตรวจสอบทั้ง 2 คนมีค่าเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 4.25 ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดและอยู่ในช่วงของความสัมพันธ์ระดับดีมาก แสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ของทั้ง 2 ทฤษฎีมีความสอดคล้องกันคือ พนักงานทั้ง 2 คนมีทักษะการตรวจสอบที่ดียิ่งขึ้น และทดสอบผ่านเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้

ตารางที่ 4.25 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ Kappa โดยใช้โปรแกรม Minitab

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
1	20	20	100.00	(86.09, 100.00)
2	20	20	100.00	(86.09, 100.00)

Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

Assessment Disagreement

Appraiser	# R / A	Percent	# A / R	Percent	# Mixed	Percent
1	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00

R / A: Assessments across trials = R / standard = A.
A / R: Assessments across trials = A / standard = R.
Mixed: Assessments across trials are not identical.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
1	A	1	0.158114	6.32456	0.0000
	R	1	0.158114	6.32456	0.0000
2	A	1	0.158114	6.32456	0.0000
	R	1	0.158114	6.32456	0.0000

4.6.4 แนวทางการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

การนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุข้อบกพร่องของปัญหาที่มีความสำคัญสามารถอธิบายดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 สรุปแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหา

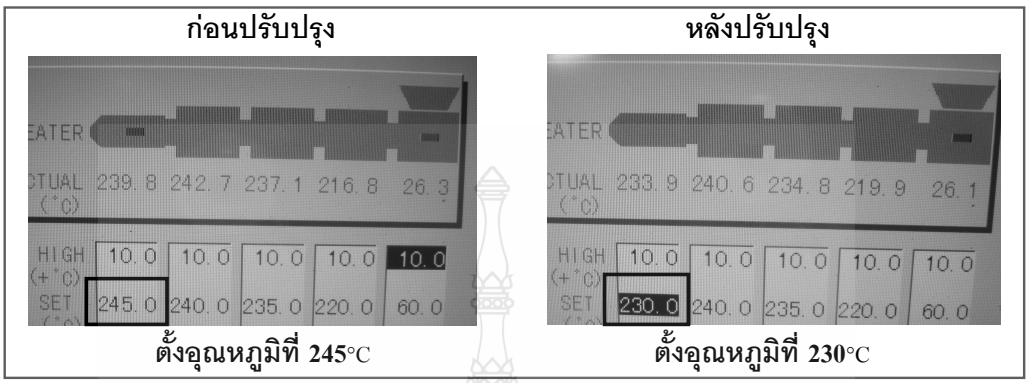
กระบวนการ	สาเหตุของปัญหา	แนวทางการปรับปรุง	จุดมุ่งหมาย	การประเมินผล
ไล่วัตถุดิบตกค้าง	ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่ไม่เหมาะสม	เปลี่ยนชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบตกค้างจากเดิม PS เป็น PP	เพื่อให้วัตถุดิบคงค้างถูกหลอมเหลวติดออกมามากที่สุด	ทดสอบอัตราการเกิดปัญหาจุดดำหลังการปรับปรุง
ตั้งพารามิเตอร์	อุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4 สูงเกินไป	ลดอุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4 จากเดิม 245°C เป็น 230°C	เพื่อให้การไหม้ของพลาสติกภายในกระบอกเกิดน้อยที่สุด	ทดสอบอัตราการเกิดปัญหาจุดดำหลังการปรับปรุง
ตรวจสอบ 100%	มาตรฐานการตรวจสอบไม่ชัดเจน	จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบรูปแบบใหม่ (Step Check)	เพื่อให้การตรวจสอบมีรูปแบบเป็นขั้นตอนชัดเจน	ทดสอบอัตราการตรวจพบปัญหาจุดดำหลังการปรับปรุง
	ไม่มีการประเมินทักษะก่อนปฏิบัติงาน	ประเมินทักษะโดยใช้ Attribute Gage Study	เพื่อให้เกิดมาตรฐานการประเมินพนักงานที่เป็นรูปแบบชัดเจน	ทดสอบคะแนน Attribute Gage Studyหลังการปรับปรุง

จากตารางการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงตารางที่ 4.26 สามารถอธิบายความสัมพันธ์กับแนวทางการปรับปรุงดังนี้

1) นำเสนอวิธีการปรับปรุงชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบคงค้าง ในขั้นตอนการไล่วัตถุดิบคงค้างเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง อธิบายรายละเอียดดังภาพที่ 4.31

ภาพที่ 4.31 ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบคงค้างก่อนและหลังการปรับปรุง

2) นำเสนอวิธีการปรับปรุงอุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4 ในขั้นตอนการตั้งพารามิเตอร์เครื่อง เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง อธิบายรายละเอียดดังภาพที่ 4.32



ภาพที่ 4.32 อุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4 ก่อนและหลังการปรับปรุง

3) นำเสนอวิธีการปรับปรุงมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบ ในขั้นตอนการตรวจสอบ 100% เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง อธิบายรายละเอียดดังภาพที่ 4.33

ภาพที่ 4.33 มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบก่อนและหลังการปรับปรุง

4) นำเสนอวิธีการประเมินทักษะพนักงานก่อนเข้าสู่การปฏิบัติงานจริง ในขั้นตอนการตรวจสอบ 100% โดยใช้หลักการประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study) อธิบายรายละเอียดดังภาพที่ 4.34

Attributtes Gauge Study for M31539-02

	Reference		
	G	NG	Total
G	12	0	12
NG	0	28	28
Total	12	28	40

ความมีประสิทธิผล(O_E)	100	Acceptable
อัตราปฏิเสธผิดพลาด(I_{FA})	0	Acceptable
อัตรายอมรับผิดพลาด(I_{miss})	0	Acceptable

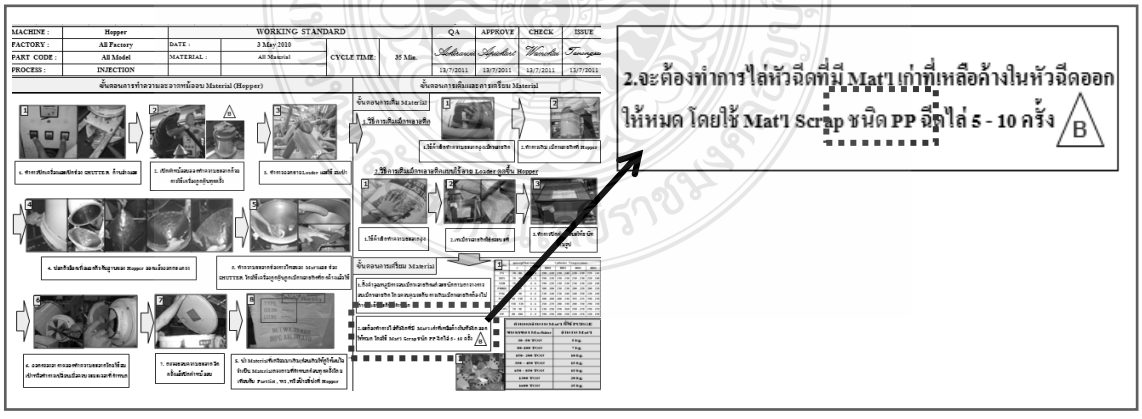
ภาพที่ 4.34 การประเมินทักษะพนักงานโดยใช้ Attribute Gage Study

4.7 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

การควบคุมข้อบกพร่องต่างๆ ซึ่งจะมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม ต้องพยายามควบคุมระบบการทำงานเพื่อจะไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำอีก หรือเป็นการตรวจติดตามปัญหาอย่างต่อเนื่องเพื่อดูความผิดปกติของกระบวนการและต้องควบคุมทั้งปัจจัยภายในและภายนอกด้วย โดยได้ทำการออกแบบและทดลองจัดสร้างระบบเอกสารการปฏิบัติงานในการควบคุมคุณภาพดังนี้

4.7.1 ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบคงค้าง (Purge Material)

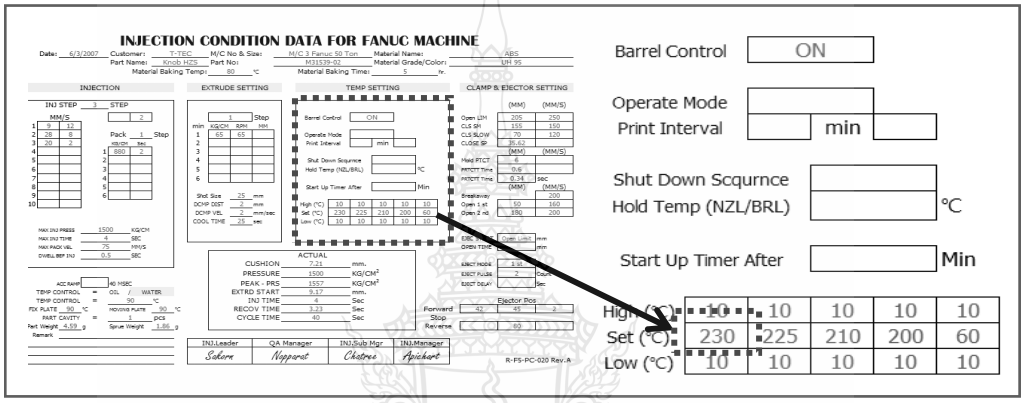
การควบคุมในขั้นตอนนี้ ทางผู้วิจัยและทีมงานได้ปรับแก้ไขรายละเอียดในมาตรฐานการเตรียมวัตถุดิบ โดยทำการระบุชนิดวัตถุดิบที่ใช้ในการล้างใหม่จากเดิม PS ให้เป็น PP ดังภาพที่ 4.35 และทำการอบรมให้ช่างเทคนิครับทราบ และเข้าใจวิธีการไล่วัตถุดิบคงค้างรูปแบบใหม่



ภาพที่ 4.35 การควบคุมการใช้ชนิดพลาสติกในการไล่วัตถุดิบคงค้าง

4.7.2 อุณหภูมิหลอมเหลวในกระบอกฉีดช่วงปลายหัวฉีด H_4 (Barrel Temperature)

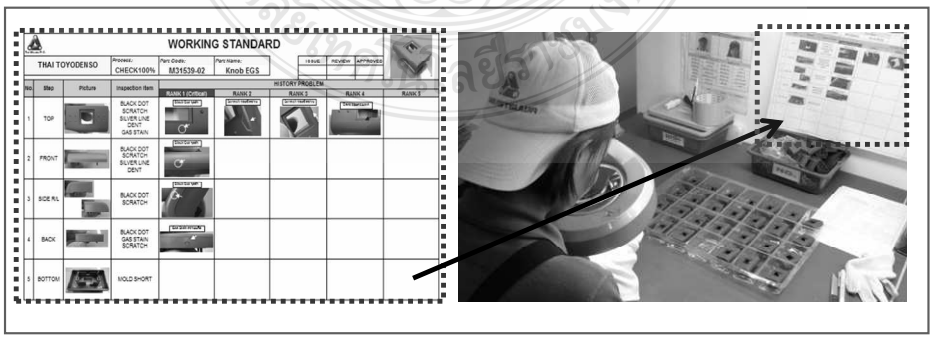
การควบคุมในขั้นตอนนี้ ทางผู้วิจัยและทีมงานได้ปรับแก้ไขรายละเอียดในมาตรฐานค่าพารามิเตอร์ (Condition Standard) โดยทำการระบุค่าอุณหภูมิในช่อง H_4 ใหม่จากเดิม 245 °C ให้เป็น 230 °C ดังภาพที่ 4.36 และกำหนดให้พนักงานควบคุมคุณภาพตรวจสอบค่าดังกล่าวทุกครั้งในขั้นตอนยืนยันผลก่อนผลิตจริง (First Production) โดยถ้าค่าดังกล่าวไม่ตรงตามมาตรฐาน พนักงานควบคุมคุณภาพต้องแจ้งผู้ปรับเครื่องให้แก้ไขทันที



ภาพที่ 4.36 การควบคุมการตั้งค่าอุณหภูมิหลอมเหลวในช่วง H_4

4.7.3 มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบ (Operation Standard)

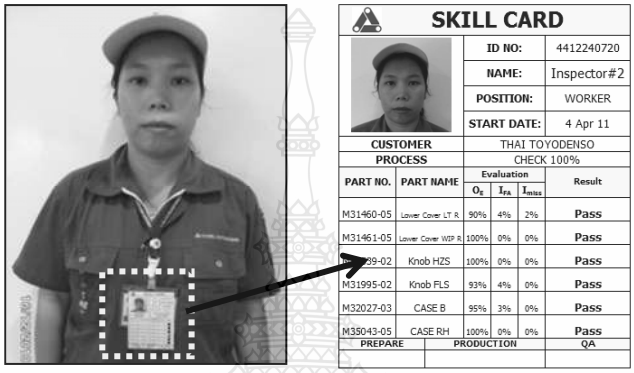
การควบคุมในขั้นตอนนี้ ทางผู้วิจัยและทีมงานได้นำมาตรฐานที่ได้จัดทำขึ้นไปติดไว้ในพื้นที่ปฏิบัติงาน และกำหนดให้พนักงานตรวจสอบปฏิบัติตามขั้นตอนในมาตรฐานอย่างเคร่งครัด ดังภาพที่ 4.37



ภาพที่ 4.37 การควบคุมการใช้มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบรูปแบบใหม่

4.7.4 การประเมินทักษะพนักงานก่อนปฏิบัติงานจริง (Operator Evaluation)

การควบคุมในขั้นตอนนี้ ทางผู้วิจัยและทีมงานได้กำหนดขั้นตอนการประเมินทักษะพนักงานโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study) โดยพนักงานที่ผ่านการทดสอบจะได้รับบัตรทักษะ (Skill Card) ซึ่งเป็นเครื่องยืนยันว่าพนักงานผู้นั้นผ่านการทดสอบและสามารถเข้าปฏิบัติงานได้ ดังภาพที่ 4.38



SKILL CARD

ID NO:	4412240720
NAME:	Inspector#2
POSITION:	WORKER
START DATE:	4 Apr 11
CUSTOMER	THAI TOYODENSO
PROCESS	CHECK 100%

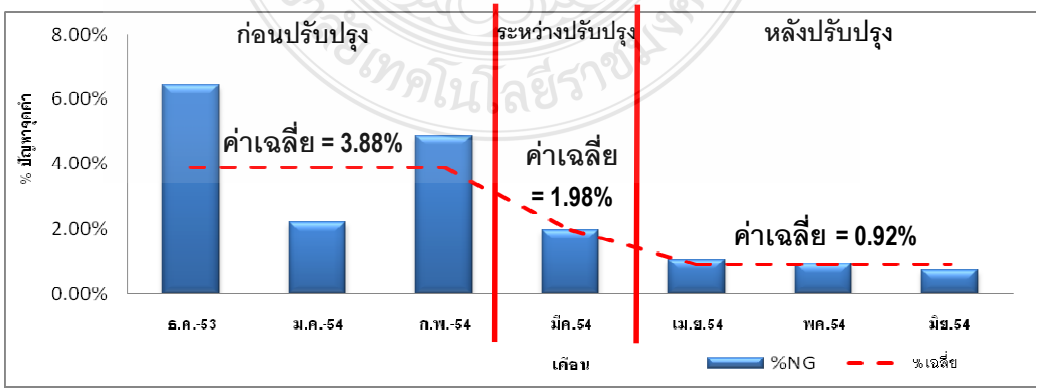
PART NO.	PART NAME	Evaluation O_E	Evaluation I_{FA}	Evaluation I_{miss}	Result
M31460-05	Lower Cover LT R	90%	4%	2%	Pass
M31461-05	Lower Cover WP R	100%	0%	0%	Pass
[illegible]29-02	Knob HZS	100%	0%	0%	Pass
M31995-02	Knob FLS	93%	4%	0%	Pass
M32027-03	CASE B	95%	3%	0%	Pass
M35043-05	CASE RH	100%	0%	0%	Pass

PREPARE	PRODUCTION	QA

ภาพที่ 4.38 การควบคุมพนักงานที่ผ่านการประเมินทักษะ

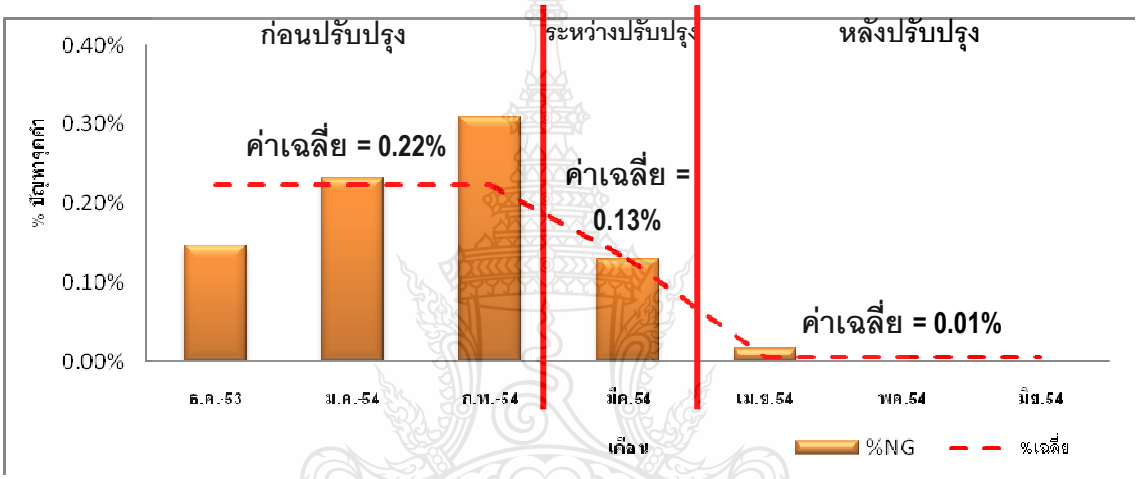
4.7.5 ผลการเก็บข้อมูลหลังทำการควบคุมข้อบกพร่อง

จากวัตถุประสงค์ในการทำการวิจัยฉบับนี้ คือ เพื่อลดปัญหาจุดดำที่เกิดขึ้น โดยประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ซึ่งหลังจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหา ผู้วิจัยทำการนำเสนอผลการเก็บข้อมูลใหม่หลังการปรับปรุงทั้งในส่วนของผลการดำเนินงานภายใน ดังภาพที่ 4.39 และในส่วนของข้อร้องเรียนจากลูกค้า ดังภาพที่ 4.40 เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการเกิดปัญหาจุดดำ ก่อนและหลังจากทำการปรับปรุงรวมถึงทำการควบคุมปัจจัยต่างๆ



ภาพที่ 4.39 แนวโน้มการเกิดปัญหาจุดดำจากการดำเนินงานภายใน

จากภาพที่ 4.39 พบว่า เมื่อทำการการเปรียบเทียบข้อมูลสถิติปัญหาจุดดำจากผลการดำเนินงานภายใน ช่วงก่อนการดำเนินการแก้ไขปัญหาเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553- เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.88% ซึ่งผลการดำเนินงานแก้ไขและปรับปรุงปัญหาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกจะเป็นการวิเคราะห์ปัญหาและช่วงกำลังปรับปรุงในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.98% และช่วงที่สองจะเป็นผลหลังจากการทำการควบคุมปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2554 - เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.92% ซึ่งสามารถลดปัญหาจุดดำลงได้ตามเป้าหมายที่วางเอาไว้



ภาพที่ 4.40 แนวโน้มการเกิดปัญหาจุดดำจากข้อร้องเรียนของลูกค้า

จากภาพที่ 4.40 พบว่า เมื่อทำการการเปรียบเทียบข้อมูลสถิติปัญหาจุดดำจากข้อร้องเรียนของลูกค้า ช่วงก่อนการดำเนินการแก้ไขปัญหาเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553- เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.22% ซึ่งผลการดำเนินงานแก้ไขและปรับปรุงปัญหาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกจะเป็นการวิเคราะห์ปัญหาและช่วงกำลังปรับปรุงในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.13% และช่วงที่สองจะเป็นผลหลังจากการทำการควบคุมปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาช่วง เดือนเมษายน-มิถุนายน พ.ศ. 2554 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.01% ซึ่งสามารถลดปัญหาจุดดำลงได้ตามเป้าหมายที่วางเอาไว้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน ของโรงงานตัวอย่าง โดยทำการศึกษาในเรื่องปัญหาจุดดำของชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินในรถบรรทุกรุ่น Knob HZS โดยใช้หลักการ DMAIC ซึ่งเป็นกระบวนการหลักของแนวทางซิกส์ ซิกม่า ซึ่งผลการดำเนินงานวิจัยมีดังนี้

5.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาจุดดำมีดังนี้

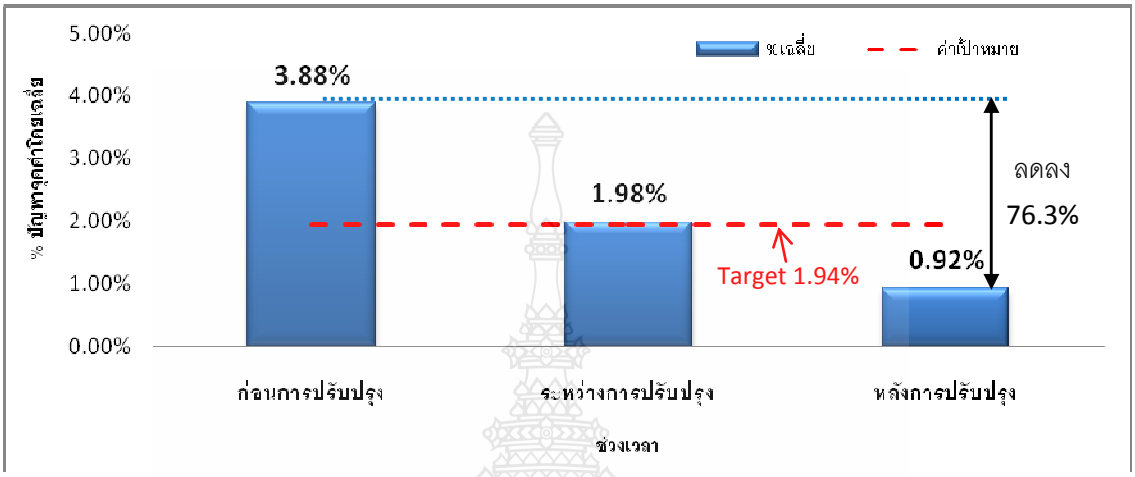
1) ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบคงค้างไม่เหมาะสม
2) อุณหภูมิหลอมเหลวในช่วงปลายหัวฉีด (H_4) สูงเกินไป
3) มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบไม่ชัดเจน และไม่ครอบคลุม
4) ไม่มีระบบการประเมินทักษะพนักงานก่อนเข้าสู่การปฏิบัติงานจริง

ซึ่งสามารถสรุปแนวทางการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาจุดดำ

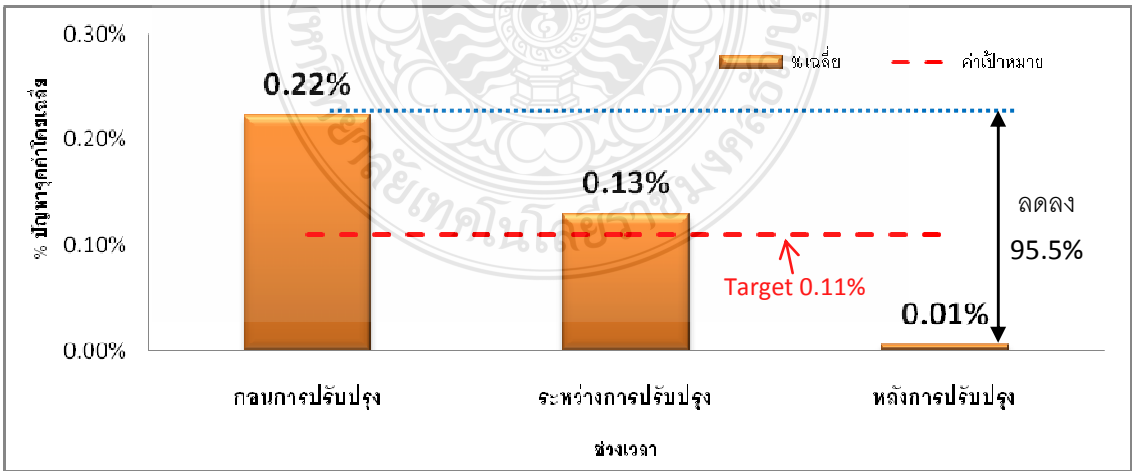
ลำดับ	สาเหตุของปัญหา	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
1	ชนิดพลาสติกที่ใช้ไล่วัตถุดิบคงค้างไม่เหมาะสม	ใช้พลาสติกชนิด PS (Polystyrene) ในการไล่วัตถุดิบคงค้าง	ใช้พลาสติกชนิด PP (Polypropylene) ในการไล่วัตถุดิบคงค้าง
2	อุณหภูมิหลอมเหลวในช่วงปลายหัวฉีด (H_4) สูงเกินไป	ตั้งค่าอุณหภูมิที่ 245 ºC	ตั้งค่าอุณหภูมิที่ 230 ºC
3	มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบไม่ชัดเจน	มาตรฐานไม่ได้ระบุให้ตรวจสอบด้านไหนก่อน	มาตรฐานการตรวจสอบแบบตรวจเป็นลำดับขั้นตอน
4	ไม่มีระบบการประเมินทักษะพนักงานก่อนเข้าสู่การปฏิบัติงานจริง	ไม่มีการประเมินพนักงาน ทำให้พนักงานที่ขาดทักษะเข้าไปปฏิบัติหน้าที่	ประเมินทักษะพนักงานโดยใช้ Attribute Gage Study

5.1.2 ผลจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหาสามารถที่จะลดปัญหาจุดดำจากการดำเนินงานภายในจากเดิมเฉลี่ยอยู่ที่ 3.88% เหลือ 0.92% ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยสามารถลดปัญหาจุดดำได้มากถึง 76.3% แสดงดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 สรุปผลการแก้ไขจากการดำเนินงานภายใน (In-House)

และผลจากการดำเนินงานสามารถที่จะลดปัญหาปัญหาจุดดำจากข้อร้องเรียนของลูกค้าจากเดิมเฉลี่ยอยู่ที่ 0.22% เหลือ 0.01% ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยสามารถลดปัญหาจุดดำได้มากถึง 95.5% แสดงดังภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.2 สรุปผลการแก้ไขจากข้อร้องเรียนของลูกค้า (Customer Complaint)

5.2 อภิปรายผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นว่าหลักการ DMAIC สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการลดข้อบกพร่องของปัญหาจุดดำ (Black Dot) ที่เกิดขึ้นในกระบนการฉีดพลาสติกได้อย่างเหมาะสม เพราะสามารถวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาได้อย่างตรงจุดด้วยการระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อรวบรวมสาเหตุทั้งหมดเช่นเดียวกับ การหาสาเหตุของปัญหางานเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกแผ่น [16] ที่ใช้แผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) ในการวิเคราะห์สาเหตุปัญหา แต่งานวิจัยนี้จะใช้แผนภูมิต้นไม้ (Tree Diagram) ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเพื่อกำหนดปัจจัยที่จะนำมาพิจารณา จากนั้นดำเนินการปรับปรุงโดยอาศัยการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดปัญหาจุดดำลดน้อยลงที่สุดด้วยการทดลองแบบ 2^k Full Factorial เหมือนกับ การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่น [16] ซึ่งผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิการฉีดพลาสติกนั้นมีผลต่อการเกิดปัญหาจุดดำ (Black Dot) เช่นเดียวกับ กระบวนการผลิตพลาสติกแผ่น [16] และ กระบวนการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกโครงประตูเตาอบไมโครเวฟ [17] และในงานวิจัยนี้ยังมีปัจจัยที่มีผลเกี่ยวข้องอีก 1 ตัว คือ ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ไล่วัตถุดิบเก่าที่ตกค้างในกระบวนการฉีด (Purge Material) และทำการปรับปรุงระบบการตรวจสอบคุณภาพให้มีความชัดเจนขึ้น เช่นเดียวกับ การปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมฉีดขึ้นรูปพลาสติก [18] ที่ทำการปรับปรุงปัญหาจุดดำ (Black Dot) ที่เกิดขึ้นโดยการมุ่งแก้ไขปัญหาเป็นระบบด้วยการเสนอรูปแบบผังโครงสร้างองค์กรด้านคุณภาพ การปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพและการจัดทำแผนคุณภาพ สุดท้ายผลลัพธ์ที่ได้หลังการปรับปรุงสำหรับงานวิจัยนี้ คือ สามารถลดปัญหาจุดดำ (Black Dot) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกให้น้อยลงได้ เช่นเดียวกันกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้ง 3 งานวิจัยที่ได้กล่าวอ้างอิงมาข้างต้น ทั้งนี้ยังสามารถนำงานวิจัยนี้ไปใช้เป็นตัวอย่างต้นแบบในการวางแผนดำเนินงานปรับปรุงกระบวนการผลิตอื่นๆ ได้อีกต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการทำงานวิจัยนี้พบปัญหาและอุปสรรคหลายประการ สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะนำงานวิจัยนี้ไปปฏิบัติ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคตได้ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่ต้องการประยุกต์ใช้ DMAIC

1) ขั้นตอนการคัดเลือกปัญหา (Define)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยควรเก็บรวบรวมข้อมูลให้ได้มากที่สุด เนื่องจากถ้ามีข้อมูลที่มากเพียงพอ จะทำให้ปัญหาที่แฝงอยู่ถูกหยิบยกขึ้นมาแก้ไขและสามารถขจัดปัญหาหลักขององค์กรลงได้

2) ขั้นตอนการวัด (Measure)

ในขั้นตอนนี้ถ้าปัจจัยสาเหตุที่ผ่านการระดมสมองมีมาก ทางผู้วิจัยควรใช้วิธีการวิเคราะห์ความบกพร่อง และผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) เพื่อกลั่นกรองสาเหตุที่มีลำดับความสำคัญหรือผลกระทบที่รุนแรงขึ้นมาแก้ไขก่อน

3) ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze)

ในขั้นตอนกำหนดแนวทางการปรับปรุง นอกจากเรื่องการลดจำนวนชิ้นงานเสียแล้ว ผู้วิจัยควรมองถึงผลกระทบด้านอื่นด้วย เช่น ต้นทุนการผลิตที่เกิดขึ้น หรือระยะเวลาการผลิต เป็นต้น เพื่อให้ไม่เกิดต้นทุนแอบแฝงหลังจากการแก้ไขปัญหาสำเร็จลง

4) ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve)

ในขั้นตอนการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมโดยใช้เครื่องมือทางสถิติ ผู้วิจัยควรมีความเข้าใจในหลักการเลือกชนิดเครื่องมือทางสถิติที่จะนำมาใช้ เพื่อให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์มีความถูกต้องแม่นยำ และเกิดประสิทธิภาพในการนำผลที่ได้ไปใช้งานจริงมากที่สุด

5) ขั้นตอนการควบคุม (Control)

ในขั้นตอนการติดตามผลหลังการแก้ไขปรับปรุง ผู้วิจัยควรเพิ่มระยะเวลาในการติดตามให้มากขึ้น เพื่อให้เกิดการเฝ้าติดตาม และพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป

ในการศึกษาครั้งต่อไป หากมีการเพิ่มเติมโดยการนำหลักการ DMAIC มาประยุกต์ใช้ในช่วงที่ผลิตภัณฑ์กำลังทำการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product) ก็จะยิ่งส่งผลให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเมื่อเริ่มทำการผลิตผลิตภัณฑ์ไปแล้ว การปรับปรุงแก้ไขบางอย่างทำได้ยากมาก เนื่องจากจะกระทบต่อต้นทุน และอาจต้องแจ้งให้ลูกค้าทราบเพื่อขออนุมัติการเปลี่ยนแปลง

รายการอ้างอิง

[1] จิมมี่, **ประกาศขายรถยนต์ในไทยเดือน ตุลาคม 2010** (Online), Available: http://www.headlightmag.com, 2553. (5 ธันวาคม 2553).

[2] วิทยา สุหฤทดำรง และ ก้องเดชา บ้านมะหิงษ์, **Six Sigma กลยุทธ์การสร้างผลกำไรขององค์กรระดับโลก**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป, 2545.

[3] ศรีไร จารุภิญโญ, **การควบคุมคุณภาพ**. ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ, 2544. หน้า 31-75.

[4] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, **ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างาน คิวซีเซอร์เคิล (QC Circle)**. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2541. หน้า 3-315.

[5] รศ.ดร.สรชัย พิศาลบุตร, **สถิติวิศวกรรม**. ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์, 2554. หน้า 155-167.

[6] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, **การวิเคราะห์ระบบการวัด**. ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550. หน้า 185-200.

[7] David Benham and others, **Measurement Systems Analysis (Third Edition)**. Michigan: Automotive Industry Action Group (AIAG), 2002. pp.132.

[8] รศ.ดร.ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ รศ.ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, **การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป, 2551. หน้า 32-34, 200-201.

[9] วิเชียร แก้วณะศรี, **การลดจำนวนของเสียในอุตสาหกรรมทอลวดตาข่าย โดยใช้เครื่องมือคุณภาพและวงจรดีเอ็มเอไอซีของเทคนิคซิกส์ซิกม่า**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.

[10] พรชัย โชควัฒน์วิกุล, **การปรับปรุงกระบวนการประกอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำของเครื่องจักร Mounting ด้วยวิธีการ DMAIC**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2552.

[11] อัมพวรรณ จิรอาภาวงศ์, **การประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC สำหรับปรับปรุงกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2551.

[12] T.Yuri Zagloel and Arief Rachman Hakim, “Problem Identification And Corrective Action On Burned Clutch Of Manual Clutch Type Motorcycle Using Six Sigma Method,” **The 20th National Conference of Australian Society for Operations Research & the 5th International Intelligent Logistics System Conference**, Australia 27- 30 September 2009. pp.118.1-118.8.

[13] วิศิษฏ์ศรี วิยะรัตน์, อนุชา วัฒนาภา และ สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล, “การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์โดยเทคนิคซิกส์ ซิกม่า,” **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, 20-22 ตุลาคม 2551.

[14] นิศากร สมสุข และคณะ, “การลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์โดยการประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า,” **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, 20-22 ตุลาคม 2551.

[15] J.P.C Tong, F.Tsung and B.P.C Yen, “A DMAIC approach to printed circuit board quality improvement,” **Int J Adv Manuf Technol**, 2004.

[16] โสภิดา ท้วมมี, **การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่น โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา บริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

[17] ธนเดช โชติกาญจนเรือง, **การลดปริมาณของเสียในการผลิตชิ้นส่วนพลาสติก กรณีศึกษาโรงงานผลิตเตาอบไมโครเวฟ**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

[18] วีรพล ปัญญาวิสุทธิกุล, **การปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมฉีดขึ้นรูปพลาสติก**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, 2543.

[19] พนิตา ศรีประย่า และ ชาญณรงค์ สายแก้ว, “การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกรีไซเคิล,” **KKU Engineering Journal**, Vol 36, No. 2, 2009.

[20] สารัช ยมลยง, “การลดของเสียในการผลิต Fused Biconic Taper Coupler กรณีศึกษา Fabrinet Co.,Ltd.,” **The 8th Symposium on TQM-Best Practices in Thailand**, กรุงเทพฯ.

[21] ทรรศพร สกุลพิพัฒน์, **การประยุกต์ใช้กระบวนการ DMAIC ในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นวงจรรวม**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2551.

[22] Hsiang-Chin Hung and Ming-Hsien Sung, ("Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost," **Scientific Research and Essays**, 2011, Vol. 6(3), pp.580-591), Available: http://www.academicjournals.org/SRE.

[23] Martin L.and Erik V., **Evaluation of possible six sigma implementation including DMAIC project**, Master's Thesis, Science Program, Business Administration and Social Science, Lulea University of Technology, 2004.

[24] Ai-Refaie Abbas and others, "Applying DMAIC Procedure to Improve Performance of LPG Printing Process Companies," **Advances in Production Engineering & Management**, 2011. pp.45-56.

[25] SHAILESH N. KHEKALE and others, "Minimization of Cord Wastages in Belt Industry Using DMAIC," **International Journal of Engineering Science and Technology**, Vol. 2(8), 2010. pp. 3687-3694.

[26] Anup A.Junankar1, "Minimization Of Rework In Belt Industry Using DMAIC," **International Journal of Applied Research in Mechanical Engineering**, Vol. 1, No. 1, 2011. pp. 53-59.

[27] Tushar N. Desai and Dr. R. L. Shrivastava, "Six Sigma – A New Direction to Quality and Productivity Management," **Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science**, 22-24 October 2008, San Francisco, USA, 2008.

[28] Sameer Kumar and Michael Sosnoski, "Using DMAIC Six Sigma to systematically improve shop floor production quality and costs," **International Journal of Productivity and Performance Management**, Vol. 58, No. 3, 2009. pp.254-273.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลของเสีย

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจำนวนชิ้นงานเสียของชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินรุ่น KNOB HZS จากกระบวนการตรวจสอบภายใน 100% ในเดือนธันวาคม 2553 - กุมภาพันธ์ 2554 (ก่อนการปรับปรุง)

Month	Black Dot	Dent	Scratch	Silver Line	Weld Line	Over Cut	Glossy	White Mark	Sink Mark	Gas Burn	NG
ธันวาคม 2553	285	10	31	31	0	0	4	13	0	1	375
มกราคม 2554	302	23	33	29	21	8	22	28	3	0	469
กุมภาพันธ์ 2554	578	7	50	8	0	4	3	0	0	0	650

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการทดสอบระบบการวัด

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลการทดสอบระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบ (ก่อนปรับปรุง)

Sample No.	Master	Inspector # 1		Inspector # 2	
		Trials		Trials	
		1	2	1	2
1	R	R	R	R	R
2	A	R	R	A	R
3	R	R	R	R	R
4	R	R	R	R	R
5	A	A	R	A	R
6	A	A	A	R	A
7	R	R	R	R	R
8	R	A	R	A	R
9	R	R	R	R	R
10	R	R	R	R	R
11	A	A	A	A	R
12	R	R	R	R	R
13	A	A	A	A	A
14	R	R	R	R	R
15	A	A	A	A	A
16	R	R	R	R	R
17	R	R	R	R	R
18	R	A	A	A	R
19	R	R	R	R	R
20	R	A	R	R	R

สัญลักษณ์

A หมายถึง งานดีได้คุณภาพ (Accept)

R หมายถึง งานที่เกิดปัญหาจุดดำทั้งมีขนาดชัดเจนและก่ำกึ่ง (Reject and Marginal)

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลการทดสอบระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบ (หลังปรับปรุง)

Sample No.	Master	Inspector # 1		Inspector # 2	
		Trials		Trials	
		1	2	1	2
1	R	R	R	R	R
2	A	A	A	A	A
3	R	R	R	R	R
4	R	R	R	R	R
5	A	A	A	A	A
6	A	A	A	A	A
7	R	R	R	R	R
8	R	R	R	R	R
9	R	R	R	R	R
10	R	R	R	R	R
11	A	A	A	A	A
12	R	R	R	R	R
13	A	A	A	A	A
14	R	R	R	R	R
15	A	A	A	A	A
16	R	R	R	R	R
17	R	R	R	R	R
18	R	R	R	R	R
19	R	R	R	R	R
20	R	R	R	R	R

สัญลักษณ์

A หมายถึง งานดีได้คุณภาพ (Accept)

R หมายถึง งานที่เกิดปัญหาจุดดำทั้งมีขนาดชัดเจนและก่ำกึ่ง (Reject and Marginal)

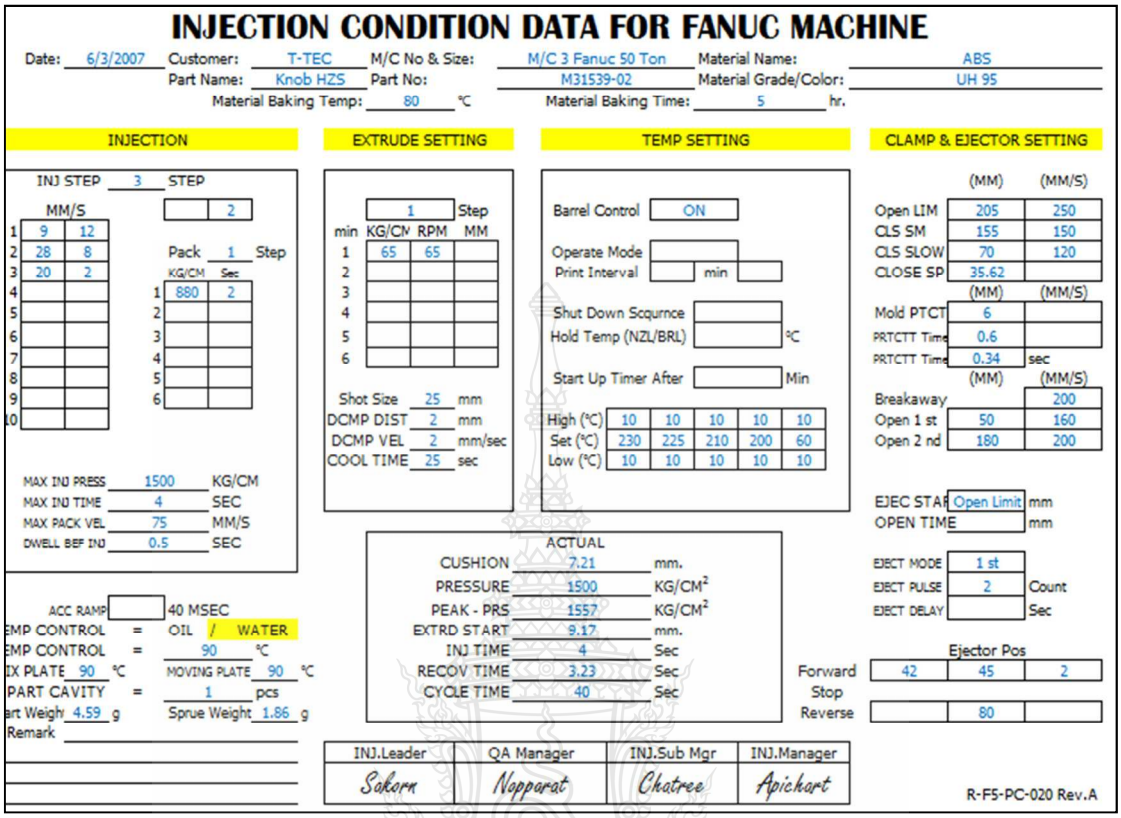
ภาคผนวก ค

มาตรฐานการผลิต และการตรวจสอบ

ตารางที่ ค.1 มาตรฐานค่าการอบเม็ดพลาสติก และปรับตั้งอุณหภูมิกระบอกฉีด

Material	อุณหภูมิ/เวลาในการอบ			Barrel Temperature		
	°C	Hrs.	MH4	MH3	MH2	MH1
Polyethylene (PP)	80-100	2-4	220-250	220-270	200-250	190-250
Polystyrene (PS)	70-80	2-4	220-235	210-230	200-220	180-210
Acryl nit – But ad - Styrene(ABS)	70-90	4-6	225-240	210-230	210-230	190-220
Styrene-Acryl nit - Copal(SAN)	70-90	4-6	220-240	210-230	210-230	190-220
Polymethylmethacrylate (PMMA)	70-90	4-6	200-220	200-220	210-230	180-200
Polyoxymethylene (POM)	90-110	4-6	190-210	195-215	200-210	200-210
Polycarbonate (PC)	110-130	4-6	290-310	280-310	280-310	250-270
Polyamide (PA6)	70-90	4-6	230-240	240-250	230-240	230-240
Polyamide (PA6.6)	70-90	4-6	230-240	240-250	230-240	230-240
Acrylon -But- Styr + Polycarbonate(ABS/PC)	70-90	4-6	250-270	250-270	250-260	250-260
Polybutlyeneterephthalate (PBTP)	120-130	4-6	250-260	250-260	230-250	230-250

ตารางที่ ค.2 มาตรฐานการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์เครื่องจักรของชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินรุ่น Knoz Hzs



INJECTION CONDITION DATA FOR FANUC MACHINE

Date: 6/3/2007 Customer: T-TEC M/C No & Size: M/C 3 Fanuc 50 Ton Material Name: ABS
Part Name: Knob HZS Part No: M31539-02 Material Grade/Color: UH 95
Material Baking Temp: 80 ℃ Material Baking Time: 5 hr.

INJECTION

INJ STEP 3 STEP

	MM/S	
1	9	12
2	28	8
3	20	2
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

		2

Pack 1 Step

	KG/CM	Sec
1	880	2
2		
3		
4		
5		
6		

MAX INJ PRESS 1500 KG/CM
MAX INJ TIME 4 SEC
MAX PACK VEL 75 MM/S
DWELL BEF INJ 0.5 SEC

ACC RAMP 40 MSEC
EMP CONTROL = OIL / WATER
EMP CONTROL = 90 ℃
IX PLATE 90 ℃ MOVING PLATE 90 ℃
PART CAVITY = 1 pcs
art Weigh 4.59 g Sprue Weight 1.86 g
Remark

EXTRUDE SETTING

1 Step

min	KG/CM	RPM	MM
1	65	65	
2			
3			
4			
5			
6			

Shot Size 25 mm
DCMP DIST 2 mm
DCMP VEL 2 mm/sec
COOL TIME 25 sec

TEMP SETTING

Barrel Control ON
Operate Mode
Print Interval min
Shut Down Scqurnce
Hold Temp (NZL/BRL) ℃
Start Up Timer After Min

High (℃)	10	10	10	10	10
Set (℃)	230	225	210	200	60
Low (℃)	10	10	10	10	10

ACTUAL

CUSHION	7.21	mm.
PRESSURE	1500	KG/CM²
PEAK - PRS	1557	KG/CM²
EXTRD START	9.17	mm.
INJ TIME	4	Sec
RECOV TIME	3.23	Sec
CYCLE TIME	40	Sec

CLAMP & EJECTOR SETTING

	(MM)	(MM/S)
Open LIM	205	250
CLS SM	155	150
CLS SLOW	70	120
CLOSE SP	35.62	

	(MM)	(MM/S)
Mold PTCT	6	
PRTCTT Time	0.6	
PRTCTT Time	0.34	sec

	(MM)	(MM/S)
Breakaway		200
Open 1 st	50	160
Open 2 nd	180	200

EJEC STAR Open Limit mm
OPEN TIME mm

EJECT MODE	1 st	
EJECT PULSE	2	Count
EJECT DELAY		Sec

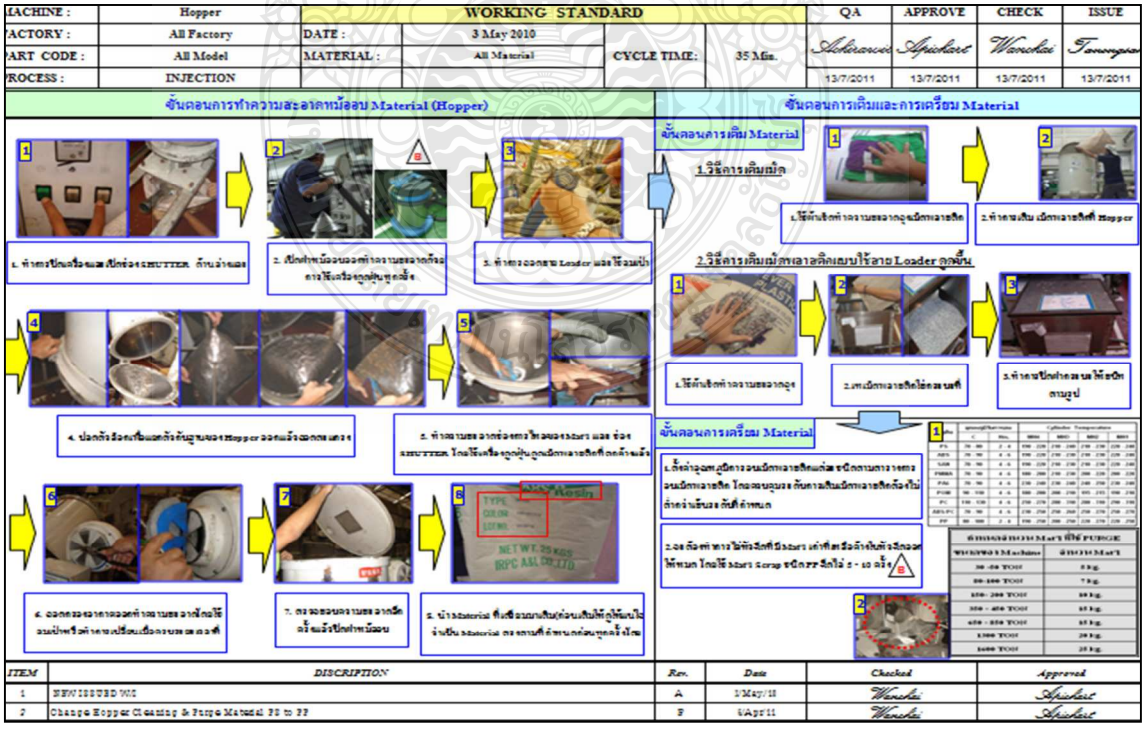
Ejector Pos

Forward	42	45	2
Stop			
Reverse		80	

INJ.Leader	QA Manager	INJ.Sub Mgr	INJ.Manager
Sakorn	Nopporat	Chatree	Apichart

R-F5-PC-020 Rev.A

ตารางที่ ค.3 มาตรฐานการทำความสะอาดหม้ออบ และการไล่วัตถุดิบคงค้าง



MACHINE :	Hopper	WORKING STANDARD				QA	APPROVE	CHECK	ISSUE
FACTORY :	All Factory	DATE :	3 May 2010			Ashwanee	Apichart	Wanchai	Tawngpan
PART CODE :	All Model	MATERIAL :	All Material	CYCLE TIME:	35 Min.	13/7/2011	13/7/2011	13/7/2011	13/7/2011
PROCESS :	INJECTION								

ขั้นตอนการทำความสะอาดหม้ออบ Material (Hopper)

ขั้นตอนการเติมและการเตรียม Material

ขั้นตอนการเติม Material

1.วิธีการเติมผง

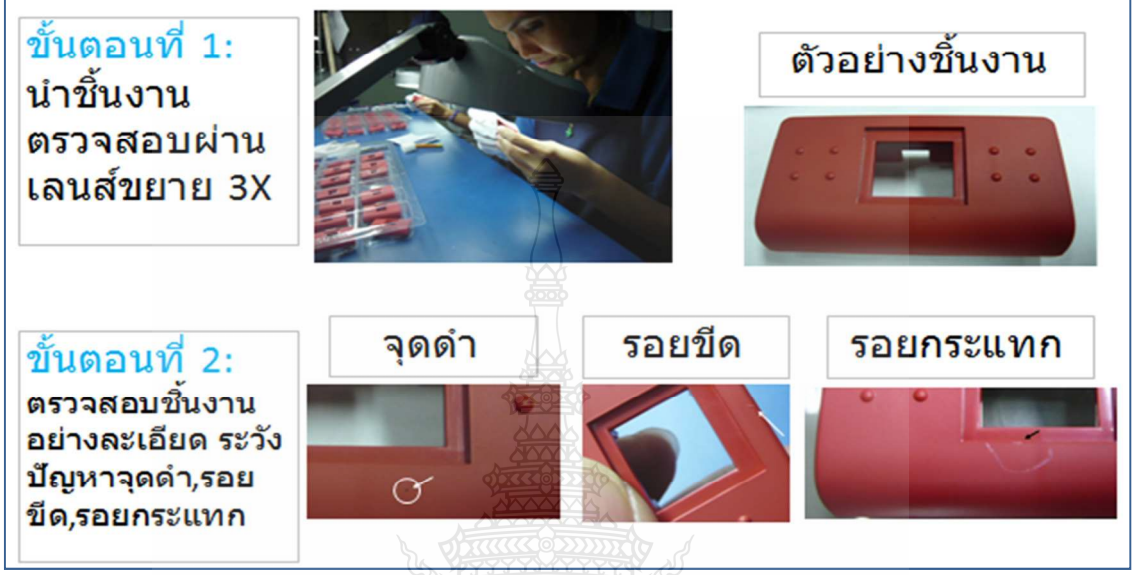
2.วิธีการเติมผงพลาสติกแบบใช้สาย Loader ลูกขึ้น

ขั้นตอนการเตรียม Material

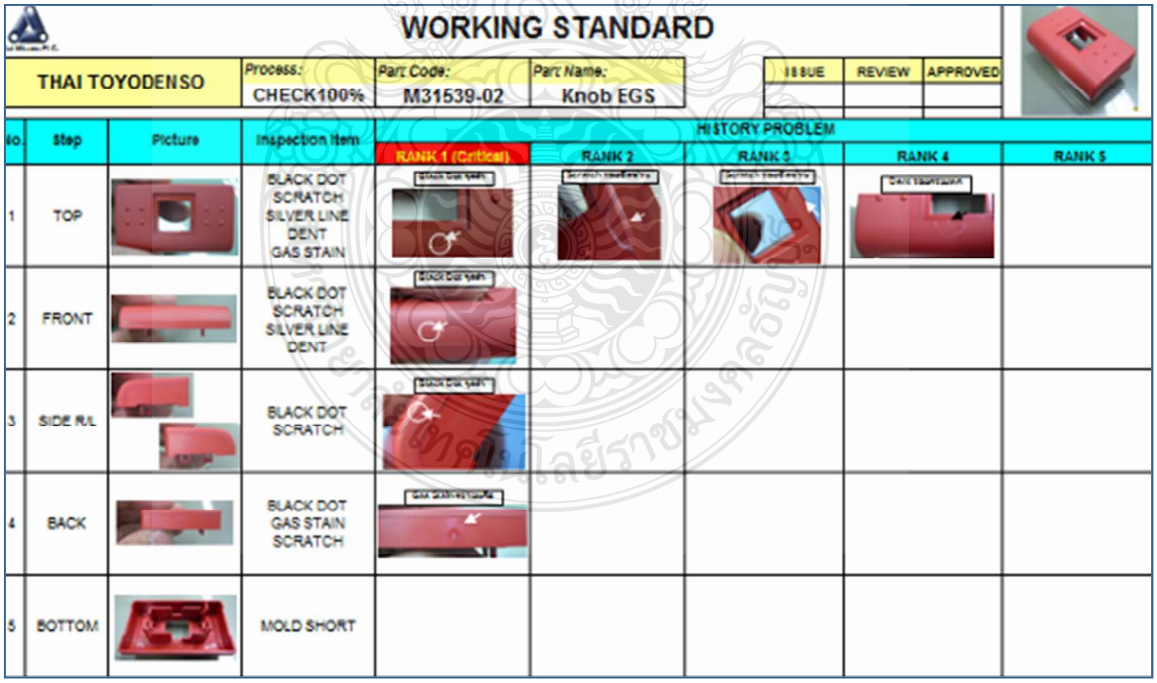
ITEM	DISCRIPTION	Rev.	Date	Checked	Approved
1	NEW ISSUED WI	A	1/May/11	Wanchai	Apichart
2	Change Hopper Cleaning & Purge Material 20 to 22	F	6/Apr/11	Wanchai	Apichart

ตารางที่ ค.4 มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงานปุ่มฉุกเฉินรุ่น Knoz Hzs (รูปแบบเก่า)

CUSTOMER :	Thai Toyodenso	WORKING STANDARD			QA	APPROVE	CHECK	ISSUE
PART NAME :	KNOB HZS	DATE :	6 March 2007	HISTORY No.	Nopparat	Apichart	Chatree	Wichai
PART CODE :	M31539-02	MATERIAL :	ABS (UH-05)	-				
PROCESS :	CHECK100%	PART WEIGHT :	4.59 g.	CAVITY : 1	6/3/2007	7/3/2007	6/3/2007	6/3/2007



ตารางที่ ค.5 มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงานปุ่มฉุกเฉินรุ่น Knoz Hzs (รูปแบบใหม่)



WORKING STANDARD

THAI TOYODENSO	Process: CHECK100%	Part Code: M31539-02	Part Name: Knob EGS	ISSUE	REVIEW	APPROVED

No.	Step	Picture	Inspection Item	HISTORY PROBLEM				
				RANK 1 (Critical)	RANK 2	RANK 3	RANK 4	RANK 5
1	TOP		BLACK DOT SCRATCH SILVER LINE DENT GAS STAIN					
2	FRONT		BLACK DOT SCRATCH SILVER LINE DENT					
3	SIDE R/L		BLACK DOT SCRATCH					
4	BACK		BLACK DOT GAS STAIN SCRATCH					
5	BOTTOM		MOLD SHORT					

ภาคผนวก ง

คุณสมบัติของพลาสติก และเครื่องจักร

ตารางที่ ง.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของพลาสติกชนิด PP และ PS

คุณสมบัติ	พอลิโพรพิลีน (PP)	พอลิสไตรีน (PS)
ชื่อทางการค้า	Hostalen PP, Luparen, Vestolen P	Polystylene III,VT, EF, Vestyron D, LO
ลักษณะที่ผลิตออกมาขาย	เป็นเม็ด และผสมสีโปร่งแสงจนถึงทึบ	เป็นเม็ดลักษณะต่างๆ เช่น ทรงกระบอก สีเหลี่ยม หรือเม็ดคล้ายไข่มุก ใสเหมือนแก้ว และย้อมสีจางถึงเข้มสี
คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต	ทนต่อการแปรรูปด้วยความร้อน ทนต่อแรงดึง แรงกระแทก และทรงตัวดี ผิวแข็งไม่มีแนวโน้มต่อการสึกกร่อน ฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 120 °C ได้ไม่ดูดซึมน้ำ จะเปราะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C	มีความแข็งแรงมากคงขนาดมีค่า dielectricity ดี ทนความชื้นและน้ำ ไม่มีรสและกลิ่น มีแนวโน้มแตกร้าวได้ง่าย
ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีการฉีด)	เครื่องใช้ในบ้าน(เช่น ถัง,กระจาด,อ่าง ,ตะกร้า) ของเล่น ชิ้นส่วนงานละเอียด และชิ้นส่วนทางไฟฟ้า หมวกกันน็อค	ชิ้นส่วนก่อสร้าง ฉนวนอุปกรณ์ไฟฟ้า และโทรคมนาคมที่ไม่ได้รับการกระทบกระแทกมาก เครื่องใช้ในบ้าน ขวดโหล ภาชนะขนาดเล็ก
อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นระยะเวลานานๆ	Max: 120-130 °C	Max: 60-75 °C
การทนต่อสารเคมี	กรดอ่อน ด่างอ่อน แอลกอฮอล์ , ester, ketone , ether, น้ำมันและไขมันได้จำกัด	กรด ด่าง แอลกอฮอล์ และน้ำแร่ น้ำมันสัตว์และพืชได้จำกัด
ไม่ทนต่อสารเคมี	กรดแก่ ด่างแก่ chlorinated ,benzol และเบนซิน	ester, ketone , ether, chlorinated ,benzol และเบนซิน
สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ	เปลวไฟจะติดต่อหลังจากจุด เปลวจ้ามีแกนสีน้ำเงินและหยด	เปลวไฟจะติดต่อหลังจากจุด เปลวจ้า มีเขม่ามาก
กลิ่น	คล้ายพาราฟินอ่อนๆ	คล้ายของหวาน
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	1.09 kJ/m/h°C	0.59 kJ/m/h°C
ค่าความร้อนจำเพาะ	1.93 kJ/kg°C	1.26 kJ/kg°C
ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 20°C	0.91 g/cm^3	1.05 g/cm^3
ระยะเวลาอบแห้ง (ก่อนเข้าเครื่องฉีด)	1-1.5 Hrs at 75°C	1-3 Hrs at 60-80°C
อัตราการหดตัว	2-3% ถ้าไหลยาก	0.4-0.6%

ตารางที่ ง.2 คุณสมบัติของเครื่องฉีดพลาสติกรุ่น Fanuc Roboshot 50 Ton

	Exhibit	Unit	ROBOSHOT S-2000i 50B			
Clamp unit	Clamping mechanism	-	Double toggle			
	Clamping force	kN	500 (50tonf) - 650 (65tonf)			
	max. / min. die height	mm	Standard 350 - 150/ High Speed 400 - 200			
	Clamping stroke	mm	250			
	Tie bar spacing (HxV)	mm	360 x 320			
	Platen size (HxV)	mm	500 x 470			
	Ejector force	kN	20 (2.0tonf)			
	Ejector stroke	mm	70			
Injection unit		-	Standard			
	Screw diameter	mm	20	22	26	28
	Maximum injection volume	cm	24	29	50	58
	Max. injection pressure	MPa	280	260	210	190
	Max. pack pressure	MPa	280	240	190	160
	Max. injection speed	mm/s	330			
	Max. screw rotation speed	min-1	450			
		-	High Speed			
	Screw diameter	mm	20	22	26	28
	Maximum injection volume	cm	24	29	50	58
	Max. injection pressure	MPa	280	260	210	190
	Max. pack pressure	MPa	280	240	190	160
	Max. injection speed	mm/s	500			
	Max. screw rotation speed	min-1	450			

ภาคผนวก จ

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

NETWORK 2011 @ RMUTT
ie
รวมบทคัดย่อ
การประชุมวิชาการข่ายงาน
วิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554
IE NETWORK CONFERENCE 2011
20 - 21 ตุลาคม 2554
โรงแรมแอมบาสเดอร์ซิตี้ จอมเทียน พัทยา จังหวัดชลบุรี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ
การประชุมข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รศ.ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช
ผศ.ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย
ผศ.ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน
รศ.ดร.ปารเมศ ชุติมา
ผศ.ดร.ดาริชา สุธีวงศ์
ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.ปฏิภาณ จุ้ยเจิม
ดร.สุดารัตน์ วงศ์กีรเกียรติ
ดร.ปุณณมี สัจจกมล
ดร.สุวิชภรณ์ วิชกูล

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

ดร.ชัยวัฒน์ นุ่มทอง
ดร.ศิริรัตน์ หมื่นวณิชกูล
อ.จันจิรา คงชื่นใจ
ดร.เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ
ดร.สิรางค์ กลั่นคำสอน

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

ผศ.ชานนท์ มูลวรรณ
อ.ประภาพรรณ เกษราพงศ์
ดร.ศักดิ์ชาย รักการ
อ.จักรินทร์ กลั่นเงิน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รศ.ดร.พรเทพ ขอขจายเกียรติ
ผศ.ดร.ชาญณรงค์ สายแก้ว
ผศ.ดร.วีรพัฒน์ เศรษฐ์สมบูรณ์
ดร.ปาพจน์ เจริญอภิปาล
รศ.ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล
ผศ.ดร.ดนัยพงศ์ เชษฐโชติศักดิ์
ดร.ธนา ราษฎร์ภักดี

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รศ.ดร.วิชัย ฉัตรทินวัฒน์
ผศ.ดร.คมกฤต เล็กสกุล
ผศ.ดร.สรรฐติชัย ชีวสุทธิศิลป์
ผศ.ดร.อรรถพล สมุทคุปต์
ดร.ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์
ดร.อนิรุท ไชยจารุวณิช
รศ.ดร.วิมลิน เหล่าศิริถาวร
ผศ.ดร.วัสสนัย วรรธนัจฉริยา
ผศ.ดร.อภิชาต โสภาแดง
ดร.กรกฎ ใยบัวเทศ ทิพยาวงศ์
ดร.วสวัชร นาคเขียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รศ.คมสัน จิระภัทรศิลป
รศ.ดร.สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล
ผศ.ดร. เจริญชัย โชมพัตราภรณ์
ผศ.พจมาน เตียวัฒนรัฐติกาล
ดร.วิศิษฏ์ศรี วิยะรัตน์
อ.ปรัชาญา เพียสุระ
รศ.ดร.บวรโชค ผู้พัฒน์
รศ.สันติรัฐ นันสะอาง
ผศ.ดร.เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์
ดร.ช่อแก้ว จตุรานนท์
ดร.อิศรทัต พึ่งอ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รศ.วันชัย แหลมหลักสกุล
ดร.กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รศ.ดร.กรรณชัย กัลยาศิริ
ผศ.ดร. สกนธ์ คล่องบุญจิต
ดร. อุดม จันทร์จรัสสุข
ดร.ชุมพล ยวงใย
รศ.ดร. ฤดี มาสุจันท์
ผศ.ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล
ดร.พิชญ์วดี กิตติปัญญางาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ผศ.พิชัย จันทร์มณี
ผศ.วิชาญ ช่วยพันธ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล

ผศ.ณัฐศักดิ์ พรพุฒิศิริ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ดร.นเรศ อินต๊ะวงค์
ดร.ภาคภูมิ จารุภูมิ
ดร.บรรเจิด แสงจันทร์
ผศ.มนวิภา อาวิพันธุ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

รศ.สุชาติ เย็นวิเศษ
ผศ.สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์
ผศ.เดช เหมือนขาว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผศ.ดร.พรศิริ จงกล
ดร.ปภากร สุนานนท์
อ.นรา สมัตถภาพงศ์
ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย
ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รศ.ดร.จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์
ผศ.ดร.วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร
ผศ.ดร.สวัสดิ์ ภาระราช
รศ.ดร.จิรศิริรพงศ์ เจริญภัณฑารักษ์
ผศ.ดร.วรารัตน์ กังสัมฤทธิ์
ผศ.ดร.เสมอจิตร หอมรสสุคนธ์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ
ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง
ดร.ภาณุ บูรณจารุกร
อ.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์
ผศ.ศิษฏา สิมารักษ์
ดร.สมลักษณ์ วรรณฤมล
อ.ธณิกานต์ ธงชัย

มหาวิทยาลัยปทุมธานี

ดร. ภาสพิรุฬห์ ศรีสำเริง

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป
ผศ.ดร.บพิธ บุปผโชติ
ดร.นิดา ชัยมูล
ผศ.ดร.สุดสาคร อินธิเดช
ดร.อรอุมา ลาสุนนท์

มหาวิทยาลัยมหิดล

รศ.ดร.ดวงพรรณ ศฤงคารินทร์
ดร.จิรพรรณ เลี่ยงโรคาพาธ
ผศ.ดร.วเรศรา วีระวัฒน์
ผศ.ศุภชัย นาทะพันธ์

มหาวิทยาลัยรังสิต

ผศ.ดร.ธนวรรณ อัศวไพบูลย์
ผศ.สินี สุขกรมใส
อ.ศิลปชัย วัฒนเสย
อ.พรรคพงษ์ แก่นณรงค์
ผศ.ดร.เพียงจันทร์ จริงจิตร
ดร.พิษณุ มนัสปิติ
อ.ต่อศักดิ์ อุทัยไขฟ้า
อ.สายสุนีย์ พงษ์พัฒนศึกษา

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ผศ.ดร. กฤษดา พิศัลยบุตร
อ.นุกูล อุบลบาน
ดร.เลิศเลขา ธนะชัยขันธ์
อ.นันทวรรณ อ่ำเอียม

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รศ.ธนรัตน์ แต้วัฒนา
ผศ.ดร.นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์
ดร.สิริเดช ชาตินิยม
ผศ.ดร.ทศพล เกียรติเจริญผล
ดร.ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ
ดร.พงษ์เพ็ญ จันทนะ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ผศ.พัฒนพงศ์ อริยสิทธิ์
อ.จักร์พันธ์ กัณหา
อ.ธนิน ศรีวะรมย์
อ.วรพจน์ พันธ์คง
ดร.ธริณี มณีศรี
อ.ชวลิต มณีศรี
อ.พิสุทธิ์ รัตนแสนวงษ์
อ.สุพัฒตรา เกษราพงศ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร
ผศ.ปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ
ผศ.สุขุม โฆษิตชัยมงคล
ดร.กัญจนา ทองสนิท
ดร.สิทธิชัย แซ่แหล่ม
ผศ.จันทร์เพ็ญ อนุรัตนานนท์
ผศ.วันชัย ลีลากวีวงศ์
ผศ.สุวัฒน์ เณรโต
ดร.ณัฐพล ศิริสว่าง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รศ.ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล
รศ.สมชาย ชูโฉม
ผศ.ดร.เจษฎา วรรณสินธุ์
ผศ.ดร.นภิสพร มีมงคล
ผศ.ดร.รัญชนา สินธวาลัย
ผศ.ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์
ผศ.เจริญ เจตวิจิตร
ผศ.ยอดดวง พันธ์นรา
รศ.วนิดา รัตนมณี
ผศ.ดร.กลางเดือน โพชนา
ผศ.ดร.ธเนศ รัตนวิไล
ผศ.ดร.ประภาส เมืองจันทร์บุรี
ผศ.ดร.สุภาพรรณ ไชยประพัทธ์
ผศ.ดร.องุ่น สังขพงศ์
ผศ.พิเชฐ ตระการชัยศิริ
ผศ.สงวน ตั้งโพธิธรรม

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

อ.จิตลดา ชิ้มเจริญ
อ.วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฎ์
อ.อรอุมา กอสนาน
อ.นิศากร สมสุข
อ.อัญชลี สุพิทักษ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ผศ.ดร.คณิศร ภูนิคม
ผศ.ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ
ผศ.ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส
ผศ.ดร.สุขอังคณา ลี
ดร.จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์
ผศ.ดร.นลิน เพียรทอง
ผศ.ดร.ปรีชา เกรียงกรกฎ
ผศ.ดร.สมบัติ สินธุเชาวน์
ดร.ธารชุดา พันธ์นิกุล
ดร.สัณณ์ โอฬาพิริยะกุล

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์
ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ผศ.ชัยพฤกษ์ อาภาเวท
ผศ.ประยูร สุรินทร์
อ.เจษฎา วงศ์อ่อน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รศ.ดร.ชัยยุทธ ช่างสาร
รศ.มานพ ตันตระบัณฑิตย์
ผศ.ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงศ์
ผศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์
ผศ.ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร
ผศ.ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์
ผศ.ดร.ศิวกร อ่างทอง
ผศ.ดร.ศิริชัย ต่อสกุล
ผศ.ดร.สมหมาย ผิวสอาด
ผศ.ชวลิต แสงสวัสดิ์
ดร.กุลชาติ จุลเพ็ญ
ดร.ชัยยะ ปราณีตพลกรัง
ดร.ณรงค์ชัย โอเจริญ
ดร.ระพี กาญจนะ
ดร.สรพงษ์ ภวสุปรีย์
ดร.สุมนมาลย์ เนียมหลาง
ผศ.สุรัตน์ ตรัยวนพงศ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญ (ต่อ)

OIE34	การศึกษาปัญหาและการหาแนวทางในการพัฒนาศักยภาพนิสิตตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ : กรณีศึกษาสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร ภาณุ บูรณจารุกร ขวัญนิธิ คำเมือง อุมาพร มีบ้านเกิ้ง พรทิพย์ สมพงษ์	330
OIE35	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมนวดสมุนไพรลดไขมันส่วนเกินด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ กาญจนา วงเวียน วิชัย รุ่งเรืองอนันต์	331
OIE36	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของอู่ต่อเรือ พิพิณนนท์ พูลสวัสดิ์ กิตติภัฏ รัตนจันทร์ สิทธิพงศ์ มหาธนบดี	332
OIE37	การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ด้วยหลักการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติและการวิเคราะห์ระบบการวัด สุทธิดา เอี่ยมเจริญ ระพี กาญจนะ	333
OIE38	การลดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน โดยใช้หลักการ DMAIC กรณีศึกษา : โรงงานผลิตชิ้นส่วนพลาสติกรถยนต์ ธนรัตน์ เอี่ยมเจริญ ระพี กาญจนะ	334
OIE39	การลดรอบเวลาการผลิตในสถานีงานผ่านคลื่นน้ำตะกั่ว ปณมพล พิกุลทอง ประมวล สุธีจารุวัฒน	335
OIE40	ตัวแบบการประมาณการต้นทุนบนพื้นฐานตัวแปรเพื่อประยุกต์ใช้กับชิ้นงานโลหะแผ่นขึ้นรูป กรณีศึกษาบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และฮาร์ดดิสก์ ดาราวรรณ วีรานันต์ กุศล พิมาพันธุ์ศรี	336
OIE41	การพัฒนาเครื่องมือการประมาณต้นทุนเหล็กโครงสร้างรูปพรรณสำหรับงานก่อสร้างอาคาร กุศล พิมาพันธุ์ศรี อานุภาพ บุญศรี	337
OIE43	การเพิ่มผลผลิตในกระบวนการทำขนมโก๋ กรณีศึกษา : กลุ่มแม่บ้านตำบลชุมพล อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา วีรชัย มัฏฐารักษ์ กู้เกียรติ พูลยรัตน์ สันติชัย บุญฤทธิ์	338

การลดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน โดยใช้หลักการ DMAIC กรณีศึกษา : โรงงานผลิตชิ้นส่วนพลาสติกรถยนต์

Defects Reduction for Emergency Knob Product by DMAIC Technique

A Case Study of Automotive part Manufacturer

ธนรัตน์ เอี่ยมเจริญ[1*] ระพี กาญจนะ[2]
[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110
E-mail: argazachamp@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาจุดดำ (Black Dot) ของกระบวนการฉีดขึ้นรูปปุ่มฉุกเฉินในรถยนต์ โดยการประยุกต์ใช้หลักการบริหารคุณภาพตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า จากข้อมูลในอดีตพบว่าปุ่มฉุกเฉินในรถยนต์ซึ่งเป็นโมเดลตัวอย่าง เกิดปัญหาจุดดำ (Black Dot) ดำเนินงานภายในมากถึง 3.88 % และจากการร้องเรียนของลูกค้าเท่ากับ 0.22 % ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนตามหลักการ DMAIC ขั้นตอนการระบุปัญหาได้ศึกษาปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาใน 4 ขั้นตอนได้แก่ กระบวนการล้างหม้ออบ (Hopper) กระบวนการล้างวัตถุดิบที่ค้างอยู่ กระบวนการตั้งพารามิเตอร์เครื่องจักร และกระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน 100% จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัดและประเมินความสามารถของกระบวนการ แล้ววิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงด้วยวิธีการทางสถิติ เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้ว จึงทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment) สุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุม โดยวางแผนเพื่อควบคุมกระบวนการให้สามารถธำรงไว้ซึ่งผลของการปรับปรุงผลการวิจัย แสดงว่าหลักการบริหารคุณภาพตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า สามารถลดปัญหาจุดดำ (Black Dot) ของกระบวนการฉีดขึ้นรูปปุ่มฉุกเฉินในรถยนต์ ในส่วนการดำเนินงานภายในจาก 3.88 % เหลือ 0.92 % และจากการร้องเรียนของลูกค้าจาก 0.22 % เหลือ 0.01 % ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด

คำหลัก ซิกซ์ ซิกม่า ปัญหาจุดดำ กระบวนการฉีดขึ้นรูปปุ่มฉุกเฉินในรถยนต์

การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554
20-21 ตุลาคม 2554

การลดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉิน โดยใช้หลักการ DMAIC กรณีศึกษา : โรงงานผลิตชิ้นส่วนพลาสติกรถยนต์

Defects Reduction for Emergency Knob Product by DMAIC Technique

A Case Study of Automotive part Manufacturer

ธนรัตน์ เอี่ยมเจริญ[1*] ระพี กาญจนะ[2]
[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110
E-mail: argazachamp@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาจุดดำ (Black Dot) ของกระบวนการฉีดขึ้นรูปปุ่มฉุกเฉินในรถยนต์ โดยการประยุกต์ใช้หลักการบริหารคุณภาพตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า จากข้อมูลในอดีตพบว่า ปุ่มฉุกเฉินในรถยนต์ซึ่งเป็นโมเดลตัวอย่าง เกิดปัญหาจุดดำ (Black Dot) ดำเนินงานภายในมากถึง 3.88 % และจากการร้องเรียนของลูกค้าเท่ากับ 0.22 % ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนตามหลักการ DMAIC ขั้นตอนการระบุปัญหาได้ศึกษาปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาใน 4 ขั้นตอนได้แก่ กระบวนการล้างหม้ออบ (Hopper) กระบวนการล้างวัตถุดิบที่ค้างอยู่ กระบวนการตั้งพารามิเตอร์เครื่องจักร และกระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน 100% จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัดและประเมินความสามารถของกระบวนการ แล้ววิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงด้วยวิธีการทางสถิติ เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้ว จึงทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment) สุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุม โดยวางแผนเพื่อควบคุมกระบวนการให้สามารถธำรงไว้ซึ่งผลของการปรับปรุง ผลการวิจัย แสดงว่าหลักการบริหารคุณภาพตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า สามารถลดปัญหาจุดดำ (Black Dot) ของกระบวนการฉีดขึ้นรูปปุ่มฉุกเฉินในรถยนต์ ในส่วนการดำเนินงานภายในจาก 3.88 % เหลือ 0.92 % และจากการร้องเรียนของลูกค้าจาก 0.22 % เหลือ 0.01 % ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด

คำสำคัญ : ซิกซ์ ซิกม่า ปัญหาจุดดำ กระบวนการฉีดขึ้นรูปปุ่มฉุกเฉินในรถยนต์

1. บทนำ

ในปัจจุบันธุรกิจทางด้านรถยนต์ มีการแข่งขันทางด้านการค้ากันสูงมาก เนื่องจากวงการอุตสาหกรรมทุกวันนี้เปิดกว้างและเป็นเสรีมาก ผู้ที่อยู่ในวงการนี้จึงต้องตื่นตัวเพื่อก้าวให้ทันกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การเพิ่มผลผลิตจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการที่จะทำให้บริษัทสามารถแข่งขันและสนองความต้องการของลูกค้าได้เป็นอย่างดี

จากความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการประยุกต์ใช้หลักการบริหารคุณภาพตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่ามาแก้ไขปัญหาจุดดำ โดยเฉพาะชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินที่มักพบปัญหาจุดดำมากกว่าชิ้นงานตัวอื่นๆ ของกระบวนการฉีดพลาสติกที่ได้หยิบยกเป็นกรณีศึกษา ซึ่งจากข้อมูลที่พบจากการดำเนินงานภายในและจากข้อร้องเรียนของลูกค้าย้อนหลังในเดือนธันวาคม 2553 - กุมภาพันธ์ 2554 พบว่าปัญหาหลักคือ จุดดำเท่ากับ 3.88% และ 0.22% เทียบกับยอดการส่งมอบทั้งหมดตามลำดับ

จุดประสงค์ของการทำวิจัยในครั้งนี้ เพื่อต้องการลดปัญหาจุดดำ ลงจากเดิมอย่างน้อยหรือเท่ากับ 50%

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดซิกซ์ ซิกม่า

ซิกซ์ ซิกม่า คือ แนวทางการพัฒนาองค์กรที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งหลายองค์กรที่นำไปใช้ได้พิสูจน์แล้วว่าสามารถเพิ่มขีดความสามารถของกระบวนการทางด้านธุรกิจได้เป็นอย่างดี ด้วยเป้าหมายที่ท้าทาย คือ 3.4 ความผิดพลาดใน 1 ล้านครั้งของการทำงาน ทั้งนี้องค์กรสามารถบรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้โดยการประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติชั้นสูงที่มีระเบียบแบบแผนในการปฏิบัติอย่างชัดเจน [3]

เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า มุ่งเน้นการกำจัดข้อบกพร่องในกระบวนการและเชื่อมโยงหลักการพื้นฐานของธุรกิจสถิติและวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อให้บรรลุผลตามเป้าหมาย เพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างผลกำไร โดยการกำจัดความแปรปรวนเพื่อลดความสูญเสีย ลดข้อผิดพลาดให้น้อยลงในทุกๆ ด้านจากการผลิตสินค้าเพื่อตอบสนองยอดการสั่งซื้อ และเป็นการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า อันจะนำไปสู่การสร้างผลกำไรให้กับองค์กรในท้ายที่สุด [4]

ขั้นตอนการดำเนินงานตามวิธีการซิกซ์ ซิกม่า

1. การกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น (Define Phase) ขั้นตอนนี้จะศึกษาความต้องการของลูกค้า และนำความต้องการของลูกค้าที่เป็นปัญหามาจัดระดับความสำคัญและเลือกมาดำเนินการแก้ไขปรับปรุง

2. การวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) ในขั้นตอนนี้จะทำการกำหนดแนวทางในการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการทำการศึกษากระบวนการโดยละเอียด กำหนดปัจจัยที่ได้รับจากกระบวนการหรือตัวแปรตอบสนองกระบวนการ

3. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) ขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยที่มีความสำคัญของกระบวนการมาทำการวิเคราะห์ผ่านวิธีการทางสถิติเชิงอนุมาน เพื่อดูว่าปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีนัยสำคัญกับปัญหาซึ่งจะนำไปดำเนินการปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป

4. การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) ขั้นตอนนี้เป็นการออกแบบและทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างปัจจัยนำเข้ากับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปัจจัยนำเข้านั้นๆ และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่จะทำให้ระดับปัจจัยนำเข้าที่ดีที่สุด

5. การควบคุมตัวแปรต่างๆ (Control Phase) ขั้นตอนนี้เป็นการออกแบบวิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆ และทำการปรับปรุงต่อต่อเนื่อง

2.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)

การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study) [6] เป็นการประเมินผลเมื่อคุณลักษณะที่ศึกษาเป็นคุณลักษณะเชิงคุณภาพ เช่น รสชาติ ความเรียบร้อย ความสวยงาม ซึ่งแนวคิดของวิธีนี้จะอาศัยการจำแนกชิ้นสิ่งตัวอย่างที่มีลักษณะ ทั้งดี ไม่ดี และกำกึ่ง (Marginal) ในจำนวนที่เหมาะสม แล้วให้พนักงานที่สุ่มมา (หรือกำหนดไว้ล่วงหน้า) ทำการตรวจสอบ เพื่อจำแนกผลการตรวจสอบเป็น ผ่าน และ ไม่ผ่าน จากนั้นพิจารณาว่าผลการตรวจสอบซ้ำมีคุณภาพตรงกับคุณภาพแท้จริงของสิ่งตัวอย่างงานหรือไม่ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะบ่งบอก "ความถูกต้อง" ในการตรวจสอบ โดยการวิเคราะห์ความสามารถของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนสามารถวิเคราะห์และคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

2.2.1 ประสิทธิผลของพนักงานวัด (Operator Effectiveness: O_E)

$$O_E = \frac{\text{จำนวนที่ตรวจได้อย่างถูกต้อง}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะตรวจถูกต้อง}} \quad (1)$$

2.2.2 ดัชนีตรวจสอบที่ปฏิเสธผิดพลาด (False Alarm Index: I_{FA})

$$I_{FA} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่ปฏิเสธผิดพลาด}} \quad (2)$$

2.2.3 ดัชนีตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาด (Index of a Miss: I_{miss})

$$I_{miss} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่ปฏิเสธผิดพลาด}} \quad (3)$$

3. วิธีการทดลอง

ขั้นตอนในการดำเนินงานตามแนวทางของ DMAIC ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 การสำรวจสภาพการดำเนินงานทางการผลิตและปัญหาที่เกิดขึ้น

3.2 การกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น

3.2.1 การกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.3 การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

3.3.1 ทำการศึกษากระบวนการผลิตทั้งกระบวนการ

3.3.2 การระดมความคิดเพื่อค้นหาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา

3.3.3 สรุปผลและวางแผนขั้นตอนต่อไป

3.4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

3.4.1 การทดสอบความมีนัยสำคัญด้วยเครื่องมือทางสถิติ เช่น 2 Proportions, Hypothesis Testing, Attribute Gage Study

3.4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อเลือกปัจจัยที่สำคัญที่ต้องนำไปทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป

3.4.3 สรุปผลและวางแผนขั้นตอนต่อไป

3.5 การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

3.5.1 การออกแบบการทดลอง

3.5.2 กำหนดตัวแปร และข้อจำกัดต่างๆ ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อการทดลอง

3.5.3 กำหนดขั้นตอนการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล

3.5.4 ทำการทดลองตามที่วางแผนไว้

3.5.5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

3.6 การควบคุมตัวแปรต่างๆ

3.6.1 กำหนดระเบียบการปฏิบัติงานเพื่อควบคุมกระบวนการให้เป็นมาตรฐาน

3.6.2 กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติเพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างมีขั้นตอนชัดเจน

3.6.3 เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุง

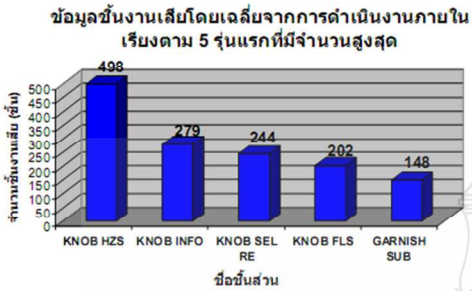
3.6.4 สรุปผลการปรับปรุง

3.7 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

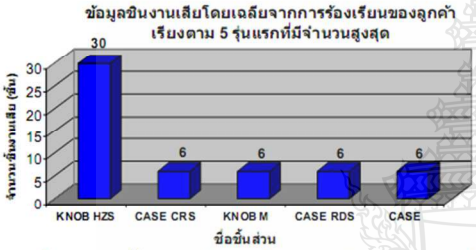
4.ผลการทดลอง

4.1 ผลขั้นตอนกำหนดปัญหา (Define Phase)

ผลการเก็บข้อมูลสัดส่วนปัญหาของชิ้นส่วนปุ่มฉุกเฉินที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานภายใน และจากข้อร้องเรียนของลูกค้าย้อนหลังเดือน ธันวาคม พ.ศ 2553 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 ดังรูปที่ 1 และ 2

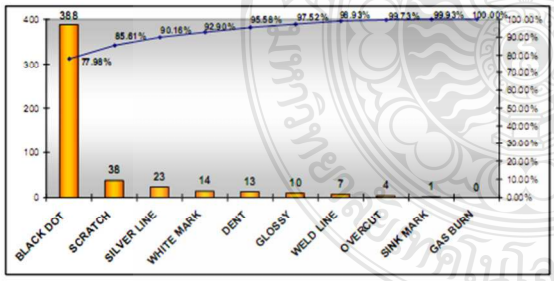


รูปที่ 1 จำนวนชิ้นงานเสียโดยเฉลี่ยจากการดำเนินงานภายใน เรียงตาม 5 รุ่นแรกที่มีจำนวนสูงสุด

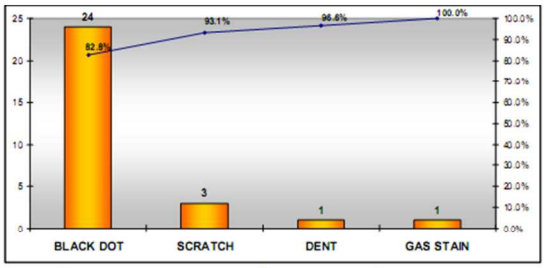


รูปที่ 2 จำนวนชิ้นงานเสียโดยเฉลี่ยจากการร้องเรียนของลูกค้า เรียงตาม 5 รุ่นแรกที่มีจำนวนสูงสุด

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า ชิ้นงานที่มีจำนวนชิ้นงานเสียมากที่สุดทั้งจากการดำเนินงานภายในและข้อร้องเรียนของลูกค้า คือ ปุ่มฉุกเฉินรุ่น KNOB HZS ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานรุ่นดังกล่าวได้ข้อมูลดังรูปภาพที่ 3, 4



รูปที่ 3 แผนภูมิพาเรโตแสดงปัญหาการผลิตปุ่มฉุกเฉิน Knob Hzs จากการดำเนินงานภายใน



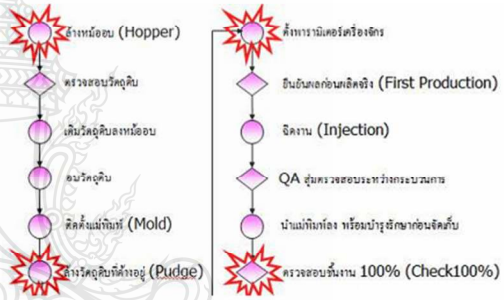
รูปที่ 4 แผนภูมิพาเรโตแสดงปัญหาการผลิตปุ่มฉุกเฉิน Knob Hzs จากการร้องเรียนของลูกค้า

จากข้อมูลจำนวนข้อบกพร่องของ Knob Hzs โดยเฉลี่ยต่อเดือน จะเห็นได้ว่าปัญหาจุดดำ (Black Dot) มีจำนวนมากเป็นอันดับหนึ่งในทั้ง 2 กระบวนการ ซึ่งสามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียก่อนปรับปรุงได้เท่ากับ 3.88% และ 0.22% ของยอดส่งมอบทั้งหมดตามลำดับ และจะเห็นได้ว่าปัญหาจุดดำมีเปอร์เซ็นต์สะสมที่สอดคล้องกับการเลือกปัญหาที่มีนัยสำคัญมากที่สุดมาทำการแก้ไขปรับปรุงตามหลักการของกราฟพาเรโต

4.2 ผลขั้นตอนการวัดผล (Measure Phase)

4.2.1 ผลการศึกษากระบวนการผลิตทั้งกระบวนการดังรูปที่ 5 พบว่าปัญหาจุดดำ เกิดขึ้นใน 4 กระบวนการ คือ

1. กระบวนการล้างหม้ออบ (Hopper)
2. กระบวนการล้างวัตถุดิบที่ค้างอยู่
3. กระบวนการตั้งพารามิเตอร์เครื่องจักร
4. กระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน 100%



รูปที่ 5 กระบวนการฉีดขึ้นรูปปุ่มฉุกเฉินรุ่น KNOB HZS

4.2.2 เมื่อทำการศึกษากระบวนการโดยครบถ้วนแล้ว จึงทำให้ทราบว่าตัวแปรนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการมีอะไรบ้าง จากนั้นจึงทำการระดมสมองโดยใช้แผนภูมิต้นไม้ (Tree Diagram) เพื่อทำการหาสาเหตุรากเหง้าที่เป็นไปได้ทั้งหมด ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 การวิเคราะห์สาเหตุโดยใช้แผนภูมิต้นไม้

4.3 ผลขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

จากขั้นตอนการวัดผล พบว่าสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษามีทั้งหมด 5 ปัจจัย ซึ่งประกอบไปด้วย 1. วิธีการทำความสะอาดหม้ออบยังไม่เหมาะสม 2. วัตถุดิบที่ใช้สำหรับไล่วัตถุดิบเก่าออกจากสกรูยังไม่เหมาะสม 3. ค่าพารามิเตอร์อุณหภูมิไม่เหมาะสม 4. มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบไม่ชัดเจน และ 5. ไม่มีการประเมินทักษะของพนักงานก่อนปฏิบัติงานจริง

แนวทางการวิเคราะห์นั้นจะทำการวิเคราะห์ทีละสาเหตุทีละปัจจัย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ 2 Proportions [5] และ Attribute Gage Study เพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยตัวใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหาจุดตำอย่างมีนัยสำคัญ

4.3.1 การพิสูจน์สาเหตุโดยใช้การวิเคราะห์ 2 Proportions

เริ่มจากการหาจำนวนตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลอง (Power and Sample Size) โดยพิจารณาสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งพบว่าขนาดตัวอย่างที่ 1,980 ชิ้นจะให้ค่ากำลังของการทดสอบที่ 0.952966 ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้ขนาดตัวอย่างอย่างน้อยเท่ากับ 1,980 ชิ้นขึ้นไป เพื่อนำมาทดสอบ 2 Proportions ในขั้นตอนต่อไป

Power and Sample Size

```
Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)
Calculating power for proportion 2 = 0.0194
Alpha = 0.05


               Sample
Proportion 1     Size     Power
      0.0388     1800  0.933843
      0.0388     1890  0.944160
      0.0388     1980  0.952966

The sample size is for each group.
```

รูปที่ 7 ผลการทดสอบหาจำนวนตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมMinitab

จากขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องโดยใช้ 2 Proportions เพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยตัวใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหาจุดตำอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 สามารถสรุปการทดสอบสมมุติฐานของข้อบกพร่องทั้ง 4 ปัจจัยแรก ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบสมมุติฐานของข้อบกพร่องทั้ง 4 ปัจจัย

ลำดับ	สาเหตุ	สมมุติฐาน
1	วิธีการทำความสะอาดหม้ออบไม่เหมาะสม	ไม่แตกต่างกัน
2	วัตถุดิบที่ใช้ไล่วัตถุดิบเก่าไม่เหมาะสม	แตกต่างกัน
3	ค่าอุณหภูมิในกระบอกฉีดในช่วง H_4 สูงเกินไป	แตกต่างกัน
4	มาตรฐานขั้นตอนตรวจสอบไม่ชัดเจน	แตกต่างกัน

4.3.2 การพิสูจน์สาเหตุโดยใช้การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study)

พนักงานที่เข้ามาทำการทดสอบต้องผ่านเกณฑ์การประเมินทั้ง 3 เกณฑ์ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานในคู่มือการผลิตกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ประเทศอเมริกา [7] ดังนี้ ประสิทธิภาพโดยรวม (O_E) ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 90%, ดัชนีตรวจสอบที่ปฏิเสธผิดพลาด (I_{FA}) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5% และดัชนีตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาด (I_{miss}) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2% ซึ่งผลจากการประเมินทักษะการตรวจสอบของพนักงานพบว่าพนักงานตรวจสอบทั้ง 2 คนไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 2 จึงสรุปได้ว่า การที่ไม่ประเมินทักษะพนักงานก่อนปฏิบัติงานจะทำให้ พนักงานที่ขาดทักษะการตรวจสอบเข้าไปปฏิบัติหน้าที่และปล่อยชิ้นงานเสียหลุดไปถึงลูกค้าดังเช่นปัญหาที่พบ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินทักษะพนักงานตรวจสอบ

พนักงาน	O_E	I_{FA}	I_{miss}	สรุป
มาตรฐาน	≥ 90%	≤ 5%	≤ 2%	
คนที่ 1	82.5	25	14.3	ไม่ผ่าน
คนที่ 2	85	33.3	7.1	ไม่ผ่าน

จากผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องทั้ง 5 ปัจจัยดังตารางที่ 1 และ 2 ทำให้เราทราบว่าข้อบกพร่องที่มีผลต่อปัญหาและต้องทำการปรับปรุงคือ 1.วัตถุดิบที่ใช้ไล่วัตถุดิบเก่า 2.ค่าอุณหภูมิในกระบอกฉีดสูงในช่วงอัดย้ำชดเชยการหดตัวสูงเกินไป (H_4) 3. มาตรฐานขั้นตอนตรวจสอบที่ไม่ชัดเจน และ 4.การประเมินทักษะพนักงานก่อนปฏิบัติงาน ซึ่งในขั้นตอนต่อไปผู้ทำการวิจัยจะนำทั้ง 4 ข้อบกพร่องไปทำการปรับปรุง

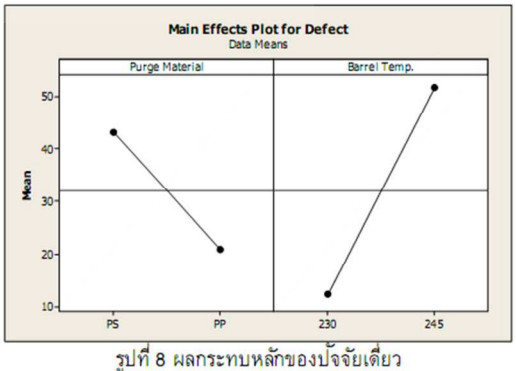
4.4 ผลขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

4.4.1 การออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสม

จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อกลั่นกรองปัจจัยต่าง ๆ (Screening Factor) มีปัจจัยที่ต้องปรับปรุง คือ วัตถุดิบที่ใช้ไล่วัตถุดิบเก่าที่ค้างอยู่ (Purge) และค่าอุณหภูมิในกระบอกฉีดช่วง H_4 โดยยังไม่ทราบค่าปัจจัยที่เหมาะสม ดังนั้นจึงทำการกำหนดระดับของแต่ละปัจจัยต่าง ๆ ดังตารางที่ 3 และออกแบบการทดลองเพื่อหาหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมโดยใช้การทดลองแบบ 2^2 Full Factorial [5] ซึ่งผลการทดลองที่จะนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของสาเหตุหลักแสดงได้ดังรูปที่ 8

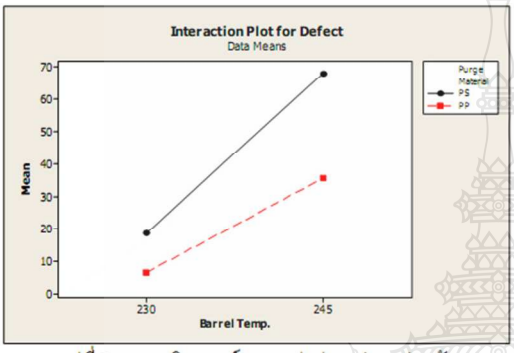
ตารางที่ 3 ปัจจัยและคุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้า

Factor	KPIV		Unit
	Current	New	
Purge Material	PS	PP	-
Barrel Temperature	245	230	°C



รูปที่ 8 ผลกระทบหลักของปัจจัยเดี่ยว

จากกราฟรูปที่ 8 เป็นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของสาเหตุหลักแต่ละตัว โดยเมื่อเปลี่ยนวัตถุดิบที่ใช้ (Purge Material) จากเดิม PS เป็น PP แล้วจะทำให้ปัญหาจุดดำลดลง และเมื่อลดอุณหภูมิในกระบอกฉีด (Barrel Temperature) จากเดิม 245 เป็น 230°C จะทำให้ปัญหาจุดดำลดลงเช่นเดียวกัน



รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแต่ละตัว

จากกราฟรูปที่ 9 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุดิบที่ใช้ไล่วัตถุดิบเก่า (Purge Material) และ อุณหภูมิในกระบอกฉีด (Barrel Temperature) จะพบว่า วัตถุดิบที่ใช้ไล่วัตถุดิบเก่าชนิด PP และ อุณหภูมิในกระบอกฉีด ที่ 230°C ทำให้เกิดปัญหาจุดดำลดลง ส่วนวัตถุดิบที่ใช้ไล่วัตถุดิบเก่าชนิด PS และ อุณหภูมิในกระบอกฉีด ที่ 230°C ทำให้เกิดปัญหาจุดดำลดลง สรุปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุดิบที่ใช้ไล่วัตถุดิบเก่ากับอุณหภูมิในกระบอกฉีด ไม่มี Interaction ต่อกัน

4.4.2 การจัดทำมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบ

จากขั้นตอนทดสอบสมมติฐานในหัวข้อ 4.3.1 จะเห็นได้ว่าถ้ามีการปรับแก้ไขขั้นตอนการตรวจสอบให้มีความชัดเจนแล้ว จะทำให้ผู้ตรวจสอบสามารถตรวจพบปัญหาจุดดำได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ทางผู้วิจัยจึงได้จัดทำมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบขึ้นใหม่ โดยกำหนดให้ผู้ตรวจต้องตรวจสอบเป็นลำดับขั้นตอน (Step by Step) ตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ ดังรูปที่ 10

รูปที่ 10 มาตรฐานขั้นตอนตรวจสอบรูปแบบใหม่

จากนั้นทางผู้วิจัยได้นำมาตรฐานขั้นตอนตรวจสอบรูปแบบใหม่ไปทำการอบรมให้กับพนักงาน ดังรูปที่ 11 เพื่อให้พนักงานเกิดความเข้าใจ และเกิดทักษะในการตรวจสอบมากยิ่งขึ้น

รูปที่ 11 การอบรมพนักงานโดยใช้ขั้นตอนการตรวจสอบแบบใหม่

เมื่อทำการอบรมพนักงานเรียบร้อยแล้ว ได้ดำเนินการทดสอบพนักงานโดยใช้การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study) เพื่อเปรียบเทียบผลได้ที่ก่อนและหลังการจัดทำมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบรูปแบบใหม่ ดังผลได้ที่ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินทักษะพนักงานตรวจสอบ (ก่อน-หลัง)

พนักงาน	O_E		I_{FA}		I_{miss}		สรุปหลังปรับปรุง
มาตรฐาน	≥ 90%		≤ 5%		≤ 2%		
ช่วงเวลา	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	
คนที่ 1	82.5	100	25	0	14.3	0	ผ่าน
คนที่ 2	85	100	33.3	0	7.1	0	ผ่าน

จากผลที่ได้ในตารางที่ 4 สรุปได้ว่าเมื่อจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบใหม่ให้เป็นลักษณะตรวจเป็นลำดับขั้นตอน (Step by Step) แล้วทำการอบรมให้พนักงานเข้าใจ ทางผู้วิจัยพบว่าพนักงานเกิดทักษะการทำงานมากยิ่งขึ้น ซึ่งสะท้อนออกมาในรูปของคะแนนทดสอบที่ดีมากขึ้น และผ่านเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้

4.5 ผลขั้นตอนการควบคุมปัญหา (Control Phase)

การควบคุมข้อบกพร่องต่าง ๆ ซึ่งจะมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม ต้องพยายามควบคุมระบบการทำงานเพื่อจะไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำอีก โดยทางผู้วิจัยได้จัดทำระบบเอกสารการปฏิบัติงานในการควบคุมคุณภาพดังนี้

4.5.1 วัตถุดิบที่ใช้ไล่วัตถุดิบเก่าที่ค้างอยู่ (Purge Material)

ทางผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขรายละเอียดในระเบียบปฏิบัติการฉีดขึ้นส่วน (Injection Procedure) โดยทำการระบุชนิดวัตถุดิบที่ใช้ในการล้างใหม่จากเดิม PS ให้เป็น PP

4.5.2 ค่าอุณหภูมิในกระบอกฉีดช่วง H_4

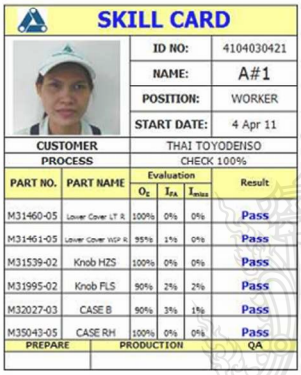
ทางผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขรายละเอียดในมาตรฐานค่าพารามิเตอร์ (Condition Standard) โดยทำการระบุค่าอุณหภูมิในช่อง H_4 ใหม่จากเดิม 245°C ให้เป็น 230°C และกำหนดให้พนักงานควบคุมคุณภาพตรวจสอบค่าดังกล่าวทุกครั้งในขั้นตอนยืนยันผลก่อนผลิตจริง (First Production) โดยถ้าค่าดังกล่าวไม่ตรงตามมาตรฐาน พนักงานควบคุมคุณภาพต้องแจ้งผู้ปรับเครื่องให้แก้ไขทันที

4.5.3 มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบ

ทางผู้วิจัยได้นำมาตรฐานที่ได้จัดทำขึ้นไปติดไว้ในพื้นที่ปฏิบัติงาน และกำหนดให้พนักงานตรวจสอบปฏิบัติตามขั้นตอนในมาตรฐานอย่างเคร่งครัด

4.5.4 การประเมินทักษะพนักงานก่อนปฏิบัติงานจริง

ทางผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการประเมินทักษะพนักงานโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study) โดยพนักงานที่ผ่านการทดสอบจะได้รับบัตรทักษะ (Skill Card) ซึ่งเป็นเครื่องยืนยันว่าพนักงานผู้นั้นผ่านการทดสอบและสามารถเข้าปฏิบัติงานในสถานีงานตรวจสอบได้



SKILL CARD

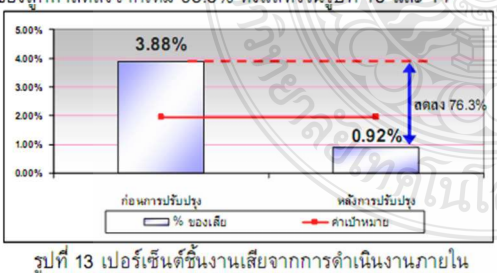
ID NO:	4104030421
NAME:	A#1
POSITION:	WORKER
START DATE:	4 Apr 11
CUSTOMER	THAI TOYODENSO
PROCESS	CHECK 100%

PART NO.	PART NAME	Evaluation O_E	I_{ZA}	I_{miss}	Result
M31460-05	Lower Cover LT R	100%	0%	0%	Pass
M31461-05	Lower Cover WGN R	95%	1%	0%	Pass
M31539-02	Knob HZS	100%	0%	0%	Pass
M31995-02	Knob FLS	90%	2%	2%	Pass
M32027-03	CASE B	90%	3%	1%	Pass
M35043-05	CASE RH	100%	0%	0%	Pass
PREPARE	PRODUCTION				QA

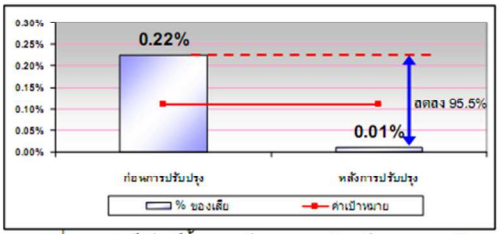
รูปที่ 12 ตัวอย่างบัตรทักษะ (Skill Card)

4.6 ผลการเก็บข้อมูลหลังทำการควบคุมข้อบกพร่อง

หลังจากการปรับปรุงและการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลชิ้นงานเสียเฉลี่ยหลังปรับปรุงตั้งแต่เดือนเมษายน 2554 ถึงมิถุนายน 2554 พบว่าปัญหาจุดดำ ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานภายในลดลงจากเดิม 76.3% และจากการร้องเรียนของลูกค้าลดลงจากเดิม 95.5% ดังแสดงในรูปที่ 13 และ 14



รูปที่ 13 เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียจากการดำเนินงานภายใน



รูปที่ 14 เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสียจากการร้องเรียนของลูกค้า

5. สรุปผลการทดลอง

จากการประยุกต์ใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า มาช่วยแก้ปัญหาจุดดำ (Black Dot) ของกระบวนการฉีดขึ้นรูปปุ่มฉุกเฉินในรถยนต์ พบว่า ก่อนการปรับปรุงเกิดปัญหาจุดดำ (Black Dot) ดำเนินงานภายในมากถึง 3.88 % และจากการร้องเรียนของลูกค้าเท่ากับ 0.22 % ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยการระดมสมองโดยใช้แผนภูมิต้นไม้ (Tree Diagram) พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาคือ วิธีการทำความสะอาดหม้ออบไม่เหมาะสม วัตถุดิบที่ใช้ไล่วัตถุดิบเก่าไม่เหมาะสม ค่าอุณหภูมิในกระบอกฉีดในช่วง H_4 สูงเกินไป มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบไม่ชัดเจนและไม่มีการประเมินทักษะของพนักงานก่อนปฏิบัติงานจริง จากการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า วัตถุดิบที่ใช้ไล่วัตถุดิบเก่าไม่เหมาะสม ค่าอุณหภูมิในกระบอกฉีดในช่วง H_4 สูงเกินไป มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบไม่ชัดเจนและไม่มีการประเมินทักษะของพนักงานก่อนปฏิบัติงานจริง มีผลต่อปัญหาจุดดำ (Black Dot) อย่างมีนัยสำคัญ และจากการปรับปรุงด้วยการออกแบบการทดลองแบบ 2^2 Full Factorial เพื่อทำการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัย พบว่าวัตถุดิบที่ใช้ไล่วัตถุดิบเก่าที่เหมาะสมคือชนิดโพลีโพรพิลีน (PP), ค่าอุณหภูมิในกระบอกฉีดในช่วง H_4 ที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 230 องศาเซลเซียส และจากการปรับปรุงด้วยการจัดทำมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบใหม่ทำให้ได้มาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบที่เหมาะสม จากนั้นใช้การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage Study) มาใช้ประเมินทักษะของพนักงานก่อนปฏิบัติงานจริง ทำให้สามารถลดปัญหาจุดดำ (Black Dot) ของกระบวนการฉีดขึ้นรูปปุ่มฉุกเฉินในรถยนต์ ในส่วนการดำเนินงานภายในจาก 3.88 % เหลือ 0.92 % และจากการร้องเรียนของลูกค้าจาก 0.22 % เหลือ 0.01 % ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด

6. ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลงานวิจัยข้างต้น จะเห็นได้ว่าในการศึกษาครั้งต่อไป หากมีการเพิ่มเติม โดยการนำเทคนิคซิกซ์ ซิกม่ามาประยุกต์ใช้ในช่วงที่ผลิตภัณฑ์กำลังทำการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product) ก็จะยิ่งส่งผลให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเมื่อเริ่มทำการผลิตผลิตภัณฑ์ไปแล้ว การปรับปรุงแก้ไขบางอย่างทำได้ยากมาก เนื่องจากจะกระทบต่อต้นทุน และอาจต้องแจ้งให้ลูกค้าทราบเพื่อขออนุมัติการเปลี่ยนแปลง

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้เนื่องด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.ระพี กาญจนะ ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาให้ความรู้คำปรึกษา แนวคิด ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นต่างๆ และตรวจสอบข้อบกพร่อง อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยในครั้งนี้จนงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงใคร่ขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ และผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะครูอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้การเรียนการสอนด้าน สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสา

หการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

ประชุมวิชาการภาษาไทย

[1] นิศากร สมสุข, พงษ์ชิวา พงษ์พานิช, สารินี เลื่อนลอย และ นิติพัฒน์ ตาลเพชร. 2551. การลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์โดยการประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, สงขลา, ประเทศไทย, 20-22 ตุลาคม 2551.

[2] วิศิษฏ์ศรี วิยะรัตน์, อนุชา วัฒนาภา และสิทธิชัย แก้วเกื้อกูล. 2551. การลดของเสียในกระบวนการผลิตอาร์ดดิสก์โดยเทคนิคซิกส์ซิกม่า. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, สงขลา, ประเทศไทย, 20-22 ตุลาคม 2551

หนังสือภาษาไทย

[3] วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. 2548. ปฏิวัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma ฉบับ Champion และ Black Belt. บ.ศิริวัฒนาอินเตอร์พรินท์ จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

[4] วิทยา สุหฤทดำรง และท้องเดชา บ้านมะหิงษ์. 2545. Six Sigma กลยุทธ์การสร้างผลกำไรขององค์กรระดับโลก. สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด, กรุงเทพฯ.

[5] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. 2551. การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง (DOE). สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด, กรุงเทพ, หน้า 398-407.

[6] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2546. การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA). สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพ, หน้า 185-204.

Book

[7] David Benham, Michael Down, Peter Cvetkovski, Gregory Gruska, Tripp Martin and Steve Stahley. 2002. Measurement Systems Analysis (Third Edition), Automotive Industry Action Group (AIAG), Michigan, Page 131-132.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายธนรัตน์ เอี่ยมเจริญ
วัน เดือน ปีเกิด	8 ตุลาคม 2527
ที่อยู่	35/366 หมู่บ้านภัสสร12 ต.คลองสาม อ.คลองหลวง ปทุมธานี 12120
การศึกษา	
พ.ศ. 2548	สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลการเกษตร จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ.2549 – 2552	ตำแหน่งวิศวกรควบคุมคุณภาพ (QC&QA Engineer) บริษัท ไทยไทโย จำกัด
พ.ศ.2553 – 2555	ตำแหน่งวิศวกรควบคุมคุณภาพ (QC&QA Engineer) บริษัท ไทยมิตซูวา จำกัด (มหาชน)
พ.ศ.2555 – ปัจจุบัน	ตำแหน่งวิศวกรควบคุมคุณภาพ (QC&QA Engineer) บริษัท ชินอิตสุ แม็คเนติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี