



การปรับปรุงกระบวนการผลิตไฟฟ้า

โดย

นายภาณุวัฒน์ รอดไป

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การปรับปรุงกระบวนการผลิตหีแปรงไฟฟ้า

โดย

นายภาณุวัฒน์ รอดไป



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

MANUFACTURING PROCESS IMPROVEMENT OF HAIR SETTER

BY

MR. PANUWAT RODPAI



AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING IN
INDUSTRIAL DEVELOPMENT
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2016
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การค้นคว้าอิสระ

ของ

นายภาณุวัฒน์ รอดไป

เรื่อง

การปรับปรุงกระบวนการผลิตหีวแปรงไฟฟ้า

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2560

ประธานกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภชัย สุรพันธ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วุฒิชัย วงษ์ทัศน์นัยกร)

กรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

(ศาสตราจารย์ ดร. ตรีนุศ เหล่าศิริหงษ์ทอง)

คณบดี

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประภัสสร วังศกาญจน์)

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ

การปรับปรุงกระบวนการผลิตหีแปรงไฟฟ้า

ชื่อผู้เขียน

นายภาณุวัฒน์ รอดไป

ชื่อปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย

สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

รองศาสตราจารย์ ดร. วุฒิชัย วงษ์ทัศน์กร

ปีการศึกษา

2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยมุ่งลดปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในสายการผลิตหีแปรงไฟฟ้า ของโรงงาน กรณีศึกษาด้วยการประยุกต์ใช้ตามหลัก ชิกซ์ ชิคม่า ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนของ DMAIC เริ่มจาก ขั้นตอนการกำหนดปัญหา ซึ่งจากการเก็บรวบรวมข้อมูลข้อบกพร่องในช่วงเดือนเมษายน 2559 ถึง เดือนมิถุนายน 2559 พบว่า ปัญหาจุดสีแดงจากความร้อนที่เกิดขึ้นขณะเปิดใช้งานผลิตภัณฑ์ (ปัญหา ขดลวดแดง) เกินกว่าข้อกำหนด จากปัญหานี้จึงนำไปสู่การทดสอบความน่าเชื่อถือของการตรวจวัด ชิ้นงาน ผลปรากฏว่า การตรวจวัดชิ้นงานนั้นมีความน่าเชื่อถือ การหาสาเหตุและปัจจัยที่เกี่ยวข้องเริ่ม ด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผล การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ จากนั้นจึงทำการทดสอบ สมมุติฐานในแต่ละปัจจัย ได้ผลสรุป คือ ปัจจัยสี่ส่วนของการยืดขดลวดและการพันขดลวดเป็นปัจจัย ที่ส่งผลต่อปัญหา อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลดังกล่าวนำไปสู่การออกแบบการทดลองแบบ 2^k เพื่อหา ระดับปัจจัยที่ดีที่สุด นั่นคือ ปัจจัยของการยืดขดลวด ที่ระดับ 0.35 Kgf. และปัจจัยของการพันขดลวด แบบมาร์ก และทำให้ปัญหาดังกล่าวลดลงจากร้อยละ 1.08 เหลือ ร้อยละ 0.15 โดยการควบคุมระดับ ของปัจจัยโดยใช้แผนภูมิควบคุม เพื่อให้สามารถควบคุมกระบวนการได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การลดของเสีย, การวิเคราะห์ข้อบกพร่อง , การออกแบบการทดลอง

Independent Study Title	MANUFACTURING PROCESS IMPROVEMENT OF HAIR SETTER
Author	Mr. Panuwat Rodpai
Degree	Master of Engineering
Department/Faculty/University	Industrial Development Faculty of Engineering Thammasat University
Independent Study Advisor	Assoc. Prof. Dr. Wutthichai Wongthatsanekorn
Academic Years	2016

ABSTRACT

This research focused on the problems and reducing the number of defects the Hair Setter production of Case Study Company. This research follows the principles of Six Sigma that consist of five stages of DMAIC to solve the problem. In the define phase, the data from June 2016 showed that the main problem was red point NG problem. In the measure phase, it's proved that the measurement is reliable. In the analyze phase, Cause and Effect diagram and Failure Mode and Effects Analysis are applied to determine the causes of the problem. Test hypothesis are then conducted for each plausible factor. It is found that stretch heater coil and the wiring heater coil are the main factors. In the improve phase, design of experiment is carried to find the best parameter setting. It is a factor of stretching Coil at 0.35 Kgf. and the factor of wiring Coil at mark. The problem is reduced from 1.08 percent to 0.15 percent. In the control phase, control chart is used to ensure that all setting parameters are enforced.

Keywords: Six Sigma, DMAIC, Cause and Effect diagram, Failure Mode and Effects Analysis and Design of Experiment.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร ที่สละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำ ตลอดระยะเวลาของการดำเนินงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณ คุณพิไลพร วงษ์กัณหา เพื่อนร่วมชั้นเรียนที่ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง คล้ายกัน คอยแบ่งปันความรู้และเทคนิคในการดำเนินงาน รวมถึงคุณชมพูนุช พิกุล เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ที่คอยให้การช่วยเหลือสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยให้เป็นไปอย่างราบรื่นและสามารถติดต่อสอบถามได้ตลอดเวลา และขอบคุณคณะกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภชัย สุรพันธ์ และศาสตราจารย์ ดร. ตรีทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง ที่ให้คำแนะนำ ปรับปรุงทำให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งเพื่อนๆ และบิดา มารดา ที่คอยเป็นกำลังใจ ด้วยดีเสมอมา

ผู้วิจัยขอขอบคุณจากใจ ในบุคคลที่กล่าวถึงในข้างต้น และหากมีข้อผิดพลาดประการใด ก็ต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วยครับ

นายภาณุวัฒน์ รอดไป

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขตการศึกษา	4
1.4 วิธีการดำเนินงาน	4
1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 บรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหีวแปรงไฟฟ้า	6
2.1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับชุดมอเตอร์	7
2.2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับชุดทำความร้อน	7
2.2.2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเทอร์โมสวิตช์	8

2.2 ความหมายของซิกซ์ซิกม่า	8
2.3 แนวคิดพื้นฐานของซิกซ์ซิกม่า	10
2.4 กระบวนการปรับปรุงคุณภาพแบบซิกซ์ซิกม่า	10
2.4.1 การกำหนดขอบเขตของปัญหา (D : Define)	11
2.4.2 การวัดและรวบรวมข้อมูล (M : Measure)	12
2.4.3 การวิเคราะห์ (A : Analyze)	12
2.4.4 การปรับปรุง (I : Improve)	12
2.4.5 การควบคุม (C : Control)	13
2.5 การออกแบบการทดลอง	13
2.6 การออกแบบการกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์	15
2.6.1 การออกแบบระบบ	15
2.6.2 การออกแบบค่าพารามิเตอร์	15
2.6.3 การออกแบบค่าพิกัดเพื่อ	15
2.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	15
2.8 วรรณกรรมปริทัศน์	16
2.8.1 งานวิจัยที่นำแนวคิด DMAIC มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต	16
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	18
3.1 ข้อมูลทั่วไปสำหรับการผลิตหัวแปลงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18	18
3.1.1 รายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการฉีดพลาสติก	19
3.1.2 รายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการปรีนซ์ข้อความ	20
3.1.3 รายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการปั๊มขึ้นรูป	20
3.1.4 รายละเอียดเกี่ยวกับสายการผลิตย่อย 1	20
3.1.5 รายละเอียดเกี่ยวกับสายการผลิตย่อย 2	21
3.1.6 รายละเอียดเกี่ยวกับสายการผลิตหลัก	21
3.2 ขั้นตอนการค้นหาและระบุปัญหา	21
3.2.1 รายละเอียดเกี่ยวกับปัญหา Red Point NG	24
3.3 ขั้นตอนการวัด	25

3.3.1 Process Flow ของการผลิตลดนำความร้อน	26
3.3.2 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ	27
3.3.3 การวิเคราะห์กระบวนการวัดซ้ำ	28
3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)	29
3.4.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	30
3.5 ผลของขั้นตอนการวิเคราะห์	37
3.5.1 ขั้นตอนการขึ้นรูปขวด	38
3.5.2 ขั้นตอนการล้างขวด	39
3.5.3 ขั้นตอนการล้างขวดปัจจัยเรื่องชนิดของน้ำยาล้างขวด	40
3.5.4 ขั้นตอนการยืดขวด	41
3.5.5 ขั้นตอนการพันขวด	42
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	44
4.1 ขั้นตอนการปรับปรุง	44
4.2 ขั้นตอนการควบคุม	50
4.3 สรุปผลการดำเนินงาน	56
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	58
5.1 บทสรุปผลการดำเนินงาน	58
5.1.1 การกำหนดปัญหา	58
5.1.2 การวัด	58
5.1.3 การวิเคราะห์และการปรับปรุง	59
5.1.4 การควบคุม	59
5.1.5 การติดตามผล	59
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	60
5.3 ข้อเสนอแนะ	60

(7)

รายการอ้างอิง

61

ประวัติผู้เขียน

63



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 จำนวนของผลิตภัณฑ์ในแต่ละกลุ่มที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด	2
1.2 จำนวนของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มหิวแปร่งไฟฟ้าที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด	3
1.3 ระยะเวลาการดำเนินงาน	5
2.1 ระดับชிகม่ากับโอกาสข้อผิดพลาด	8
3.1 สรุปปัจจัยที่เป็นไปได้ที่ส่งผลต่อ Red point NG	30
3.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis	34
3.3 สรุปปัจจัยที่เป็นไปได้ที่ส่งผลต่อ Red point NG	35
3.4 สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน	43
4.1 ปัจจัยและระดับของปัจจัย	44
4.2 การออกแบบการทดลองและผลการทดลอง	45
4.3 ผลการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2k มีผลต่อปัญหาขดลวดแดง	47
4.3 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis	54

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 หวีแปรงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18 และหัวหวีแปรง	6
2.2 ชุดทำความร้อนในผลิตภัณฑ์หวีแปรงไฟฟ้า	7
2.3 กระบวนการแบบซิกซ์ซิกม่า	9
2.4 วงจรการปรับปรุงงานแบบซิกซ์ซิกม่า DMAIC	11
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการหรือระบบที่สนใจ	13
2.6 หลักการสำคัญในการออกแบบการทดลอง	14
3.1 กระบวนการผลิตหวีแปรงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18	19
3.2 กราฟพาเรโตแสดงของเสียของแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์	22
3.3 กราฟพาเรโตแสดงของเสียของแต่ละรุ่นของผลิตภัณฑ์หวีแปรงไฟฟ้า	23
3.4 กราฟพาเรโตแสดงชนิดของของเสียในผลิตภัณฑ์รุ่น EH-KE18	24
3.5 เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ดีกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นปัญหา Red point NG	25
3.6 Process Flow of Coil	26
3.7 การวิเคราะห์ Capability ของปัญหา Red Point NG	27
3.8 ผลจากการวิเคราะห์ด้วย Gauge R&R	28
3.9 แผนภูมิแก๊งปลา	29
3.10 ผลจากการทดลองที่ระดับ EHKN97 และ EH7911	38
3.11 ผลจากการทดลองที่ระดับ ล้าง และ ไม่ล้าง	39
3.12 ผลจากการทดลองที่ระดับ IDEM01 และ IDEM02	40
3.13 ผลจากการทดลองที่ระดับ 0.35 Kgf. และ 0.40 Kgf.	41
3.14 ผลจากการทดลองที่ระดับ No mark และ Mark	42
4.1 Residual plots ของค่าจำนวนของดีที่ไม่เกิดปัญหาขดลวดแดง จากการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเต็มรูป	46
4.2 ผลกระทบจากปัจจัยหลักแต่ละปัจจัย	48
4.3 ผลกระทบร่วมกันจากปัจจัยทั้งสองปัจจัย	49
4.4 กราฟข้อมูลการผลิตและของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง	50
4.5 วิธีการควบคุมแรงที่ใช้ในการยึดขดลวดที่ 0.35 Kgf.	51
4.6 เอกสารคู่มือการทำงานของพนักงาน	52

4.7 ผลจากการทำแผนภูมิควบคุม	53
4.8 เปรียบค่า RPN ของแต่ละขั้นตอนของการทำงาน	55
4.9 เปรียบผลลัพธ์ของก่อนและหลังการปรับปรุง	56



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากแนวคิดในการดำเนินธุรกิจในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงจากการมุ่งเน้นการผลิตแล้วค่อยแสวงหาวิธีการขายสินค้าให้หมดไป มาเป็นการให้ความสำคัญกับลูกค้า โดยมุ่งเน้นการตอบสนองความต้องการของลูกค้า ด้วยการสร้างคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า ส่งผลให้การสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญ เพื่อที่จะทำให้องค์กรสามารถแข่งขันในตลาดได้ เพราะคุณภาพเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ลูกค้าตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า ในการดำเนินธุรกิจดังกล่าวนี้ เพื่อที่จะสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ จึงจำเป็นต้องอาศัยต้นทุนเพื่อสร้างระบบคุณภาพ เข้ามาช่วยในการเพิ่มและรักษาระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งแน่นอนว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นในการสร้างระบบคุณภาพ จะส่งผลกระทบต่อกำไรในการดำเนินธุรกิจขององค์กร

ดังนั้น เพื่อเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ จึงจำเป็นต้องอาศัยต้นทุนเพื่อสร้างระบบคุณภาพ เข้ามาช่วยในการเพิ่มและรักษาระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งแน่นอนว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นในการสร้างระบบคุณภาพ จะส่งผลกระทบต่อกำไรในการดำเนินธุรกิจขององค์กร เพื่อเป็นการสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน องค์กรจึงจำเป็นต้องแสวงหากำไรสูงสุดโดยใช้กลยุทธ์ลดต้นทุนการผลิต ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มกำไรในองค์กร และเป็นกลยุทธ์ที่มุ่งเน้นการสำรวจ และแก้ไขข้อบกพร่องภายในองค์กร นอกจากนี้กลยุทธ์นี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อความอยู่รอดขององค์กรในยุคเศรษฐกิจตกต่ำ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแข่งขันในยุคที่เศรษฐกิจรุ่งเรือง

บริษัทที่เป็นกรณีศึกษานั้น เป็นบริษัทที่ผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน โดยมีลูกค้าอยู่ทั้งภายในและต่างประเทศ แต่เนื่องจากสินค้าในกลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านมีหลากหลายองค์กรที่ผลิตผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ จึงทำให้ได้รับผลกระทบจากการแข่งขันในกลไกตลาด เพื่อที่จะสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน ทำให้บริษัทต้องใช้กลยุทธ์การลดต้นทุน เพื่อรักษาระดับของกำไรให้คงอยู่ต่อไปภายใต้การแข่งขันที่สูง ทั้งนี้ส่วนหนึ่งของการลดต้นทุนที่ทางบริษัทได้มุ่งเน้นก็คือ การลดต้นทุนที่เกิดจากกระบวนการผลิตในกระบวนการผลิต จะมีการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามข้อกำหนด แต่หากพบผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด จะต้องมีการกระบวนการในการซ่อมผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดต้นทุน

จากข้อมูล จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด ในกระบวนการผลิตย้อนหลังตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2559 จนถึงเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2559 จากกลุ่มของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 7 กลุ่ม อันได้แก่ 1. กลุ่มผลิตภัณฑ์ไดร์เป่าผม 2. กลุ่มผลิตภัณฑ์หวีแปรงไฟฟ้า 3. กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่หนีบผม 4. กลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องโกนหนวดไฟฟ้า 5. กลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องสร้างความชุ่มชื้นบนใบหน้า 6. กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ปิดขนตาไฟฟ้า และ 7. กลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องดูดสิว พบว่าผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของหวีแปรงไฟฟ้ามีจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดมากที่สุดดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1

จำนวนของผลิตภัณฑ์ในแต่ละกลุ่มที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด (ชิ้น) ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 จนถึงเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2559

กลุ่มของผลิตภัณฑ์	จำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด			
	เม.ย. 59	พ.ค. 59	มิ.ย. 59	%NG Avg.
1. กลุ่มผลิตภัณฑ์ไดร์เป่าผม	63	61	504	0.09
2. กลุ่มผลิตภัณฑ์หวีแปรงไฟฟ้า	8638	8707	8908	6.75
3. กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่หนีบผม	75	101	37	0.13
4. กลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องโกนหนวดไฟฟ้า	0	0	0	0.00
5. กลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องสร้างความชุ่มชื้นบนใบหน้า	0	0	0	0.00
6. กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ปิดขนตาไฟฟ้า	197	318	220	1.44
7. กลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องดูดสิว	22	13	12	0.65

จากข้อมูลเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 พบว่าผลิตภัณฑ์ในกลุ่มหวีแปรงไฟฟ้า ซึ่งมีจำนวนรุ่นของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 4 รุ่น ได้แก่ 1. EH8461 2.EH-KA18 3. EH-KE18 และ 4. EH-KN97 โดยจากตารางแสดงจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด ในกลุ่มผลิตภัณฑ์หวีแปรงไฟฟ้า ของเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 จนถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์รุ่น EH-KE18 มีจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดเยอะที่สุดดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2

จำนวนของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มหีบแปรงไฟฟ้าที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด (%) ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 จนถึงเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2559

รุ่นของผลิตภัณฑ์หีบแปรงไฟฟ้า	ยอดผลิต(ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด			
		เม.ย. 59	พ.ค. 59	มิ.ย. 59	เฉลี่ย
1. EH-8461	85,743	7.44	7.17	5.84	6.82
2. EH-KA18	95,393	5.44	6.35	7.29	6.63
3. EH-KE18	144,010	8.08	7.73	7.30	7.70
4. EH-KN97	63,950	3.75	5.38	4.35	4.49

จากข้อมูลจำนวนผลิตภัณฑ์ในกลุ่มหีบแปรงไฟฟ้า แสดงให้เห็นถึงจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด ซึ่งก่อให้เกิดการซ่อมผลิตภัณฑ์และยิ่งไปกว่านั้น อาจจะต้องทำการเพิ่มสายการผลิตเพื่อที่จะสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ให้ได้จำนวนตามเป้าหมาย ซึ่งในการเพิ่มสายการผลิตก่อให้เกิดต้นทุนจำนวนมาก

เพื่อนำไปสู่การลดของเสีย ผู้วิจัยต้องศึกษาแนวทาง ตลอดจนหาวิธีการที่จะปรับปรุง โดยผู้วิจัยจะใช้หลักการตามกระบวนการ 5 ขั้นตอน ที่เรียกว่า DMAIC ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนของการกำหนดปัญหาหรือโครงการที่ต้องการปรับปรุง (Define) ขั้นตอนการระบุลักษณะทางคุณภาพ และปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของกระบวนการ (Measure) ขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลและนำวิธีการทางสถิติมาใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในกระบวนการ (Analyze) ขั้นตอนในการกำหนดวิธีการปรับปรุงหรือพัฒนากระบวนการด้วยวิธีต่างๆ (Improve) และขั้นตอนการควบคุมกระบวนการให้มีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนด (Control) ซึ่งในการดำเนินงานแต่ละขั้นตอนจะมีการนำเทคนิคและเครื่องมือต่างๆ มาช่วยในการวิเคราะห์และจัดการกระบวนการ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและควบคุมกระบวนการให้ตรงตามวัตถุประสงค์

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อลดปริมาณของเสียในผลิตภัณฑ์หัวแปลงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18 จากกระบวนการผลิตหัวแปลงไฟฟ้าของบริษัทศึกษาจากร้อยละ 7.70 ให้เหลือร้อยละ 3.00

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ทำการศึกษาแนวทางในการลดของเสียจากกระบวนการผลิตหัวแปลงไฟฟ้า ของบริษัท พานาโซนิค (ประเทศไทย) โดยมุ่งเน้นวิเคราะห์ของเสียในช่วงเดือน เมษายน พ.ศ. 2559 ถึงเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2559 โดยดำเนินโครงการในลักษณะการวิเคราะห์ พัฒนา ปรับปรุง และแก้ปัญหาของผลิตภัณฑ์ EH-KE18

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีการนำแนวทางการวิเคราะห์แก้ปัญหาแบบซิกซ์ซิกม่า ที่เรียกว่า DMAIC มาประยุกต์ใช้

1.4.2 ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define Phase) รวบรวมข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด

1.4.3 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase) ค้นหาปัจจัยทั้งหมดที่คาดว่าจะเกี่ยวข้องทำการประเมินระบบการวัดของกระบวนการที่เกี่ยวข้อง (Measurement System Analysis) และหาความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการปัจจุบัน (Process Capability)

1.4.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase) วิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด

1.4.5 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase) ทำการออกแบบการทดลองปัจจัยที่มีนัยสำคัญเหล่านั้นเพื่อหาวิธีแก้ไขและปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

1.4.6 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase) ทำการออกแบบแผนการควบคุม (Control Plan) และวิธีการทำงาน (Work Instruction) ให้เป็นทางการและรับทราบปฏิบัติให้ทั่วกัน

1.4.7 สรุปผลการปรับปรุงผลิตภัณฑ์หัวแปลงไฟฟ้า รุ่น EH-KE18

1.4.8 สรุปและจัดทำรูปแบบการค้นคว้าอิสระ

1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน

งานค้นคว้าอิสระทำเพื่อค้นหาปัจจัยที่มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามข้อกำหนดเพื่อการปรับปรุงอัตราของผลิตภัณฑ์ที่ได้ตามข้อกำหนดให้เพิ่มมากขึ้น ของผลิตภัณฑ์หัวแปรงไฟฟ้า รุ่น EH-KE18 ซึ่งจะดำเนินงานในระยะเวลา 9 เดือน ตั้งแต่เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559 จนถึงเดือน เมษายน พ.ศ. 2560

ตารางที่ 1.3

ระยะเวลาการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน								
	ส.ค. 59	ก.ย. 59	ต.ค. 59	พ.ย. 59	ธ.ค. 59	ม.ค. 60	ก.พ. 60	มี.ค. 60	เม.ย. 60
1. เก็บรวบรวมข้อมูล และศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง									
2. ขั้นการกำหนด (Define Phase)									
3. ขั้นการวัด (Measure Phase)									
4. สอบความก้าวหน้า									
5. ขั้นการวิเคราะห์ (Analyze Phase)									
6. ขั้นการปรับปรุง (Improve Phase)									
7. ขั้นการควบคุม (Control Phase)									
8. สรุปผลการดำเนินงาน									
9. สอบวัดผลการค้นคว้าอิสระ									

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เพื่อสามารถลดปริมาณงานของผลิตภัณฑ์ หัวแปรงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18 ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด

1.6.2 เพื่อสามารถกำหนดแนวทางป้องกันปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดไม่ให้เพิ่มขึ้น

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหวีแปรงไฟฟ้า

หวีแปรงไฟฟ้า เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เมื่อเปิดเครื่องจะมีลมร้อนออกมา ผ่านหัวแปรงในลักษณะต่างๆ ใช้ในการจัดแต่งทรงผม ตัวเครื่องสามารถเปลี่ยนหัวแปรง เพื่อใช้กับทรงผมแบบต่างๆ ได้



ภาพที่ 2.1 หวีแปรงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18 และหัวหวีแปรง

ส่วนภายในนั้นประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ 1. มอเตอร์ 2. ชุดทำความร้อน มอเตอร์ มีหน้าที่ขับเคลื่อนใบพัด เพื่อนำพาอากาศจากส่วนท้ายของหวีแปรงไฟฟ้า ผ่านชุดทำความร้อน และชุดทำความร้อน คือ ขดลวดที่มีหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน เมื่อมอเตอร์และชุดทำความร้อน ทำงานร่วมกัน จึงเกิดลมร้อนออกจากอุปกรณ์หวีแปรงไฟฟ้า

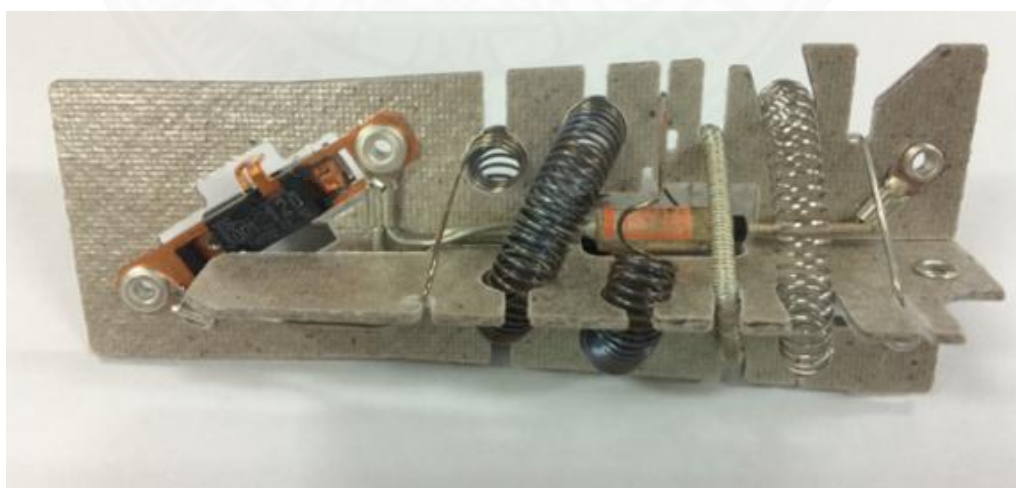
2.1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับชุดมอเตอร์

ชุดมอเตอร์ในหวีแปรงไฟฟ้าประกอบด้วย 1. ไดโอด ทำหน้าที่เปลี่ยนลักษณะของกระแสไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ก่อนจ่ายไฟเข้าสู่มอเตอร์ 2. มอเตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลเพื่อขับเคลื่อนใบพัดให้หมุน 3. ใบพัด ทำหน้าที่พัดพาอากาศไปในทิศทางที่กำหนดไว้ ซึ่งชุดมอเตอร์นี้จะถูกติดตั้งไว้ส่วนท้ายของหวีแปรงไฟฟ้า เพื่อใช้ใน

การดูดอากาศจากส่วนท้ายของหัวแปร่งไฟฟ้าเข้าสู่ตัวผลิตภัณฑ์ ผ่านชุดทำความร้อนและนำพาอากาศร้อนออกสู่ภายนอกส่วนปลายของหัวแปร่งไฟฟ้า และอันตรายที่อาจเกิดขึ้น คือ การบัดกรีไดโอดสลับทิศทาง มีผลทำให้มอเตอร์และใบพัด หมุนไปในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางที่กำหนดไว้ และทำให้ความร้อนในชุดทำความร้อนเพิ่มสูงขึ้น

2.1.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับชุดทำความร้อน

ชุดทำความร้อนในหัวแปร่งไฟฟ้า ประกอบด้วย 1. ขดลวดนำความร้อน มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน อันตรายที่อาจเกิดขึ้น คือ ความร้อนที่สูงไป (สูงกว่าข้อกำหนด) จะทำให้เกิดการลัดไฟของตัวผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมปริมาณความร้อนให้เหมาะสมและอยู่ในข้อกำหนด คือ เทอร์โมสวิตช์ และฟิวส์ควบคุมอุณหภูมิ 2. เทอร์โมสวิตช์ เป็นอุปกรณ์ที่จะถูกติดตั้งไว้ส่วนปลายของหัวแปร่งไฟฟ้า เพื่อรับอุณหภูมิ เมื่อมีอุณหภูมิสูงกว่าค่าที่กำหนด เทอร์โมสวิตช์ จะหยุดการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดนำความร้อน แต่ยังคงจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ ทำให้อากาศที่ออกมามีอุณหภูมิต่ำ และเทอร์โมสวิตช์จะจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดนำความร้อนอีกครั้ง เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าข้อกำหนด 3. ฟิวส์ควบคุมอุณหภูมิ จะถูกติดตั้งไว้ส่วนกลางของขดลวดนำความร้อน เมื่อมีอุณหภูมิสูงเกินกว่าที่กำหนด (สูงกว่าค่าที่กำหนดของเทอร์โมสวิตช์) ฟิวส์ควบคุมอุณหภูมิจะหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดนำความร้อน และชุดมอเตอร์อย่างถาวร เพื่อเป็นการป้องกันการลัดไฟของตัวชิ้นงาน



ภาพที่ 2.2 ชุดทำความร้อนในผลิตภัณฑ์หัวแปร่งไฟฟ้า

2.1.2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเทอร์โมสวิตช์

เทอร์โมสวิตช์ คือ แผ่นทองแดง 2 แผ่นที่อยู่ติดกัน ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของกระแสไฟฟ้า แต่เมื่อเทอร์โมสวิตช์ได้รับความร้อนสูงเท่ากับข้อกำหนดของเทอร์โมสวิตช์ แผ่นทองแดงจะดีดตัวออกจากกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านไปได้ และสามารถกลับคืนสู่สภาพปกติเมื่ออุณหภูมิลดลง

2.2 ความหมายของซิกซ์ซิกม่า (Six Sigma)

ซิกซ์ซิกม่า (Six Sigma) เป็นการบริหารที่เกิดขึ้นปี พ.ศ. 2533 โดยกลุ่มวิศวกรของบริษัท Motorola ภายใต้การนำของ Dr. Mikel Harry ซึ่งได้เป็นผู้ริเริ่มแนวคิดนี้ และนำมาใช้กับการออกแบบผลิตภัณฑ์ของบริษัทจนประสบความสำเร็จอย่างสูง ต่อมาบริษัทต่างๆ ในสหรัฐอเมริกาจึงได้นำแนวคิดการบริหารจัดการแบบซิกซ์ซิกม่าเข้ามาใช้ และประสบความสำเร็จสามารถค่าใช้จ่ายได้จำนวนมาก

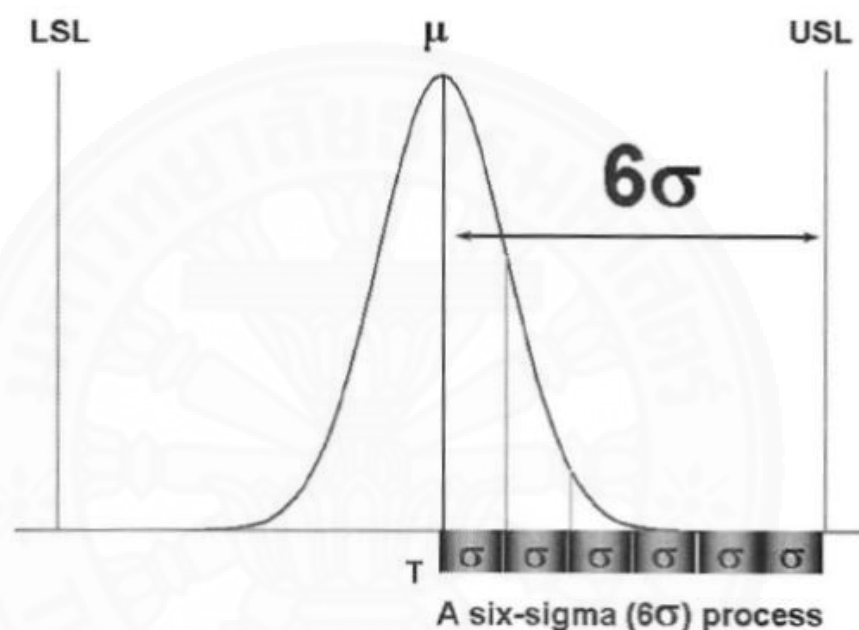
ซิกซ์ซิกม่า เป็นการบริหารที่มุ่งเน้นในการลดความผิดพลาด ลดความสูญเปล่าและลดการแก้ไขตัวชิ้นงานและสอนให้พนักงานรู้แนวทางการทำธุรกิจอย่างมีหลักการ และจะไม่พยายามจัดการกับอาการของปัญหา แต่แนวคิดซิกซ์ซิกม่าจะจัดการขจัดสาเหตุรากเหง้าของปัญหา เมื่อทุกคนในองค์กรร่วมมือกันตั้งแต่ผู้บริหารสูงสุด (CEO) ไปจนถึงบุคลากรทั่วไปในองค์กร ซึ่งซิกซ์ซิกม่าเป็นการรวมกันระหว่างกำลังแห่งคน (Power of People) กำลังแห่งกระบวนการ (Process Power) ซึ่งถ้าระดับซิกซ์ซิกม่าต่ำ หรือมีความผันแปรมากขึ้นเท่าไร ก็เปรียบเสมือนการทำข้อผิดพลาดมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งโอกาสที่จะทำข้อผิดพลาดตัวนี้เรียกว่า DPMO (Defect Per Million Opportunities) ซึ่งระดับซิกม่า (Sigma Level) มีความสัมพันธ์กับ DPMO ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1

ระดับซิกส์ ซิกม่ากับโอกาสข้อผิดพลาด

Sigma Level	DPMO
3	66,070
4	6210
5	233
6	2.4

ซิกซ์ซิกม่า หมายถึง โอกาสของการเกิดข้อผิดพลาดเพียง 3.4 ครั้งต่อล้านครั้ง ข้อผิดพลาดในที่นี้ คือ สิ่งใดก็ตามที่ไม่เป็นไปตามเป้าหมายของกระบวนการผลิตและบริการ ซึ่งมุ่งเน้นให้เกิดความพึงพอใจของลูกค้าเป็นหลัก หากเมื่อพิจารณาซิกซ์ซิกม่า ในรูปของความผันแปรของกระบวนการ ซิกซ์ซิกม่าจะเป็นกระบวนการที่ระยะค่าเฉลี่ยของกระบวนการห่างจากค่าขอบเขตข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) เป็นระยะทาง 6 เท่าของค่าซิกม่า แสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 กระบวนการแบบซิกซ์ซิกม่า
ที่มา : หนังสือ กลยุทธ์เพิ่มผลผลิต เชิงวิศวกรรม

ซิกซ์ซิกม่าจึงถูกนำมาใช้เป็นชื่อเรียกวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการใดๆ โดยมุ่งเน้นการลดความไม่แน่นอน หรือความผันแปร (Variation) การปรับปรุงขีดความสามารถในการทำงานให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด เพื่อนำมาซึ่งความพึงพอใจของลูกค้า และผลที่ได้รับสามารถวัดเป็นจำนวนเงินได้อย่างชัดเจน ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มรายได้ หรือลดต้นทุนก็ตาม

2.3 แนวคิดพื้นฐานของชิคซ์ซิกม่า

การพัฒนาองค์กรแบบชิคซ์ซิกม่า เป็นการพัฒนาที่มุ่งเน้นความเป็นเลิศ ซึ่งได้มีการกำหนดแนวทางในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านการสื่อสาร การสร้างกลยุทธ์ และนโยบาย การกระจายนโยบาย การจูงใจ และการจัดสรรทรัพยากรในองค์กรให้เหมาะสม เพื่อการปรับปรุงองค์กรเป็นไปอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ โดยเน้นการมีส่วนร่วมของพนักงานและทีมงานที่มีความสามารถ มีความตั้งใจที่จะปรับปรุง ต้องได้รับความรู้ที่เพียงพอต่อการปรับปรุง มีทีมที่ปรึกษาที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์สูงคอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุน

เพื่อให้ความผิดพลาดในการผลิตและการบริการมีน้อยที่สุด แนวความคิดการบริหารองค์กรแบบ Six Sigma มีความแตกต่างจากแนวความคิดในการบริหารแบบเดิม ที่เน้นการปรับปรุงการทำงานโดยเริ่มจากผู้บริหาร แล้วจึงกระจายให้หน่วยงานต่างๆ ในองค์กรปรับปรุง โดยขาดระบบการให้คำปรึกษาแนะนำและการช่วยเหลือที่เหมาะสม

2.4 กระบวนการปรับปรุงคุณภาพแบบชิคซ์ซิกม่า

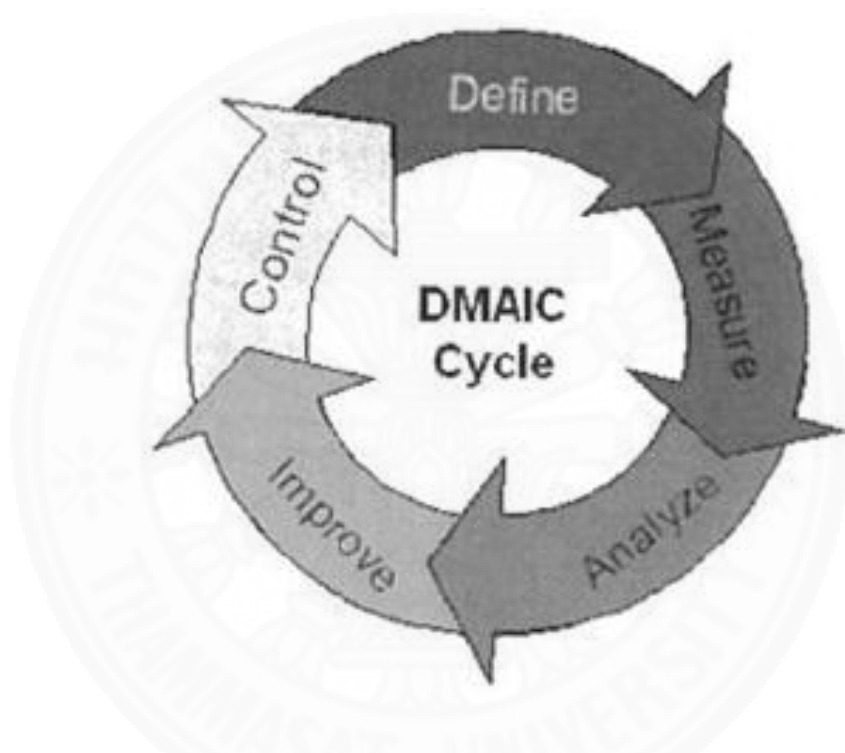
เนื่องจากชิคซ์ซิกม่าเป็นการบริหารคุณภาพที่เน้นการปรับปรุง ดังนั้น การจัดองค์กรเพื่อการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางชิคซ์ซิกม่า จึงต้องรองรับต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการที่แปรเปลี่ยนไปของลูกค้า โดยการปรับปรุงนี้จะต้องเป็นการปรับปรุงที่เน้นผลลัพธ์ และทำการวิเคราะห์กระบวนการ เพื่อแก้ไขขั้นตอนการทำงานที่ซ่อนเร้นในระบบ (Hidden Factory)

วิธีการ DMAIC หรือ Define-Measure-Analyze-Improve-Control เป็นกลไกของขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาที่ใช้ในการบริหารแบบชิคซ์ซิกม่า โดยการวิเคราะห์จะทำในระดับกระบวนการ (Process Level) และเน้นไปที่การแก้ปัญหาในกระบวนการเป็นหลัก ผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการทำงานส่วนนี้ ได้แก่ แบล็กเบลต์ (Black Belt) และทีมงาน โดยมีความรับผิดชอบเป็นผู้นำในการพิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการแล้วแนะนำการแก้ไขเพื่อมิให้ปัญหาดังกล่าวเกิดซ้ำอีก หรือหาทางป้องกันปัญหาที่มีแนวโน้มว่าจะเกิด มีการกำหนดบทบาทความรับผิดชอบอย่างชัดเจนและเข้าใจให้ตรงกัน

ในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน จำเป็นต้องมีการผสมผสานระหว่างความรู้พื้นฐานในเรื่องนั้นๆ และความรู้ทางสถิติ การฝึกอบรมในชิคซ์ซิกมามีเป้าหมายสูงสุดเพื่อให้บุคลากร สามารถบริการการเปลี่ยนแปลง (Change Management) และสามารถใช้เครื่องมือหรือเทคนิคสำหรับการ

แก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะทำการคัดเลือกผู้ที่มีความสามารถและเหมาะสมมารับการฝึกอบรม ในเนื้อหาที่จำเป็นต่อการคิดแก้ปัญหา เรียกว่าแบล็กเบลต์ หรือกรีนเบลต์

วิธีการซิกซ์ซิกม่าประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ การค้นหาปัญหา (Define) การวัดผล (Measure) การวิเคราะห์ (Analyze) การปรับปรุง (Improve) และการควบคุม (Control) หมุนเป็น วงจรตามภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 วงจรการปรับปรุงงานแบบซิกซ์ซิกม่า DMAIC

ที่มา : หนังสือ กลยุทธ์เพิ่มผลผลิต เชิงวิศวกรรม

2.4.1 การกำหนดขอบเขตของปัญหา (D : Define)

เป็นการกำหนดหัวข้อปัญหาทางธุรกิจ ที่องค์กรกำลังประสบอยู่ ซึ่งเป็นการมอง ให้อยู่ในรูปกระบวนการและกำหนดให้มีขอบข่ายที่สามารถจัดการและแก้ไขปรับปรุงได้ด้วยทีมงาน ประมาณ 7-10 คน โดยปัญหาที่เลือกมานั้นต้องเป็นปัญหาที่วิกฤตต่อคุณภาพ (Critical to Quality) เพื่อสะท้อนถึงคุณลักษณะที่วิกฤตของผลิตภัณฑ์ โดยพยายามจำกัดขอบข่ายของปัญหาให้แคบลง เรื่อยๆ และพยายามคัดเลือกปัญหาที่สร้างความเสียหายมากที่สุด โดยพิจารณาจากปัญหาที่เป็น

ต้นทุนค่าใช้จ่ายมากที่สุด ปัญหาที่ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ หรือในทางกลับกัน เลือกปัญหาที่แก้ไขแล้วจะทำให้เกิดผลตอบแทนมากที่สุด

2.4.2 การวัดและรวบรวมข้อมูล (M : Measure)

เป็นการกำหนดตัววัด และทำความเข้าใจกับกระบวนการ เริ่มต้นด้วยการวัดความสามารถของกระบวนการ เพื่อให้รู้ถึงโอกาสในการเกิดของเสียในกระบวนการหรือการปฏิบัติงานใดๆ อันหนึ่ง แล้วคำนวณว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นเท่าไร ซึ่งเรียกว่าความถี่ในการเกิดของเสีย โดยมีสิ่งสำคัญตลอดการทำงานในขั้นตอนการวัดที่จะต้องระลึกถึงเสมอ คือเรื่องของลักษณะ “จุดวิกฤตต่อคุณภาพ” หรือ Critical to Quality – CTQ Characteristics หรือสิ่งที่มีผลกระทบมากที่สุดต่อลักษณะคุณภาพหรือผลงาน โดยจะต้องค้นหาให้พบว่าสิ่งใดบ้างที่เป็นจุดวิกฤตต่อคุณภาพ และความน่าเชื่อถือของค่าที่วัดได้ จากนั้นจึงเป็นการทำแผนผังกระบวนการทำงาน เพื่อทำความเข้าใจการไหลของการทำงานและสิ่งทีผลิต ซึ่งเป็นการให้รายละเอียดและเป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติในช่วงการวิเคราะห์ต่อไป แนวทางในการทำงานในขั้นตอนการกำหนดตัววัด และทำความเข้าใจกับกระบวนการ (Measure) สามารถดำเนินการได้ดังนี้ วัดค่า Roll Throughput Yield (RTY) การวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัดต่างๆ ที่มีใช้อยู่ในกระบวนการ (Measurement System Analysis) การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (process Capability) และการระดมสมองเพื่อกันกรองตัวแปรปัจจัยอินพุตที่สำคัญๆ โดยใช้เครื่องมือการวิเคราะห์เหตุและผล (Cause and Effect Matrix)

2.4.3 การวิเคราะห์ (A : Analyze)

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อศึกษาความเข้าใจถึงผลของตัวแปรแต่ละตัวที่ได้คัดเลือกมา เพื่อคัดกรองตัวแปรหรือพิสูจน์หาตัวแปรที่สำคัญที่สุดในกระบวนการ (Key Process Variables) ที่เป็นสาเหตุต้นตอของปัญหาที่นิยามไว้ โดยเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการวัดผลซึ่งเป็นข้อมูลที่รวบรวมมา เพื่อเป็นสารสนเทศในการวางแผนทางการปรับปรุง แล้วทำการศึกษาอาการของปัญหา เพื่อหาความเชื่อมโยงกลับไปถึงสาเหตุในกระบวนการที่เป็นต้นเหตุแห่งความผันแปร

2.4.4 การปรับปรุง (I : Improve)

เป็นการปรับปรุงกระบวนการ ที่ได้ผ่านการวิเคราะห์เชิงปริมาณไปแล้ว และสามารถสร้างข้อสรุปได้ว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อคุณภาพหรือ CTQ หรือจุดวิกฤตต่อคุณภาพและสิ่ง

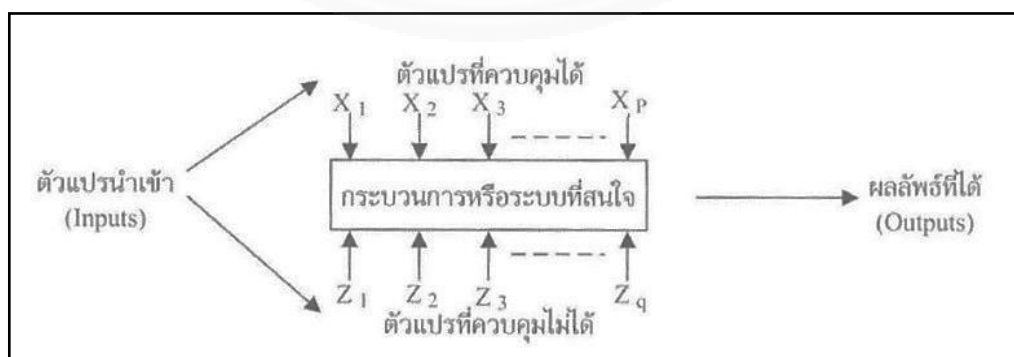
นั้นไม่เป็นไปตามความคาดหวังที่ได้ตั้งไว้ โดยมุ่งเน้นในเรื่องการเปลี่ยนแปลงกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลการปรับปรุงที่ CTQ นั้น

2.4.5 การควบคุม (C : Control)

เป็นขั้นตอนการวางแผนและการออกแบบกระบวนการควบคุมเพื่อการรักษา ระดับการปรับปรุงให้เป็นผลระยะยาว โดยการเฝ้าติดตามถึงปัจจัยการผลิตที่ได้ออกแบบมาว่ามีผลต่อผลิตภัณฑ์อย่างไร เพื่อคอยควบคุมตัวแปรที่สำคัญๆ ให้อยู่ในช่วงมาตรฐานใหม่ที่เป็นระดับการทำงาน ที่ค้นพบในขั้นตอนการปรับปรุง จนมั่นใจว่าความสำเร็จที่ได้เป็นผลมาจากการปรับปรุงที่กระบวนการ นั้นจริงๆ

2.5 การออกแบบการทดลอง (Experimental Design or Design of Experiment)

การทดลองเพียงครั้งเดียวหรือต่อเนื่อง โดยทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรนำเข้า (Input Variables) ในระบบหรือกระบวนการที่สนใจศึกษาเพื่อที่จะทำให้สามารถสังเกตและชี้ถึงสาเหตุต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้ (Outputs or Responses) จากกระบวนการหรือระบบ นั้นโดยตัวแปรนำเข้าจะถูกจัดเป็นแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1. กลุ่มที่ควบคุมได้ เรียกว่า “ตัวแปร (หรือปัจจัย) ที่ควบคุมได้ (Controllable Variables of factors) หรือตัวแปร (หรือปัจจัย) ที่สามารถ ออกแบบได้” (Design Variables or Factors) และ 2. กลุ่มที่ไม่สามารถควบคุมได้ เรียกว่า “ตัวแปร (หรือปัจจัย) ที่รบกวนระบบ” (Uncontrollable or Noise Variables Factor) ดังแสดงในภาพที่ 2.5.1



ภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการหรือระบบที่สนใจ

ที่มา : หนังสือ การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

การกำหนดตัวแปรที่ควบคุมได้และตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ขึ้นอยู่กับระบบแต่ละระบบ ซึ่งโดยหลักแล้ว ตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้หรือตัวแปรรบกวน (Noise Variables) มักจะเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติ เช่น ลม ฝุ่นละออง ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิภายนอก หรือส่วนของอุปกรณ์หรือระบบที่ยากแก่การควบคุม เนื่องจากในการควบคุมต้องใช้ความระมัดระวังสูง เพราะเมื่อชำรุดอาจส่งถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ส่วนตัวแปรที่ควบคุมได้ เช่น ที่มาของวัตถุดิบ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต พนักงานที่ควบคุม (ซึ่งในบางระบบอาจพิจารณาให้เป็น “ตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้”) อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น ในทุกกระบวนการความสามารถที่จะระบุและบันทึกไว้เพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ต่อไปได้โดยสรุปในการออกแบบการทดลองมีหลักการที่สำคัญดังสรุปได้ดังภาพที่ 2.5.2



ภาพที่ 2.6 หลักการสำคัญในการออกแบบการทดลอง
ที่มา : หนังสือ การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

ดังนั้น ในภาพรวมการออกแบบการทดลองจึงมีส่วนที่สำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในส่วนของการออกแบบกระบวนการ ในด้านการกำหนดค่าพารามิเตอร์ หรือค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมที่ใช้ในระบบหรือกระบวนการ เช่นในการผลิตน้ำอัดลม การกำหนดส่วนผสมเพื่อให้ได้รสชาติที่เหมาะสม

กำหนดความเร็วของสายพานเพื่อประโยชน์ในการบรรจุจะทำให้สูญเสียน้อยที่สุด เป็นต้น ซึ่งในทางวิศวกรรมจะเรียกขั้นตอนนี้ว่า “Parameter Design” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบกระบวนการ (Design Process)

2.6 การออกแบบกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์

2.6.1 การออกแบบระบบ (System Design)

คือ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการเพื่อออกแบบตัวแบบเริ่มต้น (ต้นแบบ หรือ “Basic Prototype”) โดยตัวแบบนี้ถูกกำหนดโดยการกำหนดค่าเริ่มต้นของลักษณะทางคุณภาพที่ต้องการของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ

2.6.2 การออกแบบค่าพารามิเตอร์ (Parameter Design)

คือ การศึกษาเพื่อกำหนดและระบุค่าที่ดีที่สุดและเหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่ต้องการให้กับกระบวนการ เช่น การตั้งค่าพารามิเตอร์ในการขับรถเพื่อให้เครื่องยนต์กินน้ำมันน้อยที่สุด หรือระยะทาง (กิโลเมตร) ต่อลิตรมากที่สุด การบรรจุไอศกรีมต้องการปริมาณสูญเสียของไอศกรีมน้อยที่สุด การตัดบานกระจกต้องการให้มีขนาดพอดีกับที่ต้องการ เป็นต้น

2.6.3 การออกแบบค่าพิกิตเผื่อ (Tolerance Design)

คือ วิธีการกำหนดช่วงหรือพิกิตเผื่อที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต ที่จะทำให้คุณภาพทางการผลิตสูงขึ้น และค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุด

2.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น เป็นวิธีการประเมินระบบการออกแบบ ระบบกระบวนการผลิต หรือระบบการบริการ โดยเป็นแนวทางในการป้องกัน ซึ่งพิจารณาความเป็นไปได้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการผลิต โดยทำการค้นหาสาเหตุและผลกระทบจากข้อบกพร่องนั้นๆ กำหนดวิธีการตรวจสอบ แบ่งชี้ข้อบกพร่อง ความรุนแรงอันเกิดจากลักษณะของข้อบกพร่อง โอกาสความเป็นไปได้ที่จะเกิดข้อบกพร่องนั้น และการตรวจสอบลักษณะ

ข้อบกพร่อง เพื่อนำมาหาค่าความเสี่ยงชี้แนะ สำหรับนำมาพิจารณาถึงความสำคัญของปัญหา เพื่อทราบถึงปัญหาที่มีความรุนแรงและผลกระทบมาก สามารถจัดลำดับสำหรับการแก้ไข

2.8 วรรณกรรมปริทัศน์

2.8.1 งานวิจัยที่นำแนวคิด DMAIC มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลงของเสีย พบว่าโดยส่วนใหญ่ ผู้วิจัยมักนิยมใช้แนวทางตามกระบวนการ DMAIC เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการลดจนการควบคุมกระบวนการได้อย่างยั่งยืน โดยเห็นได้จากงานวิจัยของ อติศักดิ์ มณีรัตน์ (2557) ที่ปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยขั้นตอน DMAIC ในกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นที่จะลดปริมาณของเสีย และปรับปรุงกระบวนการผลิต การพิมพ์ภายในขั้นตอนการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยนำข้อมูล มาทำการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาเรโต เพื่อเลือกเฉพาะปัญหาที่มีความสำคัญเท่านั้น แล้วจึงนำปัญหาที่ได้ มาหาลำดับความสำคัญ ของผลกระทบเพื่อจัดลำดับการแก้ปัญหา จากนั้นจึงทำการทดลองทีละปัจจัย ด้วยการทดสอบสมมติฐาน เพื่อยืนยันความสำคัญของปัญหา จากนั้นได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ของการพิมพ์ภายในขั้นตอนการทดลองแบบแฟคทอเรียลสองปัจจัยและสองระดับ ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มอัตราส่วนชิ้นงานดีจากร้อยละ 47.8 ไปเป็นร้อยละ 77.8 ในขณะที่ ชานู สุดตาชาติ (2557) วิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตสปริงเดลมอเตอร์ ตามแนวคิดซิกซ์ซิกม่า 5 ขั้นตอน (DMAIC) โดยเริ่มจากขั้นตอนการกำหนดปัญหา พบว่าปัญหาความสูงของแอทแทรกทีฟเพลตเกินข้อกำหนดนั้น มีปริมาณการทิ้งของเสียมากที่สุด นำไปสู่การวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการ โดยการนำวิธีการประเมินค่าของระบบการวัด มาประยุกต์ใช้ตลอดจนวิเคราะห์กระบวนการผลิต เพื่อหาสาเหตุและปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วยแผนภาพกระบวนการแบบไซพอค (SIPOC) จากนั้น จึงทำการทดสอบสมมติฐานในแต่ละปัจจัย ได้ผลสรุป คือ ปัจจัยในส่วนของคุณภาพและวิธีการกดแอทแทรกทีฟเพลต เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสูงของแอทแทรกทีฟเพลต อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลดังกล่าวนำไปสู่การออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับของปัจจัยที่ดีที่สุด โดยที่ผลจากการออกแบบการทดลองพบว่า ส่งผลให้ปริมาณของเสีย ลดลงจากร้อยละ 0.8 เป็น 0.3 และ ฌินาตา โนนพลกรัง (2556) ลดของเสียในกระบวนการผลิตแอมเปอร์ ด้วยการประยุกต์ใช้ขั้นตอน DMAIC โดยพบว่าของเสียที่เกิดขึ้น คือ ปริมาณเส้นใยและกาวล้นออกนอกชิ้นงาน ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียหลังผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิเหตุและผล พบว่าการขยับตำแหน่งของสแตนเลสระหว่าง กระบวนการประกอบ คือ ต้นเหตุของปัญหา กาวล้นออกนอกชิ้นงาน จากนั้นทำการปรับปรุงกระบวนการโดยต่อสายลมเข้ากับแท่นวางสแตนเลส

ในกระบวนการประกอบใช้เทปขาวและพลาสติกฟิล์ม ผลหลังปรับปรุงกระบวนการพบว่า ปริมาณของเสียจาก เส้นใยล้นออกจากชิ้นงานลดลง ร้อยละ 1.33 เป็น 0.03 และปริมาณกาวที่ล้นออกนอกชิ้นงานลดลงร้อยละ 4.00 เป็น 0.27 จึงส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการถูกส่งคืนลดลง และสามารถเพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้าได้เช่นเดียวกับ อรรถพรณ แหยมประสงค์ (2557) ทำวิจัยเพื่อการลดของเสียในกระบวนการผลิตตัวกรองสัญญาณรบกวน ใช้แนวทางการวิเคราะห์ตามแบบหลักการ DMAIC พบว่าปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักของค่าเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าไม่ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งปัจจัยประกอบด้วย 1) น้ำหนักมันแผ่นเหล็กขึ้นรูป 2) น้ำหนักหรือปริมาณกาว 3) ความหนืดของกาว 4) เวลาในการอบชิ้นงาน และ 5) อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ โดยใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2^k เพื่อหาค่าระดับที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุง แล้วจึงทำการปรับปรุงกระบวนการ ขั้นตอนสุดท้ายทำการควบคุมสิ่งที่ทำการปรับปรุงในกระบวนการผลิตโดยใช้ Statistic Process Control (SPC) ทำให้สามารถลดปัญหาค่าเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิตจากร้อยละ 71.33 เหลือร้อยละ 1.00 ของจำนวนการผลิตทั้งหมดส่งผลให้สามารถเพิ่มผลการผลิตให้กับสายการผลิตได้

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้กระบวนการ DMAIC ทำให้เห็นว่า DMAIC สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการลดของเสียในกระบวนการผลิต โดยเริ่มจากการกำหนดปัญหาให้ตรงประเด็นและเป็นปัญหาที่มีความสำคัญ จากนั้นทำการวัดและเรียงลำดับความสำคัญของปัญหา จนกระทั่งนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหา และทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาลดจนควบคุมกระบวนการผลิตให้ยั่งยืน

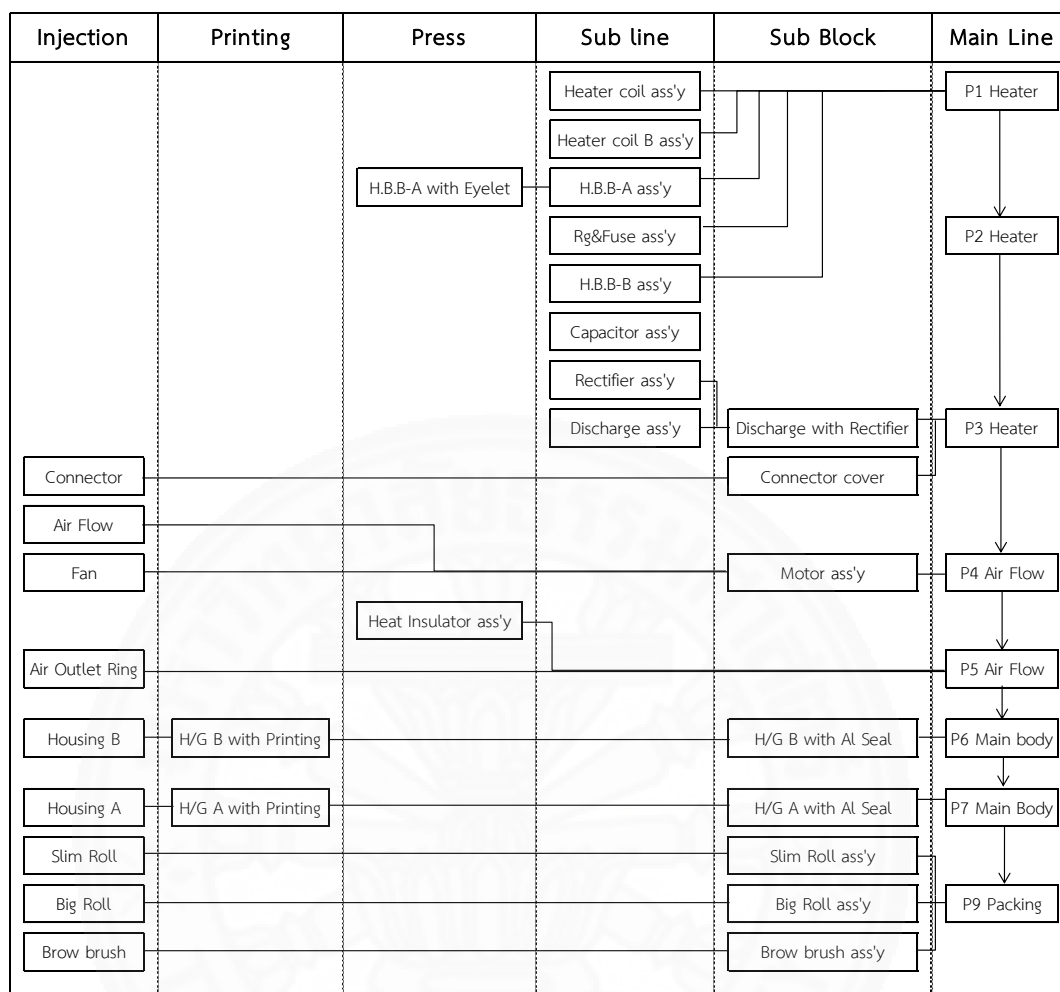
บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การดำเนินการศึกษาดำเนินการโดยการศึกษาระบวนการผลิต ตั้งแต่กระบวนการผลิตชิ้นส่วนย่อยๆ จนถึงผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย โดยใช้เครื่องมือทางสถิติมาช่วยในการดำเนินการ และดำเนินการตามขั้นตอนของซิกซ์ซิกม่า (DMAIC) โดยในบทนี้เป็นขั้นตอนการดำเนินการตั้งแต่ ขั้นตอนการค้นหาและระบุปัญหา (Define Phase) จนถึง ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

3.1 ข้อมูลทั่วไปสำหรับการผลิตหัวแปลงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18

กระบวนการผลิตหัวแปลงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18 เริ่มจากกระบวนการฉีดพลาสติก (Injection) เพื่อให้ได้พลาสติกที่มีรูปทรงต่างๆ ที่จะสามารถใช้ประกอบเป็นหัวแปลงไฟฟ้าได้ ต่อมาคือ กระบวนการปรี้นข้อความลงบนชิ้นส่วนพลาสติก (Printing) ก่อนจัดส่งเข้าสู่สายการผลิตหลัก ขณะเดียวกันก็มีชิ้นส่วนที่ต้องมีการปั๊มขึ้นรูป (Press) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนภายในที่เกี่ยวข้องกับความร้อน นอกจากนี้ยังมี สายการผลิตย่อย 1 (Sub line) และสายการผลิตย่อย 2 (Sub block) ก่อนเข้าสู่สายการผลิตหลัก (Main Line) โดยสายการผลิตย่อย 1 จะมีชิ้นส่วนที่ส่งต่อไปยัง สายการผลิตย่อย 2 และสายการผลิตหลัก ส่วนสายการผลิตย่อย 2 จะทำการประกอบชิ้นส่วนที่รับมาจากสายการผลิตย่อย 1 และส่งไปยังสายการผลิตหลักเท่านั้น



ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตหัวแปรงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18

3.1.1 รายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการฉีดพลาสติก (Injection)

จะทำการผลิตชิ้นส่วน 8 ชิ้น ดังนี้ 1. Connector คือ ชิ้นส่วนที่ใช้เชื่อมต่อสายไฟกับตัวผลิตภัณฑ์ 2. Air Flow คือ โครงที่ใช้จับยึดมอเตอร์ 3. Fan คือ ใบพัดที่ใช้ต่อกับมอเตอร์เพื่อการขับเคลื่อนอากาศให้ไหลเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ 4. Housing A, B คือ กรอบด้านนอกด้านซ้ายและขวาของผลิตภัณฑ์ 5. Slim Roll คือ โครงที่ใช้ประกอบกับหัวแปรงทรงกระบอกขนาดเล็ก ใช้ต่อกับส่วนปลายของหัวแปรงไฟฟ้า 6. Big Roll คือ โครงที่ใช้ประกอบกับหัวแปรงทรงกระบอกคล้ายกับ Slim Roll แต่มีขนาดใหญ่กว่า และสุดท้าย Brow brush คือ โครงที่ใช้ประกอบกับหัวแปรงทรงกลมตามซี่หัวด้านเดียว ใช้สำหรับทรงผมแบบทั่วไป

3.1.2 รายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการปริ้นข้อความ (Printing)

จะทำการปริ้นข้อความบนชิ้นส่วน 2 ชิ้น คือ Housing A และ Housing B โดยที่ Housing A ปริ้นชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ ส่วน Housing B ปริ้นข้อความเกี่ยวกับข้อมูลทางไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์

3.1.3 รายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการปั๊มขึ้นรูป (Press)

ทำการปั๊มขึ้นรูป 2 ชิ้นส่วน 1. Heater Base Board (H.B.B) คือ แผ่นทนความร้อน (Mica Sheet) ที่นำมาผ่านกระบวนการปั๊มให้ได้รูปทรงตามแบบ ใช้เป็นแกนสำหรับพันขดลวดนำความร้อน H.B.B จึงต้องมีลักษณะทนต่อความร้อน จากนั้นนำ H.B.B ที่ได้ไปประกอบกับตาไก่ (Eyelet) เพื่อเป็นจุดสำหรับการบัดกรีในสายการผลิตย่อย และสายการผลิตหลัก 2. Heater Insulator คือ แผ่นโลหะ (Metal Sheet) นำมาผ่านกระบวนการปั๊มให้ได้รูปทรงตามแบบ จากนั้นนำไปประกอบกับแผ่นทนความร้อนชนิดอ่อน (Heat Insulator for Heater) ใช้เป็นฉนวนกั้นความร้อนในตัวผลิตภัณฑ์

3.1.4 รายละเอียดเกี่ยวกับสายการผลิตย่อย 1 (Sub line)

ทำการประกอบชิ้นส่วนย่อย 5 ชิ้นส่วน คือ 1. Heater Coil A, B assembly คือการขึ้นรูปขดลวดให้มีลักษณะคล้ายกับสปริง เพื่อใช้เป็นขดลวดนำความร้อน 2. Heater Base Board A, B assembly คือ การรับ H.B.B มาจาก ส่วนงานปั๊มขึ้นรูป เพื่อนำมาประกอบกับสายไฟ 3. Voltage Dropping Resistor & Fuse Assembly คือ การประกอบกันระหว่าง Voltage Dropping Resistor และ Fuse โดย Voltage Dropping Resistor คือ ขดลวดความต้านทาน ทำหน้าที่ ลดแรงดันไฟฟ้า ก่อนเข้าสู่มอเตอร์ ส่วน Fuse คืออุปกรณ์ตัดกระแสไฟฟ้า เมื่อชิ้นงานมีความร้อนมากเกินไป 4. Rectifier assembly คือ ไดโอด 4 ตัว ที่ประกอบเข้าด้วยกัน ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงก่อนเข้าสู่มอเตอร์ 5. Discharge assembly คือ การนำอุปกรณ์ที่ใช้ในการคายประจุลบมาต่อกับสายไฟ เพื่อเตรียมที่จะส่งเข้าสู่สายการผลิตหลัก และสุดท้าย Capacitor assembly คือ การต่อตัวเก็บประจุเข้ากับสายไฟ เพื่อความเข้ากันได้ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

3.1.5 รายละเอียดเกี่ยวกับสายการผลิตย่อย 2 (Sub block)

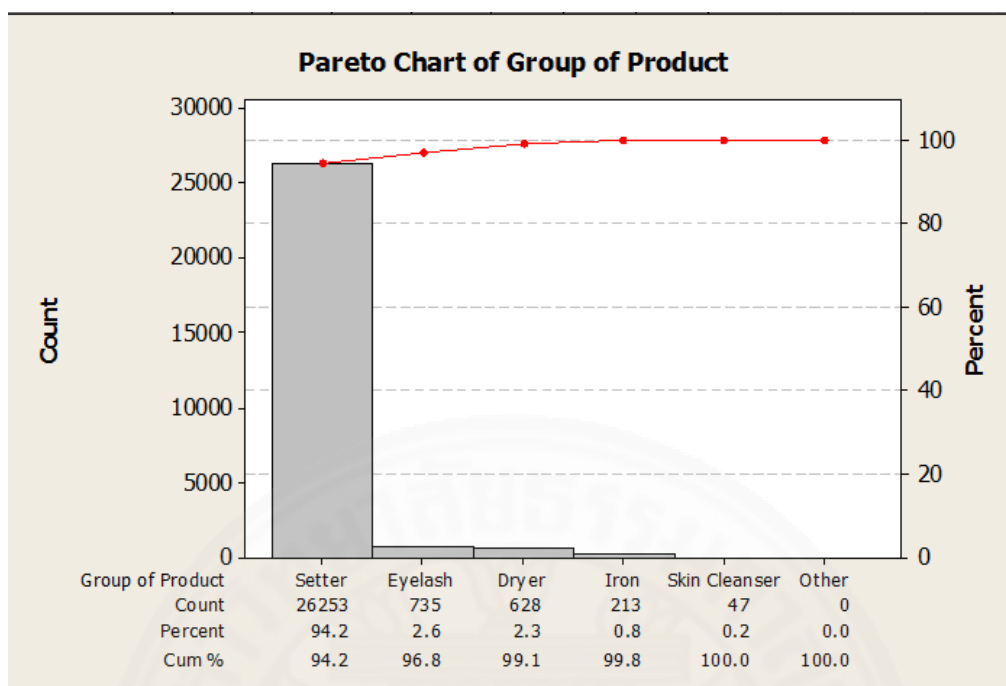
ทำการประกอบชิ้นส่วนย่อย 8 ชิ้นส่วน คือ 1. Discharge Rectifier assembly คือ การบัดกรี Discharge และ Rectifier เข้าด้วยกัน 2. Connector cover assembly คือ การประกอบเข้าด้วยกันระหว่าง Connector cover ที่เป็นพลาสติก กับอุปกรณ์เชื่อมต่อทางไฟฟ้า (Terminal) ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อปลั๊กไฟกับตัวผลิตภัณฑ์ 3. Motor assembly คือ การประกอบมอเตอร์ โครงของมอเตอร์ และใบพัดเข้าด้วยกัน เพื่อเป็นชุดอุปกรณ์สำหรับขับเคลื่อนอากาศเข้าสู่ตัวผลิตภัณฑ์ 4. Housing A, B with Aluminum Seal assembly คือ ขั้นตอนการติดแผ่นอะลูมิเนียมเข้าไปที่กรอบด้านนอกของผลิตภัณฑ์ทั้งด้านซ้ายและด้านขวา 5. Big Roll assembly คือ การประกอบซี่หวีและโครงของ Big Roll เข้าด้วยกัน 6. Slim Roll assembly คือ การประกอบซี่หวีและโครงของ Slim Roll เข้าด้วยกัน 7. Big Roll assembly คือ การประกอบซี่หวีและโครงของ Big Roll เข้าด้วยกัน

3.1.6 รายละเอียดเกี่ยวกับสายการผลิตหลัก (Main line)

ในสายการผลิตหลักจะแบ่งเป็น 9 สถานีงาน โดยสถานีงานที่ 1 ถึง สถานีงานที่ 3 จะประกอบชุดทำความร้อน (Heater) สถานีงานที่ 4 ถึงสถานีงานที่ 5 คือ การนำชุดทำความร้อนมาประกอบเข้ากับชุดมอเตอร์ (Air Flow) สถานีงานที่ 6 ถึงสถานีงานที่ 7 จะประกอบกรอบด้านนอกและปลั๊กไฟเพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย (Main body) สถานีงานที่ 8 คือ การทดสอบผลิตภัณฑ์ (Check Function) และสถานีงานที่ 9 คือ การบรรจุภัณฑ์ (Packing)

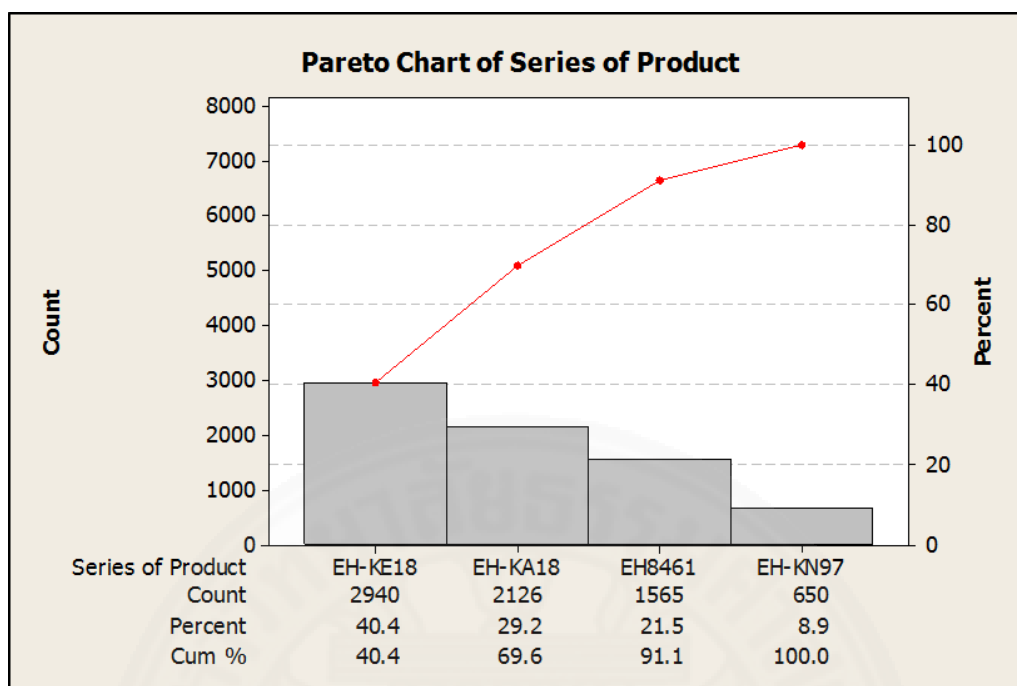
3.2 ขั้นตอนการค้นหาและระบุปัญหา (Define Phase)

เริ่มจากการค้นหาปัญหาของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตในบริษัทกรณีศึกษาทั้ง 6 กลุ่มผลิตภัณฑ์ และได้พบว่า กลุ่มผลิตภัณฑ์หวีแรงไฟฟ้า มีปริมาณของเสียเยอะเป็นอันดับหนึ่ง (จากภาพที่ 3.2) จากนั้นจึงได้ทำการเก็บข้อมูลของเสียในแต่ละรุ่นของผลิตภัณฑ์หวีแรงไฟฟ้าจากทั้งหมด 4 รุ่น โดยมีรุ่นที่มีปริมาณของเสียเยอะที่สุด คือ รุ่น EH-KE18 (จากภาพที่ 3.3) จากนั้นจึงได้ทำการเก็บข้อมูลชนิดของของเสียในผลิตภัณฑ์รุ่น EH-KE18 พบว่า ปริมาณของเสีย Red Point NG มีจำนวนเยอะที่สุด จากภาพที่ 3.4



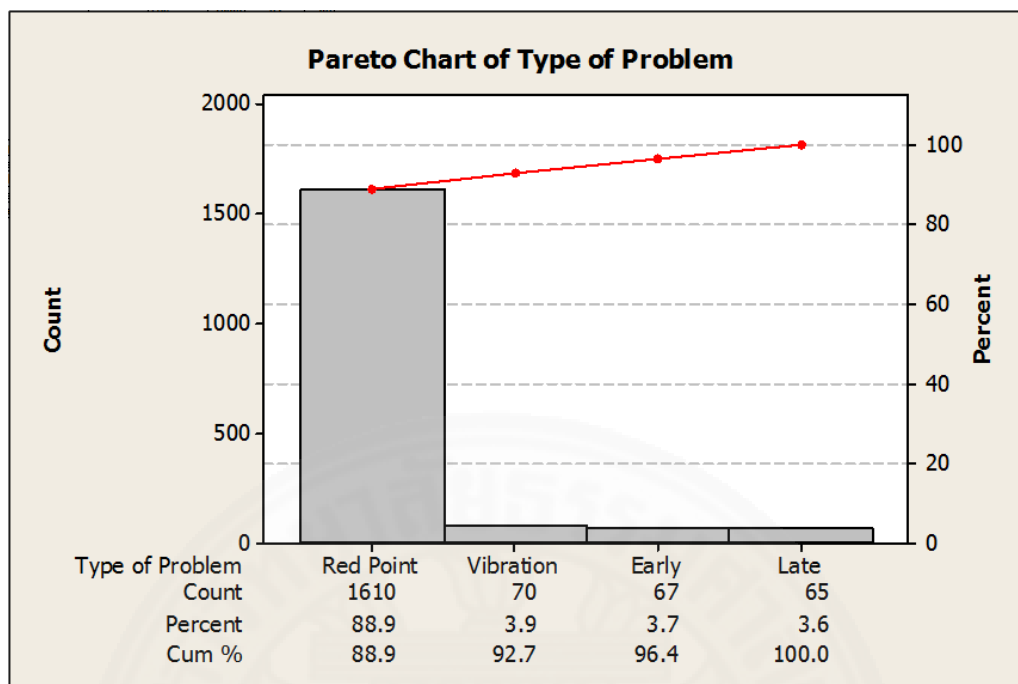
ภาพที่ 3.2 กราฟพาเรโตแสดงของเสียของแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์

จากภาพที่ 3.2 แสดงจำนวนของเสียของแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์ โดยมีทั้งหมด 6 กลุ่มผลิตภัณฑ์อันได้แก่ 1. กลุ่มผลิตภัณฑ์หวีแปรงไฟฟ้า (Setter) 2. กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ปิดขนตาไฟฟ้า (Eyelash) 3. กลุ่มผลิตภัณฑ์ไดร์เป่าผม (Dryer) 4. กลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องหนีบผม (Iron) 5.กลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องดูดสิว (Skin Cleanser) 6. กลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องโกนหนวดไฟฟ้า (Shaver) โดยจากกราฟแสดงให้เห็นว่า กลุ่มผลิตภัณฑ์หวีแปรงไฟฟ้า (Setter) มีจำนวนของเสียเยอะเป็นอันดับหนึ่ง



ภาพที่ 3.3 กราฟพาเรโตแสดงของเสียของแต่ละรุ่นของผลิตภัณฑ์หัวแปลงไฟฟ้า

จากภาพที่ 3.3 แสดงจำนวนของเสียของแต่ละรุ่นผลิตภัณฑ์หัวแปลงไฟฟ้า โดยมีทั้งหมด 4 รุ่นผลิตภัณฑ์ อันได้แก่ 1. EH-KE18 2. EH-KA18 3. EH9461 4. EH-KN97 โดยจากกราฟแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์หัวแปลงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18 มีจำนวนของเสียเยอะเป็นอันดับหนึ่ง



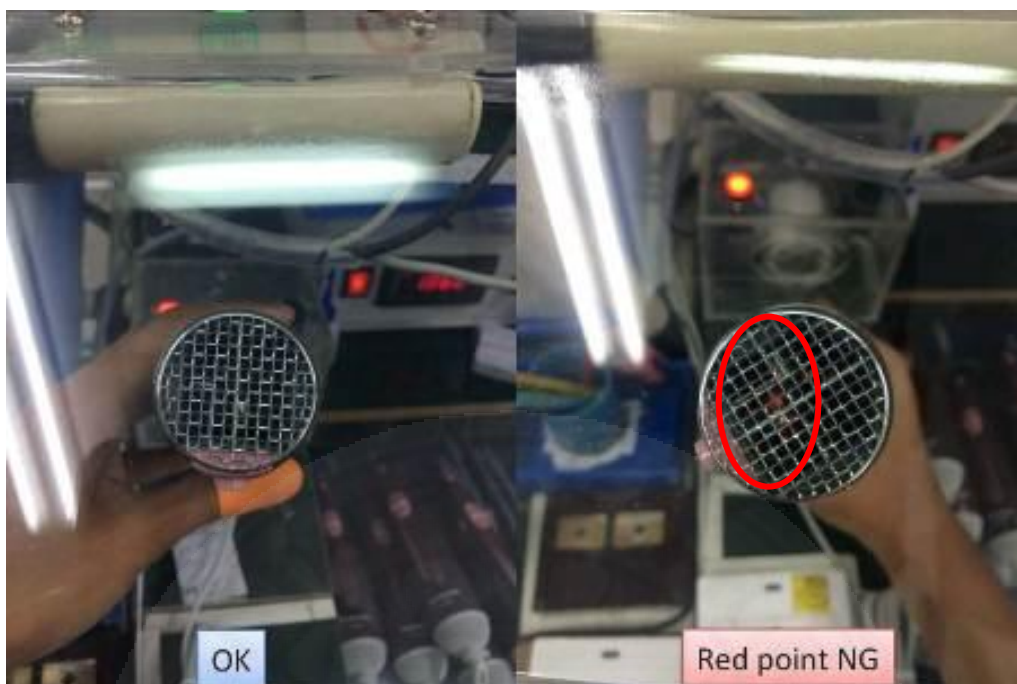
ภาพที่ 3.4 กราฟพาเรโตแสดงชนิดของของเสียในผลิตภัณฑ์รุ่น EH-KE18

จากภาพที่ 3.4 แสดงประเภทของเสีย ในผลิตภัณฑ์หัวแปรงไฟฟ้า รุ่น EH-KE18 โดยมีของเสียทั้งหมด 4 ประเภท คือ 1. Red point NG (เกิดจุดสีแดงจากความร้อนภายในตัวผลิตภัณฑ์) 2. Vibration NG (ผลิตภัณฑ์สั่นผิดปกติ) 3. Early NG (ระบบตัดความร้อนทำงานเร็วกว่าปกติ) 4. Late NG (ระบบตัดความร้อนทำงานช้ากว่าปกติ) โดยจากกราฟแสดงให้เห็นว่า ปัญหา Red point NG มีจำนวนเยอะเป็นอันดับหนึ่ง

ดังนั้น ในส่วนของ ขั้นตอนการค้นหาและระบุปัญหา (Define Phase) จึงสามารถสรุปได้ว่าปัญหา Red Point NG ในผลิตภัณฑ์หัวแปรงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18 มีจำนวนเยอะเป็นอันดับหนึ่ง และมีความสำคัญมาก จึงนำมาดำเนินการวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขเป็นอันดับแรก

3.2.1 รายละเอียดเกี่ยวกับปัญหา Red Point NG

Red Point NG คือ ลักษณะของขดลวดนำความร้อน (Coil) ที่มีสีแดงเกิดขึ้นเวลาเปิดเครื่องใช้งานส่งผลต่อลูกค้าในเรื่องของความน่าเชื่อถือของการใช้ผลิตภัณฑ์หัวแปรงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18



ภาพที่ 3.5 เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ดีกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นปัญหา Red point NG

จากภาพที่ 3.5 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ดีกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นปัญหา Red point NG โดยในผลิตภัณฑ์ที่เป็นปัญหา Red point NG นั้น จะสามารถสังเกตเห็นได้ว่าเกิดจุดสีแดงขึ้นภายในตัวผลิตภัณฑ์ซึ่ง ส่งผลต่อลูกค้าในเรื่องของความน่าเชื่อถือในการใช้งานผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

3.3 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

ในขั้นตอนการวัดจะเกี่ยวข้องกับรายละเอียดของกระบวนการ (Process Flow) เพื่อการศึกษาทำความเข้าใจในกระบวนการผลิตโดยละเอียดและสามารถดำเนินการในขั้นตอนการวิเคราะห์ได้อย่างครอบคลุมโดยในขั้นตอนของการวัด นี้ได้มีการนำเครื่องมือทางวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ อันได้แก่ การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) และการวิเคราะห์กระบวนการวัดซ้ำ (Gage Repeatability & Reproducibility : GR&R)

3.3.1 Process Flow ของการผลิตขดลวดนำความร้อน (Coil)

ขดลวดนำความร้อน (Coil) เป็นชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับปัญหา Red Point NG จึงได้จัดทำ Process Flow ของการผลิตขดลวดนำความร้อน เพื่อความเข้าใจในทุกขั้นตอนของการผลิต



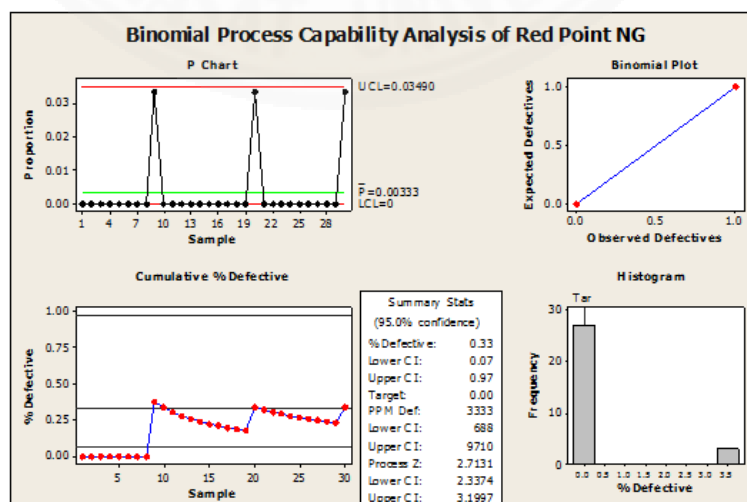
ภาพที่ 3.6 Process Flow of Coil

จากภาพที่ 3.6 แสดงกระบวนการผลิตขดลวดนำความร้อน ซึ่งเป็นลวดที่มีส่วนผสมของเหล็กร้อยละ 70 โครเมียมร้อยละ 25 และนิกเกิลร้อยละ 5 โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ในกระบวนการผลิตนั้น เริ่มจากการขึ้นรูปขดลวดนำความร้อน (Forming coil) จากลักษณะที่เป็นเส้นตรงให้มีลักษณะคล้ายสปริง ในกระบวนการนี้จะมีน้ำมันติดมากับขดลวดจึงต้องนำไปล้างน้ำมันออก (Clean coil) ก่อนส่งไปสู่กระบวนการตัดส่วนต้นและส่วนปลายของขดลวดนำความร้อน (Cutting coil) เพื่อนำไปประกอบกับ Terminal (ชิ้นส่วนที่สามารถนำไปบัดกรีกับสายไฟ) และจากนั้นจะต้องมีการยืดขดลวดนำความร้อน (Stretch coil) เพื่อให้มีระยะเท่ากับแบบ เพื่อที่จะสามารถนำไปประกอบต่อไป ได้อย่างถูกต้อง ในขั้นตอนการยืดขดลวดนี้เองจึงต้องมีการตรวจสอบความยาวหลังยืดก่อนส่งเข้าสู่สายการผลิตหลัก

ในสายการผลิตหลัก เริ่มจากการพันขดลวด (Wire coil) เข้าสู่แกนความร้อน (Heater Base Board) จากนั้นเป็นการจัดขดลวด (Adjust coil) และในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นขั้นตอนของการตรวจสอบการทำงานของตัวผลิตภัณฑ์ (Check function) ในขั้นตอนนี้ หากขดลวดนำความร้อนมีปัญหา (Red Point NG) จะถูกตรวจจับได้ที่กระบวนการนี้

3.3.2 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

คือ การวัดความสามารถของกระบวนการผลิต ซึ่งปัญหาที่พบแบบไม่ต่อเนื่อง Discrete Distribution จึงได้มีการใช้ binomial Distribution (การกระจายแบบไม่ต่อเนื่อง แบบมีสองสิ่งตัวอย่าง) ในการศึกษาความสามารถของกระบวนการผลิต Capability ของปัญหา Red Point NG โดยทำการเก็บข้อมูล จำนวน 30 ชิ้น เมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2559

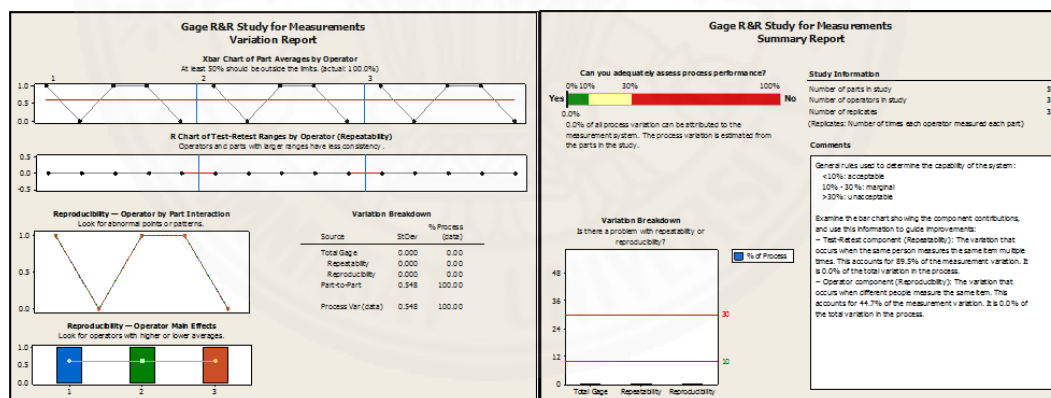


ภาพที่ 3.7 การวิเคราะห์ Capability ของปัญหา Red Point NG

จากภาพที่ 3.7 การวิเคราะห์ Capability ของปัญหา Red Point NG โดยเป็นการเก็บข้อมูลปัญหา Red Point NG ในสายการผลิตซึ่งผลที่ได้จากกราฟแสดงให้เห็นถึงโอกาสที่อาจเกิดของเสียที่มีมากถึง 3,333 PPM หรือคิดเป็น %Defective 0.33% ดังนั้น จึงได้มีการทำการวิเคราะห์กระบวนการวัดซ้ำ (Gage Repeatability & Reproducibility : GR&R) เพื่อยืนยันความสามารถและความถูกต้องในการวัดหรือตรวจสอบผลิตภัณฑ์

3.3.3 การวิเคราะห์กระบวนการวัดซ้ำ (Gage Repeatability & Reproducibility: GR&R)

ในลักษณะของปัญหา Red point NG เป็นการดูสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นภายในชุดทำความร้อนของตัวผลิตภัณฑ์ โดยปกติแล้วหากผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ผิดปกติจะเกิดจุดสีแดงขึ้น ที่เกิดจากสีของขดลวดที่มีความร้อนผิดปกติในบางจุดของขดลวด ในขั้นตอนการตรวจสอบนี้เป็นการดูด้วยตาของพนักงาน ดังนั้นจึงได้ทำการวัดความสามารถของตัวพนักงานในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยวัดความสามารถจากพนักงาน 3 คน ทำการตรวจวัดผลิตภัณฑ์ 5 ชิ้น แล้วทำซ้ำ 3 รอบโดยผลที่ได้เป็นดังนี้



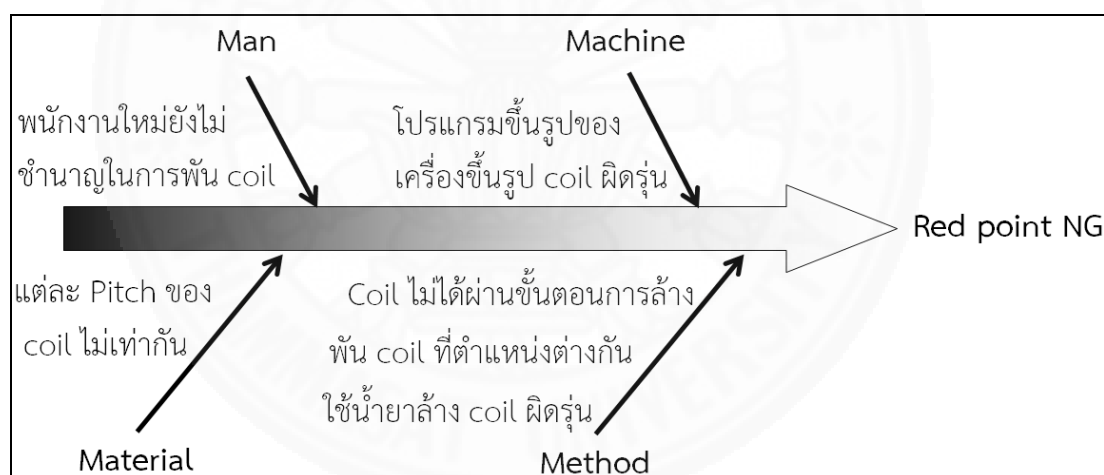
ภาพที่ 3.8 ผลจากการวิเคราะห์ด้วย Gauge R&R

จากภาพที่ 3.8 แสดงกราฟ Reproducibility ที่บ่งบอกว่าพนักงานทั้ง 3 คน สามารถวัดชิ้นงานได้ในระดับเดียวกัน และนอกจากนี้ค่าเปอร์เซ็นต์ของ Process performance ที่มีค่าเท่ากับ 0% โดยตามกฎแล้วหากน้อยกว่า 10% จะสามารถยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าพนักงานทั้ง 3 คน มีความสามารถและความน่าเชื่อถือในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่เกิดปัญหา Red point NG ได้ ซึ่งความน่าเชื่อถือดังกล่าว จึงเป็นสิ่งที่สำคัญในขั้นตอนของการวิเคราะห์ เพราะในขั้นตอนของการ

วิเคราะห์นั้นจะต้องมีการทดลองของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหา Red point NG การตรวจสอบที่ถูกต้องแม่นยำนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง

3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

จากขั้นตอนของการระบุปัญหา และขั้นตอนการวัดทำให้สามารถนำปัญหามาวิเคราะห์หาสาเหตุได้โดยใช้เครื่องมือทางสถิติในวิเคราะห์ โดยเริ่มจากแผนภูมิแกงปลา โดยได้ทำการระดมความคิดกับบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ หวีแปรงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18 ทำให้รู้ว่ามีสิ่งที่ทำให้เกิดสาเหตุของปัญหาขึ้นในกระบวนการผลิต จากนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) เพื่อศึกษาขั้นตอนของการผลิตโดยละเอียด และระบุสิ่งที่ผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการผลิต เพื่อกำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหา Red point NG



ภาพที่ 3.9 แผนภูมิแกงปลา

จากภาพที่ 3.9 เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุที่อาจนำไปสู่ปัญหา Red point NG จะพบว่า 1. การตั้งค่าโปรแกรมเครื่องขึ้นรูปผิดพลาด โดยอาจเกิดความผิดพลาดจากการตั้งค่าโปรแกรมผิดรุ่นซึ่งมีความเป็นไปได้เพราะในแต่ละรุ่นของขดลวดนั้นมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน 2. การยึดขดลวด โดยอาจเกิดความผิดพลาดจากการยึดที่ไม่สม่ำเสมอ 3. การล้างขดลวด โดยอาจเกิดความผิดพลาดจากการล้างขดลวด ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดปัญหา Red point NG 4. การพันขดลวด โดยอาจเกิดความผิดพลาดจากการพันขดลวดในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้อง 5. น้ำยาล้างขดลวด โดยอาจเกิดความ

ผิดพลาดจากการใช้น้ำยาล้างที่แตกต่างกัน โดยปัจจัยดังกล่าวจะถูกนำมาวิเคราะห์ต่อการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

3.4.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบนั้นจะทำการศึกษาระบบการผลิตผลิตภัณฑ์โดยการคิดอย่างเป็นระบบและคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการดัดนั้นสาเหตุที่มีอยู่ในแผนภูมิแกงปลาจะถูกนำมาวิเคราะห์ต่อการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ เพื่อให้สามารถหาสาเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหา Red point NG ได้มากที่สุด

ตารางที่ 3.1

สรุปปัจจัยที่เป็นไปได้ที่ส่งผลต่อ Red point NG

ลักษณะข้อบกพร่อง	สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง
ขดลวดที่มีลักษณะแตกต่างกัน	การตั้งค่าโปรแกรมเครื่องขึ้นรูปขดลวดผิดรุ่น
ขดลวดที่มีความถี่ห่างแตกต่างกัน	อาจเกิดความผิดพลาดจากการยึดที่ไม่สม่ำเสมอ
ขดลวดที่เลอะน้ำมัน	อาจเกิดความผิดพลาดจากการลืมน้ำมันขดลวด
ตำแหน่งขดลวดแตกต่างกัน	อาจเกิดความผิดพลาดจากการพันขดลวดในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้อง
ขดลวดแตกต่างกันหลังจากทำการล้าง	อาจเกิดความผิดพลาดจากการใช้น้ำยาล้างที่แตกต่างกัน

3.4.2.1 การกำหนดความรุนแรงและผลกระทบที่จากของเสีย

- ให้ 6 คะแนน สำหรับ Red point NG เนื่องจากสร้างความรำคาญให้กับลูกค้า ทำให้รู้สึกไม่สะดวก
- ให้ 5 คะแนน สำหรับ Temperature unstable หรืออุณหภูมิไม่คงที่ เนื่องจากฟังก์ชันการทำงานต่ำลงทำให้ลูกค้ารู้สึกไม่สะดวกและต้องมีการ Rework ชิ้นงาน
- ให้ 4 คะแนนสำหรับปัญหา Have smoke when operate (เกิดควันเวลาเปิดใช้งานครั้งแรก) และ ปัญหา
 - Power, Current NG (ค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าไม่ได้ตามข้อกำหนด)
 เนื่องจากข้อบกพร่องนี้ ยากต่อการสังเกตเห็นของลูกค้า และต้องมีการ Rework ชิ้นงาน จึงอยู่ในระดับผลกระทบต่ำมาก

- ให้ 3 คะแนน สำหรับปัญหา Cannot assembly in next process (ไม่สามารถประกอบในกระบวนการถัดไปได้) และปัญหา Occur NG sample in next process (เกิดขึ้นงานเสียในกระบวนการถัดไป) เนื่องจาก 2 ปัญหานี้ในบางชิ้นส่วนต้องมีการ Rework ชิ้นงานจึงอยู่ในระดับผลกระทบน้อย

3.4.2.2 โอกาสที่จะเกิดของเสีย

1. Forming coil คือ การขึ้นรูปขดลวดนำความร้อนจากลักษณะที่เป็นเส้นตรง ทำให้เป็นขดคล้ายสปริงโดยสิ่งที่จะเกิดขึ้น คือ การ setting เครื่องผลิตลวดซึ่งมีโอกาสค่อนข้างน้อย (น้อยกว่า 500 PPM) จึงให้คะแนนที่ 3 คะแนน

2. Clean coil คือ การล้างขดลวดหลังจากการขึ้นรูปแล้ว โดยสิ่งที่จะเกิดขึ้นคือการหยิบขดลวดออกจากเครื่องล้างก่อนเวลาที่กำหนดซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว (น้อยกว่า 1000 PPM) จึงให้คะแนนที่ 4 คะแนน

3. Cutting coil คือ การตัดส่วนต้นและส่วนปลายของขดลวด โดยการเกิดข้อผิดพลาดมาจาก Jig ที่ควบคุมระยะการตัดหลวม โดยมีโอกาสที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว (น้อยกว่า 1000 PPM) จึงให้คะแนนที่ 4 คะแนน

4. Caulking coil คือ การประกอบข้อต่อด้วยเครื่องจักร (Caulking M/C) ข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นมีผลมาจากการ setting เครื่องผลิตลวด โดยมีโอกาสเกิดค่อนข้างน้อย (น้อยกว่า 200 PPM) จึงให้คะแนนที่ 2 คะแนน

5. Check high of Caulking coil คือ การตรวจสอบความสูงหลังจากที่ทำการ Caulking แล้ว มีข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นมาจากการที่พนักงานอ่านค่าผิดพลาดซึ่งมีโอกาสค่อนข้างน้อย (น้อยกว่า 500 PPM) จึงให้ที่ 3 คะแนน

6. Check pull force of caulking coil คือ การตรวจสอบแรงดึงที่ข้อต่อหลังจากทำการ Caulking แล้ว ข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นมาจากการที่พนักงานอ่านค่าผิดพลาดซึ่งมีโอกาสค่อนข้างน้อย (น้อยกว่า 500 PPM) จึงให้ที่ 3 คะแนน

7. Stretch coil คือ ขั้นตอนการยืดขดลวดให้ได้ความยาวตามข้อกำหนดคือ 100 ± 3 mm. และมีข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นมาจากการที่พนักงานยืดขดลวดโดยใช้มือ นอกจากนี้ยังไม่มีมาตรฐานในการยืดขดลวด ซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว (น้อยกว่า 2000 PPM) จึงให้ที่ 5 คะแนน

8. Check length and resistor of coil คือ การตรวจสอบ ระยะความยาวรวมของขดลวด และตรวจสอบค่าความต้านทานของขดลวด ข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นมาจากการที่พนักงานอ่านค่าผิดพลาดซึ่งมีโอกาสค่อนข้างน้อย (น้อยกว่า 500 PPM) จึงให้ที่ 3 คะแนน

9. Wire coil in Heater คือ การพันขดลวดนำความร้อนเข้าสู่แกนความร้อนของชุดทำความร้อน ข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นมาจากพนักงานยังไม่มีทักษะการพันขดลวดซึ่งมีโอกาสค่อนข้างน้อย (น้อยกว่า 500 PPM) จึงให้ที่ 3 คะแนน และอีกสาเหตุหนึ่งมาจาก การที่ไม่มีการควบคุมวิธีการพันขดลวด โดยมีโอกาสที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว (น้อยกว่า 5000 PPM) จึงให้คะแนนที่ 5 คะแนน

10. Adjust coil คือ การจัดขดลวดที่อยู่ในชุดทำความร้อนให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นมาจาก พนักงานยังไม่มีทักษะการจัดขดลวดไม่มากพอ ซึ่งมีโอกาสค่อนข้างน้อย (น้อยกว่า 500 PPM) จึงให้ที่ 3 คะแนน

11. Check function คือ การตรวจสอบค่ากำลังไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าของตัวขึ้นงาน ข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นมีผลมาจาก 3 สาเหตุ คือ 1. ค่าความต้านทานของขดลวดไม่ได้ตามข้อกำหนดโดยมีโอกาสดังเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว (น้อยกว่า 1000 PPM) จึงให้คะแนนที่ 4 คะแนน 2. แหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ชิ้นงานไม่เสถียรซึ่งมีโอกาสดังเกิดขึ้น (น้อยกว่า 500 PPM) จึงให้ที่ 3 คะแนน และ 3. พนักงานตรวจสอบผิดพลาดซึ่งมีโอกาสดังเกิดขึ้น (น้อยกว่า 500 PPM) จึงให้ที่ 3 คะแนน

3.4.2.3 การควบคุมของเสีย

1. Forming coil มีการป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดโดยการ setting เครื่องตามคู่มือการทำงานก่อนการปฏิบัติงาน จึงให้คะแนนที่ 5 คะแนน

2. Clean coil มีการป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดโดยการกำหนดเวลาในการล้างโดยไม่หยิบชิ้นงานออกจากเครื่องได้หากยังไม่ครบกำหนดเวลาปฏิบัติงาน จึงให้คะแนนที่ 5 คะแนน

3. Cutting coil มีการป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดโดยการกำหนดช่วงเวลาในการเปลี่ยน Jig และตรวจสอบในทุกๆ เดือนจึงให้คะแนนที่ 4 คะแนน

4. Caulking มีการป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดโดยการ Setting เครื่องตามคู่มือการทำงานก่อนการปฏิบัติงาน จึงให้คะแนนที่ 5 คะแนน

5. Check high of Caulking coil มีการป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดโดยการ
ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรมแล้วจึงให้คะแนนที่ 5 คะแนน
6. Check pull force of caulking coil มีการป้องกันการเกิดข้อผิดพลาด
โดยการใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรมแล้วจึงให้คะแนนที่ 5 คะแนน
7. Stretch coil มีการป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดโดยการตรวจสอบด้วยตา
ก่อนส่งสู่กระบวนการถัดไปจึงให้คะแนนที่ 7 คะแนน
8. Check length and resistor of coil มีการป้องกันการเกิดข้อผิดพลาด
โดยการใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรมแล้วจึงให้คะแนนที่ 5 คะแนน
9. Wire coil in Heater มีการป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดโดยการใช้
พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรมแล้วจึงให้คะแนนที่ 5 คะแนน และมีการตรวจสอบด้วยตาก่อนส่งสู่
กระบวนการถัดไปจึงให้คะแนนที่ 7 คะแนน
10. Adjust coil มีการป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดโดยการใช้พนักงานที่ผ่าน
การฝึกอบรมแล้วจึงให้คะแนนที่ 5 คะแนน
11. Check function มีการป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดโดยการ มี 3 วิธี 1.
ตรวจสอบค่าความต้านทานทุกชิ้นตั้งแต่ขั้นตอนการ Sub processจึงให้คะแนนที่ 3 คะแนน 2.
ตรวจสอบซ้ำที่แผนก QC จึงให้คะแนนที่ 4 คะแนน 3. ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรมแล้วจึงให้
คะแนนที่ 5 คะแนน

ตารางที่ 3.2

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

กระบวนการ	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	ความเสี่ยง	สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง	OCC	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน		DET	RPN
						ป้องกัน	ตรวจจับ		
1. Forming Coil การขึ้นรูปขดลวด	เส้นรอบวงไม่เท่ากับแบบ	ขดลวดแดง Red point NG	6	ตั้งค่าเครื่องผิดพลาด	3	ตั้งค่าเครื่องตามคู่มือ	-	5	90
		อุณหภูมิไม่คงที่	5	ตั้งค่าเครื่องผิดพลาด	3	ตั้งค่าเครื่องตามคู่มือ	-	5	75
2. Clean Coil การทำความสะอาดขดลวด	ยังมีน้ำมันติดอยู่ที่ขดลวด	เกิดควันเวลาเปิดเครื่อง	4	เอาขดลวดออกจากเครื่องก่อนเวลาที่กำหนด	4	กำหนดเวลาตามคู่มือ	-	4	64
3. Cutting Coil การตัดขดลวด	ความยาวของขดลวดไม่เท่ากับแบบ	ไม่สามารถประกอบต่อไปได้	3	เครื่องมือควบคุมระยะตัดหลวม	4	กำหนดเวลาเปลี่ยนเครื่องมือ	ตรวจสอบเครื่องมือทุกเช้า	3	36
4. Caulking Coil การยัดขดลวด	แรงดึงหลังยัดไม่เท่ากับแบบ	ไม่สามารถประกอบต่อไปได้	3	ตั้งค่าเครื่องผิดพลาด	2	ตั้งค่าเครื่องตามคู่มือ	-	5	30
5. Check high of Caulking coil การตรวจสอบความสูงที่จุดยัด	วัดค่าผิด	เกิดของเสียที่กระบวนการถัดไป	3	พนักงานมีความสามารถในการวัดไม่พอ	3	ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม	-	5	45
6. Check Pull force of caulking Coil การตรวจสอบแรงดึงที่จุดยัด	วัดค่าผิด	เกิดของเสียที่กระบวนการถัดไป	3	พนักงานมีความสามารถในการวัดไม่พอ	3	ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม	-	5	45
7. Stretch Coil การยืดขดลวด	เส้นรอบวงของขดลวดหลังยืดไม่เท่ากับแบบ	ขดลวดแดง Red point NG	6	ไม่มีมาตรฐานในการยืดขดลวด	5	-	ตรวจสอบด้วยตา	7	210
8. Check Length and Resistor of Coil การตรวจสอบความยาว และความต้านทานของขดลวด	วัดค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าผิด	ขดลวดแดง Red point NG	6	พนักงานมีความสามารถในการวัดไม่พอ	3	ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม	-	5	90
		ค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าหลุดจากค่าที่กำหนด	4	พนักงานมีความสามารถในการวัดไม่พอ	3	ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม	-	5	60
9. Wire Coil in Heater การพันขดลวดเข้าชุดทำความร้อน	ขนาดของขดลวดหลังพันไม่เท่ากับแบบ	ขดลวดแดง Red point NG	6	พนักงานมีความสามารถในการวัดไม่พอ	3	ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม	-	5	90
			6	ไม่มีการควบคุมวิธีการพันขดลวด	5	-	ตรวจสอบด้วยตา	7	210
10. Adjust Coil การจัดตั้งขดลวด	ขนาดของขดลวดหลังจัดตั้งไม่เท่ากับแบบ	ขดลวดแดง Red point NG	6	พนักงานมีความสามารถในการจัดตั้งไม่พอ	3	ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม	-	5	90
11. Check function Coil ตรวจฟังก์ชันการทำงาน	วัดค่าผิด	ค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าหลุดจากค่าที่กำหนด	4	ค่าความต้านทานของขดลวดไม่เท่ากับค่าที่กำหนดไว้	4	ตรวจสอบค่าความต้านทานที่กระบวนการย่อย	-	3	48
				เครื่องจ่ายไฟ จ่ายไฟไม่คงที่	3	-	ยืนยันการตรวจสอบที่แผนกควบคุมคุณภาพ	4	48
	ตรวจสอบผิดพลาด	ขดลวดแดง Red point NG	6	พนักงานมีความสามารถในการตรวจสอบไม่เพียงพอ	3	ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม	-	5	90

จากตารางที่ 3.2 ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกสาเหตุที่อาจก่อให้เกิดปัญหา Red point NG ส่วนหนึ่งสามารถเลือกจากปัจจัยที่มีค่า Risk Priority Number (RPN) ที่มีค่าสูงกว่านโยบายของบริษัทคือ 100 คะแนน และอีกส่วนหนึ่งเป็นการเลือกปัจจัยที่ได้จากการทำ แผนภูมิ ก้างปลา จะเห็นว่าในกระบวนการผลิตขวดนำความร้อนนั้น มีสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา Red point NG มีดังต่อไปนี้ คือ 1. การขึ้นรูปขวดลด 2. การล้างขวดลด 3. ชนิดน้ำยาล้างขวดลด 4. การยืดขวดลด 5. การพันขวดลด จากนั้นทางผู้วิจัย จึงนำกระบวนการที่อาจส่งผลกระทบต่อปัญหา Red point NG ดังกล่าว ไปสู่การกำหนดปัจจัย และระดับของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังภาพที่ 3.12 เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบสมมุติฐานต่อไป

สรุปกระบวนการที่อาจจะมีผลกระทบต่อปัญหา Red point NG และระดับของปัจจัยที่เกี่ยวข้องตามตารางที่ 3.3 โดยจะทำการทดลองที่ละปัจจัย

ตารางที่ 3.3

สรุปปัจจัยที่เป็นไปได้ที่ส่งผลต่อ Red point NG

ลำดับที่	กระบวนการผลิต	ปัจจัยที่ส่งผลกระทบ	ระดับของปัจจัย
1	การขึ้นรูปขวดลด	โปรแกรมในการขึ้นรูปขวดลด	A: EHKN97
			B: EH7911
2	การล้างขวดลด	วิธีการล้างขวดลด	A: ล้าง
			B: ไม่ล้าง
3	การล้างขวดลด	ชนิดน้ำยาล้างขวดลด	A: IDEM01
			B: IDEM02
4	การยืดขวดลดนำความร้อน	แรงในการยืดขวดลด	A: 0.35 Kgf.
			B: 0.40 Kgf.
5	การพันขวดลดเข้าสู่ชุดทำความร้อน	วิธีการพันขวดลด	A: No mark
			B: Mark

จากตารางที่ 3.3 แสดงให้เห็นถึงปัจจัยในแต่ละกระบวนการที่ส่งผลกับปัญหา Red point NG โดยจะกล่าวถึงรายละเอียดของกระบวนการ ที่มาของปัจจัยที่ส่งผลกระทบและระดับของปัจจัยที่นำมาทำการทดสอบสมมติฐาน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการขึ้นรูปขวดลด เป็นขั้นตอนแรกของการผลิตขวดลดนำความร้อน โดยการนำลวดนำความร้อนที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงยาวมาเข้าเครื่องขึ้นรูป เพื่อให้มีลักษณะคล้ายกับสปริง โดยในขั้นตอนการตั้งค่าโปรแกรมเครื่องขึ้นรูปนั้นจะต้องตั้งค่าโปรแกรมให้ตรงกับรุ่นที่จะทำการผลิตโดยในการผลิตขวดลดของรุ่นที่เป็นกรณีศึกษานี้สามารถตั้งโปรแกรมได้ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 คือ EH7911 และแบบที่ 2 คือ EHK97 เพราะขวดลดที่ออกมาจากการตั้งโปรแกรม ทั้ง 2 แบบนี้ มีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่ยังไม่มีการทดลองถึงผลกระทบที่อาจจะมีต่อปัญหา Red point NG ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการทราบว่า การตั้งค่าโปรแกรมที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อปัญหา Red point NG หรือไม่

2. ขั้นตอนการล้างขวดลด เป็นขั้นตอนที่ต่อจากขั้นตอนการขึ้นรูปขวดลด ในขั้นตอนนี้จะเป็นการล้างคราบน้ำมันที่ติดมากับขวดลด จากขั้นตอนการขึ้นรูปขวดลด

2.1 ปัจจัยเรื่องการล้างขวดลด โดยในบางครั้งพนักงานมีการจัดส่งขวดที่ไม่ได้ผ่านขั้นตอนการล้างเข้าสู่สายการผลิต เนื่องจากขวดลดก่อนและหลังทำการล้างนั้นมีลักษณะที่ไม่แตกต่างกัน และในบางครั้งขวดลดที่ออกมาจากเครื่องขึ้นรูป ก็มีโอกาสเป็นไปได้ที่จะไม่มีน้ำมันติดมาด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการที่จะทราบว่า ขวดลดที่ถูกล้าง และไม่ถูกล้างนั้น ส่งผลต่อปัญหา Red point NG หรือไม่

2.2 ปัจจัยเรื่องชนิดของน้ำยาล้างขวดลด โดยมีน้ำยาในการล้าง 2 ชนิด คือ 1. IDEM01 และ 2. IDEM02 ก่อนหน้านี้นี้มีการใช้น้ำยาล้างขวดลดเพียงชนิดเดียว คือ IDEM01 ต่อมาได้มีการติดต่อกับทางผู้ผลิตน้ำยา เพื่อขอลดราคา ผู้ผลิตจึงได้จัดส่งน้ำยาล้างขวดลดรุ่น IDEM02 มาให้ ซึ่งเป็นชนิดที่สามารถล้างทำความสะอาดขวดลดได้เช่นเดียวกับชนิด IDEM01 แตกต่างที่สัดส่วนของส่วนผสมเป็นชนิดที่ราคาถูกกว่า ในสายการผลิตปัจจุบันมีการใช้น้ำยาล้างขวดลดที่ 2 แบบ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการทดลองถึงผลกระทบต่อปัญหา Red point NG ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการที่จะทราบว่า น้ำยาล้างขวดลดชนิด IDEM01 และ IDEM02 มีผลต่อปัญหา Red point NG หรือไม่

3. ขั้นตอนของการยืดขดลวดนำความร้อน เป็นกระบวนการยืดขดลวดนำความร้อนที่มีลักษณะเป็นขดคล้าย สปริง ยืดเพื่อให้ได้ความยาวรวมของขดลวดเท่ากับแบบซึ่งโดยปกติแล้วพนักงานจะทำการยืดด้วยมือ จึงอาจส่งผลให้เกิดปัญหา Red point NG ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำเอาวิธีการยืดโดยการควบคุมแรงมาใช้ โดยกำหนดระดับดับแรงที่จะใช้ยืด 2 ระดับ คือ 1. 0.35 Kgf. 2. 0.40 Kgf ดังนั้น วิจัยจึงต้องการที่จะทราบว่า การยืดขดลวดด้วยแรงที่แตกต่างกันนั้นมีผลต่อปัญหา Red point NG หรือไม่

4. ขั้นตอนการพันขดลวดนำความร้อนเข้าสู่ชุดทำความร้อน เป็นการพันขดลวดที่มีลักษณะคล้ายกับสปริง โดยพันเข้ากับแกนของแผ่นทนความร้อนที่ไขว้กัน ซึ่งโดยปกติแล้วพนักงานจะทำการพันโดยใช้มือ และตรวจสอบด้วยตา อาจทำให้จำนวนของขดลวดในแต่ละด้านของแกนความร้อนแตกต่างกัน จึงอาจส่งผลให้เกิดปัญหา Red point NG ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองมาร์กตำแหน่งของขดลวดก่อนทำการพัน โดยเลือกมาร์กที่จุดสัมผัสกันของขดลวดและแกนความร้อนจากนั้นจึงได้ทำการทดลองเปรียบเทียบกันระหว่างการพันแบบปกติ และการพันแบบมีมาร์กตำแหน่ง เพื่อดูว่า มีผลต่อปัญหา Red point NG หรือไม่

3.5 ผลของขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

ในส่วนของผลของขั้นตอนการวิเคราะห์ นี่จะเป็นการทดสอบสมมติฐานโดยการทดลองเปลี่ยนแปลงทีละระดับของปัจจัย ส่วนปัจจัยอื่นจะกำหนดให้อยู่ในสภาวะปัจจุบัน เพื่อที่สามารถสรุปได้ว่าในแต่ละปัจจัยดังที่กล่าวมาข้างต้นนั้นมีผลต่อปัญหา Red point NG อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยกำหนดให้ที่ความเชื่อมั่น 95%

3.5.1. ขั้นตอนการขึ้นรูปขดลวด

การทดสอบสมมติฐานของค่าสัดส่วนของปัจจัยที่มาจากขั้นตอนการขึ้นรูปขดลวด มีผลต่อปัญหา Red point NG หรือไม่ โดยการทำการเปลี่ยนแปลงโปรแกรมในการตั้งค่าเครื่องขึ้นรูปขดลวด 2 ระดับ A: EHKN97 B: EH7911 ส่วนปัจจัยอื่นกำหนดให้อยู่ในสภาวะปัจจุบัน

$$H_0: P_A = P_B$$

$$H_1: P_A \neq P_B$$

โดย P_A คือ ค่าสัดส่วน ปัญหา Red point NG ที่ระดับ A: EHKN97

P_B คือ ค่าสัดส่วน ปัญหา Red point NG ที่ระดับ B: EH7911

ในส่วนของปัญหา Red point NG ผลการวิเคราะห์ด้วย Minitab พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.825 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มาจากขั้นตอนการขึ้นรูปขดลวด ที่ระดับ A: EHKN97 และ B: EH7911 ไม่มีผลต่อ Red point NG ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังภาพที่ 3.10

Test and CI for Two Proportions: EHKN97, EH7911			
Event = 1			
Variable	X	N	Sample p
EHKN97	11	100	0.110000
EH7911	12	100	0.120000
Difference = p (EHKN97) - p (EH7911)			
Estimate for difference: -0.01			
95% CI for difference: (-0.0984159, 0.0784159)			
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = -0.22 P-Value = 0.825			

ภาพที่ 3.10 ผลจากการทดลองที่ระดับ EHKN97 และ EH7911

3.5.2. ขั้นตอนการล้างขวดลด

การทดสอบสมมติฐานของค่าสัดส่วนของปัจจัยที่มาจากขั้นตอนการล้างขวดลด มีผลต่อปัญหา Red point NG หรือไม่ โดยการทำการเปลี่ยนแปลง 2 ระดับ A: ล้าง B: ไม่ล้าง ส่วนปัจจัยอื่นกำหนดให้อยู่ในสภาวะปัจจุบัน

$$H_0: P_A = P_B$$

$$H_1: P_A \neq P_B$$

โดย P_A คือ ค่าสัดส่วน ปัญหา Red point NG ที่ระดับ A: ล้าง

P_B คือ ค่าสัดส่วน ปัญหา Red point NG ที่ระดับ B: ไม่ล้าง

ในส่วนของปัญหา Red point NG ผลการวิเคราะห์ด้วย Minitab พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.579 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มาจากขั้นตอนการล้างขวดลดที่ระดับ A: ล้าง และ B: ไม่ล้าง ไม่มีผลต่อ Red point NG ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังภาพที่ 3.11

Test and CI for Two Proportions: clean, no clean				
Event = 1				
Variable	X	N	Sample p	
clean	8	100	0.080000	
no clean	6	100	0.060000	
Difference = p (clean) - p (no clean)				
Estimate for difference: 0.02				
95% CI for difference: (-0.0506675, 0.0906675)				
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 0.55 P-Value = 0.579				

ภาพที่ 3.11 ผลจากการทดลองที่ระดับ ล้าง และ ไม่ล้าง

3.5.3. ขั้นตอนการล้างขวดลดปัจจัยเรื่องชนิดของน้ำยาล้างขวดลด

การทดสอบสมมติฐานของค่าสัดส่วนของปัจจัยที่มาจากขั้นตอนการขึ้นตอนการล้างขวดลดปัจจัยเรื่องชนิดของน้ำยาล้างขวดลด มีผลต่อปัญหา Red point NG หรือไม่ โดยการทำการเปลี่ยนแปลงชนิดของน้ำยาล้างขวดลด 2 ระดับ A: IDEM01 B: IDEM02 ส่วนปัจจัยอื่นกำหนดให้อยู่ในสภาวะปัจจุบัน

$$H_0: P_A = P_B$$

$$H_1: P_A \neq P_B$$

โดย P_A คือ ค่าสัดส่วน ปัญหา Red point NG ที่ระดับ A: IDEM01

P_B คือ ค่าสัดส่วน ปัญหา Red point NG ที่ระดับ B: IDEM02

ในส่วนของปัญหา Red point NG ผลการวิเคราะห์ด้วย Minitab พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.809 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มาจากขั้นตอนการล้างขวดลดปัจจัยเรื่องชนิดของน้ำยาล้างขวดลดที่ระดับ A: IDEM01 และ B: IDEM02 ไม่มีผลต่อ Red point NG ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังภาพที่ 3.12

Test and CI for Two Proportions: IDEM01, IDEM02			
Event = 1			
Variable	X	N	Sample p
IDEM01	10	100	0.100000
IDEM02	9	100	0.090000
Difference = p (IDEM01) - p (IDEM02)			
Estimate for difference: 0.01			
95% CI for difference: (-0.0712617, 0.0912617)			
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 0.24 P-Value = 0.809			

ภาพที่ 3.12 ผลจากการทดลองที่ระดับ IDEM01 และ IDEM02

3.5.4. ขั้นตอนการยืดหดลด

การทดสอบสมมติฐานของค่าสัดส่วนของปัจจัยที่มาจากขั้นตอนการยืดหดลด มีผลต่อปัญหา Red point NG หรือไม่ โดยการทำการเปลี่ยนแปลงแรงในการยืด 2 ระดับ A: 0.35 Kgf. B: 0.40 Kgf. ส่วนปัจจัยอื่นกำหนดให้อยู่ในสภาวะปัจจุบัน

$$H_0: P_A = P_B$$

$$H_1: P_A \neq P_B$$

โดย P_A คือ ค่าสัดส่วน ปัญหา Red point NG ที่ระดับ A: 0.35 Kgf

P_B คือ ค่าสัดส่วน ปัญหา Red point NG ที่ระดับ B: 0.40 Kgf.

ในส่วนของปัญหา Red point NG ผลการวิเคราะห์ด้วย Minitab พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.001 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มาจากขั้นตอนการยืดหดลดที่ระดับ A: 0.35 Kgf. และ B: 0.40 Kgf. มีผลต่อ Red point NG ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังภาพที่ 3.13

Test and CI for Two Proportions: 0.35 Kgf., 0.40 Kgf.			
Event = 1			
Variable	X	N	Sample p
0.35 Kgf.	2	100	0.020000
0.40 Kgf.	14	100	0.140000
Difference = p (0.35 Kgf.) - p (0.40 Kgf.)			
Estimate for difference: -0.12			
95% CI for difference: (-0.193335, -0.0466649)			
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = -3.21 P-Value = 0.001			

ภาพที่ 3.13 ผลจากการทดลองที่ระดับ 0.35 Kgf. และ 0.40 Kgf.

3.5.5. ขั้นตอนการพันขดลวด

การทดสอบสมมติฐานของค่าสัดส่วนของปัจจัยที่มาจากขั้นตอนการพันขดลวด มีผลต่อปัญหา Red point NG หรือไม่ โดยการทำการเปลี่ยนแปลง 2 ระดับ A: No mark B: Mark ส่วนปัจจัยอื่นกำหนดให้อยู่ในสภาวะปัจจุบัน

$$H_0: P_A = P_B$$

$$H_1: P_A \neq P_B$$

โดย P_A คือ ค่าสัดส่วน ปัญหา Red point NG ที่ระดับ A: No mark

P_B คือ ค่าสัดส่วน ปัญหา Red point NG ที่ระดับ B: Mark

ในส่วนของปัญหา Red point NG ผลการวิเคราะห์ด้วย Minitab พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.003 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มาจากขั้นตอนการพันขดลวดที่ระดับ A: No mark และ B: Mark มีผลต่อ Red point NG ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังภาพที่ 3.14

Test and CI for Two Proportions: No mark, Mark			
Event = 1			
Variable	X	N	Sample p
No mark	13	100	0.130000
Mark	2	100	0.020000
Difference = p (No mark) - p (Mark)			
Estimate for difference: 0.11			
95% CI for difference: (0.0386024, 0.181398)			
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 3.02 P-Value = 0.003			

ภาพที่ 3.14 ผลจากการทดลองที่ระดับ No mark และ Mark

จากการทดสอบสมมติฐาน สำหรับการทดลองทั้ง 5 ชุดการทดลอง สามารถสรุปค่า P-Value ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4

สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

ลำดับที่	ปัจจัยที่ส่งผลกระทบ	ระดับของปัจจัย	การทดสอบสมมติฐาน
			P-Value
1	การขึ้นรูปขดลวด (โปรแกรม)	A: EHKN97	0.825
		B: EH7911	
2	การล้างขดลวด	A: ล้าง	0.579
		B: ไม่ล้าง	
3	น้ำยาล้างขดลวด	A: IDEM01	0.809
		B: IDEM02	
4	การยืดขดลวด (แรงยืด)	A: 0.35 Kgf.	0.001
		B: 0.40 Kgf.	
5	การพันขดลวด	A: No mark	0.003
		B: Mark	

จากตารางที่ 3.4 สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน สามารถสรุปค่า P-Value สำหรับการทดสอบ 5 ชุดการทดลอง และจะเห็นว่า การยืดขดลวด และการพันขดลวดให้ค่า P-Value ที่ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าทั้ง 2 ปัจจัย ส่งผลกระทบต่อนิพจน์ Red point NG อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในส่วนของการขึ้นรูปขดลวด การล้างขดลวด และน้ำยาล้างขดลวดนั้น ให้ค่า P-Value สูงกว่า 0.05 ดังนั้น ทั้ง 3 ปัจจัยดังกล่าวจึงไม่ส่งผลกระทบต่อนิพจน์ Red point NG อย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95%

จากนั้นจะต้องนำปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อนิพจน์ดังกล่าว โดยเลือกเฉพาะปัจจัยที่มีความสำคัญต่อนิพจน์ Red point NG เพื่อนำไปทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) ในขั้นตอนการปรับปรุงต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากในบทที่ 3 ผู้วิจัยได้กล่าวถึงขั้นตอนของกระบวนการผลิตหวีแปรงไฟฟ้าและปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาขดลวดแดง (Red point NG) ในบทนี้จะนำเอาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาขดลวดแดง มาทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) เพื่อนำไปสู่การทดลองที่ได้ผลดีที่สุดต่อการลดปัญหาขดลวดแดงในหวีแปรงไฟฟ้า จากนั้นจึงนำผลการทดลองที่ได้กำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตดังกล่าวต่อไป

4.1 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

จากการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing) ในขั้นตอนการวิเคราะห์ พบว่าปัจจัยของการยืดขดลวดนำความร้อนที่ระดับ 0.35 Kgf. และ 0.40 Kgf. และปัจจัยการพันขดลวดนำความร้อนที่ระดับ No mark และ Mark เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปัญหาขดลวดแดงในหวีแปรงไฟฟ้า อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผู้วิจัยจึงได้นำผลที่ได้ไปออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) โดยผู้วิจัยเลือกการออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ (2^k full Factorial) จำนวนปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 2 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จำนวน 8 การทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.1

ปัจจัยและระดับของปัจจัย

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบ	ระดับของปัจจัย	
1. การยืดขดลวด (Stretching Coil)	0.35 Kgf.	0.40 Kgf.
2. การพันขดลวด (Wiring Coil)	No mark	Mark

เนื่องจากปัญหา Red Point NG หรือปัญหาขดลวดแดง ปัญหานี้เป็นข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง ดังนั้น ในแต่ละชุดการทดลอง จึงได้มีการจัดทำชิ้นงานขึ้นมา 30 ชิ้น แล้วเก็บค่าที่เป็นจำนวนงานดี โดยมีการออกแบบการทดลองและผลการทดลองดังนี้

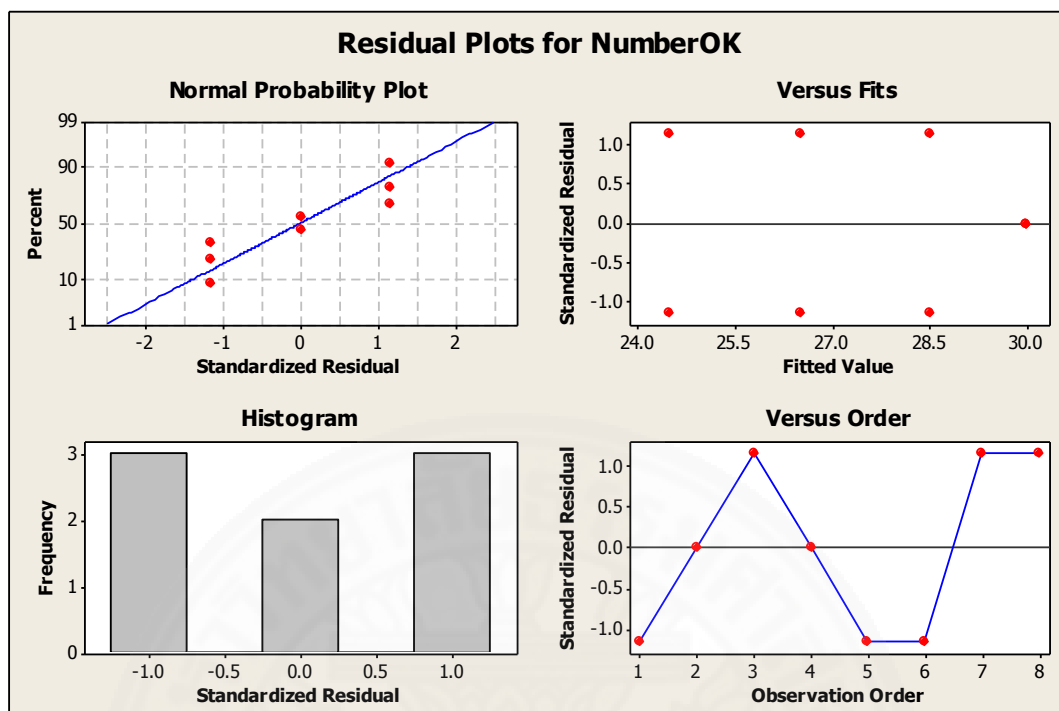
ตารางที่ 4.2

ออกแบบการทดลองและผลการทดลอง

C1	C2	C3	C4	C5-T	C6-T	C7
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Stretch_Coil	Wire_Coil	NumberOK
6	1	1	1	0.40 Kgf.	No mark	24
8	2	1	1	0.40 Kgf.	Mark	29
7	3	1	1	0.35 Kgf.	Mark	30
5	4	1	1	0.35 Kgf.	No mark	26
3	5	1	1	0.35 Kgf.	Mark	30
2	6	1	1	0.40 Kgf.	No mark	25
4	7	1	1	0.40 Kgf.	Mark	28
1	8	1	1	0.35 Kgf.	No mark	27

จากนั้นจึงนำผลที่ได้ในตารางมาทำการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Minitab โดยในช่อง C1 ถึง C4 นั้นคือ ลำดับในการทดลองของแต่ละชุดการทดลอง ช่อง C5-T (Stretch_Coil) คือ ช่องที่แสดงระดับของปัจจัยที่มาจากกรยึดขดลวดนำความร้อน มี 2 ระดับ โดยระดับที่ 1 คือ 0.35 Kgf. กล่าวคือการใช้แรงที่ 0.35 Kgf. ในการยึดขดลวดนำความร้อน และระดับที่ 2 คือ 0.40 Kgf. ซึ่งหมายถึง แรงที่ใช้ในการยึดขดลวดนำความร้อนที่ 0.40 Kgf. ส่วนในช่อง C6-T (Wire_coil) คือ ช่องที่แสดงระดับของปัจจัยที่มาจากกรพันขดลวดเข้าสู่ชุดทำความร้อนมี 2 ระดับ โดยระดับที่ 1 คือ No mark หมายถึง การพันขดลวดนำความร้อนกับแกนความร้อนโดยวิธีตามปกติ (ไม่มาร์กระบุตำแหน่งของจุดสัมผัสกันระหว่างขดลวดกับแกนความร้อน) และระดับที่ 2 คือ Mark คือ การมาร์กตำแหน่งของจุดสัมผัสระหว่างขดลวดกับแกนความร้อน และทำการพันขดลวดให้ได้ตามตำแหน่งที่มาร์กไว้

ในขั้นตอนแรกนั้นจะเป็นการตรวจสอบรูปแบบการทดลอง จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยเพื่อที่จะสามารถระบุได้ว่าข้อมูลดังกล่าวมีความถูกต้องและเหมาะสมเพียงพอต่อการวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งผลการตรวจสอบเป็นไปตามภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 Residual plots ของค่าจำนวนของดีที่ไม่เกิดปัญหาขดลวดแดง จากการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ ที่มา: Minitab Version 16

จากภาพที่ 4.1 และ 4.2 จะทำให้สรุปได้ดังนี้

การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) พบว่าค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง ทำให้ประมาณได้ว่าค่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ

การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) พบว่าการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างมีรูปแบบที่อิสระ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอนหรือไม่สามารถประมาณรูปแบบที่แน่นอนได้ แสดงให้เห็นว่าค่าส่วนตกค้างมีความเป็นอิสระต่อกัน

การตรวจสอบความเสถียรของ σ^2 (Variance Stability) ซึ่งเป็นแผนภูมิการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value พบว่า σ^2 ของค่าส่วนตกค้างในแต่ละตำแหน่งมีค่าใกล้เคียงกัน และไม่พบว่ามีรูปแบบการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างมีลักษณะเป็นแนวโน้มแต่อย่างใด

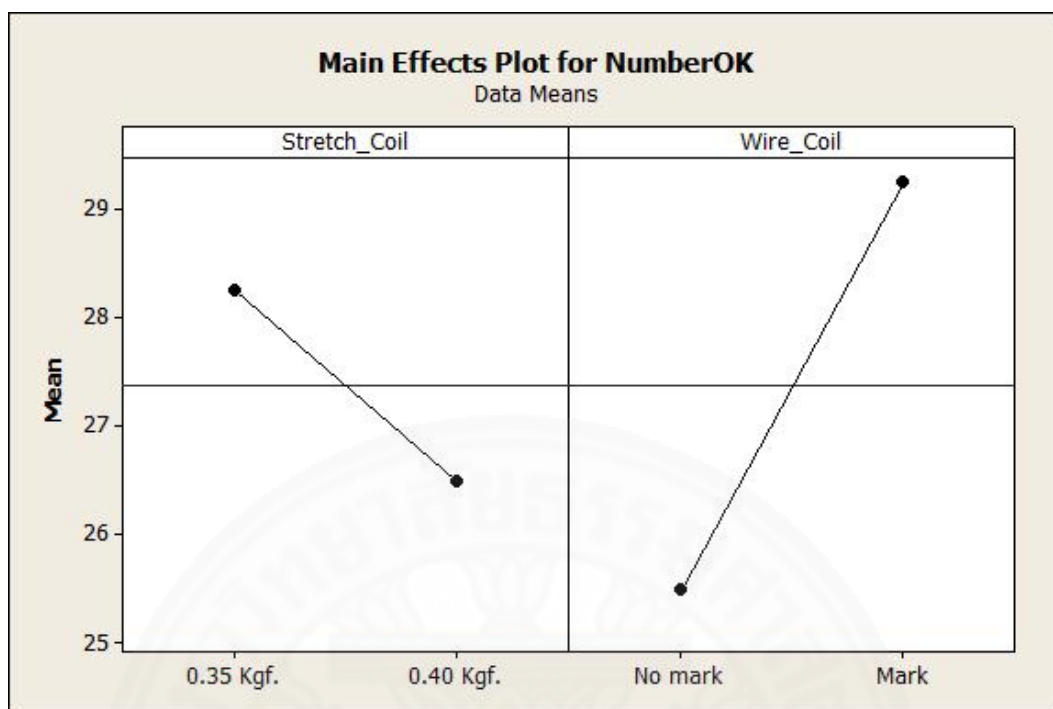
ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลของการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ (2²) มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ สามารถนำข้อมูลนี้ไปทำการวิเคราะห์ต่อไปได้

ตารางที่ 4.3

ตารางผลการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k มีผลต่อปัญหาขดลวดแดง

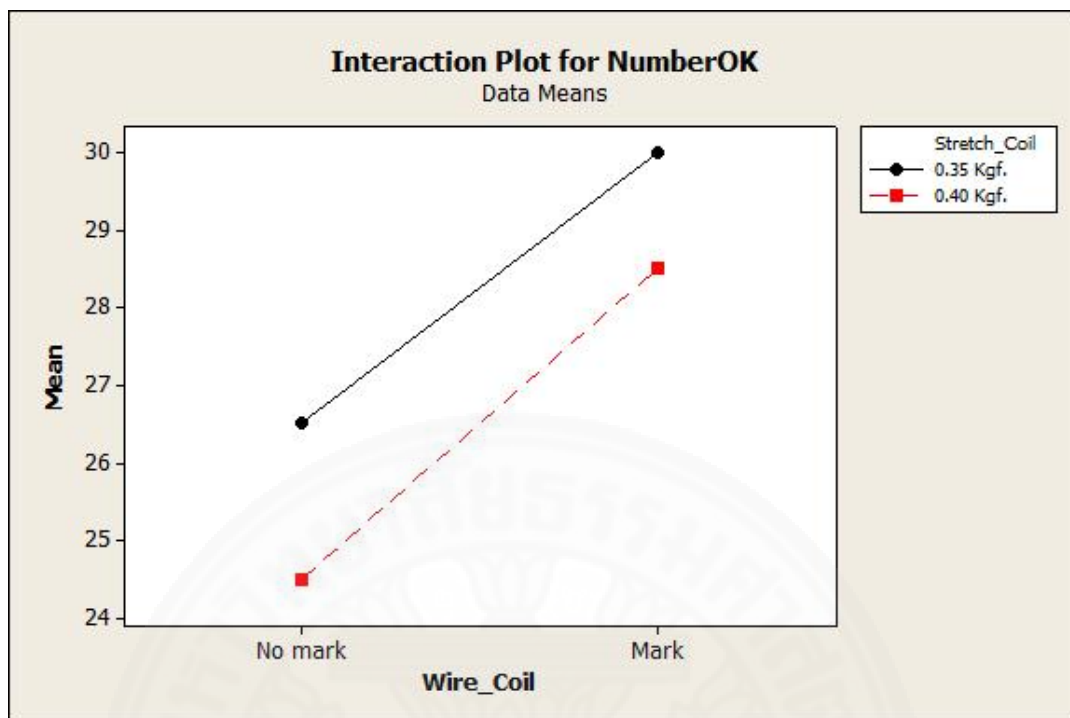
Estimated Effects and Coefficients for NumberOK (coded units)						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P	
Constant		27.3750	0.2165	126.44	0.000	
Stretch_Coil	-1.7500	-0.8750	0.2165	-4.04	0.016	
Wire_Coil	3.7500	1.8750	0.2165	8.66	0.001	
Stretch_Coil*Wire_Coil	0.2500	0.1250	0.2165	0.58	0.595	
S = 0.612372 PRESS = 6						
R-Sq = 95.82% R-Sq(pred) = 83.28% R-Sq(adj) = 92.68%						
Analysis of Variance for NumberOK (coded units)						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	34.2500	34.2500	17.1250	45.67	0.002
Stretch_Coil	1	6.1250	6.1250	6.1250	16.33	0.016
Wire_Coil	1	28.1250	28.1250	28.1250	75.00	0.001
2-Way Interactions	1	0.1250	0.1250	0.1250	0.33	0.595
Stretch_Coil*Wire_Coil	1	0.1250	0.1250	0.1250	0.33	0.595
Residual Error	4	1.5000	1.5000	0.3750		
Pure Error	4	1.5000	1.5000	0.3750		
Total	7	35.8750				

จากผลการทดลองแบบ 2^k ที่ Main Effect พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การยืดขดลวด (Stretch Coil) และการการพันขดลวด (Wire Coil) นั้น มีผลต่อปัญหาขดลวดแดง (Red point NG) เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ในขณะที่ 2-Way Interaction มีค่า P-Value 0.595 ซึ่งมากกว่า ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั้นหมายความว่า ปัจจัยที่ 2 ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน จากนั้นจึงทำการพล็อตกราฟเพื่อยืนยันผลของการทดลองจากตารางข้างต้น



ภาพที่ 4.2 ผลกระทบจากปัจจัยหลักแต่ละปัจจัย (Main effect plot)

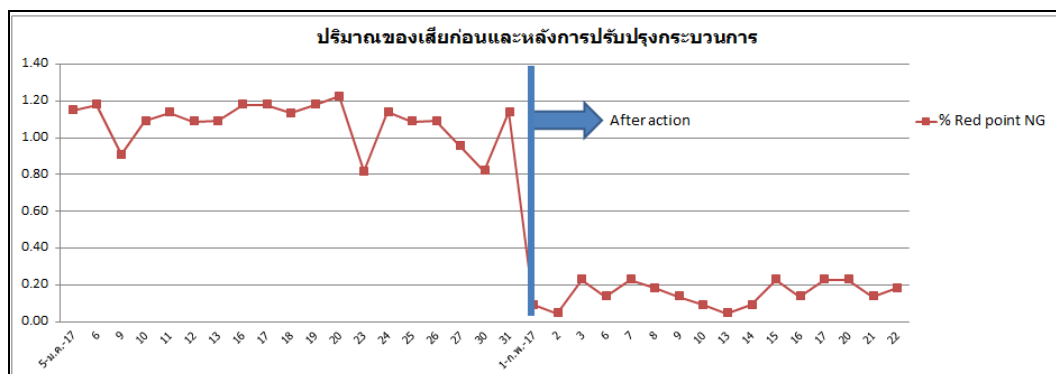
จากผลการทดลองบอกได้ว่าปัจจัยที่มาจาก การพันขดลวดแบบ Mark และปัจจัยการยืดขดลวด ที่ 0.35 Kgf. มีอิทธิพลต่อปัญหา Red Point NG โดยผลที่ได้ แสดงให้เห็นว่า ที่ระดับดังกล่าว ทำให้เกิดชิ้นงานของดีสูงกว่าปัจจัยที่มาจาก การพันขดลวดแบบ No mark และปัจจัยการยืดขดลวด ที่ระดับ 0.40 Kgf. จากนั้นทำการพล็อตกราฟเพื่อดูผลว่าทั้งสองปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกันหรือไม่



ภาพที่ 4.3 ผลกระทบร่วมกันจากปัจจัยทั้งสองปัจจัย (Interaction plot)

จากผลการทดลองสามารถบ่งชี้ได้ว่า ปัจจัยที่มาจาก การพันขดลวด และปัจจัยการยืดขดลวด ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (Interaction effect) ต่อปัญหา Red Point NG โดยสามารถดูได้จากเส้นที่มีความชันเกือบจะขนานกัน

จากนั้นจึงได้ทำการทดลองในสายการผลิตโดยใช้ปัจจัยที่มาจาก การยืดขดลวด ที่ 0.35 Kgf. และปัจจัยการพันขดลวดแบบ Mark เป็นเวลา 16 วัน โดยเริ่มทำการปรับปรุง ณ วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2560 ผลที่ได้เป็นดังภาพที่ 4.3



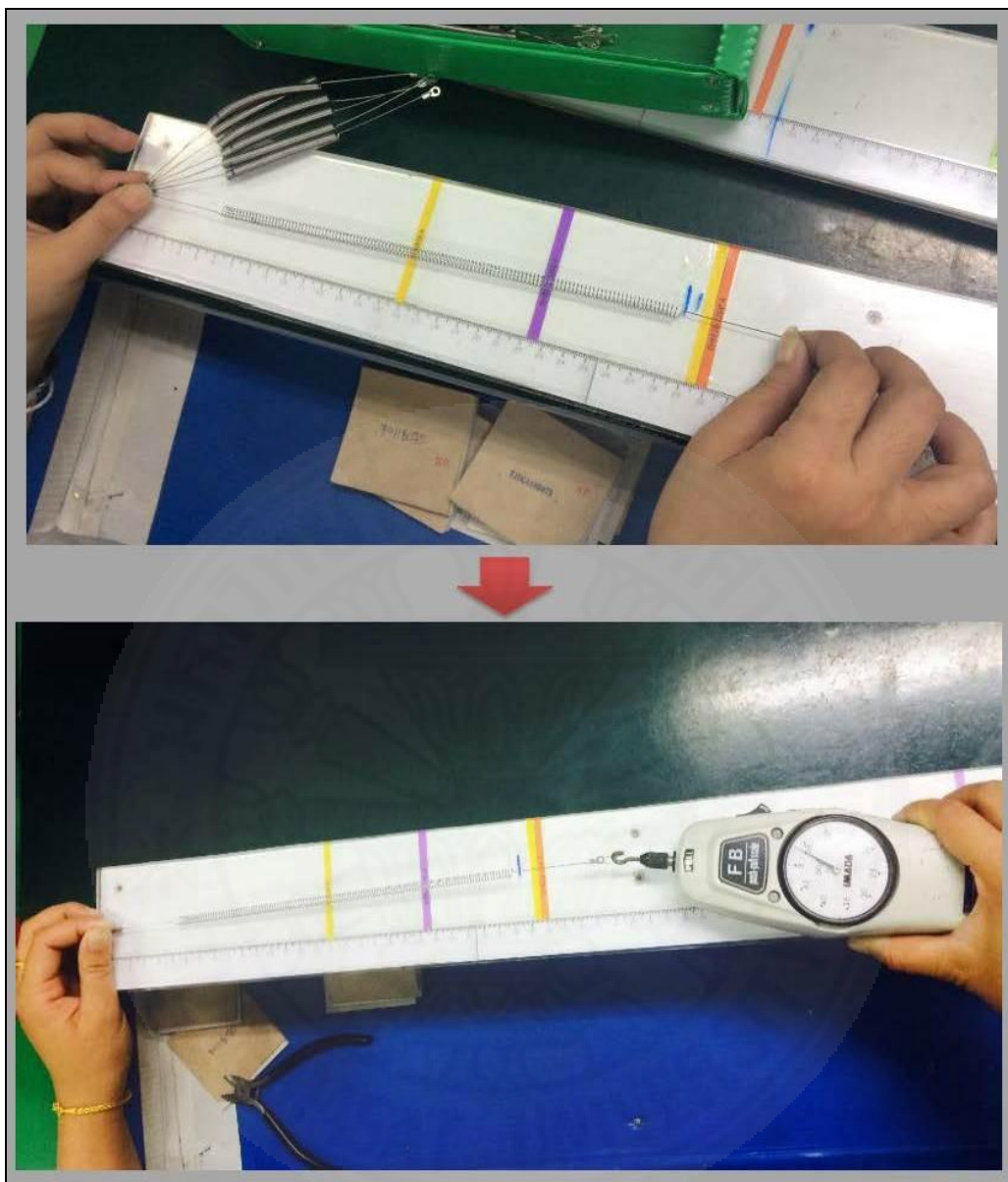
ภาพที่ 4.4 กราฟข้อมูลการผลิตและของเสีย (Red point NG) ก่อนและหลังการปรับปรุง

จากปัจจัยที่มาจากกรดยืดขวดโดยใช้แรงที่ใช้ในการยืดขวดนำความร้อนที่ 0.35 Kgf. และทำการมาร์กตำแหน่งของจุดสัมผัสระหว่างขวดกับแกนความร้อน เพื่อทำการพันขวดให้ได้ตามตำแหน่งที่มาร์กไว้ แสดงให้เห็นว่า หลังจากทำการปรับปรุงแล้ว ปริมาณของเสีย (Red point NG) ลดลงจากร้อยละ 1.08 เหลือ ร้อยละ 0.15

จากนั้นผู้วิจัยและทีมงานที่เกี่ยวข้องได้เริ่มทำการควบคุมกระบวนการผลิตหิวแปรงไฟฟ้า เพื่อที่จะคงสภาพของปัญหาขวดแดง (Red point NG) ให้อยู่ในระดับต่ำกว่าเป้าหมายที่บริษัทการศึกษาได้กำหนดไว้ที่ร้อยละ 3.00 โดยเริ่มทำการบันทึกผลการควบคุม โดยจะแสดงไว้ในขั้นตอนการควบคุม (Control phase)

4.2 ขั้นตอนการควบคุม (Control phase)

เมื่อทราบถึงระดับของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา Red point NG แล้วนั้นเพื่อที่จะคงสภาพของปัญหาขวดแดง (Red point NG) ให้อยู่ในระดับต่ำกว่าเป้าหมาย จึงได้ทำการกำหนดเป็นมาตรฐานในคู่มือการทำงานของพนักงาน และควบคุมค่าพารามิเตอร์ของปัจจัยการยืดขวดที่ 0.35 ± 0.05 Kgf. โดยเริ่มทำการควบคุมตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2560

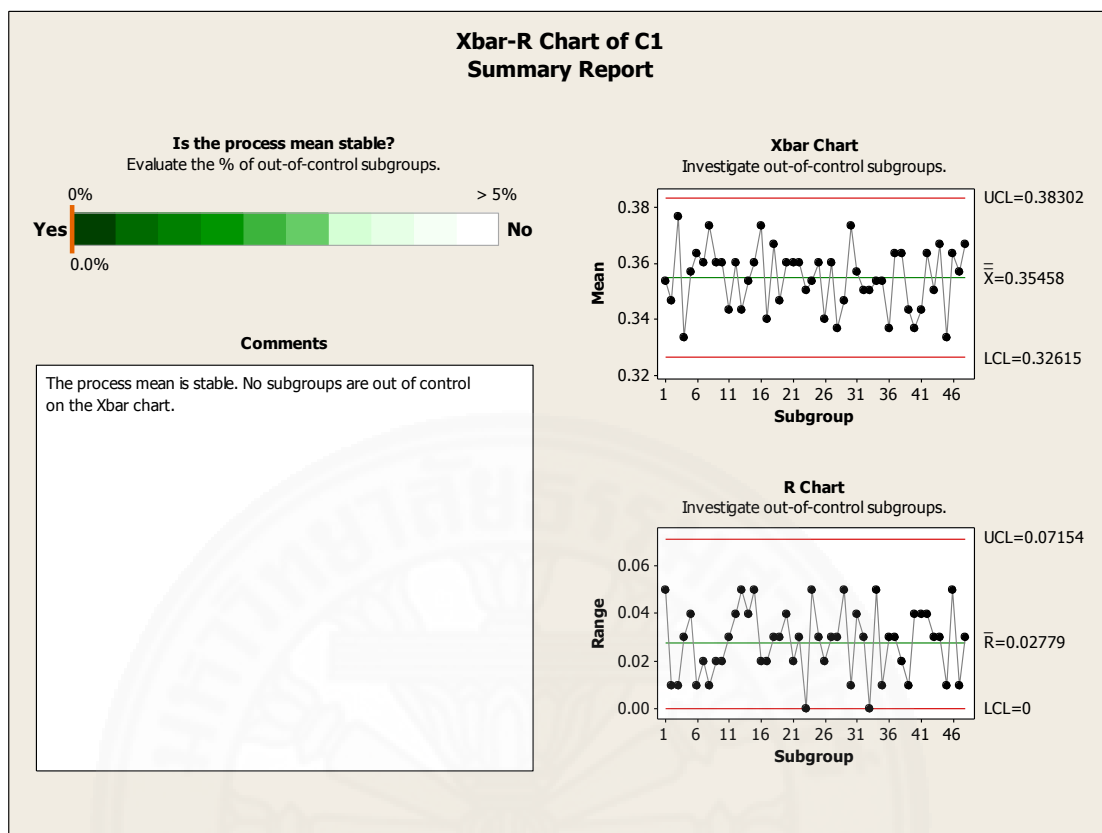


ภาพที่ 4.5 วิธีการควบคุมแรงที่ในการยืดหลอดที่ 0.35 Kgf.

MODEL / PART NAME EHKE18B073 HEATER COIL A ASS'Y		INSTRUCTION NO. 09-7502-HCA-003-A	PROCESS NAME การขึ้น Heater Coil A Assy	OPERATION INSTRUCTION	EFFECTIVE DATE 1 June 2016	APPROVE (SG) Assembly: ผู้จัดทำ POC: ผู้จัดทำ	CHECK (SG) Assembly: ผู้จัดทำ POC: ผู้จัดทำ	PREPARE (SG) Assembly: ผู้จัดทำ POC: ผู้จัดทำ
Working Process				Control Item	L. FFE			
1. RT750109 ☐ Master Dummy ☐ Difference Chart ☐ Part Sample 2. RT700010 Machine, Jig & Tool สำหรับงาน Equipment Check Sheet 3. RT700009 คู่มือการปฏิบัติงานสำหรับงาน				2. BGS & TOOLS 1. อุปกรณ์ Heater Coil Assy EHKE18 A (HW.)				
3. ตรวจสอบชิ้นงานก่อนประกอบ ชื่อ Model : EHKE18B073 Label : RT750109 รูปที่ 1				1 Box (100 Pcs / Box) รูปที่ 2		1. RT700010 Terminal Cables RJ45/2502-04 ที่มีความยาว 3 ชุด ดังรูป รูปที่ 4		3. PARTS / PARTS PACKING Quantity Quality Record Person In charge Worker
1. ติดพลาสม่า Terminal ด้วย L = 44 mm. ไม่เกิน 1 มม. ดังรูปที่ 5 2. ติดชิ้นบน Terminal ด้วย Heater Coil L = 50 mm. ไม่เกิน 1 มม. ดังรูปที่ 6				3. ติดจาวยึดที่ 100 ดังรูปที่ 7 4. ติดจาวยึดที่ 100 ด้วย L = 100 x 3.0 mm. (97 ~ 103 mm.) ดังรูปที่ 11, รูปที่ 12		4. SAMPLING MEASUREMENT Quality Record Person In charge		
รูปที่ 5 รูปที่ 6 รูปที่ 7 รูปที่ 8 รูปที่ 9 รูปที่ 10 รูปที่ 11 รูปที่ 12				รูปที่ 13 รูปที่ 14 รูปที่ 15 รูปที่ 16		5. ตรวจสอบงานก่อนขึ้น 1. ติดพลาสม่า Heater Coil ด้วยความยาว 14 2. ติดพลาสม่า Heater Coil ด้วยความยาว 115 3. ติดพลาสม่า Heater Coil ด้วยความยาว 115 4. ติดพลาสม่า Heater Coil ด้วยความยาว 115		
5. ตรวจสอบงานก่อนขึ้น 1. ติดพลาสม่า Heater Coil ด้วยความยาว 14 2. ติดพลาสม่า Heater Coil ด้วยความยาว 115 3. ติดพลาสม่า Heater Coil ด้วยความยาว 115 4. ติดพลาสม่า Heater Coil ด้วยความยาว 115				6. ตรวจสอบงานก่อนขึ้น 1. ติดพลาสม่า Heater Coil ด้วยความยาว 14 2. ติดพลาสม่า Heater Coil ด้วยความยาว 115 3. ติดพลาสม่า Heater Coil ด้วยความยาว 115 4. ติดพลาสม่า Heater Coil ด้วยความยาว 115				

ภาพที่ 4.6 เอกสารคู่มือการทำงานของพนักงาน

จากภาพที่ 4.5 และ 4.6 เป็นวิธีการควบคุมขั้นตอนการยึดขดลวด และเอกสารที่แสดงขั้นตอนการยึดขดลวดในผลิตภัณฑ์หัวแปลงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18 โดยตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2560 ได้มีการสุ่มเก็บค่าแรงที่ใช้ในการยึดขดลวด 3 รอบใน 1 วัน โดยแบ่งเป็นรอบเช้า รอบกลางวัน และรอบเย็น โดยมีการเก็บจำนวน 3 ข้อมูลในแต่ละรอบ



ภาพที่ 4.7 ผลจากการทำแผนภูมิควบคุม

จากภาพที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าการควบคุมค่าพารามิเตอร์อยู่ในสถานะที่เป็นปกติ และเป็นการยืนยันว่าในกระบวนการผลิตหัวแปลงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18 นั้นมีการลดลงของปัญหา Red point NG หลังจากที่ทำกรปรับปรุงและควบคุมกระบวนการ ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2560 จากภาพที่ 4.4

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) หลังการปรับปรุงกระบวนการโดยประเมินในหัวข้อ Det หรือความสามารถในการควบคุมข้อบกพร่องดังในตารางที่ 4.4

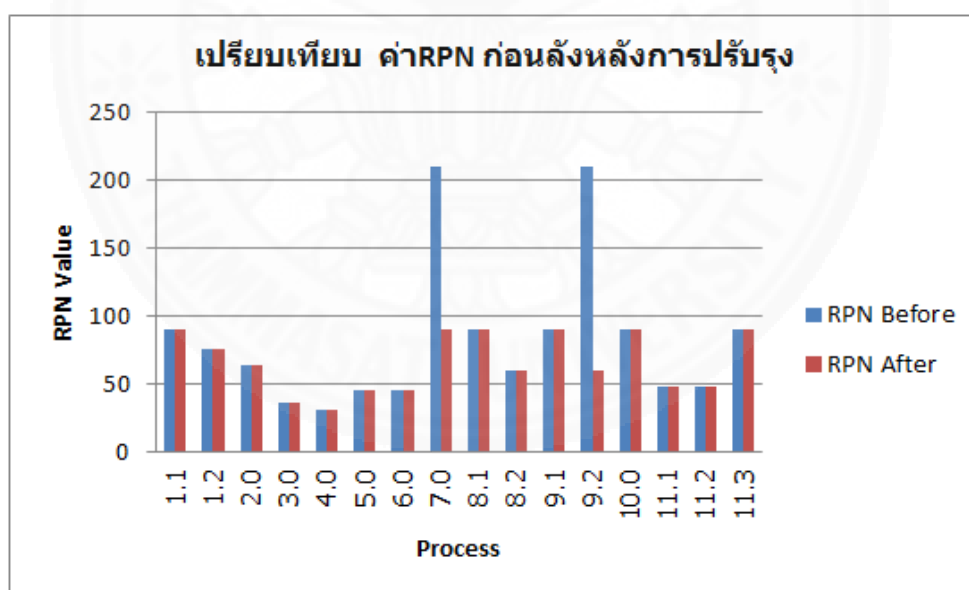
ตารางที่ 4.4

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

กระบวนการ	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	VSR	สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง	OCC	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน		DET	RPN
						ป้องกัน	ตรวจจับ		
1. Forming Coil การขึ้นรูปขดลวด	เส้นรอบวงไม่เท่ากับแบบ	ขดลวดแดง Red point NG	6	ตั้งค่าเครื่องผิดพลาด	3	ตั้งค่าเครื่องตามคู่มือ	-	5	90
		อุณหภูมิไม่คงที่	5	ตั้งค่าเครื่องผิดพลาด	3	ตั้งค่าเครื่องตามคู่มือ	-	5	75
2. Clean Coil การทำความสะอาดขดลวด	ยังมีน้ำมันติดอยู่ที่ขดลวด	เกิดควันเวลาเปิดเครื่อง	4	เอาขดลวดออกจากเครื่องก่อนเวลาที่กำหนด	4	กำหนดเวลาตามคู่มือ	-	4	64
3. Cutting Coil การตัดขดลวด	ความยาวของขดลวดไม่เท่ากับแบบ	ไม่สามารถประกอบต่อไปได้	3	เครื่องมือควบคุมระยะตัดหลวม	4	กำหนดเวลาเปลี่ยนเครื่องมือ	ตรวจสอบเครื่องมือทุกเช้า	3	36
4. Caulking Coil การยัดขดลวด	แรงดึงหลังยัดไม่เท่ากับแบบ	ไม่สามารถประกอบต่อไปได้	3	ตั้งค่าเครื่องผิดพลาด	2	ตั้งค่าเครื่องตามคู่มือ	-	5	30
5. Check high of Caulking coil การตรวจสอบความสูงที่จุดยัด	วัดค่าผิด	เกิดของเสียที่กระบวนการถัดไป	3	พนักงานมีความสามารถในการวัดไม่พอ	3	ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม	-	5	45
6. Check Pull force of caulking Coil การตรวจสอบแรงดึงที่จุดยัด	วัดค่าผิด	เกิดของเสียที่กระบวนการถัดไป	3	พนักงานมีความสามารถในการวัดไม่พอ	3	ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม	-	5	45
7. Stretch Coil การยืดขดลวด	เส้นรอบวงของขดลวดหลังยืดไม่เท่ากับแบบ	ขดลวดแดง Red point NG	6	ไม่มีมาตรฐานในการยืดขดลวด	5	กำหนดมาตรฐานในการยืด	ตรวจสอบด้วยตา	7	90
8. Check Length and Resistor of Coil การตรวจสอบความยาว และความต้านทานของขดลวด	วัดค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าผิด	ขดลวดแดง Red point NG	6	พนักงานมีความสามารถในการวัดไม่พอ	3	ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม	-	5	90
		ค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าหลุดจากค่าที่กำหนด	4	พนักงานมีความสามารถในการวัดไม่พอ	3	ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม	-	5	60
9. Wire Coil in Heater การพันขดลวดเข้าชุดทำความร้อน	ขนาดของขดลวดหลังพันไม่เท่ากับแบบ	ขดลวดแดง Red point NG	6	พนักงานมีความสามารถในการวัดไม่พอ	3	ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม	-	5	90
				ไม่มีการควบคุมวิธีการพันขดลวด	5	กำหนดตำแหน่งในการพันขดลวด	ตรวจสอบด้วยตา	7	60
10. Adjust Coil การจัดแต่งขดลวด	ขนาดของขดลวดหลังจัดแต่งไม่เท่ากับแบบ	ขดลวดแดง Red point NG	6	พนักงานมีความสามารถในการจัดแต่งไม่พอ	3	ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม	-	5	90
11. Check function Coil ตรวจฟังก์ชันการทำงาน	วัดค่าผิด	ค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าหลุดจากค่าที่กำหนด	4	ค่าความต้านทานของขดลวดไม่เท่ากับค่าที่กำหนดไว้	4	ตรวจสอบค่าความต้านทานที่กระบวนการย่อย	-	3	48
				เครื่องจ่ายไฟ จ่ายไฟไม่คงที่	3	-	ยืนยันการตรวจสอบที่แผนกควบคุมคุณภาพ	4	48
	ตรวจสอบผิดพลาด	ขดลวดแดง Red point NG	6	พนักงานมีความสามารถในการตรวจสอบไม่เพียงพอ	3	ใช้พนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม	-	5	90

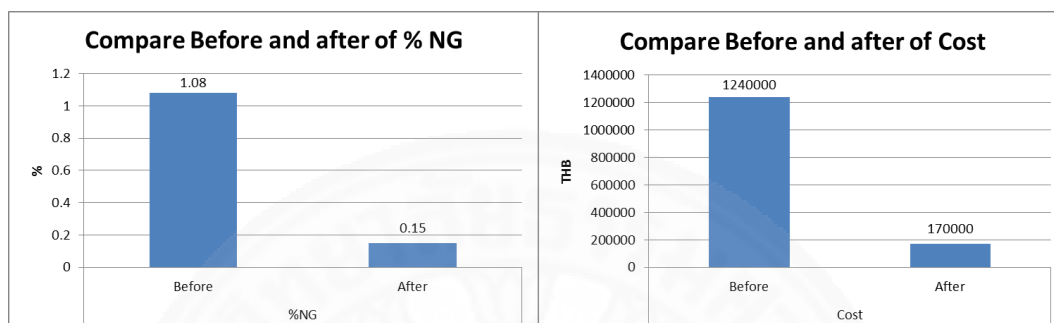
จากตารางที่ 4.4 ผู้วิจัยได้ทำการประเมินในหัวข้อของการควบคุมกระบวนการปัจจุบัน (Det) หรือความสามารถในการควบคุมข้อบกพร่องหลังการปรับปรุงกระบวนการ โดยจะเห็นว่า ในขั้นตอนของการยืดหดลอนั้นเดิมไม่มีมาตรฐานในการยืดจึงให้คะแนนในหัวข้อควบคุมข้อบกพร่องที่ 7 คะแนน และได้คะแนน RPN 210 คะแนน และเมื่อทำการแก้ไขปัญาโดยการกำหนดค่าแรงที่ใช้ในการยืดหดลอนำความร้อนที่ 0.35 Kgf. ทำให้คะแนนในหัวข้อของการควบคุมข้อบกพร่องหลังการปรับปรุงกระบวนการลดลงเหลือ 3 และที่ให้ คะแนน RPN ลดลงเช่นกัน เหลือเพียง 90 เท่านั้น

ในส่วนของการกระบวนการพันหดลอนั้น เดิมมีการควบคุมโดยใช้แค่เพียงตาดูเท่านั้น ว่าตำแหน่งของหดลอนตรงกับตำแหน่งของแกนความร้อนแล้ว คะแนนในหัวข้อของการควบคุมกระบวนการปัจจุบัน (Det) จึงมีคะแนนเท่ากับ 7 คะแนน และส่งผลทำให้ค่า RPN สูงถึง 210 คะแนน แต่เมื่อทำการปรับปรุงกระบวนการโดยการกำหนดตำแหน่ง (Mark) ที่หดลอน ทำให้หดลอนอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องหลังจากที่พนักงานทำการพันหดลอนเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำให้คะแนนในหัวข้อของการควบคุมกระบวนการปัจจุบัน(Det) ลดลงจาก 7 คะแนน เหลือ 2 คะแนน และคะแนน RPN จึงลดลงจาก 210 คะแนน เหลือเพียง 60 คะแนน โดยสามารถสรุปเป็นกราฟได้ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.8 เปรียบค่า RPN ของแต่ละขั้นตอนของการทำงาน

จากภาพที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนดังกล่าว มีค่า RPN ที่ลดลง และทำให้ค่าใช้จ่ายจากการเกิดของเสียลดลง โดยในการเกิดของเสีย 1 ชิ้นนั้นจะมีค่าใช้จ่ายโดยประมาณ 200 บาทต่อชิ้น ทำให้สามารถประมาณค่าใช้จ่ายที่จะลดลงในอนาคตได้ โดยประมาณ 1,070,000 บาทต่อปี ดังแสดงในภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 เปรียบผลลัพธ์ของก่อนและหลังการปรับปรุง

4.3 สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยมุ่งเน้นที่การหาสาเหตุและแก้ไขปัญหาย่างเหมาะสม และยั่งยืน จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในบริษัทกรณีศึกษาพบว่า ปัญหาที่พบมากและก่อให้เกิดความเสียหายมากที่สุดคือปัญหาขดลวดแดง (Red point NG) จากนั้นผู้วิจัยและทีมงานจึงได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยการทำแผนภูมิแก๊งปลา (แผนภาพแสดงสาเหตุและผล) และทำการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการผลิต จากนั้นนำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหามาทำการทดสอบสมมติฐานด้วย Hypothesis testing จนทำให้ค้นพบปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อปัญหาขดลวดแดง (Red point NG) นั่นคือ ขั้นตอนการยืดขดลวด (ที่ระดับการยืดขดลวดด้วยแรง 0.35 Kgf. และ 0.40 Kgf.) และวิธีการพันขดลวดเข้าสู่แกนความร้อน (แบบมาร์กขดลวดและไม่มาร์กขดลวด) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อทราบถึงปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาขดลวดแดง (Red point NG) แล้ว ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อเป็นการยืนยันผลปัจจัยหลักทั้งสองปัจจัย โดยเลือกการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2k ซึ่งผลจากการทดลอง

พบว่าการยืดขวดด้วยแรง 0.35 Kgf. และการพันขวดแบบมาร์กขวด เป็นปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ปัญหาขวดแดงมีปริมาณที่ลดลง จากนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อที่จะคงสภาพปัญหาขวดแดงให้อยู่ในระดับต่ำกว่าเป้าหมายของที่บริษัทกรณีศึกษาโดยการกำหนดในคู่มือการทำงานของพนักงาน และควบคุมค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวให้อยู่ในระดับของการควบคุม

โดยหลังจากที่ทำการปรับปรุงแล้ว ปริมาณของเสีย (Red point NG) ลดลงจากร้อยละ 1.08 เหลือ ร้อยละ 0.15 และสามารถคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ลดลงได้ จาก 1,240,000 บาท เหลือ 170,000 บาท



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้หลักของขั้นตอนของซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC) เครื่องมือควบคุมคุณภาพมาช่วยในการลดปัญหาขดลวดแดง ซึ่งเป็นของเสียที่ส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือในการใช้งานผลิตภัณฑ์ของลูกค้า โดยได้เก็บข้อมูลการเกิดปัญหาขดลวดแดงตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2559 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน 2559 และได้ดำเนินการตามหลักการของ ซิกซ์ ซิกม่า 5 ขั้นตอน โดยสามารถสรุปผลการดำเนินงาน ของแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1.1 การกำหนดปัญหา (Define Phase)

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านประเภทอุปกรณ์เสริมความงาม ในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษา มีการสรุปข้อมูลข้อเสียรวมทุกผลิตภัณฑ์ แล้วพบว่าปริมาณของเสียมีปริมาณเกินกว่าข้อกำหนด ผู้วิจัยจึงได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเริ่มจากข้อมูลของเสียแต่ละกลุ่มของผลิตภัณฑ์จากทั้งหมด 6 กลุ่มของผลิตภัณฑ์และทำการกราฟพาเรโต ทำให้ค้นพบว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์หวีแปรงไฟฟ้ามีปริมาณของเสียที่มากที่สุด ถึงร้อยละ 94.18 จากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลของเสียของในแต่ละรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์หวีแปรงไฟฟ้า และทำการกราฟพาเรโตอีกครั้ง พบว่า ผลิตภัณฑ์รุ่น EH-KE18 มีปริมาณของเสียเยอะเป็นอันดับหนึ่ง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 40.38 จากปริมาณของเสีย ของทุกรุ่นผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงได้ทำการกราฟพาเรโตอีกครั้ง โดยครั้งนี้ใช้ข้อมูลของแต่ละประเภทของของเสียที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์รุ่น EH-KE18 โดยพบว่า ปัญหาที่พบมากถึงร้อยละ 88.9 คือ ปัญหาขดลวดแดง จากนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาขดลวดแดงในผลิตภัณฑ์หวีแปรงไฟฟ้า รุ่น EH-KE18 ขั้นตอนต่อไป

5.1.2 การวัด (Measure Phase)

เพื่อความน่าเชื่อถือของเครื่องมือวัด ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือ การวิเคราะห์กระบวนการวัดซ้ำ (Gage Repeatability & Reproducibility: GR&R) ในการวิเคราะห์ระบบการตรวจวัด โดยผลจากการทำ GR&R จากภาพ 3.8 แสดงกราฟ Reproducibility ที่บ่งบอกว่าพนักงานทั้ง 3 คน สามารถวัดชิ้นงานได้ในระดับเดียวกัน และนอกจากนี้ค่าเปอร์เซ็นต์ของ Process performance ที่มีค่าเท่ากับ 0% โดยตามกฎแล้วหากน้อยกว่า 10%จะสามารถยอมรับได้ แสดงให้

เห็นว่าพนักงานทั้ง 3 คน มีความสามารถและความน่าเชื่อถือในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่เกิดปัญหา Red point NG ได้ ซึ่งความน่าเชื่อถือดังกล่าว จึงเป็นสิ่งที่สำคัญในขั้นตอนของการวิเคราะห์ เพราะในขั้นตอนของการวิเคราะห์นั้นจะต้องมีการทดลองของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหา Red point NG การตรวจสอบที่ถูกต้องแม่นยำนั้นจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง

5.1.3 การวิเคราะห์และการปรับปรุง (Analyze and Improve)

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้เริ่มจากการใช้แผนภาพที่อธิบายกระบวนการผลิต (Process flow) เพื่อให้เข้าใจในขั้นตอนของการผลิตชิ้นงาน จากนั้นทำการระดมความคิดเพื่อสร้างแผนภาพก้างปลา (Fishbone Diagram) และวิเคราะห์ความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต (Failure Mode and Effect Diagram Analysis) ขึ้นต่อมา คือ การหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและทำการทดสอบสมมติฐานที่ละปัจจัย ได้ผลสรุปว่าปัจจัยในการยืดหดลวด และปัจจัยในการพันขดลวด เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาขดลวดแดง และผลดังกล่าวนำไปสู่การออกแบบการทดลองที่แต่ละระดับของปัจจัย โดยผลจากการออกแบบการทดลองพบว่า ปัจจัยในการยืดหดลวดที่ระดับ 0.35 Kgf. และปัจจัยในการพันขดลวดแบบ Mark เป็นระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด และจากการนำผลจากการออกแบบการทดลองมาประยุกต์ใช้ในการบวนการผลิต พบว่าปัญหาขดลวดแดงลดลงจากร้อยละ 1.08 เหลือ ร้อยละ 0.15

5.1.4 การควบคุม (Control Phase)

จากผลในขั้นตอนของการปรับปรุงกระบวนการจะเห็นได้ว่าปัญหาขดลวดแดงมีปริมาณลดลง ดังนั้นจึงได้มีการควบคุมกระบวนการผลิตในส่วนของปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาดังกล่าวคือการกำหนดปัจจัยการยืดหดลวดที่ระดับ 0.35 Kgf. และปัจจัยการพันขดลวดที่ระดับ Mark โดยเพิ่มในคู่มือการทำงาน และทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาสร้างเป็นแผนภูมิควบคุม เพื่อนำไปสร้างเป็นเส้นควบคุมในกระบวนการผลิตจริงของผลิตภัณฑ์หัวแปรงไฟฟ้ารุ่น EH-KE18 ในปัจจัยของการยืดหดลวดที่ 0.35 ± 0.05 Kgf.

5.1.5 การติดตามผล

การติดตามผลหลังการปรับปรุง ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ถึงเดือน มีนาคม พ.ศ. 2560 มีการเก็บข้อมูลและพบว่าปัญหาขดลวดแดง อยู่ในระดับที่ไม่เกินจากเป้าหมายที่ตั้งไว้

โดยเป้าหมายที่ตั้งไว้คือปริมาณของเสียต้องไม่เกินร้อยละ 3 และหลังการปรับปรุงมีปริมาณของเสียอยู่ที่ร้อยละ 0.15

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การค้นคว้าอิสระนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา และวิจัยเพื่อนำไปสู่การลดลงของปริมาณของเสียในการบวนการผลิตด้วยการประยุกต์ใช้วิธี DMAIC ซึ่งทำให้ปัญหาขดลวดแดงในผลิตภัณฑ์หัวแปลงไฟฟ้ารุ่น EH-KA18 ลดลงได้ตามวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. พบปัญหาในการเริ่มต้นงานวิจัย โดยยังไม่สามารถวางแผนและลำดับขั้นตอนของการดำเนินงานได้ แก้ไขโดยทำการศึกษาค้นคว้าจากงานวิจัยที่มีขั้นตอนการดำเนินงานแบบ DMAIC ตลอดจนได้มีการปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาตลอดระยะเวลาของการทำงานวิจัยนี้
2. พบปัญหาในขั้นตอนของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยไม่สามารถยืนยันได้ว่าเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบนั้นถูกต้องหรือไม่ แก้ไขโดยศึกษาเทคนิค GR&G และได้ทำการทดลองและดำเนินการใช้ GR&R ในยืนยันขั้นตอนการตรวจวัด
3. พบปัญหาในการค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาขดลวดแดง ซึ่งมีหลายปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อปัญหาดังกล่าว และไม่สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยใดมีผลต่อปัญหาขดลวดแดง แก้ไขโดยศึกษาเทคนิคที่เรียกว่า OFET คือ การทดลองในทีละปัจจัยโดยปัจจัยอื่นจำถูกกำหนดให้อยู่ในระดับปกติ
4. พบปัญหาในการค้นหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม แก้ไขใช้วิธีการออกแบบการทดลอง Design of Experiment; DOE) ที่ 2 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ หรือ 2^k โดยผลจากการออกแบบการทดลองทำให้ทราบถึงระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

การค้นคว้าอิสระนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาเพื่อนำไปสู่การลดลงของการเกิดของเสียในผลิตภัณฑ์หัวแปลงไฟฟ้า รุ่น EH-KE18 ด้วยการประยุกต์ใช้วิธี DMAIC และพบว่า สามารถลดปริมาณการเกิดของเสียขดลวดแดงได้ตามวัตถุประสงค์ ที่ตั้งไว้โดยจะต้องทำการควบคุมค่าแรงดึงในกระบวนการของการยืดขดลวดที่ 0.35 ± 0.05 Kgf.

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550, หลักการควบคุมคุณภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 1, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, หน้า 337-363, 417-533.
- ปารเมศ ชูติมา, 2543, การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ทศพล เกียรติเจริญผล. 2553. กลยุทธ์เพื่อการเพิ่มผลผลิตเชิงวิศวกรรม. กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์แดเน็กซ์อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น จำกัด
- ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา. 2551. การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์ที่อป จำกัด

วิทยานิพนธ์

- อดิศักดิ์ มณีรัตน์. (2557). การปรับปรุงกระบวนการผลิต ด้วยขั้นตอน DMAIC กับกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- ชานู สุดตาชาติ. (2557). การปรับปรุงเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตสปินเดิลมอเตอร์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- ณิภาดา โนนพลกรัง. (2556). การลดของเสียในกระบวนการผลิตแอมเปอร์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- อรพรรณ แหยมประสงค์. (2557). การประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อการลดของเสียในกระบวนการผลิตตัวกรองสัญญาณรบกวน. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

- มนตรี ลีลาวิชิตชัย. (สิงหาคม 2559). จาก P-D-C-A เป็น D-M-A-I-C. เข้าถึงได้จาก <https://www.gotoknow.org/posts/1496>

วันเฉลิม วรรณสถิต. (สิงหาคม 2559). เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools)., เข้าถึงได้จาก

<http://econs.co.th/index.php/2016/07/29/7-qc-tools/>

วิทย์รญา กวินรวีบริรักษ์. (สิงหาคม 2559). วิธีทำแผนภูมิแก้างปลา(FISH-BONE DIAGRAM). เข้าถึงได้

จาก <http://www.ophconsultant.com/blog/viewtopic.php?id=55>

Rick Sloop. (สิงหาคม 2559). Understand Gage R&R. เข้าถึงได้จาก

<http://www.qualitymag.com/articles/86819-understand-gage-r-r>

Bruno Scibilia. (สิงหาคม 2559). Why Is It Always Better to Perform a Design of

Experiments (DOE) Rather than Change One Factor at a Time?. เข้าถึง

ได้จาก [http://blog.minitab.com/blog/applying-statistics-in-quality-](http://blog.minitab.com/blog/applying-statistics-in-quality-projects/why-is-it-always-better-to-perform-a-design-of-experiments-doe-rather-than-change-one-factor-at-a-time)

[projects/why-is-it-always-better-to-perform-a-design-of-experiments-](http://blog.minitab.com/blog/applying-statistics-in-quality-projects/why-is-it-always-better-to-perform-a-design-of-experiments-doe-rather-than-change-one-factor-at-a-time)

[doe-rather-than-change-one-factor-at-a-time](http://blog.minitab.com/blog/applying-statistics-in-quality-projects/why-is-it-always-better-to-perform-a-design-of-experiments-doe-rather-than-change-one-factor-at-a-time)

อัศรพล พุฒทองคำ. (สิงหาคม 2559). เทคนิคการเพิ่มผลผลิต. เข้าถึงได้จาก

<http://4toolsproduct.blogspot.com/2015/09/doe.html>

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาย ภาณุวัฒน์ รอดไป
วันเดือนปีเกิด	22 พฤศจิกายน 2532
ตำแหน่ง	วิศวกรกระบวนการ สังกัดแผนกวิศวกรรมกระบวนการ
ผลงานทางวิชาการ	บทความเรื่อง “การปรับปรุงกระบวนการผลิตหีแปรงไฟฟ้า” การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 8 (CIOD 2017)
ประสบการณ์ทำงาน	ปี พ.ศ. 2555 : วิศวกรกระบวนการ บริษัท พานาโซนิค แมนูแฟกเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด