



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการวิศวกรรม)

ปริญญา

การจัดการวิศวกรรม

วิศวกรรมอุตสาหการ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การลดต้นทุนคุณภาพในกระบวนการประกอบกล้องถ่ายภาพดิจิทัล

Quality Cost Reduction in Digital Camera Assembly Process

نامผู้วิจัย นางสาวจันทร์ทิพา มโนวิเชียร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ย่นันทชัย กานตานันทะ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์พิรุณ ช่างเสริมภูมิ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การลดต้นทุนคุณภาพในกระบวนการประกอบกล้องถ่ายภาพดิจิทัล

Quality Cost Reduction in Digital Camera Assembly Process

โดย

นางสาวจันทร์ทิพา มโนวิเชียร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ)

พ.ศ. ๒๕๕๖

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จันทร์ทิวา มโนวิเชียร 2556: การลดต้นทุนคุณภาพในกระบวนการประกอบกล้องถ่ายรูป
ดิจิทัล ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการวิศวกรรม) สาขาการจัดการ
วิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์
นันทชัย กานตานันทะ, Ph.D. 100 หน้า

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนคุณภาพโดยการลดของเสียของกระบวนการ
ประกอบกล้องถ่ายรูปดิจิทัล ต้นทุนคุณภาพประกอบด้วย ต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ
ต้นทุนการตรวจสอบและต้นทุนการป้องกัน และมีเป้าหมายในการลดร้อยละของของเสียใน
กระบวนการประกอบให้น้อยกว่าร้อยละ 2 ซึ่งเป็นเป้าหมายของบริษัทกรณีศึกษา

การวิจัยเริ่มจากการเก็บข้อมูลต้นทุนคุณภาพและใช้แผนภูมิพาเรโตแยกประเภทของเสียที่
เกิดขึ้น แล้วใช้แผนภูมิพาเรโตของดัชนีความสำคัญทำการคัดเลือกของเสียที่สำคัญ 3 ประเภท
ประกอบด้วย FPC แดกหัก/ไม่สมบูรณ์ รอยขีดข่วน และบัดกรีไม่สมบูรณ์ มาทำการวิจัย จากนั้นจึง
วิเคราะห์หาสาเหตุหลักโดยใช้แผนภูมิแก๊งปลาและนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและ
ผลกระทบมาเรียงลำดับความสำคัญของสาเหตุจากระดับคะแนนค่าดัชนีความเสี่ยงขึ้นและทำการ
คัดเลือกสาเหตุหลักเพื่อหาแนวทางในการลดของเสีย รวมถึงได้นำวิธีการออกแบบการทดลองเพื่อ
หาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการนำผลการศึกษาที่ได้ไปปรับปรุง และมีการ
ติดตามผลและควบคุมเพื่อให้ได้ระดับของคุณภาพที่ต้องการ

ผลการวิจัยพบว่า ต้นทุนคุณภาพลดลงจาก 1,270,000 บาทต่อเดือนเหลือเพียง 300,000
บาทต่อเดือน และสามารถลดร้อยละของของเสียจากร้อยละ 4.21 เหลือเพียงร้อยละ 0.85 ภายใน
ระยะเวลา 7 เดือน นอกจากนี้ค่าดัชนีความเสี่ยงซึ่งนำยังลดลงร้อยละ 80 ถึง 90

Jantiwa Manowichian 2013: Quality Cost Reduction in Digital Camera Assembly Process. Master of Engineering (Engineering Management), Major Field: Engineering Management, Department of Industrial Engineering. Thesis Advisor: Mr. Nantachai Kantanantha, Ph.D. 100 pages.

The objective of this thesis is to reduce the cost of quality by defect reduction in the digital camera assembly process. The cost of quality is composed of failure cost, appraisal cost, and prevention cost. The target is to reduce the percentage of defects to be less than two percent which is the goal of the case study company.

The research starts with the collecting of the cost of quality data and classifies the defect types by Pareto diagram. Based on the Pareto Priority Index, three main defect types are selected to study which are broken/incomplete Flexible Printed Circuit, scratch, and incomplete soldering. These defect types are analyzed using fishbone diagram to determine the main causes. The Failure Mode and Effects Analysis technique is employed to order the importance of the main causes according to the risk priority numbers. The causes are then selected to determine the guideline to reduce the defects. In addition, the Design of Experiments is performed to determine the levels of the significant factors. Finally, the results of the study are implemented, monitored, and controlled in order to achieve the desired quality level.

The results of the research show that the cost of quality is reduced from 1,270,000 baht per month to 300,000 baht per month and the percentage of defects is reduced from 4.21 percent to 0.85 percent within seven months. In addition, the risk priority numbers are decreased by 80 to 90 percent.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์นันท์ชัย กานตานันทะ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์พิรุณ ชาญเศรษฐิกุล และรองศาสตราจารย์ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งให้คำแนะนำระหว่างการทำวิทยานิพนธ์และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องเป็นอย่างดี และรองศาสตราจารย์พัชรภรณ์ ญาณภีร์ดี ประธานโครงการที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และกวดขัน ทั้งในการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สันติย์ สุภาภา ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์วรทัศน์ ขจิตวิยานุกุล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป กราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ ขอบคุณพี่ๆและเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้คำปรึกษา ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกให้ในทุกๆด้านจนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อคุณแม่ ที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

จันทร์ทิวา มโนวิเชียร

มีนาคม 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	26
อุปกรณ์	26
วิธีการ	27
ผลและวิจารณ์	66
สรุปและข้อเสนอแนะ	73
สรุป	73
ข้อเสนอแนะ	74
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	75
ภาคผนวก	80
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	100

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จำนวนยอดการผลิต ปริมาณของเสีย และต้นทุนคุณภาพที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554	2
2	การจำแนกประเภทของต้นทุนคุณภาพ	3
3	สัญลักษณ์เพื่อใช้ในการเขียนขั้นตอนการไหลของกระบวนการ (Process Mapping)	10
4	การเปรียบเทียบระบบการควบคุมแบบดั้งเดิมและการควบคุมด้วยตัวเอง	24
5	ต้นทุนคุณภาพโดยรวมของบริษัทตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมปี พ.ศ. 2554	27
6	ร้อยละต้นทุนคุณภาพโดยรวมของบริษัทตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554	30
7	จำนวนการผลิตตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมปี พ.ศ.2554	31
8	ลำดับค่า PPI ของประเภทของเสียในกระบวนการประกอบกล่องถ้วยพลาสติก	35
9	รูปของเสียแต่ละประเภท	37
10	แนวโน้มของค่า RPN ในแต่ละสาเหตุของปัญหา	41
11	ผลการทดลองการทดสอบสมมติฐาน (ปัญหาการจับชิ้นงานเอียง)	46
12	วิธีการปฏิบัติงานก่อนและหลังการปรับปรุงวิธีการทำงาน (วิธีการจับชิ้นงาน)	47
13	ผลการทดลองหลังทำการปรับปรุงวิธีการจับชิ้นงาน	48
14	ข้อมูลของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการขันกรู โดยการใช้ความยาวปลายบิดแตกต่างกัน	50
15	วิธีการปฏิบัติงานก่อนและหลังการปรับปรุงวิธีการทำงาน (วิธีการขันกรู โคนชิ้นงาน)	52

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
16 ผลการทดสอบหลังทำการปรับปรุงวิธีการจับชิ้นงาน	53
17 วิธีการปฏิบัติงานก่อนและหลังการปรับปรุงทวิสเซอร์	55
18 ผลการทดสอบหลังทำการปรับปรุงทวิสเซอร์	56
19 แผนการทดลองที่ได้จากการใช้โปรแกรมมินิแทป	58
20 ระดับของปัจจัยต่างๆที่ใช้ในการทดลองแบบ 2^3 แฟกทอเรียลเต็มรูป	58
21 ข้อมูลผลการทดลองด้วยวิธีการออกแบบ 2^3 แฟกทอเรียลเต็มรูป	59
22 ผลการทดสอบหลังทำการกำหนดมาตรฐานในการบัดกรี	64
23 การเปรียบเทียบมูลค่าของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพและร้อยละของเสีย	69
24 การเปรียบเทียบมูลค่าของต้นทุนคุณภาพตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมปี พ.ศ. 2554	71
ตารางผนวกที่	
1 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)	81
2 รายการคำนวณต้นทุนคุณภาพในแต่ละเดือนก่อนการปรับปรุงกระบวนการ	86
3 รายการคำนวณต้นทุนคุณภาพในแต่ละเดือนหลังการปรับปรุงกระบวนการ	88
4 สรุปต้นทุนคุณภาพในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการทำวิจัย	90
5 ระดับคะแนนของความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้น (Severity, S)	91
6 ระดับคะแนนของความถี่ของโอกาสในการเกิดความเสียหาย (Occurrence, O)	93
7 ระดับคะแนนของความสามารถในการตรวจพบความเสียหาย (Detection, D)	94

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แบบจำลองต้นทุนคุณภาพ	7
2 แผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram)	10
3 กราฟแสดงการกระจายตัวแบบปกติของค่าความผิดพลาด	18
4 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าความผิดพลาดเทียบกับค่า Observation Order	18
5 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าความผิดพลาดเทียบกับค่า Fitted Value	19
6 กราฟแท่งต้นทุนคุณภาพโดยรวมของบริษัทตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือน พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554	28
7 กราฟเปอร์เซ็นต์ต้นทุนคุณภาพโดยรวมของบริษัทตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือน พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554	29
8 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตของกล้องถ่ายรูปดิจิทัล	32
9 แผนภูมิพาเรโตแสดงประเภทของของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบ	34
10 แผนภูมิพาเรโตแสดงดัชนีความสำคัญ (PPI)	35
11 แผนภูมิพาเรโตแสดงคะแนนค่าดัชนีความเสี่ยงขึ้น (RPN) ของแต่ละสาเหตุ	42
12 การคำนวณหาขนาดของตัวอย่างด้วยโปรแกรมมินิแทป	45
13 การคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่จะนำไปใช้ทำการเก็บข้อมูลด้วยโปรแกรมมินิแทป	45
14 ผลการทดสอบ Test and CI for Two Proportion โดยใช้โปรแกรมมินิแทป (สาเหตุการจับชิ้นงานเอียง)	46
15 ผลการทดสอบแบบไคสแควร์โดยใช้โปรแกรมมินิแทปแทป (สาเหตุการจับ ชิ้นงานเอียง)	48
16 กราฟค่าความผิดพลาด (Residual Plots)	50
17 ผลการทดสอบ Two-Way ANOVA โดยใช้โปรแกรมมินิแทป (สาเหตุการขึ้นสกรู โดนชิ้นงาน)	51
18 ผลการทดสอบแบบไคสแควร์โดยใช้โปรแกรมมินิแทปแทป (สาเหตุการขึ้นสกรู โดนชิ้นงาน)	54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
19 ผลการทดสอบแบบโคสแควร์โดยใช้โปรแกรมมินิแทป (สาเหตุความคมของปลายทวิสเซอร์)	56
20 กราฟค่าความผิดพลาด (Residual Plots)	60
21 ผลการวิเคราะห์ในโปรแกรมมินิแทป ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ด้วย GLM (General Linear Model)	61
22 ผลการวิเคราะห์ในโปรแกรมมินิแทป ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ด้วยการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลเต็มรูป (Full Factorial Design)	62
23 ผลของปัจจัยร่วมที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการบัดกรี (Interaction Effect Plot)	62
24 ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการบัดกรี (Main Effect Plot)	63
25 ผลการทดสอบแบบโคสแควร์โดยใช้โปรแกรมมินิแทป (สาเหตุมาตรฐานที่ใช้ในการบัดกรีไม่เหมาะสม)	64
26 ผลการเปรียบเทียบของค่า RPN ก่อนและหลังการปรับปรุง	67
27 กราฟแท่งของเสีย (ร้อยละ) ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2554	68
28 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพและร้อยละของเสีย	70
29 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าของต้นทุนด้านคุณภาพตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2554	72
ภาพผนวกที่	
1 แผนภูมิแก๊งปลาของปัญหาารอยขีดข่วน	96
2 แผนภูมิแก๊งปลาของปัญหาการบัดกรีไม่สมบูรณ์	97
3 แผนภูมิแก๊งปลาของปัญหาการเสียบ FPC แดกหัก/ไม่สมบูรณ์	98
4 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าของต้นทุนคุณภาพในทุกประเภทและร้อยละของเสีย	99

การลดต้นทุนคุณภาพในกระบวนการประกอบกล้องถ่ายรูปดิจิทัล

Quality Cost Reduction in Digital Camera Assembly Process

คำนำ

จากเศรษฐกิจของประเทศไทยที่ผ่านมาและในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าการชะลอตัวอย่างมาก ทั้งภาครัฐและภาคอุตสาหกรรมเนื่องจากผลทางการเมืองภายในประเทศรวมถึงภาวะเศรษฐกิจทั่วโลก ทุกองค์กรไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก ได้มีการพัฒนาปรับปรุงตนเองกันอย่างต่อเนื่อง เพื่อความอยู่รอดขององค์กรและธุรกิจ จะเห็นได้ว่าองค์กรหลายๆ องค์กรประสบความสำเร็จในทางธุรกิจ เพราะองค์กรเหล่านั้นตระหนักถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะสร้างความมั่นใจและความน่าเชื่อถือต่อผู้บริโภค โดยทำการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและส่งมอบได้ตามความต้องการของลูกค้า ดังนั้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งสำคัญกับทุกองค์กร เพื่อให้ได้มาซึ่งคุณภาพที่องค์กรหลายๆ องค์กรได้มุ่งถึงการควบคุมกระบวนการผลิต การลดต้นทุนการผลิต และการบริการที่ดีสิ่งเหล่านี้จึงเป็นสิ่งที่หลายๆ องค์กรไม่ควรมองผ่านไป

บริษัทผลิตกล้องถ่ายรูปดิจิทัล ก็เป็นองค์กรหนึ่งที่กำลังเติบโตและเผชิญกับภาวะทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ดังนั้นเพื่อความอยู่รอดและเติบโตขององค์กรจึงได้มีการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งบริษัทแห่งนี้เป็นบริษัทผลิตกล้องถ่ายรูปที่มีคุณภาพสูงและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตทั้งหมดส่งออกไปยังต่างประเทศ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ในขณะนี้ทางบริษัทกำลังประสบปัญหาเกี่ยวกับต้นทุนคุณภาพที่สูงขึ้น จากปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตทำให้เกิดต้นทุนคุณภาพที่สูง ซึ่งก่อให้เกิดการทำงานซ้ำๆ และยังรวมถึงการเกิดต้นทุนที่เกิดจากการต้องทิ้งชิ้นส่วนเนื่องจากของเสียที่เกิดขึ้น

ดังนั้นสำหรับการดำเนินงานวิจัยนี้ จึงได้เน้นศึกษาต้นทุนคุณภาพที่สูงขึ้น ซึ่งมุ่งเน้นศึกษาจากปัญหาจากกระบวนการประกอบกล้องถ่ายรูปดิจิทัล เนื่องจากกระบวนการประกอบนี้เกิดของเสียเป็นจำนวนมาก และจากการศึกษาข้อมูลการผลิตตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ.

2554 พบว่าต้นทุนคุณภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนค่อนข้างสูง ดังข้อมูลแสดงจำนวนยอดการผลิต ปริมาณของเสียและต้นทุนคุณภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนยอดการผลิต ปริมาณของเสีย และต้นทุนคุณภาพที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือน มกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554

เดือน	แผนการผลิต (ชิ้น)	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	ปริมาณของเสีย (ชิ้น)	ของเสีย (ร้อยละ)	ต้นทุนคุณภาพ (บาท)
มกราคม	66,500	65,581	2,722	4.15	1,331,628
กุมภาพันธ์	70,000	66,045	2,853	4.32	1,297,567
มีนาคม	61,000	59,955	2,578	4.30	1,260,906
เมษายน	56,500	54,955	2,253	4.10	1,154,404
พฤษภาคม	68,000	64,727	2,719	4.20	1,317,666
เฉลี่ยต่อเดือน	64,400	62,253	2,625	4.21	1,272,434

จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 1 สามารถชี้ให้เห็นถึงเปอร์เซ็นต์ของเสียเฉลี่ยต่อเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2554 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 โดยมีค่าเฉลี่ยรวมถึง 4.21 เปอร์เซ็นต์ของยอดผลิตทั้งหมด ซึ่งเกินเป้าหมายตามนโยบายของบริษัทที่กำหนดไว้ต้องไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นถ้าพิจารณาแล้วจะเห็นได้ว่าถ้าปัญหานี้ยังไม่ได้รับการแก้ไขหรือดำเนินการใดๆ อาจส่งผลกระทบต่อการผลิต การส่งมอบ รวมถึงต้นทุนคุณภาพที่ต้องสูงขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 1 สามารถชี้ให้เห็นถึงต้นทุนคุณภาพที่ต้องสูญเสียเฉลี่ยต่อเดือนตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554 โดยมีค่าเฉลี่ยรวมถึง 1,270,000 บาทซึ่งสามารถแยกประเภทของต้นทุนคุณภาพได้อีก ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การจำแนกประเภทของต้นทุนคุณภาพ

เดือน	ต้นทุนความล้มเหลว ด้านคุณภาพ (บาท)	ต้นทุนการ ตรวจสอบ(บาท)	ต้นทุนการป้องกัน (บาท)	ต้นทุนคุณภาพ (บาท)
มกราคม	876,374	348,254	107,000	1,331,628
กุมภาพันธ์	906,417	290,150	101,000	1,297,567
มีนาคม	841,093	310,813	109,000	1,260,906
เมษายน	762,425	273,979	118,000	1,154,404
พฤษภาคม	881,470	316,196	120,000	1,317,666
ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	853,556	307,878	111,000	1,272,434
ร้อยละของ ต้นทุนคุณภาพ	67.08	24.20	8.72	100.00

ดังนั้นในการดำเนินงานวิจัยนี้ จึงนำประเด็นของการศึกษาการลดต้นทุนคุณภาพจากการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบกล่องถ้วยพลาสติก โดยการประยุกต์ใช้วิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) และการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและวิธีการแก้ปัญหาจะได้กล่าวในบทต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบกล่องถ้ายรูปดิจิทัลให้มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 2 โดยวิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) และเปรียบเทียบผลโดยการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test)

2. เพื่อกำหนดต้นทุนคุณภาพหลังการปรับปรุงกระบวนการประกอบกล่องถ้ายรูปดิจิทัล

ขอบเขตการวิจัย

1. การวิจัยการศึกษาเฉพาะกระบวนการประกอบกล่องถ้ายรูปดิจิทัลรุ่นจีพี ซึ่งมีขนาดกำลังการผลิต 850 ชิ้นต่อ 8.5 ชั่วโมง

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่ทำการวิจัยในครั้งนี้เป็นบริษัทผลิตกล่องถ้ายรูปดิจิทัลโดยทำการวิจัยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2554 จนถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2554 รวมระยะเวลา 12 เดือน

การตรวจเอกสาร

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิธีการวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการและวิธีการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนทางด้านคุณภาพที่เกิดจากของเสียในกระบวนการ ซึ่งวิธีการเหล่านี้สามารถสนับสนุนการตัดสินใจในการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้

1. ต้นทุนของคุณภาพ (Cost of Quality, COQ)

Schiffauerova and Thomson (2006) ได้กล่าวถึงแนวคิดของ COQ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีระบบในการจัดการคุณภาพระบบหนึ่งและเมื่อผลผลิตมีคุณภาพที่ดี โอกาสที่ลูกค้าจะเกิดความพึงพอใจก็มีสูง ขึ้น ดังนั้นจึงเป็นปัจจัยความสำเร็จที่สำคัญในการบรรลุการแข่งขันทางธุรกิจที่หลายบริษัทได้เลือกใช้และพยายามส่งเสริมอย่างจริงจัง

กำพล และ สุชาติ (2546) ได้อธิบายถึงความหมายของต้นทุนคุณภาพ (COQ) คือค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ที่ก่อให้เกิดคุณภาพ ซึ่งเป็นเครื่องมือในการวัดประสิทธิภาพการบริหารคุณภาพ โดยต้นทุนคุณภาพมีค่าเท่ากับผลรวมของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ ต้นทุนการตรวจสอบ และต้นทุนการป้องกัน Juran and Godfrey (1999) ได้กล่าวถึงการจำแนกต้นทุนคุณภาพประกอบด้วย

1. ต้นทุนการป้องกัน (Prevention Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความบกพร่อง และความสูญเสียในการผลิต รวมทั้งปัญหาในการดำเนินงานต่างๆ ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดมาตรฐาน เช่น การฝึกอบรมพนักงาน การทวนสอบการออกแบบ การวางแผนคุณภาพ การจัดตั้งทีมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ การออกแบบกระบวนการ การปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ต้นทุนการป้องกันความเสียหายอื่นๆ เป็นต้น

2. ต้นทุนการตรวจสอบการวัดและประเมินคุณภาพ (Appraisal Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวัดการตรวจสอบ และการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือการบริหารเพื่อที่จะสามารถพิจารณาได้ว่าผลิตภัณฑ์และบริการที่มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานหรือตรงตามความต้องการหรือไม่ เช่น การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบนำเข้า การตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการ การตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้าย การทดลองผลิตงานตัวอย่าง การสอบเทียบเครื่องมือวัด การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบคุณภาพและการทำรายงานสรุป การตรวจและทดสอบผลิตภัณฑ์ ต้นทุนการประเมินคุณภาพอื่นๆ เป็นต้น

3. ต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายใน (Internal Failure Costs) ซึ่งเป็นต้นทุนที่เกิดจากความบกพร่องทางคุณภาพ ก่อนที่จะมีการส่งมอบผลิตภัณฑ์หรือบริการให้แก่ลูกค้า เช่น ของเสีย (Defect) การแก้ไขงานบกพร่อง (Re-Work) การตรวจสอบซ้ำ (Re-Inspection) วัตถุดิบเก่าและล้าสมัยเครื่องจักรหยุด งานเสียจากผู้รับเหมา การทดสอบผลิตภัณฑ์ซ้ำ สินค้าคัดเกรด การเปลี่ยนแปลงแก้ไขวิธีการผลิต อุบัติเหตุ เป็นต้น

4. ต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายนอก (External Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดจากความบกพร่องทางคุณภาพหลังจากที่ได้มีการส่งมอบผลิตภัณฑ์หรือบริการให้แก่ลูกค้า เช่น การจัดการข้อร้องเรียนของลูกค้า ลูกค้าแจ้งสินค้ามีปัญหาตามระยะประกัน การเรียกคืนสินค้า ของเสียที่ลูกค้าส่งคืน เป็นต้น

Akkoyun and Ankara (2009) ได้คำนวณหาต้นทุนคุณภาพของแต่ละกระบวนการย่อยโดยสามารถคำนวณได้โดยใช้ตัวแปร 2 ค่า คือ ค่าใช้จ่ายต่อเวลา (บาท/นาทีก) และเวลาในการผลิตหรือเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ (นาทีก) ซึ่งเป็นวิธีค่อนข้างง่ายเมื่อเทียบกับการคำนวณโดยตรง ดังแสดงตามสมการที่ 1

$$UC = C \times T \quad (1)$$

และสามารถคำนวณหาต้นทุนรวมทั้งหมดได้จากสมการที่ 2

$$TC = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p (((C \times T)_k)_j)_i \quad (2)$$

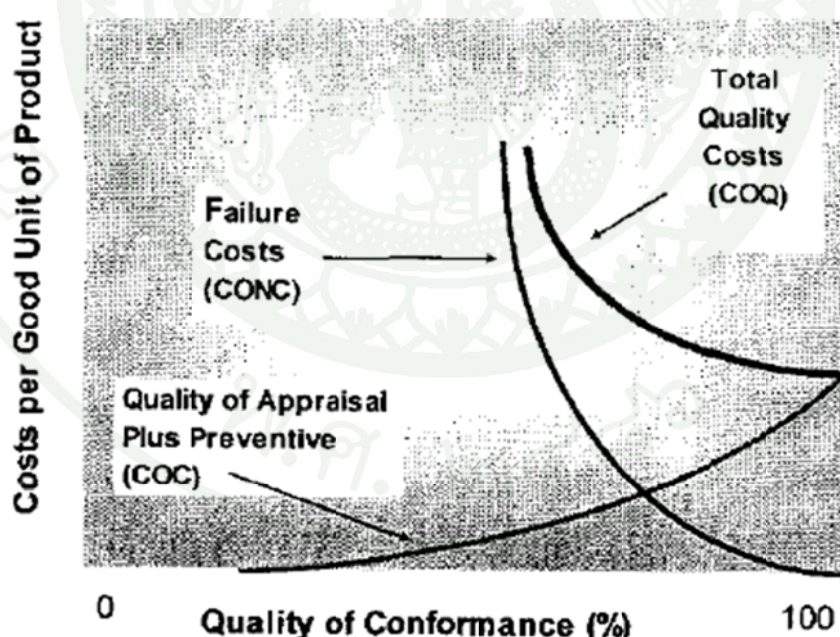
โดยที่ UC = ราคาต้นทุนต่อชิ้น

TC = ราคาต้นทุนทั้งหมด

T = เวลาในการผลิต (นาทึ)

C = ราคาต้นทุนต่อเวลา (บาท/นาทึ) เมื่อ i = ชนิด, j = ขั้นตอนการผลิต และ k = ราคาต้นทุนแต่ละชนิด

Hardy (2006) กล่าวว่า ต้นทุนคุณภาพสามารถวิเคราะห์ได้ในสองพื้นที่ของค่าใช้จ่าย คือ ต้นทุนเชิงรุก (ต้นทุนการป้องกันและต้นทุนการตรวจสอบ) และต้นทุนเชิงรับ (ต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายในและภายนอก) ดังแบบจำลองต้นทุนคุณภาพที่ได้รับการยอมรับดังแสดงที่ภาพที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ณ จุดๆหนึ่งแนวโน้มของต้นทุนเชิงรุกจะเพิ่มขึ้นและต้นทุนเชิงรับจะลดลง โดยส่วนใหญ่ผู้บริหารนิยมใช้แบบจำลองนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการจัดการต้นทุนการผลิตเพื่ออำนวยความสะดวกในการตัดสินใจที่จะเลือกทำกิจกรรมเพื่อปรับปรุงคุณภาพซึ่งสามารถช่วยระบุทั้งจุดอ่อนและจุดแข็งของบริษัทได้



ภาพที่ 1 แบบจำลองต้นทุนคุณภาพ

ที่มา: Juran and Gryna (1998)

Shank and Govindarajan (1994) กล่าวว่า ต้นทุนคุณภาพเป็นส่วนหนึ่งในกลยุทธ์การจัดการคุณภาพที่ไม่สามารถละเลยได้และได้เสนอแนวทางการวิเคราะห์และการจัดการออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 เป็นช่วงของการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนที่มีอยู่ในปัจจุบันรวมทั้งการวิเคราะห์หาสาเหตุของการทำให้ต้นทุนคุณภาพสูงขึ้น โดยการนำเทคนิคอื่นๆเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องในกระบวนการ ช่วงที่ 2 เป็นช่วงของการปรับปรุงวิธีการทำงานและกระบวนการใหม่เพื่อหาต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพที่สามารถลดได้โดยการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ ซึ่งในช่วงนี้ ต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพเริ่มมีแนวโน้มลดลงแต่ต้นทุนการตรวจสอบและต้นทุนการป้องกันจะเริ่มเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการตรวจสอบและการปรับปรุงอุปกรณ์ และช่วงที่ 3 เป็นช่วงการควบคุมคุณภาพแบบต่อเนื่องและควบคุมต้นทุนด้านคุณภาพให้ได้ตามเป้าหมายที่วางไว้ ซึ่งช่วงนี้เป็นการเพิ่มการปรับปรุงคุณภาพแต่ไม่เพิ่มต้นทุนคุณภาพโดยทำให้ต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ ต้นทุนการตรวจสอบ และต้นทุนการป้องกันมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ

Tsai (1998) ได้นำเสนอการวิจัยเกี่ยวกับต้นทุนคุณภาพภายใต้กิจกรรมตามต้นทุน (Cost of quality-activity-based costing, COQ-ABC) เนื่องจาก COQ ยังไม่มีการจัดสรรเกี่ยวกับ ค่าแรงทางอ้อม (Overhead costs) เป็นต้น ดังนั้นจึงนำ COQ-ABC มาประยุกต์ใช้ร่วมกันเนื่องจากสามารถคำนวณต้นทุนได้ถูกต้องมากขึ้นตามกิจกรรมที่เกิดขึ้นจริงรวมถึงการปรับปรุงกระบวนการและยังสามารถวางแผนได้อย่างต่อเนื่องและถูกต้องมากขึ้นด้วย

Rasamanie and Kanapathy (2011) ได้ศึกษาถึงข้อดีและข้อเสียหลังการดำเนินงานตามแนวคิดของ COQ ในงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งในประเทศมาเลเซีย ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ข้อดี

1. เพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การบริการและลดอัตราส่วนของข้อบกพร่องลงได้
2. ลดต้นทุนของสินค้า การบริการและลดต้นทุนในกระบวนการผลิต
3. เกิดระบบของการควบคุมคุณภาพอย่างต่อเนื่องโดยการลดกระบวนการที่ไม่เกิดมูลค่า
4. สามารถวิเคราะห์เกี่ยวกับผลกระทบของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การบริการทางธุรกิจ

เช่น ยอดขายกำไรและขาดทุน

ข้อเสีย

1. ไม่มีการระบุกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพและต้นทุนคุณภาพที่ชัดเจน
2. ขาดการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูงในช่วงเริ่มต้น
3. เนื่องจากความยากลำบากในการเข้าถึงข้อมูลทางการเงินทำให้ยากต่อการวิเคราะห์ข้อมูล

โดยรวม

2. การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)

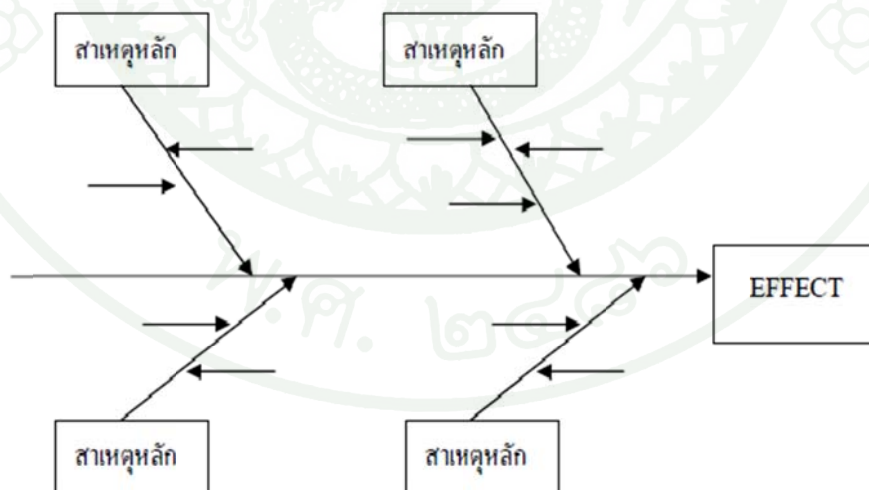
de Souza and Alvares (2008) ได้กล่าวถึง เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เป็นเทคนิคทางวิศวกรรมที่มีจุดมุ่งเน้นที่ชี้ให้เห็นถึงคุณลักษณะของความเสียหาย (Failure Mode) หรือลักษณะข้อบกพร่องที่ก่อให้เกิดผลกระทบจากความเสียหาย (Effect) อันเนื่องมาจากการออกแบบการผลิต หรือการบริการ และนำไปสู่การวิเคราะห์ (Analysis) หาวิธีป้องกันการเกิดความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น โดยการจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นได้ของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจวางแผนพัฒนาคุณภาพและความปลอดภัยโดยลักษณะข้อบกพร่อง คือสภาพของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่เกิดความล้มเหลวในการปฏิบัติงาน (Kmenta *et al.*, 1999) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นข้อบกพร่องทางกายภาพ (Physical Characteristics) ได้แก่ การแตก รอยร้าว การบิดเบี้ยว ความร้อน รอยไหม้ เป็นต้น โดยสามารถสังเกตได้โดยการใช้ประสาทสัมผัส ถ้าหากว่าปัญหาเหล่านี้ไม่ได้รับการแก้ไขจะส่งผลกระทบต่อชิ้นส่วนหรือระบบงานอื่นทำให้เกิดอาการขัดข้องหรือเสียหายในที่สุด

ดังนั้นก่อนการเริ่มต้นของการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบอาจต้องนำเทคนิคอื่นๆ เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ด้วยเพื่อช่วยให้วิเคราะห์หาสาเหตุได้ใกล้เคียงข้อเท็จจริงมากขึ้น ซึ่งขั้นตอนการไหลของกระบวนการ (Process mapping) ก็เป็นหนึ่งในเครื่องมือเบื้องต้นที่มักใช้เพื่อที่จะช่วยให้เราสามารถเห็นถึงภาพที่แท้จริงในกิจกรรมต่างๆ ของกระบวนการทั้งระบบและเมื่อเห็นภาพรวมชัดเจนขึ้นทั้งเวลา ลำดับขั้นตอน รายละเอียดงาน และผู้รับผิดชอบ ซึ่งแสดงในภาพเดียวกันจะทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และสามารถระบุจุดอ่อน-จุดแข็งของระบบได้ (Czarski, 2008) และได้แสดงรายละเอียดของสัญลักษณ์เพื่อใช้ในการเขียนขั้นตอนการไหลของกระบวนการ (Process Mapping) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สัญลักษณ์เพื่อใช้ในการเขียนขั้นตอนการไหลของกระบวนการ (Process Mapping)

ลำดับ	สัญลักษณ์	ความหมาย
1	○	การผลิต
2	➡	การเคลื่อนย้าย
3	□	การตรวจสอบ
4	⌒	เกิดการขัดข้องต้องรอคอย
5	▽	การเก็บ

จากนั้นจะเป็นการเริ่มต้นของการวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่องส่วนมากนิยมใช้แผนภูมิกระดูกปลา (Fish Bone Diagram) ดังแสดงที่ภาพที่ 2 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบปลายเปิด จึงทำให้สามารถกำหนดปัจจัย (Factor) หรือสาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes) ไว้เพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการแก้ปัญหาต่อไป (Ferreira and Lopes, 2010) และเพื่อนำไปสู่การเริ่มต้นการวิเคราะห์ปัญหาโดยวิธี FMEA



ภาพที่ 2 แผนภูมิกระดูกปลา (Fishbone Diagram)

ที่มา: ฝ่ายการผลิต บริษัทกรณีศึกษา (2555)

การวิเคราะห์ตามหลักการของ FMEA ซึ่งพบว่าในแต่ละสาเหตุของการเกิดคุณลักษณะของความเสียหายหรือปัจจัยที่เสี่ยง (Cause of Failure Mode) ที่ได้ผ่านการวิเคราะห์โดยแผนภูมิก้างปลา จะมีการประเมินค่าความถี่ระดับคะแนนของดัชนีความเสี่ยงขึ้นนำ (Risk Priority Number, RPN) โดยคำนวณได้จาก $RPN = S \times O \times D$ (Chi-Liang and Liu, 2008) ซึ่งพิจารณาจากผลคูณของระดับความรุนแรงของความเสียหายที่เกิด (Severity, S) ระดับความถี่ของโอกาสในการเกิดความเสียหาย (Occurrence, O) และระดับความสามารถในการตรวจพบของความเสียหายที่เกิด (Detection, D) ซึ่งจะให้ผลการคำนวณชัดเจนไม่เอนเอียง (Bias) เนื่องจากมีการแบ่งช่วงของระดับตั้งแต่ 1-10 ช่วง (ระดับที่ 1 ความรุนแรงน้อยที่สุด, ระดับที่ 10 ความรุนแรงมากที่สุด) จากนั้นหากพบว่าสาเหตุใดมีค่า RPN ที่สูงที่สุดสาเหตุนั้นจะได้รับการแก้ไขเป็นอันดับต้นๆ ส่วนสาเหตุใดที่ได้ค่า RPN รองลงมาสาเหตุนั้นก็อาจจะได้รับการแก้ไขในลำดับถัดไป จากนั้นจะมีการระดมความคิดจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเพื่อเสนอแนวทางวิธี การแก้ไขและดำเนินการแก้ไขปรับปรุงต่อไปและจึงเก็บข้อมูลหลังการแก้ไขและปรับปรุงและทบทวนค่า RPN ใหม่อีกครั้งหนึ่ง โดยส่วนมากแล้วค่า RPN จะมีแนวโน้มลดลง

เทคนิค FMEA นี้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย เช่น Hung and Sung (2011) ได้ใช้วิธีการของ Six Sigma ในการปรับปรุงกระบวนการของบริษัทอาหารในประเทศไต้หวันเพื่อปรับปรุงคุณภาพ โดยเพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้าภายในและภายนอกหรือการลดค่าใช้จ่ายของต้นทุนคุณภาพนั่นเอง ในการวิจัยนี้ได้นำระเบียบวิธี DMAIC (Define-Measure- Analyze-Improve-Control) มาประยุกต์ใช้ในการลดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการและลดอัตราข้อบกพร่องที่สูง และได้นำเทคนิคอื่นๆมาประยุกต์ใช้อีกด้วย เช่น แผนภูมิพาเรโต แผนภูมิต้นไม้ กระบวนการไหลของกระบวนการ แผนภูมิก้างปลา การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล เป็นต้น จากกระบวนการทั้งหมดสามารถลดอัตราส่วนของของเสียจาก 0.45% เหลือเพียง 0.141% ภายในระยะเวลา 6 เดือน

และในปัญหาที่มีความหลากหลาย Puente *et al.* (2002) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA โดยนำเสนอหลักการที่อาศัยระบบการตัดสินใจที่ใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพในการจัดอันดับความเสี่ยงที่มีสาเหตุมาจากข้อบกพร่องของระบบการผลิต และ Rhee and Ishii (2003) ได้นำหลักการของเทคนิค FMEA ร่วมกับพื้นฐานราคาเป็นเครื่องมือวัดความเสี่ยงในการเปรียบเทียบและเลือกแนวทางในการ

ออกแบบเพื่อลดวัฏจักรของการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้แบบจำลอง Monte Carlo กับ FMEA ในขณะที่ von Ahsen (2008) ก็ได้เสนอวิธีการของ FMEA มาดำเนินการในความร่วมมือกับซัพพลายเออร์รายหนึ่ง โดยการประเมินค่าความเสี่ยงขึ้น (RPN) ของกระบวนการทั้งก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงโดยมีความคาดหวังว่าจะสามารถปรับปรุงคุณภาพและต้นทุนคุณภาพให้ดีขึ้น และได้กล่าวว่าวิธีการนี้จะช่วยให้ผู้บริหารและนักออกแบบสามารถป้องกัน ควบคุมคุณภาพ และต้นทุนคุณภาพล่วงหน้าได้ และยังได้มีการประยุกต์หลักการของ FMEA เข้าร่วมกับการใช้ซอฟต์แวร์หรือแบบจำลองเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผลิตภัณฑ์ในอนาคตและการออกแบบกระบวนการซึ่งเป็นขึ้น ตอนหนึ่งของนักออกแบบในการเสนอแนวคิดของการควบคุมความล้มเหลวที่อาจจะเป็นไปได้ล่วงหน้า เพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการออกแบบและขั้นตอนที่ยุ่งยาก (Teoh and Case, 2004)

3. ทฤษฎีทางสถิติ

ประไพศรี และ พงษ์ชนัน (2551ก) ได้ให้นิยามเกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานทางสถิติเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บข้อมูล (Data Collection) การนำเสนอ (Data Presentation) และการวิเคราะห์ผลข้อมูล (Data Analysis) อย่างเป็นระบบและยังนิยมใช้เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการแก้ไขในงานวิศวกรรม ทั้งในส่วนของการออกแบบผลิตภัณฑ์ การออกแบบกระบวนการผลิต และยังสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีวัตถุประสงค์หลักอยู่ 2 ประการ คือ

1. เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบมาตรฐานในการผลิต หรือใช้เป็นข้อกำหนดระหว่างผู้ผลิตกับลูกค้าในการผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น กำหนดมาตรฐานสินค้า (Specification) เป็นต้น
2. ใช้เพื่อเปรียบเทียบและหาทางเลือกให้กับเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดของระบบหรือกระบวนการ เช่น การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมให้กับเครื่องจักร เป็นต้น

ในการวิจัยนี้ได้เลือกวิธีการที่นิยมใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลจากการทดลองอย่างง่าย (Sample Comparative Experiment) ที่จะกล่าวถึงมีอยู่ 3 วิธี คือ แผนภูมิพารेटโต (Pareto Priority Index) การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) และการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test)

3.1 แผนภูมิพารेटโต (Pareto Priority Index Chart, PPI)

การนำแผนภูมิพารेटโตเป็นเครื่องมือที่ใช้เปรียบเทียบลำดับความสำคัญของสาเหตุหรือปัญหาที่เกิดขึ้นโดยประยุกต์กราฟแท่งที่แสดงการเรียงลำดับค่าของข้อมูลที่มีค่าสูงสุดไว้ทางซ้าย แล้วเรียงลำดับค่าของข้อมูลที่ลดลงมาทางขวาของกราฟ เพื่อใช้เปรียบเทียบให้เห็นถึงการลำดับความสำคัญของข้อมูลพร้อมกับระบุขนาดหรือปริมาณของความสำคัญที่เสนอนั้น Mijailovic (2008) ได้กล่าวถึงการคำนวณหาค่า PPI โดยสามารถคำนวณหาค่าได้จากสมการที่ 3

$$PPI = \frac{\text{Saving Cost} \times \text{Probability of success}}{\text{Implementation Cost} \times \text{Completion time (years)}} \quad (3)$$

โดยที่

ต้นทุนประหยัด (Saving Cost) เป็นต้นทุนเชิงบวกที่เกิดขึ้นหลังจากการลดข้อบกพร่องทางคุณภาพ เช่น ค่าวัสดุดิบ การแก้ไขงานบพร่อง การตรวจงานซ้ำ เป็นต้น

ความน่าจะเป็นที่จะทำสำเร็จ (Probability of success) เป็นความคาดหวังที่จะดำเนินกิจกรรมจนสำเร็จ

ต้นทุนในการทำ (Implement Cost) เป็นต้นทุนเชิงลบที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมเพื่อป้องกันไม่เกิดข้อบกพร่องและความสูญเสียในการผลิต เช่น ค่าอุปกรณ์เครื่องจักร การฝึกอบรม เป็นต้น

เวลาที่ทำสำเร็จ (Completion time) เป็นเวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมปรับปรุงจนสำเร็จต่อปี

3.2 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

ประไพศรี และ พงศ์ชนัน (2551ข) ได้ให้นิยามเกี่ยวกับการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) คือ การทดสอบเพื่อสรุปหรือพิสูจน์ข้อความซึ่งเป็นข้อสมมติเกี่ยวกับกระบวนการที่สนใจศึกษาว่าเป็นไปได้ตามที่คาดคะเนไว้หรือไม่ สามารถแบ่งข้อสมมติฐานเป็น 2 ส่วนหลักคือ สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis; H_0) คือ ข้อสมมติฐานหรือข้อความที่ต้องการพิสูจน์ว่าเป็นเท็จ (Disprove) หรือข้อความที่ต้องการปฏิเสธ ดังนั้นข้อความที่ระบุในสมมติฐานหลักซึ่งจะเป็นบทกลับหรือส่วนกลับของสมมติฐานรองเสมอ สมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis; H_1) คือข้อสมมติฐานหรือข้อความที่ต้องการจะพิสูจน์ว่าจริง (Prove) หรือต้องการยอมรับ

ในการทดสอบสมมติฐานว่าจะเป็นจริงหรือไม่ ในทางปฏิบัติจะไม่สามารถกระทำได้อย่างทั่วถึง ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม จากนั้นจึงนำค่าทางสถิติต่างๆที่ได้รับจากกลุ่มตัวอย่างนั้นๆเข้ามาช่วยในการตัดสินใจว่า เป็นจริงหรือไม่ ซึ่งในขั้นตอนของการตัดสินใจ หรือความผิดพลาดในการทดสอบ (Test Error) สามารถผิดพลาดได้ 2 กรณีคือ

1. ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I Error; α) คือ โอกาสที่ผลสรุปจากการทดสอบสมมติฐานเพื่อยืนยันการปฏิเสธข้อความในสมมติฐานหลัก H_0 เมื่อพารามิเตอร์ที่ระบุใน H_0 สอดคล้องกับค่าที่แท้จริง ซึ่งค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 นี้มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ระดับนัยสำคัญ (Significance Level) หรือ ระดับการทดสอบ (Level of the Test) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\alpha &= P(\text{ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1}) \\ &= P(\text{ปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_0 \text{ ถูกต้อง})\end{aligned}$$

2. ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II Error; β) คือ โอกาสที่ผลสรุปจากการทดสอบสมมติฐานโดยไม่สามารถปฏิเสธข้อความในสมมติฐานหลักได้ (Fail to Reject หรือ FTR H_0) เมื่อพารามิเตอร์ที่ระบุในสมมติฐานรอง (H_1) ถูกต้อง ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\beta &= P(\text{ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 2}) \\ &= P(\text{ไม่ปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_1 \text{ ถูกต้อง}) \\ 1 - \beta &= P(\text{ปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_1 \text{ ไม่ถูกต้อง})\end{aligned}$$

$1 - \beta$ เรียกว่า อำนาจของการทดสอบ (Power of Test)

ในทางปฏิบัติค่าทางสถิติที่นิยมนำมาช่วยในการตัดสินใจทดสอบสมมติฐานว่าจะเป็นจริงหรือไม่ คือ ค่า P-Value ซึ่งเป็นความน่าจะเป็นที่น้อยที่สุดหรือโอกาสที่น้อยที่สุดที่จะสามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ในการทดสอบสมมติฐาน เมื่อสมมติฐานหลักนั้นถูกต้อง ดังนั้นระดับความเชื่อมั่นที่แท้จริงของการทดสอบสมมติฐานนั้น คือ $1 - (P\text{-Value})$ และในปัจจุบันมีการนำโปรแกรมทางสถิติมาช่วยคำนวณค่า P-Value และสามารถสรุปผลได้ง่ายขึ้น โดยจะทำการปฏิเสธ H_0 เมื่อค่า $P\text{-Value} < \alpha$, (α = ระดับนัยสำคัญ)

ขนาดของตัวอย่าง (Sample Size) ก็เป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องกำหนดให้เหมาะสมเพื่อช่วยให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือ (Bartlett *et al*, 2001) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4

$$n_{Lot} = \left[\frac{z_{\alpha/2} \sqrt{p_0(1-p_0)} + z_{\beta} \sqrt{p(1-p)}}{p - p_0} \right]^2 \quad (4)$$

โดยที่ n_{Lot} = จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่สุ่มมาทำการวัด

$z_{\alpha/2}$ = ค่ามาตรฐานที่ $\alpha / 2$

z_{β} = ค่ามาตรฐานที่ β

p_0 = ค่าสัดส่วนชิ้นงานที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพที่คาดหวัง

p = ค่าสัดส่วนชิ้นงานที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพที่คาดหวังของความแตกต่างในแต่ละการสุ่ม

α = ค่าของ Type I Error

β = ค่าของ Type II Error หรือ ค่าของอำนาจของการทดสอบ

3.3 การทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test)

Roscoe and Byars (1971) ได้กล่าวถึงการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) เป็นวิธีการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่อยู่ในรูปของความถี่หรือในรูปของสัดส่วน เช่น ความสนใจ การยอมรับ เป็นต้น ซึ่งไม่สามารถวัดค่าออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้ แต่สามารถจำแนกออกเป็นหมวดหมู่ได้ เช่น มากที่สุด-น้อยที่สุด หรือ ดี-ไม่ดี เป็นต้น ดังนั้นการทดสอบไคสแควร์จึงเป็นวิธีการทางสถิติที่นิยมใช้มากในการเปรียบเทียบหรือทดสอบข้อมูลที่เป็นความถี่หรือข้อมูลที่อยู่ในรูปของสัดส่วนเกิดจากการเก็บรวบรวมจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องแล้วจำแนกออกมาเป็นความถี่หรือสัดส่วน ถ้าหากต้องการศึกษาว่าการแจกแจงความถี่ของข้อมูลที่ได้จากตัวแปรหนึ่งเป็นไปลักษณะใดหรือถ้าหากต้องการเปรียบเทียบตัวแปร 2 กลุ่มหรือมากกว่า 2 กลุ่มว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ การทดสอบไคสแควร์จะเหมาะสมกว่าการทดสอบด้วย Z เนื่องจากการทดสอบด้วย Z เหมาะสำหรับการทดสอบสัดส่วนของประชากรเพียงกลุ่มเดียว หรือการทดสอบความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของสิ่งที่สนใจจากประชากร 2 กลุ่มเท่านั้น สำหรับการทดสอบไคสแควร์จำแนกออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1. การทดสอบสารูปสนิทธิ (The goodness of fit test) เป็นการทดสอบเพื่อศึกษาว่าการแจกแจงความถี่ของตัวแปรเป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยศึกษาจากตัวแปรเพียงตัวเดียว โดยการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจากตัวแปรกับข้อมูลที่ได้จากความคาดหมายหรือจากทฤษฎีใด ๆ ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่

2. การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Test of Association) หรือเรียกว่าการทดสอบความเป็นอิสระ (Test of Independence) เป็นการทดสอบเพื่อศึกษาว่าตัวแปรต่างๆ สัมพันธ์กันหรือไม่จะมีหลักการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเพื่อ ให้สามารถหาค่าที่คาดหมายได้ โดยกำหนดสมมติฐานเป็นกลางว่าจะไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง หรืออีกลักษณะหนึ่งก็คือ ตัวแปรทั้งสองมีอิสระต่อกัน

3. การทดสอบความเป็นเอกภาพ (Test of Homogeneity) เป็นการทดสอบความเหมือน(หรือความไม่แตกต่าง) โดยพิจารณาจากความน่าจะเป็นหรืออัตราส่วนของตัวแปรทั้งสอง ถ้ามีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าตัวแปรมีความเหมือนกัน

Lunsford and Fink (2010) ได้นำการทดสอบความเป็นอิสระ (Test for Independence) มาช่วยในการตัดสินใจทางวิศวกรรมเพื่อศึกษาว่าตัวแปรต่างๆ สัมพันธ์กันหรือไม่โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทีละคู่ ซึ่งอาจจำแนกออกเป็นหลายกลุ่มหรือหลายพวกและเมื่อต้องการทดสอบความสัมพันธ์ต้องนำข้อมูลแต่ละคู่มาใส่ตารางเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองซึ่งอาจกำหนดอยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่า H_0 : ปัจจัยที่พิจารณามีความเป็นอิสระต่อกัน และ H_1 : ปัจจัยที่พิจารณามีความไม่เป็นอิสระต่อกัน

บทสรุป การทดสอบไคสแควร์ เป็นการทดสอบผลการศึกษาคาดเคลื่อนไปจากความถี่ที่คาดหวัง (หรือความถี่ที่ควรจะเป็น) มากน้อยเพียงใด การทดสอบจะบอกให้ทราบว่าตัวแปรทั้งสองมีความเป็นอิสระต่อกันหรือไม่ แต่ผลของการทดสอบจะไม่ได้ระบุถึงระดับของความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองทราบเพียงแต่มีความสัมพันธ์กันหรือไม่เท่านั้น โดยกำหนดสมมติฐานเป็นกลางไว้ว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างความถี่ที่ศึกษากับความถี่ที่คาดหวัง หลังจากนั้นจึงดำเนินการทดสอบโดยเปรียบเทียบค่าที่ศึกษากับค่านัยสำคัญที่กำหนดไว้ เพื่อสรุปผลการทดลอง

4. การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง (Design and Analysis of Experiments)

ในการตัดสินใจทางวิศวกรรมนั้น ในทางปฏิบัติข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานในสภาวะจริง บางครั้งจะไม่สามารถนำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์และทำการตัดสินใจได้ เนื่องจากข้อมูลเหล่านั้นไม่มีสารสนเทศเพียงพอ จึงจำเป็นต้องทำการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถรวบรวมสารสนเทศที่มากพอที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ได้ แต่ก่อนที่จะทำการทดลองจำเป็นต้องมีการวางแผนการทดลองให้ดียิ่งขึ้นเพื่อป้องกันความผิดพลาดและข้อมูลอื่นเข้ามาปะปนได้ ดังนั้นจึงต้องกำหนดเงื่อนไขในการทดลองที่จะทำให้สามารถตีความถึงสาเหตุ และผลต่อการตัดสินใจที่ต้องการให้ชัดเจนก่อน ซึ่งในปัจจุบันมีหลายวิธีที่แตกต่างกันบ้างแต่โดยหลักการจะมีแนวทางที่ใกล้เคียงกันซึ่งในที่นี้จะกล่าวเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องเท่านั้น โดยแบ่งแยกได้ดังนี้

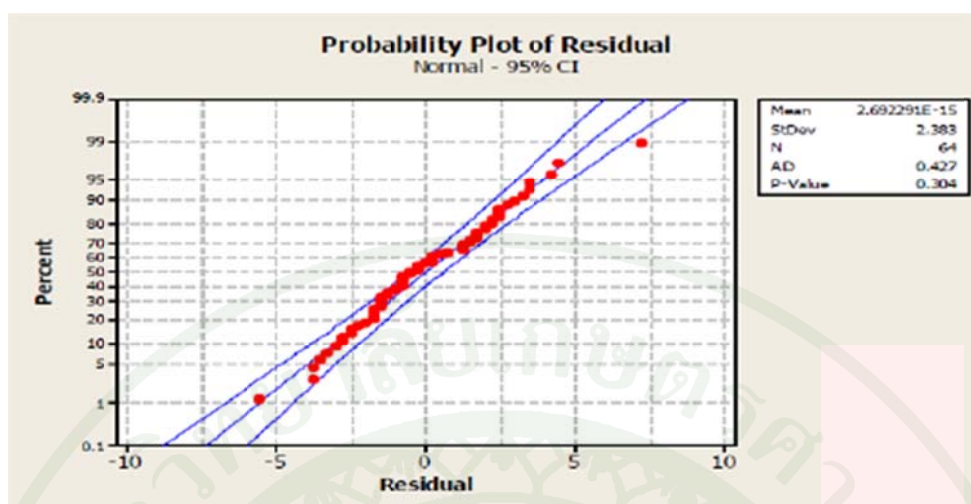
4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA)

ANOVA เป็นวิธีที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่สองประชากรขึ้นไป โดยแยกความแปรปรวนหรือความแตกต่างของข้อมูลที่เกิดขึ้นทั้งหมดออกตามสาเหตุหลักคือความแปรปรวนหรือความแตกต่างของข้อมูลระหว่างประชากร และความแปรปรวนหรือความแตกต่างของข้อมูลภายในประชากรเดียว

ANOVA แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือแบบจำแนกทางเดียว (One – Way ANOVA) เป็นการสนใจศึกษาปัจจัยเพียงปัจจัยเดียวเพื่อดูว่าระดับที่แตกต่างกันของปัจจัยมีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และแบบจำแนกสองทาง (Two – Way ANOVA) เป็นการสนใจศึกษาผลกระทบของปัจจัยสองปัจจัย (ไม่สนใจอันตรกิริยา) ต่อตัวแปรตอบสนองว่ามีในกลุ่มมีความคล้ายคลึงกันหรือมีความแตกต่างกันมากที่สุด

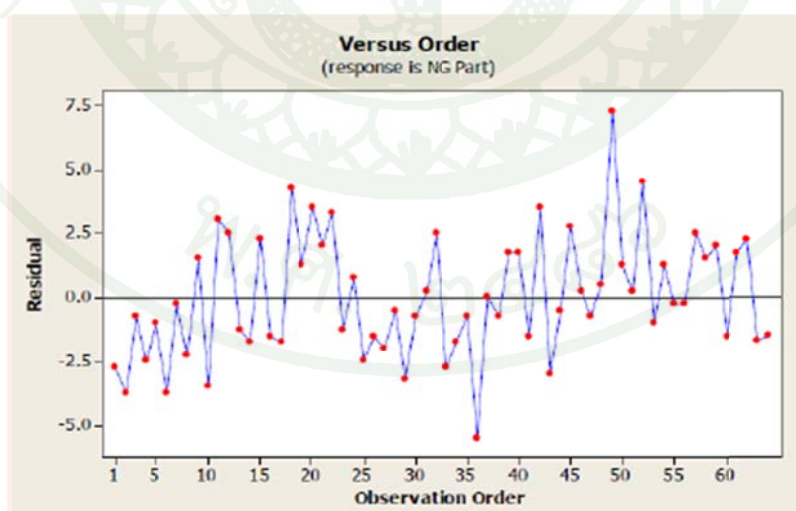
ในการวิเคราะห์แบบ ANOVA จะสามารถนำมาใช้ได้ก็ต่อเมื่อ ข้อมูลต้องมีการกระจายตัวแบบปกติ ข้อมูลที่เก็บมาต้องมีความเป็นอิสระต่อกัน และค่าความแปรปรวนต้องคงที่ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ดังนี้

1. การตรวจสอบการแจกแจงปกติ (Normal Probability Plot) สามารถตรวจสอบได้โดยการนำข้อมูลไปพล็อตกราฟของความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าความผิดพลาด (Residual) ถ้ากราฟดังกล่าวมีลักษณะเป็นเส้นตรง ข้อสมมติฐานก็จะมีความถูกต้อง ดังแสดงในภาพที่ 3



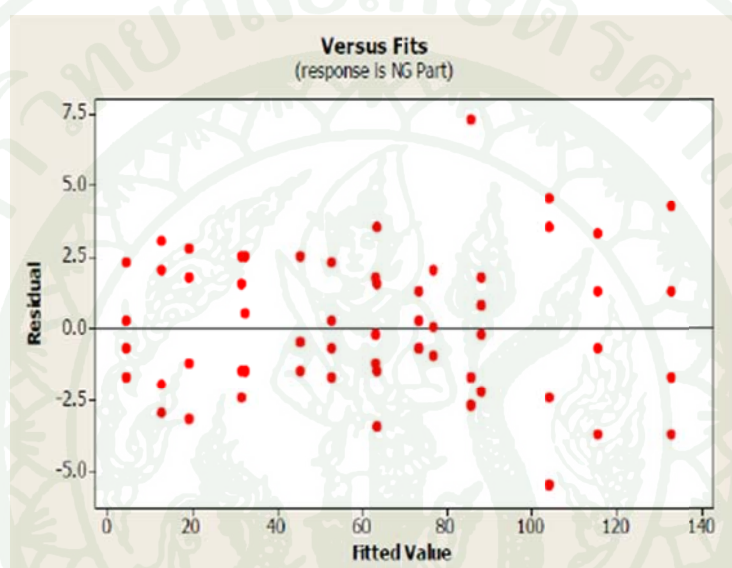
ภาพที่ 3 กราฟแสดงการกระจายตัวแบบปกติของค่าความผิดพลาด

2. การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล (Independently Distributed) สามารถตรวจสอบได้โดยการนำข้อมูลไปพล็อตกราฟของการกระจายตัวของ Residual เทียบกับ Observation ถ้ากราฟดังกล่าวไม่มีลักษณะเป็นรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ข้อสมมติฐานก็就会有ความถูกต้อง ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าความผิดพลาดเทียบกับค่า Observation Order

3. การตรวจสอบความแปรปรวนคงที่ (Constant Variance, σ^2) สามารถตรวจสอบได้ โดยการนำข้อมูลไปพล็อตกราฟระหว่างค่าความผิดพลาด (Residual) กับค่าประมาณของการทดลองที่ระดับ i ใดๆ (Fitted Value) โดยค่าความผิดพลาดควรมีแนวโน้มที่มีการกระจายแบบสุ่ม หรือไม่มีรูปแบบที่แน่นอนหรือไม่เข้าข่ายในลักษณะปากแตร ข้อสมมติฐานก็就会有ความถูกต้อง ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าความผิดพลาดเทียบกับค่า Fitted Value

เทคนิคนี้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย เช่น Kanlayasiri and Boonmung (2007) ได้เลือกใช้วิธีการออกแบบ แบบแฟกทอเรียลเต็ม (2^k) โดยที่ค่า k คือ จำนวนของตัวแปรควบคุมในการทดลอง ในที่นี้กำหนดตัวแปรควบคุม 4 ตัวแปรคือค่า ช่วงเวลาในการจ่ายไฟฟ้า (ON) , ช่วงเวลาในการหยุดจ่ายไฟฟ้า (OFF) ,ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด (Ip) และค่าความถี่ของโหลด (Wt) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% และมีการนำวิธี ANOVA มาทดสอบสมมติฐานต่างๆ ก่อนว่าสามารถใช้การวิเคราะห์แบบ ANOVA ได้หรือไม่ ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกันหรือไม่ และมีค่าคงที่ความผันแปรเท่าใด โดยใช้วิธีการสร้างกราฟ Residual ว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ หลังจากทดสอบพบว่าช่วงเวลาในการจ่ายไฟฟ้า (ON) และค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด (Ip) มีนัยสำคัญต่อความละเอียดของผิวชิ้นงานในขณะที่ช่วงเวลาในการหยุดจ่ายไฟฟ้า (OFF) และค่า

ความถี่ของลวด (Wt) ไม่มีผลต่อผิวงาน และในส่วนที่ค่าที่เมื่อทำงานร่วมกันแล้วส่งผลต่อผิวคือ ช่วงเวลาในการจ่ายไฟฟ้า (ON) และค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด (I_p) เท่านั้น ในขณะที่ค่าอื่นไม่มีนัยสำคัญ

4.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ (Full Factorial Design)

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล หมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการทดลอง ซึ่งเกี่ยวกับตัวแปรหลายๆตัวที่จำเป็นในการศึกษาผลที่เกิดร่วมกันของปัจจัยต่างๆต่อผลที่ได้ (Response)

การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k (The 2^k Factorial Design) การออกแบบการทดลองนี้มีปัจจัย k ตัว ซึ่งแต่ละตัวจะมีระดับของปัจจัย 2 ระดับ ซึ่งระดับปัจจัยนี้อาจเป็นค่าเชิงปริมาณ เช่น ค่าอุณหภูมิ, ความดัน, หรือเวลา หรืออาจจะเป็นค่าเชิงคุณภาพ เช่น เครื่องจักร, คนปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถกำหนดระดับปัจจัยเป็น ระดับสูงต่ำของปัจจัย หรือมีหรือไม่มีปัจจัยนั้น เป็นต้น ซึ่งจัดเป็นกรณีพิเศษที่มีความสำคัญมากที่สุดและยังมีลักษณะเฉพาะของการออกแบบคือ (1) ปัจจัยทั้งหมดมีค่าตายตัว, (2) การออกแบบเป็นแบบเชิงสุ่มบริบูรณ์ (Completely Randomized) และ (3) สมมติฐานเกี่ยวกับความเป็นปกติเป็นที่ยอมรับ

การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k สำหรับในการวิเคราะห์เชิงสถิติของการออกแบบ 2^k สรุปได้คือ (1) การกำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพล (Estimate Factor Effects), (2) การกำหนดแบบทดลองเบื้องต้นของการทดลอง (Form Initial Model), (3) การดำเนินการทดสอบทางสถิติ (Perform Statistic Model), (4) การปรับแบบทดลองให้เหมาะสม (Refine Model), (6) การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของแบบการทดลอง (Analysis Residuals) และ (7) การอธิบายผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง (Interpret Results)

ขั้นตอนในการวิเคราะห์สำหรับการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k คือ (1) ทำการประเมินค่าข้อมูลที่เกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ ตรวจสอบเครื่องหมาย และขนาดของข้อมูล

เกิดขึ้น, (2) ทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล เพื่อที่จะทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยหลัก และปัจจัยร่วม, (3) การดึงเอาปัจจัยที่ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญออกจากแบบจำลองเต็มรูปแบบ, (4) การวิเคราะห์ส่วนตกค้าง เพื่อที่จะตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง และ (5) ส่วนสุดท้ายการวิเคราะห์ด้วยกราฟ โดยการสร้างกราฟของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมขึ้นมาเพื่อประมาณค่าของผล ปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม

เทคนิคนี้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย เช่น Chowdhury and Prasad (1998) กล่าวถึงการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยในการชุบทอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความแปรปรวนของค่าความหนาของการชุบทองโดยศึกษาทั้งหมด 5 ปัจจัย คือ ประมาณกระแสไฟฟ้า ค่าความเป็นกรดของน้ำยาชุบ ระดับสารประกอบในบ่อชุบ จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ประมาณกระแสไฟฟ้าที่ 15 แอมแปร์ ค่าความเป็นกรดของน้ำยาชุบที่ 3.2 ± 2.41 ไมโครเมตร โดยมีค่าพิสัยยอมรับอยู่ที่ 3.5 ± 0.7 ไมโครเมตร

Soudki *et al.* (2001) ได้นำวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบเต็มรูปแบบ (Full Factorial Design) ในการศึกษาหาอัตราส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมภายใต้ภูมิอากาศเขตร้อนเพื่อหาระดับของปัจจัยต่างๆที่เหมาะสม โดยศึกษาทั้งหมด 4 ปัจจัย คือ อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์มี 3 ระดับ (0.4, 0.5 และ 0.6) อัตราส่วนมวลรวมมี 4 ระดับ (0.55, 0.6, 0.65 และ 0.7) อัตราส่วนมวลรวมต่อปูนซีเมนต์มี 4 ระดับ (3, 4, 5 และ 6) และความแตกต่างของอุณหภูมิมี 3 ระดับ (24, 38 และ 52 องศาเซลเซียส) จากการศึกษาสามารถสรุประดับของปัจจัยที่เหมาะสมได้ดังนี้ ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.40 อัตราส่วนมวลรวมเท่ากับ 0.55 - 0.60 อัตราส่วนมวลรวมต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 3.50 - 3.65 ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.40 อัตราส่วนมวลรวมเท่ากับ 0.55 อัตราส่วนมวลรวมต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 3.45 - 3.55 และที่อุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.40 อัตราส่วนมวลรวมเท่ากับ 0.55 - 0.60 อัตราส่วนมวลรวมต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 3.00 - 3.50

Keles *et al.* (1999) กล่าวถึงการหาความเหมาะสมของค่าแรงดันไฟฟ้าขั้วคาโทด (Cathode Current) ความดันแก๊สไนโตรเจน และ Bias Voltage ต่อความหนาของผิวชุบในกระบวนการเคลือบผิวโดยวิธี Arc-PCA Tin โดยผิวชุบที่ได้ต้องมีความแข็งไม่ต่ำกว่า 2800 HV

จากการศึกษาพบว่าเมื่อชุบในเวลา 1 ชั่วโมงที่เท่ากัน ค่าแรงดันไฟฟ้าขั้วคาโทด (Cathode Current) เท่ากับ 90 แอมแปร์ และ Bias Voltage เท่ากับ 150 โวลต์ มีผลทำให้ได้ผิวชุบมีค่าความแข็งต่อข้อกำหนด และมีความหนาแน่นมากที่สุด และยังพบว่าความดันแก๊สในโตรเจนไม่มีผลต่อความหนาของผิวชุบ

Simon (2003) ได้นำวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^3 Factorial Design ในการศึกษาหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการผสมคอนกรีตในการก่อสร้างฝัวดิน โดยกำหนดปัจจัย คือ อัตราส่วนน้ำต่อนูนซีเมนต์ อัตราส่วนมวลรวม และอัตราส่วนมวลรวมต่อนูนซีเมนต์ จากการทดลองสามารถหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมได้ว่า อัตราส่วนน้ำต่อนูนซีเมนต์อยู่ที่ 0.40 - 0.43 อัตราส่วนมวลรวมอยู่ที่ 0.61 และอัตราส่วนมวลรวมต่อนูนซีเมนต์อยู่ที่ 4.3 - 5.1

และงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องเช่น Manko (1995) กล่าวถึงการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นของโลหะผสมซิลิคอนจากการผลิตในโรงงานผลิตแผ่นลายวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board Manufacturing) และจากโรงงานการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ากับแผ่นลายวงจรพิมพ์ ซึ่งได้รวบรวมแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อช่วยเป็นแนวทางการให้ผู้ปฏิบัติสะดวกแก่การแก้ปัญหา โดยแบ่งตามชนิดของของเสีย 17 ชนิด ในกระบวนการชุบโลหะผสมซิลิคอน ซึ่งจะระบุทั้งสาเหตุของเสียนั้นเกิดจากอะไรและแนวทางแก้ไขตามสาเหตุที่เกิดขึ้น และได้มีการติดตามผลโดยดูถึงสภาพความเหมาะสมจากการใช้งานจริงของสาเหตุนั้นว่าควบคุมได้หรือไม่ หรือต้องปรับปรุงให้อยู่ในสภาพไหนจึงเหมาะสม

5. การควบคุมกระบวนการ

Automotive Industry Action Group (2001) ได้ให้ความหมายของการควบคุมกระบวนการไว้ว่า คือลักษณะของการควบคุมที่อาจจะอยู่ในรูปของการป้องกันถึงสิ่งที่เป็นไปได้ของลักษณะข้อบกพร่องหรือสาเหตุตลอดจนกลไกของข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้นโดยอยู่บนแนวความคิด 2 ประการคือ การป้องกัน (Prevention) และการตรวจจับ (Detection) โดยในกระบวนการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงใน FMEA นี้จำเป็นต้องพยายามแยกความหมายของทั้งสองประการนี้ออกจากกันให้ได้ กล่าวคือ

การป้องกัน หมายถึง การป้องกันสาเหตุ กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น หรือการลดอัตราการเกิดขึ้นของสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่อง

การตรวจจับ หมายถึง การตรวจจับสาเหตุ กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการแก้ไขต่อไปเพื่อแก้ไขมิให้เกิดขึ้นซ้ำอีก ในขณะที่การป้องกันจะเป็นการตรวจพบในขณะที่ข้อบกพร่องยังไม่เกิดขึ้น

ในระบบการควบคุมที่ดีนั้น Juran (1992) แสดงให้เห็นว่าภายใต้ระบบการควบคุมที่ดีนั้น ควรจะได้รับการควบคุมโดยไม่ต้องมีคนเข้าไปเกี่ยวข้อง (Non Human Means) แต่พยายามใช้ระบบป้องกันความผิดพลาด (Poka-Yoke) หรือใช้อุปกรณ์วัดคุม (Instrument) ช่วยในการควบคุม แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้ทั้งระบบ ซึ่งบางกระบวนการจำเป็นต้องมีคนเข้าไปเกี่ยวข้องกระบวนการนั้นจำเป็นต้องใช้การควบคุมตนเอง (Self – Control) ของพนักงานผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมแทน ซึ่งการควบคุมแต่ละประเศนั้นมีแนวความคิดแตกต่างกันออกไป

4.1 วิธีการป้องกันความผิดพลาด (Poka-Yoke)

Scyoc (2008) ได้แสดงความคิดเห็นว่า ความผิดพลาดเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้จากทั้งคนและเครื่องจักร สำหรับคนหรือพนักงานนั้นความผิดพลาดมักจะเกิดจากความเผลอเรอ การขาดความระมัดระวัง ดังนั้นการปฏิเสธความผิดพลาดจึงเป็นทางที่ควรจะนำมาใช้โดยการไม่ยอมให้เกิดความผิดพลาดขึ้น เทคนิคที่เหมาะสมที่จะนำมา ใช้สำหรับป้องกันความผิดพลาดต่างๆ (Dudek-Burlikowska and Szewieczek, 2009) ได้แก่

1. ใช้สลัก ไกด์พิน (Guide Pin) จะทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวตรวจสอบตำแหน่งว่า ชิ้นงานอื่นที่จะนำมานั้นถูกต้องตามตำแหน่งหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องก็ไม่สามารถวางลงตำแหน่งนั้นได้
2. อุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่งของชิ้นงาน จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณเมื่อมีชิ้นงานมาวางในตำแหน่งที่ระบุไว้
3. ใช้ฟิกเจอร์ (Fixture) จะทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานที่นำมาวางโดยเฉพาะ
4. ใช้ตารางตรวจสอบเพื่อทำการตรวจสอบความครบถ้วนสิ่งที่ทำลงไป

4.2 วิธีการควบคุมด้วยสายตา (Visual Control)

การจัดการด้วยสายตาที่ดีจะอาศัยหลักการสำคัญ คือการแยกแยะ (Seiri หรือ Sort) ถึงความผิดปกติ และความปกติของการปฏิบัติการโดยทำให้ทุกคนสามารถมองเห็น และเข้าใจถึงความผิดปกติหรือความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสถานที่ทำงาน โดยการจัดการด้วยสายตาจะอาศัยสื่อสายตาต่างๆในการแสดงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องหรือ Visual Display และแสดงถึงตัวชี้วัดสำหรับการควบคุม หรือ Visual Control ซึ่งในสื่อประเภทหลังนี้จะต้องแสดงด้วยสายตาให้รับทราบถึงจุดมุ่งหมายที่ต้องบรรลุสิ่งที่จะต้องทำให้เพื่อบรรลุตลอดจนผลจากการกิจที่เกิดขึ้นจริง (Hatamura *et al.*, 2003)

4.3 วิธีการควบคุมด้วยตนเอง (Self-Control)

ระบบการควบคุมด้วยตนเอง คือระบบการควบคุมที่ทำให้มั่นใจว่าพนักงานทุกคนได้ทำงานได้ตามจุดประสงค์ด้านคุณภาพ (Baumeister, 2002) และได้ทำการเปรียบเทียบการควบคุมดังกล่าวกับระบบดั้งเดิม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบระบบการควบคุมแบบดั้งเดิมและการควบคุมด้วยตัวเอง

การควบคุมแบบดั้งเดิม	การควบคุมด้วยตัวเอง
1. ให้ความสนใจต่อมาตรฐานหรือเป้าหมาย	1. ความรู้ที่ทำให้พนักงานทราบว่าตนเองทำอะไร
2. ใช้การวัดในการประเมินผลงาน	2. ความรู้เกี่ยวกับสมรรถนะ
3. การกระทำกับความแตกต่างของผลงานจากเป้าหมาย	3. วิธีการในการทำงานกับกระบวนการ
4. กิจกรรมเน้นในระหว่างการผลิต	4. กิจกรรมเน้นในระยะเวลาก่อนผลิต

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยส่วนใหญ่ที่เลือกใช้หลักการดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น เช่น การทดสอบสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง เป็นต้น สามารถได้ผลการสรุปเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำความรู้ที่ได้จากการศึกษามาแล้วข้างต้น มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานวิจัยนี้

6. การบัดกรี (Soldering)

การบัดกรี หมายถึง การเชื่อมต่อโลหะที่ต้องการเข้าด้วยกันโดยใช้ตะกั่วบัดกรี ซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่างดีบุกและตะกั่วเป็นตัวเชื่อมประสาน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้ายึดติดอุปกรณ์ต่างๆ ให้มีความมั่นคงแข็งแรงและสามารถถอดอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกันในภายหลังได้ อุปกรณ์ที่จำเป็นที่ใช้ในการบัดกรีประกอบด้วย หัวแร้ง (Solder Iron) ตะกั่วบัดกรี ที่ดูดตะกั่ว (Solder sucker) ตัวประสานหรือฟลักซ์ (Flux) ที่วางหัวแร้ง (Solder Stand) และชิ้นงานที่จะบัดกรี เป็นต้น และในการบัดกรีที่คืบนั้นจำเป็นต้องขึ้นอยู่กับระดับของปัจจัยอื่นๆ ด้วยซึ่ง Yang *et al.* (1995) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของระดับปัจจัยต่างๆ ในขั้นตอนการบัดกรีว่าควรเลือกใช้ค่าของอุณหภูมิในการบัดกรีที่ต่ำ, เวลาร้อย และอัตราการเย็นตัวที่เร็ว ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลต่อความแข็งแรงระดับไมโคร (Microhardness) ของรอยเชื่อมบัดกรี เช่น ความแข็งแรงของแรงดึงเฉือน (Tensile shear strength) และความแข็งแรงของแรงเฉือนของคืบ (Shear creep strength) อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1.1 ชิ้นส่วนของกล้องถ่ายรูปดิจิทัล
- 1.2 เครื่องขึ้นสกรูแบบอัตโนมัติ
- 1.3 หัวแร้ง
- 1.4 เครื่องสำหรับการบัดกรี
- 1.5 กล้องไมโครสโคป
- 1.6 โคมไฟ
- 1.7 ทวิสเซอร์
- 1.8 พีกเจอร์ต่างๆ

2. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

- 2.1 คอมพิวเตอร์
- 2.1 โปรแกรมมินิแทป (Minitab)
- 2.3 โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล (MS Excel)

วิธีการ

จากการพิจารณาด้านทุนคุณภาพของบริษัทที่เกิดขึ้น พบว่ามีปัญหาเรื่องด้านทุนคุณภาพในกระบวนการผลิตอย่างมาก ดังนั้นทางบริษัทจึงมีความจำเป็นที่จะต้องลดต้นทุนในส่วนนี้ โดยมีลำดับขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

1. การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

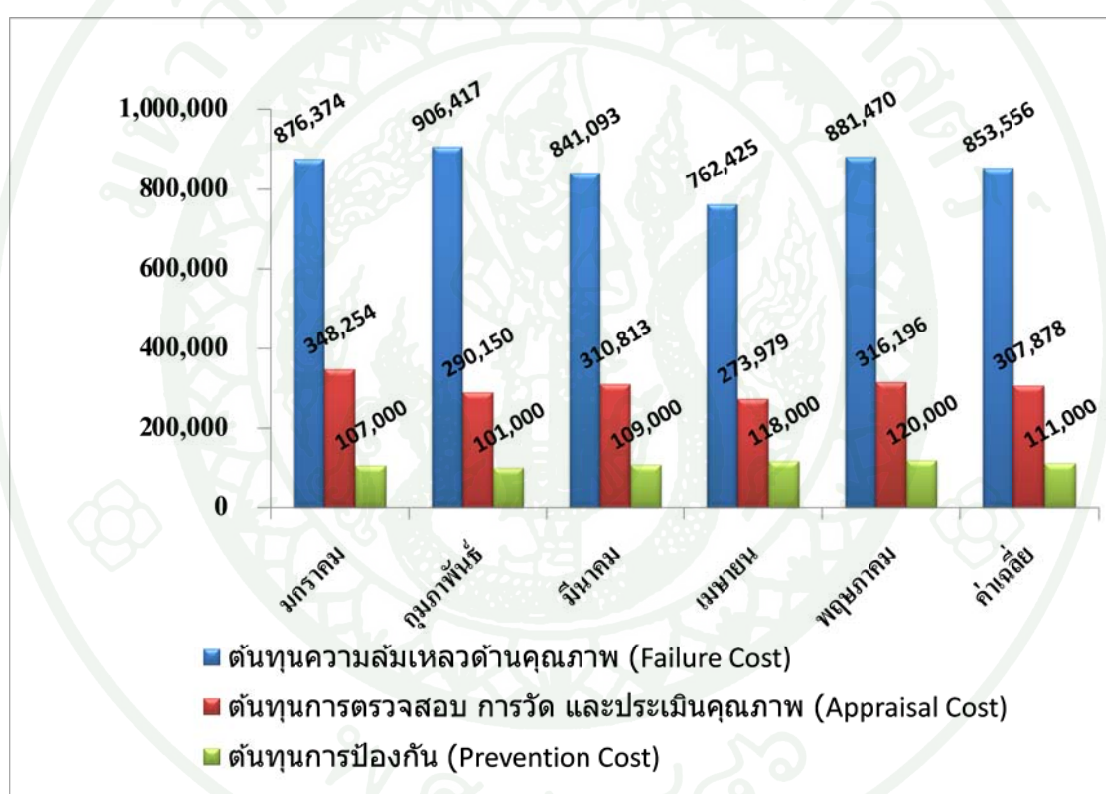
1.1 รวบรวมข้อมูลของด้านทุนคุณภาพ

จากการศึกษาและเก็บข้อมูลด้านทุนคุณภาพแต่ละประเภทของบริษัทตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554 พบว่าปัจจุบันบริษัทจะต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายเฉลี่ยประมาณ 1,270,000 ล้านบาทต่อเดือน ซึ่งสามารถแจกแจงรายละเอียดของด้านทุนคุณภาพแต่ละประเภทได้ดังตารางที่ 5

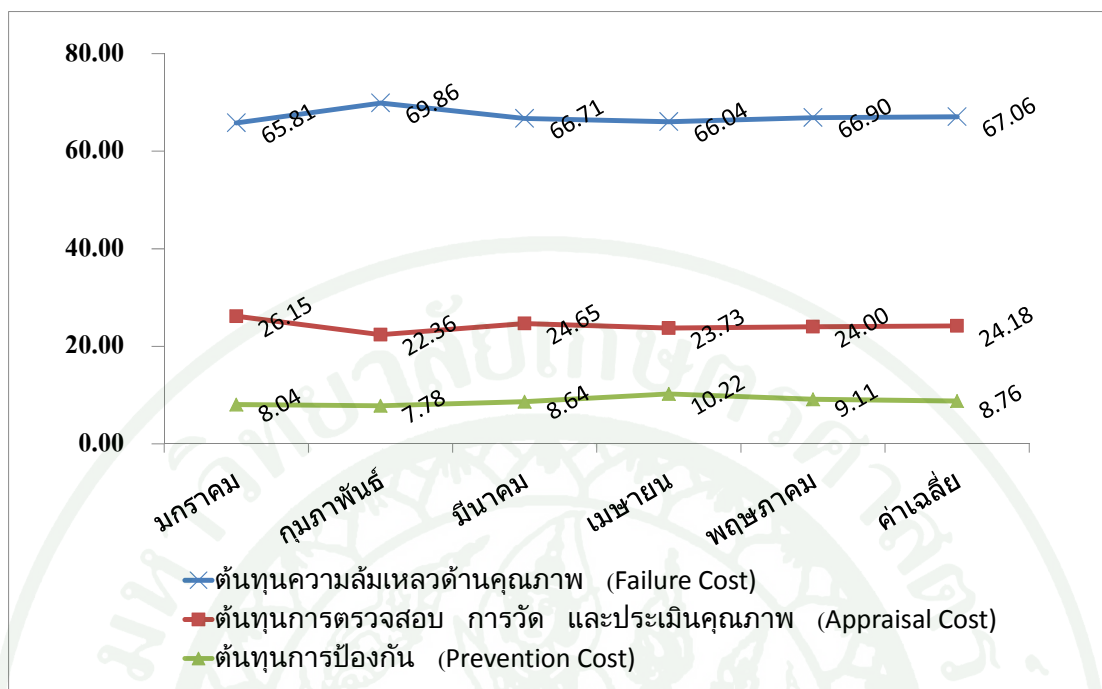
ตารางที่ 5 ด้านทุนคุณภาพโดยรวมของบริษัทตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554

เดือน	ด้านทุนความล้มเหลว	ด้านทุนการ	ด้านทุนการป้องกัน	ด้านทุนคุณภาพ
	ด้านคุณภาพ (บาท)	ตรวจสอบ(บาท)	(บาท)	(บาท)
มกราคม	876,374	348,254	107,000	1,331,628
กุมภาพันธ์	906,417	290,150	101,000	1,297,567
มีนาคม	841,093	310,813	109,000	1,260,906
เมษายน	762,425	273,979	118,000	1,154,404
พฤษภาคม	881,470	316,196	120,000	1,317,666
ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	853,556	307,878	111,000	1,272,434
ร้อยละของ				
ด้านทุนคุณภาพ	67.08	24.20	8.72	100.00

จากภาพที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนคุณภาพแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนจะเห็นได้ว่าต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ (Failure Cost) มีมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยอยู่ที่ 850,000 แสนบาทต่อเดือนซึ่งสูงกว่าต้นทุนคุณภาพประเภทอื่นๆ โดยสามารถคาดการณ์ได้ว่าต้นทุนคุณภาพที่เหลืออื่นๆนั้นแทบจะไม่ค่อยเกิดปัญหาหรือจากภาพที่ 7 จากการเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ (Failure Cost) และต้นทุนคุณภาพประเภทอื่นๆแล้ว ถือว่าต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ (Failure Cost) เกิดความสูญเสียอยู่ที่ร้อยละ 67.06 ของต้นทุนคุณภาพทั้งหมดและเป็นร้อยละที่เกิดขึ้นมากที่สุด



ภาพที่ 6 กราฟแท่งต้นทุนคุณภาพโดยรวมของบริษัทตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554



ภาพที่ 7 กราฟเปอร์เซ็นต์ต้นทุนคุณภาพโดยรวมของบริษัทตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554

จากตารางที่ 6 แสดงการจำแนกประเภทของต้นทุนคุณภาพของบริษัท พบว่าต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพมากที่สุด ส่วนใหญ่มาจากต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายใน (Internal Failure Cost) ซึ่งก็คือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดที่พบในกระบวนการผลิต ซึ่งทำให้เกิดของเสีย (Scrap) การตรวจสอบซ้ำ (Re-Inspection) การแก้ไขงานบกพร่อง (Re-Work) เครื่องจักรหยุด (Machine Down) และการสูญเสียเวลาในการผลิต (Down Time) จากการที่ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายในมีค่าสูงนั้น อาจเป็นผลเนื่องมาจากการไม่มีระบบการป้องกันและระบบการประเมินที่เหมาะสม

ตารางที่ 6 ร้อยละต้นทุนคุณภาพโดยรวมของบริษัทตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554

เดือน	ต้นทุนความบกพร่องด้าน	ต้นทุนการตรวจสอบ	ต้นทุนการป้องกัน
	คุณภาพ (ร้อยละ)	(ร้อยละ)	(ร้อยละ)
มกราคม	65.81	26.15	8.04
กุมภาพันธ์	69.86	22.36	7.78
มีนาคม	66.71	24.65	8.64
เมษายน	66.04	23.73	10.22
พฤษภาคม	66.90	24.00	9.11
ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	67.06	24.18	8.76

จากข้อมูลเบื้องต้นทางบริษัทจึงสังเกตเห็นถึงความสำคัญของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายในมากที่สุด ซึ่งถ้าต้นทุนนี้สูงขึ้นมากเท่าใดก็แสดงให้เห็นถึงการควบคุมคุณภาพในการผลิตที่ไม่ดี ขาดการวางแผนและการปฏิบัติงานที่ไม่มีมาตรฐานที่เหมาะสม และถ้าหากควบคุมต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายในได้แล้วก็ไม่สามารถก่อให้เกิดต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายนอกได้ ซึ่งหมายถึงความน่าเชื่อถือของบริษัทและของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

1.2 สภาพการดำเนินงานของการผลิต

จากข้อมูลการผลิตดังแสดงในตารางที่ 7 ทางบริษัทยังต้องการเพิ่มความสามารถในการผลิต แต่ยังไม่สามารถทำได้เนื่องจากไม่สามารถผลิตให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ เนื่องจากมีปริมาณการสูญเสียในกระบวนการผลิตมากเกินไป จากการเก็บข้อมูลอัตราของเสียในกระบวนการผลิตในเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554 สามารถแสดงให้เห็นว่ามีปริมาณการสูญเสียในกระบวนการผลิตรวมแล้วร้อยละ 4.21 ต่อเดือน ซึ่งเกินเป้าหมายที่ตั้งไว้จะต้องไม่เกินร้อยละ 2 ต่อเดือน (ตามนโยบายของบริษัท) ซึ่งมีผลกระทบก่อให้เกิดต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายในด้วยเช่นกันซึ่งก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียในแต่ละเดือนเฉลี่ย 850,000 บาท

ตารางที่ 7 จำนวนการผลิตตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554

เดือน	แผนการผลิต (ชิ้น)	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	ปริมาณของเสีย (ชิ้น)	ของเสีย (ร้อยละ)	ต้นทุนความล้มเหลว ด้านคุณภาพ (บาท)
มกราคม	66,500	65,581	2,722	4.15	876,374
กุมภาพันธ์	70,000	66,045	2,853	4.32	906,417
มีนาคม	61,000	59,955	2,578	4.30	841,093
เมษายน	56,500	54,955	2,253	4.10	762,425
พฤษภาคม	68,000	64,727	2,719	4.20	881,470
เฉลี่ยต่อเดือน	64,400	62,253	2,625	4.21	853,556

2. สภาพกระบวนการผลิตและลักษณะสายการผลิตของกล้องถ่ายภาพดิจิทัล

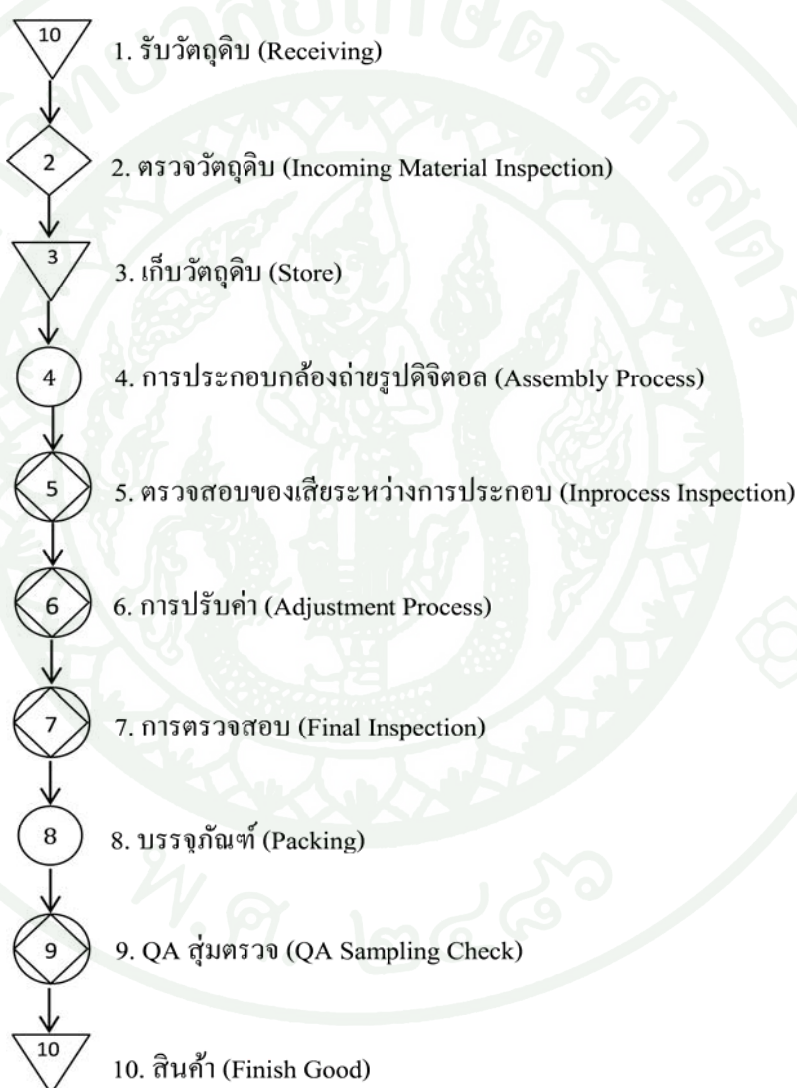
2.1 กระบวนการผลิตของกล้องถ่ายภาพดิจิทัล

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตด้วยขั้นตอนการไหลของกระบวนการ (Process Mapping) ทั้งกระบวนการ เพื่อที่จะทำให้เห็นถึงภาพรวมของปัญหาหรือความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น สามารถอธิบายได้ว่าในกระบวนการผลิตกล้องถ่ายภาพดิจิทัลนั้นจะเริ่มตั้งแต่การสั่งซื้อชิ้นส่วนจากผู้ผลิตซึ่งได้รับการสั่งซื้อโดยทางบริษัทแม่ซึ่งเป็นผู้ออกแบบในเรื่องของ ชนิดวัสดุ ขนาดของชิ้นส่วนรวมถึงขั้นตอนในการผลิตชิ้นส่วนนั้นๆ เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของชิ้นส่วนตั้งแต่ต้นทาง หลังจากที่ได้รับชิ้นส่วนมาแล้วทางบริษัทได้มีการตรวจสอบชิ้นส่วนนั้นอีกครั้งก่อนที่จะส่งเข้าสู่กระบวนการประกอบกล้องถ่ายภาพดิจิทัล

ในกระบวนการประกอบกล้องถ่ายภาพดิจิทัลส่วนใหญ่เป็นการประกอบชิ้นส่วนด้วยแรงงานคน (Assembly Process) โดยการนำชิ้นส่วนแต่ละชิ้นมาประกอบเข้าด้วยกันโดยการขันสกรู ทากาว ติดเทป และการบัดกรี จากนั้นจะทำการป้อนโปรแกรมและทำการปรับค่าต่างๆ ในตัวกล้องถ่ายภาพด้วยเครื่องจักร (Adjustment Process) และยังมีตรวจสอบการทำงานในแต่ละฟังก์ชันของกล้องด้วยเครื่องและคน (Final Inspection) ก่อนที่จะทำการบรรจุลงกล่อง (Packing) และส่งไปยังลูกค้า จากกระบวนการที่กล่าวมาข้างต้นในแต่ละกระบวนการมีการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพใน

ทุกๆการทำงาน เพื่อให้แน่ใจว่าได้กึ่งอย่างรูปดิจิตอลที่ผลิตออกมาเป็นไปตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งสามารถแสดงกระบวนการผลิตของกึ่งอย่างรูปดิจิตอลได้ดังภาพที่ 8

ในการวิจัยนี้จะศึกษาเกี่ยวกับการลดของเสียเฉพาะในขั้นตอนของการประกอบกึ่งอย่างรูปดิจิตอลเท่านั้น (ขั้นตอนที่ 4 และ 5 จากภาพที่ 8) เนื่องจากขั้นตอนนี้มีของเสียที่เกิดจากการประกอบเป็นจำนวนมากทำให้บริษัทต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายสูง



ภาพที่ 8 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตของกึ่งอย่างรูปดิจิตอล

2.2 ลักษณะสายการผลิตของกล้องถ่ายภาพรูปดิจิทัล

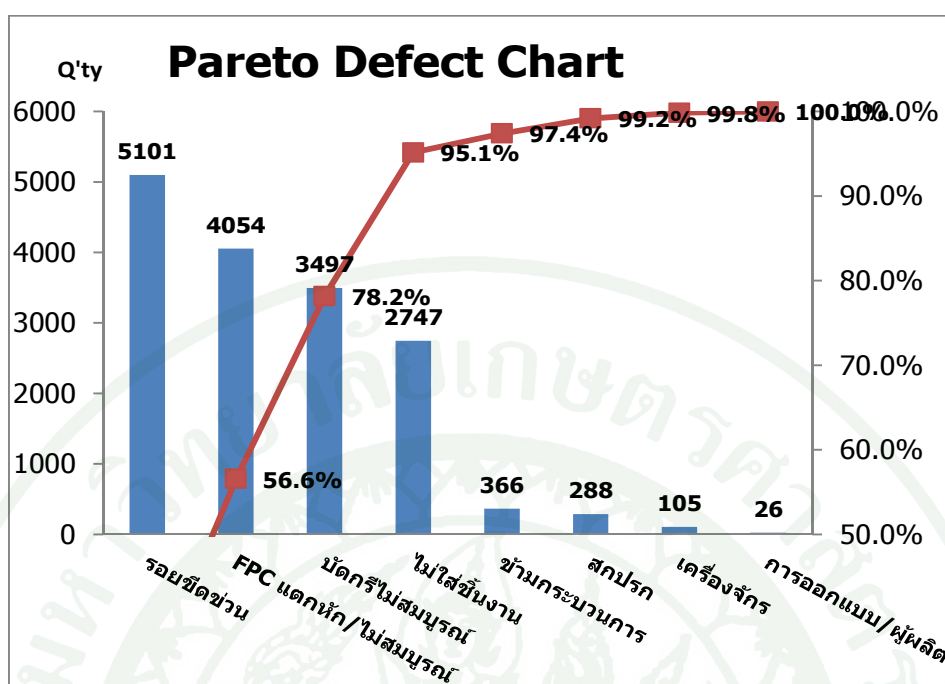
สายการผลิตของกล้องถ่ายภาพรูปดิจิทัลนี้จัดอยู่ในลักษณะของสายการประกอบแบบต่อเนื่อง (Continue Assembly Line) โดยแบ่งออกเป็นสถานีย่อยๆ โดยเริ่มเรียงจากสถานีการผลิตแรก และสถานีการผลิตอื่นๆตามลำดับ โดยจำนวนของสถานีการผลิตได้มาจากการวิเคราะห์และจัดสมดุลของการผลิต (Line Balancing) เพื่อให้การผลิตได้ตามรอบเวลาที่กำหนด และมีความสมดุลของกำลังการผลิตในทุกๆขั้นตอน เพื่อใช้พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และเป็นการลดระยะเวลาในการผลิตอย่างมีคุณภาพ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนการผลิตประกอบด้วยจำนวนเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตโดยส่วนใหญ่จะเป็นประเภทฟีกเจอร์ซึ่งต้องทำมาเป็นพิเศษโดยมีความความคลาดเคลื่อนและระยะเผื่อน้อยมากๆ ซึ่งอยู่ภายใต้ข้อกำหนดรายละเอียดที่เคร่งครัด ประเภทฟีกเจอร์ที่ใช้ในสถานีย่อยสามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้

1. ฟีกเจอร์ประเภทเคลื่อนย้าย เป็นฟีกเจอร์ที่ใช้สำหรับวางชิ้นงานเพื่อไปประกอบตามขั้นตอนต่างๆในแต่ละสถานีย่อยที่เกี่ยวข้องและจะถูกส่งกลับเพื่อเวียนกลับมาใช้ใหม่ในสถานีการผลิตแรก
2. ฟีกเจอร์ประเภทที่อยู่ประจำสถานีการผลิต จะทำหน้าที่เป็นตัวจับยึดชิ้นงานให้อยู่กับตำแหน่งที่ต้องการเพื่อประกอบชิ้นส่วนหรือวัตถุประสงค์อื่นๆตามลักษณะงานของแต่ละสถานีงานโดยเฉพาะ

3. การกำหนดปัญหาที่มีผลกระทบต่อของเสียในกระบวนการผลิต

3.1 ประเภทของของเสียที่มีผลต่อกระบวนการผลิต

จากการกำหนดเป้าหมายที่จะลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบกล้องถ่ายภาพรูปดิจิทัลให้น้อยกว่าร้อยละ 2 ตามนโยบายของบริษัท จึงได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาเบื้องต้นที่ทำให้เกิดของเสียโดยการเก็บข้อมูลของของเสียในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554 พบว่ามีลักษณะการเกิดที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถแสดงเป็นแผนภูมิพาเรโต ได้ดังภาพที่ 9 ในกรณีนี้ตามข้อมูลสามารถทำการวิเคราะห์เบื้องต้น โดยสามารถเรียงลำดับประเภทของของเสียที่มีจากมากไปน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับประเภทของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นได้โดยใช้แผนภูมิพาเรโตเพื่อเป็นตัวบ่งบอกถึงลำดับความรุนแรงของประเภทของเสียต่างๆ



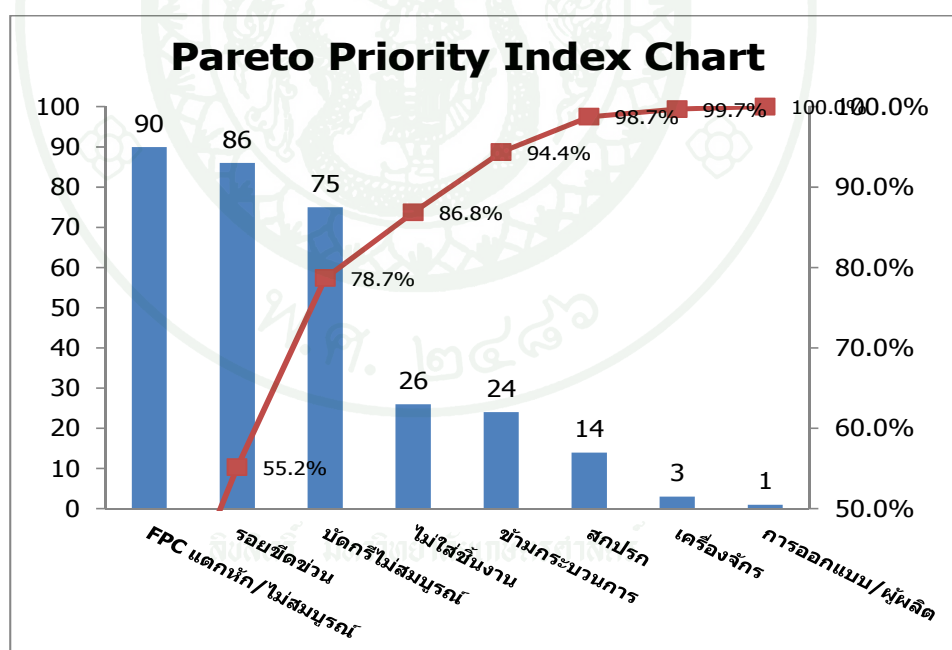
ภาพที่ 9 แผนภูมิพาร์โตแสดงประเภทของของเสียในกระบวนการประกอบกล่องถ่ายรูปดิจิทัล

3.2 คัดเลือกประเภทของของเสียที่มีผลกระทบต่อกระบวนการประกอบ

นำข้อมูลของประเภทของของเสียที่พบมาจัดลำดับเพื่อคัดเลือกประเภทของของเสีย ซึ่งในแต่ละประเภทย่อมมีมูลค่าการสูญเสียที่แตกต่างกัน ซึ่งในแนวทางของการจัดการความเสี่ยงจะคัดเลือกประเภทของของเสียจากความรุนแรงของมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นโดยการคำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้นในการปรับปรุงเพื่อลดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องจากการคำนวณค่าของ Pareto Priority Index (PPI) เป็นข้อมูลในการประเมินสำหรับการตัดสินใจว่าจะปรับปรุงเรื่องใดก่อนเป็นอันดับต้นๆ โดยสามารถแสดงค่าของ PPI ได้ในตารางที่ 8 และสามารถจัดอันดับของปัญหาได้ตามแผนผังพาร์โตภาพที่ 10 ในการวิจัยนี้จะเลือกประเภทของเสียที่มีคะแนน PPI สูงสุด 3 อันดับแรก ซึ่งคิดเป็น 78.7% ของคะแนน PPI ทั้งหมด

ตารางที่ 8 ลำดับค่า PPI ของประเภทของเสียในกระบวนการประกอบกล่องถ้วยรูปคิติดอล

ปัญหา	ต้นทุนประหยัด (บาท)	ความน่าจะเป็นที่จะสำเร็จ	ต้นทุนในการทำ (บาท)	เวลาที่ทำสำเร็จ (ปี)	PPI
FPC แดกหัก/ไม่สมบูรณ์	169600	0.8	6000	0.25	90
รอยขีดข่วน	214600	0.9	9000	0.25	86
บัตรรีไม่สมบูรณ์	174600	0.7	6500	0.25	75
ไม่ได้ชิ้นงาน	2500	0.9	500	0.17	27
ข้ามกระบวนการ	2500	0.8	500	0.17	24
สกปรก	5000	0.8	3500	0.08	14
เครื่องจักร	5000	0.5	2000	0.5	3
การออกแบบ/ผู้ผลิต	50000	0.5	20000	2	1

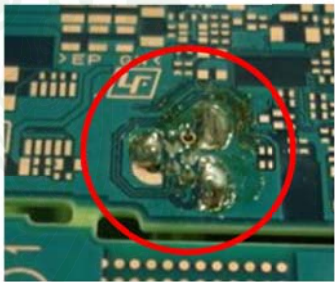


ภาพที่ 10 แผนภูมิพารेटอแสดงดัชนีความสำคัญ (PPI)

เมื่อสามารถคัดเลือกประเภทของเสียได้แล้ว ในการวิจัยนี้จะเลือกประเภทของเสีย (Defect) ที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรกจากแผนภูมิพาเรโตมาทำการวิจัย ดังภาพที่ 10 คือ FPC (Flexible Printed Circuit) แดกหัก/ไม่สมบูรณ์ รอยขีดข่วน และการบัดกรีไม่สมบูรณ์ ดังแสดงรูปของเสียแต่ละประเภทดังตารางที่ 9 ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากคน (Man) ที่เกิดมาจากการขาดความชำนาญ การฝึกอบรมที่ดี และความเบื่อหน่ายในการผลิต และเนื่องมาจากวิธีการ (Method) ที่ไม่มีมาตรฐานหรือขั้นตอนในการปฏิบัติงานที่เหมาะสม ไม่มีมาตรฐานในการตรวจสอบ ซึ่งเหตุผลเหล่านี้เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้เกิดความผันแปรในกระบวนการผลิตเป็นผลให้สินค้าที่ผลิตได้มีระดับคุณภาพที่ไม่แน่นอน

สรุปในขั้นตอนการกำหนดปัญหาที่มีผลกระทบต่อของเสียในกระบวนการผลิตนี้ หลังจากศึกษากระบวนการผลิตและสภาพปัญหาในปัจจุบันของบริษัทแล้วจึงได้กำหนดปัญหาและเป้าหมายที่จะทำการปรับปรุง คือ การลดสัดส่วนของเสีย 3 ประเภทในกระบวนการประกอบกล่องถายรูปดิจิทัล คือ FPC (Flexible Printed Circuit) แดกหัก/ไม่สมบูรณ์ รอยขีดข่วน และการบัดกรีไม่สมบูรณ์ โดยมีเป้าหมายที่จะลดของเสียให้ได้เหลือร้อยละ 2.00 จากของเสียในปัจจุบันร้อยละ 4.20 จากนั้นทำการจัดตั้งคณะทำงานเข้าร่วมในโครงการเพื่อช่วยในการระดมสมองวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและหาสาเหตุที่คาดว่าจะมีผลต่อของเสียในกระบวนการผลิตรวมทั้งให้การสนับสนุนการทดลองต่างๆด้วย

ตารางที่ 9 แสดงรูปของเสียในแต่ละประเภท

ลำดับ	ของเสีย (Defect)	รูปของเสีย
1	รอยขีดข่วน/แตก/หัก/ กระแทก ของชิ้นงาน	
2	การบัดกรีไม่สมบูรณ์	  
3	FPC แตก/หัก ไม่สมบูรณ์	 

4. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่มีผลกระทบต่อของเสียในกระบวนการผลิต

จากการคัดเลือกประเภทของเสียในข้อ 3.2 สามารถนำประเภทของเสียแต่ละประเภทมาวิเคราะห์หาสาเหตุของของเสียโดยการประชุมระดมความคิดจากทีมงานที่จัดตั้งขึ้น โดยมีสมาชิกจากฝ่ายต่างๆดังนี้ ฝ่ายการผลิต (Production), วิศวกรฝ่ายการผลิต (Process Engineer), วิศวกรฝ่ายคุณภาพ (Quality Engineer), วิศวกรฝ่ายตรวจสอบ (Test Engineer) และวิศวกรฝ่ายออกแบบ (Design Engineer) เพื่อให้มองเห็นจุดที่เกิดปัญหาในกระบวนการผลิต ตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

4.1 ทำการประชุมระดมความคิดเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของของเสีย ด้วยการใช้แผนภูมิ ก้างปลาเป็นเครื่องมือเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยนำเข้าหรือข้อสมมติฐานเบื้องต้น ที่อาจมีผลในกระบวนการผลิตและเพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการแก้ปัญหาต่อไป ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากคนที่เกิดมาจากการขาดความชำนาญ การฝึกอบรมที่ดี และความเบื่อหน่ายในการผลิต และเนื่องมาจากวิธีการและอุปกรณ์เครื่องมือที่ไม่มีมาตรฐานหรือขั้นตอนในการปฏิบัติงานที่เหมาะสม ไม่มีมาตรฐานในการทำงานและตรวจสอบ จึงได้นำปัญหาเหล่านี้มาแก้ไขก่อนเนื่องจากเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ อีกทั้งยังช่วยให้พนักงานทำงานง่ายขึ้นอีกด้วย ซึ่งสามารถแสดงแผนภูมิ ก้างปลาได้ดังในภาพผนวกที่ 1-3 และสามารถสรุปแนวโน้มของสาเหตุของของเสีย ได้ดังนี้

1. ประเภทของเสีย คือ รอยขีดข่วน/แตก/หัก/กระแทกของชิ้นงาน แนวโน้มของสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย คือ ได้แก่

1. วิธีการจับชิ้นงานเอียง
2. วิธีการขันสกรูเข้ากับชิ้นงาน
3. ความยาวของปลายบิต
4. ความสะอาดของฟีกเจอร์

2. ประเภทของเสีย คือ การบัดกรีไม่สมบูรณ์ แนวโน้มของสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย ได้แก่

1. การตั้งค่าอุณหภูมิในการบัดกรีต่ำหรือสูงเกินไป
2. เวลาที่ใช้ในการบัดกรีมากหรือน้อยเกินไป
3. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวแร้ง

4. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตะกั่วบัดกรี

3. ประเภทของเสีย คือ FPC แตกหัก/ไม่สมบูรณ์ แนวโน้มของสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย ได้แก่

1. ความคมของปลายทวิสเซอร์
2. ไม่มีวิธีมาตรฐานในการเลียบ FPC
3. แรงกดขณะประกอบมากเกินไป

เมื่อได้ทำการระบุสาเหตุหรือข้อสมมติฐานเบื้องต้นที่เป็นแนวโน้มที่ทำให้เกิดลักษณะของเสียแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการประชุมระดมความคิดจากทีมงานโดยการนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis, FMEA) ซึ่งจะช่วยในการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยง (Risk Priority Number, RPN) ของปัญหาเพื่อลำดับความสำคัญของปัญหาในแต่ละสาเหตุ โดยการกำหนด ระดับความรุนแรงของความเสียหายที่เกิด (Severity, S) ระดับความถี่ของโอกาสในการเกิดความเสียหาย (Occurrence, O) และระดับความสามารถในการตรวจพบของความเสียหายที่เกิด (Detection, D) ของแต่ละสาเหตุที่ทำให้เกิดลักษณะข้อบกพร่อง เพื่อเป็นการถ่วงดุลสาเหตุทั้งหมดโดยได้จากการระดมความคิดของทีมงาน เพื่อไปหาแนวโน้มของสาเหตุของปัญหาและแนวทางการแก้ไขได้อย่างเหมาะสมต่อไป

4.2 ทำการประชุมระดมความคิดเพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการวิเคราะห์ FMEA ทีมงานได้ทำการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยง (Risk Priority Number, RPN) โดยลักษณะของข้อบกพร่องของกระบวนการนั้น ได้พิจารณาจากปัจจัย 3 ส่วน คือ ระดับความรุนแรงของความเสียหายที่เกิด (Severity, S) ระดับความถี่ของโอกาสในการเกิดความเสียหาย (Occurrence, O) และระดับความสามารถในการตรวจพบของความเสียหายที่เกิด (Detection, D) โดยอ้างอิงระดับคะแนนได้จากตารางผนวกที่ 4-6 จากผลการวิเคราะห์ด้วย FMEA เพื่อคำนวณหาค่า RPN แสดงได้ดังตารางที่ 10 จากนั้นนำค่า RPN มาเรียงลำดับโดยจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดโดยสามารถแสดงเป็นแผนภูมิพาเรโตได้ดังภาพที่ 11 จากข้อมูลที่ได้จัดทำ FMEA ทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

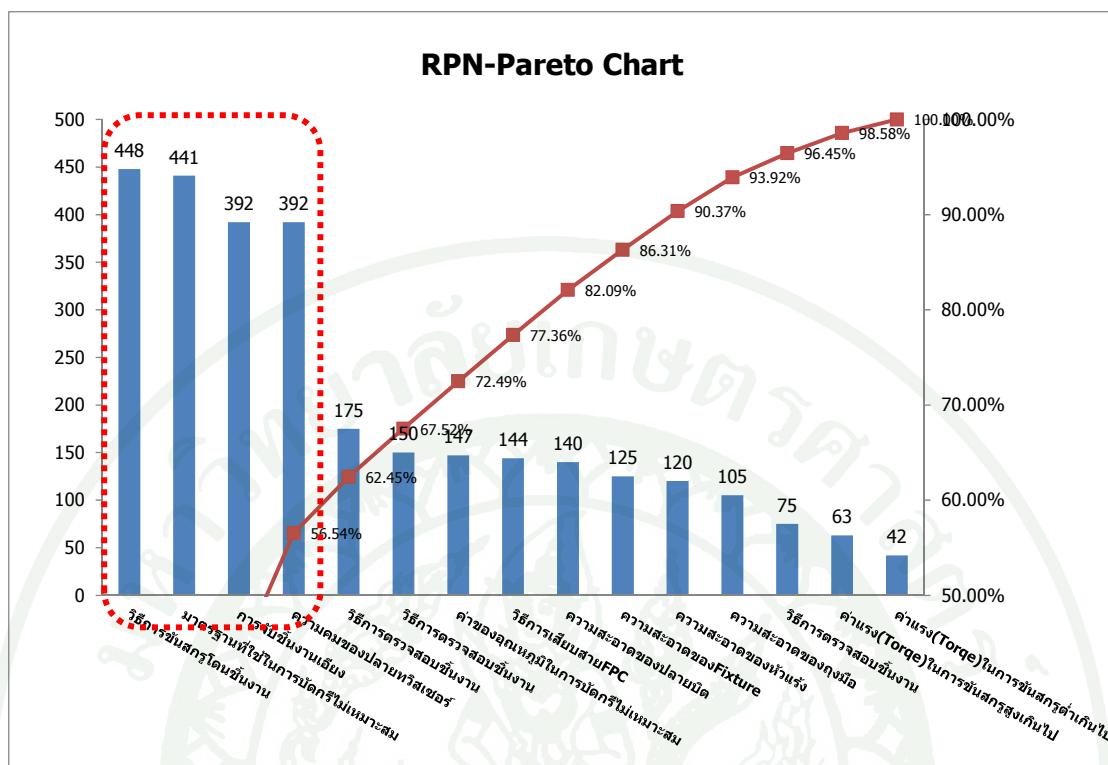
1. ทำการวิเคราะห์คะแนนประเมินค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN) ด้วยแผนภูมิพาเรโต โดยทำการจัดเรียงลำดับตามคะแนน RPN ที่ได้จากมากไปน้อย ทางทีมงานได้ลงมติคัดเลือกช่วงค่า

PRN ที่มีค่ามากกว่า 200 คะแนนมาทำการแก้ปัญหาก่อนซึ่งเป็นสาเหตุ 4 ลำดับแรก ซึ่งได้แก่ วิธีการขนส่งรถโดยสารขึ้นงาน (RPN มีค่า 448 คะแนน) มาตรฐานที่ใช้ในการบัดกรีไม่เหมาะสม (RPN มีค่า 441 คะแนน) การจับขึ้นงานเอียง (RPN มีค่า 392 คะแนน) และความคมของปลายทวิสเซอร์ (RPN มีค่า 392 คะแนน) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่มีโอกาสก่อให้เกิดปัญหาทั้ง 3 ประเภทซึ่งคิดเป็น คะแนน 56.54% ของคะแนนทั้งหมด

2. ทำการวิเคราะห์สาเหตุที่ได้ 4 สาเหตุซึ่งสาเหตุดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับขั้นตอน ระหว่างการประกอบกล่องถ้ายรูปดิจิทัลทั้งสิ้น จากนั้นทีมงานได้ประชุมระดมความคิดเพื่อทำการ วิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขปัญหา ซึ่งแนวทางการแก้ไขสามารถแสดงได้ดังตารางผนวกที่ 1 หลังจากได้แนวทางแก้ไขปัญหาแล้ว ทีมงานได้ทำการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงขึ้น (RPN) หลัง การดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงอีกครั้ง

ตารางที่ 10 แนวโน้มของค่า RPN ในแต่ละสาเหตุของปัญหา

ลำดับ	หัวข้อ	สาเหตุคุณลักษณะความเสียหาย	RPN (ก่อนการปรับปรุง)				เปอร์เซ็นต์สะสม
			S	O	D	RPN	
1	2	วิธีการขันสกรูโคนชิ้นงาน	7	8	8	448	15.14%
2	13	มาตรฐานที่ใช้ในการบัดกรีไม่เหมาะสม	7	7	9	441	30.04%
3	1	การจับชิ้นงานเอียง	7	7	8	392	43.29%
4	10	ความคมของปลายทวิสเซอร์	7	8	7	392	56.54%
5	15	วิธีการตรวจสอบชิ้นงาน	7	5	5	175	62.45%
6	11	วิธีการตรวจสอบชิ้นงาน	6	5	5	150	67.52%
7	12	ค่าของอุณหภูมิในการบัดกรีไม่เหมาะสม	7	7	3	147	72.49%
8	9	วิธีการเสียบสายFPC	6	6	4	144	77.36%
9	6	ความสะอาดของปลายบิต	7	4	5	140	82.09%
10	5	ความสะอาดของFixture	5	5	5	125	86.31%
11	14	ความสะอาดของหัวแร้ง	6	4	5	120	90.37%
12	7	ความสะอาดของถุงมือ	7	3	5	105	93.92%
13	8	วิธีการตรวจสอบชิ้นงาน	3	5	5	75	96.45%
14	3	ค่าแรง(Torque)ในการขันสกรูสูงเกินไป	7	3	3	63	98.58%
15	4	ค่าแรง(Torque)ในการขันสกรูต่ำเกินไป	7	3	2	42	100.00%



ภาพที่ 11 แผนภูมิพารेटโต้แสดงคะแนนค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN) ของแต่ละสาเหตุ

สรุปในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่มีผลกระทบต่อของเสียในกระบวนการผลิตนี้ โดยวิธีการประชุมระดมความคิดเพื่อแจกแจงสาเหตุ ด้วยการใช้แผนภูมิแก๊งปลาเป็นเครื่องมือเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยนำเข้าหรือข้อสมมติฐานเบื้องต้นและได้นำเทคนิควิธีการวิเคราะห์ถึงข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis, FMEA) ซึ่งจะช่วยทำให้การประเมินค่าดัชนีความเสี่ยง (Risk Priority Number, RPN) และเรียงลำดับความสำคัญของปัญหาโดยแผนภูมิพารेटโต้ ซึ่งได้ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ 4 ปัจจัยมีดังต่อไปนี้

1. การจับชิ้นงานเอียง
2. วิธีการขันสกรูโดนชิ้นงาน
3. ความคมของปลายทวิสเซอร์
4. มาตรฐานที่ใช้ในการบัดกรีไม่เหมาะสม

5. การวิเคราะห์และการปรับปรุงกระบวนการ

ในส่วนนี้จะทำการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่ได้มาจากหัวข้อที่ 4 ซึ่งเป็นแนวโน้มของสาเหตุของปัญหาที่ได้มาจากการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงชั้นนำตามวิธีการของ FMEA ซึ่งได้เลือกสาเหตุที่มีค่า RPN สูงสุด 4 อันดับแรก มาดำเนินการแก้ไขปรับปรุง ในรายละเอียดของผลการวิจัย จะทำการศึกษาสาเหตุ 4 สาเหตุที่สำคัญ โดยมีลำดับขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลและสาเหตุแวดล้อมอื่นๆของปัญหา
2. วิเคราะห์สาเหตุที่สำคัญโดยอาศัยหลักการทางสถิติวิศวกรรมเพื่อยืนยันว่าแนวโน้มสาเหตุของปัญหาเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปัญหาคุณภาพ
3. ดำเนินการปฏิบัติในการปรับปรุง
4. ยืนยันผลหลังการปรับปรุง

สาเหตุที่ 1 การจับชิ้นงานเอียง

ขั้นตอนที่ 1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตการณ์ทำงานของพนักงานตัวอย่าง โดยศึกษาทั้งสองกะมีขั้นตอนการจับชิ้นงานที่แตกต่างกันโดยที่พนักงานทั้ง 2 คน ได้ทำงานที่กระบวนการและอุปกรณ์เดียวกันแต่เนื่องจากเวลาการทำงานที่ต่างกัน (โดยกำหนดว่า พนักงาน ก ทำงานกะเช้า และ พนักงาน ข ทำงานกะดึก) ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานไม่เท่ากัน อาจเนื่องมาจากความเมื่อยล้า ขาดสมาธิในการทำงาน เป็นต้น ซึ่งวิธีการจับชิ้นงานเอียงเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อการเกิดรอยขีดข่วนชิ้นงานเนื่องมาจากขณะทำการขันสกรูปลายบิดจะเสียดสีกับชิ้นงานทำให้เกิดรอยขีดข่วนได้ ซึ่งวิธีการทำงานของพนักงานในปัจจุบันนี้พบว่ายังไม่ได้มีการกำหนดเป็นมาตรฐานที่แน่นอน

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าโดยทำการทดสอบพนักงาน 2 คนที่มีวิธีการทำงานที่แตกต่างกันจะมีผลต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือไม่ โดยการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ Two Proportions เพื่อการตัดปัจจัยที่ไม่มีความสำคัญต่อผลการทดลองออกไปก่อนและการกำหนดขนาดของตัวอย่าง (Sample Size) ให้เหมาะสมเพื่อช่วยให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือ หลังจากนั้นจึงจะทำการทดลองเพื่อปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป

2.1 การทดสอบนี้สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

H_0 : สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากวิธีการทำงานของพนักงาน ก และ ข ไม่มี
ความแตกต่างกัน

H_1 : สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากวิธีการทำงานของพนักงาน ก และ ข มี
ความแตกต่างกัน

และสามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ

$$H_0 : P_1 = P_2$$

$$H_1 : P_1 \neq P_2 ; \text{ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญที่ } 0.05$$

2.2 การหาจำนวนขนาดตัวอย่างของแต่ละการทดลองในการทดสอบสมมติฐานแบบ Two Proportions สามารถคำนวณได้จากโปรแกรมมินิแทป (เลือก Stat > Power and Sample Size > 2 Proportions) เนื่องจากข้อมูลของเสียที่ต้องการเก็บมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเพื่อให้การทดลองถูกต้องมากที่สุดจึงจำเป็นต้องคำนวณหาจำนวนขนาดตัวอย่างของการทดลอง เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมสำหรับการทดลอง เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่มีข้อมูลของของเสียในแต่ละระดับของของเสีย จึงใช้ตัวเลขสัดส่วนของของเสีย (Defect Ratio) โดยรวมในปัจจุบันแทนค่า Proportion 1 คือ 0.042 และใช้ค่าของสัดส่วนของเสียที่ต้องการจะลดลง (Target) แทนค่า Proportion 2 คือ 0.020 ที่ค่ากำลัง (Power) ที่ 0.9 และระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จากการคำนวณด้วยโปรแกรมมินิแทปได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (Sample Size) คือ 1,303 ซึ่งผลการคำนวณขนาดของตัวอย่างจากโปรแกรมมินิแทปได้แสดงดังภาพที่ 12

จากภาพที่ 12 จำนวนขนาดตัวอย่างของแต่ละการทดลองที่จะนำไปใช้ทำการเก็บข้อมูล คือ 1,303 ชิ้น โดยจะให้ความเชื่อมั่นที่ 0.900178 แต่ในการวิจัยนี้จะทำการเก็บข้อมูลที่ 1,400 ชิ้นเพื่อให้เหมาะสมกับจำนวนที่ทางบริษัทผลิตในแต่ละวันและง่ายในการเก็บข้อมูล ซึ่งจะทำให้ได้ค่ากำลังใหม่ที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย คือ 91.94% ดังแสดงในภาพที่ 13

Power and Sample Size			
Test for Two Proportions			
Testing comparison p = baseline p (versus not =)			
Calculating power for baseline p = 0.02			
Alpha = 0.05			
Comparison	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.042	1303	0.9	0.900178

ภาพที่ 12 การคำนวณหาขนาดของตัวอย่างด้วยโปรแกรมมินิแทป

Power and Sample Size			
Test for Two Proportions			
Testing comparison p = baseline p (versus not =)			
Calculating power for baseline p = 0.02			
Alpha = 0.05			
Comparison	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.042	1400	0.9	0.919428

ภาพที่ 13 การคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่จะนำไปใช้ทำการเก็บข้อมูลด้วยโปรแกรมมินิแทป

2.3 เก็บข้อมูลของผลการทดลองโดยกำหนดให้พนักงานทำงานที่กระบวนการและอุปกรณ์เดียวกันแต่ทำงานเวลาต่างกัน ซึ่งได้ผลการทดลองตารางที่ 11 และผลการทดสอบโดยใช้โปรแกรมมินิแทปดังภาพที่ 14

สรุปผลการทดสอบ จากการทดสอบสามารถปฏิเสธ H_0 (ซึ่งพิจารณาจากค่า P-value = $0.033 < 0.05$) หมายความว่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากเวลาการทำงานของพนักงาน ก และ ข มีความแตกต่างกัน ดังนั้นขั้นตอนต่อไปในการปรับปรุงจะทำการศึกษาวิธีการจับชิ้นงานที่เหมาะสมให้กับพนักงาน

ตารางที่ 11 ผลการทดลองการทดสอบสมมติฐาน (ปัญหาการจับชิ้นงานเอียง)

พนักงาน	ชิ้นงานที่ไม่ผ่านการยอมรับ	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
ก (ทำงานกะเช้า)	10	1,400
ข (ทำงานกะดึก)	22	1,400

Test and CI for Two Proportions			
Sample	X	N	Sample p
1	10	1400	0.007143
2	22	1400	0.015714
Difference = p (1) - p (2)			
Estimate for difference: -0.00857143			
95% CI for difference: (-0.0164391, -0.000703765)			
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = -2.14 P-Value = 0.033			

ภาพที่ 14 ผลการทดสอบ Test and CI for Two Proportion ด้วยโปรแกรมมินิแทป (สาเหตุการจับชิ้นงานเอียง)

ขั้นตอนที่ 3 การปรับปรุงวิธีการจับชิ้นงานที่เหมาะสมให้กับพนักงาน จากการวิเคราะห์จะเห็นว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้มาจากคนเนื่องจากความเพอเรและขาดการระมัดระวัง จึงได้แก้ไขด้วยการนำวิธีการป้องกันความเพอเร (Poka-Yoke) มาใช้ โดยการออกแบบฟิ๊กเจอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานโดยเฉพาะและไกด์พินเพื่อตรวจสอบตำแหน่งว่าชิ้นงานไม่สามารถเอียงได้ ซึ่งในการปรับปรุงครั้งนี้มีค่าใช้จ่ายประมาณ 5,000 บาท และสามารถสรุปผลวิธีการจับชิ้นงานก่อน-หลังได้ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 วิธีการปฏิบัติงานก่อนและหลังการปรับปรุงวิธีการทำงาน (วิธีการจับชิ้นงาน)

ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
จากการสังเกตพบว่า ขณะที่พนักงานทำการขันสกรู แนวทางแก้ไข: ออกแบบฟิกเจอร์สำหรับ เข้ากับชิ้นงาน พนักงานใช้มือข้างที่ไม่ถนัดในการ จับชิ้นงานใหม่โดยให้ชิ้นงานตั้งฉากกับพื้น จับชิ้นงาน ทำให้ตำแหน่งของชิ้นงานสามารถเอน โต๊ะทำงานและชิ้นงานไม่สามารถเอนเอียง เอียงได้หรือชิ้นงานตั้ง ไม่ตรง ทำให้ขณะขันสกรู ได้ โอกาสที่ปลายบิตไปกระแทกกับชิ้นงานทำให้เกิด รอยกระแทกได้	

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการยืนยันผลหลังการปรับปรุง จากข้อมูลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2 สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากวิธีการทำงานของพนักงานแต่ละคนมีผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน ได้มีการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานในกระบวนการโดยการออกแบบฟิกเจอร์ สำหรับจับชิ้นงานใหม่ ขั้นตอนนี้จะทำการยืนยันผลการปรับปรุงตามสมมติฐานโดยการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบไคสแควร์

4.1 การทดสอบนี้สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

H_0 : วิธีการทำงานไม่มีผลต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

H_1 : วิธีการทำงานมีผลต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

และสามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ

H_0 : วิธีการจับชิ้นงานเป็นอิสระกับสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

H_1 : วิธีการจับชิ้นงานและสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องไม่เป็นอิสระต่อกัน

โดยทดสอบที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

4.2 กำหนดเงื่อนไขการทดลองมีดังนี้

1. กำหนดให้พนักงานทำงานที่กระบวนการและอุปกรณ์เดียวกัน
2. ทำการตรวจชิ้นงานก่อนการประกอบ 2,000 ชิ้นต่อกลุ่ม
3. เก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงจากกลุ่มงานตัวอย่าง 2,000 ชิ้น โดยพนักงานประจำ
4. เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงจากกลุ่มงานตัวอย่าง 2,000 ชิ้น โดยพนักงานประจำ

ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 13 และผลการทดสอบโดยใช้โปรแกรมมินิแทปดังภาพที่ 15

ตารางที่ 13 ผลการทดลองหลังทำการปรับปรุงวิธีการจับชิ้นงาน

ผลการทดสอบ	ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการยอมรับ	ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการยอมรับ
ก่อนการปรับปรุง	1,970	30
หลังการปรับปรุง	1,995	2

Chi-Square Test: Accept, Reject

Expected counts are printed below observed counts

Chi-Square contributions are printed below expected counts

	Accept	Reject	Total
1	1970	30	2000
	1982.50	17.50	
	0.079	8.929	

2	1995	5	2000
	1982.50	17.50	
	0.079	8.929	

Total	3965	35	4000
-------	------	----	------

Chi-Sq = 18.015, DF = 1, P-Value = 0.000

ภาพที่ 15 ผลการทดสอบแบบไคสแควร์โดยใช้โปรแกรมมินิแทปแทป (สาเหตุการจับชิ้นงานเอียง)

สรุปผลการทดสอบ จากผลการทดสอบสามารถปฏิเสธ H_0 (ซึ่งพิจารณาจากค่า $P\text{-value} = 0.000 < 0.05$) หมายความว่าวิธีการจับชิ้นงานและสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นวิธีการจับชิ้นงานโดยการใช้ฟีกเจอร์ มีผลทำให้สัดส่วนของเสียผลิตภัณฑ์บกพร่องลดลง

สาเหตุที่ 2 วิธีการขันสกรูโดนชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตการณ์ทำงานของพนักงาน พบว่าบิตที่ใช้สำหรับขันสกรูมีความยาวหลายขนาด คือ 80, 120, 150 มิลลิเมตร (โดยไม่มีการระบุมาตรฐานที่ชัดเจน) ซึ่งอาจจะเป็นแนวโน้มที่ทำให้เกิดรอยกระแทกของชิ้นงานระหว่างการขันสกรูได้เนื่องมาจากถ้าหากใช้ความยาวมากเกินไปขณะที่ปลายบิตหมุนพนักงานจะไม่สามารถควบคุมตำแหน่งของปลายบิตให้ตรงกับรูสกรูบนชิ้นงานได้

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ตัวแปรนำเข้า โดยทำการทดสอบการขันสกรูด้วยความยาวของปลายบิตที่แตกต่างกันว่าปลายบิตแต่ละขนาดมีผลต่อจำนวนของผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือไม่ โดยการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ Two-Way ANOVA โดยกำหนดเงื่อนไขการทำงานเหมือนกันแต่ทำงานเวลาต่างกัน และได้กำหนดขนาดของตัวอย่าง คือ 2,000 ชิ้น

2.1 การทดสอบนี้สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

H_0 : ความยาวของปลายบิตแต่ละขนาดไม่มีผลต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

H_1 : ความยาวของปลายบิตแต่ละขนาดมีผลต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

และสามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

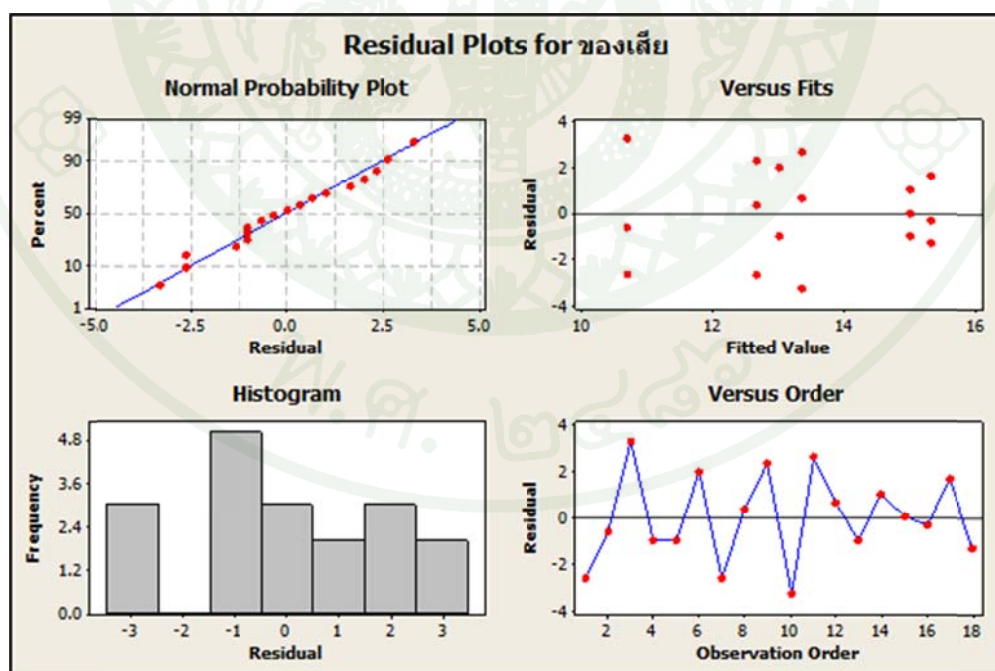
$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j \text{ อย่างน้อย 1 คู่ของ } i, j \text{ ที่ } i \neq j, \text{ ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญที่ } 0.05$$

ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ข้อมูลของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการขึ้นกรู โดยการใช้ความยาวปลายบิตแตกต่างกัน

ความยาวปลายบิต (มิลลิเมตร)	จำนวนของเสีย	
	กะเช้า (ชิ้น)	กะตีก (ชิ้น)
80 (A)	8, 10, 14	10, 16, 14
120 (B)	12, 12, 15	14, 16, 15
150 (C)	10, 13, 15	15, 17, 14

ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ด้วย ANOVA จำเป็นต้องมีการทดสอบข้อมูลก่อนว่าข้อมูลต้องมีการแจกแจงแบบปกติ โดยสามารถทำได้โดยใช้ผลการทดลองจากตารางที่ 14 วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมมินิแทปและสามารถแสดงผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมมินิแทปได้ในภาพที่ 16 จะพบว่าค่าความผิดพลาด (Residual) มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) มีการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบสุ่ม (Random) ไม่มีแนวโน้ม (No Trend) และแผนภูมิฮิสโตแกรม (Histogram) มีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงการแจกแจงปกติของข้อมูล



ภาพที่ 16 กราฟค่าความผิดพลาด (Residual Plots)

จากนั้นนำผลการทดลองจากตารางที่ 14 มาทดสอบทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบ Two-Way ANOVA โดยใช้โปรแกรมมินิแทปและสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังภาพที่ 17

สรุปผลการทดสอบ จากผลการทดสอบไม่สามารถปฏิเสธ H_0 (ซึ่งพิจารณาจากค่า P-value = 0.256 > 0.05) หมายความว่าความยาวของปลายบิตแต่ละขนาดไม่มีผลต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง ในกรณีที่ใช้เงื่อนไขการทำงานเหมือนกันดังนั้นสามารถตัดประเด็นว่าความยาวของบิตไม่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต แต่ ณ เวลาการทำงานที่ต่างกัน (กะเช้าและกะดึก) ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานไม่เท่ากันแสดงว่ากะการทำงานของพนักงานมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ซึ่งพิจารณาจากค่า P-value = 0.043 < 0.05)

Two-way ANOVA: ของเสีย versus กะ, ความยาวของปลายบิต					
Source	DF	SS	MS	F	P
กะ	1	26.889	26.8889	5.15	0.043
ความยาวของปลายบิต	2	16.000	8.0000	1.53	0.256
Interaction	2	0.444	0.2222	0.04	0.958
Error	12	62.667	5.2222		
Total	17	106.000			
S = 2.285 R-Sq = 40.88% R-Sq(adj) = 16.25%					

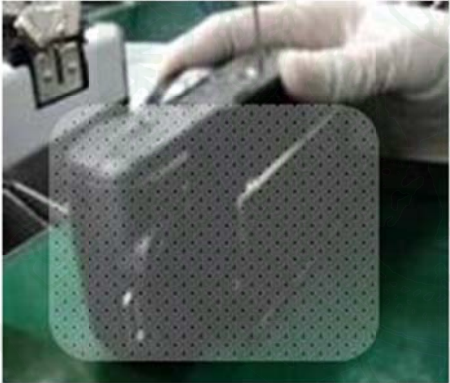
ภาพที่ 17 ผลการทดสอบ Two-Way ANOVA โดยใช้โปรแกรมมินิแทป (สาเหตุการชันสกรูโดน ชื่นงาน)

2.2 ทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมจากการสังเกตการณ์การทำงานของพนักงาน พบว่าชื่นงานที่วางอยู่บนฟีกเจอร์ไม่ได้มีการป้องกันการกระแทกของปลายบิตขณะทำงานชันสกรูซึ่งอาจจะเป็นแนวโน้มที่ทำให้เกิดรอยกระแทกระหว่างการชันสกรูได้เนื่องจากขณะทำการชันสกรูตำแหน่งของปลายบิตไม่ตรงกับรูสกรู

ขั้นตอนที่ 3 การปรับปรุงวิธีการชันสกรูที่เหมาะสมให้กับพนักงาน จากการวิเคราะห์จะเห็นว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้มาจากคนเนื่องจากขาดการระมัดระวังและวิธีการที่ยังไม่มีการ

ป้องกันอีกด้วย ดังนั้นจึงได้แก้ไขด้วยการนำวิธีการป้องกันความเพอเรอ (Poka-Yoke) มาใช้ โดยการออกแบบฟีกเจอร์สำหรับทำหน้าที่ป้องกันการกระแทกซึ่งในการปรับปรุงครั้งนี้มีค่าใช้จ่ายประมาณ 5,000 บาท และสามารถสรุปผลวิธีการชันกรูโคนขึ้นงานก่อน-หลังได้ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 วิธีการปฏิบัติงานก่อนและหลังการปรับปรุงวิธีการทำงาน (วิธีการชันกรูโคนขึ้นงาน)

ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
จากการสังเกตพบว่า ขณะที่พนักงานทำการชันกรูโคนขึ้นงาน พนักงานใช้มือข้างที่ไม่ถนัดในการจับชิ้นงาน โดยไม่ได้มีการป้องกันการกระแทกของปลายบิตขณะทำการชันกรูโคนขึ้นงานซึ่ง โอกาสที่ปลายบิตไปกระแทกกับชิ้นงานทำให้เกิดรอยแตกได้	แนวทางแก้ไข : ออกแบบฟีกเจอร์สำหรับป้องกันการกระแทกของปลายบิตขณะทำการชันกรูโคน
	

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการยืนยันผลหลังการปรับปรุง จากข้อมูลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2 พบว่าชิ้นงานที่วางอยู่บนฟีกเจอร์ไม่ได้มีการป้องกันการกระแทกของปลายบิตขณะทำงานชันกรูโคน จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานในกระบวนการโดยการออกแบบฟีกเจอร์สำหรับป้องกันการกระแทกของปลายบิตขณะทำการชันกรูโคน ขั้นตอนนี้จะทำการยืนยันผลการปรับปรุงตามสมมติฐานโดยการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) แบบไคสแควร์

4.1 การทดสอบนี้สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

H_0 : วิธีการชันสกรูไม่มีผลต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

H_1 : วิธีการชันสกรูมีผลต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

และสามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ

H_0 : วิธีการชันสกรูเป็นอิสระกับสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

H_1 : วิธีการชันสกรูและสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องไม่เป็นอิสระต่อกัน

โดยทดสอบที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

4.2 กำหนดเงื่อนไขการทดลองมีดังนี้

1. กำหนดให้พนักงานทำงานที่กระบวนการและอุปกรณ์เดียวกัน
 2. ทำการตรวจชิ้นงานก่อนการประกอบ 2,000 ชิ้นต่อกลุ่ม
 3. เก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงจากกลุ่มงานตัวอย่าง 2,000 ชิ้น โดยพนักงานประจำ
 4. เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงจากกลุ่มงานตัวอย่าง 2,000 ชิ้น โดยพนักงานประจำ
- ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 16 และผลการทดสอบโดยใช้โปรแกรมมินิแทปดังภาพที่ 18

สรุปผลการทดสอบ จากผลการทดสอบสามารถปฏิเสธ H_0 ($P\text{-value} = 0.000 < 0.05$) หมายความว่าวิธีการชันสกรูและสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นวิธีการชันสกรูโดยการใช้ ฟีกเจอร์ สำหรับป้องกันการกระแทกของปลายบิตขณะทำการชันสกรู มีผลทำให้สัดส่วนของเสียผลิตภัณฑ์บกพร่องลดลงจริง

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบหลังทำการปรับปรุงวิธีการจับชิ้นงาน

ผลการทดสอบ	ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการยอมรับ	ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการยอมรับ
ก่อนการปรับปรุง	1,978	22
หลังการปรับปรุง	1,998	2

Chi-Square Test: Accept, Reject

Expected counts are printed below observed counts
Chi-Square contributions are printed below expected counts

	Accept	Reject	Total
1	1978	22	2000
	1988.00	12.00	
	0.050	8.333	
2	1998	2	2000
	1988.00	12.00	
	0.050	8.333	
Total	3976	24	4000
Chi-Sq = 16.767, DF = 1, P-Value = 0.000			

ภาพที่ 18 ผลการทดสอบแบบไคสแควร์โดยใช้โปรแกรมมินิแทป (สาเหตุการขึ้นสกรูโคนขึ้นงาน)

สาเหตุที่ 3 ความคมของปลายทวิสเซอร์

ขั้นตอนที่ 1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตการณ์ทำงานของพนักงาน จากสาเหตุนี้เกิดของเสียเนื่องจากปลายของทวิสเซอร์ที่มีความแหลมคม เสียคลี่กับ FPC เพราะทวิสเซอร์ทำมาจากอลูมิเนียมซึ่งเป็นวัสดุที่ค่อนข้างแข็งและขณะทำการประกอบชิ้นงานได้มีการบีบ กด ขูด ขีด กับ FPC ขณะทำการประกอบ ซึ่งส่งผลทำให้ FPC มีรอยฉีกขาดได้

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า สำหรับปัจจัยที่ 4 ไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อยืนยันว่าแนวโน้มสาเหตุของปัญหามาจากความคมของปลายทวิสเซอร์ โดยสามารถยืนยันได้จาก การสังเกตลักษณะความผิดปกติของของเสียด้วยสายตาว่าเกิดมีรอยฉีกขาดที่ชิ้นงาน เพราะเกิดการบีบ กด ขูดขีด จากการประกอบชิ้นงานก็สามารถแยกแยะความผิดปกติออกได้

ขั้นตอนที่ 3 การปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน โดยการหาทวิสเซอร์ที่ปลายอ่อนนุ่มที่ทำจากพลาสติกที่สามารถลดการเสียดสีขณะประกอบชิ้นงาน และยังมีการให้ความรู้แก่พนักงานเพื่อให้

สามารถควบคุมคุณภาพด้วยตนเองได้หลังจากการประกอบเสร็จ และสามารถสรุปผลวิธีการปรับปรุงทวิสเซอร์ก่อน-หลัง ได้ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 วิธีการปฏิบัติงานก่อนและหลังการปรับปรุงทวิสเซอร์

ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
จากการสังเกตพบว่าปลายของทวิสเซอร์ที่เลือกใช้ เป็นแบบชนิดปลายแหลมทำให้มีความคมมาก และวัสดุทำมาจากอะลูมิเนียมที่มีความแข็ง ซึ่งมีโอกาสที่จะเกิดการขูดขีดกับ FPC ขณะทำการประกอบ	แนวทางแก้ไข : หาวัสดุที่อ่อนนุ่มที่สามารถลดการเสียดสีระหว่างการประกอบชิ้นงาน จากข้อสรุปจึงได้เลือกใช้ทวิสเซอร์ที่ปลายทำมาจากพลาสติก
	

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการยืนยันผลหลังการปรับปรุง หลังจากได้มีการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานในกระบวนการโดยการเปลี่ยนทวิสเซอร์จับชิ้นงานใหม่ ขั้นตอนนี้จะทำการยืนยันผลการปรับปรุงตามสมมติฐานข้างล่างนี้

4.1 การทดสอบนี้สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

H_0 : การปรับปรุงทวิสเซอร์ไม่มีผลต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

H_1 : การปรับปรุงทวิสเซอร์มีผลต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

และสามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ

H_0 : การปรับปรุงทวิสเซอร์ เป็นอิสระกับสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

H_1 : การปรับปรุงทวิสเซอร์ และสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องลดลงจะขึ้นต่อกัน

ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

4.2 กำหนดเงื่อนไขการทดลองมีดังนี้

1. กำหนดให้พนักงานทำงานที่กระบวนการเดียวกัน

2. ทำการตรวจชิ้นงานก่อนการประกอบ 2,000 ชิ้นต่อกลุ่ม
 3. เก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงจากกลุ่มงานตัวอย่าง 2,000 ชิ้น โดยพนักงานประจำ
 4. เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงจากกลุ่มงานตัวอย่าง 2,000 ชิ้น โดยพนักงานประจำ
- ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 18 และผลการทดสอบโดยใช้โปรแกรมมินิแทปดังภาพที่ 19

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบหลังทำการปรับปรุงทวิสเซอร์

ผลการทดสอบ	ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการยอมรับ	ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการยอมรับ
ก่อนการปรับปรุง	1,975	25
หลังการปรับปรุง	2,000	0

Chi-Square Test: Accept, Reject

Expected counts are printed below observed counts
Chi-Square contributions are printed below expected counts

	Accept	Reject	Total
1	1975	25	2000
	1987.50	12.50	
	0.079	12.500	
2	2000	0	2000
	1987.50	12.50	
	0.079	12.500	
Total	3975	25	4000

Chi-Sq = 25.157, DF = 1, P-Value = 0.000

ภาพที่ 19 ผลการทดสอบแบบไคสแควร์โดยใช้โปรแกรมมินิแทป (สาเหตุความคมของปลายทวิสเซอร์)

สรุปผลการทดสอบ จากผลการทดสอบสามารถปฏิเสธ H_0 ($P\text{-value} = 0.000 < 0.05$) หมายความว่า การปรับปรุงทวิสเซอร์มีผลต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องลดลงจะขึ้นต่อกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการปรับปรุงทวิสเซอร์มีผลทำให้สัดส่วนของเสียผลิตภัณฑ์บกพร่องลดลง

สาเหตุที่ 4 มาตรฐานที่ใช้ในการบัดกรีไม่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตการณ์ทำงานของพนักงาน พบว่าในกระบวนการผลิต ยังไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานและรายละเอียด (Specification) ของการบัดกรีแต่อย่างใด เช่น ค่าอุณหภูมิ ขนาดของหัวแร้ง ขนาดของตะกั่วบัดกรี และอุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็นต้องใช้ในการทำงาน รวมทั้งวิธีการบำรุงรักษา ซึ่งอาจจะเป็นแนวโน้มที่ทำให้การบัดกรีนั้นมีข้อบกพร่อง

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าที่คาดว่าจะมีผลต่อค่าความผิดพลาดในการบัดกรี ปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่าอุณหภูมิที่ปลายหัวแร้ง ขนาดของหัวแร้ง ขนาดของตะกั่วบัดกรี เหตุผลในการเลือกทำการศึกษปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยนี้จะมีผลต่อการบัดกรีเนื่องมาจากการบัดกรีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นสร้างจุดเชื่อมต่อทางไฟฟ้าของอุปกรณ์สองชนิดขึ้นไปโดยใช้ตะกั่วบัดกรีที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสานโดยตะกั่วบัดกรีจะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับโลหะอื่นๆเพื่อสร้างจุดบัดกรีและสามารถเชื่อมได้โดยไม่ทำให้ชิ้นส่วนที่ไม่ทนความร้อนเสียหายจึงจำเป็นต้องบัดกรีด้วยความรวดเร็วที่สุดโดยปกติการบัดกรีแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 3-5 วินาทีและยังต้องใช้ช่วงของอุณหภูมิปลายหัวแร้งซึ่งอยู่ที่ 320-340 องศาเซลเซียสเนื่องจากชิ้นส่วนที่ต้องการบัดกรีนั้นมีจุดบัดกรีขนาดเล็กจึงต้องใช้หัวแร้งที่มีความร้อน 30-60 วัตต์ ซึ่งนิยมใช้ขนาดของหัวแร้งอยู่ที่ 1.0 และ 2.0 มิลลิเมตร ส่วนตะกั่วบัดกรีเลือกเป็นชนิดมัลติคอร์ (Multi-core) ที่มีส่วนผสมระหว่างดีบุก 60% และตะกั่ว 40% ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 และ 0.8 มิลลิเมตร (ซึ่งเป็นมาตรฐานที่มีขายอยู่ทั่วไป) และทางบริษัทได้มีการสั่งซื้อทั้งหัวแร้งและตะกั่วบัดกรีมาเพียง 2 ขนาดเพื่อให้เหมาะสมกับราคาของต้นทุนวัสดุ

ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงระดับปัจจัยที่มีผลต่อค่าความผิดพลาดในการบัดกรี มีขั้นตอนดังนี้

3.1 ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับที่เหมาะสมโดยเลือกวิธีการทดลองด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง 2^3 แฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ โดยมี 3 ปัจจัยหลักในการทดลอง คือ ขนาดของตะกั่วบัดกรี (A), ค่าอุณหภูมิ (B), ขนาดของหัวแร้ง (C) และค่าระดับมีค่า 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (1) และระดับสูง (2) ดังแสดงการกำหนดแผนการทดลองในตารางที่ 19 และระดับของปัจจัยต่างๆในการทดลองในตารางที่ 20

ตารางที่ 19 แผนการทดลองที่ได้จากการใช้โปรแกรมมินิแทป

ลำดับ	ปัจจัย		
	ขนาดของตะกั่วบัดกรี	ค่าอุณหภูมิ	ขนาดของหัวแร้ง
	(A)	(B)	(C)
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	2	1
4	1	2	2
5	2	1	1
6	2	1	2
7	2	2	1
8	2	2	2

ตารางที่ 20 ระดับของปัจจัยต่างๆที่ใช้ในการทดลองแบบ 2^3 แฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับ		หน่วย
		ต่ำ (1)	สูง (2)	
ขนาดของตะกั่วบัดกรี	A	0.6	0.8	มิลลิเมตร (mm)
ค่าอุณหภูมิ	B	320	340	องศาเซลเซียส ($^{\circ}$ C)
ขนาดของหัวแร้ง	C	1	2	มิลลิเมตร (mm)

3.2 นำโปรแกรมมินิแทปช่วยในวิธีการออกแบบการทดลอง 2^3 แฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) โดยให้ผลตอบสนองคือ เวลาที่ใช้ในการบัดกรี และเพื่อความน่าเชื่อถือของการทดลองได้มีการทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งในแต่ละลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 21 โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะทำให้เวลาที่ใช้ในการบัดกรีน้อยที่สุด ซึ่งในกรณีนี้จะไม่พิจารณาปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Without Noise Factor)

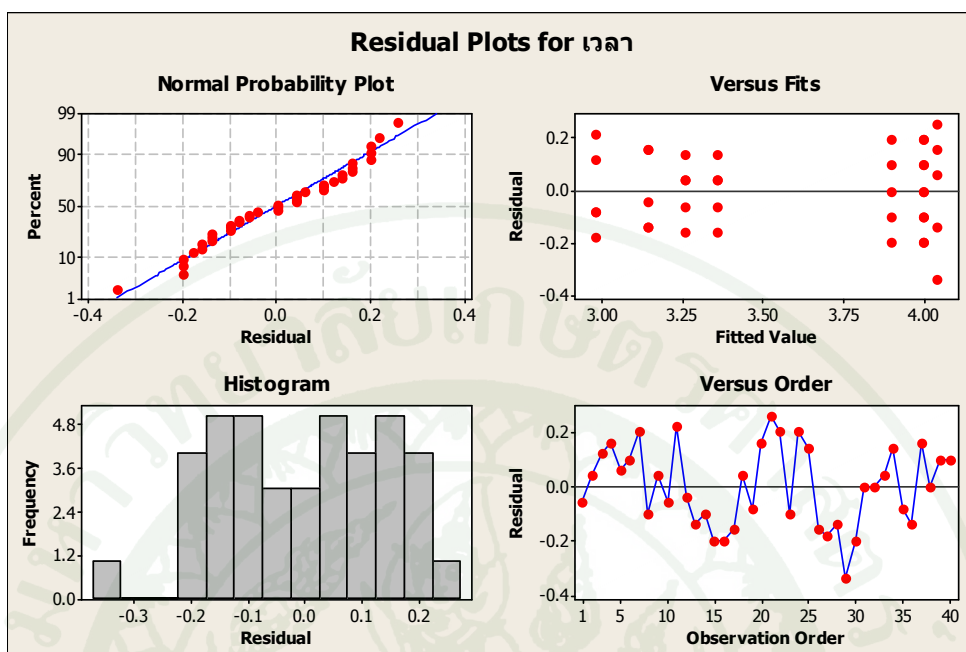
ตารางที่ 21 ข้อมูลผลการทดลองด้วยวิธีการออกแบบ 2^3 แฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ

ลำดับ	ขนาดของ ตะกั่วบัดกรี	ค่าอุณหภูมิ	ขนาดของหัว แร้ง	เวลา (วินาที)				
				ครั้งที่				
	(A)	(B)	(C)	1	2	3	4	5
1	0.6	320	6	3.3	3.4	3.2	3.5	3.4
2	0.6	320	8	3.3	3.2	3.3	3.1	3.4
3	0.6	340	6	3.1	3.2	2.9	2.8	2.9
4	0.6	340	8	3.3	3.1	3.3	3	3
5	0.8	320	6	4.1	3.9	4.3	3.7	4.2
6	0.8	320	8	4.1	3.9	4.2	3.8	4
7	0.8	340	6	4.2	3.8	3.9	4	4.1
8	0.8	340	8	3.8	3.7	4.1	3.9	4

3.3 ผลการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์ผลตอบสนองของค่าเฉลี่ย (Response for means) จากการออกแบบการทดลอง 2^3 แฟกทอเรียลเต็มรูปแบบในช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล โดยใช้ผลการทดลองจากตารางที่ 21 วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมมินิแทปและสามารถแสดงผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมมินิแทปได้ในภาพที่ 20 จากภาพที่ 20 พบว่าค่าความผิดพลาด (Residual) มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) มีการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบสุ่ม (Random) ไม่มีแนวโน้ม (No Trend) และแผนภูมิฮิสโตแกรม (Histogram) มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงการแจกแจงปกติของข้อมูล



ภาพที่ 20 กราฟค่าความผิดพลาด(Residual Plots)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้ผลการทดลองจากตารางที่ 21 ผ่านการใช้โปรแกรมมินิแทป ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ด้วย GLM (General Linear Model) สามารถแสดงผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมมินิแทปได้ในภาพที่ 21 และสรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยตอบสนองได้ดังนี้

2.1 ค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 86.59% และค่า R^2 Adjust มีค่าเท่ากับ 85.48% แสดงว่าข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการทดลองทั้งหมดมีความแปรปรวนที่เกิดจากปัจจัยที่ใช้ในการทำการทดลองถึง 86.59% หรือสามารถทำนายได้ว่ามีความแปรปรวนที่เกิดจากปัจจัยที่ใช้ในการทดลองถึง 86.59% ส่วนความผันแปรที่เหลือไม่สามารถอธิบายได้ว่ามาจากสาเหตุใด ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไปได้

2.2 ค่า P-Value ของปัจจัยขนาดของตะกั่วบัดกรี (A), ค่าอุณหภูมิ (B) มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญคือ 0.05 ($P\text{-value} < 0.05$) แสดงว่าปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยมีผลทำให้เวลาที่ใช้ในการบัดกรีน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

General Linear Model: Time (sec) versus Solder Lead, Temperature, ...

Factor	Type	Levels	Values
ขนาดของตะกั่วบัดกรี	fixed	2	0.6, 0.8
ค่าอุณหภูมิ	fixed	2	320, 340
ขนาดของหัวแร้ง	fixed	2	6, 8

Analysis of Variance for Time (sec), using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
ขนาดของตะกั่วบัดกรี	1	6.4000	6.4000	6.4000	223.47	0.000
ค่าอุณหภูมิ	1	0.2560	0.2560	0.2560	8.94	0.005
ขนาดของหัวแร้ง	1	0.0040	0.0040	0.0040	0.14	0.711
Error	36	1.0310	1.0310	0.0286		
Total	39	7.6910				

S = 0.169230 R-Sq = 86.59% R-Sq(adj) = 85.48%

ภาพที่ 21 ผลการวิเคราะห์ในโปรแกรมมินิแทป ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ด้วย GLM (General Linear Model)

3. วิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยหลัก (Main Effect) และวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยร่วม (Interaction Effect) เพื่อทำการคัดทิ้งปัจจัยที่ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญจากการทดลองโดยการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ (Full Factorial Design) โดยนำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 21 มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมมินิแทปได้ผลดังในภาพที่ 22 และสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

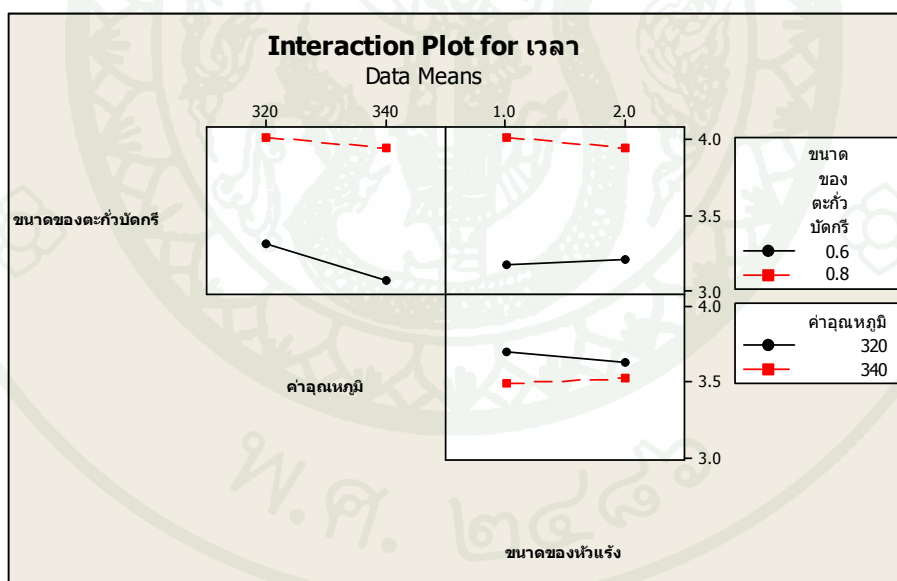
จากผลการวิเคราะห์ในภาพที่ 22 พิจารณาในช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) พบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญส่งผลทำให้เวลาที่ใช้ในการบัดกรีน้อยที่สุด คือ ขนาดของตะกั่วบัดกรี (A) และค่าอุณหภูมิ (B) ซึ่งพิจารณาจากค่า P-Value ที่น้อยกว่า 0.05 และไม่มีปัจจัยร่วมที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งพิจารณาจากค่า P-Value ที่มากกว่า 0.05 แต่ถ้าหากพิจารณาในช่วงความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.10$) จะพบว่าปัจจัยร่วมที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญส่งผลทำให้เวลาที่ใช้ในการบัดกรีน้อยที่สุด คือ ขนาดของตะกั่วบัดกรีและค่าอุณหภูมิ (AB) ซึ่งสามารถแสดงระดับปัจจัยที่มีผลทำให้เวลาที่ใช้ในการบัดกรีน้อยที่สุด คือ ขนาดของตะกั่วบัดกรีที่ 0.6 มิลลิเมตร และค่าอุณหภูมิที่ 340 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 23

Factorial Fit: เวลา versus ขนาดของตะกั่วบัดกรี, ค่าอุณหภูมิ, ขนาดของหัวแร้ง

Estimated Effects and Coefficients for เวลา (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		3.58500	0.02556	140.28	0.000
ขนาดของตะกั่วบัดกรี	0.80000	0.40000	0.02556	15.65	0.000
ค่าอุณหภูมิ	-0.16000	-0.08000	0.02556	-3.13	0.004
ขนาดของหัวแร้ง	-0.02000	-0.01000	0.02556	-0.39	0.698
ขนาดของตะกั่วบัดกรี * ค่าอุณหภูมิ	0.09000	0.04500	0.02556	1.76	0.088
ขนาดของตะกั่วบัดกรี * ขนาดของหัวแร้ง	-0.05000	-0.02500	0.02556	-0.98	0.335
ค่าอุณหภูมิ * ขนาดของหัวแร้ง	0.05000	0.02500	0.02556	0.98	0.335
ขนาดของตะกั่วบัดกรี * ค่าอุณหภูมิ * ขนาดของหัวแร้ง	-0.08000	-0.04000	0.02556	-1.57	0.127

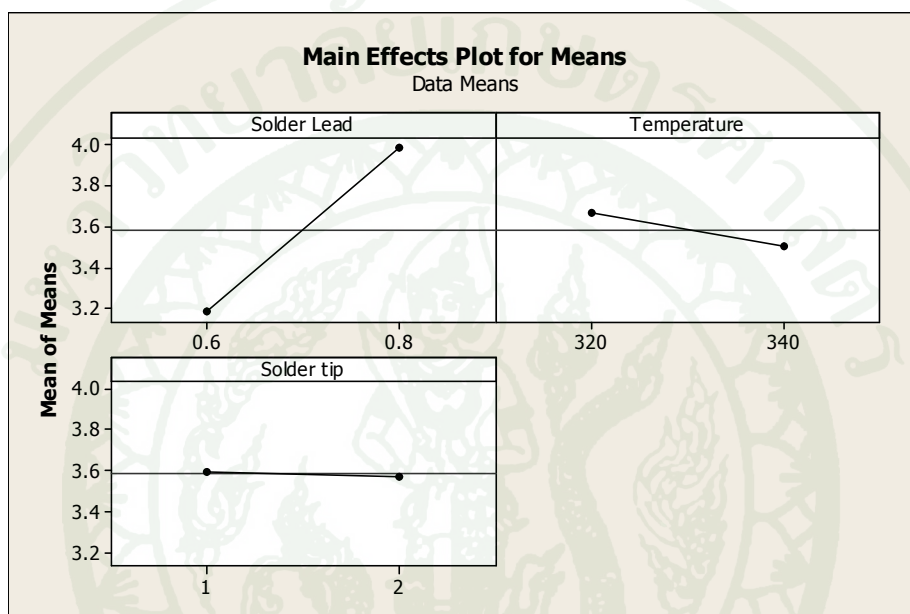
ภาพที่ 22 ผลการวิเคราะห์ในโปรแกรมมินิแทป ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ด้วยการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ (Full Factorial Design)



ภาพที่ 23 ผลของปัจจัยร่วมที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการบัดกรี (Interaction Effect Plot)

จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 24 เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าว ดังนั้นสามารถ

แสดงระดับปัจจัยที่มีผลทำให้เวลาที่ใช้ในการบัดกรีน้อยที่สุด คือ ขนาดของตะกั่วบัดกรีที่ 0.6 มิลลิเมตร และค่าอุณหภูมิที่ 340 องศาเซลเซียสซึ่งสอดคล้องกับผลที่ช่วงความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.10$) ส่วนขนาดของหัวแร้งไม่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการบัดกรีอย่างมีนัยสำคัญจึงสามารถเลือกขนาดของหัวแร้งขนาด 1 หรือ 2 มิลลิเมตรก็ได้



ภาพที่ 24 ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการบัดกรี (Main Effect Plot)

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการยืนยันผลหลังการปรับปรุง หลังจากได้มีการกำหนดมาตรฐานในการบัดกรีแล้ว ขั้นตอนนี้จะทำการยืนยันผลการปรับปรุงตามสมมติฐานข้างล่างนี้

4.1 การทดสอบนี้สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

H_0 : การกำหนดมาตรฐานในการบัดกรีไม่มีผลต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

H_1 : การกำหนดมาตรฐานในการบัดกรีมีผลต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

และสามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ

H_0 : การกำหนดมาตรฐานในการบัดกรีเป็นอิสระกับสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

H_1 : การกำหนดมาตรฐานในการบัดกรีและสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจะขึ้นต่อกัน, ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

4.2 กำหนดเงื่อนไขการทดลองมีดังนี้

1. กำหนดให้พนักงานทำงานที่กระบวนการเดียวกัน
2. ทำการตรวจชิ้นงานก่อนการประกอบ 2,000 ชิ้นต่อกลุ่ม
3. เก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงจากกลุ่มงานตัวอย่าง 2,000 ชิ้น โดยพนักงานประจำ
4. เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงจากกลุ่มงานตัวอย่าง 2,000 ชิ้น โดยพนักงานประจำ

ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 22 และผลการทดสอบโดยใช้โปรแกรมมินิแทปดังภาพที่ 25

ตารางที่ 22 ผลการทดสอบหลังทำการกำหนดมาตรฐานในการบัดกรี

ผลการทดสอบ	ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการยอมรับ	ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการยอมรับ
ก่อนการปรับปรุง	1,970	30
หลังการปรับปรุง	1,988	2

Chi-Square Test: Accept, Reject

Expected counts are printed below observed counts
Chi-Square contributions are printed below expected counts

	Accept	Reject	Total
1	1970	30	2000
	1984.00	16.00	
	0.099	12.250	
2	1998	2	2000
	1984.00	16.00	
	0.099	12.250	

Total 3968 32 4000

Chi-Sq = 24.698, DF = 1, P-Value = 0.000

ภาพที่ 25 ผลการทดสอบแบบไคสแควร์โดยใช้โปรแกรมมินิแทป (สาเหตุมาตรฐานที่ใช้ในการบัดกรีไม่เหมาะสม)

สรุปผลการทดสอบ จากผลการทดสอบสามารถปฏิเสธ H_0 ($P\text{-value} = 0.000 < 0.05$)

หมายความว่า การกำหนดมาตรฐานในการบัดกรีมีผลต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องลดลงจะ
ขึ้นต่อกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการกำหนดมาตรฐานในการบัดกรีมีผลทำให้สัดส่วนของ
เสียผลิตภัณฑ์บกพร่องจริง

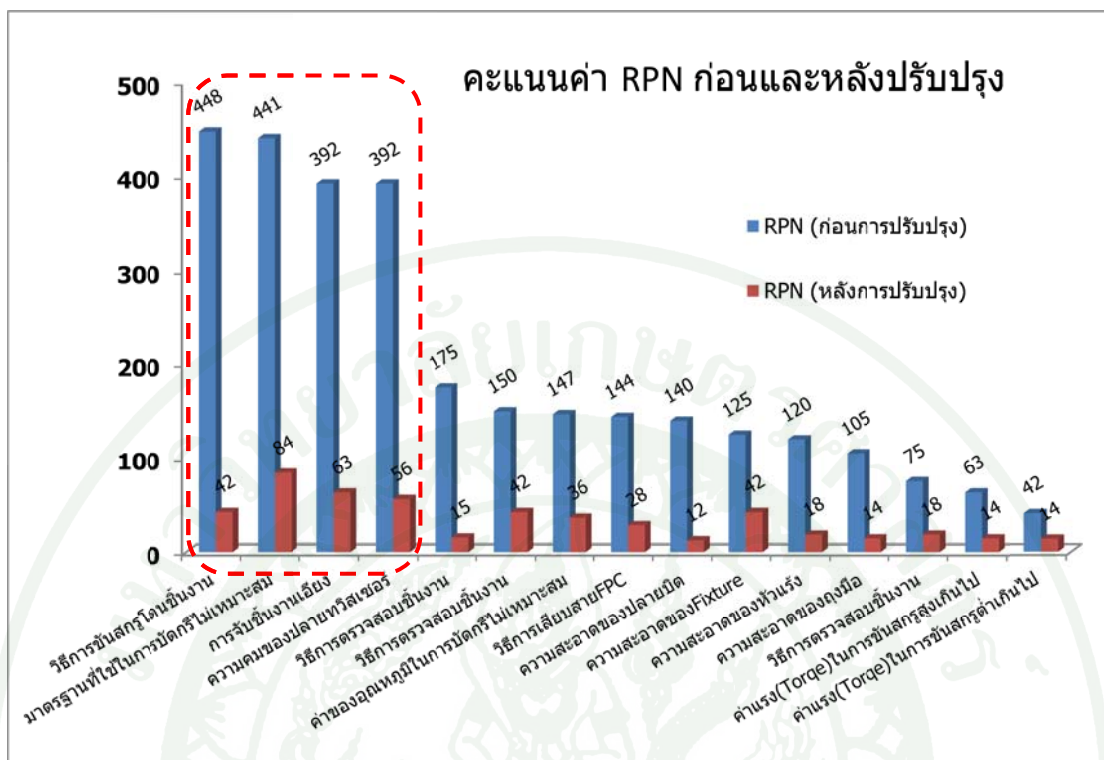


ผลและวิจารณ์

จากการนำปัญหาข้อบกพร่องที่นำมาทำการปรับปรุงแก้ไขและติดตามผลหลังการแก้ไขเป็นระยะเวลา 7 เดือน (เดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554) แนวทางการแก้ไขทั้งหมดถูกดำเนินการเสร็จสมบูรณ์ ดังนั้นการประเมินผลหลังการปรับปรุงแก้ไขจะใช้การเปรียบเทียบของข้อมูลก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number, RPN)

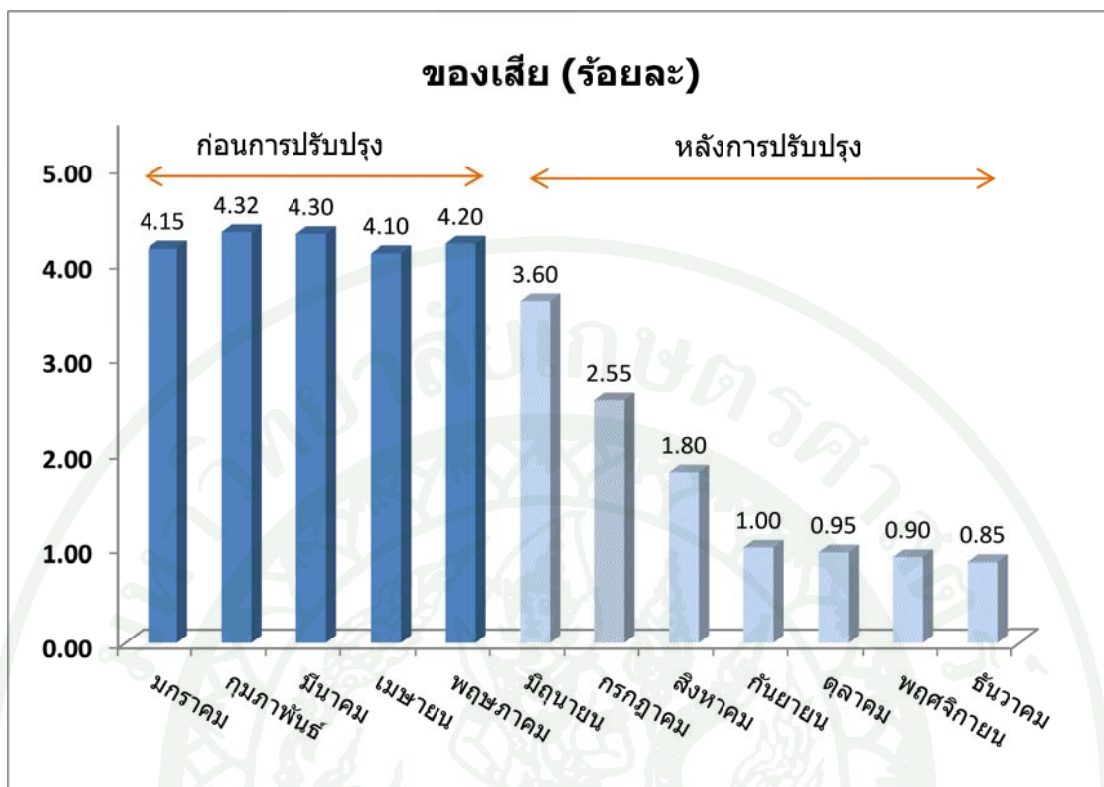
หลังจากการแก้ไขปรับปรุงและนำมาใช้ในการควบคุมกับกระบวนการการผลิตใหม่เพื่อลดอัตราการเกิดปัญหาของข้อบกพร่องต่างๆและทำการป้องกันในกระบวนการผลิต ได้มีการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงชี้ นำในการเกิดข้อบกพร่องกับกระบวนการการผลิตใหม่ โดยค่าความรุนแรงของความเสียหายที่เกิด (Severity, S) จะยังคงใช้ค่าเดิมเพราะไม่มีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของการออกแบบ ดังนั้นในส่วนของการวิเคราะห์จึงมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะระดับค่าความถี่ของโอกาสในการเกิดความเสียหาย(Occurrence, O) และระดับความสามารถในการตรวจพบของความเสียหายที่เกิด (Detection, D) ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 1 จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าดัชนีความเสี่ยงชี้ นำ (RPN) ก่อนและหลังปรับปรุงดังภาพที่ 26 ซึ่งพบว่าค่าดัชนีความเสี่ยงชี้ นำมีค่าลดลงถึงร้อยละ 80 ถึง 90 จากการประเมินค่าความถี่ของโอกาสในการเกิดความเสียหาย และความสามารถในการตรวจพบของความเสียหายของสาเหตุอื่นๆ ซึ่งได้นำการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการเช่นปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตเพื่อให้พนักงานสามารถทำงานได้ถูกต้อง



ภาพที่ 26 ผลการเปรียบเทียบของค่า RPN ก่อนและหลังการปรับปรุง

2. การเปรียบเทียบร้อยละของเสียในกระบวนการผลิต

หลังจากดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น และทำการผลิตในอีก 7 เดือนถัดมา (เดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554) แต่เนื่องจากจำนวนการผลิตเฉลี่ยแต่ละเดือนก่อนและหลังการปรับปรุงไม่เท่ากัน การเปรียบเทียบข้อมูลจึงต้องทำเป็นสัดส่วนของจำนวนของเสียเฉลี่ยต่อจำนวนยอดการผลิตเฉลี่ยต่อเดือน โดยคิดเป็นร้อยละแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน จากข้อมูลที่เก็บในช่วงเวลาดังกล่าว ดังแสดงในภาพที่ 27 พบว่าของเสียเฉลี่ยในช่วงดังกล่าวลดลงจากช่วงก่อนการปรับปรุงที่มีของเสียเฉลี่ยร้อยละ 4.21 เหลือเพียงร้อยละ 1.66 ซึ่งต่ำกว่าระดับที่บริษัทกำหนดไว้ที่ร้อยละ 2.00 และหากพิจารณาของเสียในแต่ละเดือนหลังการปรับปรุงจะพบว่ามีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง จากเดือนมิถุนายนที่มีของเสียร้อยละ 3.60 เหลือเพียงร้อยละ 0.85 ในเดือนธันวาคม



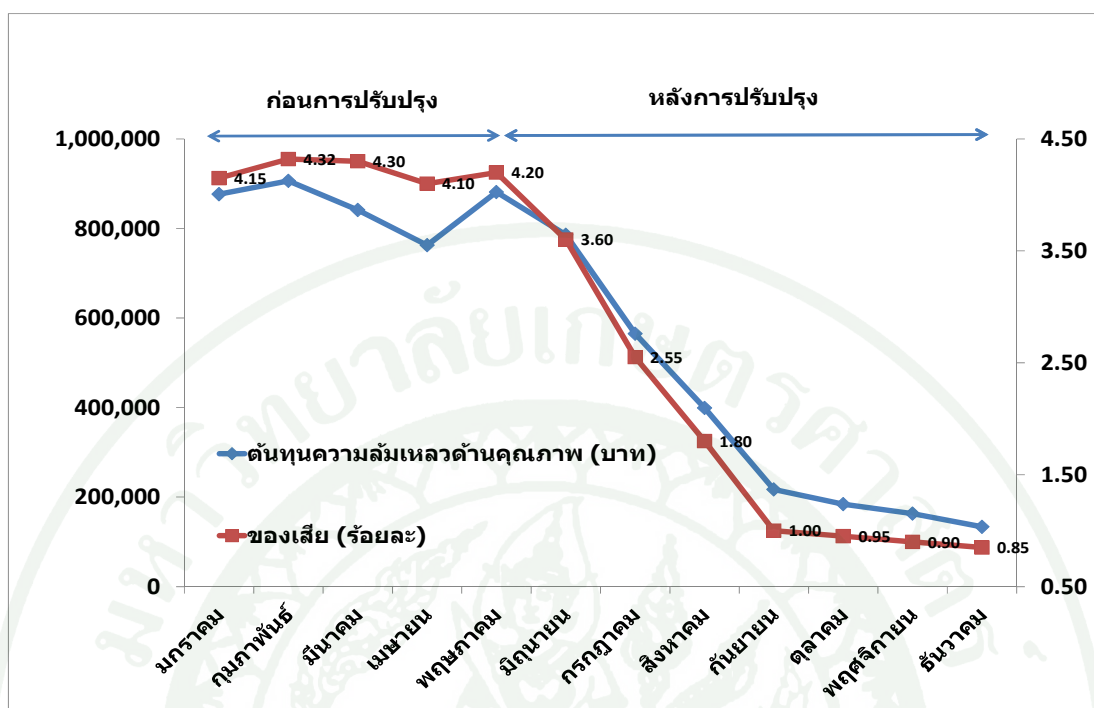
ภาพที่ 27 กราฟแท่งของเสีย (ร้อยละ) ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ปีพ.ศ. 2554

3. การเปรียบเทียบต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ

จากตารางที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบมูลค่าของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพและร้อยละของเสีย ซึ่งต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพเกิดจากความบกพร่องทางคุณภาพในกระบวนการผลิต เช่น ของเสีย (Defect) การแก้ไขงานบกพร่อง (Re-Work) การตรวจสอบซ้ำ (Re-Inspection) เป็นต้น โดยพิจารณาจากช่วงก่อนการปรับปรุง (เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554) ที่มีต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพเฉลี่ยอยู่ที่เดือนละ 850,000 บาท และหลังจากมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อควบคุมคุณภาพเริ่มขึ้นตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 ทำให้ต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มที่ลดลงจาก 780,000 บาทในเดือนมิถุนายนเหลือเพียง 130,000 บาทในเดือนธันวาคม อันเนื่องมาจากแนวโน้มที่ลดลงของข้อบกพร่องหรือของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเช่นเดียวกัน ซึ่งมาจากการพิจารณากราฟของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพกับร้อยละของเสียดังในภาพที่ 28

ตารางที่ 23 การเปรียบเทียบมูลค่าของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพและร้อยละของเสีย

ช่วง	เดือน	ต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ	ของเสีย (ร้อยละ)
		(บาท)	
ก่อนการปรับปรุง	มกราคม	876,374	4.15
	กุมภาพันธ์	906,417	4.32
	มีนาคม	841,093	4.30
	เมษายน	762,425	4.10
	พฤษภาคม	881,470	4.20
หลังการปรับปรุง	มิถุนายน	785,751	3.60
	กรกฎาคม	565,033	2.55
	สิงหาคม	398,832	1.80
	กันยายน	216,920	1.00
	ตุลาคม	184,339	0.95
	พฤศจิกายน	163,064	0.90
	ธันวาคม	133,404	0.85



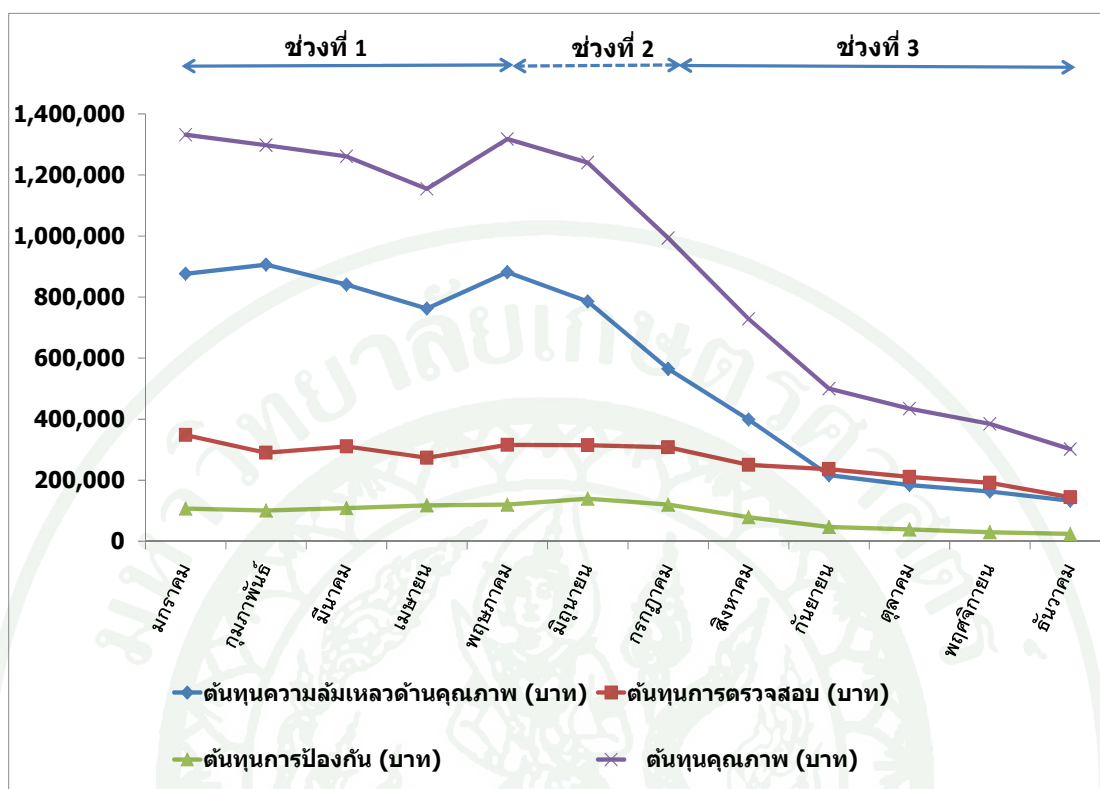
ภาพที่ 28 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพและร้อยละของเสีย

4. การเปรียบเทียบต้นทุนคุณภาพ

จากตารางที่ 24 และจากกราฟดังกล่าวที่ 29 แสดงการเปรียบเทียบมูลค่าของต้นทุนคุณภาพจากช่วงก่อนการปรับปรุงที่มีต้นทุนเฉลี่ยอยู่ที่เดือนละ 1,270,000 บาทเหลือเพียง 300,000 บาทในเดือนธันวาคม และเมื่อพิจารณาต้นทุนคุณภาพกับเวลาจะสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ก่อนเริ่มการปรับปรุง (เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม) ต้นทุนคุณภาพยังอยู่ในระดับที่สูง ช่วงที่ 2 ช่วงทำการปรับปรุง (เดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม) ต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพเริ่มลดลง แต่ต้นทุนการตรวจสอบและต้นทุนการป้องกันเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการเพิ่มการตรวจสอบและปรับปรุงอุปกรณ์เนื่องจากเป็นวิธีการทำงานใหม่ ช่วงที่ 3 ช่วงการควบคุมคุณภาพแบบต่อเนื่อง (เดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม) เป็นการเพิ่มการปรับปรุงคุณภาพแต่ไม่เพิ่มต้นทุนคุณภาพ โดยต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ ต้นทุนการตรวจสอบ และต้นทุนการป้องกันมีค่าลดลงเรื่อยๆ

ตารางที่ 24 การเปรียบเทียบมูลค่าของต้นทุนคุณภาพตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ปี
พ.ศ. 2554

เดือน	ต้นทุนความ ล้มเหลวด้านคุณภาพ	ต้นทุนการ ตรวจสอบ (บาท)	ต้นทุนการ ป้องกัน (บาท)	ต้นทุนคุณภาพ (บาท)	ปริมาณการ ผลิต (ชิ้น)
มกราคม	876,374	348,254	107,000	1,331,628	65581
กุมภาพันธ์	906,417	290,150	101,000	1,297,567	66,045
มีนาคม	841,093	310,813	109,000	1,260,906	59,955
เมษายน	762,425	273,979	118,000	1,154,404	54,955
พฤษภาคม	881,470	316,196	120,000	1,317,666	64,727
มิถุนายน	785,751	314,667	140,000	1,240,418	68800
กรกฎาคม	565,033	308,333	120,000	993,366	68000
สิงหาคม	398,832	250,833	79,000	728,665	70000
กันยายน	216,920	236,333	47,000	500,253	70000
ตุลาคม	184,339	211,083	39,000	434,422	59000
พฤศจิกายน	163,064	191,700	30,000	384,764	54000
ธันวาคม	133,404	144,333	24,000	301,738	40000
ค่าเฉลี่ยก่อน การปรับปรุง	853,556	307,878	111,000	1,272,434	62,252
ค่าเฉลี่ยหลัง ปรับปรุง	349,620	236,755	68,429	654,804	61,400



ภาพที่ 29 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าของต้นทุนด้านคุณภาพตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2554

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการวิจัยทั้งหมดที่ผ่านมาเพื่อลดต้นทุนคุณภาพจากการลดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต โดยอาศัยการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) และหลักการการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง (Design and Analysis of Experiments) มาใช้ดำเนินการวิจัย ซึ่งได้กล่าวไว้เป็นลำดับขั้นตอนอย่างละเอียด และสามารถสรุปผลการดำเนินการวิจัยได้โดยการประเมินผลหลังการปรับปรุงแก้ไขซึ่งใช้การเปรียบเทียบของข้อมูลก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง ดังข้างต้น

สรุป

จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อวิธีการ เพื่อประเมินแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข หลังจากนั้นนำผลการปรับปรุงแก้ไขมาปรับใช้ในกระบวนการผลิตใหม่ โดยมีการติดตามผลการปรับปรุงเป็นระยะเวลา 7 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงธันวาคม ปี พ.ศ. 2554 ซึ่งผลการแก้ไขหลังการปรับปรุงได้ทำการประเมินค่า RPN อีกครั้งเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่า RPN ก่อนปรับปรุงพบว่าค่า RPN มีค่าลดลงร้อยละ 80 ถึง 90 ซึ่งมีผลต่อของเสียเฉลี่ยลดลงจากช่วงก่อนปรับปรุงจาก 4.21 เหลือเพียงร้อยละ 1.66 ซึ่งต่ำกว่าระดับที่บริษัทกำหนดไว้ที่ร้อยละ 2.00 และหากพิจารณาของเสียในแต่ละเดือนหลังการปรับปรุงจะพบว่ามีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจากเดือนมิถุนายนที่มีของเสียร้อยละ 3.60 เหลือเพียงร้อยละ 0.85 ในเดือนธันวาคม และทำให้ต้นทุนคุณภาพหลังการปรับปรุงลดลงอย่างต่อเนื่อง จากช่วงก่อนการปรับปรุงที่มีต้นทุนคุณภาพเฉลี่ยอยู่ที่เดือนละ 1,270,000 บาทเหลือเพียง 300,000 บาทต่อเดือน

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากทางบริษัทกรณีศึกษาประสบปัญหาด้านต้นทุนคุณภาพสูงกว่าเป้าหมายที่วางไว้ ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโดยที่ไม่มีการมาตรการป้องกันล่วงหน้า โดยส่วนใหญ่แล้วเมื่อพบปัญหาจึงจะเข้าไปทำการแก้ปัญหา บางครั้งทำให้ปัญหาไม่ได้ถูกแก้ไขอย่างถูกต้อง ผู้ดำเนินการวิจัยจึงได้เสนอแนวทางในการควบคุมคุณภาพต่อไป ดังนี้

1. งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการประกอบกล่องถ้ำรูปดิจิตอลเท่านั้น เนื่องจากเป็นกระบวนการหลัก ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาปัญหาที่ยังเกิดขึ้นเป็นลำดับถัดไปของปัญหาที่ยังเกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพมากและเป็นไปตามความต้องการของลูกค้า
2. ควรเก็บข้อมูลตามกระบวนการพื้นฐานแทนการเก็บข้อมูลตามรุ่นที่ผลิตเพื่อนำผลไปใช้กับผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นๆ ได้
3. การใช้ประโยชน์จากการวิเคราะห์ต้นทุนคุณภาพ ควรพิจารณาตัวผลลัพธ์ในรูปแบบตัวเงินประกอบด้วยตามหลักการของต้นทุนคุณภาพจะทำให้เห็นภาพชัดเจนขึ้นและสนับสนุนการตัดสินใจในการลงทุนในการปรับปรุงคุณภาพครั้งต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กำพล กิจระภูมิ และสุชาติ ชูวี. 2546. **Cost of Quality ลดต้นทุนไม่ลดคุณภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2 สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. 2551ก. **สถิติวิศวกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 3 บริษัทสำนักพิมพ์ท็อป จำกัด, กรุงเทพฯ.

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. 2551ข. **การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง**. พิมพ์ครั้งที่ 1 บริษัทสำนักพิมพ์ท็อป จำกัด, กรุงเทพฯ.

Akkoyun, O. and H. Ankara. 2009. Cost of quality management: An empirical study from Turkish marble industry. **Scientific Research and Essay** 4 (11): 1275-1285.

Automotive Industry Action Group. 2001. **Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)** 3rd edition, July 2001.

Bartlett, J.E., J.W. Kotrlik and C.C. Higgins. 2001. Organizational research: Determining appropriate sample size in survey research. **Information Technology, Learning and Performance Journal** 19 (1): 43-50.

Baumeister, R.F. 2002. Yielding to temptation: self-control failure, impulsive purchasing, and consumer. **Journal of Consumer Research**. 28 (4).

Chi-Liang, T.L. and J. Liu. 2008. Application of FMEA and KT method on fab daily management. **Journal of Quality** 15: 399-407.

- Chowdhury, A. R. and G. K. Prasad. 1998. Reduction of gold-plating thickness variation. **Quality Engineer** 11 (1): 61-67.
- Czarski, A. 2008. Estimation of process capability indices in case of distribution unlike the normal one. **World Academy of Materials and Manufacturing Engineering** 34 (1): 39-42.
- de Souza, R.Q. and A.J. Alvares. 2008. FMEA and FTA analysis for application of the reliability-centered maintenance methodology: Case study on hydraulic turbines. **ABCM Symposium in Mechatronic** 3: 803-812.
- Dudek-Burlikowska, M. and D. Szewieczek. 2009. The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process. **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineer** 36: 95-102.
- Ferreira, J.E. and I.S. Lopes. 2010. Improvement of scrap request process with six sigma methodology, pp. 2458-2463. *In Proceedings of the World Congress on Engineering*. 30 June-2 July 2010, London, U.K.
- Hardy, T.L. 2006. Using cost of quality approaches to improve commercial space transportation safety, pp. 1-10. *In Proceedings of the 24th International System Safety Conference*. 31 July – 4 August 2006.
- Hatamura, Y., K. Lino, K. Tsuchiya and T. Hamaguchi. 2003. Structure of failure knowledge database and case expression. **CIRP Annals-Manufacturing Technology** 52 (1): 97-100.

Hung, H.-C. and M.-H. Sung. 2011. Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. **Scientific Research and Essays** 6 (3): 580-591.

Juran, J.M. 1992. **Juran on Quality by Design**. The Free Press, Inc. New York.

Juran, J.M. and A.B. Godfrey. 1999. **Juran's Quality Handbook**. 5th ed. New York: McGraw-Hill.

Juran, J.M. and F.M. Gryna. 1998. **Juran's Quality Control Handbook**. 4th ed. New York: McGraw-Hill.

Kanlayasiri, K. and S. Boonmung. 2007. An investigation on effects of wire-EDM machining parameters on surface roughness of newly developed DC53 die steel. **Journal of Materials Processing Technology**. 187-188: 26-29.

Keles, O., Y. Taptik, O.L. Eryilmaz, M. Urgan and A.F. Cakir. 1999. Optimization of Arc-PVD TiN coating process parameters by Taguchi technique. **Quality Engineering** 12 (1): 29-36.

Kmenta, S., P. Fitch and K. Ishii. 1999. Advance failure modes and effects analysis of complex processes, pp. 1-9. *In* **Proceeding of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conference**. 12-15 September 1999, Las Vegas, Nevada.

Lunsford, M.L. and A.D.D. Fink. 2010. Water taste test data. **Journal of Statistics Education**. 18 (1): 1-19.

Manko, H.H. 1995. **Soldering Handbook for Printed Circuit and Surface Mounting**. 2nd ed. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.

- Mijailovic, S. 2008. Process admission to modelling of process in factory for electrothermic products. *In Proceedings of the 2nd International Quality Conference of Quality Festival 2008*. 13-15 May 2008, Kragujevac.
- Puente, J., R. Pino, P. Priore and D.D.D. Fuente. 2002. A decision support system for applying failure mode and effects analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management** 19 (2): 137-150.
- Rasamanie, M. and K. Kanapathy. 2011. The implementation of cost of quality (COQ) reporting system in Malaysian manufacturing companies: Difficulties encountered and benefits acquired. **International Journal of Business and Social Science** 2 (6): 243-247.
- Rhee, S.J. and K. Ishii. 2003. Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability. **Advanced Engineering Informatics** 17 (3-4): 179-188.
- Roscoe, J.T. and J.A. Byars. 1971. An Investigation of the restraints with respect to sample size commonly imposed on the use of the Chi-square statistic. **Journal of the American Statistical Association** 66 (336): 755-759.
- Schiffauerova, A. and V. Thomson. 2006. A review of research on cost of quality models and best practices. **International Journal of Quality and Reliability Management** 23 (4): 1-23.
- Scyoc, K.V. 2008. Process safety improvement-quality and target zero. **Journal of Hazardous Materials** 159 (1): 42-48.
- Shank, J.K. and V. Govindarajan. 1994. Measuring the “Cost of Quality”: A strategic cost management perspective. **Journal of Cost Management** 8: 5-17.

Simon, M.J. 2003. Concrete mixture optimization using statistical methods.

Infrastructure Research and Development: 14-24.

Soudki, K.A., E.F. EI-Salakaway and N.B. Elkum. 2001. Full factorial design optimization of concrete mix design for hot climates. **ASCE Journal of Material in Civil** 13: 78-86.

Teoh, P.C. and K. Case. 2004. Failure modes and effects analysis through knowledge modeling. **Journal of Materials Processing Technology** 153-154: 253-260.

Tsai, W.-H. 1998. Quality cost measurement under activity-based costing. **International Journal of Quality & Reliability Management** 15 (7): 719-752.

von Ahsen, A. 2008. Cost-oriented failure mode and effect analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management** 25 (5): 466-476.

Yang, W., L.E. Felton and R.W. Messler. 1995. The effect of soldering process variables on the microstructure and mechanical properties of eutectic Sn-Ag/Cu solder joints. **Journal of Electronic Materials** 24 (10): 1465-1472.



ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ(FMEA)

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)										
"PROCESS FMEA"										
ลำดับ	กระบวนการ	คุณลักษณะความเสียหาย	ผลกระทบ	สาเหตุคุณลักษณะความเสียหาย	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	S	O	D	R P N	ข้อเสนอแนะปรับปรุง
										ผลปฏิบัติการ
										S O D R P N
1	การขันสกรู (Screwing)	วิธีการจับชิ้นงาน	รอยแตก กระแทก (Dent) ของชิ้นงาน	การจับชิ้นงานเอียง	ไม่มีขั้นตอนและอุปกรณ์ในการจับชิ้นงาน	7	7	8	392	1.ศึกษาและออกแบบวิธีการจับชิ้นงานให้เหมาะสม 2.ออกแบบจิ๊กสำหรับการจับชิ้นงาน
										ได้ข้อปฏิบัติที่เป็นมาตรฐานเชิงป้องกัน (Pokayoke)
2	การขันสกรู (Screwing)	วิธีการขันสกรู	รอยแตก กระแทก (Dent) ของชิ้นงาน	ขันสกรูโดนชิ้นงาน	ไม่มีการควบคุม	7	8	8	448	ออกแบบจิ๊กสำหรับปิดชิ้นงาน
										ได้ข้อปฏิบัติที่เป็นมาตรฐานเชิงป้องกัน (Pokayoke)
3	การขันสกรู (Screwing)	ค่าแรง (Torque) ในการขันสกรู	รอยแตก กระแทก (Dent) ของชิ้นงาน	ค่าแรง(Torque)ในการขันสกรูสูงเกินไป	ตั้งโปรแกรมค่าแรงอัตโนมัติ	7	3	3	63	ตรวจสอบทุกครั้งก่อนเริ่มทำงานให้ได้ตามข้อกำหนดในเอกสาร
										ได้ค่าแรง(Torque)ในการขันสกรูที่เหมาะสม

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	กระบวนการ	คุณลักษณะความเสียหาย	ผลกระทบ	สาเหตุคุณลักษณะความเสียหาย	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	S	O	D	R P N	ข้อเสนอแนะปรับปรุง	ผลปฏิบัติการ	S	O	D	R P N
4	การขันสกรู (Screwing)	ค่าแรง (Torque) ในการขันสกรู	ชิ้นงานไม่ประกบกัน	ค่าแรง (Torque) ในการขันสกรูต่ำเกินไป	ตั้งโปรแกรมค่าแรงอัตโนมัติ	7	3	3	63	ตรวจสอบทุกครั้งก่อนเริ่มทำงานให้ได้ตามข้อกำหนดในเอกสาร 1. เพิ่มขั้นตอนตรวจสอบทุกครั้งก่อนเริ่มทำงาน	ได้ค่าแรง (Torque) ในการขันสกรูที่เหมาะสม	7	2	1	14
5	การขันสกรู (Screwing)	ความสะอาดของ Fixture	รอยขีดข่วน (Scratch) บนชิ้นงาน	มีเศษของโลหะตกค้างบน Fixture	ตรวจสอบด้วยสายตา	5	5	5	125	2. กำชับให้พนักงานฝ่ายผลิตเพิ่มความระวังในการตรวจและปฏิบัติตามเอกสารการทำงาน	มีเศษโลหะตกค้างบน Fixture ลดลง	5	3	1	15
6	การขันสกรู (Screwing)	ความสะอาดของปลายบิต	รอยแตก กระแทก (Dent) ของชิ้นงาน	ความถี่ในการทำ ความสะอาดไม่เหมาะสม	ตรวจสอบด้วยสายตา	7	4	5	140	ตรวจสอบทุกครั้งก่อนเริ่มทำงาน	ได้ข้อปฏิบัติที่เป็นมาตรฐาน	7	3	2	42

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	กระบวนการ	คุณลักษณะความเสียหาย	ผลกระทบ	สาเหตุคุณลักษณะความเสียหาย	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	S	O	D	R P N	ข้อเสนอแนะปรับปรุง	ผลปฏิบัติการ	S	O	D	R P N
7	การขันสกรู (Screwing)	ความสะอาดของถูงมือ	ทำให้มีคราบโลหะติดบนชิ้นงาน	มีเศษของโลหะตกค้างบนชิ้นงาน	ไม่มีการควบคุม	7	3	5	105	1.เปลี่ยนจำนวนถูงมือบ่อยขึ้น 2.ระบุเวลาให้ชัดเจนในการเปลี่ยน	ได้ข้อปฏิบัติที่เป็นมาตรฐาน	7	2	1	14
8	การขันสกรู (Screwing)	วิธีการตรวจสอบชิ้นงาน	ทำให้ลักษณะภายนอกที่ปรากฏไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	พนักงานขาดความชำนาญ	ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร	3	5	5	75	1.อบรมพนักงานพนักงานเพื่อเพิ่มทักษะในการปฏิบัติงานให้ดีขึ้น 2.R&R Gauge control	พนักงานได้เพิ่มทักษะในการทำงานและได้ปรับปรุงการทำงาน	3	3	2	18
9	การเสียบสาย FPC (FPC inserting)	วิธีการเสียบสายFPC	รอยแตก กระแทก (Dent) ของชิ้นงาน FPC	กด กระแทกทำให้ชิ้นงานเสียหาย	ไม่มีขั้นตอนและอุปกรณ์ในการเสียบสาย FPC	6	6	4	144	1.ออกแบบจิ๊กสำหรับการเสียบสายFPC 2.กำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบให้เป็นมาตรฐาน	ได้ข้อปฏิบัติที่เป็นมาตรฐานเชิงป้องกัน (Pokayoke)	6	2	1	12

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	กระบวนการ	คุณลักษณะความเสียหาย	ผลกระทบ	สาเหตุคุณลักษณะความเสียหาย	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	S	O	D	P	R N	ข้อเสนอแนะปรับปรุง	ผลปฏิบัติการ	S	O	D	P	R N
10	การเสียบสาย FPC (FPC inserting)	ความคมของปลายทวิสเซอร์	แผงวงจรของ FPC ขาด	กด กระแทกทำให้ชิ้นงานเสียหาย	ไม่มีการควบคุม	7	8	7	392		1.ห้ามปลายของทวิสเซอร์ด้วยท่อหดหรือวัสดุชนิดอ่อน	ได้ข้อปฏิบัติที่เป็นมาตรฐานเชิงป้องกัน (Pokayoke)	7	2	4	56	
11	การตรวจสอบชิ้นงาน	วิธีการตรวจสอบชิ้นงาน	ทำให้ลักษณะภายนอก(เอียง/หัก/แตก)ที่ปรากฏไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	พนักงานขาดความชำนาญ	ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร	6	5	5	150		1.อบรมพนักงานพนักงานเพื่อเพิ่มทักษะในการปฏิบัติงานให้ดีขึ้น 2.R&R Gauge control	พนักงานได้เพิ่มทักษะในการทำงานและได้ปรับปรุงการทำงาน	6	3	2	36	
12	การบัดกรี (Soldering)	ค่าของอุณหภูมิในการบัดกรี	เกิดรอยเชื่อมของชิ้นงานไม่ประสานเป็นเนื้อเดียวกัน	ค่าของอุณหภูมิในการบัดกรีไม่เหมาะสม	ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสารที่อุณหภูมิ 330±10 °C	7	7	3	147		ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสม	ได้อุณหภูมิในการบัดกรีที่เหมาะสมที่อุณหภูมิ 330±10 °C	7	2	2	28	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	กระบวนการ	คุณลักษณะความเสียหาย	ผลกระทบ	สาเหตุคุณลักษณะความเสียหาย	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	R S O D P N	ข้อเสนอแนะปรับปรุง	ผลปฏิบัติการ	R S O D P N
13	การบัดกรี (Soldering)	เวลาที่ใช้ในการบัดกรี	เกิดรอยเชื่อมของชิ้นงานไม่ประสานเป็นเนื้อเดียวกัน	เวลาที่ใช้ในการบัดกรีไม่เหมาะสม	ไม่มีการควบคุม	7 7 9 441	ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสม	ได้เวลาในการบัดกรีที่เหมาะสม	7 3 4 84
14	การบัดกรี (Soldering)	ความสะอาดของหัวแร้ง	เกิดรอยเชื่อมของชิ้นงานไม่ประสานเป็นเนื้อเดียวกัน	ความถี่ในการทำ ความสะอาดไม่เหมาะสม	ตรวจสอบด้วยสายตา	6 4 5 120	ตรวจสอบทุกครั้งก่อนเริ่มทำงานหรือเมื่อสกปรก	ได้ข้อปฏิบัติที่เป็นมาตรฐาน	6 3 1 18
15	การบัดกรี (Soldering)	วิธีการตรวจสอบชิ้นงาน	ทำให้ลักษณะภายนอก(รอยเชื่อมของชิ้นงาน)ที่ปรากฏไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	พนักงานขาดความชำนาญ	ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร	7 5 5 175	1.อบรมพนักงานพนักงานเพื่อเพิ่มทักษะในการปฏิบัติงานให้ดีขึ้น 2.R&R Gauge control	พนักงานได้เพิ่มทักษะในการทำงานและได้ปรับปรุงการทำงาน	7 3 2 42

ตารางผนวกที่ 2 รายการคำนวณต้นทุนคุณภาพในแต่ละเดือนก่อนการปรับปรุงกระบวนการ

ต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality)	เดือน									
	มกราคม		กุมภาพันธ์		มีนาคม		เมษายน		พฤษภาคม	
	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%
ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายใน										
ของเสีย (Scrap)	437,180	32.83	446,137	34.38	426,557	33.83	400,980	34.73	446,913	33.92
การตรวจสอบซ้ำ	90,720	6.81	95,105	7.33	85,936	6.82	75,105	6.51	90,618	6.88
การแก้ไขงานบกพร่อง	340,201	25.55	356,643	27.49	322,258	25.56	281,644	24.40	339,817	25.79
เครื่องจักรหยุด	8,272	0.62	8,532	0.66	6,342	0.50	4,695	0.41	4,122	0.31
ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายนอก										
การเรียกคืนสินค้า	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
รวม	876,374	65.81	906,417	69.86	841,093	66.71	762,425	66.04	881,470	66.90
ต้นทุนการตรวจสอบ การวัด และประเมินคุณภาพ										
การตรวจสอบวัตถุดิบนำเข้า	60,000	4.51	57,000	4.39	51,000	4.04	36,000	3.12	38,000	2.88
การตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการ	163,953	12.31	110,075	8.48	149,888	11.89	137,388	11.90	161,818	12.28
การตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการ	109,302	8.21	110,075	8.48	99,925	7.92	91,592	7.93	107,878	8.19
การตรวจและทดสอบผลิตภัณฑ์	15,000	1.13	13,000	1.00	10,000	0.79	9,000	0.78	8,500	0.65
รวม	348,254	26.15	290,150	22.36	310,813	24.65	273,979	23.73	316,196	24.00

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality)	เดือน									
	มกราคม		กุมภาพันธ์		มีนาคม		เมษายน		พฤษภาคม	
	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%
ต้นทุนการป้องกัน										
การฝึกอบรมพนักงาน	32,000	2.40	30,000	2.31	28,000	2.22	25,000	2.17	22,000	1.67
การจัดตั้งทีมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ	35,000	2.63	30,000	2.31	33,000	2.62	28,000	2.43	40,000	3.04
กิจกรรมการปรับปรุงคุณภาพ	5,000	0.38	8,000	0.62	18,000	1.43	25,000	2.17	23,000	1.75
การปรับปรุงเครื่องจักร	35,000	2.63	33,000	2.54	30,000	2.38	40,000	3.46	35,000	2.66
รวม	107,000	8.04	101,000	7.78	109,000	8.64	118,000	10.22	120,000	9.11
รวมทั้งหมด	1,331,628	100.00	1,297,567	100.00	1,260,905	100.00	1,154,404	100.00	1,317,665	100.00

ตารางผนวกที่ 3 รายการคำนวณต้นทุนคุณภาพในแต่ละเดือนหลังการปรับปรุงกระบวนการ

ต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality)	เดือน													
	มิถุนายน		กรกฎาคม		สิงหาคม		กันยายน		ตุลาคม		พฤศจิกายน		ธันวาคม	
	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%
ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายใน														
ของเสีย (Scrap)	389,557	31.41	286,901	28.88	197,022	27.04	104,354	20.86	93,918	21.62	84,526	21.97	78,074	25.87
การตรวจสอบซ้ำ	82,560	6.66	57,800	5.82	42,000	5.76	23,333	4.66	18,683	4.30	16,200	4.21	11,333	3.76
การแก้ไขงานบกพร่อง	309,600	24.96	216,750	21.82	157,500	21.61	87,500	17.49	70,063	16.13	60,750	15.79	42,500	14.09
เครื่องจักรหยุด	4,034	0.33	3,582	0.36	2,310	0.32	1,733	0.35	1,675	0.39	1,588	0.41	1,497	0.50
ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายนอก														
การเรียกคืนสินค้า	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
รวม	785,751	63.35	565,033	56.88	398,832	54.73	216,920	43.36	184,339	42.43	163,064	42.38	133,404	44.21
ต้นทุนการตรวจสอบ การวัด และประเมิน														
คุณภาพ														
การตรวจสอบวัตถุดิบนำเข้า	20,000	1.61	17,000	1.71	10,000	1.37	5,000	1.00	5,000	1.15	5,000	1.30	5,000	1.66
การตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการ	172,000	13.87	170,000	17.11	140,000	19.21	143,500	28.69	120,950	27.84	110,700	28.77	82,000	27.18
การตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการ	114,667	9.24	113,333	11.41	93,333	12.81	82,833	16.56	80,633	18.56	72,000	18.71	53,333	17.68
การตรวจและทดสอบผลิตภัณฑ์	8,000	0.64	8,000	0.81	7,500	1.03	5,000	1.00	4,500	1.04	4,000	1.04	4,000	1.33
รวม	314,667	25.37	308,333	31.04	250,833	34.42	236,333	47.24	211,083	48.59	191,700	49.82	144,333	47.83

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality)	เดือน													
	มิถุนายน		กรกฎาคม		สิงหาคม		กันยายน		ตุลาคม		พฤศจิกายน		ธันวาคม	
	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%
ต้นทุนการป้องกัน														
การฝึกอบรมพนักงาน	30,000	2.42	35000	3.52	20000	2.74	10000	2.00	9000	2.07	8000	2.08	7000	2.32
การจัดตั้งทีมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ	55,000	4.43	45,000	4.53	30,000	4.12	20,000	4.00	17000	3.91	13000	3.38	10000	3.31
กิจกรรมการปรับปรุงคุณภาพ	45,000	3.63	30,000	3.02	20,000	2.74	10000	2.00	8000	1.84	6000	1.56	4000	1.33
การปรับปรุงเครื่องจักร	10,000	0.81	10000	1.01	9000	1.24	7000	1.40	5000	1.15	3000	0.78	3000	0.99
รวม	140,000	11.29	120,000	12.08	79,000	10.84	47,000	9.40	39,000	8.98	30,000	7.80	24,000	7.95
รวมทั้งหมด	1,240,418	100.00	993,366	100.00	728,665	100.00	500,254	100.00	434,422	100.00	384,764	100.00	301,738	100.00

ตารางผนวกที่ 4 สรุปต้นทุนคุณภาพในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการท่วิจัย

ช่วง	เดือน	ต้นทุนความล้มเหลวด้าน	ต้นทุนการตรวจสอบ	ต้นทุนการป้องกัน	ต้นทุนคุณภาพ	ปริมาณการผลิต	ของเสีย
		คุณภาพ (บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(ชิ้น)	(ร้อยละ)
ก่อนการปรับปรุง	มกราคม	876,374	348,254	107,000	1,331,628	65581	4.15
	กุมภาพันธ์	906,417	290,150	101,000	1,297,567	66,045	4.32
	มีนาคม	841,093	310,813	109,000	1,260,906	59,955	4.30
	เมษายน	762,425	273,979	118,000	1,154,404	54,955	4.10
	พฤษภาคม	881,470	316,196	120,000	1,317,666	64,727	4.20
หลังการปรับปรุง	มิถุนายน	785,751	314,667	140,000	1,240,418	68800	3.60
	กรกฎาคม	565,033	308,333	120,000	993,366	68000	2.55
	สิงหาคม	398,832	250,833	79,000	728,665	70000	1.80
	กันยายน	216,920	236,333	47,000	500,253	70000	1.00
	ตุลาคม	184,339	211,083	39,000	434,422	59000	0.95
	พฤศจิกายน	163,064	191,700	30,000	384,764	54000	0.90
	ธันวาคม	133,404	144,333	24,000	301,738	40000	0.85
	ค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง	853,556	307,878	111,000	1,272,434	62,252	4.21
	ค่าเฉลี่ยหลังปรับปรุง	349,620	236,755	68,429	654,804	61,400	1.66

ตารางผนวกที่ 5 ระดับคะแนนของความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้น (Severity, S)

ผลกระทบจาก ข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลจาก ข้อบกพร่องที่กระทบต่อผู้ใช้ ผลิตภัณฑ์	ความรุนแรงของผลจาก ข้อบกพร่อง ที่กระทบต่อ กระบวนการผลิตภายใน	คะแนน
1. ก่อให้เกิด อันตรายโดยไม่มี การเตือน	ข้อบกพร่องมีผลกระทบต่อความ ปลอดภัย ของลูกค้าหรือขัดต่อ กฎหมายโดยไม่มี การเตือน ล่วงหน้า	ทำให้เกิดอันตรายต่อพนักงาน (หรือเครื่องจักร) โดยไม่มีการ เตือนล่วงหน้า	10
2. ก่อให้เกิด อันตราย โดยมี การเตือน	ข้อบกพร่องมีผลกระทบต่อความ ปลอดภัย ของลูกค้าหรือขัดต่อ กฎหมายโดยมีการเตือนล่วงหน้า	ทำให้เกิดอันตรายต่อพนักงาน (หรือเครื่องจักร) โดยมีการเตือน ล่วงหน้า	9
3. สูงมาก	ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจาก สูญเสียในภาวะหน้าที่ หลัก	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100 %) อาจ ต้องถูกทำลายทิ้ง หรือต้องส่งเข้า แผนกที่ซ่อมแซมผลิตภัณฑ์ ซึ่งใช้ เวลาซ่อมมากกว่า 1 ชั่วโมง	8
4. สูง	ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้งานได้ ได้ด้วย สมรรถนะที่ลดต่ำลง และทำให้ลูกค้าไม่พอใจอย่างมาก	อาจจะมีการตรวจสอบแบบ คัดเลือก (Sorting) และผลิตภัณฑ์ บางส่วน (<100%) อาจต้องถูก ทำลายทิ้งหรือต้องส่งเข้าแผนกที่ ซ่อมแซมผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้เวลาซ่อม 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง	7
5. ปานกลาง	ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้งานได้ แต่ขาดความสะดวกสบายและทำ ให้ลูกค้าไม่พอใจ	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (100%) อาจ ต้องถูกทำลายทิ้ง โดยไม่ต้อง ตรวจสอบแบบคัดเลือกหรือต้อง ส่งเข้าแผนกที่ซ่อมแซมผลิตภัณฑ์ ซึ่งใช้เวลาซ่อมน้อยกว่า 1 ชั่วโมง	6

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

ผลกระทบจาก ข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลจาก ข้อบกพร่องที่กระทบต่อผู้ใช้ ผลิตภัณฑ์	ความรุนแรงของผลจาก ข้อบกพร่อง ที่กระทบต่อ กระบวนการผลิตภายใน	คะแนน
6. ต่ำ	ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้งานได้ แต่ด้วยสมรรถนะด้านความ สะดวกสบายที่ลดต่ำลง	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100 %) ต้อง ได้รับการนำมาทำใหม่ (Rework) ที่นอกสายการผลิตแต่ไม่ถึงกับ ต้องส่งเข้าแผนกซ่อม	5
7. ต่ำมาก	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ ดีนัก อาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้า ส่วนใหญ่ (> 75%) สามารถ สังเกตเห็นได้	หรือ ผลิตภัณฑ์อาจต้องได้รับการ ตรวจสอบแบบคัดเลือก (Sorting) โดยไม่มีชิ้นงานที่ต้องทำลายทิ้ง และบางส่วน (<100%) มีการนำ กลับมาทำใหม่ (Rework)	4
8. เล็กน้อย	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ ดีนัก อาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้า ครึ่งหนึ่ง (50%) สามารถสังเกต ได้	หรือ ผลิตภัณฑ์บางส่วน (<100%) ต้องได้รับการนำมาทำใหม่ (Rework) ในสายการผลิต แต่ นอกจุดปฏิบัติงานโดยไม่มีชิ้นงาน ที่ต้องกำจัดทิ้ง	3
9. เล็กน้อยมาก	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ ดีนัก อาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้า ส่วนน้อย (<25%) สามารถสังเกต ได้	หรือ ผลิตภัณฑ์บางส่วน (<100%) ต้องได้รับการนำมาทำใหม่ (Rework) ในสายการผลิต ณ จุด ปฏิบัติงานโดยไม่มีชิ้นงานที่ต้อง กำจัดทิ้ง	2
10. ไม่มี	ไม่มีผลกระทบ	อาจมีความไม่สะดวกสบายต่อ กระบวนการผลิต หรือตัว พนักงานหรือ ไม่มีผลกระทบใดๆ	1

ตารางผนวกที่ 6 ระดับคะแนนของความถี่ของโอกาสในการเกิดความเสียหาย (Occurrence, O)

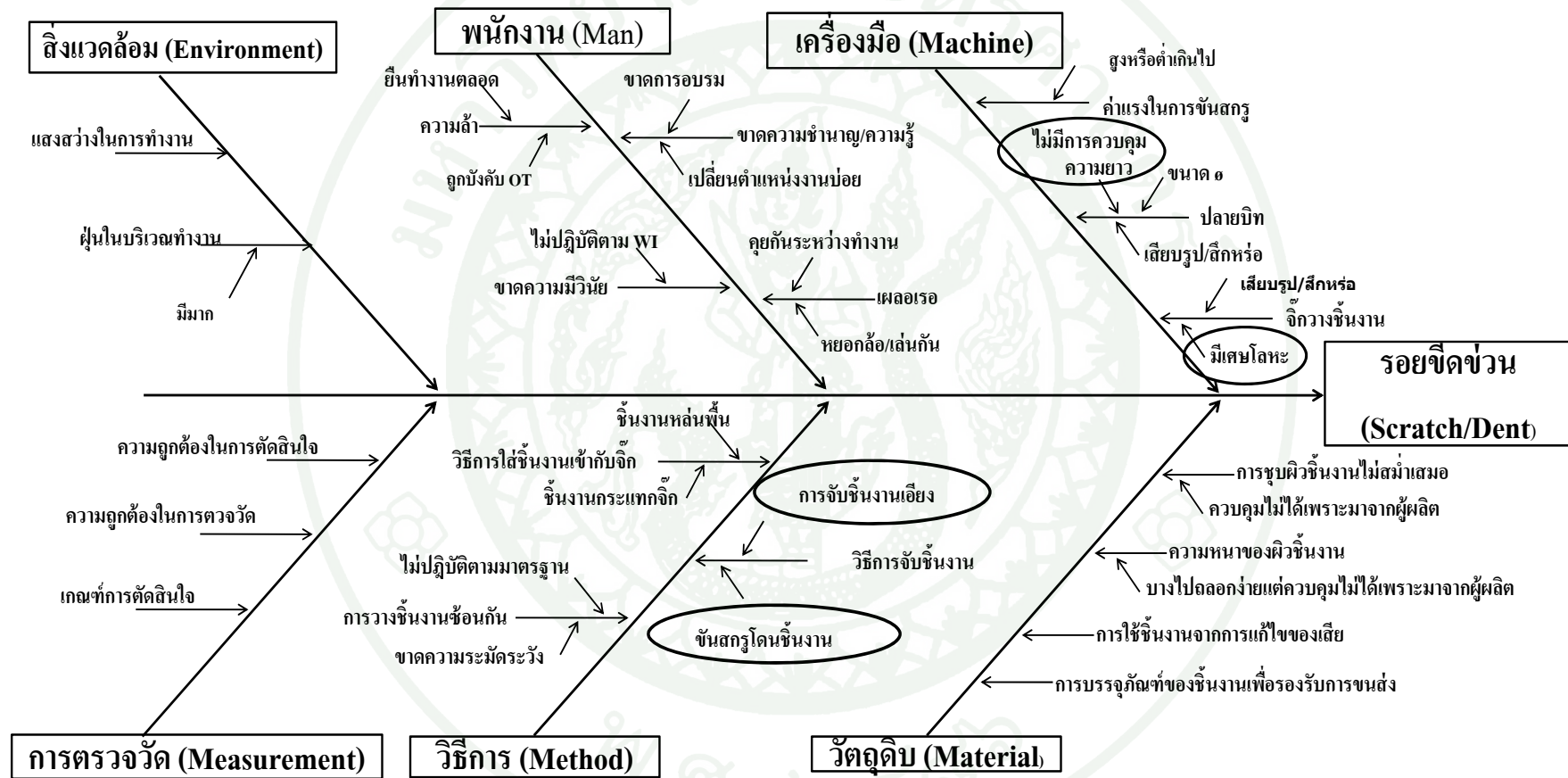
โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง	อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้	คะแนน
สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องอยู่บ่อยๆ	มากกว่า 100 ชิ้น ใน 1,000 ชิ้น	10
	50 ชิ้น ใน 1,000 ชิ้น	9
สูง : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	20 ชิ้น ใน 1,000 ชิ้น	8
	10 ชิ้น ใน 1,000 ชิ้น	7
ปานกลาง : มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องเป็นบางครั้ง	5 ชิ้น ใน 1,000 ชิ้น	6
	2 ชิ้น ใน 1,000 ชิ้น	5
	1 ชิ้น ใน 1,000 ชิ้น	4
ต่ำ : ข้อบกพร่องเกิดขึ้นน้อยมาก	5 ชิ้น ใน 10,000 ชิ้น	3
	1 ชิ้น ใน 10,000 ชิ้น	2
ห่างไกล : แทบจะ ไม่เกิดข้อบกพร่องขึ้นเลย	น้อยกว่า 1 ชิ้น ใน 10,000 ชิ้น	1

ตารางผนวกที่ 7 ระดับคะแนนของความสามารถในการตรวจพบความเสียหาย (Detection, D)

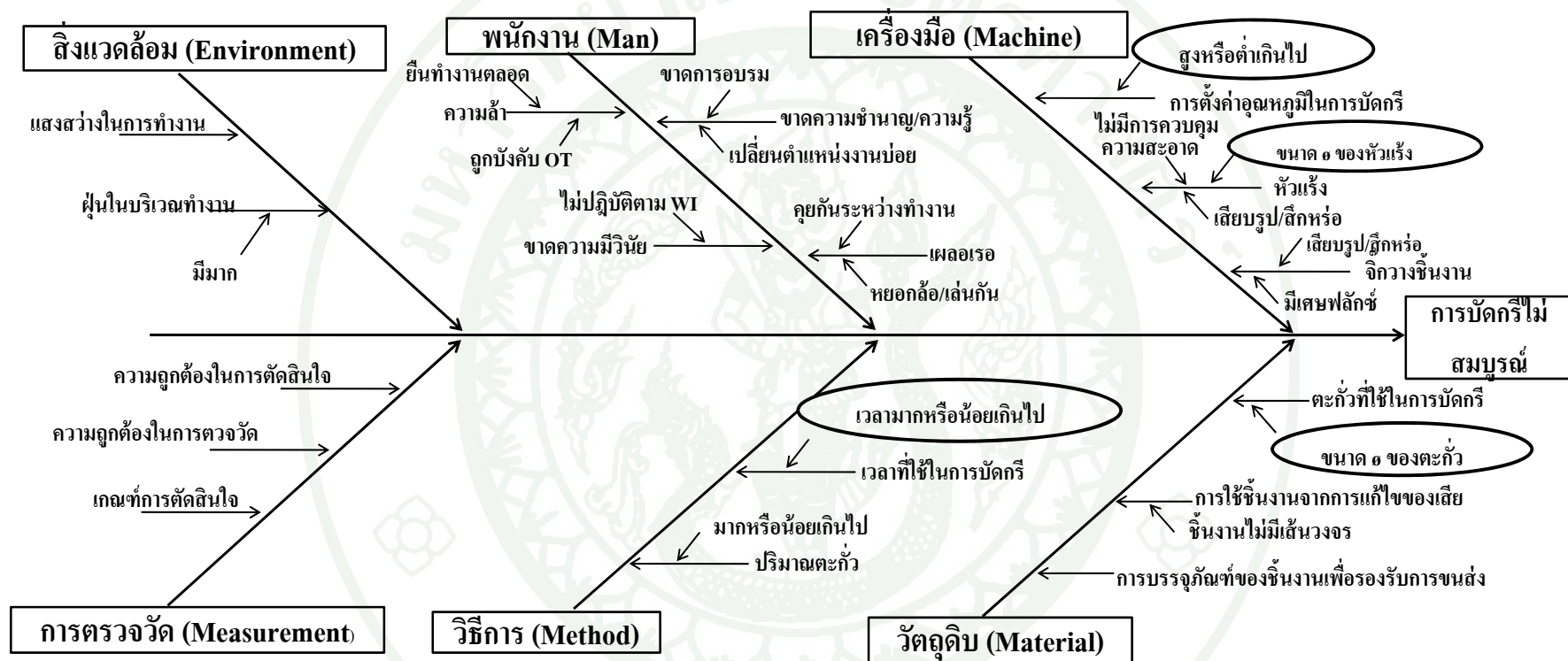
การตรวจจับ	เกณฑ์	ขอบเขตของวิธีการในการตรวจจับ	คะแนน
เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่มีระบบการตรวจ จับใดๆ	ไม่สามารถตรวจจับหรือตรวจสอบได้	10
ห่างไกลมาก	มีระบบการควบคุม แต่ไม่สามารถตรวจ จับข้อบกพร่องได้	การควบคุมการกระทำโดยทางอ้อม หรือเป็นเพียงการสุ่มตรวจสอบ เท่านั้น	9
ห่างไกล	มีระบบการควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่อง	การควบคุมกระทำโดยการตรวจสอบ ด้วยตาเปล่า (Visual Inspection) เท่านั้น	8
ต่ำมาก	มีระบบการควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมาก ที่จะตรวจจับข้อบกพร่อง	การควบคุมกระทำโดยการตรวจด้วย ตาเปล่าซ้ำ 2 ครั้ง (Double Visual Inspection) เท่านั้น	7
ต่ำ	มีระบบการควบคุม และอาจจะตรวจจับ ข้อบกพร่องได้	มีการใช้แผนภูมิควบคุม (SPC Chart)	6
ปานกลาง	มีระบบการควบคุม และอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้	มีการใช้เครื่องมือวัดชิ้นงานก่อนออกจากกระบวนการหรือตรวจสอบ 100 % ก่อนออกจากกระบวนการด้วยเครื่องมือวัดที่ใช้ คัดแยกชิ้นงานดี – เสีย (Go/No Go Gauge)	5

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

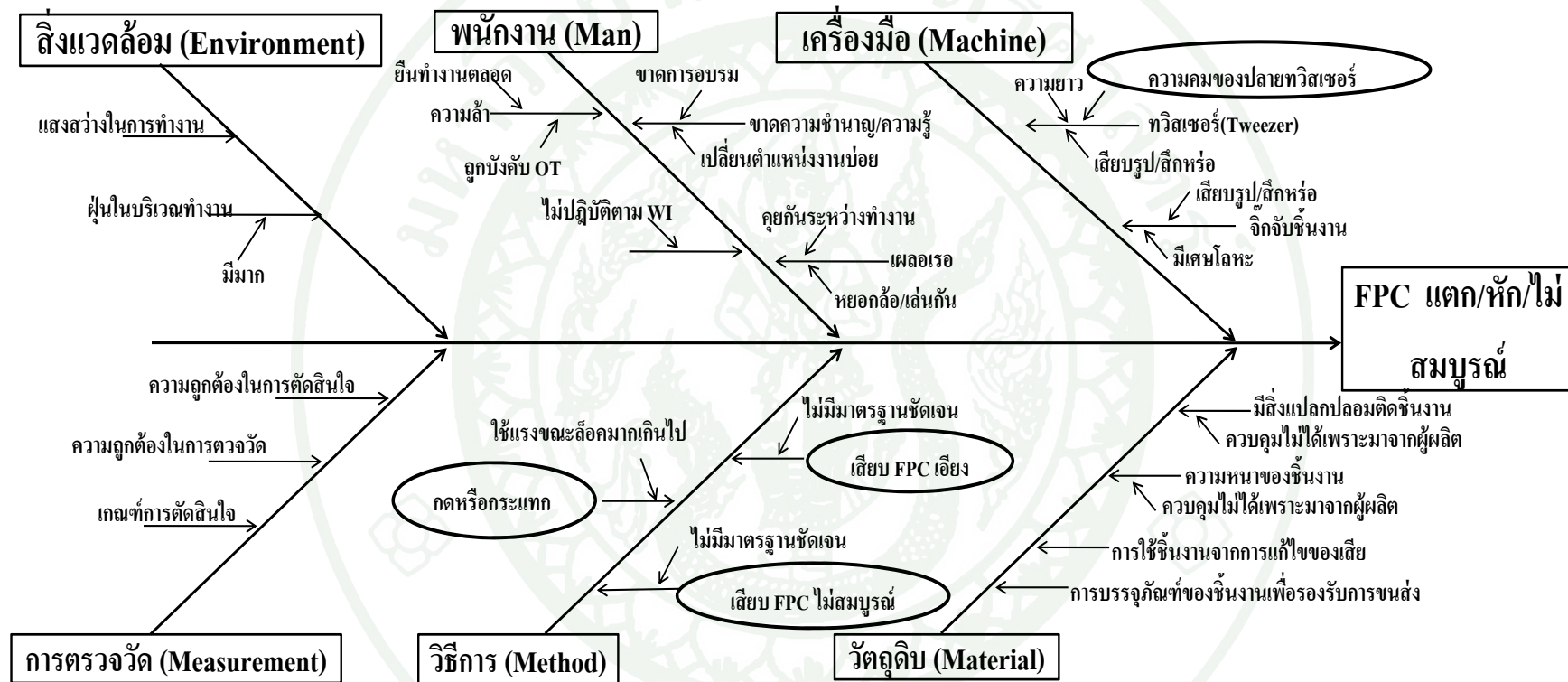
การตรวจจับ	เกณฑ์	ขอบเขตของวิธีการในการตรวจจับ	คะแนน
ค่อนข้างสูง	มีระบบการควบคุมและมีโอกาสสูงมาก ที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	มีการตรวจวัดความผิดพลาด ในกระบวนการถัดไป หรือมีการวัดในขั้นตอนการปรับตั้งกระบวนการก่อนเริ่มผลิต และตรวจสอบ ชิ้นงานแรกในช่วงเริ่มผลิต (เฉพาะกรณีที่ต้องมีการปรับตั้งกระบวนการใหม่เท่านั้น)	4
สูง	มีระบบการควบคุมและ มีโอกาสสูงมากที่จะ ตรวจจับข้อบกพร่อง	มีการตรวจจับความผิดพลาด ภายใน กระบวนการผลิตหรือในกระบวนการถัดไปโดยไม่มีการรับชิ้นงาน ที่ไม่ดี	3
สูงมาก	มีระบบการควบคุมที่ เกือบจะมั่นใจว่า สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	มีการตรวจจับความผิดพลาด ภายในกระบวนการผลิต (ด้วยเครื่องมือที่ ตรวจจับแบบอัตโนมัติ) ชิ้นงานที่ไม่ดีไม่ สามารถผ่านออกไปได้	2
สูงมาก	มีระบบการควบคุมที่ มั่นใจว่า สามารถตรวจ จับข้อบกพร่องได้	ไม่มีโอกาสเกิดของเสีย เนื่องจากมีการออกแบบระบบ ป้องกันความ ผิดพลาด ให้กับกระบวนการ / ผลิตภัณฑ์	1



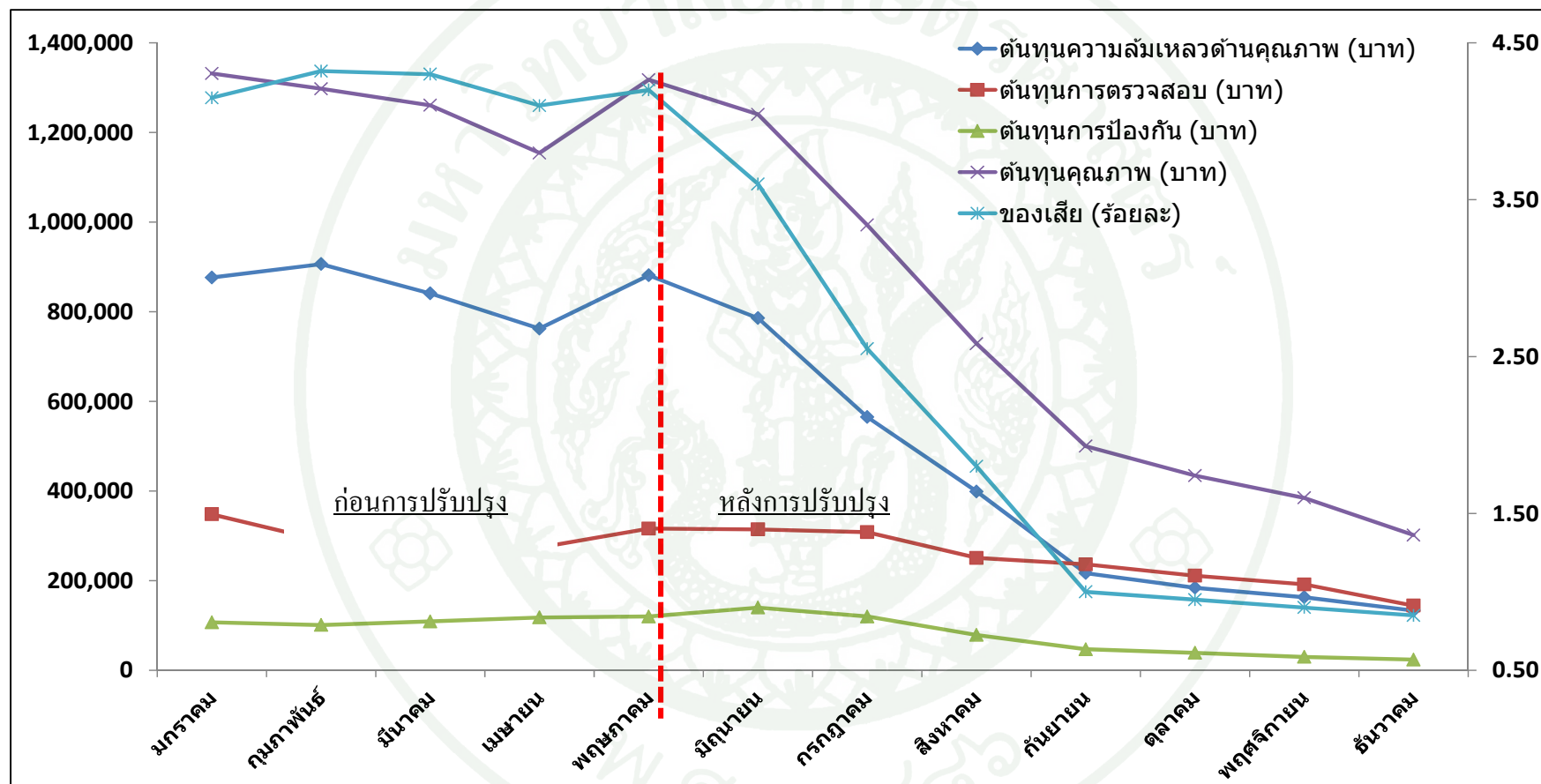
ภาพผนวกที่ 1 แผนภูมิแก๊งปลาของปัญหารอยขีดข่วน



ภาพผนวกที่ 2 แผนภูมิแก่งปลาของปัญหาการปฏิบัติไม่สมบูรณ์



ภาพผนวกที่ 3 แผนภูมิแก๊งปลาของปัญหาการเสีย FPC แตกหัก/ไม่สมบูรณ์



ภาพผนวกที่ 4 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าของต้นทุนคุณภาพในทุกประเภทและร้อยละของเสีย

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นางสาวจันทร์ทิวา มโนวิเชียร
เกิดวันที่	6 กุมภาพันธ์ 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดสงขลา
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (เมคาทรอนิกส์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	วิศวกรฝ่ายผลิต
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท โซนี่ เทคโนโลยี (ประเทศไทย)