



การลดอัตราส่วนของเสียผลิตภัณฑ์เลเซอร์ ฮีเลียม-นีออนแก๊สเลเซอร์
ชนิด ROHS ในโรงงานผู้ผลิตอุปกรณ์เลเซอร์

โดย

นายสุวิทย์ เจริญสิน

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การลดอัตราส่วนของเสียผลิตภัณฑ์เลเซอร์ ฮีเลียม-นีออนแก๊สเลเซอร์
ชนิด ROHS ในโรงงานผู้ผลิตอุปกรณ์เลเซอร์

โดย

นายสุวิทย์ เจริญสิน



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

REDUCTION OF FAILURE RATE FOR HE-NE LASER (ROHS) WITH
DMAIC IN LASER MANUFACTURER

BY

MR. SUWIT CHAROENSIN



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 2017

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การค้นคว้าอิสระ

ของ

นายสุวิทย์ เจริญสิน

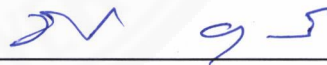
เรื่อง

การลดอัตราส่วนของเสียผลิตภัณฑ์เลเซอร์ ฮีเลียม-นีออนแก๊สเลเซอร์ชนิด ROHS ในโรงงานผู้ผลิต
อุปกรณ์เลเซอร์

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2561

ประธานกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ



(รองศาสตราจารย์ ดร. จิรรัตน์ ชีระวราพุกษ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ



(รองศาสตราจารย์ ดร. วุฒิชัย วงษ์ทัศน์)

กรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สวัสดิ์ ภาระราช)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ ดร. ชีร์ เจียรศิริพงษ์กุล)

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การลดอัตราส่วนของเสียผลิตภัณฑ์เลเซอร์ ฮีเลียม-นีออน แก๊สเลเซอร์ชนิด ROHS ในโรงงานผู้ผลิตอุปกรณ์เลเซอร์
ชื่อผู้เขียน	นายสุวิทย์ เจริญสิน
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ	รองศาสตราจารย์ ดร. วุฒิชัย วงษ์ทัศน์กร
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อลดอัตราส่วนของเสียกระบวนการผลิตแก๊สเลเซอร์ โดยใช้หลักการ DMAIC ของ ซิกส์ ซิกม่า เป็นแนวทางการปรับปรุง กำหนดเป้าหมายคือลดอัตราส่วนของเสียร้อยละ 10 ของการผลิตชิ้นงานโมเดล SB18P-ROHS แนวทาง DMAIC แบ่ง 5 ขั้นตอน ดังนี้ (1) ขั้นตอนการกำหนดปัญหา โดยใช้พาเรโตพิจารณาข้อมูล (2) ขั้นตอนการวัด โดยพิจารณาความสามารถกระบวนการ (3) ขั้นตอนวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหา ได้นำเครื่องมือวิเคราะห์มาพิจารณาปัจจัยเช่น แผนภูมิแก๊งปลาวิเคราะห์สาเหตุปัญหา การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ จากข้อมูลวิเคราะห์พบว่า วัตถุประสงค์มีผลกระทบต่อของเสียในกระบวนการผลิต แล้วทำการตั้งสมมติฐานเบื้องต้นแยกปัจจัยพิจารณาต่อไป (4) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไข ใช้การออกแบบการทดลอง 2^k การออกแบบแฟคตอเรียล โดยพิจารณาปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมที่มีผลกระทบการผลิตแล้วหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมมาปรับปรุงกระบวนการผลิต และติดตามผล (5) ขั้นตอนการควบคุม กำหนดมาตรฐานการผลิตพร้อมแก้ไขเอกสารการทำงาน และการดำเนินการพบว่า อัตราส่วนของเสียลดลงมากกว่าร้อยละ 10 และอัตราส่วนผลผลิตที่ดีได้ร้อยละ 80 รวมถึงลดต้นทุนของเสียลง 250,624 บาท ซึ่งได้ผลตามเป้าหมายที่วางเอาไว้

คำสำคัญ: การลดอัตราส่วนของเสีย, ผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์, ดีแมอิก, การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

Independent Study Title	REDUCTION OF FAILURE RATE FOR HE-NE LASER (ROHS) WITH DMAIC IN LASER MANUFACTURER
Author	Mr. Suwit Charoensin
Degree	Master of Engineering
Department/Faculty/University	Industrial Development Faculty of Engineering Thammasat University
Independent Study Advisor	Assoc. Prof. Dr. Wuthichai Wongthatsaneorn
Academic Years	2017

ABSTRACT

The objective of this research is to reduce failure ratio in Gas Laser process of laser manufacturer. DMAIC of Six Sigma was applied to reduce failure ratio of model SB18P-ROHS by 10%. In the define phase, pareto diagram is used to analyze data. In the measure phase, process capability is assessed. In the analysis phase, fish bone diagram and failure mode and effect are applied to find root causes of the problem. These root causes become factors for the design of experiment. In the improve phase, 2^k factorial design is used and experimented in order to find new setting to improve the process. In the control phase, new work process is standardized and work instruction is revised. The results show that failure ratio reduces more than 10%, yield product increases more than 80% and scrap cost reduces 250,624 baht.

Keywords: Failure Ratio, Gas Laser Product, DMAIC, Improvement process.

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร ที่ให้คำแนะนำที่ดี สามารถนำไปปรับปรุงในการวิจัยนี้ได้อย่างสมบูรณ์ รวมถึงคณะกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สวัสดิ์ ภาระราช ที่ให้คำแนะนำและเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงเนื้อหาในการทงานวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนคณะผู้บริหารและพนักงานงานงานกรณศึกษาที่ให้การสนับสนุนข้อมูลและร่วมมือในการแก้ไขปัญหาในการทงานวิจัยครั้งนี้ทุกท่าน และกราบขอบพระคุณบิดามารดา ญาติพี่น้องของผู้วิจัยที่มีส่วนช่วยผลักดันและให้กำลังใจ รวมถึงเพื่อนร่วมชั้นปีที่คอยดูแลและให้การสนับสนุนช่วยเหลือกันเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ทุกท่านที่กล่าวถึงข้างต้น และหากมีข้อผิดพลาดประการใด ต้องกราบขออภัยมา ณ ที่แห่งนี้ด้วย

นายสุวิทย์ เจริญสิน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.1.2 ความสำคัญของปัญหา	3
1.2 วัตถุประสงค์	5
1.3 ขอบเขตการค้นคว้าอิสระ	6
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานการค้นคว้าอิสระ	6
1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน	7
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในหัวข้อการค้นคว้าอิสระ	7
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเลเซอร์	9
2.1.1 เลเซอร์	9
2.1.1.1 โครงสร้างของเลเซอร์	12

2.1.1.2 ชนิดของเลเซอร์	13
2.1.1.3 HE NE Gas Laser	13
2.2 ทฤษฎีและหลักการซิกส์ ซิกม่า	14
2.2.1 ประวัติความเป็นมาของ Six Sigma	14
2.2.2 ความหมายและหลักการ Six Sigma	14
2.2.3 กระบวนการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการ DMAIC	18
2.3 การออกแบบการทดลอง	20
2.3.1 หลักการออกแบบการทดลอง	20
2.3.2 ประโยชน์ของการออกแบบการทดลอง	21
2.3.3 คำศัพท์พื้นฐานที่ต้องทราบของการออกแบบการทดลอง	21
2.3.4 แนวทางการออกแบบการทดลอง	22
2.3.5 ประเภทของการทดลอง	23
2.3.6 การเปรียบเทียบข้อมูลจากการทดลองอย่างง่าย	23
2.3.7 ความผิดพลาดในการทดสอบ	25
2.3.8 ขั้นตอนการตั้งสมมติฐาน	25
2.3.9 ค่า P-Value และการคำนวณ P-value	26
2.3.10 การทดสอบสมมติฐานของตัวอย่างสองชุดที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน	26
2.3.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวน	27
2.4 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด	29
2.4.1 แผ่นตรวจสอบ	30
2.4.2 แผนภูมิกราฟ	30
2.4.3 แผนผังพาเรโต	31
2.4.4 แผนภูมิการควบคุม	31
2.4.5 ตัวอย่างผังแสดงเหตุและผล หรือผังกางปลา	32
2.4.6 ฮิสโตแกรม	32
2.4.7 แผนผังการกระจาย	33
2.5 วรรณกรรมปริทัศน์	33
2.5.1 งานวิจัยที่ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ใน อุตสาหกรรมด้วยวิธีการ DMAIC	33

2.5.2 งานวิจัยหาการลดของเสียในกระบวนการโดยวิธีการซิกส์ ซิกม่า	34
2.5.3 งานวิจัยปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการโดยแนวทางซิกส์ ซิกม่า	34
2.5.4 งานวิจัยการลดของเสียในอุตสาหกรรมโดยใช้เครื่องคุณภาพและเทคนิคซิกส์ซิกม่า	35
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	36
3.1 การค้นหาปัญหาและคัดเลือกโครงการ	36
3.1.1 จัดคณะดำเนินการ	37
3.1.2 ดาเนินการเก็บข้อมูลเพื่อเลือกปัญหาจาก แผนภูมิพาเรโต	37
3.1.3 แผนภูมิแสดงข้อมูลเปรียบเทียบ	38
3.1.4 แผนภูมิพาเรโตแสดงแนวโน้มการเกิดของเสีย	39
3.1.5 Process Flow ของกระบวนการ และ SIPOC	40
3.2 การกำหนดตัววัดค่าและการตรวจสอบการวัดในกระบวนการผลิต	42
3.2.1 ตรวจสอบเครื่องมือวัด	42
3.2.2 วิเคราะห์ความสามารถระบบการวัด	43
3.2.3 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ	46
3.3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่สนใจ (Analysis)	48
3.3.1 หาตัวแปรหรือปัจจัยอินพุตที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์	48
3.3.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA	51
3.3.3 นำปัจจัยที่สนใจมาดำเนินการตามวิธีการออกแบบการทดลอง	55
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	58
4.1 ขั้นตอนการปรับปรุง	58
4.1.1 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	58
4.1.1.1 สร้างตารางข้อมูลเพื่อการออกแบบการทดลอง	59
4.1.1.2 ผลการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2k	61
4.1.1.3 การทดสอบสมมติฐานของความแปรปรวนค่าพลังงาน	66
ก่อน-หลังปรับปรุง	
4.2 ขั้นตอนการควบคุม	67

4.2.1 การควบคุมในกระบวนการ	67
4.2.1.1 วัตถุดิบ (Material)	67
4.2.1.2 ผู้ปฏิบัติงาน (Man)	67
4.2.1.3 วิธีการปฏิบัติงาน (Method)	67
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ หลังการปรับปรุง	67
4.3 สรุปผลการดำเนินงาน	68
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	70
5.1 บทสรุปผลการดำเนินงาน	70
5.2 สรุป	72
5.3 ปัญหาและอุปสรรค	72
5.4 ข้อเสนอแนะ	72
รายการอ้างอิง	74
ประวัติผู้เขียน	76

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ข้อมูลสัดส่วนของดีและของเสียในการผลิต ผลิตภัณฑ์ แก๊สเลเซอร์ โมเดล 1008P และ 1008P ROHS ในช่วงปี 2016 จากในบริษัทกรณีสึกษา	4
1.2 ข้อมูลสัดส่วนของเสียในการผลิต ผลิตภัณฑ์ แก๊สเลเซอร์ โมเดล 1008P และ 1008P ROHS แบ่งตามลักษณะหัวข้อการระบุข้อเสีย อ้างอิงในช่วงปี 2016 จากในบริษัทกรณีสึกษา	5
1.3 แผนการดำเนินการหัวข้อการค้นคว้าอิสระ	7
2.1 จำนวนของเสียในแต่ละระดับของขอบเขต และระดับของ Sigma	16
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Cp, Cpk และ Sigma level	18
2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนกรณีจำแนกทางเดียว	29
3.1 แผนภูมิ SIPOC กระบวนการผลิตเลเซอร์	41
3.2 การเก็บข้อมูลการทำการวัดค่าพลังงาน 10 ชิ้นงานตัวอย่าง 3 ผู้ทำการวัด	44
3.3 การเปรียบเทียบระดับซิกมามาเปรียบเทียบกับดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ	47
3.4 ปัจจัยที่เป็นไปได้ต่อผลกระทบต่อการวัดค่า Final Test และเกิด Low Power Failure	52
3.5 ค่าการประเมินเกณฑ์ FMEA	53
3.6 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis(FMEA)	54
3.7 ตารางปัจจัยที่สนใจจะส่งผลต่อ Final Test: Power Alignment	55
3.8 สรุปสมมติฐานของแต่ละปัจจัยที่ทำการคัดเลือกสมมติฐาน	57
4.1 ปัจจัยและระดับของปัจจัย (Size Bore และ Optical Type)	58
4.2 ออกแบบการทดลองและผลการทดลอง	59
4.3 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ หลังการปรับปรุง Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	64
4.4 ข้อมูลดำเนินการก่อน-หลังปรับปรุง	65

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ทางแสงและเลเซอร์	2
1.2 แผนภูมิ อัตราของเสียเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ โมเดล 1008P กับ โมเดล 1008P ROHS	5
2.1 ภาพแสดงชั้นพลังงานของอะตอม	10
2.2 Absorption และ Emission พลังงานอะตอม	11
2.3 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องกำเนิดเลเซอร์	12
2.4 ตัวอย่าง He-Ne Gas Laser ที่ให้พลังงานทำให้เกิดแสงสีแดงเกิดขึ้น	13
2.5 ระดับคุณภาพ Sigma	14
2.6 ขอบเขตล่างที่ระดับ Six Sigma จะพบดีเฟกต์เกิดขึ้น 0.0022 ppm	15
2.7 ความคลาดเคลื่อนสูงกว่าเป้าหมายไป 1.5 σ พบดีเฟกต์เกิดขึ้น 3.4 ppm	15
2.8 สมการดัชนีศักยภาพของความสามารถของกระบวนการ Cp	16
2.9 การกระจายตัวของข้อมูลและค่า Cp	17
2.10 ความสัมพันธ์ของ Cpk และ Cp	17
2.11 ความสัมพันธ์ของ Cpk และ Cp ในระยะยาว	17
2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการหรือระบบที่สนใจ	20
2.13 เปรียบเทียบการเก็บตัวอย่างกรณีเป็นอิสระและไม่เป็นอิสระต่อกัน	27
2.14 ตัวอย่าง Check Sheet	30
2.15 ตัวอย่างกราฟ ลักษณะกราฟ และความสัมพันธ์	30
2.16 ตัวอย่างผังพาเรโต ลักษณะกราฟ และความสัมพันธ์	31
2.17 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม	31
2.18 ผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram)	32
2.19 ตัวอย่างฮิสโตแกรม	33
2.20 ตัวอย่างแผนผังการกระจาย	33
3.1 แผนภูมิอัตราของผลิตภัณฑ์ดีแก๊สเลเซอร์ โมเดล1008P เปรียบเทียบ 1008P-ROHS อ้างอิง ข้อมูลปี 2016 ทั้งปี	38

3.2	แผนภูมิอัตราของผลิตภัณฑ์ที่ดี โมเดล SB18P-ROHS อ้างอิงข้อมูลปี 2015 และ 2016	38
3.3	แผนภูมิอัตราของเสียเปรียบเทียบกับ SB18P กับ SB18P ROHS ข้อมูลปี 2016	39
3.4	แผนภูมิ Pareto อัตราของเสียเปรียบเทียบกับของผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ โมเดล SB18P ROHS อ้างอิงข้อมูลปี 2016	40
3.5	แผนภูมิกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์	40
3.6	ภาพองค์ประกอบ Gas Laser HENE	41
3.7	Certificate อุปกรณ์เครื่องมือวัดให้ข้อมูลน่าเชื่อถืออุปกรณ์ Power Meter ใช้ในกระบวนการวัดค่าพลังงานออกของผลิตภัณฑ์	42
3.8	การวิเคราะห์ GR&R การวัดค่าพลังงานขึ้นงานตัวอย่าง minitab 17 Graph	44
3.9	การวิเคราะห์ GR&R การวัดค่าพลังงานขึ้นงานตัวอย่าง minitab 17 ANOVA	45
3.10	เส้นโค้งของกราฟพระฆังคว่าแบบปกติแสดงสัดส่วนของดีและของเสีย	47
3.11	แผนภูมิกำลังปลาแสดงสิ่งที่น่าเกิดหัวข้อปัญหา Low Power	49
3.12	ผลผลิตที่มีปัญหาเกิดมาจากการดำเนินงานที่ไม่ถูกต้องของผู้ปฏิบัติงาน	50
3.13	ผลผลิตที่มีปัญหาความไม่ระมัดระวังซึ่งในทางเอกสารอาจไม่ได้มีการระบุหรือเตือน	50
3.14	งานมีปัญหาจากคุณภาพของวัตถุดิบ	51
3.15	ผลการทดลอง ขนาด Bore ทั้ง 2 ระดับที่มีผลกับปัญหา Low power	56
3.16	ผลการทดลอง ชนิดกระจก ทั้ง 2 ระดับที่มีผลกับปัญหา Low Power	56
3.17	ผลการทดลอง ปริมาณแก๊ส ทั้ง 2 ระดับที่มีผลกับปัญหา Low Power	57
4.1	Residual Plots ของ sample แต่ละปัจจัยที่จับคู่แล้วทดสอบค่าแสง	60
4.2	ผลการทดลองกับปัจจัยด้วยวิธีเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2k มีผลต่อค่าการทดสอบแสง	61
4.3	ผลกระทบจากปัจจัยหลักแต่ละปัจจัยการทดลอง	61
4.4	ผลกระทบจากปัจจัยร่วมของปัจจัยการทดลองทั้งสอง	62
4.5	แผนภูมิผลผลิตเปรียบเทียบ 3 เดือนก่อนการปรับปรุง-หลังปรับปรุง	62
4.6	เปรียบเทียบปริมาณของเสียปัญหา Low Power ก่อน-หลังปรับปรุง	63
4.7	กลุ่มข้อมูลผลการวัดพลังงานแสง (ก่อน-หลังปรับปรุง)	65
4.8	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนวัดพลังงานแสง (ก่อน-หลังปรับปรุง)	66
4.9	เส้นโค้งของกราฟพระฆังคว่าแบบปกติแสดงสัดส่วนของดีและของเสีย (หลังปรับปรุง)	68

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

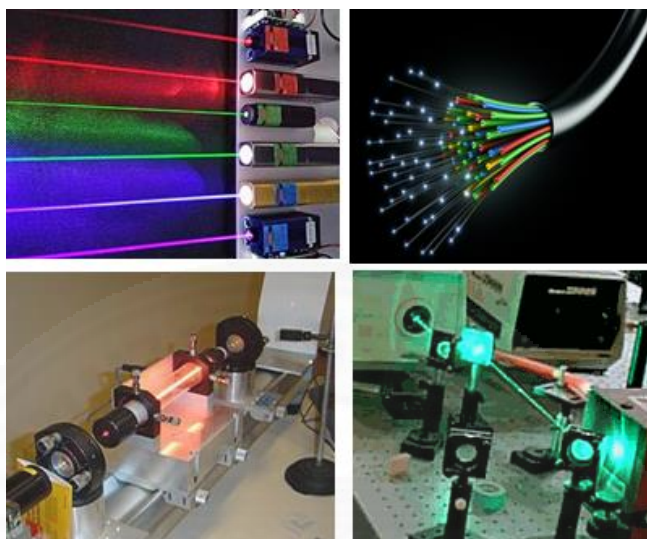
1.1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในสวนปี 2550 ภาคอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีภาพรวมดัชนีผลผลิตอยู่ที่ระดับ 114.83 เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.81 เมื่อเทียบกับปี 2559 โดยภาคอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ภายในประเทศไทยในปี 2560 โดยรวมมีดัชนีการผลิตที่ปรับตัวเพิ่มขึ้นมากขึ้น เมื่อเทียบกับปี 2559 การผลิตปรับตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.90 ผู้ผลิตบางรายขยายกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นและการส่งออกไปตลาดหลักส่วนใหญ่ปรับตัวเพิ่มขึ้น สินค้าอิเล็กทรอนิกส์ มีมูลค่าการส่งออก 2,445.67 ล้านดอลลาร์สหรัฐ เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.56 เทียบกับปี 2559 โดยอ้างอิงข้อมูลสถิติจากทาง สำนักงานเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม (www.oie.go.th) จากการเติบโตของภาคอุตสาหกรรมดังกล่าวนี้ มีแนวโน้มที่จะขยายและเติบโตอย่างต่อเนื่อง

ดังนั้น อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องมีการแข่งขันกันทางธุรกิจ ทั้งในเรื่องของราคาขาย รวมถึงการบริการของผลิตภัณฑ์ของบริษัทเองค่อนข้างสูง ดังนั้น ตัวของบริษัทผู้ผลิตเองจำเป็นต้องหาแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพ เพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตให้มากขึ้นต่อการแข่งขันภายในอนาคตแล้วยังส่งผลต่อการตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่ให้เกิดความพึงพอใจกับผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดความมั่นใจต่อบริษัท และส่งผลต่อการเติบโตของผลิตภัณฑ์ซึ่งมีความสามารถที่ได้เปรียบต่อคู่แข่งทางการค้ารายอื่นอีกทางหนึ่ง

โดยทางบริษัททรนิกศึกษานั้นเป็นบริษัทประกอบธุรกิจด้านการผลิต ผลิตภัณฑ์ ออปติคอลและผลิตภัณฑ์โฟโตนิก ผลิตภัณฑ์ที่ทำให้เกิดเครือข่ายออปติคอล และผลิตภัณฑ์เลเซอร์ อุตสาหกรรม (เป็นเลเซอร์ที่สามารถประยุกต์ในกระบวนการที่ต้องการได้ เช่น เลเซอร์ ใช้ในการนำมาสเปกตรัมตำแหน่งของอุปกรณ์ในการทดลอง เลเซอร์ประยุกต์ รีโมท ส่งสัญญาณ เลเซอร์ตัดความเร็วสูง หรือ เลเซอร์ให้ความร้อน สามารถเชื่อมได้ เป็นต้น) รวมถึงอุปกรณ์และระบบย่อยของชิ้นส่วนเครือข่ายโทรคมนาคม และเครือข่ายบนข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ขององค์กรหรือบริษัท ซึ่งโรงงานผลิตที่กระจายตัวหลายประเทศทั่วโลกเช่น ประเทศไทย ประเทศจีน ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น เพื่อรองรับลูกค้าที่มีการเติบโต อย่างต่อเนื่องในส่วนของผลิตภัณฑ์ ทางการผลิต การเชื่อมต่อโครงข่าย การสื่อสาร การศึกษาวิจัยที่ต้องใช้ผลิตภัณฑ์ทางทัศนศาสตร์ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตอิเล็กทรอนิกส์

ดังนั้น บริษัทจึงมีการพัฒนาในผลิตภัณฑ์ และเพิ่มขีดความสามารถในผลิตภัณฑ์เอง รวมถึงความสามารถในการผลิตให้สามารถรองรับการเติบโตของความต้องการทางตลาดอย่างต่อเนื่องต่อไป



ภาพที่ 1.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ทางแสงและเลเซอร์
ที่มา: (<http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/Optics>)

ซึ่งงานวิจัยนี้จะให้ความสนใจไปที่ผลิตภัณฑ์ แก๊สเลเซอร์ของบริษัทที่สนใจอยู่ในกลุ่มของ เลเซอร์พลังงานต่ำ (Low Power CW Laser) ในส่วนของการผลิต ผลิตภัณฑ์ ฮีเลียมนีออน แก๊สเลเซอร์ ซึ่งการดำเนินการผลิตมีการดำเนินการจากบริษัทรับจ้างผลิตที่มีพื้นที่และพนักงานสนับสนุนการดำเนินการผลิตตามที่ลูกค้าต้องการ

ผลิตภัณฑ์ฮีเลียม นีออน แก๊สเลเซอร์มีการผลิตหลักโมเดล SB18P ซึ่งทางลูกค้าของบริษัทที่กรณีศึกษานั้นมีความต้องการผลิต ฮีเลียมนีออนแก๊สเลเซอร์กับการควบคุมมาตรฐาน ROHS (ควบคุม การใช้สารที่เป็นอันตรายในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งหมายความรวมถึงเครื่องใช้ทุกชนิด ที่ต้องอาศัยไฟฟ้าในการทำงาน) นั้นลูกค้าของบริษัทที่กรณีศึกษาจึงได้เปลี่ยนแปลงวัสดุที่ใช้ในการผลิตโมเดล SB18P เป็นพื้นฐานจนได้โมเดลใหม่เป็น SB18P ROHS ที่สามารถนำเสนอขายต่อลูกค้าของบริษัทที่กรณีศึกษาได้เพิ่มขึ้น ซึ่งโมเดล SB18P ROHS นั้นจำเป็นต้องมีการเข้มงวดในการควบคุมวัสดุในการผลิต แล้วการสั่งของโมเดลนี้มียอดการสั่งพอๆ กับโมเดลหลัก SB18P เช่นกัน

ด้วยโมเดลใหม่ที่มีการสั่งซื้อจากทางลูกค้าประมาณ 100 – 300 ตัวโดยประมาณ ต่อเดือนดังนั้นทางบริษัทรับจ้างผลิต ที่ทำการผลิตจำเป็นต้องผลิตให้ทั้ง 2 โมเดลต่อการสั่งซื้อลูกค้าให้ได้ตามจำนวนที่สั่งซื้อทั้งหมดตามที่กำหนดรวมถึงการคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกสู่

ลูกค้า และให้เกิดงานเสียให้น้อยที่สุดเนื่องจากการควบคุมต้นทุนให้กับลูกค้าของบริษัทที่
 ทัศนศึกษา ผู้สังเกต และได้ผลิตภัณฑ์คุณภาพต่อลูกค้าที่ซื้อปลายทางอีกทางหนึ่งและไม่มีการ
 หรือทำซ้ำใหม่กลับมาสู่โรงงานผลิตต้นทาง ซึ่งจะเป็นต้นทุนเพิ่มที่เกิดต่อองค์กรรวมทั้งหมด และความ
 เชื่อถือต่อลูกค้าต้นทางอย่างบริษัทที่ทัศนศึกษาและลูกค้าปลายทางที่รับผลิตภัณฑ์ต่อไป

1.1.2 ความสำคัญของปัญหา

จากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ แก๊สเลเซอร์ ชนิด Helium Neon Laser นั้นทาง
 บริษัทต้องการขยายฐานลูกค้าโดยรับเอาความต้องการของลูกค้าในการผลิต ผลิตภัณฑ์ Helium
 Neon Laser ให้สามารถควบคุมตามมาตรฐาน ROHS (Restriction of Hazardous Substances)
 เป็นข้อกำหนดที่ 2002/95/EC ของสหภาพยุโรป (EU) ว่าด้วยการใช้สารที่เป็นอันตรายในอุปกรณ์
 เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งหมายความรวมถึงเครื่องใช้ทุกชนิด ที่ต้องอาศัยไฟฟ้าในการ
 ทำงาน โดยสารที่จำกัดปริมาณในปัจจุบัน กำหนดไว้ 6 ชนิด ดังนี้

1. ตะกั่ว (Pb) ไม่เกิน 0.1% โดยน้ำหนัก
- 2.ปรอท (Hg) ไม่เกิน 0.1% โดยน้ำหนัก
3. แคดเมียม (Cd) ไม่เกิน 0.01% โดยน้ำหนัก
4. เฮกซะวาเลนต์ (Cr-VI) ไม่เกิน 0.1% โดยน้ำหนัก
5. โพลีโบรมิเนต ไบเฟนิล (PBB) ไม่เกิน 0.1% โดยน้ำหนัก
6. โพลีโบรมิเนต ไดเฟนิล อีเธอร์ (PBDE) ไม่เกิน 0.1% โดยน้ำหนัก

ซึ่งทางสหภาพยุโรปมีผลบังคับใช้มาตั้งแต่ 2006 แต่ในประเทศอื่นๆ เช่น สหรัฐ
 อเมริกา ญี่ปุ่น จีน เกาหลี ก็เริ่มที่จะกำหนดข้อบังคับในลักษณะนี้เช่นกัน ดังนั้น ทางบริษัทที่เป็น
 ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เข้าข่ายดังกล่าว ก็เริ่มศึกษาและทำความเข้าใจกับข้อกำหนดนี้แล้วทำการแก้ไข
 ในส่วนของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามหลักการที่ต้องควบคุม

ผลิตภัณฑ์ HE NE (Helium Neon Laser) นี้เป็นโมเดล SB18P โดยจะทำการ
 ผลิตประมาณเดือนละ 400 ตัวและสัดส่วนผลิตภัณฑ์ของสายการผลิตทั้งหมดประมาณ 85%
 จากนั้นลูกค้าทำการแก้ไขส่วนประกอบวัสดุในการผลิตบางอย่างเพื่อให้ได้ตามข้อกำหนดลูกค้าของ
 บริษัทที่ทัศนศึกษา เพิ่มเติมให้ได้ตามเงื่อนไขของการควบคุม การใช้สารที่เป็นอันตรายในอุปกรณ์
 เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (มาตรฐาน ROHS) จึงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์โมเดลใหม่เกิดขึ้นมาคือ
 SB18P ROHS โดยการผลิตโมเดลนี้ จากการผลิตโมเดลนี้จะได้สัดส่วนผลผลิตที่ดีประมาณร้อยละ 70
 ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวโมเดลพื้นฐาน SB18P นั้นเกิดช่องว่างที่ต่างกันของสัดส่วนผลผลิตที่ดี
 ประมาณร้อยละ 10 ด้วยเหตุผลนี้ลูกค้าต้นทางอย่างบริษัทที่ทัศนศึกษา ต้องการให้ทางโรงงานรับจ้าง
 ผลิตนั้นหาแนวทางในการลดสัดส่วนผลผลิตที่เสียให้มากที่สุด เพื่อให้ได้สัดส่วนผลผลิตให้ได้ตาม

เป้าหมายที่ตั้งไว้ คือ สัดส่วนผลผลิตที่ติร้อยละ 80 ซึ่งจะทำให้ต้นทุน เกี่ยวกับการซ่อมหรือทำซ้ำ ลดลงของกลุ่มงานเสียดังกล่าวได้ จากข้อมูลเบื้องต้นของโมเดล SB18P เทียบกับ โมเดล SB18P ROHS จากข้อมูลจากการผลิต ผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ โมเดล SB18P และ SB18P ROHS ในปี 2016 ดังแสดงตารางที่ 1.1 ทำให้เห็นถึงผลิตผล ผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ ทั้งสัดส่วนของดีและของเสีย โมเดล SB18P-ROHS ได้ต่ำกว่าโมเดล SB18P โดยในการผลิตพบว่ามีจำนวนชนิดของเสียที่ระบุในการผลิต ทำให้ไม่สามารถผลิตได้ตามเป้าของบริษัทและลูกค้าตามต้องการได้ ดังแสดงตารางที่ 1.2 ข้อมูล สัดส่วนของเสียตามหัวข้อของเสียเปรียบเทียบ โมเดล SB18P และ SB18P-ROHS และ แผนภูมิ 1.3 แสดงแนวโน้มสัดส่วนของเสียตามหัวข้อของเสียเปรียบเทียบ โมเดล SB18P และ SB18P-ROHS จึง จำเป็นต้องนำวิธีการ ชิกซ์ ชิคม่า มาช่วยแก้ไขปัญหา เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการส่งงานตาม เป้าหมายที่ลูกค้ากำหนดได้ตรงตามเวลาและเกิดของเสียในสายการผลิตให้น้อยที่สุด

ตารางที่ 1.1

ข้อมูลสัดส่วนของดีและของเสียในการผลิต ผลิตภัณฑ์ แก๊สเลเซอร์ โมเดล SB18P และ SB18P ROHS ในช่วงปี 2016 จากในบริษัทกรณีศึกษา

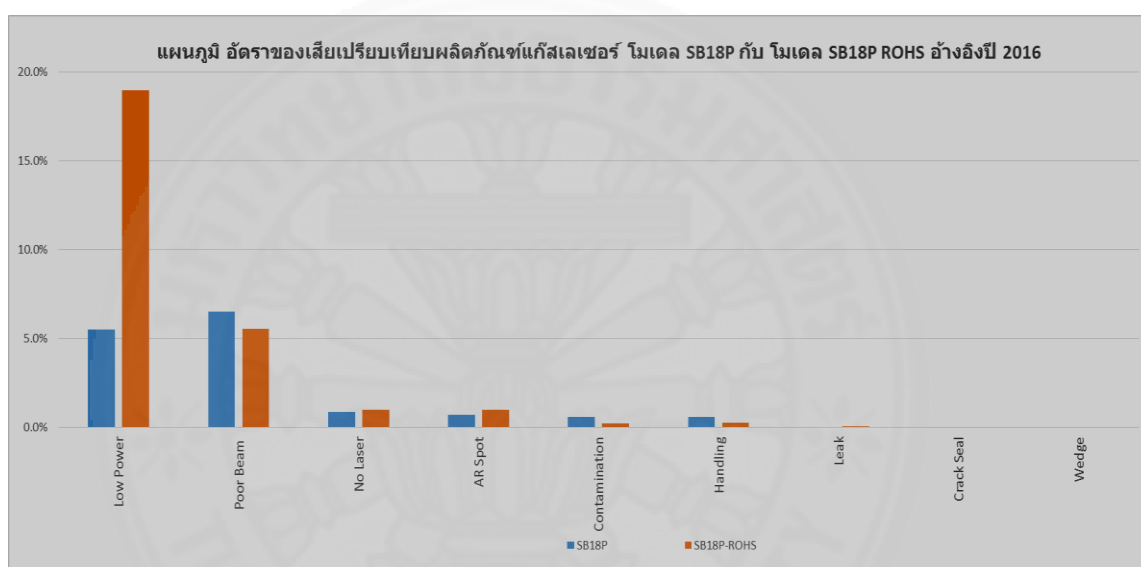
ลำดับ ข้อมูล (Number)	ตัวแบบ ผลิตภัณฑ์ (Model)	ปีผลิต (Year.)	จำนวนผลิตใน สายการผลิต (Overall Qty Production)	สถานะ ผ่านการ ผลิต (Status PASS)	สถานะ เสียใน การผลิต (Status FAIL)	สัดส่วน ของดีที่เกิด ในการผลิต Yield Rate (%)	สัดส่วน ของเสียที่ เกิดขึ้น Defect Rate (%)
1	SB18P	2016	709	605	104	85.3%	14.7%
2	SB18P ROHS	2016	1982	1448	534	73.1%	16.9%

ตารางที่ 1.2

ข้อมูลสัดส่วนของเสียในการผลิต ผลิตภัณฑ์ แก๊สเลเซอร์ โมเดล SB18P และ SB18P ROHS แบ่งตาม ลักษณะหัวข้อการระบุข้อเสีย อ้างอิงในช่วงปี 2016 จากในบริษัทกรณีศึกษา

ลำดับ หัวข้อ (Number)	หัวข้อของเสีย (Reject Code Detail)	จำนวนผลิตใน สายการผลิต (Overall Qty Production)		จำนวนของเสียปี 2016 (Reject Unit 2016)		สัดส่วนของเสียปี 2016 (Percentage Reject Unit 2016)	
		SB18P	SB18P- ROHS	SB18 P	SB18P- ROHS	SB18P	SB18P- ROHS
1.	Contamination	709	1982	4	4	0.6%	0.2%
2.	No LaseW	709	1982	6	19	0.8%	1.0%
3.	AR Spot	709	1982	5	19	0.7%	1.0%
4.	Low Power	709	1982	39	376	5.5%	19.0%

ลำดับ หัวข้อ (Number)	หัวข้อของเสีย (Reject Code Detail)	จำนวนผลิตใน สายการผลิต (Overall Qty Production)		จำนวนของเสียปี 2016 (Reject Unit 2016)		สัดส่วนของเสียปี 2016 (Percentage Reject Unit 2016)	
		SB18P	SB18P- ROHS	SB18 P	SB18P- ROHS	SB18P	SB18P- ROHS
5.	Poor Beam	709	1982	46	110	6.5%	5.5%
6.	Leak	709	1982	0	1	0.0%	0.1%
7.	Handling	709	1982	4	5	0.6%	0.3%



ภาพที่ 1.2 อัตราของเสียเปรียบเทียบของผลิตภัณ์แก๊สเลเซอร์ โมเดล SB18P กับ โมเดล SB18P ROHS อ้างอิงข้อมูลปี 2016

1.2 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อที่จะลดปริมาณของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิต ของผลิตภัณ์ แก๊สเลเซอร์ HENE โมเดล SB18P-ROHS ให้ได้ร้อยละ 10 จากของเสียที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณ์โมเดลนี้ และเพื่อให้ได้เป้าหมายผลผลิตที่ร้อยละ 80 ตามที่ลูกค้าต้องการ ด้วยการหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการและดำเนินการปรับปรุงให้ได้ตามเป้าหมายของบริษัทกรณีศึกษา

1.3 ขอบเขตการค้นคว้าอิสระ

ทำการศึกษาเพื่อหาแนวทางการลดของเสียในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ แก๊สเลเซอร์ โมเดล SB18P ROHS โดยที่มุ่งเน้นให้สัดส่วนของเสียลดลงให้ได้ตามเป้าหมายของบริษัทและลูกค้า กำหนด เพื่อให้ได้สัดส่วนของดีของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามเป้าหมาย คือ ร้อยละ 80 โดยอัตราส่วนของเสียลดลงร้อยละ 10 ซึ่งข้อมูลที่จะทำการดำเนินการจะอ้างอิงข้อมูลช่วงปี 2016 ถึง ธันวาคม 2017 นำมาวิเคราะห์พัฒนาและปรับปรุง พร้อมทั้งแก้ไข้ปัญหาของผลิตภัณฑ์ SB18P-ROHS รวมถึงยังเป็น ข้อมูลพื้นฐานเพื่อต่อยอดไปยังผลิตภัณฑ์อื่นๆ ภายในบริษัทกรณีศึกษาด้วยอีกทางหนึ่ง

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานการค้นคว้าอิสระ

ในส่วนขั้นตอนและการดำเนินงานในบริษัทกรณีศึกษานี้ จะศึกษากระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ โมเดล SB18P-ROHS พร้อมทั้งศึกษาแนวทางการลดปริมาณของเสียภายใน กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์นี้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการดังนี้

- 1.4.1 ศึกษาข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา
- 1.4.2 ศึกษากระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ของบริษัทกรณีศึกษา
- 1.4.3 ศึกษาข้อมูล และแนวโน้มการเกิดของเสีย หรือปัญหาที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อ สัดส่วนผล ผลิตภัณฑ์ดีของผลิตภัณฑ์ บริษัทกรณีศึกษามากที่สุดมาดำเนินการแก้ไข
- 1.4.4 ทำการสำรวจปัญหาที่เกิดต่อผลิตภัณฑ์ (จากหัวข้อปัญหาที่ทำให้เกิดของเสียที่ เป็นผลกระทบต่อสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ดีของบริษัทกรณีศึกษามากที่สุด)
- 1.4.5 ศึกษาปัจจัยที่ ส่งผลกระทบทำให้เกิดปัญหา แล้วส่งผลเกิดของเสียต่อผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา
- 1.4.6 ศึกษาแนวทางในการแก้ไข้ปัญหาที่มีผลกระทบทำให้เกิดของเสีย ต่อผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา
- 1.4.7 ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข้ปัญหา จากแนวทางการแก้ไข้ปัญหาของผลิตภัณฑ์
- 1.4.8 วิเคราะห์ผลหลังการปรับปรุงแก้ไข้ปัญหา จากการดำเนินการแก้ไข้ปัญหาของ ผลิตภัณฑ์
- 1.4.9 ทำการควบคุมการผลิตให้มีการผลิตที่ได้รับการป้องกันตามแนวทางและผลที่ได้ จากการแก้้ปัญหาของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว
- 1.4.10 สรุปผลหลังการแก้ไข้ปัญหาหลังจากการปรับปรุงกระบวนการของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา

1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน

สำหรับหัวข้องานค้นคว้าอิสระนี้จัดทำเพื่อทำการค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่เสีย และทำการออกแบบการทดลอง เพื่อปรับปรุงสัดส่วนของเสียของผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ HENE โมเดล SB18P-ROHS ซึ่งดำเนินการภายในระยะเวลา ตั้งแต่ มิถุนายน 2560 ถึง เมษายน 2561 ดังแสดงใน ตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3

แผนการดำเนินงานหัวข้อการค้นคว้าอิสระ

ลำดับข้อ	ขั้นตอนการดำเนินการ	ปี 2017							ปี 2018		
		มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
1	ศึกษาข้อมูลทั่วไป บริษัทกรณีศึกษา	←→									
2	ศึกษากระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา		←→								
3	ศึกษาข้อมูลและหาปัญหาที่มีผลเกิดของเสียของผลิตภัณฑ์ที่สนใจ			←→							
4	รวบรวมข้อมูลและวางแผนต่างๆ ในการดำเนินการ				←→						
5	การดำเนินการ										
5.1	ขั้นการระบุปัญหา			←→							
5.2	ขั้นตอนการวัด				←→						
5.3	ขั้นตอนการวิเคราะห์					←→					
5.4	ขั้นตอนการปรับปรุง						←→				
5.5	ขั้นตอนการควบคุม							←→			
6	สรุปผลการการศึกษา									←→	

←→ หมายถึงระยะเวลาในการวางแผนการดำเนินงานค้นคว้าอิสระ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เพื่อให้สามารถลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น และส่งผลดีต่อสัดส่วนผลิตที่ดี ผลิตภัณฑ์ บริษัทกรณีศึกษา

1.6.2 สามารถทำให้ได้ผลผลิตได้ตามเป้าหมายของบริษัทและลูกค้าคาดหวัง และ กำหนดไว้

1.6.3 สามารถทำให้เกิดแนวความคิดพื้นฐานที่สามารถนำไปต่อยอดความคิดในการ แก้ไขปัญหาการเกิดของเสียต่างๆ ในส่วนอื่น และประยุกต์ใช้ในการทำงานปัจจุบันได้

1.6.4 จากการดำเนินการแก้ไขปัญหาลดต้นทุนที่สนใจข้างต้นทำให้เกิดความพึงพอใจของลูกค้าภายใน และภายนอก

1.6.4.1 ลูกค้าภายใน ถ้าผลผลิต จากการผลิตที่ได้มีของเสียน้อยจะทำให้ เกิดงานทำข้าน้อยลง เป็นผลให้เกิดสามารถในการผลิตงานออกได้ตามเป้าหมายที่ดีขึ้น ไม่จำเป็นต้องทำแผนเพื่อมารองรับการซ่อมงานงานเก่าทำให้เกิดการไหลของงานได้ดี

1.6.4.2 ลูกค้าภายนอก ถ้าผลผลิต จากการผลิตที่ได้มีของเสียน้อยลงจะทำให้งานที่จะส่งต่อลูกค้าเป็นไปตามเป้าหมายและทำให้เกิดความพึงพอใจ และมั่นใจต่อบริษัทโรงงานรับจ้างผลิต และยังเป็นผลให้ของเสียที่เกิดขึ้นต่อลูกค้าภายนอกลดน้อยลงเป็นผลกำไรเชิงธุรกิจมากขึ้น



บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเลเซอร์

2.1.1 เลเซอร์ (Laser) หรือ Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation เลเซอร์เป็นแสงที่มีคุณสมบัติเด่น และเป็นแสงที่มีสมบัติพิเศษแตกต่างจากแสงทั่วไป สมบัติดังกล่าวประกอบด้วย

- เป็นแสงสีเดียว (Mono chromaticity)
- มีความพร้อมเพรียง (Coherence)
- มีทิศทางที่แน่นอน (Directionality) และ
- มีความเข้ม (Intensity หรือ Brightness) สูงมาก

ด้วยสมบัติพิเศษเหล่านี้ ทำให้แสงเลเซอร์ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น ทางด้านการสื่อสาร การทหาร บันเทิง การแพทย์ อุตสาหกรรม การตรวจสอบ เครื่องมือวัดทางการทดลอง ฯลฯ

พื้นฐานของแสงเลเซอร์นั้นมาจากการที่โครงสร้างของอะตอม ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของธาตุหรือสสาร นักฟิสิกส์ได้เสนอแบบจำลองอะตอมว่าประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง ซึ่งมีประจุบวก และมีอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบโคจร อยู่โดยรอบ การคงสถานะการเรียงตัว หรือการจัดวางของอิเล็กตรอนในอะตอมนั้นทำให้อะตอม มีพลังงานค่าหนึ่ง ซึ่งอะตอมจะมีพลังงานได้เพียง บางค่าเท่านั้น (เรียกว่า Quantized energy) ขึ้นอยู่กับจำนวนอิเล็กตรอนและประจุบวกที่อยู่ในนิวเคลียสของอะตอมนั้นถ้าอะตอมได้รับพลังงานกระตุ้นที่เหมาะสม จะมีผลทำให้อะตอมมีพลังงานสูงขึ้น แต่โดยธรรมชาติแล้ว เมื่อเวลาผ่านไปอย่างรวดเร็ว อะตอมจะคายพลังงานส่วนเกินที่ได้รับออกมา เพื่อให้สถานะของตนเองมีพลังงานต่ำลง เนื่องจากอิเล็กตรอนที่โคจรรอบนิวเคลียสในวงโคจรที่ต่างกัน จะมีพลังงานที่แตกต่างกัน ซึ่งพลังงานดังกล่าวบ่งชี้ถึงพลังงานของอะตอมนั่นเอง เมื่อทำการจัดเรียงพลังงานต่างๆ ของอะตอมที่สามารถจัดเรียงตัวได้นั้นมีค่า จากค่าน้อยไปหาค่ามาก สามารถเขียนแผนภาพชั้นพลังงาน (Energy level) ของอะตอมได้ ดังภาพที่ 2.1

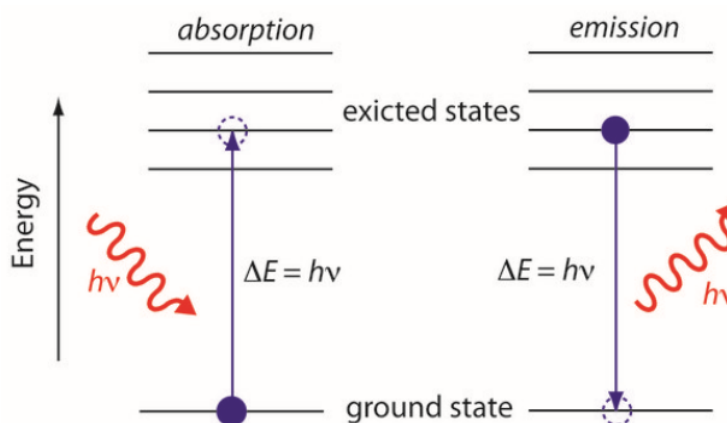


ภาพที่ 2.1 ชั้นพลังงานของอะตอม

ที่มา: http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/Optics/basic_laser2.htm

ในสภาวะสมดุลความร้อน เมื่อพิจารณาอะตอมหนึ่ง ๆ จะมีพลังงานอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งจะสามารถอยู่ในชั้นพลังงานใดชั้นพลังงานหนึ่งได้ แต่ในธรรมชาติ ธาตุและสารประกอบจะประกอบด้วยอะตอมจำนวนมาก ดังนั้น ในชั้นพลังงานของอะตอมสำหรับธาตุหรือสารประกอบจึงมีอะตอมหรือประชากรอะตอมกระจายอยู่ในจำนวนที่แตกต่างกัน ซึ่งโดยมากแล้ว ประชากรอะตอมในชั้นพลังงานต่ำจะมีมากกว่าประชากรอะตอมในชั้นพลังงานสูง การเปลี่ยนชั้นพลังงานของประชากรอะตอมสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีพลังงานจากภายนอกมากระตุ้น เช่น การกระตุ้นโดยโฟตอนแสง (อนุภาคของแสง) ที่มีพลังงานเท่ากับความแตกต่างของระดับพลังงานพอดี กล่าวคือ ถ้าต้องการกระตุ้นอะตอมที่เดิมอยู่ในสถานะพื้น ให้ไปอยู่ในสถานะกระตุ้นที่ 1 โฟตอนแสงที่ไปกระตุ้นต้องมีพลังงานเท่ากับขนาดของผลต่าง $E_0 - E_1$

การเปลี่ยนชั้นพลังงานของอะตอมที่เกิดขึ้นโดยการดูดกลืนโฟตอนแสง เป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การดูดกลืนแสง (Light absorption) แต่อะตอมที่อยู่ในชั้นพลังงาน E_1 จะไม่เสถียร เมื่อเวลาผ่านไปอย่างรวดเร็ว อะตอมนั้นจะกลับมาอยู่ในชั้นพลังงาน E_0 เช่นเดิม โดยปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในภาพของโฟตอนแสง ที่มีพลังงานเท่ากับ $E_1 - E_0$ ปรากฏการณ์ปลดปล่อยโฟตอนโดยธรรมชาตินี้เรียกว่า การปล่อยแสงตามธรรมชาติ (Spontaneous emission)



ภาพที่ 2.2 Absorption และ Emission พลังงานอะตอม

ที่มา: https://chem.libretexts.org/LibreTexts/University_of_California_Davis/

จากภาพที่ 2.2 ข้อสนับสนุนกับปรากฏการณ์ของแสงที่นอกจากการปล่อยแสงแบบเกิดขึ้นเอง ยังมีการทำการกระตุ้นปรากฏการณ์ การปล่อยแสงจากการกระตุ้น (Spontaneous emission) การปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้น เป็นหลักการหลักในการกำเนิดแสงเลเซอร์ ซึ่งในการกำเนิดพลังงานนั้นจะมีการกระตุ้นสถานะของอะตอมในระดับชั้นพลังงาน E_1 ถ้ามีโฟตอนแสงจากภายนอกโดยที่มีพลังงานเท่ากับความแตกต่างของระดับพลังงาน $E_1 - E_0$ เข้ามาชน จะทำให้อะตอมที่อยู่ในชั้นพลังงาน E_1 นี้ถูกกระตุ้นให้ลงมายังชั้นพลังงาน E_0 โดยมีการคายพลังงานออกมาในภาพของโฟตอนที่มีพลังงานเท่ากับ $E_1 - E_0$ เนื่องจากโฟตอนแสงที่มาชนไม่ถูกดูดกลืนโดยอะตอมที่ถูกชนทำให้จำนวนโฟตอนเพิ่มขึ้นเป็นสองอนุภาค (โฟตอนที่มากระตุ้น บวกกับโฟตอนที่ได้จากการเปลี่ยนสถานะของอะตอม)

โฟตอนที่ได้ออกมานั้นมีพลังงานเท่ากัน มีความถี่เดียวกัน มีเฟสตรงกัน มีความเป็นโพลาไรเซชันเหมือนกัน และแนวทางการเคลื่อนที่จะเป็นในทิศทางเดียวกัน ซึ่งพิจารณาในเชิงของคลื่น จะพบว่า เมื่อแสงสองขบวนมีความถี่ตรงกัน มีเฟสตรงกัน เคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันนั้นได้จะสามารถที่รวมกันในลักษณะที่เสริมกันได้ ทำให้ได้คลื่นรวมที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เกิดเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การขยายสัญญาณแสง (Light amplification) ถ้าสามารถทำให้เกิดการขยายสัญญาณแสงในลักษณะนี้กับอะตอมเป็นจำนวนมากได้ ก็จะทำให้ได้สัญญาณแสงที่มีความเข้มสูงออกมาได้

ดังที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่จะทำให้เกิดการขยายแสงโดยการกระตุ้นได้จำนวนมากๆ นั้น ก็คือ การทำให้มีจำนวนอะตอมในที่อยู่ในระดับสถานะกระตุ้นนั้นมีจำนวนมากๆ ซึ่งในธรรมชาตินั้นไม่มีทางที่จะทำได้ ดังนั้น จึงต้องมีการทำให้จำนวนอะตอมในสถานะกระตุ้น E_1 มากกว่าสถานะพื้น คือ E_0 ซึ่งปรากฏการณ์ที่จะทำให้จำนวนอะตอมในระดับชั้นพลังงานสูงมีมากกว่าระดับชั้นพลังงานต่ำ คือ ประชากรผกผัน (Population inversion) วิธีการทำให้เกิด

ปรากฏการณ์นี้ คือ การที่ให้พลังงานภายนอกมากระตุ้นอะตอมให้จากสถานะพื้น E0 ไปสู่สถานะกระตุ้น E1 แล้วทำการกระตุ้นอะตอมให้กลับลงมาสู่สถานะพื้น E0 โดยผลลัพธ์ที่ออกมาจากการทำให้อะตอมตกกลับมาสู่สถานะพื้นนั้นจะปล่อยโฟตอนออกมาเป็นจำนวนมาก

แต่การกระตุ้นพลังงานอะตอมนั้นต้องทำการกระตุ้นแบบต่อเนื่อง เกิดการปลดปล่อยแบบซ้ำไปซ้ำมาเพื่อให้เกิดแสงที่มีความเข้มสูงจนถึงจุด เลสซิ่ง (Lasing Point) หรือจุดออสซิลเลตของเลเซอร์ (Laser oscillating point) แสงที่ได้ออกมาจึงมีสมบัติเป็นแสงเลเซอร์ ดังนั้นแสงที่ได้นี้เกิดจากปรากฏการณ์ขยายสัญญาณโดยการปล่อยแสงแบบถูกกระตุ้นจึงให้ชื่อ Laser ย่อมาจาก Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

2.1.1.1 โครงสร้างของเลเซอร์: โครงสร้างของเครื่องกำเนิดเลเซอร์โดยพื้นฐานจะประกอบด้วย

(1) **ตัวกลางเลเซอร์ (Laser medium)** เป็นวัสดุที่ถูกกระตุ้นแล้วให้แสงเลเซอร์ออกมา ซึ่งอาจเป็นแก๊ส ของแข็ง ของเหลว หรือสารกึ่งตัวนำ

(2) **ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical resonator)** เป็นส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดเลเซอร์ที่ทำให้เกิดการปล่อยแสงแบบถูกกระตุ้นซ้ำจนถึงจุดเลสซิ่ง ประกอบด้วยกระจก 2 แผ่น วางหันหน้าเข้าหากัน โดยระหว่างกลางมีตัวกลางเลเซอร์อยู่ กระจกด้านหลังตัวกลางนั้น สามารถสะท้อนแสงได้หมด ส่วนกระจกหน้าตัวกลางสามารถสะท้อนได้โดยมากแต่จะให้แสงบางส่วนผ่านออกไปได้ นั่นคือ แสงเลเซอร์

(3) **แหล่งกำเนิดพลังงาน (Energy source)** เป็นตัวกระตุ้นให้อะตอมอยู่ในสถานะที่เป็นประชากรผกผัน หรือจำนวนอะตอมผกผัน



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องกำเนิดเลเซอร์

ที่มา: http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/Optics/basic_laser3.htm

2.1.1.2 ชนิดของเลเซอร์: แบ่งตามลักษณะของตัวกลางเลเซอร์

(1) **Gas Laser:** สารตัวกลางเลเซอร์เป็นชนิดก๊าซ เช่น CO₂ Laser, Argon Laser, Xenon Laser, He-Ne Laser

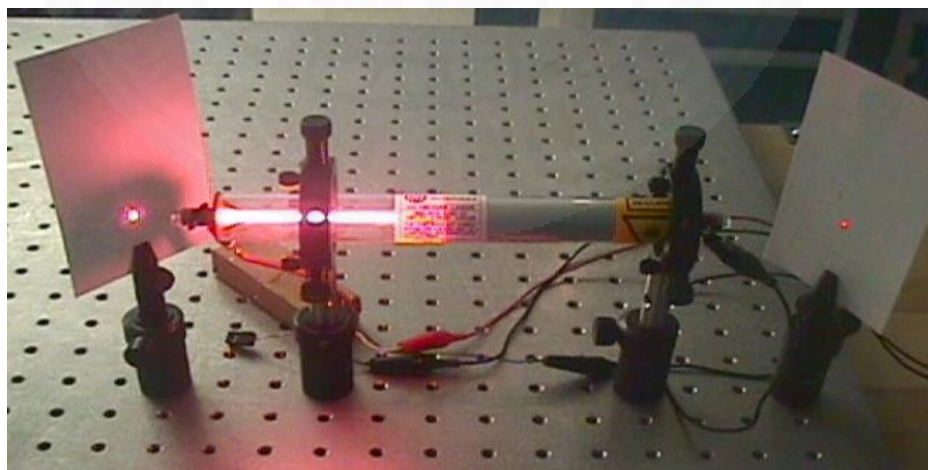
(2) **Solid State Laser:** สารตัวกลางเลเซอร์เป็นแบบแท่งผลึก เช่น Nd:YAG Laser, Ruby Laser

(3) **Dye Laser:** สารตัวกลางเลเซอร์เป็นของเหลว เช่น Rhodamin 6G Laser

(4) **Semiconductor Laser:** สารตัวกลางเลเซอร์เป็นสารกึ่งตัวนำ เช่น Diode Laser ชนิดต่าง ๆ

เลเซอร์นิยมใช้ในอุตสาหกรรม ได้แก่ HE-NE Laser, Argon Laser, Ruby Laser, Nd:YAG Laser, Semiconductor Laser และ Eximer Laser

2.1.1.3 HE NE Gas Laser: ชนิดเลเซอร์ชนิดตัวอย่างที่สนใจ โดยตัวกลางภายในของ Laser คือ แก๊ส ก๊าซฮีเลียม (He) และนีออน (Ne) ตามอัตราส่วนที่กำหนดแล้วจะมีแหล่งพลังงานที่ใช้ในการกระตุ้นพลังงานอะตอมอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีการปลดปล่อยประจุเกิดขึ้น (Electrical Discharge) ซึ่งจะสามารถทำปฏิกิริยาให้กับแก๊สภายในหลอดเลเซอร์จนกระทั่งเกิดแสงเลเซอร์ออกมา โดยแสงเลเซอร์ที่ได้จะมีความยาวคลื่นประมาณ 632.8 นาโนเมตร แสงที่สามารถมองเห็นคือสีแดง และพลังงานที่สามารถทำได้ประมาณกำลังประมาณ 0.5 – 50 มิลลิวัตต์



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่าง He-Ne Gas Laser ที่ให้พลังงานทำให้เกิดแสงสีแดงเกิดขึ้น
(ที่มา: <http://technology.niagarac.on.ca/courses/phtn1300/HeNeLasers.html>)

2.2 ทฤษฎีและหลักการซิกม่า ซิกมา

2.2.1 ประวัติความเป็นมาของ Six Sigma

จุดกำเนิดของ Six Sigma เริ่มมาจากบริษัทโมโตโรล่า (Motorola) ทำการพัฒนาและสร้างโครงสร้างเพื่อการปรับปรุงคุณภาพของสินค้าภายใต้การนำของนาย มิเกล เจ แฮร์รี่ (Harry, 1998) โดยจากแนวความคิดนี้ถูกต่อยอดมาจากการที่ใช้การประยุกต์สูตรและวิธีทางสถิติจนได้เป็นแนวความคิดแบบ Six Sigma ทางบริษัทได้มีการอบรมแนวความคิดนี้ให้กับคนในองค์กร แล้วนำไปประยุกต์ใช้ในแต่ละส่วนงาน ซึ่งผลที่รับออกมาทำให้เกิดยอดขายและอัตราการเติบโตที่สูงขึ้นทำให้เกิดคุณภาพที่ดีส่งผลให้กับลูกค้า เป็นการบริหารที่มุ่งเน้นในการลดความผิดพลาด ลดความสูญเปล่า และลดการแก้ไขตัวชิ้นงาน และสอนให้พนักงานรู้แนวทางในการทำธุรกิจอย่างมีหลักการ ซึ่งในปีนั้นเองทางบริษัทได้มีการตีพิมพ์เปิดเผยวิธีการใหม่ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของสินค้าภายใต้ชื่อ วิธี “Six Sigma”

2.2.2 ความหมายและหลักการ Six Sigma

Sigma นั้นเป็นกระบวนการที่ช่วยให้เกิดคุณภาพของ ผลิตภัณฑ์ สินค้า และบริการ ซึ่งถูกพัฒนามาเพื่อลดความแปรปรวน และลดข้อบกพร่องภายในกระบวนการ รวมถึงการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ผลลัพธ์ที่ดีต่อธุรกิจ โดยการใช้การพัฒนาคุณภาพและกลยุทธ์วิธีทางสถิติ การลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น (Defect) ในแนวทางของ Six Sigma นั้นจะสามารถให้เกิดขึ้นอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ไม่เกิด 3.4 หน่วยในล้านหน่วย หรือเรียกอีกอย่างว่า การลดโอกาสความสูญเสียลง 3.4 หน่วยนั่นเอง (Defect Per Million Opportunities, DPMO) จากสัญลักษณ์อักษรกรีก σ (Sigma) นั้นในทางสถิติ หมายถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นตัวที่บ่งบอกถึงการกระจายตัวของข้อมูล ขอบเขตกำหนด (Specification limit) และการแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

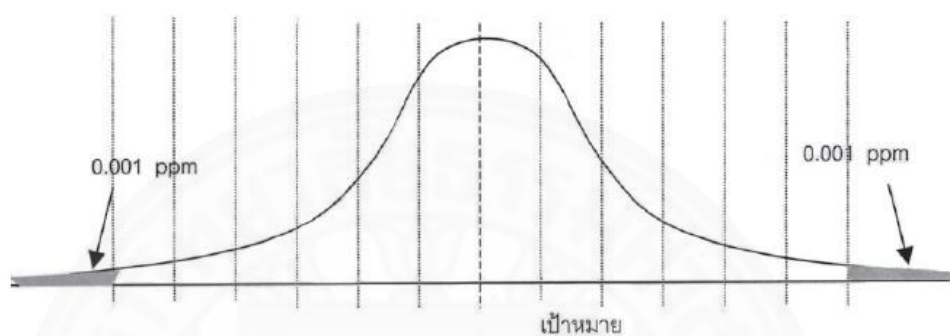
ระดับคุณภาพของ Sigma (Sigma level) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{Sigma level} = \min \left[\frac{\bar{x} - LSL}{\sigma}, \frac{USL - \bar{x}}{\sigma} \right]$$

ภาพที่ 2.5 ระดับคุณภาพ Sigma

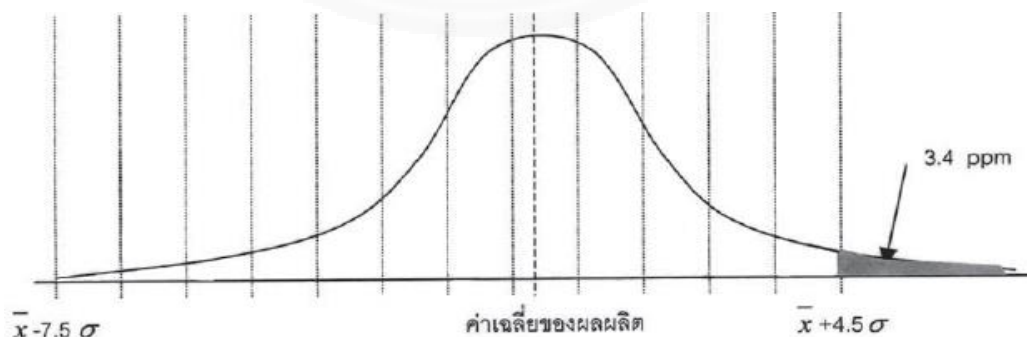
ที่มา: กัญรัตน์ คมวัชระ, (2547). วารสารประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ในระดับของกระบวนการผลิตที่มีการใช้อยู่ในระดับ Six Sigma ที่สมบูรณ์นั้น ระดับที่ยอมรับได้จะมีค่าเท่ากับ 6.0 จะได้ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติที่ต้องการของผลผลิตตรงกับเป้าหมายพอดี ซึ่งในกระบวนการจะมีอัตราส่วนระหว่างจำนวนผลผลิตที่มีตำหนิ บกพร่อง ผิดพลาด หรือเสียหายต่อจำนวนหนึ่งล้านผลผลิต (Defect parts-per-million, DPPM) มีค่าเท่ากับ 0.002 ดังแสดงภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ขอบเขตล่างที่ระดับ Six Sigma จะพบดีเฟคเกิดขึ้น 0.0022 ppm
ที่มา: กัญยรัตน์ คมวิษระ, (2547). วรสารประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เมื่อกระบวนการปล่อยนานไปจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากเป้าหมาย โดยขั้นร้ายแรงสุดความคลาดเคลื่อนนี้จะสูงถึง 1.5σ จึงเกิดความผิดพลาดจากเป้าหมายไป 1.5σ จากระดับ 6.0σ ทำให้ระดับลดลงเหลือ 4.5σ จำนวนของเสียต่อหนึ่งหน่วยล้านผลผลิตที่เกิดจะเท่ากับ 3.4 ตามภาพที่ 2.7 และความสัมพันธ์ของคุณภาพ Sigma และระดับค่า ppm แสดงในตารางที่ 2.1



ภาพที่ 2.7 ความคลาดเคลื่อนสูงกว่าเป้าหมายไป 1.5σ พบดีเฟคเกิดขึ้น 3.4 ppm
ที่มา: กัญยรัตน์ คมวิษระ, (2547). วรสารประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางที่ 2.1

จำนวนของเสียในแต่ละระดับของขอบเขต และระดับของ Sigma

ขอบเขต ข้อกำหนด (LSL & USL)	ค่าเฉลี่ย เป้าหมาย		ค่าเฉลี่ย เป้าหมาย $\pm 1.5\sigma$		Sigma level
	% ของผล ผลิตที่ดี	จำนวนดีเฟค ในหนึ่งล้านชิ้น	% ของ ผลผลิตที่ดี (1.5σ Shift)	จำนวนดีเฟค ในหนึ่งล้านชิ้น (1.5σ Shift)	
-1 σ & +1 σ	68.27	317,300	30.23	697,700	1
-2 σ & +2 σ	95.45	45,500	69.13	308,700	2
-3 σ & +3 σ	99.73	2,700	93.32	66,810	3
-4 σ & +4 σ	99.9937	63	99.370	6,210	4
-5 σ & +5 σ	99.999943	0.57	99.97670	233	5
-6 σ & +6 σ	99.9999998	0.002	99.999660	3.4	6

ที่มา: กัณยรัตน์ คมวัชระ, (2547). วรรณสารประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(1) ดัชนีวัดความสามารถ (Capability Index)

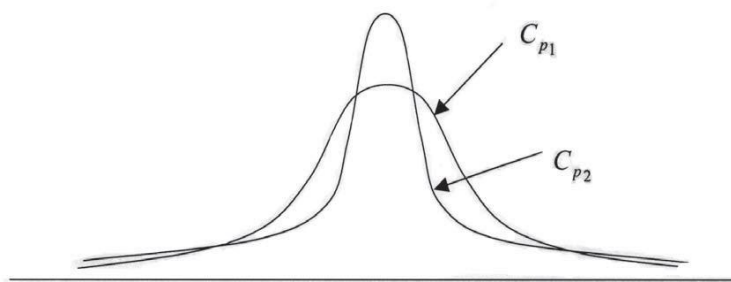
การวัดความสามารถของกระบวนการในวิธี Six Sigma โดยใช้ดัชนีศักยภาพ
ของความสามารถของกระบวนการ (Potential process Capability Index) C_p และดัชนีวัด
ความสามารถของกระบวนการ (Process Probability index) C_{pk}

$$C_p = (\text{Specification width}) / (\text{Process spread}) = (USL - LSL) / 6\sigma$$

ภาพที่ 2.8 สมการดัชนีศักยภาพของความสามารถของกระบวนการ C_p

ที่มา: กัณยรัตน์ คมวัชระ, (2547). วรรณสารประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จะเห็นได้ว่ากระบวนการที่มีค่าการกระจายคุณภาพผลผลิตกว้างจะมีค่า σ
มากจะทำให้ศักยภาพกระบวนการนั้นต่ำ แต่ถ้า σ ต่ำจะเป็นผลให้เห็นศักยภาพของกระบวนการนั้น
สูงขึ้นตามภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 การกระจายตัวของข้อมูลและค่า Cp
ที่มา: กัญยรัตน์ คมวัชระ, (2547). วรสารประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(2) ดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Index, Cpk)

เป็นดัชนีที่วัดความสามารถของกระบวนการในความเป็นจริงเมื่อมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น จากสมการจากภาพที่ 2.10 จะพบว่า Cpk จะสูงขึ้นเมื่อค่า x (ค่าเฉลี่ยที่สนใจ) เข้าใกล้เป้าหมาย (T) หรือค่า σ มีค่าน้อยมาก

$$k = \frac{|T - \bar{x}|}{\frac{1}{2}(USL - LSL)}$$

$$C_{pk} = C_p(1 - k)$$

ภาพที่ 2.10 ความสัมพันธ์ของ Cpk และ Cp

ที่มา: กัญยรัตน์ คมวัชระ, (2547). วรสารประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เมื่อเรานำเอา Cpk และ Cp มาดูความสัมพันธ์กับระดับของ Six Sigma โดยที่ภาคหน้ามีความคลาดเคลื่อน 1.5σ เปรียบเทียบระหว่าง Cp กับ Cpk นั้น $C_p > C_{pk}$ ประมาณ 0.5

$$\text{Sigma level} = 3 C_{pk} + (\Delta/\sigma)$$

$$\text{Sigma level} = 3 C_{pk} + (1.5)$$

$$C_p = C_{pk} + (1.5)$$

ภาพที่ 2.11 ความสัมพันธ์ของ Cpk และ Cp ในระยะยาว

ที่มา: กัญยรัตน์ คมวัชระ, (2547). วรสารประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางที่ 2.2

ความสัมพันธ์ระหว่าง C_p , C_{pk} และ Sigma level

ขอบเขตข้อกำหนด	C_p	C_{pk} (with 1.5σ Shift)	Sigma Level
1.5 σ	0.5	0	1.5
3.0 σ	1.0	.05	3.0
4.5 σ	1.5	1.0	4.5
6.0 σ	2.0	1.5	6.0

ที่มา: กันยรัตน์ คมวิษระ, (2547). วรสารประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จุดมุ่งหมายของ Six Sigma นั้นเพื่อพัฒนา C_p ให้ได้อย่างน้อยเท่ากับ 2.0 โดยการดำเนินการบริหารคุณภาพแบบ Six Sigma นั้นจะเป็นการพัฒนาพร้อมกันทั้งองค์กรเพื่อให้เกิดคุณภาพต่อผลิตภัณฑ์ โดยที่จะต้องมีการวิเคราะห์องค์กรในการเปลี่ยนแปลงในเรื่องต่าง ๆ เช่น ผู้นำมีวิสัยทัศน์ในการบริหารโครงการที่ดี รวมทั้งองค์กรบริหารหรือดำเนินการ ทั้งเรื่องวัฒนธรรม ทักษะคน วิถีคิด การทำงานร่วมกันภายในและภายนอกองค์กร มีการจัดตั้งคณะกรรมการทำงานที่เข้มแข็งและมีการวางระบบและแผนงานการดำเนินงานที่ดี มีการบริหารความรู้ภายในที่ดีมีการพัฒนาบุคลากรอย่างต่อเนื่อง ทั้งหมดนี้เพื่อลดปัญหาที่อาจเกิดและเพิ่มโอกาสในการนำระบบบริหารไปสู่การปฏิบัติที่ดีนำไปสู่ผลลัพธ์ที่เพิ่มมูลค่าต่อองค์กรโดยรวม

2.2.3 กระบวนการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการ DMAIC

กระบวนการ Six Sigma เป็นกระบวนการที่สามารถวัดประสิทธิภาพในการทำงานและความแปรปรวนของกระบวนการได้แล้วนั้น ยังมีกระบวนการในการหาสาเหตุข้อบกพร่อง ความสูญเสียหรือความเสียหาย แล้วมีการวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงคุณภาพหรือวิธีการปฏิบัติงานได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้น จึงสามารถมองได้ว่าเป็นเหมือนกลยุทธ์ที่ช่วยองค์กรมีผลลัพธ์ที่ดี เกิดมูลค่าที่ดีเกิดขึ้นได้อีกแนวทางหนึ่ง โดยกระบวนการนั้น คือ วิธีการ DMAIC หรือ Define-Measure-Analyze-Improve-Control ซึ่งมี 5 กระบวนการดังนี้

(1) กระบวนการค้นหาและระบุปัญหา (Define-D)

เป็นแนวทางขั้นตอนแรกในการกำหนดขอบเขตของปัญหาและขอบเขตของโครงการอย่างชัดเจน มีการกำหนดหัวข้อที่ชัดเจนเพื่อเป็นแนวทางแรกที่จะต้องทำความเข้าใจต่อปัญหาที่กระทบต่อองค์กร หลังจากนั้นก็จะมีการจัดทำแผนงานในการดำเนินการ แล้วทำความเข้าใจในกระบวนการเพื่อหาปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดปัญหาที่กระทบต่อคุณภาพ ซึ่ง Define phase นี้

จะสามารถทำให้เข้าใจภาพรวมและทราบความต้องการที่แท้จริงของลูกค้า ลดข้อบกพร่อง พร้อมทั้งยังปรับกระบวนการใหม่ทำให้เกิดความพึงพอใจต่อลูกค้าได้

(2) กระบวนการวัดผลและรวบรวมข้อมูล (Measure-M)

เป็นกระบวนการที่มีการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาตรวจสอบว่าผลการดำเนินงานของเรานั้น พบข้อบกพร่องมากน้อยเท่าไร หรือมีความสูญเสีย เสียหายมากน้อยเพียงใด และลูกค้ามีความพึงพอใจในผลลัพธ์หรือผลิตภัณฑ์มากน้อยเพียงใด หรือเป็นเหมือนการวัดขีดความสามารถกระบวนการที่ทำปฏิกิริยานั้นอยู่ในระดับใดเพื่อมีการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ทำการปรับปรุงไปในภายหลัง โดยสิ่งสำคัญที่ในการวัดค่านั้นต้องพยายามสิ่งที่มีผลทำให้เกิดผลกระทบเกิดเป็น จุดวิกฤติต่อคุณภาพ (Critical To Quality-CTQ) ซึ่งจะเป็นจุดที่ชี้ให้เป็นข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์ช่วงถัดไปได้ ทำให้การดำเนินการเป็นไปอย่างสัมฤทธิ์ผล

(3) กระบวนการวิเคราะห์ปัญหา (Analyze-A)

เป็นกระบวนการที่นำเอาข้อมูลที่รวบรวมมาทำการศึกษาและทำความเข้าใจ แล้วพิจารณาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา (Root Cause) โดยมองแยกแต่ละปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหานั้นส่งผลต่อ (CTQ) กระบวนการจะมีการตั้งสมมติฐาน แล้วพิสูจน์สมมติฐานจนกระทั่งสรุปปัจจัยที่เป็นรากเหง้าของปัญหานั้น

(4) กระบวนการปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve-I)

เป็นกระบวนการที่นำปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นส่งผลกระทบต่อคุณภาพหรือเกิดปัญหา จำเป็นต้องมีหลักการในการปรับปรุงกระบวนการ เช่น

(4.1) การทำแบบเรียบง่าย (Simplification)

(4.2) การทำให้กระบวนการกระชับ (Straight-line process)

(4.3) การทำกระบวนการทำงานไปได้พร้อมๆ กันไม่ต้องรอกระบวนการหนึ่งเสร็จแล้วค่อยทำกระบวนการที่สอง Parallel Process

(4.4) ไม่มีกระบวนการซ้ำซ้อน (Duplication Process)

(4.5) มีทางเลือกเพื่อสถานการณ์

(4.6) ขจัดคอขวด (Bottle Neck) ของกระบวนการ

(4.7) คิดหาแนวทางป้องกันและแก้ไขกับปัญหาที่จะเกิดขึ้น

(4.8) เสนอทางเลือกมาตรฐาน กรณีลูกค้ามีสิทธิเลือก แต่ควรควบคุมระดับที่เรายังสามารถคุมกระบวนการได้

(4.9) เสนอทางเลือกมาตรฐาน กรณีลูกค้ามีสิทธิเลือก แต่ควรควบคุมระดับที่เรายังสามารถคุมกระบวนการได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงเช่น FMEA, POKA YOKE, 7Waste control, DOE และอื่นๆ

(5) กระบวนการควบคุม (Control-C)

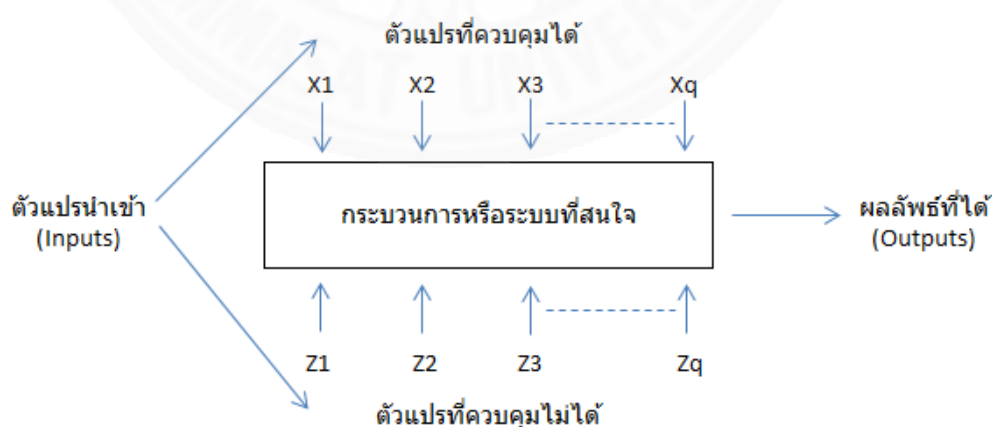
เป็นกระบวนการที่นำเอาผลการดำเนินงานจากการปรับปรุงมารักษาไว้เพื่อให้ได้ผลผลิตของผลิตภัณฑ์ที่สูงและมีคุณภาพที่ดี แต่ในส่วนนี้เป็นเรื่องที่ต้องมีการวางระบบแผนงานที่ดี มีวินัยในการปฏิบัติที่ดี มีความร่วมมือที่ดี และมีการติดตามผลการทวนสอบ ตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่คงอยู่อย่างยั่งยืน

2.3 การออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiments)

2.3.1 หลักการออกแบบการทดลอง

เป็นการทดสอบเพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้ง โดยทำการเปลี่ยนแปลงตัวแปรนำเข้า (Input Variable) ในระบบหรือกระบวนการที่สนใจ เพื่อมาทำการสังเกตและชี้ถึงสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้หรือการเปลี่ยนแปลงต่อสิ่งที่สนใจ (Output or Respond) ตัวแปรนำเข้าสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

1. ตัวแปร หรือปัจจัย ที่ควบคุมได้ (Controllable Variable or Factors)
2. ตัวแปร หรือปัจจัย ที่รบกวนระบบ (Uncontrollable or Noise Variables or Factors)



ภาพที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการหรือระบบที่สนใจ
ที่มา: รศ.ดร.ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ รศ.ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบุลย์, การออกแบบและการวิเคราะห์การทดลอง

การกำหนดตัวแปรที่ควบคุมได้ และตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ ขึ้นอยู่กับระบบโดยหลักตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้หรือตัวแปรรบกวน (Noise Variable) จะเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติรอบข้างของระบบ หรือส่วนของอุปกรณ์ที่ยากแก่การควบคุม ส่วนตัวแปรควบคุมได้ เช่น วัตถุดิบ เครื่องจักรที่ใช้ผลิต พนักงานควบคุม เป็นต้น ซึ่งในทุกกระบวนการเราสามารถอาจบันทึกเพื่อไว้ใช้เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ได้ในการสรุปการออกแบบการทดลองอีกทีหนึ่งได้

การออกแบบการทดลองเป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาหาว่าตัวแปรใด หรือพารามิเตอร์ใดนั้นมีผลต่อระบบ หรือเงื่อนไขใดที่เหมาะสมกับระบบ หรือกระบวนการ

การออกแบบกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์ (Process or Product Design) แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

1. การออกแบบระบบ (System Design) คือ การนำความรู้วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการ เพื่อกำหนดค่าเริ่มต้นลักษณะทางคุณภาพที่ต้องการของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ

2. การออกแบบพารามิเตอร์ (Parameter Design) คือ การศึกษาเพื่อกำหนดและระบุค่าที่เหมาะสมภายใต้สภาวะเงื่อนไขที่ต้องการต่อกระบวนการ

3. การออกแบบค่าพิกัดเผื่อ (Tolerance Design) คือ วิธีการกำหนดช่วงเพื่อที่เหมาะสมกระบวนการผลิต ที่ทำให้คุณภาพการผลิตสูงขึ้น และค่าใช้จ่ายต่ำลง

2.3.2 ประโยชน์ของการออกแบบการทดลอง วัตถุประสงค์มีด้วยกัน 4 ส่วน คือ

1. กำหนดตัวแปรที่ควบคุมได้ (Xs) ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงผลลัพธ์หรือตัวแปรตอบสนอง (Y)

2. กำหนดค่าตัวแปรที่ควบคุมได้ (Xs) ที่สามารถมีผลที่ทำให้ค่าตอบสนอง (Y) ได้ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการมากที่สุด

3. กำหนดค่าตัวแปรที่ควบคุมได้ (Xs) ที่สามารถมีผลที่ทำให้ค่าตอบสนอง (Y) ได้ค่าความแปรปรวนที่ต่ำที่สุด

4. กำหนดค่าตัวแปรที่ควบคุมได้ (Xs) ที่สามารถมีผลที่ทำให้ค่าตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ (Z) มีค่าน้อยที่สุด

2.3.3 คำศัพท์พื้นฐานที่ต้องทราบของการออกแบบการทดลอง

1. ตัวแปรตอบสนอง (Responses) คือ ตัวแปรผลลัพธ์ (Output) หรือสิ่งที่ต้องการควบคุมคุณภาพให้เป็นไปตามที่ต้องการ

2. ปัจจัย (Factors) คือ ตัวแปรนำเข้า (Inputs) ที่ใช้ในระบบหรือกระบวนการ แบ่ง 2 กลุ่ม คือ ปัจจัยหรือตัวแปรที่ควบคุมได้ และปัจจัยหรือตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้

3. ระดับปัจจัย (Level of Factors) คือ จำนวนปัจจัยที่เปลี่ยนในการทดลองแต่ละครั้ง

4. วิธีปฏิบัติ (Treatment) คือ ข้อกำหนดสำหรับทุกปัจจัย หรือตัวแปรที่ทำการศึกษาในการทดลองนั้นๆ

จำนวนครั้งที่ทดลอง (Runs or Experimental Runs) คือ จำนวนการทดลองทั้งหมดที่ดำเนินการต่อหนึ่งการทดลอง มีค่าเท่ากับ จำนวนวิธีปฏิบัติ คูณกับ จำนวนครั้งที่ทำการทดลองซ้ำ (Replicates)

2.3.4 แนวทางการออกแบบการทดลอง

1. กำหนดปัญหาที่ต้องการจะแก้ไข จำเป็นต้องระบุในวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2. เลือกปัจจัยที่จะทำการแปรค่าในการทดลอง และจำนวนระดับที่ใช้ในการทดลอง และจำนวนระดับที่ใช้ในการทดลอง

a. ระดับระดับที่มีการกำหนด (Fix Levels) ระดับปัจจัยสามารถควบคุม หรือ กำหนดค่าได้อย่างแน่นอน

b. แบบสุ่ม (Random Levels) ระดับปัจจัยไม่สามารถควบคุมหรือ กำหนดค่าได้อย่างแน่นอน

c. แบบผสม (Mix Levels) การผสมระดับปัจจัยเป็นทั้งสองแบบที่กล่าว

3. กำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) หรือตัวแปรผลลัพธ์ ระบุให้ตรงกับปัญหาหรือวัตถุประสงค์ในการทดลองที่ทำการทดลอง

4. การเลือกแบบแผนการทดลอง ต้องขึ้นอยู่กับรายละเอียดของจำนวนปัจจัยที่ใช้ศึกษา เช่นสนใจศึกษาปัจจัยเดียว แบบแผนจะใช้ การจำแนกทางเดียว (One-Way ANOVA) เป็นต้น

5. การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล จะต้องดำเนินการตามหลัก 3Rs ได้แก่ การทดลองแบบสุ่ม (Randomization) แต่ละการทดลองต้องทำซ้ำ (Replication) และพยายามลดความคลาดเคลื่อนในการทดลอง (Reduction of Error) นอกจากนี้ผู้ดำเนินการทดลองจำเป็นต้องคำนึงถึงหลักของ RVPP คือ วิเคราะห์ให้ตรงประเด็น (Relevant) เลือกตัวแปรให้เหมาะสมและสมเหตุสมผล (Validity) การทดลองต้องวัดผลได้ชัดเจนและแม่นยำ (Precise) และต้องทำได้จริงในทาง

ปฏิบัติ (Practicable) มีผลต่อค่าใช้จ่าย (Economically) เวลา (Timely) และทดลองได้จริง (Executable)

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ จะนำหลักการทางสถิติมาดำเนินการ และวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย และผลกระทบร่วมของปัจจัย การสรุปผลการทดลองเพื่อยืนยันผลลัพธ์ที่ได้และเพิ่มเติมข้อเสนอแนะ

2.3.5 ประเภทของการทดลอง (Type of Experiment)

1. การทดลองเดี่ยวหรือการทดลองเพียงครั้งเดียว (Single Experiment) คือ การทดลองที่ผู้ทำการทดลองมีความเข้าใจในระบบ หรือกระบวนการนั้นๆ เป็นอย่างดี และทราบปัจจัยที่มีความสำคัญในกระบวนการ แต่ต้องการรู้ถึงสาเหตุการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย

2. การทดลองอย่างต่อเนื่อง (Continuous Experiment) คือ การทดลองเพื่อจะลดค่าการเปลี่ยนแปลง (Variation) ในกระบวนการโดยมีเป้าหมายในการปรับปรุงกระบวนการ

3. การทดลองแบบคัดทิ้ง (Screening Experiment) คือ เพื่อพยายามปรับลดรายละเอียดของตัวแปรปัจจัยในกระบวนการหรือระบบ เพื่อที่จะได้จำนวนปัจจัยที่เหมาะสม และทำการดำเนินการทดลองได้จริง เพื่อให้ได้ค่าที่กำหนดอย่างเหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการ

4. การทดลองแบบเจาะจง (Focusing Experiment) คือ การทดลองที่มีเป้าหมายกำหนดจากความต้องการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยกำหนดค่าเหมาะสมให้กับปัจจัยที่เลือกเพื่อศึกษานั้นๆ

5. การทดลองเชิงลำดับ (Sequential Experiment) คือ การทดลองที่สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนหรือกระบวนการย่อยๆ ได้ ทำให้มีปัจจัยที่จะศึกษาในภาพรวมแต่ละขั้นตอนมาก จึงจำเป็นต้องแบ่งเป็นส่วนๆ และทำการทดลองกำหนดปัจจัย จากนั้นจึงนำมารวมเป็นข้อกำหนดกระบวนการในภาพรวมเพื่อให้สามารถทำการศึกษาระบบหรือระบบที่มีขนาดใหญ่มากได้จริงในทางปฏิบัติ

2.3.6 การเปรียบเทียบข้อมูลจากการทดลองอย่างง่าย (Simple Compare Experiments)

1. การสำรวจข้อมูลเบื้องต้น (Exploratory Data Analysis: EDA) เป็นการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงพรรณนา โดยมีการใช้กราฟหรือตารางเพื่อนำมาเสนอข้อมูล ผู้วิเคราะห์ข้อมูลสามารถอธิบายข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

a. ตำแหน่งของระบบ (Location Effective) หรือเป็นค่ากลางของข้อมูล โดยพิจารณาค่าแห่งข้อมูลอยู่ ณตำแหน่งใด และเป็นไปตามเป้าหมายหรือมาตรฐานที่ต้องการหรือไม่

b. การกระจาย (Dispersion Effect) หรือความแตกต่างในระบบพิจารณาจากค่าพิสัยของข้อมูลเพื่อสรุปการกระจายตัวภายในระบบ หรือเปรียบเทียบกับระบบอื่น เมื่อเงื่อนไขระบบแตกต่างกันออกไป

c. ภาพร่างลักษณะการแจกแจงของระบบ (Shape) โดยจะพิจารณานั้นสมมาตรหรือไม่ เนื่องจากหลักการวิเคราะห์ทางสถิติอนุมาน (Inference statistics) เช่น การทดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวน และการวิเคราะห์การถดถอยมีข้อสมมติที่สำคัญบนพื้นฐานการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) เป็นการแจกแจงแบบสมมาตร

d. ข้อมูลที่ผิดปกติ (Unusual Observation or Outliers) พิจารณาจากค่าข้อมูลว่าค่าแตกต่างกันมากเกินไปหรือไม่ (ค่านี้น้อยมากๆ หรือค่าสูงมากๆ) ค่าที่แตกจากกลุ่มออกไป และบางครั้งควรตัดทิ้งก่อนการวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การเก็บข้อมูล

2. การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) เป็นการทดสอบเพื่อหาข้อสรุปทางสถิติเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของระบบ เป็นพื้นฐานการอนุมานทางสถิติการหาข้อสรุปจะเน้นในค่าสถิติหลักทั้งสองกลุ่ม คือ ค่าเฉลี่ย (μ) และค่าความแปรปรวน (σ^2) เนื่องจากแปรผันโดยตรงกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เป็นค่าใช้อธิบายการกระจายตัวของข้อมูลภายในระบบ ตัวอย่าง

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

จากตัวอย่างนี้จะพบว่า $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ เป็นสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) และ $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

เป็นสมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis) ในการทดลองสมมติฐานจะดำเนินการโดยการสุ่มตัวอย่าง กับการคำนวณค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบที่เหมาะสม และมีการทำการสรุปผลว่าจะปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐาน H_0 นอกจากนั้นยังต้องกำหนดกลุ่มของค่าของข้อมูลที่ทำให้การปฏิเสธ H_0 กลุ่มค่านี้เรียกว่า “พื้นที่วิกฤต” หรือ “พื้นที่ของการปฏิเสธ” การทดสอบสมมติฐาน

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) เป็นวิธีการทดสอบ เพื่อหาข้อสรุปทางสถิติเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของระบบที่สนใจ เปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไป โดยมีพื้นฐานจากการวิเคราะห์สาเหตุ หรือแหล่งข้อมูลที่เกิดความแตกต่างค่าตอบสนอง (Respond) หรือค่าผลลัพธ์ลักษณะทางคุณภาพที่ต้องการควบคุม (Desired Quality Characteristics)

2.3.7 ความผิดพลาดในการทดสอบ (Test Error)

คือ การสรุปผลการทดสอบสมมติฐานออกมาแล้วไม่ตรงกับค่าที่แท้จริงของระบบ
ค่าผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานแบ่ง 2 กลุ่ม

1. ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I Error; α) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานหลักและยอมรับสมมติฐานอื่นๆ ค่าพารามิเตอร์ระบุใน H_0 สอดคล้องกับค่าที่แท้จริง ชื่อเรียกอีกอย่างว่า “ระดับนัยสำคัญ (Significance Level) หรือระดับการทดสอบ (Level of Test)”.

2. ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II Error; β) คือโอกาสที่ผลสรุปจากการทดสอบสมมติฐานไม่สามารถปฏิเสธข้อความในสมมติฐานหลักได้ (H_0) เมื่อค่าพารามิเตอร์ในสมมติฐานรองถูกต้อง (H_1) การทดสอบสมมติฐานนั้นต้องพยายามทำให้เกิดความผิดพลาดทั้ง 2 ประเภทเกิดขึ้นในน้อยที่สุด ปกติถ้า α ลดลง β จะเพิ่มขึ้น ทำนองเดียวกันถ้า α เพิ่มขึ้น β จะลดลงถ้าต้องการให้ค่าทั้งสองลดลงตามกันต้องทำการเพิ่มจำนวนข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ให้มากขึ้นด้วยจะดี

2.3.8 ขั้นตอนการตั้งสมมติฐาน แบ่งได้ 5 ขั้นตอนหลัก คือ

1. การตั้งสมมติฐาน คือ การระบุสิ่งที่ต้องการพิสูจน์เกี่ยวกับระบบโดยกำหนด H_1 ก่อนและข้อสมมติฐานที่ตรงข้ามกันจะระบุใน H_0

2. กำหนดระดับทดสอบหรือระดับนัยสำคัญ (Significance Level; α ช่วงการใช้งานส่วนมากใช้ที่ 5% ($\alpha = 0.05$) แต่สามารถใช้ระดับนัยสำคัญอื่นๆ ก็ได้

3. ระบุค่าตัวทดสอบทางสถิติหรือการแจกแจงทางสถิติที่ใช้ทดสอบ (Test Station) และคำนวณค่าโดยอาศัยข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งการทดสอบแบ่งได้ 2 กลุ่ม ขึ้นกับพารามิเตอร์ที่สนใจเกี่ยวกับระบบ

a. สนใจในการทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย θ ($\theta = \{ \mu, \mu_1 - \mu_2 \}$) แบ่ง 2 กรณี

i. ทราบค่าความแปรปรวนที่แท้จริง σ^2 ใช้ตัวทดสอบ

ii. ไม่ทราบ σ^2 แต่ทราบความแปรปรวนตัวอย่าง S^2 ใช้ตัวทดสอบ t

b. สนใจทดสอบเกี่ยวกับความแปรปรวน ($\theta = \{ \sigma^2, \sigma^2_1 - \sigma^2_2 \}$) แบ่ง 2

กรณี

i. กรณีศึกษาประชากรเดี่ยว (σ^2) ใช้ตัวทดสอบ X^2

ii. กรณีศึกษาสองประชากร (σ^2_1 / σ^2_2) ใช้ตัวทดสอบ F

4. กำหนดบริเวณวิกฤตหรือบริเวณปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) พื้นที่นั้นจะขนาดเท่ากัน และตำแหน่งกำหนดตามเครื่องหมาย H_1 โดยตามที่ทราบแล้วว่าค่าที่เป็นตัวแบ่งบริเวณปฏิเสธ H_0 และบริเวณปฏิเสธ H_0 ไม่ได้ นั่นคือ ค่าวิกฤต (Critical Value) ได้ค่าจากตารางตัวทดสอบนั้นๆ ในปัจจุบันจะพิจารณาจะใช้ค่า P-Value มาช่วยในการตัดสินใจ

5. สรุปผลการทดสอบ สรุปได้ 2 ลักษณะ คือ

a. พิจารณาค่าสถิติที่คำนวณใน การระบุค่าตัวทดสอบทางสถิติหรือการแจกแจงทางสถิติที่ใช้ทดสอบ ว่าอยู่ในบริเวณปฏิเสธ H_0 หรือไม่จะปฏิเสธ H_0 เมื่อค่าดังกล่าวตกในบริเวณปฏิเสธ H_0

b. พิจารณาเทียบพื้นที่โดยใช้ P-Value เทียบกับบริเวณปฏิเสธ H_0 (α) แทนจะปฏิเสธ H_0 เมื่อค่า P-Value $< \alpha$ เท่านั้น

2.3.9 ค่า P-Value และการคำนวณ

P-value คือ ระดับนัยสำคัญที่น้อยที่สุดที่จะสามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ในการทดสอบสมมติฐาน เมื่อสมมติฐานเหล่านั้นถูกต้อง 1-P-Value คือ ระดับความเชื่อมั่นที่แท้จริงของการทดสอบสมมติฐานนั้นๆ การสรุปผลนั้นจะต้อง “ทำการปฏิเสธ H_0 เมื่อค่า P-Value $< \alpha$ ” เท่านั้นไม่ต้องคำนึงเครื่องหมาย H_1

หมายเหตุ: ก่อนดำเนินการใช้ข้อมูลการวิเคราะห์ทางสถิติ ต้องตรวจสอบสมมติฐานโดยใช้กราฟความน่าจะเป็นของการแจกแจงปกติ (Normal Probability Plot) กราฟถ้ามีแนวโน้มเป็นเส้นตรงสามารถสรุปได้ว่า ค่าผิดพลาดมีการแจกแจงปกติ โดยการวิเคราะห์การแปรปรวนจะทำได้และภาพแบบสมการตัวแบบจะเหมาะสมเมื่อข้อสมมติข้างล่างนี้เป็นจริง

- i) ข้อมูลหรือค่าผิดพลาด มีการแจกแจงปกติ
- ii) $E() = 0$ (ค่าความผิดพลาดมีค่าเท่ากับ 0)
- iii) $V() =$ (ความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดเคลื่อนคงที่)
- iv) ค่าความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกัน ($Cov() =$)

2.3.10 การทดสอบสมมติฐานของตัวอย่างสองชุดที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Hypothesis Testing for Two Dependent Samples)

คือ ทำการเก็บตัวอย่างโดยสุ่มแบบไม่คำนึงลำดับเก็บข้อมูล ขนาดข้อมูลมาก แต่ประชากรมีขนาดเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ แต่เก็บข้อมูลกรณีไม่เป็นอิสระต่อกันนั้น อาจทำได้เลือกหน่วยตัวอย่างมาเพียงหนึ่งชุด และทำการวัดซ้ำมากกว่า 1 ครั้ง การวัดครั้งแรก คือ การเก็บข้อมูลชุดที่หนึ่ง ส่วนการวัดครั้งที่สอง คือ การเก็บข้อมูลชุดที่สอง วัตถุประสงค์ที่ดำเนินการนี้ เพื่อลด

ความผันแปรที่สามารถควบคุมได้จากความแตกต่างของหน่วยตัวอย่างเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในการเปรียบเทียบ

การเก็บข้อมูลแบบไม่เป็นอิสระต่อกันเปรียบได้กับการออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในแต่ละกลุ่ม (Complete Randomized Block Design, RBD) ส่วนการเก็บข้อมูลแบบเป็นอิสระต่อกันนั้นเปรียบได้กับการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลกรณีตัวอย่างตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป มีความจำเป็นต้องทราบลักษณะการเก็บข้อมูลของผู้ศึกษา เพื่อเลือกวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสม

"CRD"		"RBD"								
คำสั่งเขตที่	วิธีปฏิบัติ (Treatment)					กลุ่ม (Group)	วิธีปฏิบัติ (Treatment)			
	1	2	3	...	k		1	2	...	k
1	Y11	Y21	Y31		Yk1	1	Y11	Y21		Yk1
2	Y12	Y22	Y32		Yk2	2	Y12	Y22		Yk2
3	:	:	:	...	:	3	Y13	Y23		Yk3
:	:	Y2n2	:		:					
n	Y1n1		Y3n3		Yknk	b	Y1b	Y2b		Ykb

ภาพที่ 2.13 เปรียบเทียบการเก็บตัวอย่างกรณีเป็นอิสระและไม่เป็นอิสระต่อกัน

ที่มา: รศ.ดร.ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ รศ.ดร.พงษ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, การออกแบบและการวิเคราะห์การทดลอง

ข้อสมมติฐานการออกแบบการทดลองแบบ CRD และ RBD ที่สำคัญคือความเป็นอิสระต่อกันของหน่วยการทดลอง และการออกแบบการทดลองแบบ RBD จะมีค่าความคลาดเคลื่อน (Error) น้อยกว่าหรือเท่ากับ CRD เสมอตามสมการ ดังนี้

$$\text{CRD} : Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon^*_{ij} \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{RBD} : Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{----- (2)}$$

จากตัวแบบ (1) และ (2) นั้นจะพบว่า ε^*_{ij} ใน (1) นั้นมีค่าเท่ากับ $\beta_j + \varepsilon_{ij}$ ดังนั้นค่า $\varepsilon_{ij} \leq \varepsilon^*_{ij}$ เมื่อ $\beta_j \geq 0$ การเลือกการวิเคราะห์ผิด ตลอดถึงการเก็บข้อมูลที่ไม่เหมาะสมจะ ทำให้ความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์เพิ่มมากขึ้น

2.3.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA)

คือ เทคนิคพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าตอบสนอง (Respond) หรือลักษณะทางคุณภาพ (Quality Characteristics) ที่สนใจศึกษาหรือปรับปรุงของผลิตภัณฑ์ (ผลลัพธ์: Output) สมการความแปรผันที่เกิดขึ้นในข้อมูล ความแปรผันทั้งหมด = ความแปรผันเนื่องจากปัจจัย + ความแปรผันโดยธรรมชาติ

ข้อมูลสมการดังกล่าวทำให้เห็นว่าความต่างกันข้อมูลนั้นไม่ได้มาจากสาเหตุความแปรผันธรรมชาติเพียงอย่างเดียว แต่อาจจะมาจากหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดความแปรผัน

ปัจจัยที่คาดว่ามื่ออิทธิพลต่อความแปรผันข้อมูลถือได้ว่าเป็นตัวแปรอิสระ ซึ่งมีผลต่อตัวแปรตามเป็นข้อมูลที่เก็บรวมข้อมูลตัวแปรอิสระดังกล่าวจะมีหลายค่า ซึ่งเรียกว่า ระดับของปัจจัย มีผลต่อตัวแปรตามแต่ละระดับจะมีผลตัวแปรตามไม่เหมือนกัน การวิเคราะห์ทำโดยกำหนดตัวแปรอิสระระดับต่างๆ เพื่อหาตัวแปรตามที่เกิดจากการทดลอง แล้วนำมาวิเคราะห์ว่าความแปรปรวนที่เกิดความแตกต่างการทดลองมีนัยสำคัญหรือไม่เมื่อเทียบกับตัวแปรธรรมชาติตัวแปรตาม และเพื่อให้ผู้วิเคราะห์มีความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ในการทดลองจะทำการทดลองซ้ำให้ได้จำนวนข้อมูลที่มากพอ การเลือกระดับปัจจัยจะเป็นการเจาะจง ภาพแบบการทดลองจะถูกเรียกว่า แบบผลกระทบคงที่ผลที่ได้จากการทดสอบจะสรุปได้เฉพาะอิทธิพลปัจจัยที่ระดับที่นำมาทดสอบ ถ้าเลือกระดับปัจจัยแบบสุ่มภาพแบบการทดสอบผลที่ได้จะสรุปผลโดยรวมของปัจจัย

ความแปรผันทั้งหมด = ความแปรผันเนื่องจากปัจจัย + ความแปรผันโดยธรรมชาติข้อมูลเปรียบเทียบกับสมการทางคณิตศาสตร์

$$SS_T = SS_{Tr} + SS_E$$

โดยที่

SS_T คือ ผลบวกกำลังสองของทั้งหมดที่ปรับแล้ว

SS_{Tr} คือ ผลบวกกำลังสองของปัจจัยหรือวิธีปฏิบัติ

SS_E คือ ผลบวกกำลังสองของค่าผิดพลาดหรือสิ่งที่อธิบายไม่ได้

การวัดความแปรผันจากข้อมูลในการทดลองจะใช้ค่าประมาณความแปรผัน (Variance) ที่ดีที่สุด ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (MS – Mean Square) โดยค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองคำนวณมาจาก

$$MS = SS / DF$$

SS คือ ผลบวกกำลังสอง (Sum of Square)

DF คือ ชั้นของระดับความอิสระ (Degree of Freedom)

การวิเคราะห์ทางสถิติที่นำมาใช้ คือ (F Test)

$$F = MS_{Tr} / MS_E$$

MS_T คือ ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของปัจจัย

MS_E คือ ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของความผิดพลาดแบบสุ่ม

การเปรียบเทียบทางสถิติ F test

ถ้า $F \geq F_{\alpha, v_1, v_2}$ ปฏิเสธ H_0

ถ้า $F \leq F_{\alpha, v_1, v_2}$ ยอมรับ H_0

เมื่อ α คือ ระดับนัยสำคัญ V_1 คือ ชั้นของความอิสระปัจจัย V_2 คือ ชั้นความอิสระความผิดพลาดแบบสุ่ม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนกรณีสุ่มอย่างสมบูรณ์ CRD หรือจำแนกทางเดียว (One Way ANOVA) แสดงตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง และค่าคาดคะเนของค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง E (MS) ตามตาราง ดังนี้

ตารางที่ 2.3

การวิเคราะห์ความแปรปรวนกรณีจำแนกทางเดียว

แหล่งที่มา (Source)	องศาเสรี (DF)	ผลบวกกำลังสอง (Sum Square)	ค่าเฉลี่ย SS (Mean Square)	ค่าสถิติ (F Test)
วิธีปฏิบัติงาน (Treatment)	a-1	SSA	$MSA = SSA / (a-1)$	$F = MSA / MSE$
ความผิดพลาด (Error)	N-a	$SSE = SST - SSA$	$MSE = SSE / (N-a)$	
ทั้งหมดที่ปรับแล้ว (Total adj.)	N-1	SST		

ที่มา: รศ.ดร.ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และรศ.ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, การออกแบบและการวิเคราะห์การทดลอง

2.4 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools)

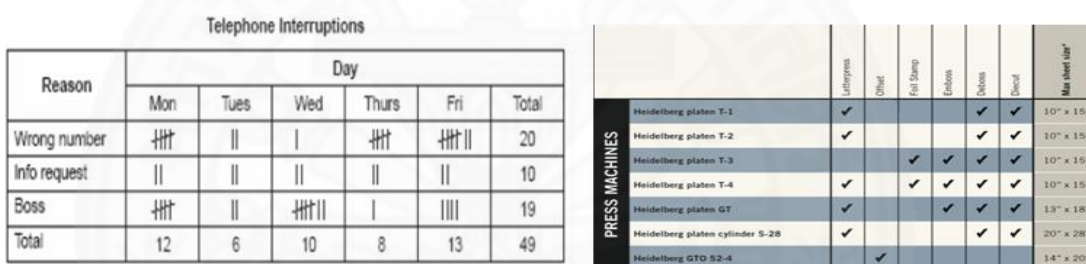
ในส่วนการดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับ Quality Control นั้นเริ่มมาจาก ค.ศ. 1946 JUSE (Union of Japanese Scientists and Engineers) ได้ถูกก่อตั้งแล้วมีการจัดตั้งกลุ่ม Quality Control Research Group ขึ้นมาเพื่อค้นคว้าให้การศึกษาและเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบการควบคุม คุณภาพทั่วทั้งประเทศ โดยมีจุดหมายเพื่อลบภาพจน์สินค้าคุณภาพต่ำ ราคาถูกออกจากสินค้าที่ "Made in Japan" และเพิ่มพลังการส่งออกไปพร้อมกัน ต่อมาในปี ค.ศ. 1954 ดร. จูราน (Dr. J. M. Juran) ได้ ถูกเชิญมายังประเทศญี่ปุ่น เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริหารระดับสูงภายในองค์กรในการนำเทคนิค เหล่านี้มาใช้งาน โดยได้รับความร่วมมือจากพนักงานทุก ๆ คนถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาและรวบรวมเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพได้ถึง 7 ชนิดที่เรียกว่า QC 7 Tools มาใช้ ซึ่งเครื่องมือต่างๆ นั้นสามารถแจกแจง ดังนี้

2.4.1 แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet)

แบบฟอร์มสำหรับการบันทึกข้อมูลอย่างง่ายแล้ว มีการออกแบบให้สามารถดูผลลัพธ์ต่างๆ สะดวกต่อการอ่านข้อมูลเบื้องต้น โดยประเภท Check Sheet แบ่งได้เป็น

- 1) แผ่นตรวจสอบสำหรับการบันทึกข้อมูล
- 2) แผ่นตรวจสอบสำหรับการค้นหาสาเหตุ
- 3) แผ่นตรวจสอบสำหรับการกระจายตัวของกระบวนการผลิต
- 4) แผ่นตรวจสอบสำหรับระบุตำแหน่งการเกิดปัญหา

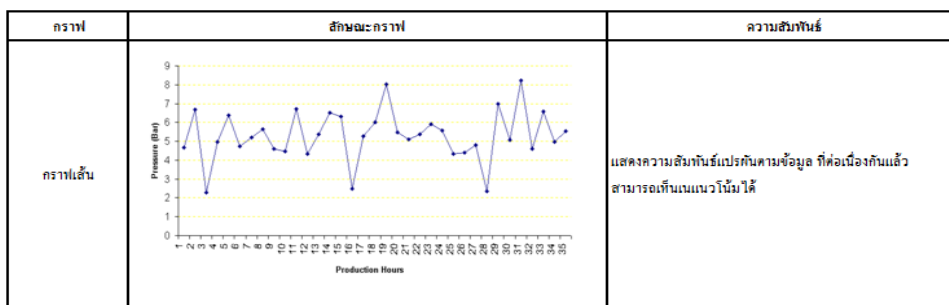
วัตถุประสงค์ของการออกแบบฟอร์มเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล เพื่อควบคุม และติดตาม (Monitoring) ผลการดำเนินการผลิต เพื่อการตรวจสอบ และเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุความไม่สอดคล้อง



ภาพที่ 2.14 ตัวอย่าง Check Sheet (ที่มา: www.thaidisplay.com)

2.4.2 แผนภูมิกราฟ (Graph)

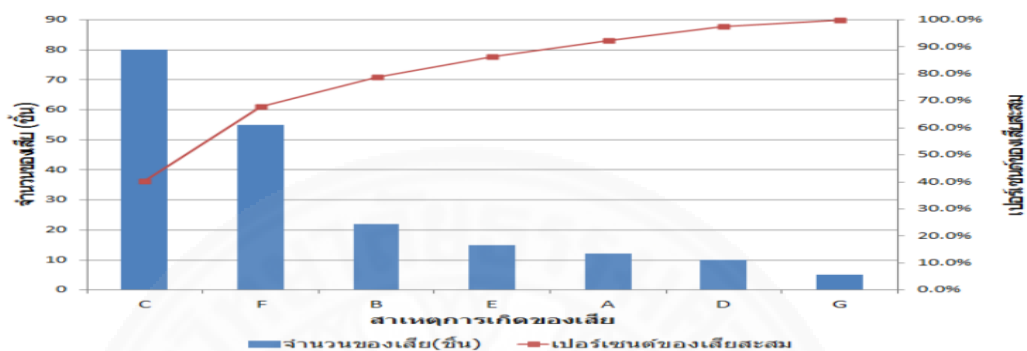
แผนภูมิกราฟภาพที่แสดงถึงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งสามารถทำให้ง่ายต่อความเข้าใจโดยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้ แสดงข้อมูลที่เป็นตัวเลข หรือสัดส่วนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปตามลำดับเวลา ทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่มีตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป โดยตารางนั้นมีหลายแบบที่จะให้เลือกใช้ตามข้อมูลที่ต้องการ



ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างกราฟ ลักษณะกราฟ และความสัมพันธ์ ที่มา: กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2550)

2.4.3 แผนผังพาเรโต (Pareto Diagram)

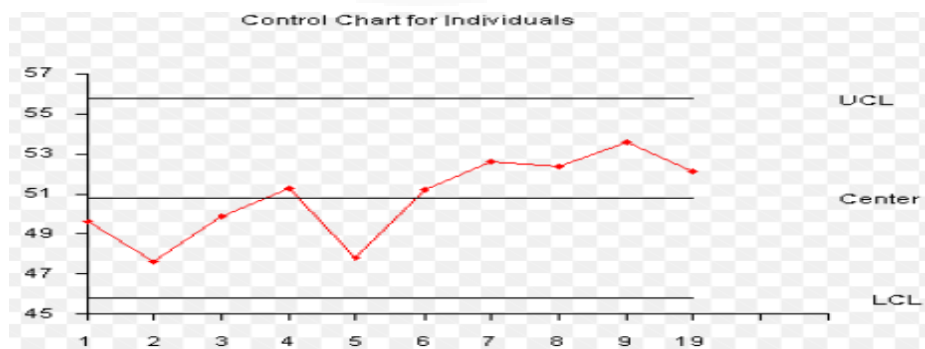
เป็นแผนภูมิจัดลำดับปัญหา และสามารถตรวจสอบปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในองค์กร ว่าปัญหาใดเป็นปัญหาสำคัญที่สุด โดยการเรียงลำดับจากความสำคัญตามจำนวน มีการแสดงอัตราส่วนเทียบกับทั้งหมดเป็นร้อยละของจำนวนทั้งหมด



ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างผังพาเรโต ลักษณะกราฟ และความสัมพันธ์
(ที่มา: บทความ Learning be, <http://learning-be.blogspot.com>)

2.4.4 แผนภูมิการควบคุม (Control Chart)

เป็นแผนภูมิที่อาศัยข้อมูลจากข้อกำหนดทางด้านเทคนิคที่ระบุถึงคุณสมบัติหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ที่จะทำการผลิตแผนภูมิการควบคุมเป็นกราฟเส้น (Line Graph) ที่ใช้เพื่อติดตามคูแวนโน้มหรือผลการปฏิบัติงาน โดยใช้ข้อมูลที่อยู่ภายในขอบเขตการควบคุม (Control Limits) ขอบเขตการควบคุมจะมีช่วง (Range) ประกอบด้วยขอบเขตการควบคุมบน (Upper control limit : UCL) และขอบเขตการควบคุมล่าง (Lower control limit : LCL) การควบคุมจะควบคุมไม่ให้เกิดการปฏิบัติงานในแต่ละระยะเวลาออกนอกขอบเขตทั้งสอง

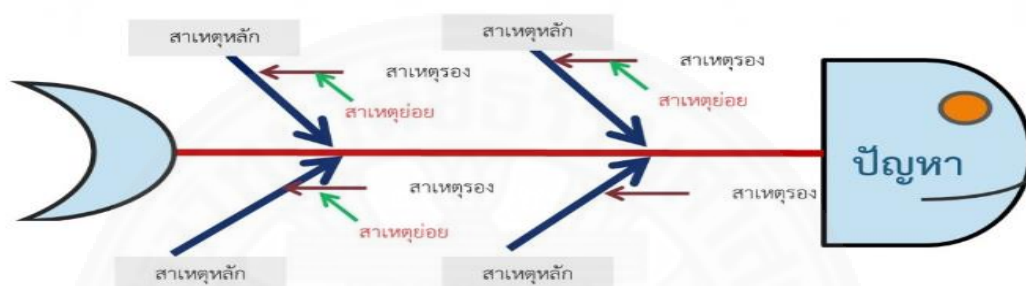


ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม

(ที่มา: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pmc/section3/pmc322.htm>)

2.4.5 ผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) หรือผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

แผนผังสาเหตุและผล เป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) โดยเริ่มจากรวมกลุ่มเพื่อตั้งปัญหา กำหนดปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา หาสาเหตุปัญหา วิเคราะห์ปัญหา และหาแนวทางปรับปรุง



ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างผังแสดงเหตุและผล หรือผังก้างปลา

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

2.4.6 ฮิสโตแกรม (Histogram)

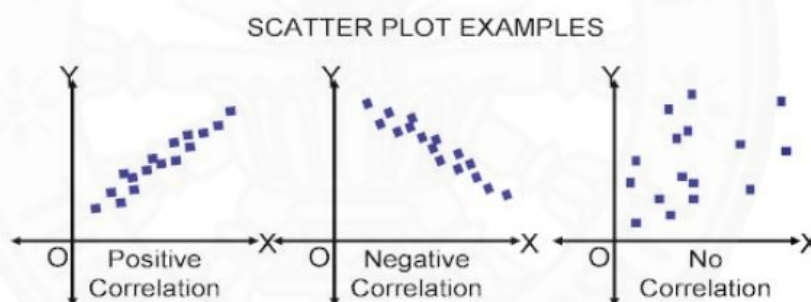
กราฟแท่งแบบเฉพาะที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเป็นหมวดหมู่ที่เรียกว่า ชั้นข้อมูลกับความถี่ของข้อมูล เพื่อการกระจายของข้อมูล ลักษณะของข้อมูลที่เป็นหมวดหมู่จะเรียงลำดับจากน้อยไปหามากโดยจำนวนหมวดหมู่ของข้อมูลจะจัดตามความเหมาะสม โดยแกนตั้งจะเป็นตัวเลขแสดง “ ความถี่ ” และแกนนอนจะเป็นข้อมูลคุณสมบัติของสิ่งที่เราสนใจ แท่งกราฟแต่ละแท่งจะมีความกว้างเท่ากันซึ่งเท่ากับกว้างของชั้นข้อมูล ส่วนความสูงของกราฟแต่ละแท่งนั้นจะสูงเท่ากับจำนวนความถี่ของแต่ละชั้นข้อมูล ประโยชน์สำคัญของการใช้ฮิสโตแกรม (Histogram) คือ การใช้เพื่อวิเคราะห์ความถี่ของข้อมูลแล้วตัดสินใจว่าการแจกแจง หรือการกระจายข้อมูลแบบใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์ไปในทิศทางที่ดีหรือไม่ และยังสามารถใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลจากการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุงและนำมาใช้วิเคราะห์หาความสามารถของกระบวนการผลิต (Process capability)



ภาพที่ 2.19 ตัวอย่างฮิสโตแกรม (ที่มา: <https://en.wikipedia.org/wiki/Histogram>)

2.4.7 แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram)

กราฟแท่งแบบเฉพาะที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเป็นหมวดหมู่ที่เรียกว่า ชั้นข้อมูลกับความถี่ของข้อมูล เพื่อดูการกระจายของข้อมูล ลักษณะของข้อมูลที่เป็นหมวดหมู่จะเรียงลำดับจากน้อยไปหามากโดยจำนวนหมวดหมู่ของข้อมูลจะจัดตามความเหมาะสม โดยแกนตั้งจะเป็นตัวเลขแสดง “ ความถี่ ” และแกนนอนจะเป็นข้อมูลคุณ



ภาพที่ 2.20 ตัวอย่างแผนผังการกระจาย

(ที่มา: <http://econs.co.th/wp-content/uploads/2016/07/5.jpg>)

2.5 วรรณกรรมปริทัศน์

2.5.1 งานวิจัยที่ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในอุตสาหกรรมด้วยวิธีการ DMAIC

วีรพล จันทร์บุญ (2555) การปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเลเซอร์เมาส์ด้วยวิธีการ DMAIC โดยจากการระบุปัญหานั้นเล็งเห็นถึงขั้นตอนการทดสอบทางไฟฟ้ามีอัตราผลที่ต่ำที่สุดและอัตราการเกิดของเสีย Pixel Map มากถึง 51% และ Regulator มีอัตราการเกิดของเสียมากถึง 20% โดยมูลค่าเสียมากถึง 4.8 ล้านบาทต่อปีซึ่งกระทบต่อต้นทุนขององค์กร จากแนวทางการศึกษา

ตามแนวทางขั้นตอนการวัดที่ใช้เครื่องมือการช่วยการค้นหารากของปัญหาพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อ pixel map ได้แก่ ระยะห่างของการยึด Die กับ VCSELs และปัจจัยที่มีผลต่อ Regulator ได้แก่ พารามิเตอร์การปรับตั้งเครื่องทดสอบ รวมถึงการใช้เทคนิคในการวิเคราะห์และการออกแบบทดลอง DOE นำข้อมูลมาลงตั้งสมมติฐานและหาสถานะที่เหมาะสมจากงานวิจัยนี้จนพบพารามิเตอร์ที่เหมาะสม จากผลลัพธ์ดังกล่าวนี้ ทำให้ความสามารถทางการทดสอบไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นจาก 96.2% เพิ่มเป็น 98.6% ซึ่งเพิ่มขึ้นสูงเกินกว่าเป้าหมายปกติที่ตั้งไว้ คือ 98% ทางผู้จัดทำได้ทำการควบคุมปัจจัยต่างและได้ออกเอกสารควบคุมกระบวนการรวมทั้งประยุกต์ใช้พร้อมทั้งหาแนวทางมาทำให้สิ่งที่ปรับปรุงไปนั้นทำให้ผู้ใช้งานนั้นเข้าใจ และปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องเกิดผลลัพธ์ที่ดีแก่องค์กร หรือบริษัทต่อไป

2.5.2 งานวิจัยทำการลดของเสียในกระบวนการโดยวิธีการซิกซ์ซิกมา

นางสาวจิรณัฐ เล็กแข็ง (2557) การลดของเสียจากกระบวนการทดสอบความผันผวนโดยวิธีการซิกซ์ซิกมา จากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพกระบวนการ ด้วยการลดอัตราการเกิดของเสียภายในกระบวนการ ลดค่าใช้จ่ายของความผิดพลาดต่างๆ และเพิ่มผลกำไรจากกระบวนการผลิตเครื่องจ่ายไฟแบบคลื่นวิทยุ ผ่านวิธีซิกซ์ ซิกมา โดยกระบวนการดำเนินการแบบ DMAIC ซึ่งพบว่า หลังจากใช้เครื่องมือคุณภาพเกิดปัญหาเกี่ยวกับการกระบวนการประกอบทรานซ์ฟอเมอร์ และอิมพีแดนซ์แมทซ์ ดังนั้น จากการปรับปรุงพัฒนาประสิทธิภาพภายในกระบวนการไปนั้น ทำให้อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 69 เป็น 97 อัตราการเกิดข้อบกพร่องอัตราส่วนต่อหนึ่งล้านครั้งเป็นศูนย์ พบว่าผลลัพธ์ที่ดีต่อองค์กรและบริษัทในการเพิ่มผลผลิต ทำให้บริษัทมีผลลัพธ์อัตรากำไรขั้นต่ำเฉลี่ยประมาณ 5% ต่อปี

2.5.3 งานวิจัยปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการโดยแนวทางซิกซ์ ซิกมา

นายทวีชัย ชูเกียรติ (2552) การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการชুবวงจรรวมตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา โดยใช้แนวทาง DMAIC รวมทั้งใช้หลักการ DOE มาทำการทดลองและแก้ปัญหา ซึ่งต้องการลดจำนวนของเสียในกระบวนการชুবด้วยดีบุก และนิกเกิลในการผลิตวงจรรวมของบริษัท ปัญหาหลักใหญ่ที่เกิดของเสียและต้องการแก้ไขคือ ปัญหาชิ้นงานเสียภาพ ก่อนทำการปรับปรุง 126 ppm หลังการแก้ไขเหลือ 21 ppm ปัญหาการเกิดดีบุกส่วนเกิน ก่อนทำการปรับปรุง 65 ppm หลังการแก้ไขเหลือ 11 ppm ปัญหาการมีวัสดุปลอมแปลง ก่อนทำการปรับปรุง 42 ppm หลังการแก้ไขเหลือ 7 ppm จากการดำเนินการตามขั้นตอนทำให้ลดมูลค่าของเสียที่เกิดในกระบวนการได้ดีขึ้นผลที่ได้รับผลผลิตกระบวนการชুবได้เพิ่มเป็น 99.98% จาก 99.93% (เป้าหมายตั้งไว้ที่ 99.95%) นับว่าเป็นแนวทางที่ได้รับเกินกว่าความคาดหมาย ทำให้ทางบริษัทมีโครงการจะ

นำเอาแบบต้นแบบการปรับปรุงงานวิจัยนี้ไปขยายต่อยอดหรือประยุกต์ใช้กับโรงงานชุมชนรวมโรงงานอื่นๆ

2.5.4 งานวิจัยการลดของเสียในอุตสาหกรรมโดยการใช้เครื่องมือคุณภาพและเทคนิคซิกซ์ซิกมา

นายวิเชียร แก้วณะศรี (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2550) การลดจำนวนของเสียในอุตสาหกรรมทอลวดตาข่ายโดยใช้เครื่องมือคุณภาพและเทคนิคซิกซ์ซิกมา ดำเนินตามแนว DMAIC โดยสิ่งที่ต้องการพิจารณา คือ การลดข้อบกพร่องในโรงงานอุตสาหกรรม ทางผู้วิจัยนำเทคนิคด้านการควบคุมคุณภาพเข้ามาประยุกต์ในกระบวนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพและลดข้อบกพร่องวัตถุประสงค์งานวิจัยเพื่อวิเคราะห์สาเหตุการเกิดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง ในแผนการทอลวดตาข่ายเพื่อจัดการแก้ไขและป้องกันปัญหา และนำเอาเครื่องมือคุณภาพ DMAIC มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการเพื่อลดจำนวนของเสียในแผนการทอลวดตาข่าย รวมถึงการใช้เครื่องมือ 7 QC tools ช่วยการระบุสาเหตุหลักของข้อบกพร่องผลิตภัณฑ์ OS, BM และผลิตภัณฑ์ CP นำมาวิเคราะห์พร้อมกับการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงได้ทำการปรับปรุงปัญหาแต่ละผลิตภัณฑ์จากปัจจัยที่ได้ทำการวิเคราะห์ทำให้ OS ทำให้ข้อบกพร่องลดลงจาก 15.69% เหลือ 10.06% ผลิตภัณฑ์ OF จาก (เดือนมกราคม 2550) 7.65% ลดลงเหลือ 4.15% (เดือนเมษายน 2550) แนวโน้มปัญหาของ CP ลดลงเฉลี่ยจาก 2.74% เหลือ 1.05% ในเดือนเมษายน มูลค่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ก่อมูลค่าลดได้โดยรวมเฉลี่ยจากสิงหาคมถึงธันวาคม 15.69% เหลือ 15.23% ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงสเปกลูกค้าลดลงจาก 8.43% เหลือ 7.62% หลังการแก้ไขพบว่าผลการทดสอบสมมติฐานนั้นของเสียจากก่อนและหลังปรับปรุงมีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ดีเกิดขึ้นมา โดยแนวทางดำเนินการนี้ส่งผลให้เกิดการปรับปรุงในการทำงานและมีการควบคุมการทำงานด้วยการจัดการกับเอกสารปฏิบัติงานใหม่ที่ได้ทำการแก้ไขการดำเนินการและมีการติดตามและควบคุมการดำเนินการที่เกิดของเสียหรือข้อบกพร่องได้เป็นอย่างดีทำให้สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างทันทีเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้นำแนวทางการวิเคราะห์หรือหลักการจากวิธีการ DMAIC เพื่อนำมาปรับปรุงหรือพัฒนาเพื่อลดความสูญเสียของกระบวนการผลิต โดยนำเครื่องมือทางสถิติและเครื่องมือคุณภาพมาเป็นตัวตรวจสอบกระบวนการผลิต ซึ่งหลักการในการดำเนินการ มีด้วยกัน 5 ขั้นตอน คือ

1. การระบุปัญหา (Define)
2. การวัดความสามารถของกระบวนการ (Measure)
3. การวิเคราะห์สาเหตุปัญหา (Analyze)
4. การปรับปรุงโดยเน้นที่ต้นเหตุของปัญหา (Improve)
5. การควบคุมกระบวนการที่มีผลกระทบ (Control)

ซึ่งหลักการทั้ง 5 ขั้นตอนมีความสำคัญที่ช่วยให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพและเกิดประสิทธิผลได้ตามเป้าหมายที่ทางบริษัทได้ตั้งไว้ การดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 การค้นหาปัญหาและคัดเลือกโครงการ (Define)

การระบุปัญหาจากกระบวนการผลิตแก๊สเลเซอร์นั้น ผลลัพธ์ที่เราสนใจจะมุ่งไปที่ความสามารถพลังงานแสงที่วัดได้ของผลิตภัณฑ์เมื่อทำการประกอบเสร็จ ซึ่งจะมีการดำเนินการทดสอบวัดค่าพลังงานแสงดังกล่าวให้ได้ตามข้อกำหนดที่ทางลูกค้าได้ระบุไว้ ซึ่งข้อมูลนี้มีผลต่อจำนวนผลผลิตที่ดีก่อนการส่งผลิตภัณฑ์ขายและแปรผันตรงกันกับค่าเปอร์เซ็นต์ที่ดีของผลผลิตที่ดีของผลิตภัณฑ์ โดยการเก็บข้อมูลนั้นอ้างอิงอดีตถึงปัจจุบัน (ปี 2015-2017) ซึ่งจะสามารถดูเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิต Yield (Output / Input product) ถ้าผลผลิตที่ได้ออกมามาก หมายถึง สินค้าสำเร็จภาพจะดีมากและสามารถดำเนินการตรงตามการสั่งผลิตหรือสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งเราจะสามารถมองเห็นปริมาณของเสียนั้นว่าเกิดเกิดปริมาณมากหรือน้อยเพียงใด ซึ่งถ้าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ดีมีค่ามากค่าของเสียหรือเปอร์ของเสียจะน้อย แต่ทางกลับกันเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ดีมีค่าน้อย ค่าของเสียหรือเปอร์ของเสียจะมาก เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (Yield) ได้น้อยเป็นสิ่งที่ทางผู้จัดทำ และลูกค้าไม่ต้องการให้เกิดขึ้นอย่างแน่นอน การผลิตผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ SB18P-ROHS นั้นมีพื้นฐานกระบวนการผลิตจากผลิตภัณฑ์ SB18P และทางคณะผู้จัดทำและลูกค้าต้องให้ค่าผลผลิตได้ตามที่ต้องการหรือคล้ายกัน ซึ่ง อ้างอิงผลิตภัณฑ์โมเดล SB18P ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิต (Yield) ได้ประมาณร้อยละ 80 แต่ผลิตภัณฑ์ SB18P-ROHS ประมาณร้อยละ 70 ผลผลิตที่ดี ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำสนใจดำเนินการหา

แนวทางในการปรับปรุงของโมเดล SB18P-ROHS โดยมีเป้าหมายของการผลิตของผลิตภัณฑ์ร้อยละ 80 โดยหาสาเหตุปัญหาและแนวทางการปรับปรุงพร้อมทำการดำเนินการวิเคราะห์ของเสียดังกล่าว จากสาเหตุเบื้องต้น ซึ่งจะสอดคล้องกับหัวข้อโครงการที่สนใจ คือ “การลดอัตราส่วนของเสียการผลิตผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ชนิด ROHS”

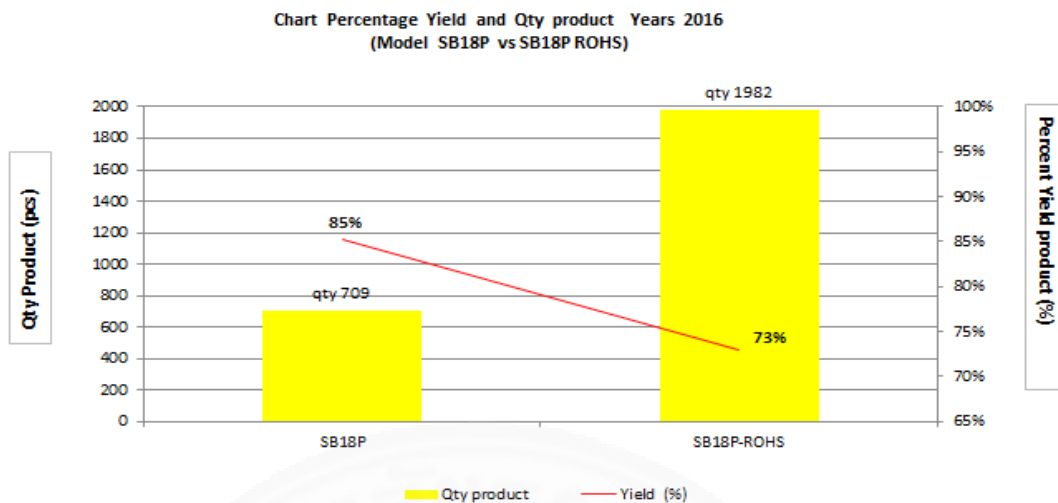
จากปัญหาที่เกิดขึ้น นำมาแยกปัญหาที่เกิดจากเปอร์เซ็นต์ของเสียที่มีผลกระทบมากที่สุด มาดำเนินการแก้ไขหรือปรับปรุงก่อน โดยมีขั้นตอนย่อยดังนี้

3.1.1 จัดคณะดำเนินการ

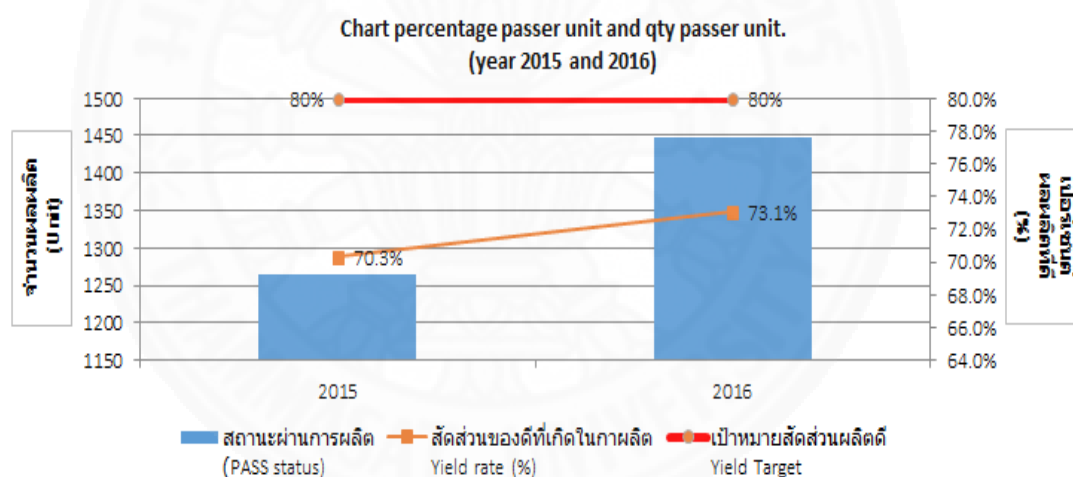
จัดคณะการทำงานของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งระดมความคิดจากทีมงานเพื่อ ดำเนินการหาข้อมูลพร้อมกับวิเคราะห์ในสาเหตุปัญหาและแนวทางแก้ไขรวมถึงการดำเนินการทดสอบ สรุปผลและควบคุมกระบวนการของผลิตภัณฑ์ต่อไป

3.1.2 ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อเลือกปัญหาจาก แผนภูมิพาเรโต

แผนภูมิพาเรโต แสดงจำนวนของดีและเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ดีเปรียบเทียบ ผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ปี 2016 ของผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์โมเดล SB18P กับ SB18P-ROHS (แกนหลักด้านซ้าย) แสดงจำนวนของผลผลิตที่ดีของผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ (แกนด้านขวา) แสดงเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตที่ดีของผลิตภัณฑ์จากข้อมูลนี้จะสามารถมองเห็นสัดส่วนการผลิตที่ดีของผลิตภัณฑ์ โดยที่ จะสามารถเห็นแนวโน้มของผลผลิตของผลิตภัณฑ์ SB18P-ROHS ข้อมูลที่เป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตได้ (Yield) = (ผลิตภัณฑ์นำออกกระบวนการ (Output) / ผลิตภัณฑ์นำเข้ากระบวนการ (Input)) x 100 แผนภูมิที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนผลิตที่ดี Yield เปรียบเทียบ 2 โมเดล จะเห็นว่า Yield Model SB18P จะอยู่ประมาณร้อยละ 80 แต่ผลผลิตที่ดี (Yield) SB18P ROHS จะอยู่ประมาณร้อยละ 70 เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 3.2 แสดงอัตราส่วนผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ SB18P-ROHS ข้อมูลปี 2015 และ 2016 อัตราส่วนผลผลิตที่ดีประมาณร้อยละ 70 โดยมีเป้าหมายประมาณร้อยละ 80 ผลผลิตที่ดี ทำให้สามารถพบเจอสิ่งที่สามารถมาอ้างอิงก่อนการพัฒนาและปรับปรุงต่อไป



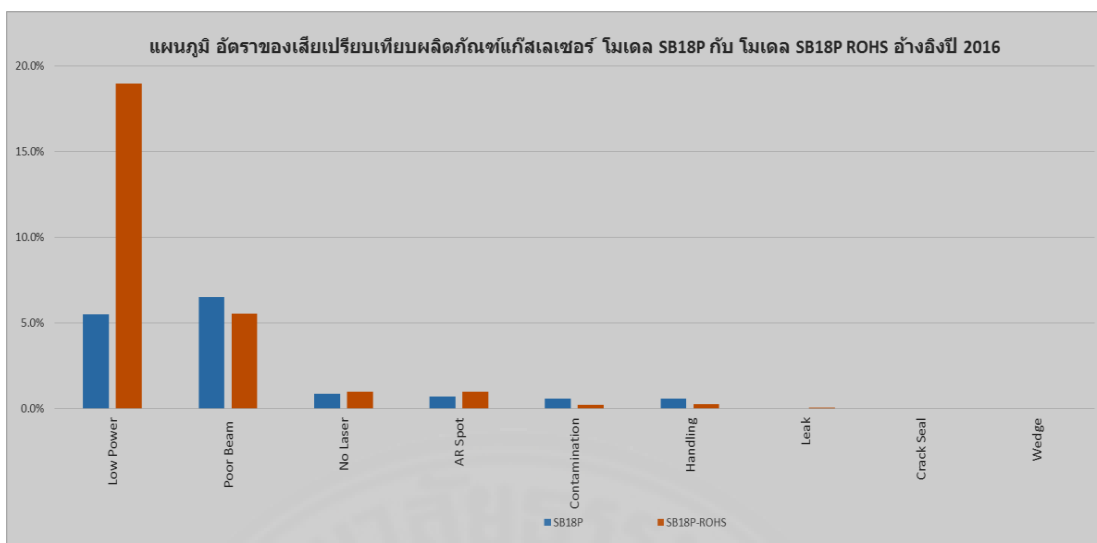
ภาพที่ 3.1 แผนภูมิอัตราของผลิตภัณฑ์ที่ดีแก๊สเลเซอร์ โมเดล SB18P เปรียบเทียบ SB18P-ROHS
อ้างอิงข้อมูลปี 2016 ทั้งปี



ภาพที่ 3.2 แผนภูมิอัตราของผลิตภัณฑ์ที่ดี โมเดล SB18P-ROHS อ้างอิงข้อมูลปี 2015 และ 2016

3.1.3 แผนภูมิแสดงข้อมูลเปรียบเทียบ

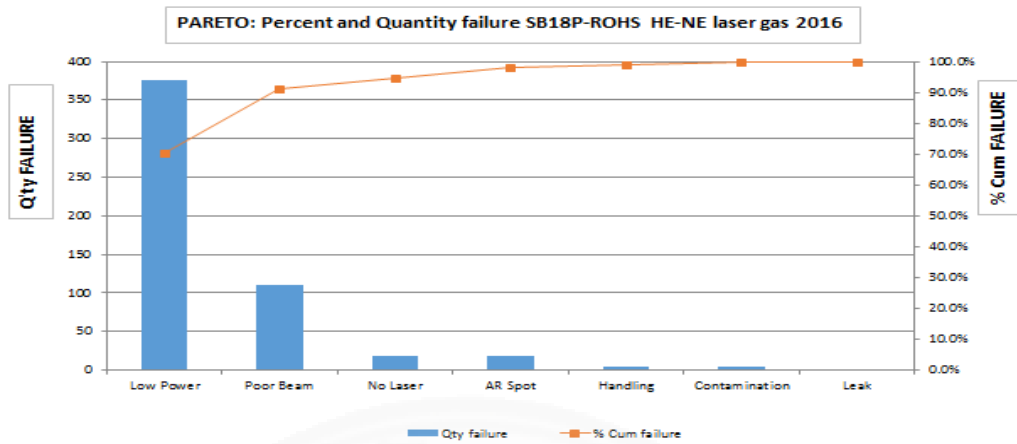
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลของเสียแยกตามหัวข้อของเสียตามที่ได้ชี้แจงไว้ โดยใช้แผนภูมิที่ 3.3 ที่รวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาปริมาณของเสียในการผลิตผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ และแสดงจำนวนการเกิดของเสียตามลำดับมากที่สุดของลักษณะบ่งชี้ของเสียในการทดสอบทางแสงของผลิตภัณฑ์ อ้างอิงข้อมูลปี 2015 เทียบ 2016 (แกนแนวตั้ง) เปอร์ของเสียของผลิตภัณฑ์ (แกนแนวนอน) เป็นข้อมูลหัวข้อของเสียที่บ่งชี้ไว้ ทำให้เราสามารถมองเห็นข้อมูลความต่างได้อย่างชัดเจนว่ามีการผลิตปกติของข้อมูลของเสีย



ภาพที่ 3.3 แผนภูมิอัตราของเสียเปรียบเทียบ โมเดล SB18P กับ โมเดล SB18P ROHS
ข้อมูลปี 2016

3.1.4 แผนภูมิพาเรโตแสดงแนวโน้มการเกิดของเสีย

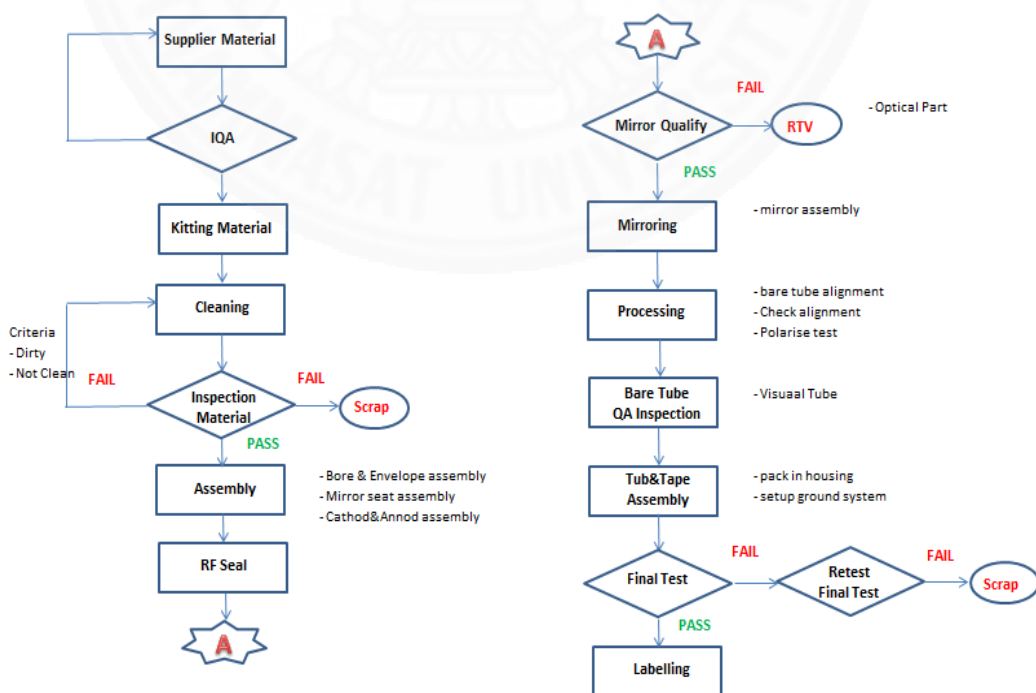
แผนภูมิพาเรโต แสดงแนวโน้มการเกิดของเสียชนิดต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่แยกตามหัวข้อของเสียตามที่ได้บ่งชี้ไว้ ใช้แผนภูมิที่ 3.4 รวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาปริมาณของเสียในการผลิตผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ และแสดงจำนวนการเกิดของเสียตามลำดับมากที่สุดของลักษณะบ่งชี้ของเสียในการทดสอบทางแสงของผลิตภัณฑ์ อ้างอิงข้อมูลปี 2016 ซึ่งข้อมูลเบื้องต้นนี้จะสามารถนำมาเป็นข้อมูลเปรียบเทียบ เมื่อมีการปรับปรุงในกระบวนการและนำข้อมูลของของเสียจากทั้งก่อนและหลังปรับปรุงมาเปรียบเทียบกันจะสามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ โดยวัตถุประสงค์แผนภูมิพาเรโต เพื่อเป็นการแสดงข้อมูลต่างๆ มาแบ่งแยกตามประเภท และมีการเปรียบเทียบข้อมูลจากส่วนที่มากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ซึ่งจะสามารถมองเห็นปัญหาใหญ่เพื่อการทำไปพิจารณาและปรับปรุง



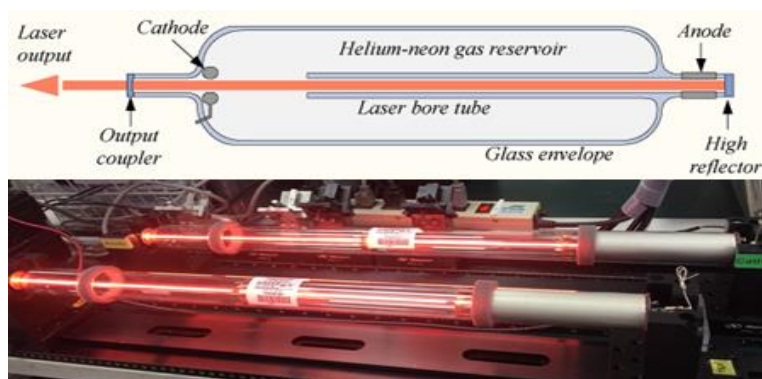
ภาพที่ 3.4 แผนภูมิ Pareto อัตราของเสียเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ โมเดล SB18P ROHS อ้างอิงข้อมูลปี 2016

3.1.5 Process Flow ของกระบวนการ และ SIPOC

พิจารณาแต่ละกระบวนการจากภาพที่ 3.5 จะทำให้เห็นกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์แล้วดำเนินการแยกปัจจัยตามแผนภูมิ SIPOC แสดงให้เห็นความสำคัญของกระบวนการทั้งหมดก่อนนำกระบวนการนั้นมาวิเคราะห์ว่ามีส่วนใดที่มีผลต่อการศึกษาค้างนี้ พร้อมทั้งหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องแล้วนำปัจจัยนั้นไปหาแล้วทางแก้ปัญหา



ภาพที่ 3.5 แผนภูมิกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์



ภาพที่ 3.6 ภาพองค์ประกอบ Gas Laser HENE

(ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Helium%E2%80%93neon_laser)

ตารางที่ 3.1

แผนภูมิ SIPOC กระบวนการผลิตเลเซอร์

Supplier	Input	Process	Output	Customer	Requirement
NDS	EVELOPE	1. Kitting Material	FINAL TEST	ลูกค้าของผู้ผลิต	1. PASSED result Test
NDS	BORE	2. Cleaning process	(ค่าพลังงานแสงที่วัดทดสอบ)		2. Product ประกอบได้สมบูรณ์
GT	CATHODE	3. Inspection Material			3. Product ได้ตาม spec ที่ระบุ
GT	ANNODE	4. Assembly			4. ได้จำนวน Product ตามต้องการ
REO	OPTICAL MIRROR	5. RF Seal			5. ได้ Product ตามเวลา
NDS	FRIT	6. Mirror Quality			
Liquid	GAS	7. Mirroring			
GT	Housing	8. Processing (alignment component, Test)			
		9. BareTube QA Inspection(Visual tube)			
		10. Tub and Tape Assembly (Packing Housing)			
		11. Final Test			
		12. Labeling (tag product)			

จากตารางที่ 3.1 จะสามารถแยกปัจจัยจาก Process Flow โดยวิธีการ SIPOC จะสามารถเห็นแสดงความสัมพันธ์แต่ละส่วนที่สอดคล้อง และทำให้สามารถมองเห็น KPIV (Key Process Input Variable) ที่มีผลกระทบต่อ KPOV (Key Process Output Variable) ทำให้สามารถกำหนดขอบเขตของสิ่งที่เราต้องการปรับปรุงได้

จากขั้นตอนการค้นหาปัญหาและคัดเลือกโครงการ (Define Phase) พบว่าในกระบวนการผลิต Gas Laser HENE ข้อมูลข้างต้นพบว่า SB18P ROHS สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ผลผลิตดี (Yield) อยู่ที่ประมาณร้อยละ 70 (สนใจผลลัพธ์ของการทดสอบพลังงานแสง) ซึ่งจากข้อมูลพาเรโตการจำแนกหัวข้อ failure พบว่าหัวข้อปัญหา Lower Power นั้นมีแนวโน้มมาเป็นอันดับที่ 1 และเปอร์เซ็นต์ของเสียประมาณร้อยละ 10 ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายที่ต้องการปรับปรุง แล้วจากการแจก

แจกปัจจัยเข้าที่มีผลต่อสิ่งที่กระทบต่อเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ดีจาก Process Flow และ SIPOC ซึ่งจะนำมาเป็นแนวทางเห็นต้นทางและปลายทางที่มีผลต่อกันแล้วส่งผลกระทบต่อผลผลิตต่อไป

3.2 การกำหนดตัววัดค่าและการตรวจสอบการวัดในกระบวนการผลิต (Measure)

การวัดค่ากระบวนการ หรือการวัดความสามารถของกระบวนการ เพื่อให้ทราบโอกาสการเกิดความผิดพลาดขึ้นในกระบวนการหรือการปฏิบัติงาน จากนั้นก็จะเริ่มทำตามแผนผังกระบวนการทำงานและการค้นหาและทดสอบสมมติฐานต่อไป ซึ่งเป็นการแสดงรายละเอียดและสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติในส่วนการวิเคราะห์ต่อไป แนวทางการทำงานในขั้นตอนการกำหนดตัววัดค่าและการตรวจสอบการวัดในการผลิต (Measure)

3.2.1 ตรวจสอบเครื่องมือวัด

เพื่อให้ระบบวัดมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมีการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่ใช้เป็นตัววัดในการแสดงผลของผลิตภัณฑ์ (calibration instrument) ภาพที่ 3.7 Certify อุปกรณ์จากสอบเทียบส่วนกลาง ว่าอยู่ในช่วงความคลาดเคลื่อนซึ่งอุปกรณ์ผ่านการทดสอบ



ภาพที่ 3.7 Certificate อุปกรณ์เครื่องมือวัดให้ข้อมูลน่าเชื่อถืออุปกรณ์ Power Meter ใช้ในกระบวนการวัดค่าพลังงานออกของผลิตภัณฑ์

3.2.2 วิเคราะห์ความสามารถระบบการวัด

ในระบบการดำเนินการทดสอบของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในกระบวนการ (Measurement System Analysis: MSA) เพื่อให้เกิดความมั่นใจในข้อมูลการวัดค่าต่างๆ สามารถเกิดความเชื่อถือ และส่งผลที่แม่นยำก่อนนำมาวิเคราะห์ในทางสถิติ โดยเกิดความถูกต้องกับข้อมูลการวิเคราะห์ และการสรุปผลในทางสถิติการศึกษาระบบการวัด (Gauge R&R measurement system) เป็นการการศึกษาระบบการวัด เพื่อศึกษาความแม่นยำ (Precision) และความเที่ยงตรง (Precision) ของระบบการวัด และยังสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาข้อมูลต่างๆ ที่อาจเกิดความผิดพลาดจากการวัด (Measurement Error) “Gauge Repeatability and Reproducibility” Repeatability (ความสามารถในการวัดซ้ำ) คือ ความผันแปรของการวัดที่เกิดขึ้น เมื่อทำการวัดหลายครั้ง บนชิ้นงานชิ้นเดียวกัน และเงื่อนไขในการวัดที่เหมือนกัน และ Reproducibility (ความสามารถในการให้ผลซ้ำ) คือ ความผันแปรของการวัด เมื่อทำการวัดหลายครั้งบนชิ้นงานชิ้นเดียวกัน แต่เงื่อนไขในการวัดต่างกัน โดยการเกิดจากผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ทำการวัดมีหลากหลาย แต่เครื่องมือที่ใช้วัดเป็นชิ้นหรือระบบเดียวกันโดยการดำเนินการต้องทำการวัดซ้ำกันซึ่งกระบวนการหรือขั้นตอนการวัด เครื่องมือวัดนั้นจะทำ 10 ชิ้นงานโดยแยกผลิตภัณฑ์เป็น Low power, Medium Power ทำซ้ำคนละ 3 รอบ ผู้วัดทั้งสิ้น 3 คน วิเคราะห์ ANOVA (MINITAB program)

การวิเคราะห์การวัดค่าพลังงานของชิ้นงานโดยดำเนินการดังนี้ (ผลข้อมูลตารางที่ 3.2)

1. ชิ้นงานตัวอย่าง 10 ชิ้นตัวอย่าง โดยจะมีค่าระดับพลังงานผลิตภัณฑ์ที่ 2.1mw, 20.3 mw และ 25.78 mw เป็นต้น โดยใช้วัดตามลำดับชิ้นเหมือนกัน
2. ผู้ดำเนินการวัด 3 คน
3. ตัววัดหรืออุปกรณ์วัดคือ Power Meter ตัวเดียวกัน
4. ทำการวัดซ้ำคนละ 3 ครั้งต่อชิ้นงาน

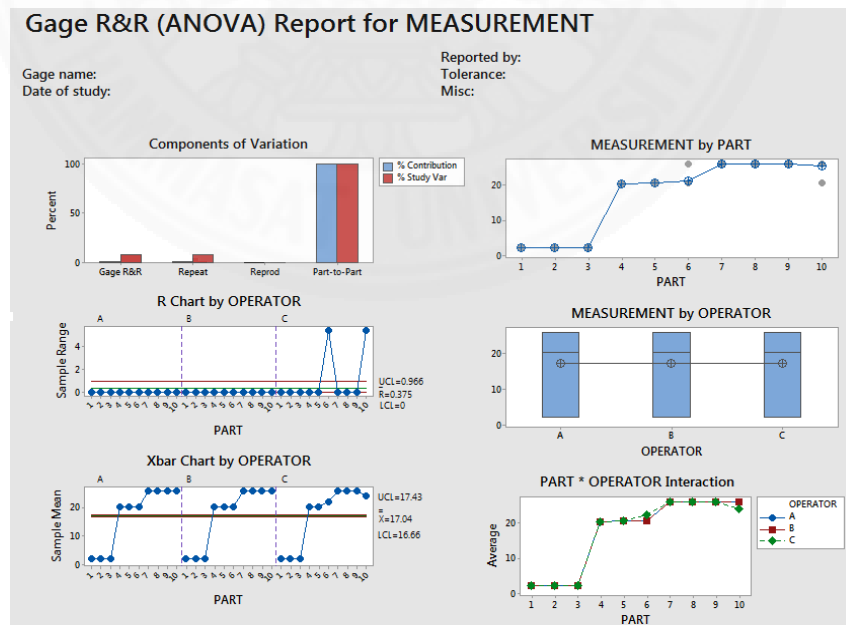
ตารางที่ 3.2

การเก็บข้อมูลการทำการวัดค่าพลังงาน 10 ชิ้นงานตัวอย่าง 3 ผู้ทำการวัด

GAGE REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY DATA SHEET
VARIABLE DATA RESULTS

Part Number EIU91002		Gage Name				Appraiser A							
Part Name Static Alignment (HeNe)		Gage Number				Appraiser B							
Characteristic 0 30		Specification 0 30				Gage Type				Appraiser C			
Characteristic Classification		Trials 3		Parts 10		Appraisers 3		Date Performed					
APPRaiser/ TRIAL #	PART										AVERAGE		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1. Oper#A	1	2.10	2.12	2.14	20.30	20.32	20.32	25.78	25.78	25.78	25.80	15.585	
2.	2	2.12	2.10	2.14	20.28	20.32	20.32	25.78	25.78	25.76	25.80	17.040	
3.	3	2.10	2.12	2.14	20.28	20.30	20.32	25.78	25.76	25.76	25.80	17.036	
4.	AVE	2.11	2.11	2.14	20.29	20.31	20.32	25.78	25.77	25.77	25.80	$\bar{x}_a = 17.040$	
5.	R	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	$r_a = 0.012$	
6. Oper#B	1	2.10	2.14	2.12	20.30	20.32	20.32	25.76	25.78	25.80	25.80	17.044	
7.	2	2.10	2.12	2.14	20.30	20.32	20.32	25.76	25.78	25.78	25.80	17.042	
8.	3	2.12	2.12	2.14	20.30	20.32	20.32	25.76	25.80	25.78	25.80	17.046	
9.	AVE	2.11	2.13	2.13	20.30	20.32	20.32	25.76	25.79	25.79	25.80	$\bar{x}_b = 17.044$	
10.	R	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	$r_b = 0.010$	
11. Oper#C	1	2.10	2.12	2.14	20.30	20.32	25.76	25.78	25.78	25.80	20.32	17.042	
12.	2	2.12	2.12	2.12	20.30	20.32	20.32	25.76	25.80	25.82	25.80	17.048	
13.	3	2.12	2.14	2.14	20.30	20.32	20.32	25.76	25.78	25.80	25.80	17.048	
14.	AVE	2.11	2.13	2.13	20.30	20.32	22.13	25.77	25.79	25.81	23.97	$\bar{x}_c = 17.046$	
15.	R	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	5.44	0.02	0.02	0.02	5.48	$r_c = 1.104$	
16. PART AVERAGE		2.11	2.12	2.14	20.30	20.32	20.92	25.77	25.78	25.79	25.19	$\bar{X} = 17.043$ $R_p = 23.678$	

จากผลการเก็บข้อมูลได้นำมาทำการวิเคราะห์จะใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการวิเคราะห์ ข้อมูลตามตารางที่ 3.2 กราฟ GR&R และภาพที่ 3.8 ANOVA ด้านล่าง



ภาพที่ 3.8 การวิเคราะห์ GR&R การวัดค่าพลังงานชิ้นงานตัวอย่างผ่านโปรแกรม minitab17

Graph Gage R&R Report for Measurement

ข้อมูลจากกราฟ Minitab GR&R การวัดค่าพลังงานของชิ้นงานตัวอย่าง 10 ชิ้น และผู้ปฏิบัติงาน 3 คน

1. Graph Gage R&R ANOVA report นั้น “Components of Variation” แสดงให้เห็นว่า %contribution และ %Study Var จะเห็นเปอร์เซ็นต์ความต่างอย่างชัดเจนที่ Part-to-Part แต่ Gage R&R ของเรานั้นไม่เกิดขึ้นเยอะทำให้สามารถเกิดความเชื่อถือในระบบการวัดของเราได้เพราะความต่างที่เกิดกับ Part to Part จะเกิดความผันแปรที่ Part กับ Part ที่นำมาวัดมากกว่า

2. R Chart by Operator แสดงให้เห็นว่าค่า Control ค่อนข้างแคบมากและผู้ดำเนินการวัดนั้นก็ได้อ่านค่าส่วนมากที่ไม่เกิน Control limit แต่มี 2 ข้อมูลของ Operator C นั้นที่มีค่าต่างออกนอกกลุ่มก็ต้องไปดูค่าข้อมูลนั้นมีปัญหาอย่างไรหรือทำการ Retrain อีกครั้งถ้าข้อมูลได้ Replete มีค่าผิดปกติ

3. X Bar นั้นจะเห็นว่าข้อมูลเอาความแตกต่างกันมากถ้าเทียบกับ Control Limit ชิ้นงานทำการวัดค่าไม่ใกล้เคียงกัน จะสามารถไปประมาณต่อไป

4. Interaction จะเห็นว่า Operator C มีการตัดกับ Operator A และ B

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
PART	2	8996.55	4498.275	1357.60	0.000
OPERATOR	2	0.00	0.000	0.00	1.000
PART * OPERATOR	18	13.25	0.736	1.11	0.364
Repeatability	60	39.75	0.663		
Total	89	9049.56			

α to remove interaction term = 0.05

Two-way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
PART	2	8996.55	4498.275	1470.93	0.000
OPERATOR	2	0.00	0.000	0.00	1.000
Repeatability	78	53.01	0.680		
Total	89	9049.56			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.680	0.61
Repeatability	0.680	0.61
Reproducibility	0.000	0.00
OPERATOR	0.000	0.00
Part-To-Part	110.993	99.39
Total Variation	111.673	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.8244	4.9462	7.80
Repeatability	0.8244	4.9462	7.80
Reproducibility	0.0000	0.0000	0.00
OPERATOR	0.0000	0.0000	0.00
Part-To-Part	10.5353	63.2119	99.70
Total Variation	10.5675	63.4052	100.00

Number of Distinct Categories = 18

Gage R&R for MEASUREMENT

ภาพที่ 3.9 การวิเคราะห์ GR&R การวัดค่าพลังงานชิ้นงานตัวอย่างผ่านโปรแกรม minitab17 ANOVA Gage R&R Report for Measurement

ข้อมูลจาก ANOVA GR&R การวัดค่าพลังงานของชิ้นงานตัวอย่าง 10 ชิ้น และผู้ปฏิบัติงาน 3 คน

1. NDC (Number of Distinct Category) มีค่าเท่า 18 ซึ่งมีเกณฑ์ขั้นต่ำ 5 ถือว่าระบบยอมรับได้

2. การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทั้งหมด (%Contribution) ค่าความแปรปรวนทั้งหมดของระบบการวัด (Total Gage R&R) ได้ค่า 0.61 ซึ่งค่าจะเกิดที่ Repeatability ซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดการวัดซ้ำแต่จะไปทำพิจาร์ณาที่ค่า %SV เพิ่มของระบบ

3. จากค่าการประเมินผลเทียบกับความผันแปรกระบวนการ (%SV) ความแปรผันทั้งหมดของระบบการวัด (Total Gage R&R) ได้ค่า 7.8 โดยที่ค่า Repeatability นั้นได้ 7.8 และค่า Reproducibility ได้ 0.0 ซึ่งค่ากำหนดจะต้องน้อยกว่า 30% ถือว่ายอมรับระบบการวัดนั้นได้

จากการวิเคราะห์การวัดของระบบนี้พอที่จะสรุปเบื้องต้นได้ว่า การวัดค่ากำลังแสงกับผลิตภัณฑ์ตัวอย่างของพนักงานทั้ง 3 คนนั้นอ้างอิงจากข้อมูลข้างต้นสามารถเชื่อถือได้ ซึ่งการดำเนินงานของพนักงานและอุปกรณ์การวัดนั้นสามารถเชื่อถือได้ด้วย พร้อมจะดำเนินการต่อไปตามหัวข้อของการค้นคว้าอิสระที่สนใจได้

3.2.3 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)

การคำนวณระดับซิกส์ ซิกมาร์ โดยใช้โปรแกรมมินิแทป (Minitab) โดยกรณีที่เกิดจากจำนวนของเสีย โดยการปรับปรุงของเสีย มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ทราบจำนวนทั้งหมดของการผลิต ผลิตภัณฑ์เลเซอร์พลังงานต่ำโมเดล SB18P-ROHS (ยกตัวอย่างรอบเดือน Jul-Aug 2017: จำนวน 582 ตัว)

2. ทราบจำนวนของเสียของการผลิต ผลิตภัณฑ์เลเซอร์พลังงานต่ำโมเดล SB18P-ROHS (ยกตัวอย่างรอบเดือน Jul-Aug 2017: จำนวน 164 ตัว)

3. คำนวณหาค่าสัดส่วนของเสียเทียบกับจำนวนของทั้งหมด $164/582 = 0.2818$

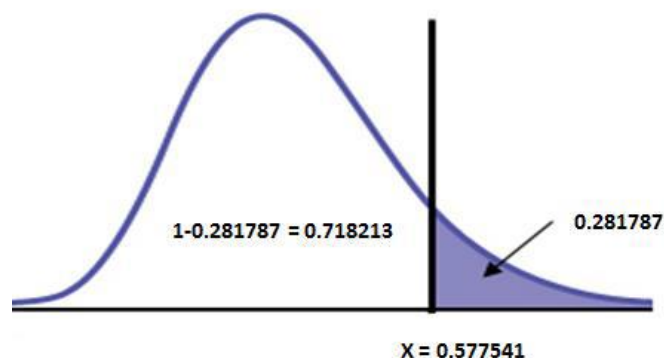
4. นำ 1 ลบจำนวนสัดส่วนของเสีย $1-0.2818 = 0.7182$

5. ใช้โปรแกรมมินิแทปเพื่อประมวลหาค่าระดับซิกมา โดยเข้าไปที่ Calc > Probability Distributions > Normal Distribution เลือก “Invert cumulative probability” และใส่ค่าของสัดส่วนของเสียที่คำนวณได้จากข้อ 4. แล้วกด “OK”

หลังจากได้ค่าจากโปรแกรมมินิแทปจะได้รับการเปรียบเทียบเส้นโค้งแบบปกติที่สัดส่วนของดีจะอยู่ด้านซ้ายมือและของเสียอยู่ด้านขวามือ

ซึ่งระดับ ซิกส์ ซิกมาร์จึงเท่ากับ $X+1.5 \text{ sigma}$ หรือ $0.577541 + 1.5 = 2.078$

ดังภาพข้างล่าง



ภาพที่ 3.10 เส้นโค้งของกราฟพระฆังคว่าแบบปกติแสดงสัดส่วนของดีและของเสีย

เมื่อเปรียบเทียบระดับ ซิกส์ ซิกมาร์กับดัชนีแสดงความสามารถกระบวนการ ตารางที่ 3.3 ความสามารถ sigma เราอยู่ในช่วง 1.5 – 3.00 ประมาณค่า Cpk อยู่ช่วง 0.5 – 1.00 ดังนั้นควรที่ต้องดำเนินการปรับปรุงกระบวนการ

**Cpk เป็นค่าที่บอกถึงขีดความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น ที่เวลาใดเวลาหนึ่งกระบวนการ มีขีดความสามารถนั้นเป็นอย่างไร ค่านี้จะแสดงถึงความผันแปรที่เกิดขึ้นจากความจำกัดและพื้นฐานของเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการ

ตารางที่ 3.3

การเปรียบเทียบระดับซิกมา มาเปรียบเทียบกับดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ

Sigma	Cpk
1.50	0.50
3.00	1.00
3.50	1.17
4.00	1.33
4.50	1.50
5.00	1.67
6.00	2.00

จากทฤษฎีนั้นกล่าวถึงค่า Cpk เพื่อแสดงความมาสารถของกระบวนการในแต่ละช่วง

ดังนี้

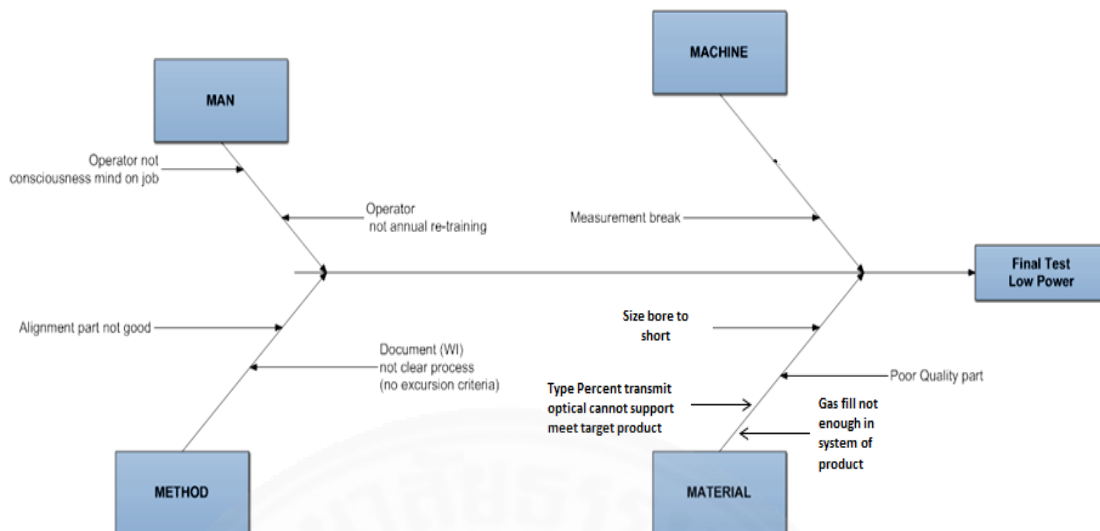
- Cpk/Ppk < 1 กระบวนการมีขีดความสามารถในช่วงที่ไม่ดี ควรได้รับการปรับปรุงในกระบวนการ
- ค่าอยู่ระหว่าง $1 < Cpk/Ppk < 1.33$ พอรับได้ถ้ากระบวนการนั้นควบคุมได้ยาก หรือมีความจำกัดทางด้านเทคโนโลยี อย่างไรก็ตามถ้าเป็นไปได้ควรดำเนินการปรับปรุงกระบวนการ
- Cpk/Ppk > 1.33 กระบวนการมีขีดความสามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ดี - Cpk/Ppk > 2 คุณภาพระดับ World Class Quality หรือ Six Sigma Quality

3.3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่สนใจ (Analysis)

เป็นขั้นตอนกาพิสูจน์ตัวแปรที่สงสัยว่าเป็นสาเหตุของปัญหา โดยตัวแปรนั้นต้องมีความสัมพันธ์และสำคัญในการวัดคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญต่อลูกค้า ซึ่งเราสามารถนำเอา มาพัฒนาและปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ โดยเราสนใจค่าผลการวัดกำลังของเลเซอร์ที่ออกมา เราต้องมอง ตั้งแต่ตัวแปรที่ป้อนเข้าสู่ระบบ KPIV (Key Process Input Variable) แล้วมีผลกระทบต่อ KPOV (Key Process Output Variable) โดยดำเนินการต่อไปนี้

3.3.1 หาตัวแปรหรือปัจจัยอินพุทที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์

จากขั้นตอนระบุปัญหาได้นำเอาเครื่องมือแผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) มาร่วมใช้ในการดำเนินการและหาความสอดคล้องกับปัจจัยที่ได้จาก Process Flow และ SIPOC ทำให้ทราบว่าสิ่งที่ทำให้เกิดสาเหตุของการที่ทดสอบแก๊สเลเซอร์พลังงานแสงได้ไม่ตามกำหนด จากนั้น ทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) เพื่อศึกษาขั้นตอนของการผลิตโดยละเอียด และระบุสิ่งที่ผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการผลิต



ภาพที่ 3.11 แผนภูมิแก๊งปลาแสดงสิ่งๆี่ทำให้เกิดหัวข้อปัญหา Low Power

จากภาพที่ 3.11 แสดงการวิเคราะห์ห้สิ่งที่มีผลกระทบต่อให้เกิดปัญหา Low Power ผลิตภัณฑ์แก๊สเลเซอร์ สามารถแ่งลักษณะโอกาสเกิดปัญหาที่เราสนใจดังนี้

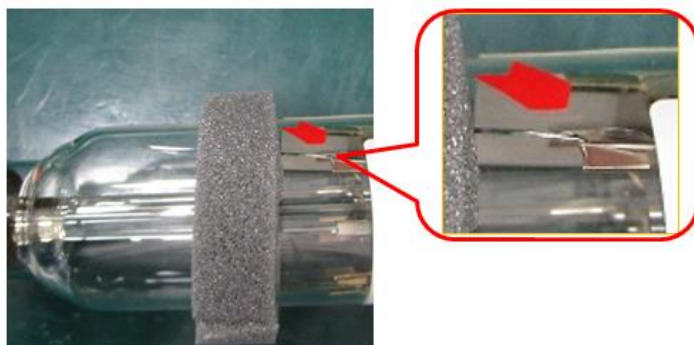
1. Machine

1.1 เครื่องมือการวัดค่าชำรุด : ถ้าใช้การเครื่องมือวัดค่าที่ชำรุดจะได้ค่าที่ไม่เป็นจริงต่อกระบวนการทดสอบ

2. MAN

2.1 ผู้ปฏิบัติงานไม่มีความเอาใจใส่การทำงาน: ขณะดำเนินการประกอบงานนั้น จะทำให้เกิดความผิดพลาดการประกอบและ เมื่องานออกไปที่การทดสอบอาจเกิดปัญหา Low Power ได้

2.2 ผู้ปฏิบัติงานไม่ได้รับการฝึกทวนกระบวนการทำงานประจำปี: ผู้ปฏิบัติงานต้องมีการทำ Certify ประจำปีในส่วนหน้างานเพื่อให้มั่นใจว่าหน้างานที่ทำนั้นยังคงสามารถดำเนินการได้อย่างปกติ ไม่มีส่วนใด ส่วนหนึ่งผิดพลาดหรือเข้าใจผิด



ภาพที่ 3.12 ผลผลิตที่มีปัญหาเกิดมากจากการดำเนินงานที่ไม่ถูกต้องของผู้ปฏิบัติงาน

3. Method

3.1 การดำเนินการวางตำแหน่งส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ผลิตภัณฑ์ไม่ดี : ส่งผลกระทบต่อการวัดค่าที่ไม่ดีของผลิตภัณฑ์เมื่อทำการ ทดสอบ Final Test

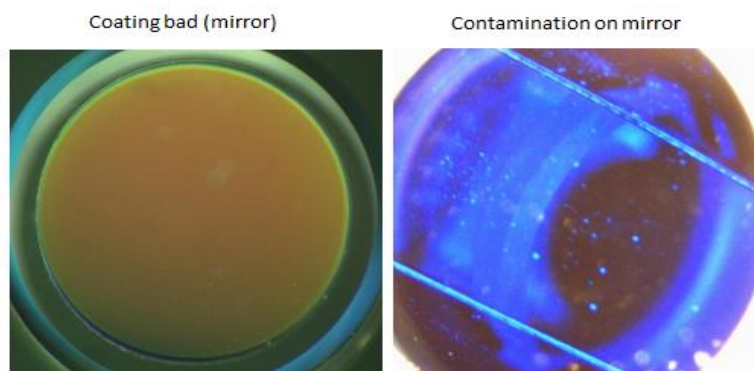
3.2 เอกสารเนื้อหาไม่ชัดเจนไม่ระบุส่วนประกอบที่สำคัญต่อกระบวนการ : ผู้ปฏิบัติการอาจทำงานตามเอกสารการดำเนินงานแล้วไม่ได้คำนึงถึงส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่สำคัญทำให้เกิดความเสียหายได้



ภาพที่ 3.13 ผลผลิตที่มีปัญหาความไม่ระมัดระวังซึ่งในทางเอกสารอาจไม่ได้มีการระบุหรือเตือน

4. Material

4.1 ส่วนประกอบหรือชิ้นส่วน อุปกรณ์ที่ผลิต ผลิตภัณฑ์ไม่มีคุณภาพ : Part อาจรับเข้ามาแล้วคุณภาพไม่ดี หรือมีรอยเสียหาย (Defect)



ภาพที่ 3.14 ภาพงานมีปัญหาจากคุณภาพของวัตถุดิบ

4.2 ขนาดของ Bore ในการผลิตอาจสั้นกว่าความสามารถที่ผลิตภัณฑ์ทำได้ : เนื่องจากอ้างอิงการออกแบบจากผลิตภัณฑ์พื้นฐานแต่องค์ประกอบของส่วนประกอบบางส่วนเปลี่ยนไป แต่การออกแบบนั้นยังคงเดิมค่าที่เกิดในระบบอาจจะมีผลทำให้ได้ค่ากำลังงานตอนทดสอบไม่ได้ตามที่ต้องการได้

4.3 ชนิดของ Optical part นั้นอาจไม่สามารถรองรับความสามารถของผลิตภัณฑ์เพื่อผลลัพธ์ที่ดีที่สุดได้ : เนื่องจากอ้างอิงการออกแบบจากผลิตภัณฑ์พื้นฐานแต่องค์ประกอบของส่วนประกอบบางส่วนเปลี่ยนไป แต่การออกแบบนั้นยังคงเดิมค่าที่เกิดในระบบอาจจะมีผลทำให้ได้ค่ากำลังงานตอนทดสอบไม่ได้ตามที่ต้องการได้

4.4 การเติมแก๊ส HE และ NE อาจไม่ได้สัดส่วนที่พอเหมาะกะกับผลิตภัณฑ์นี้ : เนื่องจากอ้างอิงการออกแบบจากผลิตภัณฑ์พื้นฐานแต่องค์ประกอบของส่วนประกอบบางส่วนเปลี่ยนไป แต่การออกแบบนั้นยังคงเดิมค่าที่เกิดในระบบอาจจะมีผลทำให้ได้ค่ากำลังงานตอนทดสอบไม่ได้ตามที่ต้องการได้

3.3.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA: Failure Mode and Effect Analysis)

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ จะทำการศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์โดยการคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ ดังนั้นสาเหตุที่มีอยู่ในแผนภูมิแกงปลานั้น จะนำมาวิเคราะห์ต่อในกระบวนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ เพื่อให้หาสาเหตุปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหา Final Test, Low Power failure มากที่สุดโดยจะนำเอาเครื่องมือการวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Modes and Effects Analysis) มาร่วมใช้ในการดำเนินการหาตัวแปรนี้ และจากการนำ KPIV ที่ได้นั้นมาทำการทดสอบ

สมมติฐานเพื่อพิสูจน์ตัวแปร KPIV ที่เลือกมานั้นเป็นตัวแปรที่มีผลกระทบต่อ KPOV อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

ตารางที่ 3.4

ปัจจัยที่เป็นไปได้ต่อผลกระทบต่อการวัดค่า Final Test และเกิด Low Power Failure

ลำดับ	ลักษณะข้อบกพร่อง	คำศัพท์อ้างอิง	สาเหตุที่เป็นไปไม่ได้ทำให้เกิดข้อบกพร่อง
1	เครื่องมือวัดค่าชำรุด	Measurement Instrument Broken	ถ้าใช้การเครื่องมือวัดค่าที่ชำรุดจะได้ค่าที่ไม่เป็นจริงต่อกระบวนการทดสอบ
2	ผู้ปฏิบัติงานขาดความเอาใจใส่	Operator not focus work (no responsibility)	ขณะดำเนินการประกอบงานนั้น จะทำให้เกิดความผิดพลาดการประกอบและ เมื่องานออกไปที่การทดสอบอาจเกิดปัญหา Low Power ได้
3	ผู้ปฏิบัติงานไม่ได้รับการฝึกหวนกระบวนการทำงานประจำปี	Operator have not annual certification process (not Retrain proces)	ผู้ปฏิบัติงานต้องมีกรทำ Certify ประจำปีในส่วนหน่วยงานเพื่อทำให้มั่นใจว่าพนักงานที่ทำนั้นยังสามารถดำเนินการได้อย่างปกติ ไม่มีส่วนใด ส่วนหนึ่งผิดพลาดหรือเข้าใจผิด
4	การดำเนินการวางตำแหน่งส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ผลิตภัณฑ์ไม่ดี	Bad Alignment product	การ Alignment การประกอบไม่ดีส่งผลต่อการวัดค่าที่ไม่ดีของผลิตภัณฑ์เมื่อทำการ ทดสอบ Final Test
5	เอกสารเนื้อหาไม่ชัดเจนไม่ระบุส่วนประกอบที่สำคัญต่อกระบวนการ	Document not clear detail	ผู้ปฏิบัติงานอาจทำงานตามเอกสารการดำเนินงานแล้วไม่ได้คำนึงถึงส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่สำคัญทำให้เกิดความเสียหายได้
6	ส่วนประกอบหรือชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ผลิต ผลิตภัณฑ์ไม่มีคุณภาพ	Bad Quality Part	Part อาจรับเข้ามาแล้วคุณภาพไม่ดี มีรอย Defect
7	ขนาดของ Bore ในการผลิตอาจสั้นกว่าความสามารถที่ผลิตภัณฑ์ทำได้	Size Bore not suitable product	เนื่องจากอ้างอิงการออกแบบจากผลิตภัณฑ์พื้นฐานแต่องค์ประกอบของส่วนประกอบบางส่วนเปลี่ยนไป แต่การออกแบบนั้นยังคงเดิมค่าที่เกิดในระบบอาจจะมีผลทำให้ได้ค่ากำลังงานตอนทดสอบไม่ได้ตามที่ต้องการได้
8	ชนิดของ Optical part นั้นอาจไม่สามารถรองรับความสามารถของผลิตภัณฑ์เพื่อผลลัพธ์ที่ดีที่สุดได้	Optical type not suitable product	เนื่องจากอ้างอิงการออกแบบจากผลิตภัณฑ์พื้นฐานแต่องค์ประกอบของส่วนประกอบบางส่วนเปลี่ยนไป แต่การออกแบบนั้นยังคงเดิมค่าที่เกิดในระบบอาจจะมีผลทำให้ได้ค่ากำลังงานตอนทดสอบไม่ได้ตามที่ต้องการได้
9	การเติมแก๊ส HE และ NE อาจไม่ได้สัดส่วนที่พอเหมาะกับผลิตภัณฑ์	Quantity Gas Fill in system product not suitable product	เนื่องจากอ้างอิงการออกแบบจากผลิตภัณฑ์พื้นฐานแต่องค์ประกอบของส่วนประกอบบางส่วนเปลี่ยนไป แต่การออกแบบนั้นยังคงเดิมค่าที่เกิดในระบบอาจจะมีผลทำให้ได้ค่ากำลังงานตอนทดสอบไม่ได้ตามที่ต้องการได้

จากการประเมินกระบวนการ จากปัจจัยที่อาจมีผลกระทบเกิดผลเสียหรือปัญหา กับผลิตภัณฑ์ ที่ต้องการมาทำการประเมินค่าความเสี่ยงขึ้น (RPN) เพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องโดยจะคำนวณจากความรุนแรง (Severity) ความถี่ของโอกาสที่เกิดขึ้น (Occurrence) และ ความสามารถในการตรวจสอบ (Detection) เพื่อเป็นเกณฑ์ในการประเมินหัวข้อเพื่อมาดำเนินการหาเหตุผลและแก้ปัญหาต่อไป

ตารางที่ 3.5

ตารางค่าการประเมินเกณฑ์ FMEA

(D.H. Stamatis, Failure Mode and Effect Analysis FMEA from Theory to Execution)

เกณฑ์การให้คะแนน ค่าความรุนแรง (Severity)

ลำดับคะแนน	คำอธิบาย
1	ลักษณะความผิดพลาดที่เกิดขึ้นไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อผลิตภัณฑ์ ลูกค้าไม่สามารถตรวจสอบได้
2-3	ลักษณะความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อผลิตภัณฑ์ ลูกค้าอาจจะสังเกตเห็นถึงความเบี่ยงเบนของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นได้
4-6	ลักษณะความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีผลกระทบปานกลางต่อผลิตภัณฑ์ เป็นเหตุให้ลูกค้าไม่พอใจได้ ซึ่งนำไปสู่การ Degrade ผลิตภัณฑ์ใหม่
7-8	ลักษณะความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีผลกระทบค่อนข้างมากต่อผลิตภัณฑ์ เป็นเหตุให้ลูกค้าไม่พอใจ อย่างมาก ซึ่งอาจนำไปสู่กระบวนการผลิตที่หยุดชะงักได้ อย่างไรก็ตามในระดับนี้ยังไม่มีผลกระทบ ต่อความปลอดภัยและกฎหมายข้อบังคับรัฐบาล
9-10	ลักษณะความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีผลกระทบอย่างมากต่อผลิตภัณฑ์ และมีผลกระทบโดยตรงต่อ ความปลอดภัยและกฎหมายข้อบังคับของรัฐบาล

เกณฑ์การให้คะแนน ค่าความถี่ของโอกาสที่เกิดขึ้น (Occurrence)

ลำดับคะแนน	คำอธิบาย
1	แทบไม่มีโอกาสจะเกิดความผิดพลาดขึ้น หรือโอกาสที่จะเกิดขึ้นมีเพียงแคประมาณ 1 ใน 1,000,000
2	โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดขึ้นอยู่ในระดับที่น้อยมาก คือจะอยู่ในช่วง 1 ใน 20,000
3	โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดขึ้นอยู่ในระดับที่น้อยมาก คือจะอยู่ในช่วง 1 ใน 4,000
4-6	โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดขึ้นในระดับปานกลาง คือจะอยู่ในช่วงระหว่าง 1 ใน 1,000 ถึง 1 ใน 80
7-8	โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดขึ้นอยู่ในระดับที่สูง คือจะอยู่ในช่วงระหว่าง 1 ใน 40 ถึง 1 ใน 20
9-10	โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดขึ้นอยู่ในระดับที่สูงมาก คือสูงกว่า 1 ใน 20

เกณฑ์การให้คะแนน ค่าความสามารถในการตรวจสอบ (Detection)

ลำดับคะแนน	คำอธิบาย
1	ความสามารถในการตรวจสอบอยู่ในระดับสูงมาก คือระบบการควบคุมที่มีอยู่สามารถตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้อย่างชัดเจน
2-5	ความสามารถในการตรวจสอบอยู่ในระดับสูงมาก คือระบบการควบคุมที่มีอยู่มีโอกาสที่จะตรวจสอบหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้
6-8	ความสามารถในการตรวจสอบที่ปานกลาง คือระบบการควบคุมที่มีอยู่มีโอกาสที่จะสามารถตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้ในบางส่วน
9	ความสามารถในการตรวจสอบมีน้อย คือระบบการควบคุมที่มีอยู่ไม่สามารถตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้เลย
10	ความสามารถในการตรวจสอบมีน้อยมาก คือระบบการควบคุมที่มีอยู่ไม่มีโอกาสที่จะสามารถตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้เลย

S (Severity) คือ ระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นจากความล้มเหลวหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

O (Occurrence) คือ โอกาสที่จะเกิดความล้มเหลวหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

D (Detection) คือ ความสามารถในการตรวจจับความล้มเหลวหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 3.6

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

ลำดับ	กระบวนการผลิต	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบข้อบกพร่อง	ความรุนแรง SEV	สาเหตุ ข้อบกพร่อง	ความถี่ OCC	มาตรการและวิธีป้องกันในปัจจุบัน	การตรวจสอบ	การตรวจจับ DET	RPN (SxOxD)
1	เครื่องวัดค่าผลลัพท์ชำรุด	การวัดค่าของผลลัพท์มีความผิดพลาดทำให้เกิดการตัดสินใจความสามารถผลลัพท์ผิด	ทำให้เกิดงานเสียมากเกินกว่าความเป็นจริง หรือได้ค่าที่ไม่เป็นจริงหรือมาตรฐาน	7	ความเสื่อมของ เครื่องมือวัด	1	1. มีการทำ PM เครื่องมือวัดประจำ 3 เดือน เพื่อทำการยืนยัน ความสามารถเครื่องมือ 2. กระบวนการมีการทดสอบ หลาย ขั้นตอนก่อนการส่งมอบผลลัพท์ซึ่ง สามารถป้องกันหลายขั้นตอน	-	2	14
2	ผู้ปฏิบัติงานขาดความเอาใจใส่	การทำงานไม่มีความละเอียดเกิดข้อผิดพลาดการทำงาน	ผลลัพท์เสียหาย	1	ผู้ปฏิบัติงานไม่ใส่ใจใน	1	1. มีการจัดการตรวจสอบผลลัพท์ ก่อนการทดสอบทุกๆ กระบวนการ และมีการทดสอบเพื่อเป็นการ ตรวจสอบ Performance ผลลัพท์ 2. มีการ Retrain และเน้นให้เห็น ความสำคัญในการดำเนินการ	-	2	2
3	ผู้ปฏิบัติงานไม่ได้รับการฝึกหทบทวนการดำเนินงานประจำวัย	ทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการผลิต หรือทดสอบผลลัพท์ หรืออาจพลาด ข้อกำหนดใหม่ที่กำหนดเพิ่ม ทำให้การ ดำเนินการผิดพลาด	ผลลัพท์ดำเนินการไม่ได้ตามข้อกำหนดลูกค้า	7	ไม่มีการติดตาม พนักงาน และ ขาดการฝึกการ ทำงานประจำวัย	1	1. มีการดำเนินการ Training พนักงานประจำวัย และมีการ ประเมินผลงานเกี่ยวข้องกัน 2. ถ้ามีการเพิ่มเติมข้อกำหนดใหม่ๆ จะมีการแจ้งในเอกสารการดำเนินการ ผลิตอย่างชัดเจน 3. การทดสอบภายในกระบวนการ สามารถตรวจสอบได้ความผิดปกติได้	-	2	14
4	Alignment ชิ้นส่วนผลลัพท์ได้ไม่ดีพอ	การวางประกอบชิ้นงานของผลลัพท์ไม่มีถูกตำแหน่งที่ชัดเจน หรือผิดพลาดวางตำแหน่ง ชิ้นงานผลลัพท์	ค่าพลังงานที่ออกมาได้ค่าที่ไม่ตามเกณฑ์กำหนด	7	ความผิดพลาด ในการวัดแบบการ วางชิ้นงาน	3	ชัดเจนทำการประกอบมีวิธีการใดก็ตาม จัดวางชิ้นงานโดยเลเซอร์ และมี Work Instruction ที่ชัดเจนหลังจากมีการประกอบชิ้นงานผลลัพท์มีการ ทดสอบค่าพลังงานเบื้องต้นชิ้นงาน ก่อนการใส่แพคเกจแล้วทดสอบ Final Test อีกครั้ง	-	2	42
5	เอกสารแสดงข้อมูลไม่ชัดเจนหรือไม่ อธิบายในการผลิต	เอกสารระบุข้อมูลการผลิตผลลัพท์ได้ไม่ ชัดเจน	ผู้ปฏิบัติงานทำงานตามเอกสารแล้วเกิด ข้อผิดพลาดได้ ส่งผลต่อผลลัพท์ไม่ได้ตาม มาตรฐานลูกค้า	7	เอกสารไม่ อธิบายและระบุ ข้อมูลไม่ชัดเจน	1	1. เอกสารมีการตรวจสอบ OE ประจำ 3 เดือนเพื่อตรวจสอบ กระบวนการทั้งหมดตามมาตรฐาน 2. วิศวกรผลิตจะรีวิวกกระบวนการและ ดำเนินการเปลี่ยนแปลงกระบวนการใน เอกสารต่อมี ี่ความเห็นและตกลง พร้อมทั้งลูกค้าและทำการพิจารณา ทุก 3 เดือน 3. เพื่อมีความผิดปกติของผลลัพท์	-	2	14
6	ชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ของผลลัพท์ไม่ได้คุณภาพ	ชิ้นงานไม่ตีปามาประกอบงานแล้วผลลัพท์ เสียเยอะ	งานเสียและไม่ได้อุณหภูมิ ไม่ได้มาตรฐานลูกค้า	7	ชิ้นส่วนแยทำให้ ผลลัพท์ เสียหายเยอะ	2	1. ชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ จะมีการ ตรวจสอบคุณลักษณะตามข้อกำหนด ลูกค้าเบื้องต้นก่อนเข้าไลน์ผลิต ด้วยกระบวนการ IQA 2. มีการ Inspect ชิ้นส่วนก่อนการ ดำเนินการประกอบผลลัพท์ 3. การทดสอบผลลัพท์สามารถ ตรวจสอบความสามารถสุดท้ายได้	-	5	70
7	ขนาด Bore ไม่เหมาะสม	พลังงานที่ได้ผลลัพท์ไม่ได้ตามข้อกำหนด ลูกค้า	พลังงานที่ได้ผลลัพท์ไม่ได้ตามข้อกำหนด ลูกค้า ซึ่งจะก่อให้เกิดข้อเสียเกิดมาก	8	การออกแบบ ผลลัพท์อาจจะ ไม่ครอบคลุม ผลลัพท์	4	-	ทำการตรวจสอบ วัดค่าพลังงาน	9	288
8	ชนิด Optical part ไม่เหมาะสมผลลัพท์	พลังงานที่ได้ผลลัพท์ไม่ได้ตามข้อกำหนด ลูกค้า	พลังงานที่ได้ผลลัพท์ไม่ได้ตามข้อกำหนด ลูกค้า ซึ่งจะก่อให้เกิดข้อเสียเกิดมาก	8	การออกแบบ ผลลัพท์อาจจะ ไม่ครอบคลุม ผลลัพท์	4	-	ทำการตรวจสอบ วัดค่าพลังงาน	9	288
9	ปริมาณแก๊สที่ใช้อาจ ไม่เหมาะสมผลลัพท์	พลังงานที่ได้ผลลัพท์ไม่ได้ตามข้อกำหนด ลูกค้า	พลังงานที่ได้ผลลัพท์ไม่ได้ตามข้อกำหนด ลูกค้า ซึ่งจะก่อให้เกิดข้อเสียเกิดมาก	8	การออกแบบ ผลลัพท์อาจจะ ไม่ครอบคลุม ผลลัพท์	4	-	ทำการตรวจสอบ วัดค่าพลังงาน	9	288

จากตารางที่ 3.7 ทำให้สามารถคัดเลือกสาเหตุปัจจัยที่สนใจเบื้องต้นที่มีผลต่อสิ่งที่เราสนใจคือ Power Alignment ที่ Final Test แล้วสิ่งที่สนใจนั้นอาจเกิดปัญหาข้อเสียหายผลิตภัณฑ์เกิดเป็น Low Power Failure โดยส่วนหนึ่งปัจจัยค่าที่สามารถอ้างอิงการคัดเลือกจากค่า Risk Priority Number (RPN) ที่มีค่าสูงกว่า 100 คะแนน RPN ดังนั้น เราจะนำปัจจัยดังกล่าวนี้มาดำเนินการทดสอบสมมติฐานในกระบวนการทดสอบทางสถิติต่อไป ซึ่งปัจจัยที่สนใจนั้นมี 3 ส่วนปัจจัยคือ (ทั้ง 3 ปัจจัยมีคะแนน RPN 288)

1. ขนาด Bore ไม่เหมาะสมผลิตภัณฑ์
2. ชนิด Optical part ไม่เหมาะสมผลิตภัณฑ์
3. ปริมาณแก๊สที่ใช้อาจไม่เหมาะสมผลิตภัณฑ์

สรุปเบื้องต้นจากข้อมูลการพิจารณาจากการวิเคราะห์ข้อบกพร่องตามปัจจัยที่ส่งผลต่อ Final Test: Low Power Failure นั้นโดยเรานำปัจจัยดังกล่าวในตารางที่ 3.5 สามารถนำมาแยกทดสอบตามลำดับแต่ละปัจจัยต่อไป

3.3.3 นำปัจจัยที่สนใจมาดำเนินการวิเคราะห์คัดเลือกปัจจัยตามแบบการตั้งสมมติฐาน

เป็นการวิเคราะห์ปัจจัยที่ได้เบื้องต้นเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ เบื้องต้นโดยดำเนินการกับข้อมูลแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อปัญหา Low Power

ตารางที่ 3.7

ปัจจัยที่สนใจและคาดการณ์จะส่งผลต่อ Final Test: Power Alignment

ลำดับ	ปัจจัยที่มีผลกระทบสมมติฐาน	ระดับปัจจัย	หน่วยของปัจจัย
1	ขนาดของ Bore	2	inch
	(Size Bore)	3	inch
2	ชนิดของ Optical	2	%
	(Type Optical)	4	%
3	ปริมาณแก๊สที่เติมเข้าไป	45	Torr
	(Quantity Gas fill)	55	Torr

1. ขนาด Bore มีขนาด Bore 2 ขนาด คือ 2 กับ 3 inch ทาการประกอบและทดสอบค่าทางแสงโดยใช้จำนวนตัวอย่างแต่ละขนาด 40 ตัวอย่าง โดยผลที่ได้ P-value = 0.034 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 คือ Bore ของทั้ง 2 ขนาดนั้นมีส่วนต่อการเกิดปัญหา Low Power (ดังภาพที่ 3.15)

Test and CI for Two Proportions (Bore Size; A, B)

Sample	X	N	Sample p
1	14	40	0.350000
2	5	40	0.125000

Difference = p (1) - p (2)
 Estimate for difference: 0.225
 95% CI for difference: (0.0451326, 0.404867)
 Test for difference = 0 (vs ≠ 0): Z = 2.45 P-Value = 0.014

Fisher's exact test: P-Value = 0.034

ภาพที่ 3.15 ผลการทดลอง ขนาด Bore ทั้ง 2 ระดับที่มีผลกับปัญหา Low Power

2. ชนิดของกระจก มี 2 แบบ คือ 2% กับ 4% ทาการประกอบและทดสอบค่าทางแสงโดยใช้จำนวนตัวอย่างแต่ละขนาด 40 ตัวอย่าง โดยผลที่ได้ P-value = 0.048 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 คือ ชนิดของกระจก 2 แบบนั้นมีผลต่อการเกิดปัญหา Low Power (ดังภาพที่ 3.16)

Test and CI for Two Proportions (Optical: A,B)

Sample	X	N	Sample p
1	12	40	0.300000
2	4	40	0.100000

Difference = p (1) - p (2)
 Estimate for difference: 0.2
 95% CI for difference: (0.0302621, 0.369738)
 Test for difference = 0 (vs ≠ 0): Z = 2.31 P-Value = 0.021

Fisher's exact test: P-Value = 0.048

ภาพที่ 3.16 ผลการทดลอง ชนิดกระจก ทั้ง 2 ระดับที่มีผลกับปัญหา Low Power

3. ปริมาณแก๊สเติม มี 2 แบบ คือ 45 torr กับ 55 torr ทำการเติมและทดสอบค่าทางแสงโดยจำนวนตัวอย่างแต่ละขนาด 40 ตัวอย่าง ผลที่ได้ P-value = 1.00 ซึ่งมากกว่า 0.05 อาจหมายความว่าปริมาณแก๊สทั้ง 2 ปริมาณการทดสอบนั้นไม่มีผลต่อการเกิดปัญหา Low Power (ดังภาพที่ 3.17)

Test and CI for Two Proportions (Gas Fill, A,B)

```
Sample   X   N   Sample p
1         12  40  0.300000
2         11  40  0.275000
```

```
Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  0.025
95% CI for difference:  (-0.173280, 0.223280)
Test for difference = 0 (vs ≠ 0):  Z = 0.25  P-Value = 0.805
|
Fisher's exact test: P-Value = 1.000
```

ภาพที่ 3.17 ผลการทดลอง ปริมาณแก๊ส ทั้ง 2 ระดับที่มีผลกับปัญหา Low Power

จากข้อมูลการตั้งสมมติฐานสามารถคัดเลือกปัจจัยนำไปพิจารณาในส่วนต่อไปได้ ตามข้อมูลตารางที่ 3.7 ข้อมูลสรุปผลการทดสอบสมมติฐาน สามารถสรุปค่า P-Value การทดสอบทั้ง 3 ปัจจัยพบว่าค่า P-value ขนาดของ Bore และชนิดของ Bore มีค่าน้อยกว่า 0.05 พอสรุปได้ว่า 2 ปัจจัยนั้นมีอิทธิพลต่อการเกิดปัญหา Low Power ผลลัพธ์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนการทดลองปริมาณแก๊สที่ใส่ในผลิตภัณฑ์นั้นมีค่า P-Value สูงกว่า 0.05 อาจกล่าวได้ว่าไม่มีผลกระทบเกิดปัญหา Low Power

ตารางที่ 3.8

สรุปสมมติฐานของแต่ละปัจจัยที่ทำการคัดเลือกสมมติฐาน

ลำดับ	ปัจจัยที่มีผลกระทบสมมติฐาน	สัญลักษณ์	ระดับปัจจัย	หน่วยของปัจจัย	การทดสอบสมมติฐาน (P-Value)
1	ขนาดของ Bore (Bore Size)	α	2	inch	0.034
	3				
2	ชนิดของ Optical (Type Optical)	β	2	%	0.048
	4				
3	ปริมาณแก๊สที่เติมเข้าไป (Quantity Gas fill)	γ	45	Torr	1.000
	55				

ดังนั้น หัวข้อปัจจัยของการทดลองที่นำไปพิจารณาเพื่อปรับปรุงโดยให้คาดการณ์ มีผลกระทบต่อปัญหา Low Power คือ Bore Size และ Optical Type

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากข้อมูลในบทที่ 3 ที่ได้กล่าวถึงกระบวนการทดสอบของผลิตภัณฑ์ SB18P-ROHS แล้วต้องการดำเนินลดปัญหาของ Low Power โดยมีการคัดเลือกปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหานี้ไว้ 2 ปัจจัย คือ Bore Size และ Optical Type นำมาทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) เพื่อให้ได้ผลที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมต่อการผลิตภัณฑ์ และเพื่อการลดปัญหา Low Power ให้ได้ตามเป้าหมาย จากนั้นจะนำเอาผลไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตดังต่อไปนี้

4.1 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

จากการทดสอบสมมุติฐาน (Hypothesis testing) ในขั้นตอนที่ทำการวิเคราะห์เบื้องต้นนั้น พบว่าปัจจัยของขนาด Bore ที่ใช้ค่าขนาด 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว และระดับปัจจัยของชนิดของ Optical ที่ค่าระดับ 2 เพอร์เซ็นต์ และ 4 เพอร์เซ็นต์ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปัญหา Low Power ของผลิตภัณฑ์ โดยมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้น ผู้ดำเนินการวิจัยจึงได้นำผลที่ได้เบื้องต้นนั้นไปดำเนินการตามการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) โดยเลือกการออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ (2^k full Factorial) ซึ่งจำนวนปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 2 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง รวมทั้งหมดการทดลองเป็น 8 จำนวนในระดับระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.1 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำปัจจัยที่ได้มาดำเนินการพิจารณาทางสถิติเพื่อเป็นการตัดสินใจปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสิ่งที่สนใจ โดยจะใช้โปรแกรม Minitab 17 ในการดำเนินการจัดเรียงข้อมูลและพิจารณาเพื่อปรับปรุงต่อไป

ตารางที่ 4.1

ปัจจัยและระดับของปัจจัย (Size Bore และ Optical Type)

ลำดับที่	ปัจจัยที่ที่สนใจ	สัญลักษณ์	ระดับปัจจัย		หน่วย (ปัจจัย)
			2	3	
1	Bore Size	α	2	3	inch
2	Optical Type	β	2	4	%

4.1.1.1 สร้างตารางข้อมูลเพื่อการออกแบบการทดลอง

ข้อมูลดำเนินการทดลองนั้นเราจะสนใจปัญหา Low Power ซึ่งข้อมูลจะเริ่มตั้งแต่เริ่มประกอบผลิตมาจนถึงกระบวนการ Test แต่สิ่งสนใจของเสียในขณะ Build นั้นจะไม่นับมาเป็นกลุ่มปัญหาสนใจ โดยกลุ่มตัวอย่างทำการผลิตประมาณ 5 ตัวต่อการจับคู่ปัจจัยผลิต แล้วดูข้อมูลของกลุ่มงานตัวอย่างหรือค่าพลังงานแสงที่เกิดตอนทดสอบมาพิจารณา โดยการออกแบบการทดลองและข้อมูลเรียบเรียงเป็นตามตารางที่ 4.2

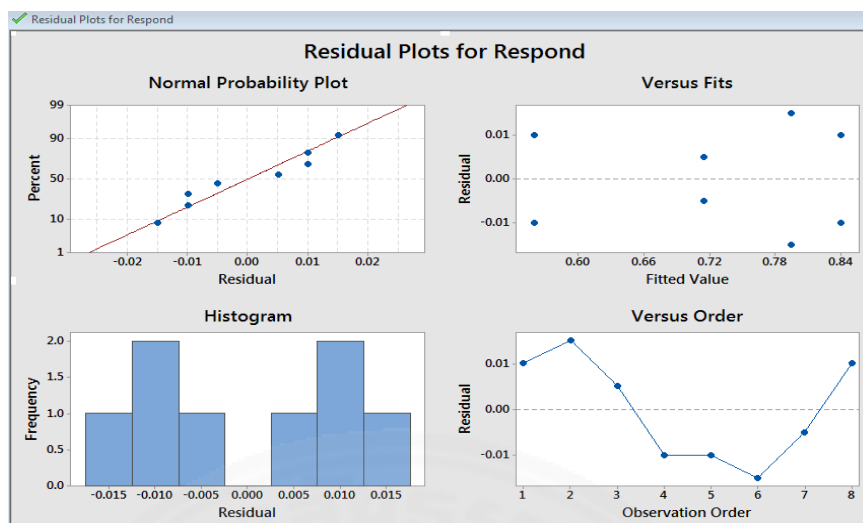
ตารางที่ 4.2

ออกแบบการทดลองและผลการทดลอง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	Respond
1	1	1	1	2	2	0.57
2	2	1	1	3	2	0.81
3	3	1	1	2	4	0.72
4	4	1	1	3	4	0.83
5	5	1	1	2	2	0.55
6	6	1	1	3	2	0.78
7	7	1	1	2	4	0.71
8	8	1	1	3	4	0.85

จากตารางที่ 4.1 ผลที่ได้ในตารางนั้นดำเนินการผ่านโปรแกรม Minitab 17 โดยช่องลำดับการทดลองจะอ้างอิงจากช่อง StdOrder, RunOrder, CenterPt และ Blocks ส่วนช่องที่ A และ B นั้นแสดงระดับของปัจจัยของขนาดของ Bore ตารางที่ A โดยมี 2 ระดับ คือ 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว แล้วส่วนชนิดของ Optical ตารางที่ B แบ่ง 2 ระดับ คือ 2% กับ 4% แล้วตาราง Respond คือ ค่า Power ที่ทำการวัดตอนทดสอบผลิตภัณฑ์

เบื้องต้นมีการทำการทดสอบตรวจสอบรูปแบบการทดลอง จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยที่จะสามารถระบุได้ว่าข้อมูลดังกล่าวมีความถูกต้องและเหมาะสมเพียงพอต่อการนำไปวิเคราะห์ต่อไปหรือไม่ ตามภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 Residual Plots ของ sample แต่ละปัจจัยที่จับคู่แล้วทดสอบค่าแสง

ข้อมูลที่แสดงในภาพที่ 4.1 เป็นการดำเนินการใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลผลของปัจจัยด้วยการทดสอบการกระจายตัวปกติ (Normal Distribution) เป็นการพิจารณาจากข้อมูลเบื้องต้นว่ามีความน่าเชื่อถือพอจะพิจารณาต่อของวิธีการทดลองแบบ 2k Factorial Design ต่อไป โดยสรุปเบื้องต้นของข้อมูลภาพที่ 4.1 ดังนี้

(1) **Normal Distribution** ตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ค่าส่วนตกค้าง (Residuals) จากภาพที่ 4.1 จะพบว่า โดยกลุ่มการกระจายตัวเป็นลักษณะเป็นแนวเกาะกลุ่มเส้นตรง ดังนั้น ค่าที่ได้จึงเป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

(2) **Versus Order Independent** ตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) ค่าส่วนตกค้าง (Residuals) จากภาพที่ 4.1 จะพบว่า การกระจายตัว Versus Order graph มีภาพแบบที่ไม่แน่นอนไม่สามารถคาดการณ์ได้ ดังนั้นจึงมีอิสระต่อกัน

(3) **Versus Fits** Analysis of Variance การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Variance) ของส่วนตกค้าง (Residual) จากภาพที่ 4.1 จะพบว่า การกระจายตัวใน Versus Fits การกระจายตัวด้านลบและด้านบวกได้ สมมาตรกัน ดังนั้นประมาณการว่ามีความแปรปรวนคงที่

สามารถบอกได้ว่าการตรวจสอบความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือตัวปัจจัยนั้นๆ เป็นไปตามหลักการ NID (0, 2) ดังนั้น ข้อมูลชุดนี้มีความถูกต้องเชื่อถือได้สามารถนำไปดำเนินการวิเคราะห์ต่อไปได้

4.1.1.2 ผลการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k

การดำเนินการใช้โปรแกรม Minitab 17 ฟังก์ชัน DOE แฟคทอเรียลแบบเต็มรูป 2^3 แสดงข้อมูลเพื่อประกอบพิจารณาได้ตามภาพที่ 4.2

Factorial Regression: Respond versus A, B

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	0.090850	0.030283	134.59	0.000
Linear	2	0.084800	0.042400	188.44	0.000
A	1	0.064800	0.064800	288.00	0.000
B	1	0.020000	0.020000	88.89	0.001
2-Way Interactions	1	0.006050	0.006050	26.89	0.007
A*B	1	0.006050	0.006050	26.89	0.007
Error	4	0.000900	0.000225		
Total	7	0.091750			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.015	99.02%	98.28%	96.08%

Coded Coefficients

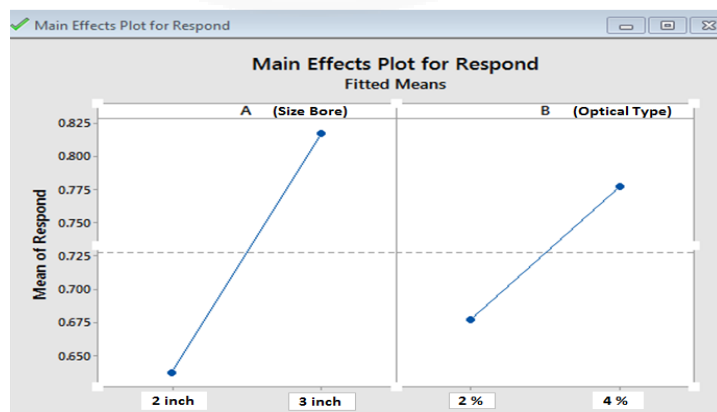
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		0.72750	0.00530	137.18	0.000	
A	0.18000	0.09000	0.00530	16.97	0.000	1.00
B	0.10000	0.05000	0.00530	9.43	0.001	1.00
A*B	-0.05500	-0.02750	0.00530	-5.19	0.007	1.00

Regression Equation in Uncoded Units

$$\text{Respond} = -0.2850 + 0.3450 A + 0.1875 B - 0.0550 A*B$$

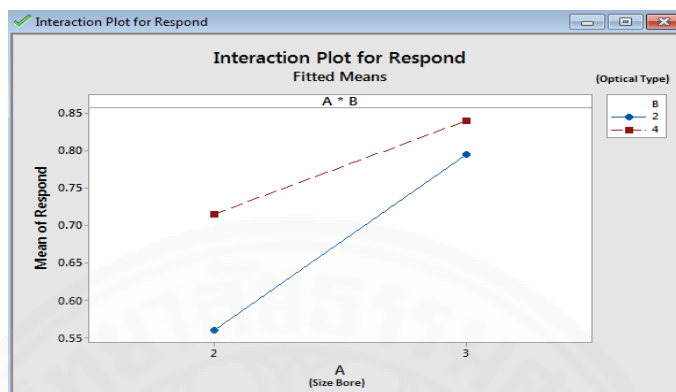
ภาพที่ 4.2 ผลการทดลองกับปัจจัยด้วยวิธีเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k มีผลต่อค่าการทดสอบแสง

จากผลการทดลอง $2k$ ที่ Linear เปรียบได้กับค่า Main Effect แต่ละปัจจัย พบว่าในระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ปัจจัย A คือ ขนาดของ Bore และ ปัจจัย B คือ ชนิดของ Optical นั้น มีผลต่อความสามารถของกระบวนการทดสอบแสง โดยค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 รวมถึง 2-Way Interaction มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ด้วยเช่นกัน ณ ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ทำให้สามารถพิจารณาได้ว่าปัจจัยทั้ง 2 มีอิทธิพลแต่ละปัจจัยต่อผลที่สนใจและมีอิทธิพลร่วมกันต่อผลที่สนใจด้วยเช่นกันตามผลการทดลองเบื้องต้น



ภาพที่ 4.3 ผลกระทบจากปัจจัยหลักแต่ละปัจจัยการทดลอง (Main Effect)

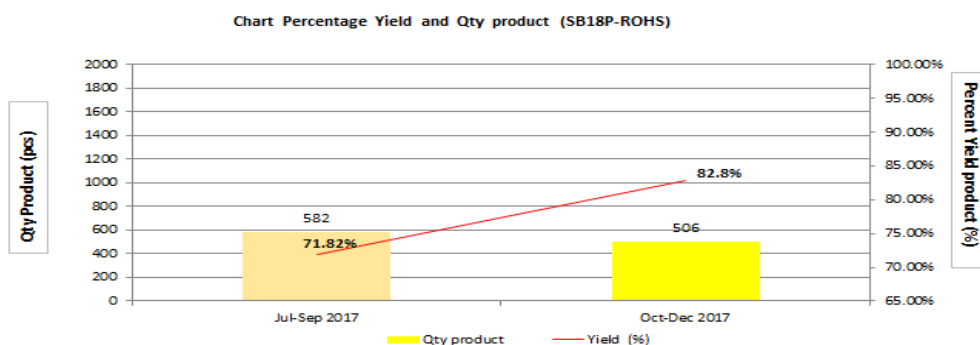
จากผลการทดลองบ่งบอกได้ว่าปัจจัย A คือ ขนาดของ Bore ที่ 3 inch นั้นมีผลต่อค่าการทดสอบในแนวนอนที่ได้ค่าสูง และปัจจัย B คือ ชนิดของ Optical ที่ 4% จะได้ค่าทดสอบทางแสงที่ได้ค่าสูง



ภาพที่ 4.4 ผลกระทบจากปัจจัยร่วมของปัจจัยการทดลองทั้งสอง (Interaction Effect)

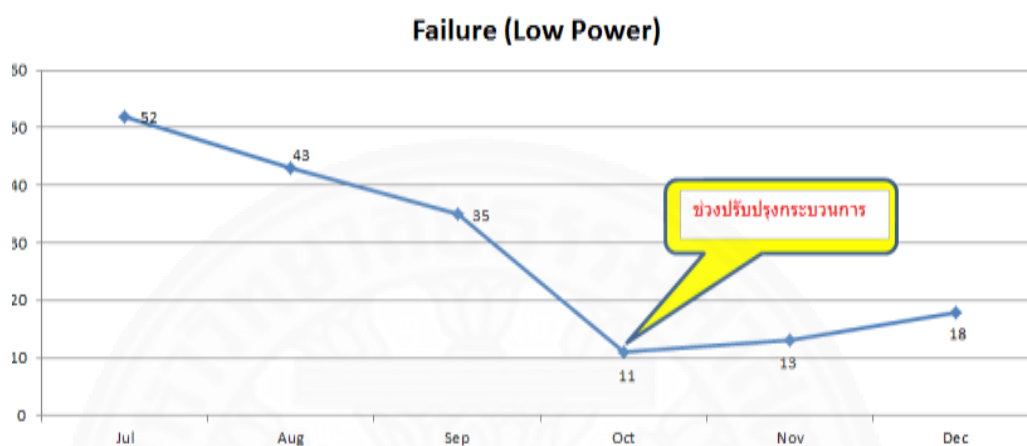
จากผลการทดลองบ่งบอกได้ว่าปัจจัย A คือ ขนาดของ Bore และปัจจัย B คือ ชนิดของ Optical มีแนวโน้มผลที่เป็นอิทธิพลร่วมต่อกัน (Interaction Effect) ต่อความสามารถของการทดสอบของแสงของผลตกัณฑ์แล้วจะเป็นผลให้มีผลต่อปัญหา Lowe Power ด้วยอีกส่วนหนึ่ง

ดังนั้น จากได้มีการทดลองจำนวนเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งชุดการทดลองโดยได้มีการระบุวัตถุประสงค์ที่ควบคุมในการทดลองครั้งนี้ด้วยการใช้วัตถุดิบที่เป็นขนาดของ Bore ที่ 3 นิ้ว และชนิดของ Optical 4% ด้วยจำนวนการผลิตที่มากขึ้น โดยช่วงการควบคุมเพื่อดูค่าอัตราส่วนของดีที่ผลิต (Yield) อยู่ในช่วง ตุลาคม 2560 ถึง ธันวาคม 2560 ผลที่ได้เปรียบเทียบกับ 3 เดือนก่อนหน้า (กรกฎาคม – สิงหาคม 2560)



ภาพที่ 4.5 แผนภูมิผลผลิตเปรียบเทียบ 3 เดือนก่อนการปรับปรุง-หลังปรับปรุง

จากการทดลองควบคุมการผลิตด้วยปัจจัยที่ได้ทำการทดลองทั้ง ขนาดของ Bore 3 นิ้ว และชนิดของ Optical 4% เปรียบเทียบอัตราส่วนผลผลิตที่ดีของ SB18P-ROHS นั้นมีสัดส่วนที่ดีขึ้นจากข้อมูลก่อนดำเนินการปรับปรุง Yield 72% (กรกฎาคม – กันยายน 2560) และหลังการปรับปรุง Yield เป็นร้อยละ 83 (ตุลาคม - ธันวาคม 2560)



ภาพที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณของเสียปัญหา Low Power ก่อน-หลังปรับปรุง

จำนวนของเสียจากปัญหา Low Power ลดลงประมาณ 3 เท่าของข้อมูลก่อนการปรับปรุง ดังนั้น ผู้วิจัยและทีมงานต้องดำเนินการควบคุมกระบวนการผลิตเลเซอร์โมเดล SB18P-ROHS ให้สามารถมีอัตราของเสียที่ลดลงร้อยละ 10 และได้อัตราผลผลิตที่ดีได้ร้อยละ 80 เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด โดยจะดำเนินการต่อในส่วนต่อไป

ตารางที่ 4.3

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ หลังการปรับปรุง Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

ลำดับ	กระบวนการผลิต	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบข้อบกพร่อง	ความรุนแรง SEV	สาเหตุข้อบกพร่อง	ความถี่ OCC	มาตรการและวิธีป้องกันในปัจจุบัน	การตรวจสอบ	การตรวจจับ DET	RPN (SxOxD)
1	ขนาด Bore ไม่เหมาะสมผลิตภัณฑ์	พลังงานที่ได้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามข้อกำหนดลูกค้า	พลังงานที่ได้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามข้อกำหนดลูกค้า แต่ค่าพลังงานผลิตภัณฑ์ดีขึ้น	2	การออกแบบผลิตภัณฑ์ อาจจะไม่ครอบคลุมผลิตภัณฑ์	4	1. กำหนดมาตรฐานใช้วัดคุณภาพประกอบผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ 2. ติดตามผลรายสัปดาห์เพื่อประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขปัญหาทันที 3. ควบคุมค่าตามเป้าหมายใหม่ที่กำหนด	ทำการตรวจสอบวัดค่าพลังงาน	5	40
2	ชนิด Optical part ไม่เหมาะสมผลิตภัณฑ์	พลังงานที่ได้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามข้อกำหนดลูกค้า	พลังงานที่ได้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามข้อกำหนดลูกค้า แต่ค่าพลังงานผลิตภัณฑ์ดีขึ้น	2	การออกแบบผลิตภัณฑ์ อาจจะไม่ครอบคลุมผลิตภัณฑ์	4	1. กำหนดมาตรฐานใช้วัดคุณภาพประกอบผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ 2. ติดตามผลรายสัปดาห์เพื่อประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขปัญหาทันที 3. ควบคุมค่าตามเป้าหมายใหม่ที่กำหนด	ทำการตรวจสอบวัดค่าพลังงาน	5	40
3	ปริมาณแก๊สที่ใช้อาจไม่เหมาะสมผลิตภัณฑ์	พลังงานที่ได้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามข้อกำหนดลูกค้า	พลังงานที่ได้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามข้อกำหนดลูกค้า แต่ค่าพลังงานผลิตภัณฑ์ดีขึ้น	2	การออกแบบผลิตภัณฑ์ อาจจะไม่ครอบคลุมผลิตภัณฑ์	4	1. กำหนดมาตรฐานใช้วัดคุณภาพประกอบผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ 2. ติดตามผลรายสัปดาห์เพื่อประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขปัญหาทันที 3. ควบคุมค่าตามเป้าหมายใหม่ที่กำหนด	ทำการตรวจสอบวัดค่าพลังงาน	5	40

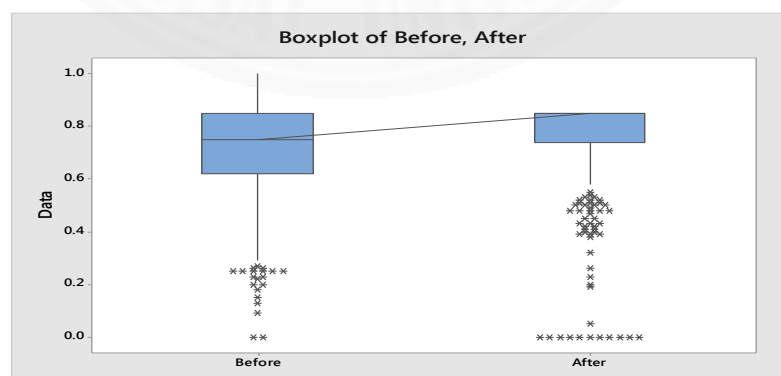
จากตารางที่ 4.3 มีการประเมินในหัวข้อของการควบคุมกระบวนการของ ปัญหา (Det) หรือความสามารถในการควบคุมข้อบกพร่องหลังการปรับปรุงกระบวนการ โดยจะเห็นว่าคะแนนลดลงจาก 9 เป็น 5 โดยมีการกำหนดมาตรฐานให้ใช้วัดอุบัติใหม่ในการผลิตผลิตภัณฑ์ และควบคุมด้วยเป้าหมายใหม่พร้อมกับติดตามผลตามสัปดาห์เพื่อเฝ้าระวังปัญหาและ (Sev) ค่าความรุนแรงที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์คะแนนลดลงจาก 8 เป็น 2 เนื่องจากระดับพลังงานของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มความสามารถที่ดีขึ้น ดังนั้น คะแนน RPN จึงลดลงเป็น 40 คะแนน จากของเดิม 228 ผลที่ได้ไม่เกินคะแนน 100 เป็นข้อกำหนดที่ไม่เสี่ยงต่อผลผลิต ซึ่งหัวข้อทั้งหมดของ ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการผลิต คือ ขนาดของ Bore ชนิดของ Bore และปริมาณแก๊สที่ดำเนินการ เดิมเข้าไป จากค่า RPN มีการปรับปรุงแล้วมีค่าลดลงรวมทั้งสอดคล้องกับเป้าหมายที่กำหนด

ตารางที่ 4.4

ข้อมูลดำเนินการก่อน-หลังปรับปรุง

ช่วงการดำเนินการ	เป้าหมาย	Yield	ขนาดของ Bore	ชนิดของ Bore	Cpk	Sigma	Low Power Failure	Other failure	Ratio LowPower failure	More Detail
ก่อนการปรับปรุง	80%	72%	2 inch	2%	0.5-1.00	2.1	130	34	22.3%	อ้างอิงข้อมูล Jul-Sep 2017
หลังการปรับปรุง	80%	83%	3 inch	4%	0.5-1.00	2.5	42	45	8.3%	อ้างอิงข้อมูล Oct-Dec 2017

จากตารางที่ 4.4 สรุปเป้าหมายและผลการดำเนินการปรับปรุงจะพบว่า failure Low Power ratio น้อยกว่าก่อนปรับปรุง และข้อมูลการวัดค่าพลังงานแสงของกลุ่มข้อมูล เกาะกลุ่มค่าที่สูงกว่าก่อนการปรับปรุง (กลุ่มข้อมูลค่าพลังงานแสงอยู่ประมาณ 0.7-0.85) อ้างอิง ข้อมูลภาพ 4.7



ภาพที่ 4.7 กลุ่มข้อมูลผลการวัดพลังงานแสง (ก่อน-หลังปรับปรุง)

4.1.1.3 การทดสอบสมมติฐานของความแปรปรวนการวัดค่าพลังงานแก๊ส เลเซอร์ก่อนและหลังปรับปรุง

สมมติฐาน :

$$H_0: \sigma_i^2 = \sigma_j^2$$

$$H_1: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2 \text{ อย่างน้อย 1 คู่ โดย } i \neq j$$

เมื่อ

σ_i^2 คือ ค่าความแปรปรวนค่าการวัดพลังงานแสงก่อนทำการปรับปรุง

σ_j^2 คือ ค่าความแปรปรวนค่าการวัดพลังงานแสงหลังทำการปรับปรุง

Test and CI for Two Variances: Before, After

Method

Null hypothesis $\sigma(\text{Before}) / \sigma(\text{After}) = 1$
Alternative hypothesis $\sigma(\text{Before}) / \sigma(\text{After}) \neq 1$
Significance level $\alpha = 0.05$

Statistics

Variable	N	StDev	Variance	95% CI for StDevs
Before	582	0.182	0.033	(0.170, 0.196)
After	506	0.169	0.029	(0.146, 0.197)

Ratio of standard deviations = 1.079
Ratio of variances = 1.165

95% Confidence Intervals

Method	CI for StDev Ratio	CI for Variance Ratio
Bonett	(0.933, 1.288)	(0.871, 1.659)
Levene	(*, *)	(*, *)

Tests

Method	DF1	DF2	Test Statistic	P-Value
Bonett	—	—	—	0.323
Levene	1	1086	39.58	0.000

ภาพที่ 4.8 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนวัดพลังงานแสง (ก่อน-หลังปรับปรุง)

จากผลลัพธ์ทางสถิติแสดงว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$) ค่า P-Value Levene แสดงค่าต่ำกว่า 0.05 ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักโดยความแปรปรวนของค่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงก่อนและหลังการปรับปรุงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4.2 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

จากการดำเนินการทั้งหมดจนถึงขั้นตอนควบคุมนี้เราจะทราบปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการทดสอบทางแสงที่เกิดต่อปัญหา Lower Power และระดับที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตเลเซอร์โมเดล SB18P-ROHS ทำให้ได้เป็นไปตามเป้าหมายเบื้องต้นต้องการกำหนดในมาตรฐานการใช้งานและการดำเนินการกระบวนการทำงานผลิตและทดสอบของผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มกำหนดการควบคุมให้ใช้วัตถุดิบกับกระบวนการผลิตโมเดล SB18P-ROHS ตั้งแต่วันที่ 11 ธันวาคม 2560

4.2.1 การควบคุมในกระบวนการ

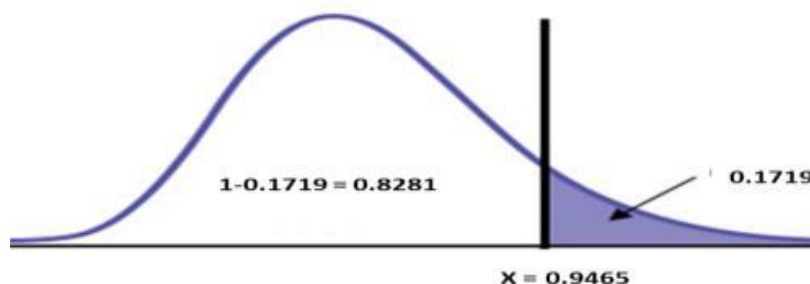
กระบวนการควบคุมการผลิตผลิตภัณฑ์ คือ

4.2.1.1 วัตถุดิบ (Material) วัตถุดิบ (Material) มีการออก Drawing ใหม่เพื่อใช้ในการควบคุม Bore และ Optical Type Material และดำเนินการแก้ไขเนื้อหาอ้างอิงกับเอกสารกระบวนการทำงานใหม่

4.2.1.2 ผู้ปฏิบัติงาน (Man) ผู้ปฏิบัติงาน (Man) มีการแจ้งพนักงานในการควบคุมการใช้วัตถุดิบการผลิตใหม่ พร้อมทั้งเน้นย้ำทำความเข้าใจกับผู้ปฏิบัติงาน รวมถึงการจัดการฝึกอบรมเพื่อเป็นการทวนสอบ

4.2.1.3 วิธีการปฏิบัติงาน (Method) วิธีการปฏิบัติงาน (Method) มีการแก้ไขเอกสารใหม่เกี่ยวกับการใช้วัตถุดิบการผลิตใหม่ และมีการเฝ้าติดตามผลการดำเนินการปรับปรุงโดยสรุปผลรายกำหนดประชุม 3 เดือนเพื่อพิจารณาความสามารถการผลิตของผลิตภัณฑ์

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) หลังการปรับปรุงกระบวนการ



ภาพที่ 4.9 เส้นโค้งของกราฟพระฆังคว่ำแบบปกติแสดงสัดส่วนของดีและของเสีย (หลังปรับปรุง)

จากการคำนวณหาระดับซิกมาของกระบวนการหลังการปรับปรุงพบว่า มีค่าเท่ากับ 2.5 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าช่วง Cpk ตามตารางที่ 3.3 จะพบว่าค่า Sigma 2.5 ประมาณค่า Cpk ความสามารถกระบวนการอยู่ช่วง 0.5 - 1.00 ดังนั้น ควรที่ต้องดำเนินการปรับปรุงกระบวนการต่อไปในส่วนอื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อให้ได้ค่าความสามารถตามระดับของระบบซิกมาร์

แต่ถ้ามองถึงต้นทุนที่ลดลงของเสียที่ต้องจ่ายต่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดของเสียจากปัญหา Low Power นี้จะอยู่ที่ประมาณ 89 เหรียญสหรัฐฯ หรือประมาณ 2,800 บาท ต่อ 1 หน่วยผลิตภัณฑ์สำเร็จ (Finish Goods) แล้วสามารถลดได้ประมาณร้อยละ 10 หรืออ้างอิงจำนวนที่ช่วยเหลือของเสียจากที่เกิดปัญหา Lower Power นี้ได้ประมาณ 88 ตัวหรือเป็นเงินลดต้นทุนของเสียลง 250,624 บาท (ประมาณ 7,832 เหรียญดอลลาร์สหรัฐฯ)

4.3 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการวิจัยเรื่องการลดจำนวนของเสียในกระบวนการผลิตเลเซอร์โมเดล SB18P-ROHS โดยการประยุกต์ใช้กระบวนการดีเอ็มเอไอซี (DMAIC) ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการระบุปัญหา ขั้นตอนการวัดผล การวิเคราะห์ปัญหา การปรับปรุงกระบวนการ และการควบคุม ซึ่งพบว่าปัญหาของเสียที่กระทบต่ออัตราส่วนผลิตที่ดี นั้นกลุ่มหลักมาจากปัญหา Low Power โดยอัตราของเสียอยู่ที่ประมาณร้อยละ 10 จากการแก้ปัญหาและปรับปรุงตามแนวทางดีเอ็มเอไอซี พบว่าเมื่อพิจารณาหาปัจจัยและค่าที่เหมาะสมของปัจจัยของวัตถุดิบที่สนใจจากกระบวนการวิเคราะห์ปัญหารวมถึงการดำเนินการออกแบบการทดลองนั้นทำให้เราสามารถลดปริมาณอัตราส่วนของเสียลง มากกว่าร้อยละ 10 เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ของอัตราส่วนผลิตที่ดีโดยรวม และยังสามารถประหยัดต้นทุนการเกิดของเสียจากปัญหา Low Power ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการปรับปรุง โดยการประมาณ

การคำนวณและค่าแรงของผลิตภัณฑ์สำเร็จต่อ 3 เดือน (ก่อนปรับปรุง กรกฎาคม - กันยายน 2560 หลังปรับปรุง ตุลาคม - ธันวาคม 2560) ลดลงได้ 7832 เหรียญสหรัฐ หรือประมาณ 250,624 บาท เนื่องจากการปรับปรุงครั้งนี้มีข้อจำกัดในการเปลี่ยนแปลงที่ดำเนินการต่อผลิตภัณฑ์ค่อนข้างมาก เนื่องจากจำนวนการผลิตของผลิตภัณฑ์มีจำนวนไม่มากเท่ากับการผลิตแบบอุตสาหกรรม ไอซี หรือ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่น รวมถึงการผลิตยังมีการดำเนินการด้วยคนหลายกระบวนการ ดังนั้นกลุ่มปัญหาอื่นอาจยังมีค่อนข้างสูงเกินกว่าระดับความสามารถกระบวนการตามหลัก Process Capability แนวทาง Six Sigma ได้ แต่กระบวนการผลิตนี้ยังสามารถต่อยอดในส่วนอื่นๆ ได้เพื่อการปรับปรุงต่อไปให้สามารถดำเนินการตามหลักการวัดค่าความสามารถกระบวนการให้ได้ตามหลักการ Process Capability $Cpk = 1.33$ ได้ในอนาคตเพื่อเป็นการเพิ่มกระบวนการมีขีดความสามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเมื่อเทียบกับคุณภาพระดับโลก (World Class Quality) ต่อไปได้



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยฉบับนี้นำหลักการขั้นตอน ชิกซ์ ซิกม่า กระบวนการ DMAIC มาเป็นเครื่องมือในการช่วยลดปัญหาการทดสอบความสามารถทางแสงหรือปัญหา Low Power ของผลิตภัณฑ์ SB18P-ROHS ซึ่งมีการกำหนดจุดที่มาดำเนินการจากการที่ต้องการให้ได้ผลิตผลที่ดีของผลิตภัณฑ์นั้นเป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการโดยข้อมูลอ้างอิงจากข้อมูลเก่า 2015 และ 2016 และเก็บข้อมูลก่อน (กรกฎาคม-กันยายน 2560) และหลังการปรับปรุง (ตั้งแต่ ตุลาคม 2560 เป็นต้นมาจนถึงเดือน ธันวาคม 2560) โดยขั้นตอนการดำเนินการ 5 ขั้นสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

การกำหนดปัญหา จากบริษัทกรณีศึกษานั้นเป็นบริษัทผลิตเลเซอร์ใช้ในอุตสาหกรรม โดยผลิตภัณฑ์ที่สนใจศึกษานั้นมีความสามารถในการผลิตและทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับ โมเดลพื้นฐานแล้วนั้นความสามารถยังค่อนข้างต่ำอยู่ ดังนั้น จึงมีการนำปัญหาของผลิตภัณฑ์มาค้นหาปัญหาและคัดเลือกเพื่อไปดำเนินการแก้ไขต่อไป (Define Phase) พบว่าในกระบวนการผลิต Gas Laser HENE ข้อมูลข้างต้นพบว่า SB18P ROHS สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ผลผลิตดี (Yield) อยู่ที่ประมาณร้อยละ 70 (สนใจผลลัพธ์ของการทดสอบพลังงานแสง) ซึ่งจากข้อมูลพาเรโตการจำแนกหัวข้อ failure ออกมาทำให้พบว่าหัวข้อปัญหา Lower Power นั้นมีแนวโน้มมาเป็นอันดับที่ 1 และเปอร์เซ็นต์ของเสียประมาณร้อยละ 10 ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายที่ต้องการปรับปรุง จากนั้นได้ดำเนินการแจกแจงปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อสิ่งกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ดีของผลิตภัณฑ์จาก Process Flow และ SIPOC ซึ่งจะนำมาเป็นแนวทางเห็นต้นทางและปลายทางที่มีผลต่อกันแล้วส่งผลกระทบต่อผลการผลิตและสามารถนำไปใช้พิจารณาในขั้นตอนต่อไปได้

กระบวนการวัด เป็นกระบวนการที่มีการรวบรวมข้อมูลเพื่อมาตรวจสอบว่าผลการดำเนินงานของเรานั้น พบข้อบกพร่องมากน้อยเท่าไร เช่นมีการทำ Calibration เครื่องมือวัดเพื่อเป็นความมั่นใจในอุปกรณ์ที่ใช้การทดสอบของสิ่งที่สนใจในระบบการทดสอบผลิตภัณฑ์ และมีการทำการวิเคราะห์กระบวนการวัดซ้ำ (Gage Repeatability & Reproducibility: GR&R) เพื่อให้มีความเชื่อมั่นในการดำเนินงานของผู้ปฏิบัติงานโดยตัวอย่างคนดำเนินงานใช้ 3 คน หรือ มีความสูญเสียมากน้อยเพียงใด ซึ่งจากค่าการประเมินผลเทียบกับความผันแปรกระบวนการ ความแปรผันทั้งหมดของระบบการวัด (Total Gage R&R) ได้ค่า 7.8 โดยที่ค่า Repeatability นั้นได้ 7.8 และค่า

Reproducibility ได้ 0.0 ซึ่งค่ากำหนดจะต้องน้อยกว่า 30% ถือว่ายอมรับระบบการวัดนั้นได้ ดังนั้น มีความน่าเชื่อถือถึงในขั้นตอนการวัด ส่วนอื่นที่สนใจ คือ การวัดขีดความสามารถกระบวนการที่ทำปฏิกิริยานั้นอยู่ในระดับที่กระบวนการที่สนใจนั้น ค่าความสามารถกระบวนการตามตารางความสามารถ Sigma ของเราอยู่ในช่วง 1.5 – 3.00 ประมาณค่า Cpk ความสามารถกระบวนการอยู่ช่วง 0.5 – 1.00 ดังนั้น ควรที่ต้องดำเนินการปรับปรุงกระบวนการ และข้อมูลนี้ใช้เพื่อมีการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ดำเนินการปรับปรุงไปในภายหลัง รวมถึงมีการพิจารณาทำความเข้าใจกระบวนการไหลของงานเพื่อเป็นส่วนเพิ่มเติมในการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อปัจจัยออกหรือผลผลิตที่สนใจในส่วนต่อไป

ขั้นตอนการวิเคราะห์ จะดำเนินการพิจารณาจาก Process Flow เพื่อเข้าใจสายการผลิตและการทดสอบผลิตภัณฑ์แล้วดำเนินการระดมความคิดเพื่อสร้างปัจจัยจาก แผนภาพ ก้างปลา (Fishbone Diagram) ที่สามารถมีผลต่อผลผลิตของผลิตภัณฑ์ คือ ค่าการทดสอบทางแสง พร้อมทั้งวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA: Failure Mode and Effect Analysis) เพื่อให้สามารถดึงปัจจัยที่มีค่าความเสี่ยงสูงที่สุดนำมาพิจารณาแก้ปัญหาต่อไป ซึ่งได้ปัจจัยที่มีค่าความมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์แล้วสามารถนำไปตั้งสมมติฐานเพื่อพิจารณาต่อทั้งหมด 3 อย่างคือ ขนาด Bore ไม่เหมาะสมผลิตภัณฑ์ ชนิด Optical part ไม่เหมาะสมผลิตภัณฑ์ และ ปริมาณแก๊สที่ใช้อาจไม่เหมาะสมผลิตภัณฑ์ จากสมมติฐานทั้ง 3 ปัจจัยจะสามารถคัดเลือกส่วนปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์เพื่อพิจารณาการออกแบบการทดลองต่อไป คือ ขนาด Bore และ ชนิด Optical part

ขั้นตอนการปรับปรุง จากปัจจัยที่ได้ทำการคัดเลือกมาแล้วเราสามารถนำปัจจัยมาดำเนินการออกแบบการทดลอง เพื่อให้ได้ปัจจัยที่มีความเหมาะสมต่อกระบวนการผลิตและทดสอบผลิตภัณฑ์ SB18P-ROHS โดยสรุปได้ว่าปัจจัย ขนาด Bore ที่ 3 inch และ ชนิด Optical part 4% มีความสามารถในการทดสอบทางแสงที่สามารถทำให้เกิดอัตราส่วนผลผลิตที่ดีได้ตามเป้าหมายหรือสามารถลดอัตราส่วนปัญหาได้ถึงร้อยละ 10 ตามเป้าหมายที่กำหนด

การควบคุม จากผลการดำเนินการของการปรับปรุงกระบวนการจะพบว่าปัญหา Low Power มีปริมาณลดลง ดังนั้น ได้ดำเนินการควบคุมโดยกำหนดให้กระบวนการผลิตใช้วัสดุการผลิต คือ ขนาด Bore ที่ 3 inch และชนิด Optical part 4% ในการผลิตโมเดล SB18P-ROHS และมีการแก้ไขจัดทำกระบวนการทำงานให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การผลิตใหม่ที่ปรับปรุง รวมถึงมีการติดตามผลอัตราส่วนการผลิต (Yield) ทุกสัปดาห์และพิจารณาความสามารถการผลิตและทดสอบโดยจัดประชุม

ทุก 3 เดือนเพื่อติดตามผลการดำเนินงาน และมีการควบคุมค่าเป้าหมายปรับไปที่อัตราส่วนที่ดีร้อยละ 80 (Yield)

5.2 สรุป

งานวิจัยค้นคว้าอิสระนี้มีแนวโน้มนำไปสู่การลดอัตราส่วนของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เลเซอร์ SB18P-ROHS ด้วยวิธีการประยุกต์ตามกระบวนการ DMAIC โดยสามารถทำให้ลดอัตราส่วนของเสียลงร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการปรับปรุง โดยก่อนการดำเนินการอัตราส่วนของเสียประมาณร้อยละ 29 อัตราส่วนของดีอยู่ที่ร้อยละ 71.8 หลังทำการปรับปรุงอัตราส่วนของเสียเหลือประมาณร้อยละ 18 อัตราส่วนของดีอยู่ที่ร้อยละ 82.8 สามารถอ้างอิงข้อมูลเปรียบเทียบจากภาพที่ 4.5 ซึ่งแนวทางปัญหาหลักที่ดำเนินการปรับปรุงคือลดอัตราส่วนปัญหา Low Power ผลนั้นเป็นไปตามเป้าหมายของลูกค้าที่ต้องการคือลดของเสียได้ร้อยละ 10 และสามารถทำให้ผลผลิตที่ดีได้ถึงร้อยละ 80 และสามารถลดต้นทุนของเสียลง 250,624 บาท

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

1. เนื่องด้วยจากผลิตภัณฑ์มีความซับซ้อนในการผลิต อีกทั้งยังใช้คนในการดำเนินการประกอบและทดสอบหลายขั้นตอน ดังนั้นอาจมีโอกาสในการเกิดข้อผิดพลาดได้สูง
2. เนื่องจากการดำเนินการของงานวิจัยนี้จะมีผลต่อผลิตภัณฑ์ของบริษัทค่อนข้างมาก ดังนั้น การดำเนินการแต่ละขั้นตอนเพื่อออกแบบการทดลอง เก็บข้อมูลนั้นต้องไม่กระทบต่องานสำเร็จที่ผลิตของบริษัทที่สนใจ
3. ขนาดของจำนวนผลิตของผลิตภัณฑ์ที่สนใจนั้น ไม่ได้มีมากเท่ากับอุตสาหกรรมไอซี ดังนั้น งานวิจัยนี้อาจไม่สามารถเทียบค่าความสามารถกระบวนการได้ตามหลัก ชิกส์ซิกมาร์ ได้อย่างชัดเจนทำให้ปัญหาต่างอาจสามารถเป็นแนวทางเพื่อการปรับปรุงได้ต่อไป

5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการปรับปรุงครั้งนี้มีข้อจำกัดในการเปลี่ยนแปลงต่อผลิตภัณฑ์ค่อนข้างมาก เนื่องจากจำนวนการผลิตของผลิตภัณฑ์มีจำนวนไม่มากเท่าการผลิตแบบอุตสาหกรรม ไอซี หรือ

อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่นรวมถึงการผลิตยังมีการดำเนินการด้วยคนหลายกระบวนการ
ดังนั้น กลุ่มปัญหาอื่นอาจยังมีค่อนข้างสูงเกินกว่าระดับความสามารถกระบวนการตามหลัก Process
Capability ได้ ดังนั้น กระบวนการนี้สามารถต่อยอดในส่วนอื่นๆ ได้เพื่อการปรับปรุงต่อไปให้สามารถ
วัดค่าความสามารถกระบวนการให้ได้ตามหลักการ Process Capability $C_{pk} = 1.33$ ได้ในอนาคต
เพื่อเพิ่มกระบวนการมีขีดความสามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเมื่อเทียบกับคุณภาพระดับโลก (World Class
Quality) ต่อไปได้



รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

- ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์.. (2551), การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. กรุงเทพฯ: บริษัท สำนักพิมพ์ท็อปจำกัด.
- นพ.สิทธิศักดิ์ พงษ์พิติกุล. (2546). การพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดดด้วยวิธี Six Sigma. กรุงเทพฯ: บริษัท สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), ครั้งที่ 2
- J. Wilson & J.F.B.Hawkes Authority และ ผู้เรียบเรียง รศ.สุรพล รักรวิชัย. (2554). เลเซอร์ ทฤษฎีและการประยุกต์ Laser Principles and Applications. กรุงเทพฯ: บริษัท เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า จำกัด.
- เกษม พิพัฒน์ปัญญาคุณ, (2557), การควบคุมคุณภาพ Statistical Quality Control. กรุงเทพฯ: บริษัท สำนักพิมพ์ท็อปจำกัด.

บทความวารสาร

- กันยรัตน์ คมวัชระ. (2547). วารสารประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วิทยานิพนธ์

- กฤษณา โภธิเกษม. (2553). การปรับปรุงค่าแรงบิดของไพวอต คาร์ทริดส์ โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- วีรพล จันทร์บุญ. (2555). การปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเลเซอร์แม่สอดด้วยวิธี DMAIC, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- ทวีชัย ชูเกียรติ. (2552). การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการชুবวงจรรวมตามแนวทาง ซิกส์ ซิกมา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- จิรนุช เล็กแข็ง. (2557). การลดของเสียจากกระบวนการทดสอบความผันผวนโดยวิธีการซิกส์ ซิกมา, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปวีณ์สุตา ปานอำไพ. (2553). การลดของเสียผลิตภัณฑ์คอยล์เย็นในอุตสาหกรรมยานยนต์โดยการประยุกต์ใช้แนวทางซิกมา ซิกมา (DMAIC), ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุวรรณา โคนสุข. (2553). การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์แผ่นวงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนด้วยเทคนิคซิกมา ซิกมา. การค้นคว้าอิสระ. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

เลเซอร์ KU เข้าถึงได้ที่ <https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet7/Laser6.htm>

วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี: เลเซอร์ เข้าถึงได้จาก

<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C> :

สรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2559 และแนวโน้มปี 2560 (อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์) เข้าถึงได้จาก <http://www.ryt9.com/s/oie/2590614>

เลเซอร์เบื้องต้น มหาวิทยาลัยมหิดล เข้าถึงได้จาก

http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/Optics/basic_laser2.htm

PHTN1300 : Lasers and Light Sources Helium-Neon Lasers (2016F) เข้าถึงได้จาก

<http://technology.niagarac.on.ca/courses/phtn1300/HeNeLasers.html>

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายสุวิทย์ เจริญสิน
วันเดือนปีเกิด	17 ตุลาคม 2528
ตำแหน่ง	วิศวกรการผลิต ฝ่ายผลิต
วุฒิการศึกษา	ปี 2009 ปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผลงานทางวิชาการ	การลดอัตราส่วนของเสียผลิตภัณฑ์เลเซอร์ ฮีเลียม-นีออน แก๊สเลเซอร์ชนิด ROHS ในโรงงานผู้ผลิตอุปกรณ์เลเซอร์
ประสบการณ์ทำงาน	พ.ศ. 2552 เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการแผนกวิจัยและพัฒนา บริษัท บางกอกเคเบิ้ล จำกัด พ.ศ. 2553 วิศวกรผลิตภัณฑ์ แผนกวิศวกร บริษัท เวสเทิร์นดิจิตอล จำกัด พ.ศ. 2558 วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ บริษัท ฟาบริเน็ต จำกัด พ.ศ. 2559 วิศวกรการผลิต บริษัท ฟาบริเน็ต จำกัด