การลดของเสียในกระบวนการรีดลวดโดยใช้เทคนิค FMEA สำหรับการผลิตเครื่องมือแพทย์ตัวอย่าง

โดย
นายระพีพัฒน์ ช้วนตระกูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การลดของเสียในกระบวนการรีดลวดโดยใช้เทคนิค FMEA สำหรับการผลิตเครื่องมือแพทย์ตัวอย่าง

โดย
นายระพีพัฒน์ ช้วนตระกูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

DEFECT REDUCTION IN WIRE DRAWING PROCESS USING FMEA TECHNIQUE FOR SAMPLE PRODUCTION OF MEDICAL DEVICES

By

MR. Rapeepat CHAUNTRAKUL

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Engineering (ENGINEERING MANAGEMENT)

Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2021

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การลดของเสียในกระบวนการรีดลวดโดยใช้เทคนิค FMEA สำหรับการผลิตเครื่องมือแพทย์ตัวอย่าง
โดย	ระพีพัฒน์ ช้วนตระกูล
สาขาวิชา	การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ)

620920048 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : กระบวนการรีดลวด, ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด, เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ

นาย ระพีพัฒน์ ช้วนตระกูล: การลดของเสียในกระบวนการรีดลวดโดยใช้เทคนิค FMEA สำหรับการผลิตเครื่องมือแพทย์ตัวอย่าง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการรีดลวดซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการของบริษัทผลิตเครื่องมือแพทย์ตัวอย่าง โดยศึกษาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่เกิดขึ้นในกระบวนการรีดลวด ซึ่งพบว่า หัวข้อการตรวจสอบสภาพผิวของเส้นลวด สี และค่าความโค้งมีปริมาณมากที่สุด ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะปรับปรุงการลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและสนับสนุนให้ให้มีกิจกรรมต่างๆ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) เพื่อประเมินแนวโน้มข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่เกิดขึ้น รวมถึงลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง เพื่อให้สามารถดำเนินการปรับปรุงแก้ไขและสามารถเป็นประโยชน์กับบริษัทได้ ผลการปรับปรุง พบว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดลดลงจากร้อยละ 1.95 เหลืออยู่ที่ร้อยละ 0.47 โดยคิดเป็นปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดลดลงจากเดิมร้อยละ 1.48 คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้ 123,990.35 บาทต่อเดือนหรือ 1,487,884.20 บาทต่อปี

มหาวิทยาลัยศิลปากร

620920048 : Major (ENGINEERING MANAGEMENT)
Keyword : wire drawing process, Nonconforming Products, Failure Modes and Effect Analysis

MR. RAPEEPAT CHAUNTRAKUL : DEFECT REDUCTION IN WIRE DRAWING PROCESS USING FMEA TECHNIQUE FOR SAMPLE PRODUCTION OF MEDICAL DEVICES THESIS ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR PRACHUAB KLOMJIT, Ph.D.

This research is to study the improvement of the wire drawing process which is one of the processes of the sample medical device manufacturing company. By studying the quantity of non-conforming products occurring in the wire rolling process, it was found that the subject of wire surface inspection, color and curvature was the highest. Therefore, this research aims to improve the reduction of The amount of nonconforming product that occurs in the production process and encourages activities. by using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) techniques to assess the tendency of defects in products or processes that occur. including reducing the likelihood of defects in order to be able to make improvements and be useful to the company As a result of improvement, it was found that the quantity of non-conforming products decreased from 1.95% to 0.47%, representing the amount of non-conforming products decreased from 1.48 percent, representing an expense that could be recovered. Cost can be reduced by 123,990.35 baht per month or 1,487,884.20 baht per year.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์จากผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่าน ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งคอยให้คำปรึกษาและชี้แนะตลอดระยะเวลาการจัดทำ รวมถึงอาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่มแหล่ม ประธานกรรมการและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้คำแนะนำเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษา หากมีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

นาย ระพีพัฒน์ ช้วนตระกูล

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำวิจัย 1

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) 5

2.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA) 12

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาและ FMEA 29

2.4 การออกแบบจิ๊กและฟิกเจอร์ 29

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30

2.6 สรุปทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 30

3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการผลิต 30

3.2 ศึกษาลักษณะของปัญหาและผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในกระบวนการ 32
3.3 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเพื่อหาแนวทางการแก้ไข 34
3.4 สรุปแนวทางการแก้ไขปัญหา 61
3.5 ติดตามผลหลังการปรับปรุง 62
3.6 สรุปวิธีการดำเนินงานวิจัย 62
บทที่ 4 ผลการวิจัย 63
4.1 การแก้ไขสาเหตุของปัญหา 63
4.2 เปรียบเทียบผลผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง 76
4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 77
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 78
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย 78
5.2 สรุปวิธีการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุของปัญหามีดังนี้ 79
5.3 ข้อดีของการใช้ FMEA ในการวิเคราะห์ความเสี่ยง 80
5.4 ข้อเสนอแนะ 80
รายการอ้างอิง 81
ประวัติผู้เขียน 83

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ผลกระทบและเกณฑ์การให้ลำดับขั้นความรุนแรง 16

ตารางที่ 2-2 โอกาสเกิดความผิดพลาดและการให้ลำดับ 17

ตารางที่ 2-3 โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ 18

ตารางที่ 2-4 ตัวอย่างการควบคุมเทคนิคการวิเคราะห์คุณลักษณะของความเสียหายและผลกระทบ โอกาสการเกิดช่องทางความผิดพลาดและการวิเคราะห์คุณลักษณะของความเสียหายและผลกระทบ (กระบวนการ FMEA) 20

ตารางที่ 2-5 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 33

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลการผลิตและผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด เดือนมกราคม-เดือนมิถุนายน 2564 32

ตารางที่ 3-2 แสดงภาพลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นตามข้อกำหนดของกระบวนการรีดลวด 33

ตารางที่ 3-3 เกณฑ์การประเมินระดับความรุนแรงของผลจากข้อบกพร่อง (Severity) 36

ตารางที่ 3-4 เกณฑ์การประเมินระดับความถี่หรือโอกาสของการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence) ... 37

ตารางที่ 3-5 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง (Detection) 38

ตารางที่ 3-6 ตารางแสดงปัจจัยด้านต่างๆที่ส่งผลต่อปัญหาสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด 41

ตารางที่ 3-7 การประเมิน FMEA สภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง 42

ตารางที่ 3-8 สรุปผลการประเมินค่า RPN และแนวทางการแก้ไขสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด 44

ตารางที่ 3-9 ตารางแสดงปัจจัยด้านต่างๆที่ส่งผลต่อปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด 50

ตารางที่ 3-10 การประเมิน FMEA ปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง 51

ตารางที่ 3-11 สรุปผลการประเมินค่า RPN และแนวทางการแก้ไขปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง 52

ตารางที่ 3-12 ตารางแสดงปัจจัยด้านต่างๆที่ส่งผลต่อปัญหาค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ... 56

ตารางที่ 3-13 การประเมิน FMEA ปัญหาค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง.... 57

ตารางที่ 3-14 สรุปผลการประเมินค่า RPN และแนวทางการแก้ไขปัญหาค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง 59

ตารางที่ 3-15 สรุปแนวทางการแก้ไขปัญหาหัวข้อของสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดและปัญหาของค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด 61

ตารางที่ 4-1 การประเมิน FMEA สภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหลังการปรับปรุง..... 66

ตารางที่ 4-2 การประเมิน FMEA ปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหลังการปรับปรุง 72

ตารางที่ 4-3 การประเมิน FMEA ปัญหาค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหลังการปรับปรุง 74

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต 76

ตารางที่ 4-5 เปรียบเทียบต้นทุนก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต 77

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1-1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 3
ภาพที่ 2-1 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม 6
ภาพที่ 2-2 ตัวอย่างแผนภูมิพาเรโต 7
ภาพที่ 2-3 ตัวอย่างแผนผังก้างปลา 8
ภาพที่ 2-4 ตัวอย่างการใช้กราฟเส้น 9
ภาพที่ 2-5 ตัวอย่างการใช้กราฟวงกลม 10
ภาพที่ 2-6 ตัวอย่างฮีสโตแกรม 11
ภาพที่ 2-7 ตัวอย่างผังการกระจาย 11
ภาพที่ 2-8 ความเกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ FMEA 13
ภาพที่ 2-9 ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลาและ FMEA 29
ภาพที่ 3-1 วัตถุดิบที่ใช้ในการรีดลวด 31
ภาพที่ 3-2 การรีดลวด 31
ภาพที่ 3-3 แผนภูมิพาเรโตแสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเปรียบเทียบกันระหว่างปัญหาที่เกิดขึ้น 32
ภาพที่ 3-4 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุของสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด 40
ภาพที่ 3-5 ลักษณะ Capstan เป็นรอย 45
ภาพที่ 3-6 ลักษณะ Guide Wire ชำรุด 46
ภาพที่ 3-7 บันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนปฏิบัติงาน 46
ภาพที่ 3-8 พื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบ 47
ภาพที่ 3-9 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุของสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด 49
ภาพที่ 3-10 ลักษณะการปรับสายท่อจ่ายน้ำมัน 53

ภาพที่ 3-11 ฐานรองรับน้ำมัน (ก่อนปรับปรุง) 53
ภาพที่ 3-12 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุของค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด. 55
ภาพที่ 4-1 การฝึกอบรมให้กับหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงาน 64
ภาพที่ 4-2 บันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนปฏิบัติงาน (หลังการแก้ไขปัญหา)..... 65
ภาพที่ 4-3 การออกแบบฐานรองรับน้ำมันใหม่..... 68
ภาพที่ 4-4 ขนาดของฐานรองรับน้ำมันใหม่ (หน่วยมิลลิเมตร)..... 69
ภาพที่ 4-5 การติดตั้งฐานรองรับน้ำมันใหม่ 69
ภาพที่ 4-6 ลักษณะการติด Thermocouple Fiber ที่บริเวณ Dies 69
ภาพที่ 4-7 การติดตั้ง Thermocouple Fiber (ก่อนปรับปรุง) 70
ภาพที่ 4-8 การติดตั้ง Thermocouple Fiber (หลังปรับปรุง)..... 70
ภาพที่ 4-9 แสดงอุณหภูมิของ Dies และน้ำมันสำหรับฐานรองรับน้ำมันก่อนปรับปรุง 71
ภาพที่ 4-10 แสดงอุณหภูมิของ Dies และน้ำมันสำหรับฐานรองรับน้ำมันหลังปรับปรุง หลังจากการปรับปรุง 71
ภาพที่ 4-11 ภาพรวมการผลิตของกระบวนการรีดลวดก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต 76
ภาพที่ 4-12 เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนและหลังปรับปรุง 77

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันวงการอุตสาหกรรมมีการแข่งขันค่อนข้างสูง ดังนั้นองค์กรต้องหาแนวทางพัฒนาอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้องค์กรของตนอยู่รอด มีหลายปัจจัยที่ส่งผลให้องค์กรประสบความสำเร็จ ทั้งด้านการจัดการนโยบายการบริหาร การวางแผนการผลิต เป็นต้น การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้องค์กรประสบความสำเร็จ คุณภาพของผลิตภัณฑ์มีส่วนช่วยทำให้องค์กรสามารถดำรงต่อไปได้และเป็นที่ต้องการของลูกค้า ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้นจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำเนินธุรกิจ

ในอุตสาหกรรมการผลิตนั้นไม่สามารถหลีกเลี่ยงของเสียที่เกิดขึ้นได้ ถือเป็นความสูญเสียอีกด้านหนึ่งขององค์กร ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากสาเหตุต่างๆมากมาย เมื่อเกิดของเสียขึ้นในปริมาณมากจึงจำเป็นที่จะต้องควบคุมเพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นโดยพัฒนาระบบการจัดการให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและลดปัญหาต่างๆที่จะนำไปสู่ของเสียในอนาคต ดังนั้นการปรับปรุงต่างๆ เพื่อลดต้นทุนหรือลดความสูญเสียต่างๆถือเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้สามารถแข่งขันกับองค์กรอื่นๆ ได้

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผลิตลวดสแตนเลสพันเกลียวและชิ้นส่วนเครื่องมือแพทย์ โดยเริ่มจากกระบวนการรีดลวด ซึ่งทำหน้าที่ลดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดสแตนเลสให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการพันเกลียวเพื่อส่งมอบให้กับลูกค้า อีกส่วนหนึ่งนำไปประกอบเป็นชิ้นส่วนเป็นอุปกรณ์การแพทย์ ทางบริษัทได้มีนโยบายเกี่ยวกับการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและสนับสนุนให้ให้มีกิจกรรมต่างๆ เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำมาเป็นกรณีศึกษาโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) เพื่อประเมินแนวโน้มข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่เกิดขึ้น รวมถึงลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง เพื่อให้สามารถดำเนินการปรับปรุงแก้ไขและสามารถเป็นประโยชน์กับบริษัทได้

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำวิจัย

เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและทำการแก้ไขปรับปรุงเพื่อลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการรีดลวดโดยการประยุกต์ใช้หลักการและเทคนิค FMEA

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้ครอบคลุมเฉพาะของเสีย ที่เกิดขึ้นในกระบวนการรีดลวดเท่านั้น

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 สำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง

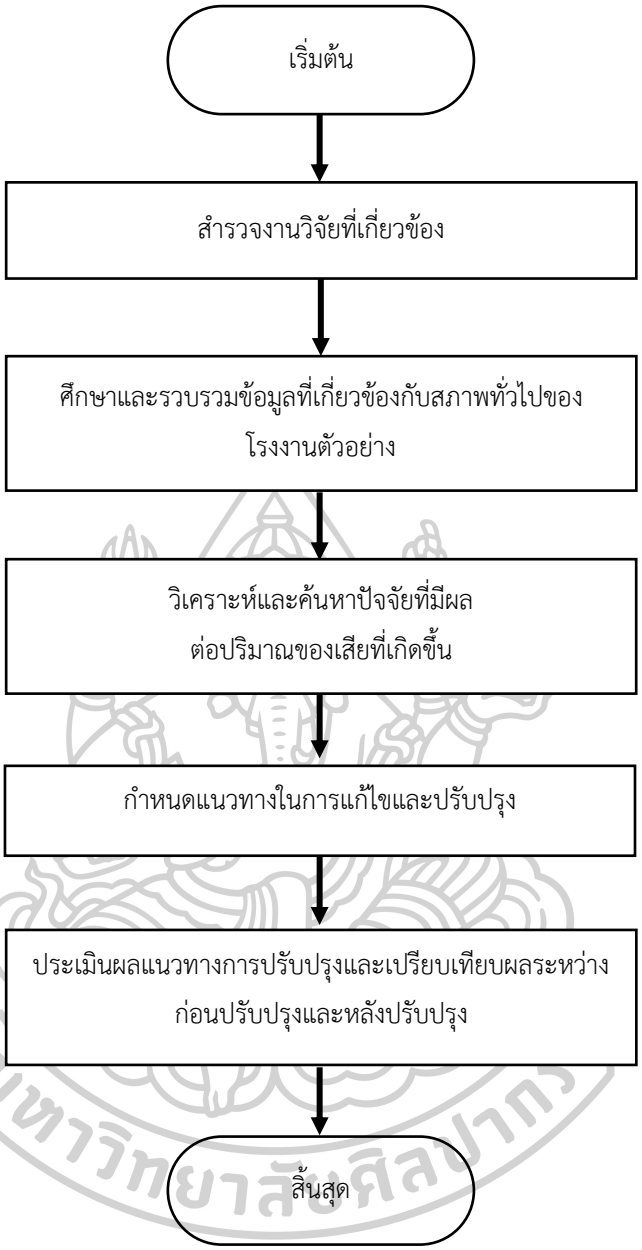
1.4.3 วิเคราะห์และค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น

1.4.4 กำหนดแนวทางในการแก้ไขและปรับปรุง

1.4.5 ประเมินผลแนวทางการปรับปรุงและเปรียบเทียบผลระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

1.4.6 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร



ภาพที่ 1-1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการรีดลวด

1.5.2 ช่วยเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง

1.5.3 เป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตในโรงงานให้ดียิ่งขึ้น

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและนำมาใช้เพื่อหาวิธีการในการดำเนินการแก้ไขการลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้วยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools)

ศุภชัย นำทะพันธ์ (2551) กล่าวว่าเครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด คือเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหา (QC Analysis) ในกระบวนการผลิตการวิเคราะห์และหาสาเหตุของปัญหานั้นจำเป็นต้องมีแนวทางและหลักการที่ถูกต้องที่จะทำให้แก้ไขปัญหาเป็นไปอย่างรวดเร็วแม่นยำและมีประสิทธิภาพดังนั้นเครื่องมือ คุณภาพ 7 ชนิดจึงเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการทำงานเป็นอย่างมากซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือ ดังต่อไปนี้

2.1.1 ใบตรวจสอบหรือเช็คชีท (Check Sheets)

2.1.2 แผนภูมิควบคุม (Control Charts)

2.1.3 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)

2.1.4 แผนผังก้างปลาหรือผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram)

2.1.5 กราฟ (Graphs) และรูปแผนผังต่าง ๆ (Graph and Charts)

2.1.6 ฮีสโตแกรมหรือกราฟแท่ง (Histograms)

2.1.7 แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram)

2.1.1 ใบตรวจสอบหรือเช็คชีท (Check Sheets)

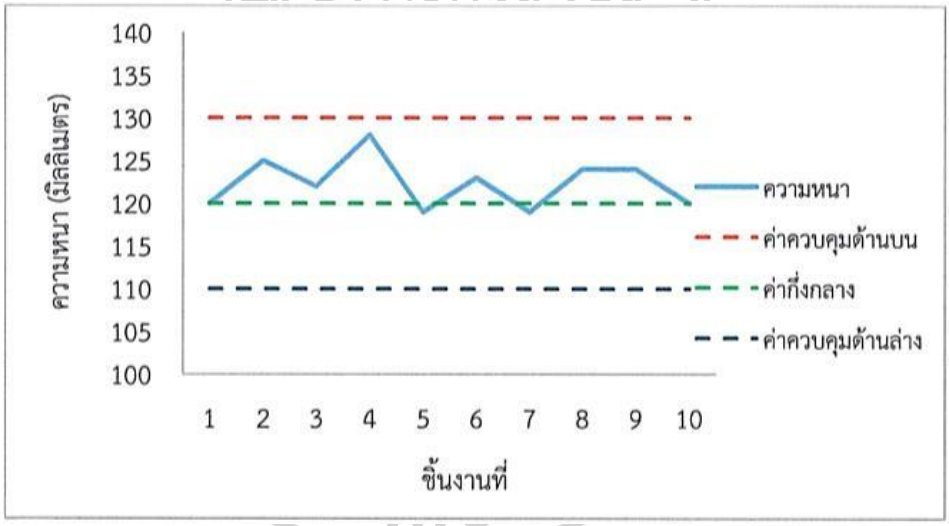
ศุภชัย นำทะพันธ์ (2551) กล่าว่าใบตรวจสอบ (Check Sheet) เป็นเครื่องมือชิ้นแรกที่ใช้ในการแก้ปัญหา เนื่องจากใช้งานง่ายซึ่งใช้สำหรับการบันทึกหรือเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สนใจหรือย้อนกลับเพื่อตรวจสอบในกระบวนการผลิตโดยผู้ที่ปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการผลิตจะต้องเป็นผู้บันทึกลงใบตรวจสอบข้อมูลนั้น ๆ ใบตรวจสอบ (Check sheet) มีหลายประเภททั้งนี้ก็เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในลักษณะต่างตั้งแต่การตรวจสอบวัตถุดิบตรวจสอบกระบวนการผลิตตลอดจนถึงการตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เป็นต้น

ในขั้นตอนแรกของการเก็บข้อมูลคือออกแบบแผ่นบันทึกข้อมูล (Data Sheet) เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลที่แผ่นบันทึกข้อมูลที่จะทำการบันทึกนั้นต้องบันทึกข้อมูลจากการทำงานจริงแล้วทำการออกแบบใบตรวจสอบหรือตารางหรือรูปแบบการบันทึกข้อมูล

ในการออกแบบใบตรวจสอบข้อมูลควรที่จะสามารถบันทึกข้อมูลได้รวดเร็วและง่ายไม่ยุ่งยากต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลได้อย่างชัดเจนนอกจากนั้นการออกแบบยังต้องคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญต่อการควบคุมกระบวนการและครอบคลุมเนื้อหาที่จะบันทึกเพื่อที่จะสามารถจัดเก็บข้อมูลได้ตรงตามความต้องการ

2.1.2 แผนภูมิควบคุม (Control Charts)

ศุภชัย นำทะพันธ์ (2551) กล่าวว่าแผนภูมิควบคุมคือกราฟเส้นที่มีแกนที่เป็นแนวตั้งและแนวนอน โดยแกนที่เป็นแนวนอนเป็นกลุ่มงานที่สนใจซึ่งอาจจะเป็นช่วงเวลากลุ่มงานหรือตัวอย่างงานเป็นต้น แกนตั้งคือค่าที่วัดได้และค่าที่ต้องการควบคุมและเส้นกราฟตรงแนวนอนอาจมี 2 เส้นหรือน้อยกว่าที่แสดงขอบเขตการ ควบคุมของค่าวัดในแนวตั้งนั้น ๆ การใช้แผนภูมิควบคุมเพื่อตรวจจับหาจุดบกพร่องที่เป็นแบบเรื้อรังและแบบเฉียบพลันตลอดจนการตรวจจับจุดค่าวัด ณ เวลาใด ๆ ที่ผิดต่างไปจากค่าเดิมขอบเขตควบคุมและตรวจจับแนวโน้ม (Trend) หรือการเกิดความผิดปกติ ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม

2.1.3 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)

ศุภชัย นำทะพันธ์ (2551) กล่าวว่าแผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) คือแผ่นภาพที่มีลักษณะเป็นกราฟแท่งที่แบ่งแยกข้อมูลเป็นช่วง ๆ จากมากไปน้อยหรือจากซ้ายไปขวาโดยแกน Y มี 2 แกนคือ แกน Y ทางซ้ายมือแทนความถี่ เช่นจำนวนจุดบกพร่องของเครื่องจักร จำนวนความเสียหายของชิ้นงาน หรือจำนวนของเสียและแกน Y ทางขวามือแทนเปอร์เซ็นต์แกน X แทนสาเหตุ (เช่นในเรื่อง

ปัญหาของชิ้นงานเสียอาจจำแนก สาเหตุได้จากเครื่องจักรกล พนักงาน วัตถุดิบหรือวิธีการทำงาน) ดังภาพที่ 2-2

2.1.3.1 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิพาเรโต

ก) กำหนดเป้าหมายว่าจะศึกษาปัญหาอะไร

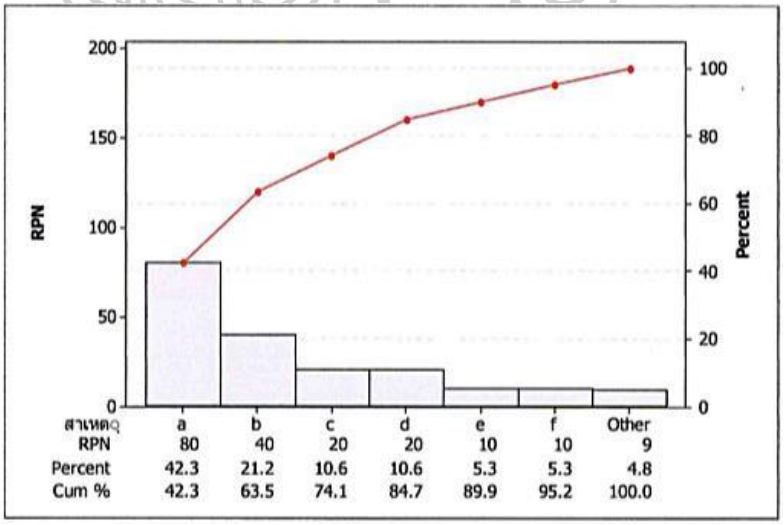
ข) ทำการคัดแยกสาเหตุของการเกิดปัญหาและตัดสินใจก่อนและหลัง

ค) ทำการออกแบบใบบันทึกข้อมูล (กำหนดช่วงเวลาระยะเวลาและระยะเวลาเก็บ รวบรวมข้อมูล)

ง) ทำการจดบันทึกข้อมูลจากสถานที่ที่ต้องการวิเคราะห์ปัญหาและคำนวณหายอดรวมและเปอร์เซ็นต์สะสมของปัญหาของแต่ละสาเหตุที่ได้จากการจำแนกข้อมูล

จ) เขียนแกนนอนและแกนตั้งให้ชัดเจนระบุให้แกนนอนเป็นสาเหตุที่มีความถี่สูงไว้ด้านซ้ายส่วนสาเหตุที่มีความถี่ต่ำให้อยู่ด้านขวาโดยต้องให้กราฟแท่ง“ อื่น ๆ ” (ความถี่ไม่ควรเกิน 20% ของเปอร์เซ็นต์สะสม) ส่วนแกนตั้งด้านซ้ายเขียนแกนความถี่และแกนตั้งด้านขวาเป็นแกนเปอร์เซ็นต์

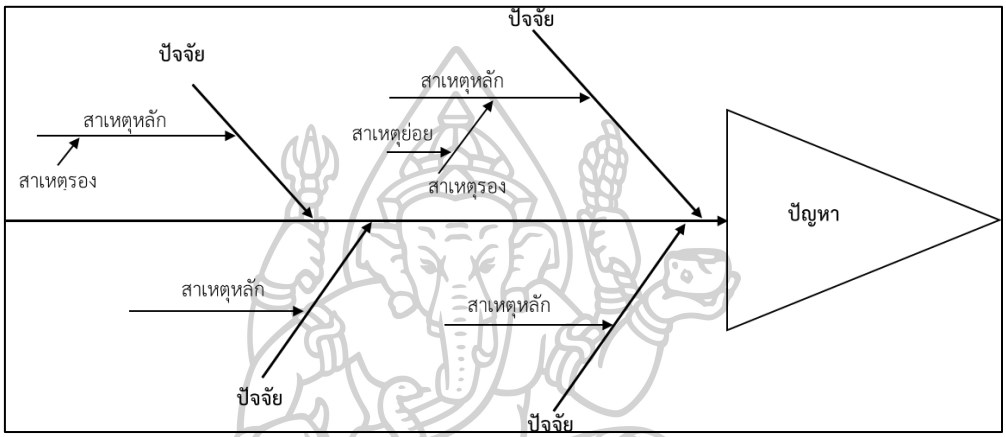
ฉ) ถ้าหากว่าแกนจำนวนและแกนเปอร์เซ็นต์เกี่ยวข้องเป็นจำนวนเงินก็สามารถที่จะใช้แกนตั้งเป็นจำนวนเงินได้ทันทีซึ่งรวมแกนเปอร์เซ็นต์เป็น 100% ที่ความสูงเท่ากับจำนวนเงินทั้งหมดหรือความถี่ทั้งหมด



ภาพที่ 2-2 ตัวอย่างแผนภูมิพาเรโต

2.1.4 แผนผังก้างปลาหรือแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

ศุภชัย นำทะพันธ์ (2551) กล่าวว่าแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือที่เรียกว่าแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) ได้พัฒนาโดยคาโอรุ อิชิกาวา ใน พ.ศ. 2496 เนื่องจากเขาต้องการที่จะพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยกลุ่มกิจการรมคุณภาพ (Quality Control Circles) ในโรงงานเพื่อรับมือกับสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของกระบวนการผลิตแผนผังก้างปลาเป็นเครื่องมือที่มี 12 ประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นอย่างมากโดยการพิจารณาสาเหตุ (Causes) ที่มีผล (Effect) โดยตรงกับลักษณะคุณภาพของปัญหาที่สนใจในการศึกษา ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 ตัวอย่างแผนผังก้างปลา

จากภาพที่ 2-3 แผนผังก้างปลาที่แสดงถึงลักษณะคุณภาพที่ต้องการปรับปรุงอยู่ทางด้านขวาและสาเหตุที่ก่อให้เกิดลักษณะคุณภาพอยู่ทางด้านซ้ายสาเหตุหลัก (Major Causes) ที่นิยมวิเคราะห์ที่สำคัญมี 6 ประการคือ คน วัตถุดิบ วิธีการทำงาน สภาพแวดล้อม เครื่องจักร และเครื่องมือวัดโดยที่ในแต่ละสาเหตุหลักยังอาจแบ่งเป็นสาเหตุย่อยๆ (Minor Causes) โดยมีสาเหตุย่อยได้เรื่อยๆ จนพบสาเหตุตั้งต้น แผนผังก้างปลาคือแผนผังที่ใช้สำหรับตรวจสอบการทำงานลักษณะคุณภาพที่ไม่ดีสาเหตุไหนที่ต้องถูกกำจัดเพื่อให้ลักษณะคุณภาพที่สนใจออกมาดีหรือถ้าลักษณะคุณภาพดีแล้วสาเหตุไหนที่ส่งผลให้ลักษณะคุณภาพดีซึ่งต้องเรียนรู้เพื่อรักษาสาเหตุนั้นไว้แผนผังก้างปลา (เส้นหรือสัญลักษณ์ซึ่งมีรูปแบบคล้ายก้างปลา) แทนความสัมพันธ์อย่างมีนัยระหว่างสาเหตุและลักษณะคุณภาพจะประกอบด้วยกระดูกสันหลัง (Back Bone) เป็นเส้นตามแกนนอนที่เชื่อมต่อระหว่างสาเหตุหลักและลักษณะคุณภาพก้างปลาหลัก (Big Bone) เป็นเส้นที่มีความชันที่เชื่อมต่อกระดูกสันหลังกับสาเหตุหลักและก้างปลาย่อย (Small Bone) เป็นเส้นที่เชื่อมต่อสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย

2.1.4.1 ขั้นตอนการสร้างแผนผังก้างปลา

ก) สร้างคณะทำงานจากบุคลากรที่เกี่ยวข้องและผู้ปฏิบัติงาน

ข) ระบุปัญหาและระดมความคิด (Brainstorming) จากคณะทำงานที่สร้างขึ้นโดยให้สมาชิกแต่ละคนเสนอสาเหตุของปัญหามาคนละ 1 อย่าง ถ้าสมาชิกคนใดคิดสาเหตุไม่ออกให้ผ่านการเสนอความคิดในรอบนั้นๆ ไปก่อนบางทีแนวความคิดอาจเกิดขึ้นในรอบถัดๆ ไปจากแนวความคิดของคนอื่นการระดมความคิดห้ามวิจารณ์ความคิดของผู้อื่นต้องปล่อยให้ผู้อื่นนำเสนอความคิดได้อย่างอิสระ ทุกแนวคิดจะถูกเขียนบนแผนผังก้างปลาจะสิ้นสุดกิจกรรมระดมความคิดเมื่อไม่มีผู้ใดเสนอควรแจ้งให้คณะทำงานทราบล่วงหน้าอย่างน้อย 1 คืนจะทำให้ได้การระดมความคิดที่มีคุณภาพการประเมินให้ประเมินหลังการระดมความคิดเท่านั้น

ค) ทำการระบุสาเหตุหลักของปัญหาและเขียนบนแผนผังก้างปลาด้านซ้ายบนก้างปลาหลัก (ก้างปลาใหญ่) ซึ่งมีหัวลูกศรชี้เข้าหากระดูกสันหลังสาเหตุหลัก

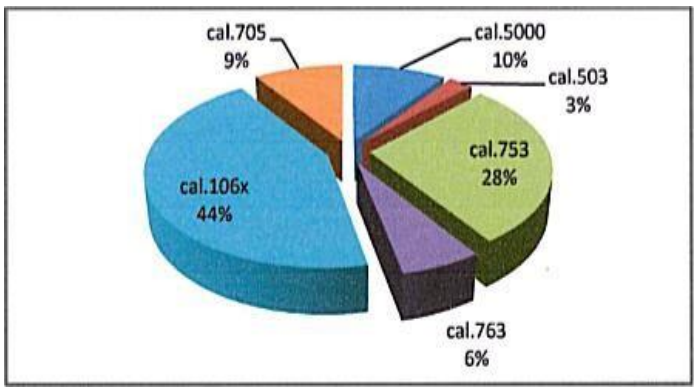
ง) ทำการระบุสาเหตุย่อยของปัญหาโดยการระดมความคิดบนก้างปลาย่อย (ก้างปลาเล็ก) และต้องใส่ให้ตรงสาเหตุหลักเช่นถ้าสาเหตุย่อยเกี่ยวกับคนให้ใส่ในกลุ่มสาเหตุหลักที่เป็นคน

จ) ทำการเขียนโครงสร้างความสัมพันธ์ควรเขียนสาเหตุที่สำคัญอันดับต้น ๆ ไว้ที่เส้นก้างปลาและควรเขียนสาเหตุที่มีความสำคัญถัดลงมาไว้ที่เส้นก้างปลาย่อยโดยทำลูกศรแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกำกับไว้ด้วยเมื่อมีข้อมูลในแผนผังที่สมบูรณ์แล้วจะทำให้มองเห็นภาพขององค์ประกอบทั้งหมดที่จะเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

2.1.5 กราฟ (Graphs) และรูปแผนผังต่าง (Graph and Charts)

ศุภชัย นำทะพันธ์ (2551) กล่าวว่ากราฟ (Graphs) เป็นส่วนที่สำคัญในการนำเสนอข้อมูลที่สามารถทำให้ผู้อ่านเข้าใจข้อมูลต่างๆ ได้ดีสะดวกต่อการแปลความหมายและสามารถให้รายละเอียดของการเปรียบเทียบได้ดีกว่าการนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีอื่นๆทั้งนี้กราฟทำให้เห็นลักษณะของข้อมูลต่างๆ ได้ทันที จากเส้นรูปภาพแท่งเหลี่ยมและวงกลมโดยกราฟทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายอ่านได้อย่างรวดเร็วหรือสามารถเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละข้อได้ชัดเจนในเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่างกราฟเป็นเครื่องมือที่ง่ายที่สุดเนื่องจากข้อมูลทุกประเภทสามารถเสนอในรูปของกราฟได้ ดังภาพที่ 2-4 และ -5

ภาพที่ 2-4 ตัวอย่างการใช้กราฟเส้น



ภาพที่ 2-5 ตัวอย่างการใช้กราฟวงกลม

ประโยชน์ 4 ประการของกราฟคือ

2.1.5.1 กราฟที่ใช้แสดงอัตราการการเปลี่ยนแปลงในสิ่งที่เราสนใจซึ่งทำให้สามารถประเมินเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้เช่นกราฟแสดงยอดขายในแต่ละปี

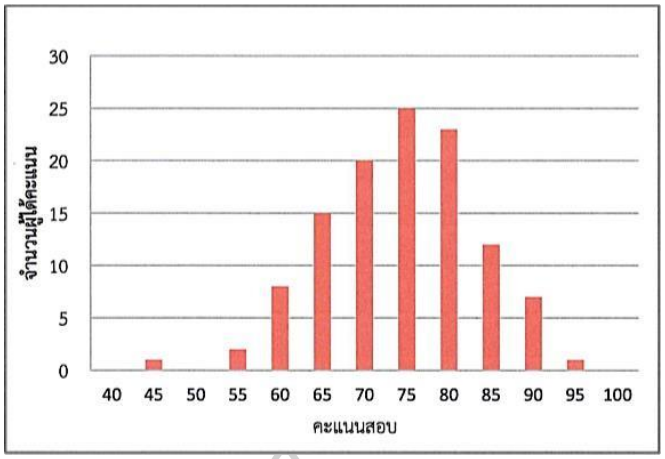
2.1.5.2 กราฟช่วยให้สามารถอธิบายเรื่องราวต่างๆหรือเหตุการณ์ให้แก่ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย

2.1.5.3 ใช้วิเคราะห์ข้อมูลกราฟจะแสดงความหมายของตัวเลขออกมาและสามารถชี้ให้เห็นข้อเท็จจริงซึ่งเราอาจมองข้ามไปให้ได้หากดูจากตัวเลขโดยตรงดังนั้นกราฟจึงมีประโยชน์มากในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในอดีตและปัจจุบันเพื่อหาสาเหตุและมาตรการในการแก้ไขปรับปรุง

2.1.5.4 ข้อมูลที่ได้จากการจัดเก็บสามารถบันทึกแล้วทำเป็นกราฟได้เลยการนำเสนอข้อมูลด้วยกราฟนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมีอยู่ 3 ประเภทคือกราฟเส้น กราฟแท่งและกราฟวงกลม ซึ่งกราฟแต่ละชนิดจะมีประโยชน์ในการใช้งานที่แตกต่างกัน

2.1.6 ฮีสโตแกรม (Histograms)

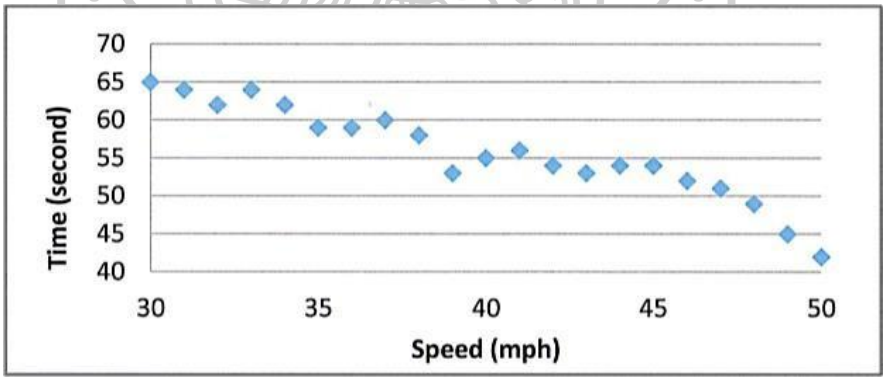
ศุภชัย นำทะพันธ์ (2551) กล่าวว่าฮีสโตแกรมคือกราฟแท่งที่เขียนขึ้นมาจากชุดข้อมูลจากการตรวจวัดหรือเก็บ รวบรวมโดยการแบ่งสเกลวัดเพื่อแบ่งช่วงขนาดวัดของข้อมูลมีช่วงเท่ากันและจำนวนช่วงชั้นของข้อมูลที่เหมาะสม แล้วทำการเขียนกราฟแท่งแทนลงในแต่ละช่วงข้อมูลโดยความสูงของแท่งกราฟจะเป็นความถี่หรือจำนวนจุดข้อมูลที่มีอยู่ในแต่ละช่วงค่าวัดของข้อมูลเพื่อให้อ่านหรือสำรวจดูรูปร่างของกราฟแท่งแต่ละรูปเทียบกับค่ากำหนดในชุดข้อมูลที่จะใช้เป็นฐานในการเขียนฮีสโตแกรมควรมีจำนวนข้อมูลไม่ต่ำกว่า 30 ตัวขึ้นไปถ้าได้จำนวนข้อมูลยิ่งมากยิ่งทำให้มีความแม่นยำมากขึ้นด้วย ดังภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 ตัวอย่างฮีสโตแกรม

2.1.7 ผังการกระจาย (Scatter Diagrams)

ศุภชัย นำทะพันธ์ (2551) กล่าวว่าผังการกระจาย (Scatter Diagram) คือผังที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรโดยการวาดลงผังการกระจายหรือตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เช่น ความหนาของเม เพลทกับแรงกดของเครื่องจักร การลดความเร็วรอบกับอายุการใช้งานของเครื่องจักร อุณหภูมิของห้องกับประสิทธิภาพการทำงานของคน เวลากับความเร็ว เป็นต้น ดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 ตัวอย่างผังการกระจาย

เครื่องมือเครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิดที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเครื่องมือที่ช่วยวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาสาเหตุเบื้องต้นของปัญหา ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

1) กราฟ (Graphs)

2) แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)

3) แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

2.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA)

สมภพ ตลับแก้ว (2551) กล่าวว่าหลักการ FMEA ได้ถูกพัฒนาโดยหน่วยงานอากาศยานทางทหารของสหรัฐอเมริกา (ได้แก่ กองทัพอากาศ กองทัพเรือ องค์การนาซ่า) ตั้งแต่ทศวรรษที่ 60 (ระหว่าง ค.ศ. 1960-1970) จากนั้นได้มีการประยุกต์วิธีการ FMEA ไปยังบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ชั้นนำของโลกได้แก่ Ford GM และ Chrysler หรือที่รู้จักกันดีว่า Big Three (Big 3) โดยเป็นข้อกำหนดที่สำคัญของระบบ QS-9000 และในปัจจุบันนี้วิธีการ FMEA ก็ได้กลายมาเป็นข้อกำหนดพื้นฐานของอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ผู้ผลิตรถยนต์ทุกค่าย ทุกยี่ห้อ หรือแม้แต่ผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ต้องปฏิบัติตามภายใต้ระบบคุณภาพ TS-16949

ซึ่ง FMEA ย่อมาจากคำว่า Failure Mode and Effect Analysis ซึ่งถ้าจะแปลให้ได้ความหมายที่เข้าใจง่ายขึ้นก็น่าจะแปลว่าเทคนิคการวิเคราะห์คุณลักษณะของความเสียหายและผลกระทบที่ตามมา ซึ่งในปัจจุบันนี้หลายๆ บริษัทได้นำหลักการ FMEA ไปใช้ในการปรับปรุงวิธีการทำงานตั้งแต่การออกแบบ การผลิตและการบริการ เป็นต้น

FMEA จะมุ่งเน้นที่การชี้ให้เห็นถึงคุณลักษณะของความเสียหายหรือสาเหตุที่จะนำไปสู่ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น (Potential Failure Mode) อันเนื่องมาจากการออกแบบ การผลิต หรือการบริการ จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลกระทบของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Effects Analysis) และสุดท้ายก็เพื่อการนำไปสู่การหาวิธีป้องกันการเกิดความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Problems Prevention)

กนกวรรณ ดังรัตนพิทักษ์ (2550) FMEA เป็นเทคนิคในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและกระบวนการผลิตวิธีหนึ่ง ซึ่งใช้การวิเคราะห์ระบบและบ่งชี้โอกาสของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อที่จะเตรียมหาวิธีป้องกันปัญหาดังกล่าวไม่ให้เกิดขึ้นหรือเมื่อเกิดขึ้นแล้วจะเกิดความรุนแรงและผลกระทบที่ตามมาน้อยที่สุด

ชนิดของ FMEA ที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้น มีด้วยกัน 4 ชนิด ได้แก่ การวิเคราะห์ตัวระบบ (System FMEA), การวิเคราะห์การออกแบบ (Design FMEA), การวิเคราะห์ตัวกระบวนการ (Process FMEA) และการวิเคราะห์การบริการ (Service FMEA) ดังภาพที่ 2-8

ระบบ	การออกแบบ	กระบวนการ	การบริการ
ระบบหลัก ระบบรอง องค์ประกอบย่อย	ส่วนหลัก ส่วนรอง ส่วนย่อย	พนักงาน เครื่องมือ วิธีการ วัตถุดิบ เครื่องมือวัด สภาพแวดล้อม	งาน สถานีงาน วิธีการ สมรรถนะ การฝึกอบรม
จุดสนใจ ระบบหลักและระบบรองในช่วงเริ่มต้นของขั้นตอนการออกแบบแนวคิด	จุดสนใจ ลดผลกระทบของความเสียหายจากการออกแบบให้เหลือน้อยที่สุด	จุดสนใจ การไหล ลำดับขั้น ขั้นตอน สถานีงาน และพนักงานที่อยู่ในกระบวนการ	จุดสนใจ ลดความเสียหายของการให้บริการในองค์กรให้เหลือน้อยที่สุด
วัตถุประสงค์ กำหนดและระบุความสมดุลของฟังก์ชันการทำงานของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น	วัตถุประสงค์ ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพ ความเชื่อถือที่ได้สูง ต้นทุนการผลิตที่ต่ำและการเข้าสู่กระบวนการผลิตได้อย่างสมบูรณ์แบบ	วัตถุประสงค์ บ่งชี้ส่วนที่มีโอกาสทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเบี่ยงเบนจากข้อกำหนดที่ระบุไว้รวมทั้งตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรในกระบวนการ	วัตถุประสงค์ สร้างความพึงพอใจสูงสุดแก่ลูกค้าจากคุณภาพ ความน่าเชื่อถือ และการบริการ

ภาพที่ 2-8 ความเกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ FMEA

สมภพ ตลับแก้ว (2551) ความเสียหาย (Failure) หมายถึงผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต หรือการบริการที่ไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ที่กำหนดไว้

คุณลักษณะของความเสียหาย (Failure Mode) หมายถึง สภาวการณ์ หรืออาการที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายที่ตามมา (Failure) ซึ่งอาการผิดปกติส่วนใหญ่แล้วจะเป็นคุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ การแตก ความร้อน กลิ่นไหม้ การรั่ว สีเพี้ยน เสียงดัง รอยร้าว เป็นต้น และสามารถสังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัส เช่น สายตา (รั่ว สีเพี้ยน รอยร้าว) หู (เสียงดัง) สัมผัส (ความร้อน) และการได้กลิ่นผิดปกติ (กลิ่นไหม้) ถ้าหากว่าอาการเหล่านี้ไม่ได้รับการแก้ไขจะส่งผลกระทบต่อชิ้นงานหรือระบบอื่นๆ ทำให้เกิดการขัดข้องหรือเสียหายได้ในที่สุด เช่น ผู้ใช้รถยนต์ได้กลิ่นไหม้ (Failure Mode) ออกมาจากห้องเครื่องที่ฝากระโปรงหน้า แต่ไม่ได้ใส่ใจจะนำรถยนต์ไปตรวจสภาพและยังคงใช้งานต่อไป จากปัญหาที่อาจเป็นเพียงเล็กน้อยและสามารถแก้ไขได้จะกลายเป็นปัญหาที่รุนแรงและแก้ไขไม่ได้ (Failure) หรือพนักงานควบคุมเครื่องจักรได้ยินเสียงและอาการสั่นที่ผิดปกติของเครื่องจักร (Failure Mode) แต่ไม่ได้แจ้งกับพนักงานบำรุงรักษาให้ทราบและปล่อยให้เครื่องจักรทำงานต่อไป จนกระทั่งเพลาของเครื่องจักรแตกหักในที่สุด และไม่สามารถทำงานได้อีกต่อไป

(Failure) จากทั้ง 2 ตัวอย่างพบว่าหากผู้ใช้รถยนต์และพนักงานควบคุมเครื่องจักรดำเนินการแก้ไขตั้งแต่ในขั้น Failure Mode ปัญหาความเสียหาย (Failure) ที่จะตามมาก็จะลดระดับความรุนแรงไปด้วย

ผลกระทบจากความเสียหาย (Effect) หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเสียหายและส่งผลโดยตรงต่อผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต และการบริการ โดยทั่วไปแล้ว มักจะยึดจากผลกระทบที่เกิดกับลูกค้าเป็นหลัก ซึ่งอาจหมายถึงหน่วยงานที่รับผิดชอบถัดไป เช่น ฝ่ายผลิต ฝ่ายประกอบ ฝ่ายบริการ

การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง การวิเคราะห์อย่างเป็นระบบเพื่อหาทางป้องกันการเกิดความเสียหายในอนาคต โดยองค์ประกอบที่สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อขัดข้อง (Failure Mode) การวิเคราะห์ผลกระทบ (Effect) และการวิเคราะห์หาสาเหตุ (Cause)

อรรถกร เก่งพล (2553) ขั้นตอนกระบวนการของภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ (FMEA Step Process) แบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

2.2.1 การจัดเตรียม (Preparation)

การจัดเตรียมของกระบวนการควรเริ่มต้นจากรวบรวมเนื้อหาและตรวจสอบความเสี่ยงที่คาดว่าจะเกิดในกระบวนการที่สนใจ และรวบรวบรวมเนื้อที่เกิดขึ้นเป็นประจำของผลิตภัณฑ์และกระบวนการในการผลิตแต่ละกระบวนการ

2.2.2 การวิเคราะห์เชิงข้อมูล (Data Analysis)

ลำดับที่ 1 การวิเคราะห์หน้าที่และข้อกำหนดของกระบวนการที่สนใจ (Analysis of the functions and requirements)

ในลำดับขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนหรือกระบวนการทำงานที่กำลังจะทำการวิเคราะห์ หากกระบวนที่สนใจมีหลายลำดับขั้นตอนจะต้องพิจารณาถึงความสำคัญความเหมือนกันรวมถึงความแตกต่างกันของกระบวนการเพื่อที่จะวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น

ลำดับที่ 2 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นตั้งแต่ในกระบวนการออกแบบอาจส่งผลทำให้เกิดขข้อผิดพลาดของกระบวนการผลิตจนในที่สุดอาจร้ายแรงถึงขั้นที่ลูกค้าส่งคำร้องมาเพื่อขอปรับปรุงกระบวนการผลิตใหม่หรือปรับปรุงการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่

ลำดับที่ 3 ผลกระทบที่ได้รับของความผิดพลาด (Impact of Failure) สำหรับผลกระทบที่ตามมาสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ทางคือ ความผิดพลาดแรกคือความผิดพลาดจากลูกค้าหรือผู้ใช้บริการ ในส่วนขผงของผู้ใช้บริการจะได้รับการอธิบายในสิ่งที่ผู้บริโภคสามารถพบเห็นได้ซึ่งจะคล้ายกับการออกแบบผิดพลาดประการที่ 2 หากผู้บริโภคคือ ผู้ที่นำผลิตภัณฑ์นี้ไปประกอบต่อ

ผลกระทบคือการอธิบายในสิ่งที่มีผลต่อความสามารถของกระบวนการหรือการปฏิบัติงานขั้นตอนต่อไปความเสียหายของผลกระทบสามารถแบ่งออกได้ดังตารางที่ 2-1

ลำดับที่ 4 การวิเคราะห์สาเหตุหรือโอกาสในการเกิดสาเหตุของข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น (Potential Causes or Mechanisms of Failure)

สำหรับการทำงานจะต้องลงรายละเอียดเกี่ยวกับสาเหตุที่เกิดขึ้นรวมถึงข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งหมดที่สามารถควบคุมมันได้ ในการปฏิบัติงานได้การให้ลำดับที่ของสาเหตุในการเกิดความผิดพลาดจะขึ้นอยู่กับจำนวนความผิดพลาดระหว่างการทำงานของกระบวนการที่กำลังพิจารณา ดังเช่นในตารางที่ 2-2 การประมาณการอัตราความผิดพลาดสามารถทำได้โดยใช้ข้อมูลทางสถิติของการควบคุมคุณภาพ

ลำดับที่ 5 การควบคุมกระบวนการ (Process Controls)

การควบคุมกระบวนการเป็นวิธีการเพื่อป้องกันภาวะความผิดพลาดหรือป้องกันไม่ให้มีสาเหตุให้เกิดภาวะความผิดพลาด ดังนั้น จำเป็นต้องมีการควบคุมดังต่อไปนี้

1. มีการใช้การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control : SPC)

2. มีการควบคุมกระบวนการในทุกขั้นตอน

3. การให้ลำดับที่การตรวจจับ (Detection Ranking) ดังตารางที่ 2-3 จะทำให้สามารถตรวจจับสาเหตุที่จะทำให้กระบวนการเกิดภาวะความผิดพลาด ก่อนที่จะนำไปผลิตจริง ดังนั้นต้องมีการใช้ลำดับบนพื้นฐานของโอกาสที่จะตรวจพบโดยการควบคุมกระบวนการ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 2-1 ผลกระทบและเกณฑ์การให้ลำดับขั้นความรุนแรง

เกณฑ์ (ผลกระทบของระดับความรุนแรง)	ลำดับที่
อาจทำให้เกิดอันตรายกับเครื่องจักรอื่นหรือผู้ปฏิบัติงานอย่างสูง	10
อาจทำให้เกิดอันตรายกับเครื่องจักรอื่นหรือผู้ปฏิบัติงาน	9
ทำให้การผลิตหยุดชะงักอย่างมาก และผลิตภัณฑ์จำนวน 100% อาจจะต้องกลายเป็นผลิตภัณฑ์เสีย (Scrapped 100%)	8
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์อาจจะต้องมีการนำมาเลือกบางส่วนที่เสียออก (< 100% เป็นผลิตภัณฑ์เสีย)	7
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์มีเสีย < 100% แต่ไม่ต้องนำมาเลือกบางส่วนออก	6
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์มีเสีย < 100% อาจจะต้องมาผลิตอีกครั้ง (Reworked 100%)	5
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์อาจจะต้องมีการนำมาเลือกบางส่วนที่เสียออกและนำส่วนที่เหลือมาผลิตอีกครั้ง (Reworked < 100%)	4
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์จำนวนน้อยกว่า 100% อาจจะนำมาทำใหม่ในสายการผลิต แต่ภายนอกสถานีการผลิต	3
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์จำนวนน้อยกว่า 100% อาจจะนำมาทำใหม่ในสายการผลิต และภายในสถานีการผลิต	2
ไม่มีผลกระทบ	1

ตารางที่ 2-2 โอกาสเกิดความผิดพลาดและการให้ลำดับ

โอกาสในการเกิดความผิดพลาด (Occurrence Opportunity of Failure)	อัตราความเป็นไปได้ในการเกิดความผิดพลาด (Possible Failure Rate)	ลำดับที่
สูงมาก (ความผิดพลาดสามารถ มากกว่าหรือเท่ากับ 1 ใน 2 10 เกิดขึ้นเกือบจะแน่นอน)	มากกว่าหรือเท่ากับ 1 ใน 2	10
	1 ใน 3 ถึง 1 ใน 2	9
สูง (ความผิดพลาดมีบ่อยครั้ง)	1 ใน 8 ถึง 1 ใน 3	8
	1 ใน 20 ถึง 1 ใน 8	7
ปานกลาง (ความผิดพลาดเกิดขึ้นบ้าง)	1 ใน 80 ถึง 1 ใน 20	6
	1 ใน 400 ถึง 1 ใน 80	5
	1 ใน 2,000 ถึง 1 ใน 400	4
ต่ำ (ความผิดพลาดมีเกิดขึ้นน้อยครั้ง)	1 ใน 15,000 ถึง 1 ใน 2,000	3
	1 ใน 150,000 ถึง 1 ใน 15,000	2
ต่ำมาก (ความผิดพลาดมีโอกาสเกิดได้น้อยมาก)	มากกว่า 1 ใน 1,500,000 ถึง 1 ใน 150,000	1

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 2-3 โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ

โอกาสในการตรวจจับ (Detection Chance)	โอกาสในการตรวจจับพบเจอสาเหตุหรือข้อผิดพลาด (Opportunity of Detection)	ลำดับที่
ไม่สามารถตรวจจับได้อย่างแน่นอน	การควบคุมการออกแบบไม่สามารถตรวจจับโอกาสที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาด (หรือไม่มีการควบคุมการออกแบบเลย)	10
มีโอกาสในการตรวจจับได้ในระดับที่ต่ำที่สุด	มีโอกาสในการตรวจจับพบเจอสาเหตุหรือข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ต่ำที่สุด	9
มีโอกาสในการตรวจจับได้ในระดับต่ำมาก	มีโอกาสในการตรวจจับพบเจอสาเหตุหรือข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ต่ำมาก	8
มีโอกาสในการตรวจจับได้ในระดับต่ำ	มีโอกาสในการตรวจจับพบเจอสาเหตุหรือข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ต่ำ	7
มีโอกาสในการตรวจจับได้ในระดับค่อนข้างต่ำ	มีโอกาสในการตรวจจับพบเจอสาเหตุหรือข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ค่อนข้างต่ำ	6
มีโอกาสในการตรวจจับได้ในระดับปานกลาง	มีโอกาสในการตรวจจับพบเจอสาเหตุหรือข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ปานกลาง	5
มีโอกาสในการตรวจจับได้ในระดับที่ค่อนข้างสูง	มีโอกาสในการตรวจจับพบเจอสาเหตุหรือข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ค่อนข้างสูง	4
มีโอกาสในการตรวจจับได้ในระดับที่สูง	มีโอกาสในการตรวจจับพบเจอสาเหตุหรือข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้สูง	3
มีโอกาสในการตรวจจับได้ในระดับที่สูงมาก	มีโอกาสในการตรวจจับพบเจอสาเหตุหรือข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้สูงมาก	2
ตรวจจับได้แน่นอน	มีโอกาสในการตรวจจับพบเจอสาเหตุหรือข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้แน่นอน	1

ขั้นตอนที่ 6 การคำนวณตัวเลขลำดับความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN)

การคำนวณตัวเลขลำดับความเสี่ยงเป็นการคำนวณเพื่อจัดลำดับกระบวนการในมุมมองทางด้านภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ ในแต่ละสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาด ตัวเลขลำดับความเสี่ยงจะแสดงค่าซึ่งประกอบด้วยลำดับขั้นความรุนแรง (ตารางที่ 2-1) โอกาสเกิดความผิดพลาด (ตารางที่ 2-2) และโอกาสที่จะตรวจจับ (ตารางที่ 2-3) โดยสูตรการคำนวณจะคล้ายกับการคำนวณดังที่กล่าวมาแล้ว

ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) = ลำดับขั้นความรุนแรง x ลำดับโอกาสเกิดความผิดพลาด x ลำดับโอกาสที่จะตรวจจับ (ดังนั้น ค่าตัวเลขสูงสุดจะได้รับคือ 1,000)

RPN = Severity x Occurrence x Detection (2.1)

หลังจากคำนวณได้ค่าของตัวเลขลำดับความเสี่ยงแล้ว ให้ดำเนินการการเรียงลำดับค่าของตัวเลขความเสี่ยงจากมากไปน้อย และทำการปรับปรุงค่าที่มีตัวเลขลำดับความเสี่ยงมากที่สุดเป็นอันดับแรกและค่อยๆปรับปรุงเรียงลงมา ควรมีการกำหนดแผนการปรับปรุง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากตัวเลขลำดับความเสี่ยงเกิดจากปัจจัยทั้ง 3 ค่าซึ่งได้แก่ ลำดับขั้นความรุนแรง ลำดับโอกาสในการเกิดความผิดพลาดและลำดับโอกาสที่จะตรวจจับ ควรพิจารณาและตรวจสอบดูว่าค่าใดมีค่าสูงผิดปกติ ควรปรับปรุงค่าที่มีความผิดปกติก่อนเป็นอันดับแรกเนื่องจากค่านั้นๆ อาจเป็นจุดอ่อนของกระบวนการนั้นๆได้

ขั้นตอนที่ 7 การวางแผนสำหรับการปรับปรุง (Improvement Plan)

ในกระบวนการปรับปรุงจะต้องให้ความสำคัญด้านความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานหรือความอันตรายของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก หากการประเมินพบว่าในกระบวนใดกระบวนการหนึ่งเกิดความเสี่ยงต่อผู้ปฏิบัติงานหรืออันตรายต่อผลิตภัณฑ์ จะต้องดำเนินการวางแผนการปรับปรุงเพื่อแก้ไขปัญหา ถือเป็นแผนลำดับแรก เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดและลดการเกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นการออกแบบกระบวนการปรับปรุงจะต้องทำให้ค่าปัจจัยทั้ง 3 ของตัวเลขลำดับความเสี่ยงลดลง อย่างไรก็ตามสำหรับการปรับปรุงกระบวนการจะเน้นการปรับปรุงทางด้านลำดับขั้นความรุนแรงและลำดับโอกาสในการเกิดข้อผิดพลาดมากกว่าที่จะปรับปรุงทางด้านการตรวจจับเนื่องมีต้นทุนสูง ดังนั้นโดยทั่วไปมักจะให้ลำดับความสนใจอยู่ที่การป้องกันความรุนแรงมากกว่า

ตารางที่ 2-4 เป็นตัวอย่างการรวบรวมแผนการสร้าง RPN ของการควบคุมกระบวนการไว้ในตารางเดียวเพื่อสะดวกในการทำงาน

ตารางที่ 2-4 ตัวอย่างการควบคุมเทคนิคการวิเคราะห์คุณลักษณะของความเสียหายและผลกระทบโอกาสการเกิดช่องทางความผิดพลาดและการวิเคราะห์คุณลักษณะของความเสียหายและผลกระทบ (กระบวนการ FMEA)

ชนิด..... วัตถุประสงค์ของกระบวนการ..... หน้าที่.....ของ.....

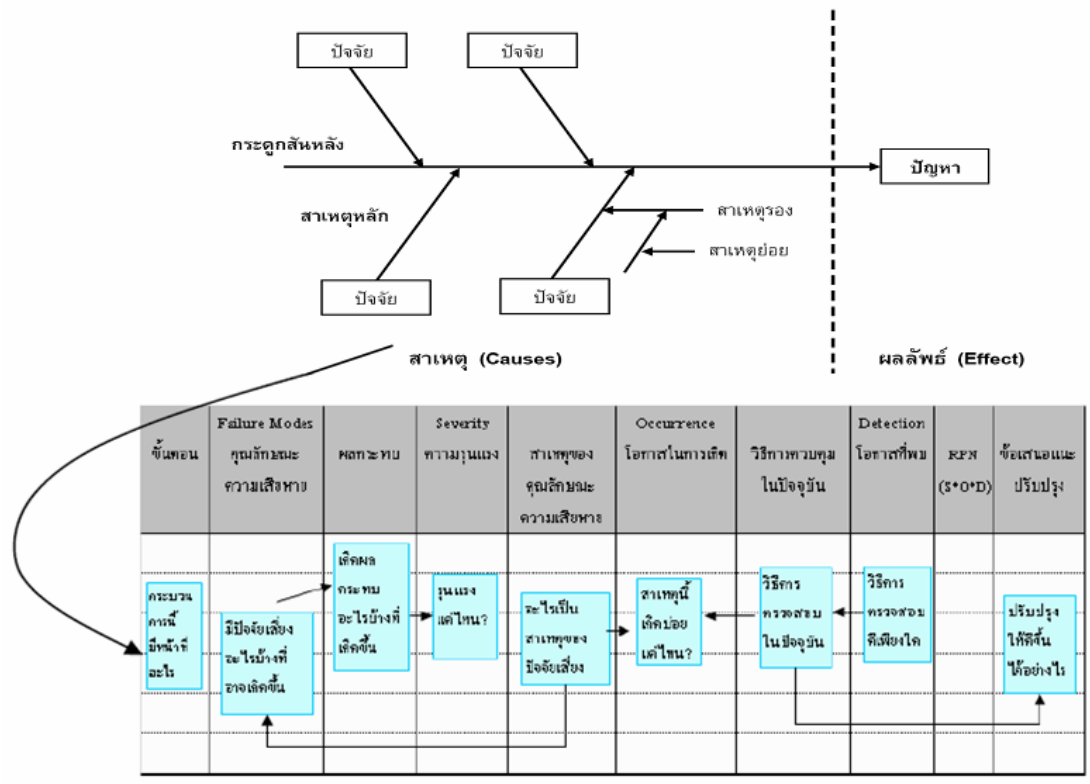
รุ่นปี..... วันที่..... . ผู้จัดทำ.....

ผู้ควบคุมการออกแบบ..... วันที่ทำ FMEA.....

ชิ้นส่วน	หน้าที่ของผลลัพธ์จากการปรับปรุงกระบวนการ	โอกาสเกิดภาวะของความผิดพลาด	โอกาสเกิดผลกระทบของความผิดพลาด	ลำดับความรุนแรง	โอกาสเกิดสาเหตุหรือกลไกความผิดพลาด	ลำดับการเกิดความผิดพลาด	วิธีการควบคุมกระบวนการ	ลำดับการตรวจจับ	ตัวเลขลำดับความเสี่ยง(RPN)	แผนการปรับปรุง	ความรับผิดชอบและวันที่ต้องเสร็จงาน	ผลลัพธ์จากการปรับปรุง				
												การปรับปรุงที่ได้รับ	ลำดับความรุนแรง	ลำดับการเกิดความผิดพลาด	ลำดับการตรวจจับ	ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN)

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาและ FMEA

สมภพ ตลับแก้ว (2551) การวิเคราะห์ปัญหาในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยการใช้แผนภูมิแสดงเหตุและผล (แผนผังก้างปลา) ดังภาพที่ 2-9 จะพบว่ามีการกำหนดสาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Causes) ไว้เป็นกรอบแนวคิดในการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การเริ่มต้นแก้ไขต้นเหตุของปัญหาโดยใช้วิธี FMEA จากนั้นจึงเริ่มวิเคราะห์โดยหลักการ FMEA ซึ่งจะพบว่าในแต่ละสาเหตุของการเกิดคุณลักษณะของความเสียหายหรือปัจจัยเสี่ยง (Cause of Failure Mode) จะมีการคิดค่าระดับคะแนน RPN (Risk Priority Number) ดังนั้นหากพบว่าสาเหตุใดมีค่า PRN ที่สูงที่สุด สาเหตุนั้นจะต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน ส่วนสาเหตุใดที่ได้ค่า PRN รองลงมา สาเหตุนั้นก็อาจจะได้รับการแก้ไขในลำดับต่อไป ซึ่งหลักการของ FMEA จะให้ผลที่ชัดเจนไม่เอนเอียง (Bias) เพราะว่าค่า PRN ที่คำนวณได้จะพิจารณาจากระดับความรุนแรงของความเสียหายที่เกิด ความถี่ในการเกิดคุณลักษณะความเสียหาย และความสามารถในการตรวจพบคุณลักษณะของการเกิดความเสียหายดังนั้นการใช้แผนผังก้างปลาแต่เพียงอย่างเดียวในการแก้ปัญหา อาจจะทำให้รู้แค่ว่า “ปัญหานั้นมีสาเหตุจากอะไร” แต่ถ้านำมาวิเคราะห์ต่อด้วย FMEA จะทำให้เพื่อมิติในการแก้ปัญหาได้ถึง 3 มิติ คือ “รู้ว่ามีผลกระทบมากน้อยแค่ไหน มีโอกาสในการเกิดมากน้อยแค่ไหน และมีวิธีการตรวจสอบที่ดีแล้วหรือยัง”



ภาพที่ 2-9 ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลาและ FMEA

2.4 การออกแบบจิ๊กและฟิกเจอร์

2.4.1 การออกแบบเครื่องมือ

วชิระ มีทอง (2550) การออกแบบเครื่องมือเป็นกระบวนการออกแบบและปรับปรุงเครื่องมือ วิธีการและเทคนิคที่จำเป็นหลายๆ อย่าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม และเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นด้วยการออกแบบเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรและเคร่องมือพิเศษอื่นๆ ทำให้ทุกวันนี้มีการผลิตงานได้อย่างรวดเร็วและมีปริมาณสูง อีกทั้งยังทำให้เป็นที่แน่ใจว่าสินค้าที่ผลิตออกไปจะได้ผลสำเร็จเป็นอย่างดี

2.4.2 จุดประสงค์ของการออกแบบเครื่องมือ

จุดประสงค์ส่วนใหญ่ของการออกแบบเครื่องมือคือการลดค่าใช้จ่ายในการผลิตงานอุตสาหกรรมแต่ในขณะเดียวกันทางด้านคุณภาพก็ยังคงเหมือนเดิม ไม่ต่ำลงและผลผลิตก็เพิ่มสูงขึ้นด้วยในการที่จะทำสิ่งเหล่านี้สำเร็จเป็นอย่างดี นักออกแบบเครื่องมือจึงต้องปฏิบัติสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.4.2.1 หาวิธีที่ทำงานกับเครื่องมือให้เป็นแบบธรรมดาและง่ายๆ โดยให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

2.4.2.2 ลดค่าใช้จ่ายในการผลิตโดยผลิตชิ้นงานที่ราคาต่ำสุดเท่าที่จะทำได้

2.4.2.3 ออกแบบเครื่องมือให้มีตัวกันโง่ เพื่อป้องกันการใช้งานที่อาจผิดพลาดได้

2.4.2.4 ออกแบบเครื่องมือที่มีคุณภาพสูงเมื่อถูกนำไปใช้กับการผลิตงานที่ต่อเนื่องกันตลอด

2.4.2.5 เลือกใช้วัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือซึ่งมีอายุการใช้งานอย่างเหมาะสมกับการผลิต

2.4.2.6 หาวิธีป้องกันสำหรับการออกแบบเครื่องมือเพื่อให้การใช้งานเครื่องมือนั้นๆ มีความปลอดภัยและเหมาะสมสำหรับผู้ที่ใช้งาน

2.4.3 ชนิดของจิ๊กและฟิกซ์เจอร์

จิ๊ก (Jig) และฟิกซ์เจอร์ (Fixtureจิ๊ก (Jig) และฟิกซ์เจอร์ (Fixture) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในเรื่องอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งาน ซึ่งจิ๊กและฟิกเจอร์นั้นส่วนใหญ่ถูกในมาใช้ในโรงงานที่มีการผลิตชิ้นงานที่มีลักษณะเหมือนๆกันทุกชิ้น เช่น งานปั๊ม งานขึ้นรูป งานคว้านหรืองานเจาะ เป็นต้น จิ๊กและฟิกเจอร์มีหน้าที่รองรับและกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานแต่ละชิ้นนั้นมีความใกล้เคียงทั้งในเรื่องของขนาด รายละเอียดต่างๆ ได้ใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับชิ้นงานต้นแบบมากที่สุด

จิ้กคืออุปกรณ์ที่ถูกสร้างมาเพื่อกำหนดทิศทางหรือระบุจุดเพื่อชี้ตำแหน่งสำหรับยึดจับชิ้นงาน จิ้กส่วนใหญ่จะเหมาะสำหรับประเภทงานเจาะ งานตัด เช่น การเจาะรูของไม้หรือการเจาะรูชิ้นส่วนของแผงวงจรไฟฟ้า เป็นต้น โดยปกติแล้วจิ๊กจะมีปลอกนำทางซึ่งอัดติดแน่นอยู่เสมอ ปลอกนำนี้จะทำด้วยเหล็กพิเศษที่ผ่านการชุบแข็งมาแล้วและจะเป็นตัวที่ใช้สำหรับนำทางในการเจาะรูของดอกสว่านหรือนำเครื่องมือตัดอื่นๆ

ฟิกซ์เจอร์เป็นเครื่องมือสำหรับการผลิตที่ใช้กำหนดตำแหน่งยึดจับและรองรับชิ้นงานให้อยู่คงที่เครื่องกำลังทำงานอยู่ สำหรับฟิกซ์เจอร์นี้จะมีแท่งตั้งระยะและแผ่นเกจเป็นตัวช่วยให้ตั้งระยะของเครื่องมือตัดอยู่ตรงตำแหน่งที่ถูกต้องที่จะกระทำต่อชิ้นงาน ฟิกซ์เจอร์นี้จะต้องถูกยึดติดให้แน่นอยู่กับโต๊ะของเครื่องจักรในระหว่างที่ชิ้นงานกำลังถูกกระทำอยู่และแม้ว่างานใหญ่ๆ เช่น ใช้กับเครื่องกัด ฟิกซ์เจอร์ก็ถูกออกแบบให้จับยึดชิ้นงานไม้แปรเปลี่ยนไปตามการทำงานแบบต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับเครื่องจักรที่เป็นมาตรฐานต่างๆ เช่น เครื่องกัด เครื่องไส เครื่องกลึง เป็นต้น

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤษณะ ไกรวิทย์อนุสรณ์ (2560) ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตอาหารสัตว์เพื่อทำการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ในปัจจุบันทางโรงงานกรณีศึกษาประสบปัญหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากการศึกษาข้อมูลในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์พบว่าปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากอาหารเป็นฝุ่น 64 % ของปัญหาทั้งหมด ทำให้ต้องเกิดกระบวนการนำกลับมาผลิตใหม่ ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตและแรงงานเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่เกิดขึ้นจากการผลิตในกระบวนอัดเม็ด โดยประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) จากการใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล (Fishbone Diagram) และทฤษฎีการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เพื่อหาปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ความหนาของตะแกรง ระยะอัดระหว่างลูกกลิ้งกับตะแกรง อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ผสมวัตถุดิบ จากนั้นทำการออกแบบการทดลองแบบ 2k Factorial Design เพื่อกรองหาปัจจัยหลัก และทำการออกแบบการทดลองแบบ 3k Factorial Design เพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผลที่ได้จากการทดลองพบว่า ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมคือ ความหนาตะแกรง 20 มิลลิเมตร ระยะอัดระหว่างลูกกลิ้งกับตะแกรง 0.05 มิลลิเมตรและอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เมื่อนำผลจากการวิจัยมาใช้ในกระบวนการทำงานจริงพบว่า สามารถลดจำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานลงได้ร้อยละ 56.33 จากเดิมร้อยละ 2.51 ลดลงมาเป็นร้อยละ 1.09

ฐปนัท (2560) ได้ศึกษาปัจจัยในการเชื่อมโฟโตไดโอดที่มีผลต่อความแข็งแรงของการต้านแรงเฉือนและเพื่อเพิ่มค่าความต้านแรงเฉือนของโฟโตไดโอด ซึ่งโฟโตไดโอดเป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์หัวอ่านเขียน (Head Gimbal Assembly HGA) ซึ่งค่าความแข็งแรงการต้านแรงเฉือนของการเชื่อมวงจรไฟฟ้านี้แสดงถึงคุณภาพของกระบวนการเชื่อมโฟโตไดโอด ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยนี้ พบว่าได้มีประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ซิกมา ด้วยวิธีการ DMAIC ในการวิเคราะห์กระบวนการผลิต ใช้แผนภาพแสดงเหตุและผลและการวิเคราะห์รูปแบบของความเสียหายและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) เพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกระบวนการเชื่อม หลังจากนั้นใช้หลักการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับหรือเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความแข็งแรงการต้านแรงเฉือน

ในการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปัจจัยด้านกำลังของเลเซอร์ เวลาใช้เลเซอร์และตำแหน่งของโฟโตไดโอดนั้นส่งผลอย่างมีนัยสาคัญต่อค่าความแข็งแรงการต้านแรงเฉือนและทำการทดลองหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการเชื่อโฟโตไดโอด จากผลการทดลองพบว่าค่าความแข็งแรงการต้านแรงเฉือนของโฟโตไดโอดเพิ่มขึ้นจาก 34.96 กรัม-แรง (gram-force) เป็น 48.54 กรัม-แรง (gram-force) คิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 38.84%

อาทิตย์ (2555) ได้ศึกษาการทำกระเบื้องมุงหลังคาแบบเดิมที่ทำจากใยหินซึ่งมีความแข็งแรงคงทน แต่ปัจจุบันวัสดุดังกล่าวมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทางบริษัทผู้ผลิตตระหนักถึงผลกระทบดังกล่าว จึงนำเสนอกระเบื้องที่ทำจากซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติ หลังจากการเปลี่ยนแปลงพบว่ากระเบื้องที่ผลิตจากซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติเกิดปัญหาแตกร้าวบนผิวหน้ากระเบื้อง หลังกระบวนการเคลือบสี ดังนั้นในงานวิจัยที่ศึกษาจึงมุ่งเน้นเพื่อทำการแก้ไขปัญหาแตกร้าวบริเวณผิวหน้าของกระเบื้องมุงหลังคาแผ่นลอนที่ทำจากซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติ โดยเริ่มจากการตรวจวัดของเสียในแต่ละกระบวนการตั้งแต่การถอดพิมพ์ การขนย้ายเพื่อรอการแข็งตัว การขนย้ายเพื่อไปทำสีและหลังทำสี โดยใช้หลักการชักสิ่งตัวอย่าง การทดสอบแบบไบโนเมียล (Binomial Distribution) มาช่วยในการหาสัดส่วนของเสีย ในกระบวนการขนย้ายเพื่อรอการแข็งตัว และการขนย้ายเพื่อนำไปเคลือบสีที่มากที่สุดคือร้อยละ 8.34 และ 7.52 ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปัญหาการแตกร้าวส่วนใหญ่เกิดจากขั้นตอนการขนย้าย หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุด้วยผังก้างปลาและใช้การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) พบว่าปัญหาดังกล่าวเกิดจาก 1) พาเลทไม่มีหน้าสัมผัสที่เข้ารับกับรูปลอนกระเบื้องทำให้กระเบื้องชั้นล่างเกิดการแอ่นตัว แก้ไขโดยใช้แผ่นรองรับตามลอนกระเบื้องบนพาเลท 2)หน้าสัมผัสของยางจับยึดกระเบื้องเป็นแผ่นเรียบส่งผลให้กระเบื้องเกิดการลื่น ต้องออกแรงบีบที่มากขึ้น ทำให้กระเบื้องโก่งตัว แก้ไขโดยทำดอกยางให้กับยางจับยึด 3)ขณะขนย้ายไม่มีการยึดชุดพาเลทเข้ากับรถทำให้กระเบื้องเกิดการสั่น แก้ไขโดยสร้างชุดล็อค หลังจากทำการแก้ไขทั้งสามสาเหตุ พบว่าสัดส่วนการแตกร้าวของกระบวนการดังกล่าวลดลงเหลือร้อยละ 2.41 และ 1.72 ตามลำดับ

พรนภา (2554) ได้ศึกษาและปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ด้วยการปรับปรุงโดยการแก้ไขการออกแบบการจับยึดให้เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ที่ช่วยในการประกอบชิ้นงาน อุปกรณ์ที่พาชิ้นงานเข้าไปในเครื่องเชื่อมและควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามมาตรฐานเพื่อลดการเกิดของเสียลง การแก้ไขโดยการปรับปรุงตัวจับยึดเพิ่มเติม อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานก่อนเชื่อมและพนักงานต้องควบคุมการจับยึดให้ถูกต้องก่อนนำเข้าเครื่องเชื่อม ซึ่งทำให้ปริมาณของเสียลดลง และอ้างอิงจากข้อมูลของปี พ.ศ. 2554 โดยเปรียบเทียบข้อมูลก่อนการปรับปรุงในสัปดาห์ที่ 14 ถึง 17 พบว่ามีของเสียเป็นอัตราส่วน 2,529 ชิ้นต่อปริมาณการผลิตล้านชิ้น และหลังการปรับปรุงในสัปดาห์ 22 ถึงที่ 25 พบว่าของเสียที่เกิดขึ้นลดลงเหลือเพียงอัตราส่วน 449

ชิ้นต่อปริมาณการผลิตล้านชิ้น ทำให้ลดของเสียที่เกิดขึ้นได้ถึง 2,120 ชิ้นต่อปริมาณการผลิตล้านชิ้น หรือสามารถคิดเป็นค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากของเสียประเภทการประกอบผิดตำแหน่งลงถึง 1,161,420 บาทต่อปี

จักรวรรดิ (2554) ได้ศึกษาและแก้ปัญหาคุณภาพในกระบวนการเชื่อมโลหะด้วยแสงเลเซอร์ของบริษัทผลิตแขนจับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดฟ์ โดยลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่พบในกระบวนการได้แก่การเชื่อมโลหะที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งปัจจุบันมีอัตราส่วนของเสียอยู่ที่ร้อยละ 0.5472 เทคนิคทางด้านซิกซ์ ซิกม่า ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ โดยตั้งเป้าหมายว่าจะทำการลดการเกิดการเชื่อมโลหะที่ไม่สมบูรณ์ให้ต่ำกว่าร้อยละ 0.20 จากการวิเคราะห์ด้วยการใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) จากนั้นมาทำการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความเสียหายและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) พบว่ามี 5 ปัจจัยหลัก ๆ ที่อาจจะมีผลกระทบต่อปัญหาการเกิดการเชื่อมโลหะที่ไม่สมบูรณ์ จากนั้นใช้เทคนิคการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2K และไม่มีการทำซ้ำในการหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดการเชื่อมโลหะไม่สมบูรณ์และใช้สมการความสัมพันธ์ในการหาระดับของปัจจัยทำให้เกิดของเสียที่น้อยที่สุด เมื่อนำค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์เหล่านี้ มาดำเนินการผลิตจริงพบว่า สามารถลดปริมาณของเสียจากเดิมที่ร้อยละ 0.5472 เหลือเพียงร้อยละ 0.1596 ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการผลิตลงได้ 1,436,662 บาทต่อปี

ธนิตพล (2553) ได้ศึกษาการลดส่วนงานซ่อมรวมที่ผลิตในกระบวนการฟอกย้อมโดยการประยุกต์ใช้ Failure Mode Effects Analysis (FMEA) และ Analysis Hierarchy Process (AHP) ในโรงงานสิ่งทอตัวอย่าง ซึ่งผลิตผืนผ้าสีเป็นผลิตภัณฑ์หลัก แต่ประสบปัญหาคุณภาพที่เกิดขึ้นเนื่องจากสีไม่เหมือน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาซ่อมในกระบวนการ ประมาณร้อยละ 7.49 ปัญหาหลักที่นำกลับมาซ่อมสามอันดับแรกมีดังนี้ ผ้าเปื้อนสี ผ้ายับ และผ้าสีตก การดำเนินงานเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิต ทำการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุ โดยแผนภาพสาเหตุและผลในการวิเคราะห์ จากนั้นทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบสำหรับกระบวนการผลิต และการตัดสินใจโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุที่ส่งผลกระทบร่วมและหาความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญต่อการเกิดปัญหา พร้อมทั้งประเมินผลความสำเร็จจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยอาศัยหลักการถดถอยเชิงเส้นและสหสัมพันธ์ (Linear Regression and Correlation) จากผลการศึกษาพบว่า สัดส่วนงานซ่อมของบริษัทอยู่ที่ร้อยละ 7.49 ที่ผลิตทั้งหมดลดลงเฉลี่ย ร้อยละ 4.76 ซึ่งเป้าหมายกำหนดไม่เกินร้อยละ 5 ผลหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตในครั้งนี้ จำนวนของเสียลดลงโดยเฉลี่ย 11,440 กิโลกรัม เหลือ 77,160 กิโลกรัม คิดเป็นจำนวนเงินประมาณ 915,200 บาท และคุณภาพประเภทนอกจากสีไม่เหมือนเพิ่มขึ้นตามเป้าหมาย ณ ระดับคุณภาพ 95%

กุสุมา (2550) ได้ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามจากกระบวนการผลิต วิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล จากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่องและผลกระทบสำหรับกระบวนการผลิตโดยอาศัยหลักการกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องโดยผลการวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยสนับสนุนเรียงตามลำดับดังนี้ การปรับปรุงเครื่องจักร (0.531) การปรับปรุงวิธีการทำงาน (0.469) จากการปรับปรุงคุณภาพ และคุณภาพการผลิตเพิ่มขึ้นตามเป้าหมายคุณภาพ ณ ระดับ 98.6%

ตารางที่ 2-5 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย	งานวิจัย	ทฤษฎี/หลักการ		
		การลดของเสีย	แผนผังก้างปลา	FMEA
กฤษณะ (2560)	การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนของเสียกระบวนการผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ดโดยวิธีการออกแบบการวิเคราะห์การทดลอง	●	●	●
ฐปนัท (2560)	การเพิ่มค่าความแข็งแรงของการต้านแรงเฉือนของโฟโตไดโอดของส่วนประกอบหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ด้วยขบวนการซิกส์-ซิกม่า		●	●
อาทิตย์ (2555)	การหาสาเหตุและวิธีการแก้ไขการแตกร้าวผิวหน้ากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน	●	●	●
พรนภา (2554)	การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อการลดของเสียในกระบวนการผลิตแขนจับยึดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์	●	●	●
จักรวรรดิ (2554)	การพัฒนาคุณภาพในกระบวนการเชื่อมโลหะด้วยแสงเลเซอร์ในโรงงานประกอบแขนจับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์	●	●	●

ตารางที่ 2 5 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ผู้วิจัย	งานวิจัย	ทฤษฎี/หลักการ		
		การลดของเสีย	แผนผังก้างปลา	FMEA
ธนิตพล (2553)	การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการฟอกย้อมในโรงงานตัวอย่าง	●	●	●
กุสุมา (2550)	การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตฟริตกรณีศึกษา : โรงงานผลิตสารเคลือบเซรามิกส์	●	●	

2.6 สรุปทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการประยุกต์ใช้แผนผังก้างปลาร่วมกับการประเมิน FMEA สามารถใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์เพื่อแก้ไขสาเหตุของปัญหาได้ดี เนื่องจากการใช้ก้างปลาเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์เพราะไม่มีการลำดับความสำคัญของปัญหาว่าปัญหาใดควรแก้ก่อนหลังหรือแก้แล้วจะส่งผลในทางที่ดีขึ้นมากน้อยเพียงใด ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่กล่าวมามีการนำ FMEA มาประเมินความเสี่ยงเพื่อหาว่าสาเหตุของปัญหาใดควรแก้ก่อนหลัง ซึ่งทำให้สามารถจัดลำดับความสำคัญในการแก้ไขปัญหาและให้ผลลัพธ์ที่ดีในการแก้ไขปัญหา ซึ่งประโยชน์จากความรู้ที่ได้ศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะนำมาประยุกต์ใช้ในการหาสาเหตุของปัญหาและหาแนวทางแก้ไขในบทที่ 3 ต่อไป

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการรีดลวด สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตและแนวทางการวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาโดยอาศัยทฤษฎีที่ได้กล่าวในบทที่ 2 ได้แก่ แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เพื่อวิเคราะห์สาเหตุต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) เพื่อประเมินสาเหตุที่มีโอกาสส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่มีความต้องการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการรีดลวดซึ่งเป็นที่มาของการวิจัย โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการผลิต

บริษัทตัวอย่างที่ทำการศึกษาในครั้งนี้เป็นบริษัทผลิตลวดสแตนเลสพันเกลียวและชิ้นส่วนเครื่องมือแพทย์ โดยผลิตภัณฑ์ที่สนใจศึกษาคือ ลวดสแตนเลส ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของ Medical Endoscope ที่แพทย์ใช้ในการส่องผ่านหลอดอาหารลงไปในกระเพาะเพื่อตรวจวินิจฉัยก่อนทำการรักษา

3.1.1 กระบวนการผลิต

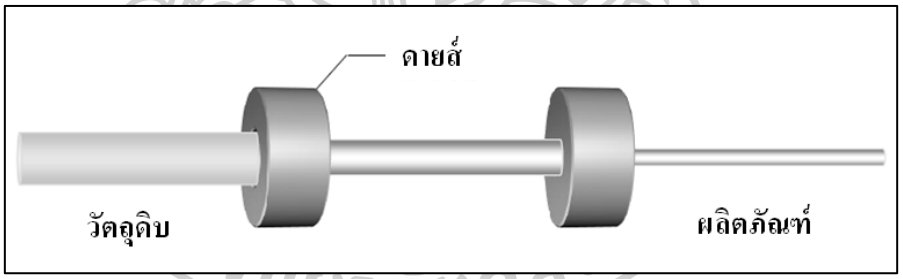
ในการเก็บข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในปัจจุบันของบริษัทเป็นการจัดเก็บโดยพนักงานตรวจสอบ ทำให้ทราบจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่เกิดขึ้นและปัญหาที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในกระบวนการผลิต สำหรับงานวิจัยนี้เน้นการศึกษาขั้นตอนการรีดลวด ซึ่งมีขั้นตอนในการผลิตต่างๆ ดังนี้

3.1.1.1 การรับเข้าวัตถุดิบ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตส่วนใหญ่จะเป็นลวดสเตตนเลสประเภท SUS304 และ SUS302 เป็นหลักดังภาพที่ 3-1 โดยวัตถุดิบเหล่านี้ถูกจัดซื้อมาจากภายนอก ในขั้นตอนการรับเข้าก่อนนำไปใช้งานจะมีการตรวจสอบสภาพผิวของเส้นลวด ค่าแรงดึงของลวดและขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ โดยฝ่ายประกันคุณภาพจะเป็นผู้ตรวจสอบ

ภาพที่ 3-1 วัตถุดิบที่ใช้ในการรีดลวด

3.1.1.2 การตั้งค่าเครื่องจักร พนักงานจะทำการตั้งค่าเครื่องจักรก่อนเริ่มปฏิบัติงานรีดลวด โดยพารามิเตอร์ที่สำคัญได้แก่ ค่าความเร็วของเครื่องจักร ความตึงของลวดที่ป้อนเข้าเครื่องจักร ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดโดยเลือกขนาดของดายส์ (Dies) ที่มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

3.1.1.3 เครื่องจักรทำการรีดลวด เครื่องจักรจะทำการลวดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางโดยผ่านดายส์ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ขนาดตามที่ลูกค้าต้องการดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 การรีดลวด

3.1.1.4 ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ 100% ตามหัวข้อตรวจสอบที่กำหนด (ตรวจสอบภายในกระบวนการ) ได้แก่ สภาพผิวของเส้นลวด สี ค่าความโค้ง การเรียงตัวของเส้นลวด ความยาวไม่ได้ตามมาตรฐาน ความแน่นของลวดและค่าแรงดึง

3.1.1.5 ส่งแผนกตรวจสอบคุณภาพ พนักงานจะส่งเอกสารเพื่อให้ทางแผนกตรวจสอบคุณภาพเข้ามาตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยแผนกตรวจสอบคุณภาพจะทำการตรวจสอบเฉพาะชิ้นงานสุดท้ายของล็อตการผลิตนั้นๆ โดยตรวจสอบตามหัวข้อที่กำหนด ได้แก่ ได้แก่ สภาพผิวของเส้นลวด สี ค่าความโค้ง การเรียงตัวของเส้นลวด ความยาวไม่ได้ตามมาตรฐาน ความแน่นของลวดและค่าแรงดึง

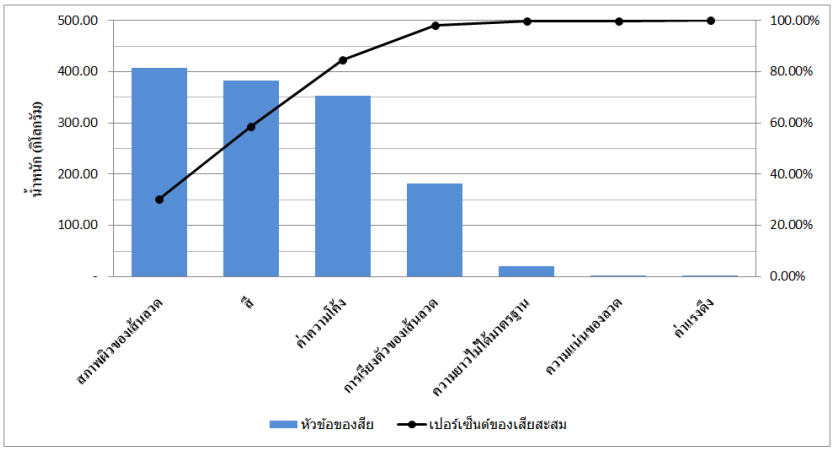
3.2 ศึกษาลักษณะของปัญหาและผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในกระบวนการ

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลการผลิตและผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด เดือนมกราคม-เดือนมิถุนายน 2564

พ.ศ. 2564		มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	เฉลี่ย	รวม
ยอดการผลิต (กิโลกรัม)		13,089.51	11,958.48	11,923.52	10,683.83	10,556.45	11,340.50	11,592.05	69,552.29
หัวข้อตรวจสอบ	สภาพผิวของเส้นลวด	67.56	64.38	67.98	75.12	68.14	65.11	68.05	408.29
	สี	63.36	61.98	64.45	65.26	64.73	63.11	63.82	382.89
	ค่าความโค้ง	59.21	58.15	60.66	57.27	56.45	62.06	58.97	353.80
	การเรียงตัวของเส้นลวด	34.45	23.86	36.73	34.39	26.32	26.42	30.36	182.17
	ความยาวไม่ได้มาตรฐาน	2.74	4.77	1.23	4.65	3.72	2.57	3.28	19.68
	ความแน่นของลวด	-	-	2.33	-	-	-	0.39	2.33
	ค่าแรงดึง	-	-	1.78	-	-	-	0.30	1.78
ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (กิโลกรัม)		227.32	213.14	235.16	236.69	219.36	219.27	225.16	1,350.94
ผลิตภัณฑ์ที่ไปตามข้อกำหนด (กิโลกรัม)		12,862.19	11,745.34	11,688.36	10,447.14	10,337.09	11,121.23	11,366.89	68,201.35
ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปตามข้อกำหนด (%)		98.26%	98.22%	98.03%	97.78%	97.92%	98.07%	98.05%	
ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (%)		1.74%	1.78%	1.97%	2.22%	2.08%	1.93%	1.95%	

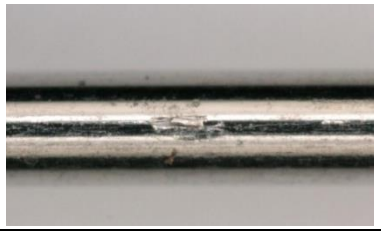
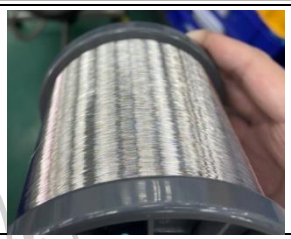
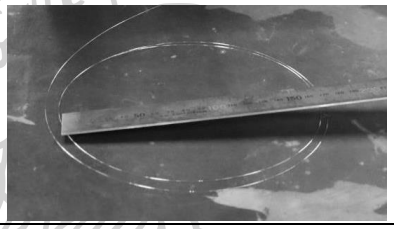
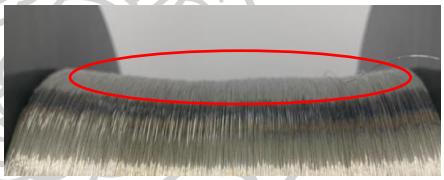
จากข้อมูลการผลิตข้างต้นพบว่ามีผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากจากกระบวนการผลิต ซึ่งจากการเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาแสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในบริษัทตัวอย่างเป็นระยะเวลา 6 เดือน ทำให้ทราบปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่เกิดขึ้น

จากตารางที่ 3-1 พบว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่เกิดขึ้นได้แก่ สภาพผิวของเส้นลวด สี ค่าความโค้ง การเรียงตัวของเส้นลวด ความยาวไม่ได้ตามมาตรฐาน ความแน่นของลวดและค่าแรงดึง ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดดังตารางที่ 3-2 จากนั้นนำปัญหาที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อด้วยแผนภูมิพาเรโตดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 แผนภูมิพาเรโตแสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเปรียบเทียบกันระหว่างปัญหาที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 3-2 แสดงภาพลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นตามข้อกำหนดของกระบวนการรีดลวด

หัวข้อผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดจากกระบวนการผลิต	ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด
สภาพผิวของเส้นลวด	
สี	
ค่าความโค้ง	
การเรียงตัวของเส้นลวด	
ความยาวไม่ได้มาตรฐาน	
ความแน่นของลวด	
ค่าแรงดึง	

3.3 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเพื่อหาแนวทางการแก้ไข

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นจึงได้นำปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในกระบวนการผลิตมาวิเคราะห์โดยตัวเลือกในการวิเคราะห์คือ แผนผังก้างปลาและ FMEA โดยแผนผังก้างปลาเป็นแผนผังสำหรับวิเคราะห์หาสาเหตุต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ประสิทธิภาพของเครื่องจักรและสาเหตุอื่นๆ การวิเคราะห์สาเหตุนั้นได้มาจากการระดมความคิดสาเหตุต่างๆ ส่วนใหญ่เกิดจากสาเหตุหลัก 4 ประการ คือ คน เครื่องจักร วัตถุดิบและวิธีการผลิต ซึ่งในแต่ละสาเหตุยังอาจเกิดจากสาเหตุย่อยๆ อีกมากมาย เช่น ความชำนาญที่แตกต่างกันของพนักงาน ความเข้าใจที่มีต่องาน สุขภาพ ความตั้งใจ สภาพแวดล้อมและอื่นๆ ซึ่งสาเหตุเหล่านี้สามารถนำมาเขียนแผนผัง ซึ่งมีลักษณะคล้ายก้างปลาโดยจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่พบ 2 ปัญหาที่ควรจะนำไปวิเคราะห์ ได้แก่ สภาพผิวของเส้นลวด สีและค่าความโค้ง ซึ่งจาก 3 ปัญหาจะเป็นหัวข้อหลักที่จะนำไปคัดกรองด้วยวิธีการ FMEA เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อไป

การประเมิน FMEA จะต้องประเมินโดยคณะผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินสาเหตุของปัญหาที่มีโอกาสเกิดความรุนแรงซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยทีม FMEA ได้ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการผลิตและศึกษาลักษณะข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดดังข้อมูลข้างต้น ซึ่งทีม FMEA จะนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาในเบื้องต้น จากนั้นจะนำสาเหตุที่ได้จากแผนผังก้างปลามาทำการประเมินด้วยวิธี FMEA ต่อไป เพื่อเป็นการคัดกรองปัญหาที่ได้คะแนนจากการประเมินน้อยออก ในส่วนของการให้คะแนนในการประเมิน ผู้ประเมิน FMEA สามารถให้คะแนนพร้อมแสดงความคิดเห็นพร้อมกันในที่ประชุมและทำการสรุปผลคะแนนของแต่ละหัวข้อที่ทำการประเมิน ณ ที่ประชุม

3.3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของปัญหาด้วยวิธีการ FMEA

3.3.1.1 จัดตั้งคณะผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวิเคราะห์ FMEA

เนื่องจากการวิเคราะห์ FMEA ไม่สามารถทำคนเดียวได้เพราะมีโอกาสสูงที่รายละเอียดของการวิเคราะห์จะไม่เพียงพอ ดังนั้นการประเมิน FMEA จึงต้องทำร่วมกันหลายฝ่าย โดยจัดตั้งบุคลากรจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อทำการวิเคราะห์และกำหนดเกณฑ์ในการประเมินร่วมกัน ซึ่งสมาชิกที่สามารถเข้าร่วมการประเมิน FMEA ได้จะต้องมีประสบการณ์ทำงานอย่างน้อย 2 ปีและผ่านการอบรมทักษะการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยหลักการ FMEA ก่อนจึงจะสามารถเข้าร่วมการประเมินได้โดยสมาชิกมีดังนี้

1) วิศวกรฝ่ายผลิต 2 คน

2) วิศวกรฝ่ายปรับปรุงกระบวนการผลิต 2 คน

3) วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ 2 คน

4) วิศวกรฝ่ายซ่อมบำรุง 1 คน

5) หัวหน้างานฝ่ายผลิต 1 คน

3.3.1.2 ตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการผลิต ก่อนเริ่มการวิเคราะห์คณะผู้เชี่ยวชาญด้าน FMEA จะต้องรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการ ผลิตหรือข้อกำหนดต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ให้เรียบร้อยก่อนเท่าที่สามารถหาได้

3.3.1.3 กำหนดหัวข้อของลักษณะความบกพร่อง กำหนดหัวข้อของลักษณะความบกพร่องให้ชัดเจนเพื่อไม่ให้การประเมินออกนอกแนวทางการ วิเคราะห์

3.3.1.4 จัดทำเกณฑ์สำหรับประเมินระดับความรุนแรง ความถี่หรือโอกาสของการเกิดข้อบกพร่องและระดับความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องดังตารางที่ 3-3 ตารางที่ 3-4 และตารางที่ 3-5 คณะผู้เชี่ยวชาญด้าน FMEA ร่วมกันจัดทำเกณฑ์สำหรับใช้ประเมินโดยต้องคำนึงถึงผลิตภัณฑ์ พนักงาน เครื่องจักรและผู้ป่วยที่จะต้องใช้ผลิตภัณฑ์เป็นหลัก

3.3.1.5 ระบุผลกระทบของแต่ละหัวข้อความบกพร่อง คณะผู้เชี่ยวชาญด้าน FMEA ร่วมกันประเมินผลกระทบของหัวข้อความบกพร่องที่ส่งผลกระทบต่อ ผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต เครื่องจักรและพนักงาน

3.3.1.6 ระบุสาเหตุของแต่ละหัวข้อความบกพร่อง คณะผู้เชี่ยวชาญด้าน FMEA ร่วมกันวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่องที่กำหนดไว้ว่าอาจจะเกิดจาก อะไร

3.3.1.7 ประเมินระดับความรุนแรง โอกาสในการเกิดและความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง คณะผู้เชี่ยวชาญด้าน FMEA ร่วมกันประเมินระดับความรุนแรง โอกาสในการเกิดและ ความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง โดยให้คะแนนความเสี่ยงตามตารางการประเมินของแต่ละหัวข้อ

3.3.1.8 คำนวณค่าตัวเลขดัชนีความเสี่ยงชี้นำ RPN คณะผู้เชี่ยวชาญด้าน FMEA นำตัวเลขที่ได้จากการประเมินมาหาค่า RPN เพื่อกำหนดหัวข้อสาเหตุ ของปัญหาที่จะดำเนินการแก้ไข

3.3.1.9 ทำการปรับปรุงแก้ไขความบกพร่อง คณะผู้เชี่ยวชาญด้าน FMEA กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาของแต่ละหัวข้อความบกพร่อง จากนั้นกำหนดผู้รับผิดชอบในการดำเนินการแก้ปัญหาต่างๆตามคำแนะที่ได้จากการวิเคราะห์ FMEA

3.3.1.10 รายงานสรุปผล คณะผู้เชี่ยวชาญด้าน FMEA รายงานผลการประเมินข้อบกพร่องและผลกระทบแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องรวม ไปถึงแผนการดำเนินงานแก้ไขปัญหา

ตารางที่ 3-3 เกณฑ์การประเมินระดับความรุนแรงของผลจากข้อบกพร่อง (Severity)

ผลกระทบ	ความรุนแรงของผลกระทบ	คะแนน
อันตรายร้ายแรงโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	ความล้มเหลวที่มีโอกาสเกิดขึ้นโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า และมีผลกระทบรุนแรงต่อผลิตภัณฑ์ พนักงาน เครื่องจักรและผู้ป่วย (มีโอกาสเสียชีวิต)	10
อันตรายร้ายแรงโดยมีการเตือนล่วงหน้า	ความล้มเหลวที่มีโอกาสเกิดขึ้นโดยมีการเตือนล่วงหน้า และอาจมีผลกระทบรุนแรงต่อผลิตภัณฑ์ พนักงาน เครื่องจักรและผู้ป่วย (มีโอกาสเสียชีวิต)	9
อันตรายสูงมากโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	ความล้มเหลวที่มีโอกาสเกิดขึ้นโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า และมีผลกระทบรุนแรงต่อผลิตภัณฑ์ พนักงาน เครื่องจักรและผู้ป่วย (ไม่ถึงขั้นเสียชีวิต)	8
อันตรายสูงมากโดยมีการเตือนล่วงหน้า	ความล้มเหลวที่มีโอกาสเกิดขึ้นโดยมีการเตือนล่วงหน้า และมีผลกระทบรุนแรงต่อผลิตภัณฑ์ พนักงาน เครื่องจักรและผู้ป่วย (ไม่ถึงขั้นเสียชีวิต)	7
ปานกลาง	ความล้มเหลวที่มีโอกาสเกิดขึ้นโดยผู้รักษาไม่สามารถรู้สึกได้แต่มีผลกระทบต่ออาการป่วยของคนไข้เล็กน้อย	6
ต่ำ	ความล้มเหลวที่มีโอกาสเกิดขึ้นมีผลกระทบเล็กน้อยต่อผู้ป่วย	5
ต่ำมาก	ความล้มเหลวที่มีโอกาสเกิดขึ้นมีผลกระทบต่อการรักษา ทำให้การรักษาใช้ระยะเวลานานขึ้น	4
เล็กน้อย	ความล้มเหลวที่มีโอกาสเกิดขึ้นทำให้ผู้รักษาสังเกตเห็นขณะรักษาแต่ไม่ส่งผลต่อผู้ป่วย	3
เล็กน้อยมาก	ความล้มเหลวที่มีโอกาสเกิดขึ้นทำให้ผู้รักษาสังเกตเห็นก่อนเริ่มการรักษาแต่ไม่ส่งผลต่อผู้ป่วย	2
ไม่มีเลย	ไม่มีผลกระทบที่ลูกค้าหรือผู้รักษาสังเกตเห็น	1

ตารางที่ 3-4 เกณฑ์การประเมินระดับความถี่หรือโอกาสของการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence)

ความน่าจะเป็นในการเกิดความล้มเหลว	**อัตราความล้มเหลวที่มีโอกาสเกิดขึ้น**	**คะแนน**
สูงมาก เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง	ตั้งแต่ 10% ขึ้นไป	10
	ตั้งแต่ 5% ขึ้นไป แต่น้อยกว่า 10%	9
สูงเกิดขึ้นถี่	ตั้งแต่ 2% ขึ้นไป แต่น้อยกว่า 5%	8
	ตั้งแต่ 1% ขึ้นไป แต่น้อยกว่า 2%	7
ปานกลาง เกิดขึ้นเป็นบางครั้งคราว	ตั้งแต่ 0.5% ขึ้นไป แต่น้อยกว่า 1%	6
	ตั้งแต่ 0.2% ขึ้นไป แต่น้อยกว่า 0.5%	5
	ตั้งแต่ 0.1% ขึ้นไป แต่น้อยกว่า 0.2%	4
ต่ำ เกิดขึ้นน้อยมาก	ตั้งแต่ 0.05% ขึ้นไป แต่น้อยกว่า 0.1%	3
	ตั้งแต่ 0.01% ขึ้นไป แต่น้อยกว่า 0.05%	2
ต่ำมาก แทบไม่เกิด	น้อยกว่า 0.01%	1

ตารางที่ 3-5 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง (Detection)

ความสามารถในการตรวจจับ	**วิธีการตรวจจับ**	**คะแนน**
แทบจะเป็นไปไม่ได้เลย	ไม่มีการตรวจจับ	10
เป็นไปได้ยากมาก	การควบคุมเป็นการตรวจสอบทางอ้อมหรือเป็นการสุ่มตรวจสอบ	9
เป็นไปได้ยาก	การควบคุมเป็นการตรวจสอบด้วยสายตาเท่านั้น	8
ต่ำมาก	การควบคุมเป็นการตรวจสอบด้วยสายตาแบบ Double Check	7
ต่ำ	การควบคุมเป็นการตรวจสอบด้วยสายตาที่สามารถตรวจสอบได้ง่าย เห็นได้ชัด	6
ปานกลาง	การควบคุมเป็นการตรวจสอบด้วยการวัดค่า ใช้ Gauge หรือมี Limit Sample	5
ค่อนข้างสูง	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและมีการตรวจสอบชิ้นงานช่วงแรกของการผลิต	4
สูง	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3
สูงมาก	มีการตรวจจับได้ระหว่างกระบวนการโดยการวัดค่าหรือการชั่งตวง	2
	ไม่มีการผลิตของเสียเลย	1

3.3.2 ตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (RPN)

ตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) คือผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินความรุนแรง ปัญหา โอกาสในการเกิดข้อบกพร่องและความสามารถในการตรวจจับ ซึ่งเป็นตัวเลขที่ใช้ในการจัดลำดับ ความสำคัญในการแก้ปัญหา โดยค่า RPN สามารถคำนวณได้จากสมการ

RPN = Severity x Occurrence x Detection

เมื่อ S หมายถึง ระดับความรุนแรงของผลจากข้อบกพร่อง (Severity)

O หมายถึง ระดับความถี่หรือโอกาสของการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence)

D หมายถึง ระดับความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง (Detection)

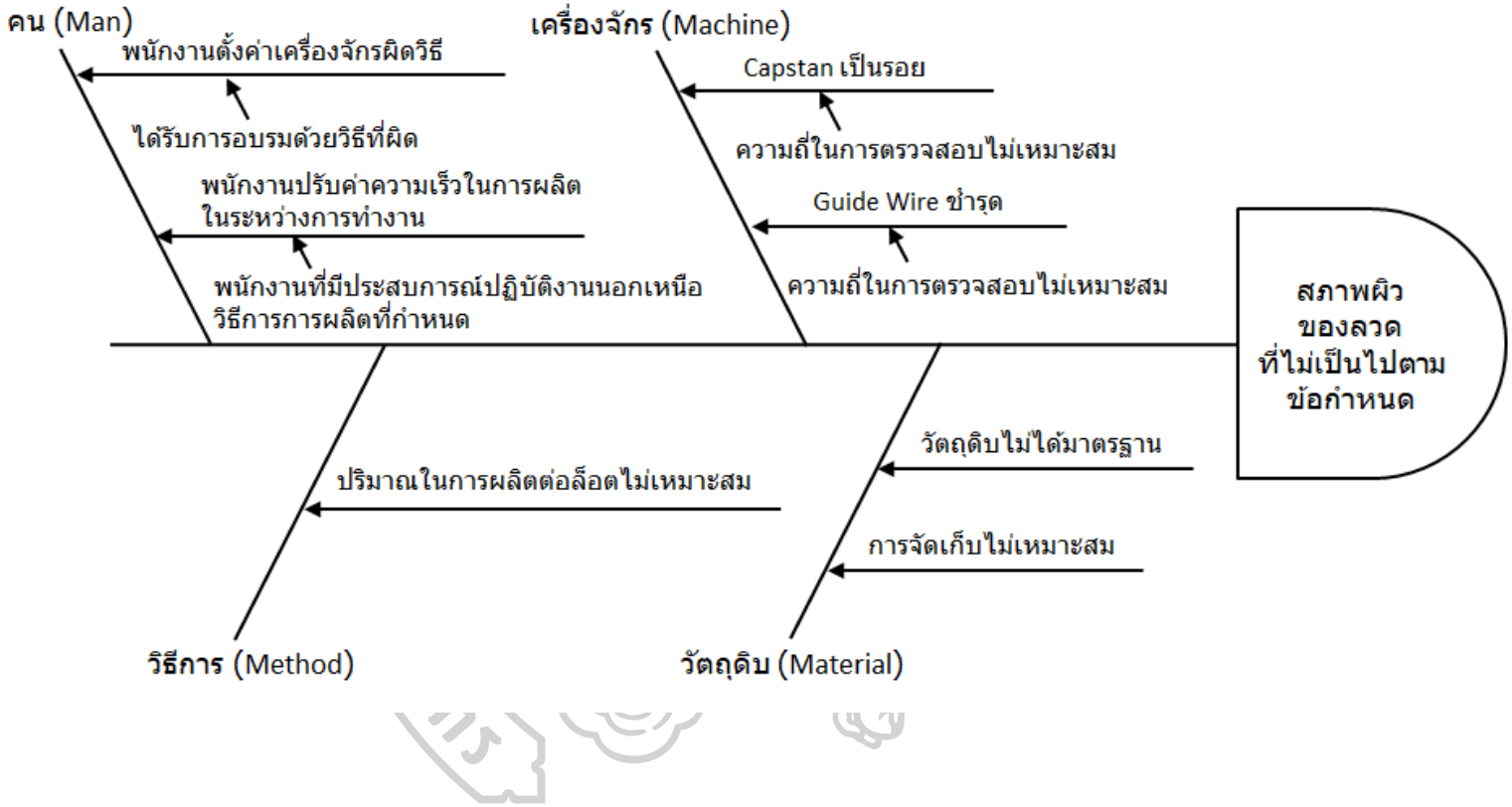
ในกรณีที่ค่า RPN มีค่ามากกว่า 100 จากการประเมินโดยคณะผู้เชี่ยวชาญ FMEA มีข้อสรุปตรงกันว่า จำเป็นต้องทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดโอกาสในการเกิดของข้อบกพร่อง โดยเทคนิคส่วนใหญ่จะเป็นการเพิ่มมาตรการในการตรวจจับหรือหาวิธีการป้องกันก่อนจะเกิดปัญหา จากนั้นจะมีการประเมินความเสี่ยงหาค่า RPN อีกครั้ง เพื่อตรวจสอบค่าความเสี่ยงที่หลงเหลืออยู่หากกรณีที่ข้อบกพร่องดังกล่าวมีค่า RPN ไม่ถึง 100 จะไม่นำมาดำเนินการแก้ไขปัญหาเพราะถือว่าความเสี่ยงน้อยและการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ควรเริ่มปรับปรุงหัวข้อที่มีค่า RPN สูงสุดก่อน

3.3.3 การให้คะแนนในการประเมิน FMEA

ระดับความรุนแรงของผลจากข้อบกพร่อง (Severity) จะให้คะแนนจากตารางแสดงเกณฑ์การประเมินระดับความรุนแรงของผลจากข้อบกพร่อง โดยทีม FMEA วิเคราะห์ร่วมกันในที่ประชุม ซึ่งระดับความรุนแรงของผลกระทบในแต่ละหัวข้อจะชัดเจนว่าความรุนแรงในระดับไหนจะส่งผลกระทบอย่างไร ซึ่งโดยปกติคะแนนการประเมินของผู้ประเมินจะเท่ากัน ในกรณีที่คะแนนการประเมินของผู้ประเมินต่างกันคะแนนการประเมินจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยหากตัวเลขที่หาค่าเฉลี่ยไม่ลงตัวให้ปัดเศษขึ้นเป็นจำนวนเต็มและใช้คะแนนนั้นคำนวณค่า RPN ต่อไป โดยอ้างอิงจากเกณฑ์การประเมินเดียวกัน ซึ่งระดับความรุนแรงที่ประเมินต้องชัดเจน

ระดับความถี่หรือโอกาสของการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence) จะให้คะแนนจากตารางแสดง เกณฑ์การประเมินระดับความถี่หรือโอกาสของการเกิดข้อบกพร่องโดยวิศวกรฝ่ายผลิตเป็นฝ่ายให้คะแนน เนื่องจากเป็นผู้มีประสบการณ์และใกล้ชิดกับงานด้านการผลิตมากที่สุด

ระดับความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง (Detection) จะให้คะแนนจากตารางแสดงเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง(ตารางที่ 3-5) โดยทีม FMEA วิเคราะห์ร่วมกันในที่ประชุม ซึ่งระดับความรุนแรงของผลกระทบจะได้ผลการประเมินเท่ากันทุกคนเพราะอ้างอิงจากเกณฑ์การประเมินเดียวกัน



ภาพที่ 3-4 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุของสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

หลังจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาของสาเหตุของสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดดังภาพที่ 3-4 แล้ว ทีม FMEA จะนำหัวข้อสาเหตุที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ FMEA ต่อไปโดยหัวข้อที่จะนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุของสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 ตารางแสดงปัจจัยด้านต่างๆที่ส่งผลต่อปัญหาสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

ปัจจัยด้านต่างๆ ที่ส่งผลต่อปัญหาสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด			
คน (Man)	เครื่องจักร (Machine)	วัตถุดิบ (Material)	วิธีการ (Method)
พนักงานใหม่ได้รับการอบรมด้วยวิธีการที่ผิด	Capstan เป็นรอย	สภาพผิวของวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐาน	ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม
พนักงานปรับค่าความเร็วในการผลิตในระหว่างการทำงาน	Guide Wire ชำรุด	พื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบไม่เหมาะสม	

เมื่อได้สาเหตุที่อาจส่งผลให้เกิดปัญหาสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ทีม FMEA จึงได้ประชุมร่วมกันอีกครั้งเพื่อร่วมกันประเมินค่าความเสี่ยง RPN ดังตารางที่ 3-6 และสรุปผลการประเมินค่า RPN และแนวทางการแก้ไขสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ดังตารางที่ 3-7

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 3-7 การประเมิน FMEA สภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง

กระบวนการผลิต	ความต้องการของลูกค้า	ลักษณะของข้อบกพร่อง	ผลกระทบของความล้มเหลว	ความรุนแรง (S)	สาเหตุของข้อบกพร่อง	มาตรการในการป้องกัน	ความถี่ (O)	มาตรการในการตรวจจับก่อนถึงลูกค้า	การตรวจจับ (D)	ค่าความเสี่ยง (RPN)	ข้อแนะนำในการแก้ไข	ผลที่ได้หลังการปรับปรุง					
												การปรับปรุงจากข้อแนะนำ	ความเสี่ยงที่เหลืออยู่				การตัดสิน (ยอมรับหรือไม่)
													S	O	D	RPN	
กระบวนการรีดลวด	ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อตกลงที่ลูกค้ากำหนด	สภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	ลูกค้าไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เนื่องจากสภาพผิวของเส้นลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยโดยตรงหากมีการนำไปใช้งาน	7	พนักงานใหม่ได้รับการอบรมด้วยวิธีการที่ผิด	มีการอบรมหนักงานใหม่โดยหัวหน้างาน (Foreman)	5	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	105	อบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน	-	-	-	-	-	-
				7	พนักงานปรับค่าความเร็วในการผลิตในระหว่างการทำงาน	มีการอบรมหนักงานใหม่โดยหัวหน้างาน (Foreman)	6	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	126	อบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน	-	-	-	-	-	-
				7	Capstan เป็นรอย	ตรวจสอบความสามารถและซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	8	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	168	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ Capstan ประจำวัน	-	-	-	-	-	-
				7	Guide Wire ชำรุด	ตรวจสอบความสามารถและซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	9	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	189	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ Guide Wire ประจำวัน	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3-7 การประเมิน FMEA สภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

กระบวนการผลิต	ความต้องการของลูกค้า	ลักษณะของข้อบกพร่อง	ผลกระทบของความล้มเหลว	ความรุนแรง (S)	สาเหตุของข้อบกพร่อง	มาตรการในการป้องกัน	ความถี่ (O)	มาตรการในการตรวจจับก่อนถึงลูกค้า	การตรวจจับ (D)	ค่าความเสี่ยง (RPN)	ข้อแนะนำในการแก้ไข	ผลที่ได้หลังการปรับปรุง					
												การปรับปรุงจากข้อแนะนำ	ความเสี่ยงที่เหลืออยู่				การตัดสิน (ยอมรับหรือไม่)
													S	O	D	RPN	
กระบวนการรีดลวด	ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อตกลงที่ลูกค้ากำหนด	สภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	ลูกค้าไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เนื่องจากสภาพผิวของเส้นลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยโดยตรงหากมีการนำไปใช้งาน	7	สภาพผิวของวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐาน	มีการตรวจสอบสภาพผิวของวัตถุดิบในขั้นตอนการรับเข้าวัตถุดิบ	4	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	84	-	-	-	-	-	-	-
				7	พื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบไม่เหมาะสม	มีมาตรฐานในการควบคุมอุณภูมิและความชื้นของพื้นที่จัดเก็บวัตถุดิบ	3	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	63	-	-	-	-	-	-	-
				7	ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม	มีมาตรฐานการควบคุมปริมาณในการผลิตต่อล็อคของแต่ละผลิตภัณฑ์	4	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	84	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3-8 สรุปผลการประเมินค่า RPN และแนวทางการแก้ไขสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

ปัญหาที่พบ	สาเหตุของปัญหา	RPN	แนวทางการแก้ไข
ปัญหาสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	1. พนักงานใหม่ได้รับการอบรมด้วยวิธีการที่ผิด	105	อบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน
	2. พนักงานปรับค่าความเร็วในการผลิตในระหว่างการทำงาน	126	อบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน
	3. Capstan เป็นรอย	168	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ Capstan ประจำวัน
	4. Guide Wire ชำรุด	189	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ Guide Wire ประจำวัน
	5. สภาพผิวของวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐาน	84	ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไข เนื่องจากมีการตรวจสภาพของวัตถุดิบในขั้นตอนการรับเข้าและมีการตรวจสอบคุณภาพหลังกระบวนการผลิต
	6. พื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบไม่เหมาะสม	63	ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไข เนื่องจากมีมาตรฐานในการควบคุมพื้นที่จัดเก็บที่เหมาะสม
	7. ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม	84	ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไข เนื่องจากมีมาตรฐานการควบคุมปริมาณในการผลิตต่อล็อคของแต่ละผลิตภัณฑ์และมีการตรวจสอบหลังกระบวนการผลิต

ผลที่ได้จากการประเมิน FMEA หัวข้อสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุงจากตารางที่ 3-8 พบว่า สาเหตุของข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 100 มีทั้งหมด 4 หัวข้อ ดังรายละเอียดดังนี้

1. พนักงานใหม่ได้รับการอบรมด้วยวิธีการที่ผิด

พนักงานใหม่ได้รับการอบรมด้วยวิธีการที่ผิดมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 105 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากพนักงานใหม่ยังไม่มีทักษะในการทำงานและถูกสอนโดยหัวหน้างานและพนักงานที่ทำงานมาก่อน ซึ่งจะต้องมีการแก้ไขด้วยการอบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน

2. พนักงานปรับค่าความเร็วในการผลิตในระหว่างการทำงาน

พนักงานปรับค่าความเร็วในการผลิตในระหว่างการทำงานมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 126 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากพนักงานปรับค่าความเร็วในการผลิตในระหว่างการทำงาน กล่าวคือ ค่าความเร็วของเครื่องจักรจะต้องถูกตั้งค่าไว้ก่อนที่เครื่องจักรจะดำเนินการผลิต หากมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วในระหว่างการผลิตจะทำให้สภาพผิวของเส้นลวดไม่เรียบและไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจะต้องมีการแก้ไขด้วยการอบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน

3. Capstan เป็นรอย

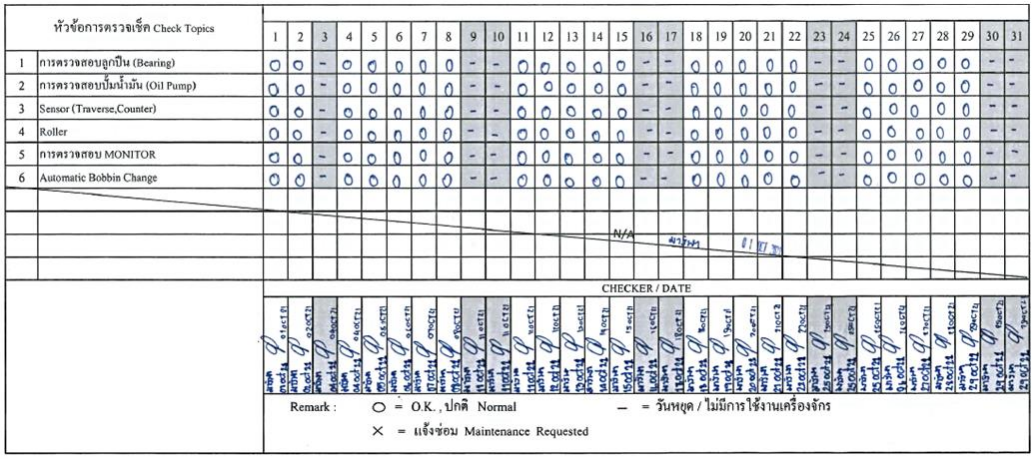
Capstan เป็นรอยมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 168 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากเครื่องจักรมีการผลิตตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลทำให้ Capstan ค่อยๆ สึกจนเป็นรอยแผลดังภาพที่ 3-5 จึงส่งผลให้สภาพของเส้นลวดเกิดเป็นรอยแผลตามไปด้วย ปัจจุบัน Capstan ถูกกำหนดให้มีการตรวจสอบสภาพและซ่อมบำรุง 1 ครั้งต่อปีเท่านั้น ซึ่งทางทีม FMEA ประเมินว่าระยะเวลาในการตรวจสอบสภาพของ Capstan ยังไม่มีความเหมาะสม จะต้องมีการแก้ไขปรับปรุงโดยเพิ่มหัวข้อการตรวจสอบสภาพของ Capstan ลงในเอกสารบันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนปฏิบัติงานและจัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ

ภาพที่ 3-5 ลักษณะ Capstan เป็นรอย

4. Guide Wire ชำรุด

Guide Wire ชำรุดมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 189 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากเครื่องจักรมีการผลิตตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลทำให้ Guide Wire ค่อยๆ สึกดังภาพที่ 3-6 จึงส่งผลให้สภาพของเส้นลวดเกิดเป็นรอยแผลตามไปด้วย ปัจจุบัน Guide Wire ถูกกำหนดให้มีการตรวจสอบสภาพและซ่อมบำรุง 1 ครั้งต่อปีเท่านั้นเช่นเดียวกันกับ Capstan ซึ่งทางทีม FMEA ประเมินว่าระยะเวลาในการตรวจสอบสภาพของ Guide Wire ยังไม่มีความเหมาะสม จะต้องมีการแก้ไขปรับปรุงโดยเพิ่มหัวข้อการตรวจสอบสภาพของ Guide Wire ลงในเอกสารบันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนปฏิบัติงานและจัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ

ภาพที่ 3-6 ลักษณะ Guide Wire ชำรุด



ภาพที่ 3-7 บันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนปฏิบัติงาน

ผลที่ได้จากการประเมิน FMEA หัวข้อสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุงดังตารางที่ 3-8 พบว่าสาเหตุของข้อบกพร่องที่มีค่า RPN น้อยกว่า 100 มีทั้งหมด 3 หัวข้อ มีรายละเอียดดังนี้

1.สภาพผิวของวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐาน

สภาพผิวของวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐานมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 84 ซึ่งน้อยกว่า 100 เนื่องจากในขั้นตอนการรับเข้าทางฝ่ายตรวจสอบคุณภาพจะเป็นผู้ตรวจสอบวัตถุดิบว่ามีคุณสมบัติตามที่กำหนดหรือไม่ หากพบว่าวัตถุดิบมีมาตรฐานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดทางฝ่ายตรวจสอบคุณภาพจะบ่งชี้ด้วยสัญลักษณ์ “Good” ติดที่วัตถุดิบเพื่อให้ฝ่ายผลิตสามารถสังเกตได้ง่ายก่อนนำวัตถุดิบไปใช้งานดังภาพที่ 3-8 หากพบว่าวัตถุดิบไม่เป็นไปตามเงื่อนที่กำหนด ทางฝ่ายตรวจสอบคุณภาพจะทำเอกสารยื่นเรื่องไปยังผู้ขายวัตถุดิบ (Supplier) เพื่อขอนุมัติส่งวัตถุดิบคืนกลับทันที ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขในหัวข้อสาเหตุของความบกพร่องนี้ หลังจากทางฝ่ายผลิตนำวัตถุดิบมาใช้งาน ฝ่ายผลิตจะทำการตรวจสอบสภาพผิวลวดภายในกระบวนการทุกครั้งก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะถูกส่งตรวจสอบโดยฝ่ายตรวจสอบคุณภาพและถูกส่งออกไปยังแผนกถัดไปตามลำดับ

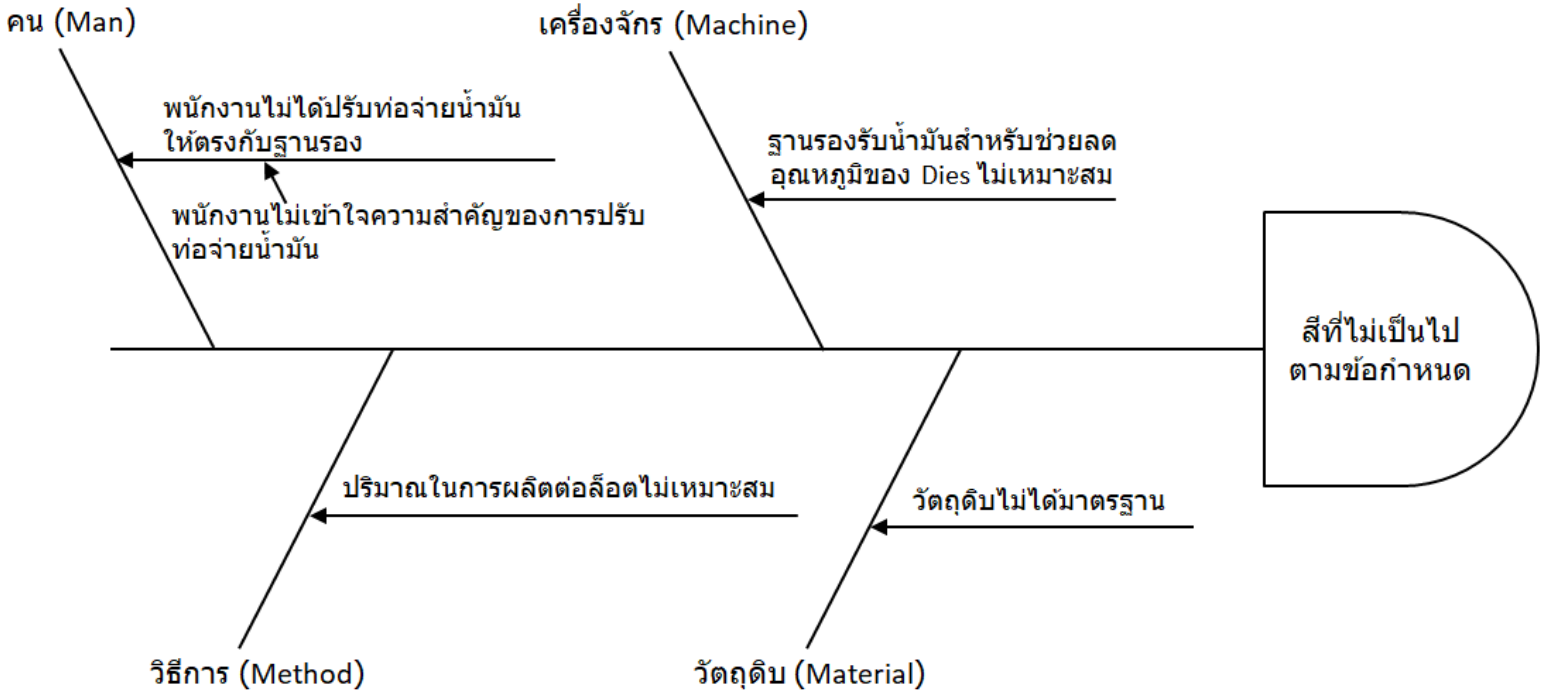
2. พื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบไม่เหมาะสม

พื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบไม่เหมาะสมมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 63 ซึ่งน้อยกว่า 100 เนื่องจากพื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบมีการควบคุมให้เป็นไปตามมาตรฐาน กล่าวคือภายในพื้นที่จัดเก็บวัตถุดิบจะต้องไม่มีสิ่งแปลกปลอมและภายในห้องจะต้องมีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดดังภาพที่ 3-8 ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขในหัวข้อสาเหตุของความบกพร่องนี้

ภาพที่ 3-8 พื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบ

3. ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม

ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสมมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 84 ซึ่งน้อยกว่า 100 เนื่องจากปริมาณในการผลิตที่เหมาะสมของแต่ละผลิตภัณฑ์นี้เกิดขึ้นจากการวิจัยของฝ่ายพัฒนาและมีการกำหนดเป็นมาตรฐานอย่างชัดเจนและผลิตภัณฑ์มีการตรวจสอบ 100% ก่อนส่ง ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขในหัวข้อสาเหตุของความบกพร่องนี้



ภาพที่ 3-9 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุของสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

หลังจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาของสาเหตุของสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดดังภาพที่ 3-9 แล้ว ทีม FMEA จะนำหัวข้อสาเหตุที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ FMEA ต่อไปโดยหัวข้อที่จะนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุของสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดดังตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9 ตารางแสดงปัจจัยด้านต่างๆที่ส่งผลต่อปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

ปัจจัยด้านต่างๆ ที่ส่งผลต่อปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด			
คน (Man)	เครื่องจักร (Machine)	วัตถุดิบ (Material)	วิธีการ (Method)
พนักงานไม่ได้ปรับท่อจ่ายน้ำมันให้ตรงกับฐานรอง	ฐานรองรับน้ำมันสำหรับช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ไม่เหมาะสม	วัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน	ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม

เมื่อได้สาเหตุที่อาจส่งผลให้เกิดปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ทีม FMEA จึงได้ประชุมร่วมกันอีกครั้งเพื่อร่วมกันประเมินค่าความเสี่ยง RPN ดังตารางที่ 3-10 และสรุปผลการประเมินค่า RPN และแนวทางการแก้ไขสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ดังตารางที่ 3-11

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 3-10 การประเมิน FMEA ปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง

กระบวนการผลิต	ความต้องการของลูกค้า	ลักษณะของข้อบกพร่อง	ผลกระทบของความล้มเหลว	ความรุนแรง (S)	สาเหตุของข้อบกพร่อง	มาตรการในการป้องกัน	ความเกิด (O)	มาตรการในการตรวจจับก่อนถึงลูกค้า	การตรวจจับ (D)	ค่าความเสี่ยง (RPN)	ข้อแนะนำในการแก้ไข	ผลที่ได้หลังการปรับปรุง					
												การปรับปรุงจากข้อแนะนำ	ความเสี่ยงที่เหลืออยู่				การตัดสิน (ยอมรับหรือไม่)
													S	O	D	RPN	
กระบวนการรีดลวด	ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อตกลงที่ลูกค้ากำหนด	สีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	ลูกค้าไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เนื่องจากสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ส่งผลให้ลูกค้าใช้งานผลิตภัณฑ์ลำบากยิ่งขึ้น และอาจส่งผลกระทบต่อผู้ป่วย	5	พนักงานไม่ได้ปรับท่อจ่ายน้ำมันให้ตรงกับฐานรอง	มีการอบรมขั้นตอนการปฏิบัติงานรีดลวดแก่พนักงานประจำปี	8	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	120	อบรมเกี่ยวกับความสำคัญของท่อจ่ายน้ำมันให้แก่พนักงาน	-	-	-	-	-	-
				5	ฐานรองรับน้ำมันสำหรับช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ไม่เหมาะสม	-	9	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	135	ออกแบบฐานรองรับน้ำมันใหม่เพื่อช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ได้มากขึ้น	-	-	-	-	-	-
				5	สีผิวของวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐาน	มีการตรวจสอบสีผิวของวัตถุดิบในขั้นตอนการรับเข้าวัตถุดิบ	3	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	45	-	-	-	-	-	-	-
				5	ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม	มีมาตรฐานการควบคุมปริมาณในการผลิตต่อล็อตของแต่ละผลิตภัณฑ์	4	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	60	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3-11 สรุปผลการประเมินค่า RPN และแนวทางการแก้ไขปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง

ปัญหาที่พบ	สาเหตุของปัญหา	RPN	แนวทางการแก้ไข
ปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	พนักงานไม่ได้ปรับท่อจ่ายน้ำมันให้ตรงกับฐานรอง	120	อบรมเกี่ยวกับความสำคัญของท่อจ่ายน้ำมันให้แก่พนักงาน
	ฐานรองรับน้ำมันสำหรับช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ไม่เหมาะสม	135	ออกแบบฐานรองรับน้ำมันใหม่เพื่อช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ได้ดียิ่งขึ้น
	สีผิวของวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐาน	45	ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขเนื่องจากมีการตรวจสภาพของวัตถุดิบในขั้นตอนการรับเข้าและมีการตรวจสอบคุณภาพหลังกระบวนการผลิต
	ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม	60	ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขเนื่องจากมีมาตรฐานการควบคุมปริมาณในการผลิตต่อล็อคของแต่ละผลิตภัณฑ์และมีการตรวจสอบหลังกระบวนการผลิต

ผลที่ได้จากการประเมิน FMEA หัวข้อปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง จากตารางที่ 3-11 พบว่าสาเหตุของข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 100 มีทั้งหมด 2 หัวข้อ ดังรายละเอียดดังนี้

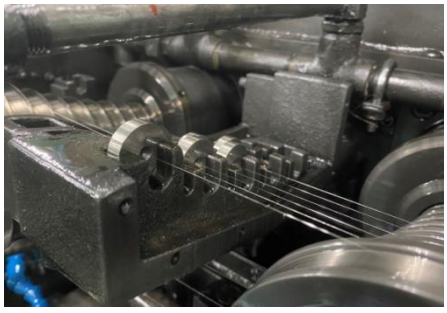
1. พนักงานไม่ได้ปรับท่อจ่ายน้ำมันให้ตรงกับฐานรอง

พนักงานลืมปรับสายท่อจ่ายน้ำมันก่อนเริ่มผลิตดังภาพที่ 3-10 มีผลการประเมินค่า RPN ที่ 120 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากพนักงานยังไม่เข้าใจถึงหลักการทำงานและความสำคัญของการใช้ท่อจ่ายน้ำมันที่ถูกต้อง ซึ่งจะต้องมีการแก้ไขด้วยการอบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน

ภาพที่ 3-10 ลักษณะการปรับสายท่อจ่ายน้ำมัน

2. ฐานรองรับน้ำมันสำหรับช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ไม่เหมาะสม

ฐานรองรับน้ำมันสำหรับช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ไม่เหมาะสมดังภาพที่ 3-11 มีผลการประเมินค่า RPN ที่ 135 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากน้ำมันมีหน้าที่ช่วยลดอุณหภูมิของ Dies แต่ฐานรองรับน้ำมันไม่สามารถชะลอการไหลของน้ำมันได้ ทำให้ Dies มีอุณหภูมิที่ไม่สเถียรและเกิดความเสียหายต่อ Dies ได้ง่าย เมื่อ Dies ได้รับความเสียหายจะทำให้ลวดเกิดการเปลี่ยนสีและคุณสมบัติทางด้านสีไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ซึ่งจะต้องมีการแก้ไขโดยการออกแบบฐานรองรับน้ำมันใหม่ให้สามารถควบคุมอุณหภูมิของ Dies ให้สเถียรยิ่งขึ้น



ภาพที่ 3-11 ฐานรองรับน้ำมัน (ก่อนปรับปรุง)

ผลที่ได้จากการประเมิน FMEA หัวข้อสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุงจากตารางที่ 3-11 พบว่าสาเหตุของข้อบกพร่องที่มีค่า RPN น้อยกว่า 100 มีทั้งหมด 2 หัวข้อ มีรายละเอียดดังนี้

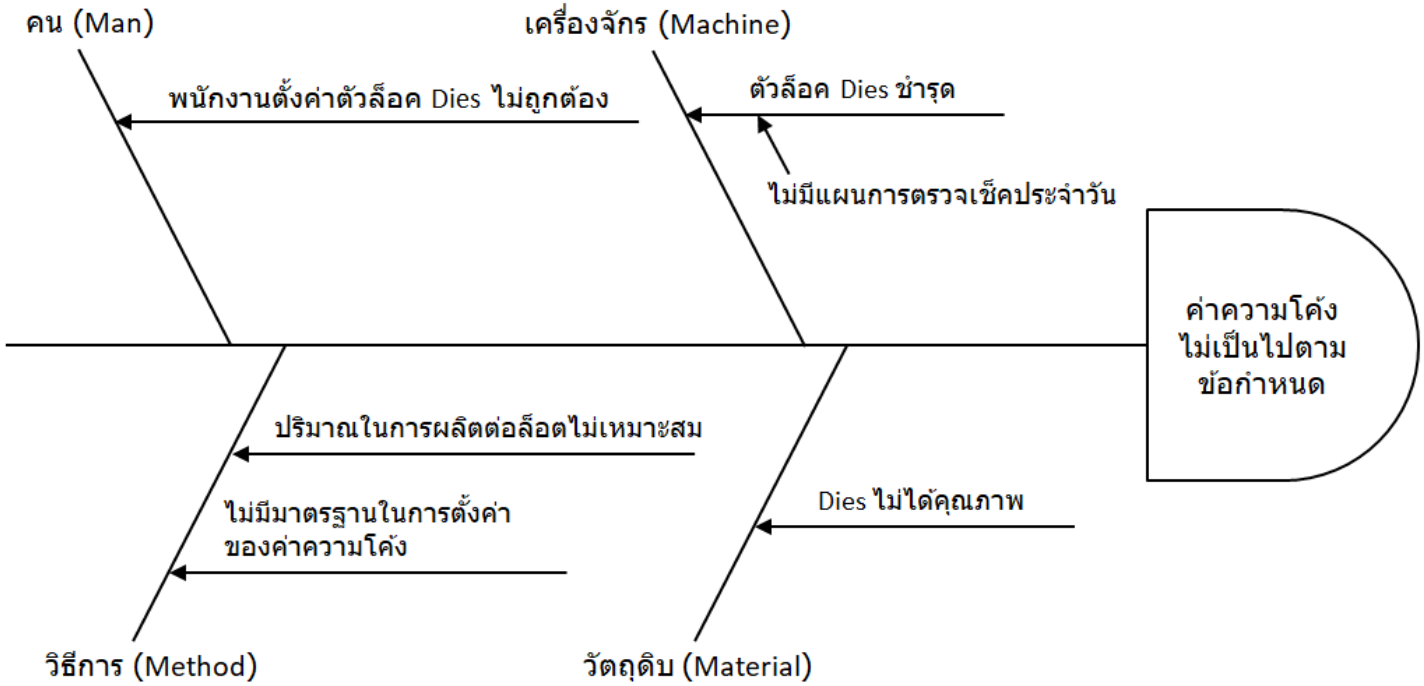
1. สีผิวของวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐาน

สีผิวของวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐานมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 45 ซึ่งน้อยกว่า 100 เนื่องจากในขั้นตอนการรับเข้าทางฝ่ายตรวจสอบคุณภาพจะเป็นผู้ตรวจสอบวัตถุดิบว่ามีคุณสมบัติตามที่กำหนดหรือไม่ หากพบว่าวัตถุดิบมีมาตรฐานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดทางฝ่ายตรวจสอบคุณภาพจะบ่งชี้ด้วยสัญลักษณ์ “Good” ติดที่วัตถุดิบเพื่อให้ฝ่ายผลิตสามารถสังเกตได้ง่ายก่อนนำไปวัตถุดิบไปใช้งาน หากพบว่าวัตถุดิบไม่เป็นไปตามเงื่อนที่กำหนด ทางฝ่ายตรวจสอบคุณภาพจะทำเอกสารยื่นเรื่องไปยังผู้ขายวัตถุดิบ (Supplier) เพื่อขอนุมัติส่งวัตถุดิบคืนกลับทันที ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขในหัวข้อสาเหตุของความบกพร่องนี้

2. ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม

ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสมมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 60 ซึ่งน้อยกว่า 100 เนื่องจากในการผลิตที่เหมาะสมของแต่ละผลิตภัณฑ์นี้เกิดขึ้นจากการวิจัยของฝ่ายพัฒนาและมีการกำหนดเป็นมาตรฐานอย่างชัดเจนและผลิตภัณฑ์มีการตรวจสอบ 100% ก่อนส่ง ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขในหัวข้อสาเหตุของความบกพร่องนี้

มหาวิทยาลัยศิลปากร



ภาพที่ 3-12 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุของค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

หลังจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาของสาเหตุค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดดังภาพที่ 3-11 แล้ว ทีม FMEA จะนำหัวข้อสาเหตุที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ FMEA ต่อไปโดยหัวข้อที่จะนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุของค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ดังตารางที่ 3-12

ตารางที่ 3-12 ตารางแสดงปัจจัยด้านต่างๆที่ส่งผลต่อปัญหาค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

ปัจจัยด้านต่างๆ ที่ส่งผลต่อค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด			
คน (Man)	เครื่องจักร (Machine)	วัตถุดิบ (Material)	วิธีการ (Method)
พนักงานตั้งค่าตัวล็อค Dies ไม่ถูกต้อง	ตัวล็อค Dies ชำรุด	Dies ไม่ได้คุณภาพ	ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าของค่าความโค้ง
			ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม

เมื่อได้สาเหตุที่อาจส่งผลให้เกิดปัญหาของค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ทีม FMEA จึงได้ประชุมร่วมกันอีกครั้งเพื่อร่วมกันประเมินค่าความเสี่ยง RPN ดังตารางที่ 3-13 และสรุปผลการประเมินค่า RPN และแนวทางการแก้ไขสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ดังตารางที่ 3-14

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 3-13 การประเมิน FMEA ปัญหาค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง

กระบวนการผลิต	ความต้องการของลูกค้า	ลักษณะของข้อบกพร่อง	ผลกระทบของความล้มเหลว	ความรุนแรง (S)	สาเหตุของข้อบกพร่อง	มาตรการในการป้องกัน	ความถี่ (O)	มาตรการในการตรวจจับก่อนถึงลูกค้า	การตรวจจับ (D)	ค่าความเสี่ยง (RPN)	ข้อแนะนำในการแก้ไข	ผลที่ได้หลังการปรับปรุง					
												การปรับปรุงจากข้อแนะนำ	ความเสี่ยงที่เหลืออยู่				การตัดสิน (ยอมรับหรือไม่)
													S	O	D	RPN	
กระบวนการรีดลวด	ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อตกลงที่ลูกค้ากำหนด	ค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	ลูกค้าไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เนื่องจากค่าความโค้งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดส่งผลให้ลูกค้าใช้งานผลิตภัณฑ์ลำบากยิ่งขึ้นและอาจส่งผลกระทบต่อผู้ป่วย	7	พนักงานไม่มีความชำนาญในการใช้เครื่องจักร	มีการอบรมหนักงานโดยหัวหน้างาน (Foreman)	5	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	105	อบรมขั้นตอนการใช้เครื่องจักรแก่พนักงาน	-	-	-	-	-	-
				7	ตัวล็อค Dies ชำรุด	-	6	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	126	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบตัวล็อค Dies ประจำวัน	-	-	-	-	-	-
				7	Dies ไม่ได้คุณภาพ	-	1	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	9	63	-	-	-	-	-	-	-
				7	ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าของค่าความโค้ง		7	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	147	จัดทำมาตรฐานในการตั้งค่าความโค้ง	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3-13 การประเมิน FMEA ปัญหาค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

กระบวนการผลิต	ความต้องการของลูกค้า	ลักษณะของข้อบกพร่อง	ผลกระทบของความล้มเหลว	ความรุนแรง (S)	สาเหตุของข้อบกพร่อง	มาตรการในการป้องกัน	ความถี่ (O)	มาตรการในการตรวจจับก่อนถึงลูกค้า	การตรวจจับ (D)	ค่าความเสี่ยง (RPN)	ข้อแนะนำในการแก้ไข	ผลที่ได้หลังการปรับปรุง					
												การปรับปรุงจากข้อแนะนำ	ความเสี่ยงที่เหลืออยู่				การตัดสิน (ยอมรับหรือไม่)
													S	O	D	RPN	
กระบวนการรีดลวด	ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อตกลงที่ลูกค้ากำหนด	ค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	ลูกค้าไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เนื่องจากค่าความโค้งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดส่งผลให้ลูกค้าใช้งานผลิตภัณฑ์ลำบากยิ่งขึ้นและอาจส่งผลกระทบต่อผู้ป่วย	5	ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม	มีมาตรฐานการควบคุมปริมาณในการผลิตต่อล็อตของแต่ละผลิตภัณฑ์	4	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	60	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3-14 สรุปผลการประเมินค่า RPN และแนวทางการแก้ไขปัญหาค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง

ปัญหาที่พบ	สาเหตุของปัญหา	RPN	แนวทางการแก้ไข
ปัญหาค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	พนักงานตั้งค่าตัวล็อค Dies ไม่ถูกต้อง	105	อบรมขั้นตอนการตั้งค่าตัวล็อค Dies ที่ถูกต้องแก่พนักงาน
	ตัวล็อค Dies ชำรุด	126	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบตัวล็อค Dies ประจำวัน
	Dies ไม่ได้คุณภาพ	63	ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไข เนื่องจากมีการตรวจสภาพของ Dies ในขั้นตอนการรับเข้า
	ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าของค่าความโค้ง	147	จัดทำมาตรฐานในการตั้งค่าความโค้ง
	ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม	60	ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไข เนื่องจากมีมาตรฐานการควบคุมปริมาณในการผลิตต่อล็อคของแต่ละผลิตภัณฑ์และมีการตรวจสอบหลังกระบวนการผลิต

ผลที่ได้จากการประเมิน FMEA หัวข้อปัญหาของค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุงจากตารางที่ 3-14 พบว่าสาเหตุของข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 100 มีทั้งหมด 3 หัวข้อ ดังรายละเอียดดังนี้

1. พนักงานตั้งค่าตัวล็อค Dies ไม่ถูกต้อง

พนักงานตั้งค่าตัวล็อค Dies ไม่ถูกต้องมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 105 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากพนักงานมักทำงานด้วยความเคยชินซึ่งถูกสอนโดยหัวหน้างานและพนักงานที่ทำงานมาก่อน ซึ่งจะต้องมีการแก้ไขด้วยการอบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน

2. ตัวล็อค Dies ชำรุด

ตัวล็อค Dies ชำรุดมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 126 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากเครื่องจักรมีการตั้งค่าตัวล็อค Dies ทุกวัน ทำให้ตัวล็อค Dies ค่อยๆ สึกจึงส่งผลให้สภาพของตัวล็อค Dies ชำรุดได้ง่าย ปัจจุบันตัวล็อค Dies ถูกกำหนดให้มีการตรวจสอบสภาพและซ่อมบำรุง 1 ครั้งต่อปีเท่านั้น ซึ่งทางทีม FMEA ประเมินว่าระยะเวลาในการตรวจสอบสภาพของตัวล็อค Dies ยังไม่มีความเหมาะสม

จะต้องมีการแก้ไขปรับปรุงโดยเพิ่มหัวข้อการตรวจสอบสภาพของตัวล็อค Dies ลงในเอกสารบันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนปฏิบัติงานและจัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ

3. ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าของค่าความโค้ง

ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าของค่าความโค้งมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 147 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากพนักงานใหม่ๆ ถูกสอนการตั้งค่าความโค้งโดยหัวหน้างานและพนักงานที่ทำงานมาก่อนเท่านั้น ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าความโค้งที่ถูกต้อง ซึ่งทางทีม FMEA ประเมินว่าหากพนักงานใหม่ๆ ถูกสอนมาแบบที่ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าความโค้งที่ถูกต้องจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มานั้นจะไม่ได้คุณภาพ จะต้องมีการแก้ไขปรับปรุงโดยจัดทำมาตรฐานในการตั้งค่าความโค้งที่ถูกต้องเพื่อใช้ในการอบรมพนักงาน

ผลที่ได้จากการประเมิน FMEA หัวข้อปัญหาของค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุงจากตารางที่ 3-14 พบว่าสาเหตุของข้อบกพร่องที่มีค่า RPN น้อยกว่า 100 มีทั้งหมด 2 หัวข้อ มีรายละเอียดดังนี้

1. Dies ไม่ได้คุณภาพ

Dies ไม่ได้คุณภาพมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 63 ซึ่งน้อยกว่า 100 เนื่องจากในขั้นตอนการรับเข้าทางฝ่ายตรวจสอบคุณภาพจะเป็นผู้ตรวจสอบสภาพของ Dies ว่ามีคุณสมบัติตามที่กำหนดหรือไม่ หากพบว่า Dies มีมาตรฐานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดทางฝ่ายตรวจสอบคุณภาพจะบ่งชี้ด้วยสัญลักษณ์ “Good” ติดที่หน้าซอง Dies เพื่อให้ฝ่ายผลิตสามารถสังเกตได้ง่ายก่อนนำ Dies ไปใช้งาน หากพบว่า Dies ไม่เป็นไปตามเงื่อนที่กำหนด ทางฝ่ายตรวจสอบคุณภาพจะทำเอกสารยื่นเรื่องไปยังผู้ขาย Dies (Supplier) เพื่อขอนุมัติส่งวัตถุดิบคืนกลับทันที ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขในหัวข้อสาเหตุของความบกพร่องนี้

2. ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม

ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสมมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 60 ซึ่งน้อยกว่า 100 เนื่องจากปริมาณในการผลิตที่เหมาะสมของแต่ละผลิตภัณฑ์นี้เกิดขึ้นจากการวิจัยของฝ่ายพัฒนาและมีการกำหนดเป็นมาตรฐานอย่างชัดเจนและผลิตภัณฑ์มีการตรวจสอบ 100% ก่อนส่ง ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขในหัวข้อสาเหตุของความบกพร่องนี้

3.4 สรุปแนวทางการแก้ไขปัญหา

แนวทางการแก้ไขปัญหาหัวข้อของสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดและปัญหาของค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด เป็นแนวทางที่ได้จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เพื่อประเมินสาเหตุที่มีโอกาสส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยมีข้อสรุปแนวทางการแก้ไขปัญหาของแต่ละหัวข้อหลังการประเมิน FMEA ดังแสดงในตารางที่ 3-15

ตารางที่ 3-15 สรุปแนวทางการแก้ไขปัญหาหัวข้อของสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดและปัญหาของค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

ปัญหาที่พบ	สาเหตุของปัญหา	RPN	แนวทางการแก้ไข
ปัญหาสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	1. พนักงานใหม่ได้รับการอบรมด้วยวิธีการที่ผิด	105	อบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน
	2. พนักงานปรับค่าความเร็วในการผลิตในระหว่างการทำงาน	126	อบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน
	3. Capstan เป็นรอย	168	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ Capstan ประจำวัน
	4. Guide Wire ชำรุด	189	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ Guide Wire ประจำวัน
ปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	1. พนักงานไม่ได้ปรับท่อจ่ายน้ำมันให้ตรงกับฐานรอง	120	อบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน
	2. ฐานรองรับน้ำมันสำหรับช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ไม่เหมาะสม	135	ออกแบบฐานรองรับน้ำมันใหม่เพื่อช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ได้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 3 15 สรุปแนวทางการแก้ไขปัญหาหัวข้อของสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดและปัญหาของค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (ต่อ)

ปัญหาที่พบ	สาเหตุของปัญหา	RPN	แนวทางการแก้ไข
ค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง	1. พนักงานตั้งค่าตัวล็อค Dies ไม่ถูกต้อง	105	อบรมขั้นตอนการตั้งค่าตัวล็อค Dies ที่ถูกต้องแก่พนักงาน
	2. ตัวล็อค Dies ชำรุด	126	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบตัวล็อค Dies ประจำวัน
	3. ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าของค่าความโค้ง	147	จัดทำมาตรฐานในการตั้งค่าความโค้ง

3.5 ติดตามผลหลังการปรับปรุง

ติดตามผลหลังการปรับปรุงจะทำโดยการเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงด้วยใบบันทึกการตรวจสอบว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ถ้าผลลัพธ์ออกมาตามเป้าหมายที่กำหนดไว้จึงจะนำไปจัดทำเป็นมาตรฐานสำหรับการปฏิบัติงานต่อไป แต่ถ้าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดจะต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดต่อไปและนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3.6 สรุปวิธีการดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลของปัญหาแลพทการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาและ FMEA ทำให้ทราบถึงแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่พบปัญหาสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดและปัญหาค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง โดยจะนำผลการวิเคราะห์ในบทที่ 3 ไปเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในบทที่ 4 และเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ในบทที่ 1

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยที่ได้กล่าวมาในบทที่ 3 แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัยในขั้นตอนต่างๆ สำหรับในบทนี้จะแสดงถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินงานตามขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย การวิจัยนี้เป็นการลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่เกิดขึ้นในกระบวนการรีดลวด โดยนำแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) มาวิเคราะห์หาสาเหตุต่างๆที่ส่งผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และนำผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลามาทำการวิเคราะห์ลักษณะ3ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) เพื่อประเมินปัญหาที่มีโอกาสเกิดความแรนแรงที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

4.1 การแก้ไขสาเหตุของปัญหา

หลังจากที่ได้มีการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยผังก้างปลาและวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องของผลกระทบด้วย FMEA แล้วจึงต้องมีการปรับปรุงเพื่อแก้ไขปัญหาตามคำแนะนำจากการประเมิน FMEA ซึ่งจะทำการแก้ไขเฉพาะปัญหาที่มีค่า RPN มากกว่า 100 โดยรายละเอียดการปรับปรุงมีดังนี้

4.1.1 การแก้ไขสาเหตุปัญหาสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

4.1.1.1 พนักงานใหม่ได้รับการอบรมด้วยวิธีการที่ผิด

พนักงานใหม่ได้รับการอบรมด้วยวิธีการที่ผิดมีผลการประเมินค่า RPN ครั้งแรกก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 105 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากพนักงานใหม่ยังไม่มีทักษะในการทำงานและถูกสอนโดยหัวหน้างานและพนักงานที่ทำงานมาก่อน ซึ่งมีการแก้ไขด้วยการอบรมหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานเพื่อให้เข้าใจวิธีการทำงานที่ถูกต้องเรียบร้อยแล้ว โดยผลการประเมินความเสี่ยงที่เหลืออยู่หลังการแก้ไขปัญหามีค่า RPN อยู่ที่ 63 ดังตารางที่ 4-1 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.1.1.2 พนักงานปรับค่าความเร็วในการผลิตในระหว่างการทำงาน

พนักงานปรับค่าความเร็วในการผลิตในระหว่างการทำงานมีผลการประเมินค่า RPN ครั้งแรกก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 126 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากพนักงานมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วของเครื่องจักรกันเองจากประสบการณ์ ซึ่งจากการสอบถามพบว่าพนักงานจะตั้งค่าความเร็วที่ช้ากว่าที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการทำงานเพียงช่วงแรกของการผลิต จากนั้นจะเปลี่ยนค่าความเร็วตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการทำงาน ซึ่งมีการแก้ไขด้วยการอบรมหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานเพื่อให้

เข้าใจวิธีการทำงานที่ถูกต้องเรียบร้อยแล้วดังภาพที่ 4-1 โดยผลการประเมินความเสี่ยงที่เหลืออยู่หลังการแก้ไขปัญหามีค่า RPN อยู่ที่ 63 ดังตารางที่ 4-1 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.1.1.3 Capstan เป็นรอย

Capstan เป็นรอยมีผลการประเมินค่า RPN ครั้งแรกก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 168 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากเครื่องจักรมีการผลิตตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลทำให้ Capstan ค่อยๆ สึกจนเป็นรอยแผลจึงส่งผลให้สภาพของเส้นลวดเกิดเป็นรอยแผลตามไปด้วย ซึ่งก่อนปรับปรุง Capstan ถูกกำหนดให้มีการตรวจสอบสภาพและซ่อมบำรุง 1 ครั้งต่อปี ซึ่งมีการแก้ไขด้วยการจัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ จากนั้น อบรมให้กับหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานเพื่อให้เข้าใจวิธีการตรวจสอบสภาพของ Capstan ที่ถูกต้องและเพิ่มหัวข้อการตรวจสอบสภาพของ Capstan ลงในเอกสารบันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนปฏิบัติงานดังภาพที่ 4-2 โดยผลการประเมินความเสี่ยงที่เหลืออยู่หลังการแก้ไขปัญหามีค่า RPN อยู่ที่ 63 ดังตารางที่ 4-1 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.1.1.4 Guide Wire ชำรุด

Guide Wire ชำรุดมีผลการประเมินค่า RPN ที่ 189 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากเครื่องจักรมีการผลิตตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลทำให้ Guide Wire ค่อยๆ สึกจึงส่งผลให้สภาพของเส้นลวดเกิดเป็นรอยแผลตามไปด้วย ซึ่งก่อนปรับปรุง Guide Wire ถูกกำหนดให้มีการตรวจสอบสภาพและซ่อมบำรุง 1 ครั้งต่อปี ซึ่งมีการแก้ไขด้วยการจัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ จากนั้น อบรมให้กับหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานเพื่อให้เข้าใจวิธีการตรวจสอบสภาพของ Guide Wire ที่ถูกต้องและเพิ่มหัวข้อการตรวจสอบสภาพของ Guide Wire ลงในเอกสารบันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนปฏิบัติงานดังภาพที่ 4-2 โดยผลการประเมินความเสี่ยงที่เหลืออยู่หลังการแก้ไขปัญหามีค่า RPN อยู่ที่ 63 ดังตารางที่ 4-1 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ภาพที่ 4-1 การฝึกอบรมให้กับหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงาน

DIVISION	CHECK LIST OF PRODUCT EQUIPMENT	SECTION	
PRODUCTION	บันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนปฏิบัติงาน	MONTH	

MACHINE NAME		M/C No.		CONTROL BY	

	หัวข้อการตรวจเช็ค Check Topics	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	ลูกปืน (Bearing)																															
2	ปั๊มน้ำมัน ท่อน้ำมัน (Oil Pump)																															
3	Sensor (Traverse , Counter)																															
4	Roller																															
5	การตรวจสอบ MONITER																															
6	Automatic Bobbin Change																															
7	Capstand																															
8	การตรวจสอบ Guide Wire																															
9	การตรวจสอบสภาพเบ้าล็อค Dies																															

Reference : Doc. No. ATT- 0003
Ver . 1.15

Confirmed by	Issue by

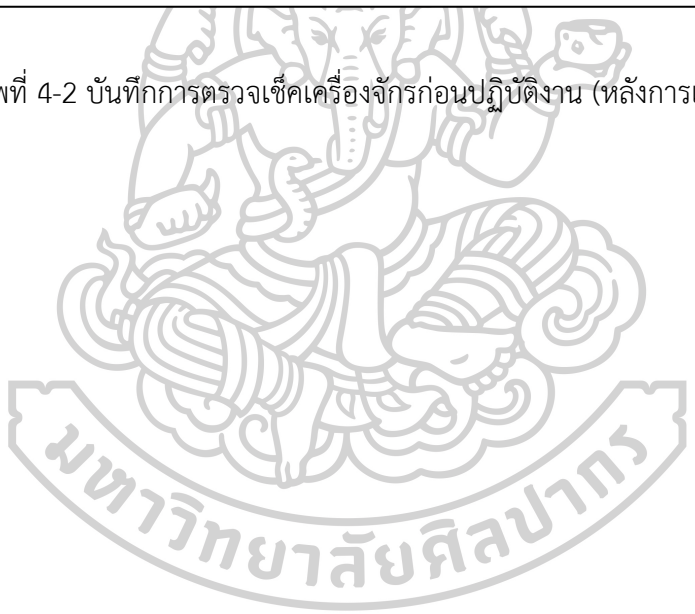
CHECKER DATE

Remark : ○ = O.K., ปกติ Normal — = วันหยุด / ไม่มีการใช้งานเครื่องจักร
× = แจ้งซ่อม Maintenance Requested

หัวหน้างาน Checked by	หัวหน้าแผนก Approved by

NO.	DATE	REMARK

NO.	DATE	REMARK



ภาพที่ 4-2 บันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนปฏิบัติงาน (หลังการแก้ไขปัญหา)

ตารางที่ 4-1 การประเมิน FMEA สภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหลังการปรับปรุง

กระบวนการผลิต	ความต้องการของลูกค้า	ลักษณะของข้อบกพร่อง	ผลกระทบของความล้มเหลว	ความรุนแรง (S)	สาเหตุของข้อบกพร่อง	มาตรการในการป้องกัน	ความถี่ (O)	มาตรการในการตรวจจับก่อนถึงลูกค้า	การตรวจจับ (D)	ค่าความเสี่ยง (RPN)	ข้อแนะนำในการแก้ไข	ผลที่ได้หลังการปรับปรุง					
												การปรับปรุงจากข้อแนะนำ	ความเสี่ยงที่เหลืออยู่				การตัดสิน (ยอมรับหรือไม่)
													S	O	D	RPN	
กระบวนการรีดลวด	ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อตกลงที่ลูกค้ากำหนด	สภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	ลูกค้าไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เนื่องจากสภาพผิวของเส้นลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยโดยตรงหากมีการนำไปใช้งาน	7	พนักงานใหม่ได้รับการอบรมด้วยวิธีการที่ผิด	มีการอบรมหนักงานใหม่โดยหัวหน้างาน (Foreman)	5	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	105	อบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน	มีการอบรมหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานเพื่อให้เข้าใจวิธีการทำงานที่ถูกต้อง	7	3	3	63	ยอมรับ
				7	พนักงานปรับค่าความเร็วในการผลิตในระหว่างการทำงาน	มีการอบรมหนักงานใหม่โดยหัวหน้างาน (Foreman)	6	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	126	อบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน	มีการอบรมหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานเพื่อให้เข้าใจวิธีการทำงานที่ถูกต้อง	7	3	3	63	ยอมรับ
				7	Capstan เป็นรอย	ตรวจสอบความสามารถและซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	8	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	168	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ Capstan ประจำวัน	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบและเพิ่มหัวข้อการตรวจสอบลงในเอกสารการตรวจเช็คก่อนปฏิบัติงาน	7	3	3	63	ยอมรับ
				7	Guide Wire ชำรุด	ตรวจสอบความสามารถและซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี	9	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	189	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ Guide Wire ประจำวัน	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบและเพิ่มหัวข้อการตรวจสอบลงในเอกสารการตรวจเช็คก่อนปฏิบัติงาน	7	3	3	63	ยอมรับ

ตารางที่ 4-1 การประเมิน FMEA สภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหลังการปรับปรุง (ต่อ)

กระบวนการผลิต	ความต้องการของลูกค้า	ลักษณะของข้อบกพร่อง	ผลกระทบของความล้มเหลว	ความรุนแรง (S)	สาเหตุของข้อบกพร่อง	มาตรการในการป้องกัน	ความถี่ (O)	มาตรการในการตรวจจับก่อนถึงลูกค้า	การตรวจจับ (D)	ค่าความเสี่ยง (RPN)	ข้อแนะนำในการแก้ไข	ผลที่ได้หลังการปรับปรุง					
												การปรับปรุงจากข้อแนะนำ	ความเสี่ยงที่เหลืออยู่				การตัดสิน (ยอมรับหรือไม่)
													S	O	D	RPN	
กระบวนการรีดลวด	ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อตกลงที่ลูกค้ากำหนด	สภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	ลูกค้าไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เนื่องจากสภาพผิวของเส้นลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยโดยตรงหากมีการนำไปใช้งาน	7	สภาพผิวของวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐาน	มีการตรวจสอบสภาพผิวของวัตถุดิบในขั้นตอนการรับเข้าวัตถุดิบ	4	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	84	-	-	-	-	-	-	-
				7	พื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบไม่เหมาะสม	มีมาตรฐานในการควบคุมอุณภูมิและความชื้นของพื้นที่จัดเก็บวัตถุดิบ	3	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	63	-	-	-	-	-	-	-
				7	ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม	มีมาตรฐานการควบคุมปริมาณในการผลิตต่อล็อคของแต่ละผลิตภัณฑ์	4	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	84	-	-	-	-	-	-	-

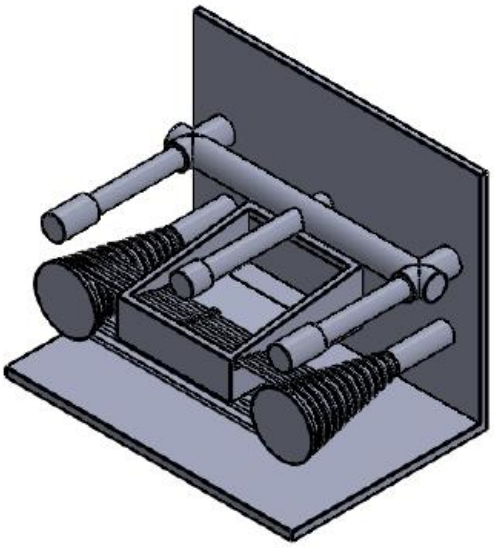
4.1.2 การแก้ไขสาเหตุปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

4.1.2.1 พนักงานไม่ได้ปรับท่อจ่ายน้ำมันให้ตรงกับฐานรอง

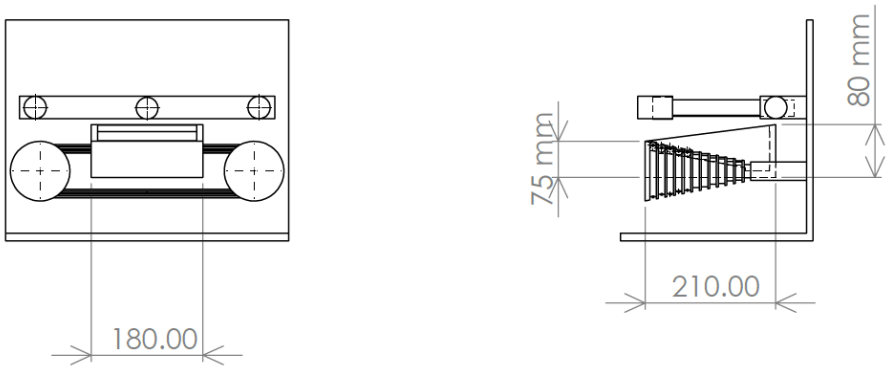
พนักงานไม่ได้ปรับท่อจ่ายน้ำมันให้ตรงกับฐานรองมีผลการประเมินค่า RPN ครั้งแรกก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 120 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากพนักงานยังไม่เข้าใจถึงความสำคัญของการใช้ท่อจ่ายน้ำมันที่ถูกต้องซึ่งมีการแก้ไขด้วยการอบรมหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานเพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานและความสำคัญของท่อจ่ายน้ำมันที่ถูกต้องเรียบร้อยแล้ว โดยผลการประเมินความเสี่ยงที่เหลืออยู่หลังการแก้ไขปัญหามีค่า RPN อยู่ที่ 60 ดังตารางที่ 4-2 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.1.2.2 ฐานรองรับน้ำมันสำหรับช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ไม่เหมาะสม

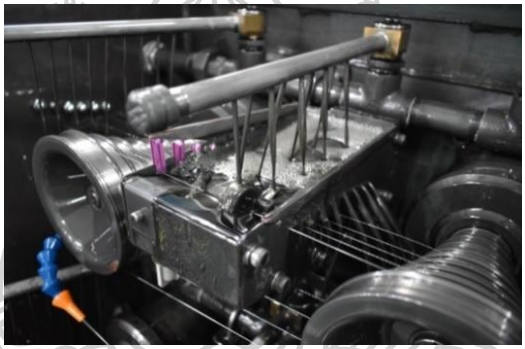
ฐานรองรับน้ำมันสำหรับช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ไม่เหมาะสมมีผลการประเมินค่า RPN ครั้งแรกก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 135 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากน้ำมันมีหน้าที่ช่วยลดอุณหภูมิของ Dies แต่ฐานรองรับน้ำมันไม่สามารถชะลอการไหลของน้ำมันได้ ทำให้ Dies มีอุณหภูมิที่ไม่สเถียรและเกิดความเสียหายต่อ Dies ได้ง่าย เมื่อ Dies ได้รับความเสียหายจะทำให้ลวดเกิดการเปลี่ยนสีและคุณสมบัติทางด้านสีไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ซึ่งมีการแก้ไขด้วยการออกแบบฐานรองรับน้ำมันใหม่ดังภาพที่ 4-3 ภาพที่ 4-4 และภาพที่ 4-5 ให้สามารถชะลอการไหลของน้ำมันเพื่อควบคุมอุณหภูมิของ Dies ให้มีความสเถียรยิ่งขึ้น โดยผลการประเมินความเสี่ยงที่เหลืออยู่หลังการแก้ไขปัญหามีค่า RPN อยู่ที่ 45 ดังตารางที่ 4-2 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้



ภาพที่ 4-3 การออกแบบฐานรองรับน้ำมันใหม่



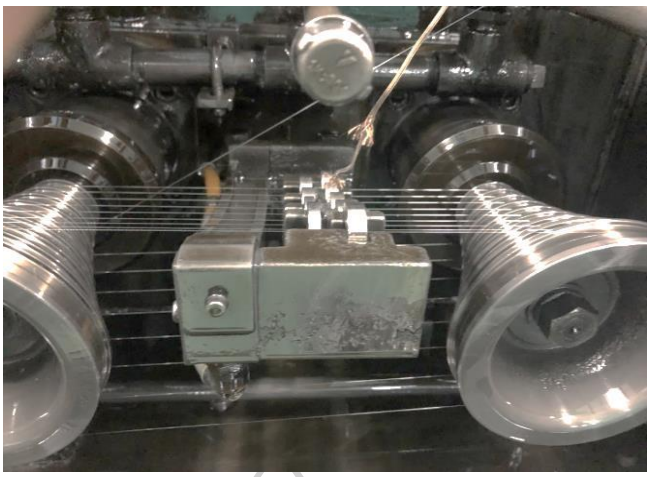
ภาพที่ 4-4 ขนาดของฐานรองรับน้ำมันใหม่ (หน่วยมิลลิเมตร)



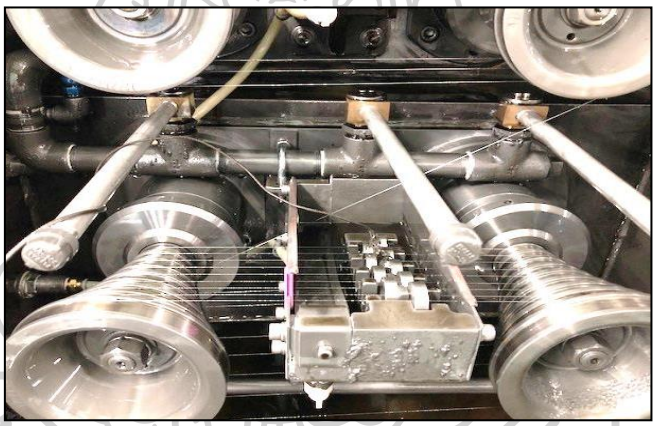
ภาพที่ 4-5 การติดตั้งฐานรองรับน้ำมันใหม่

เมื่อทำการติดตั้งฐานรองรับน้ำมันใหม่ จึงได้ทำการทดสอบโดยการใช้ Thermocouple Fiber ติดที่บริเวณ Dies ดังภาพที่ 4-6 เพื่อใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของ Dies และติดที่บริเวณทางออกของน้ำมันเพื่อใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของน้ำมันของฐานรองรับน้ำมันทั้งแบบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงดังภาพที่ 4-7 และภาพที่ 4-8

ภาพที่ 4-6 ลักษณะการติด Thermocouple Fiber ที่บริเวณ Dies



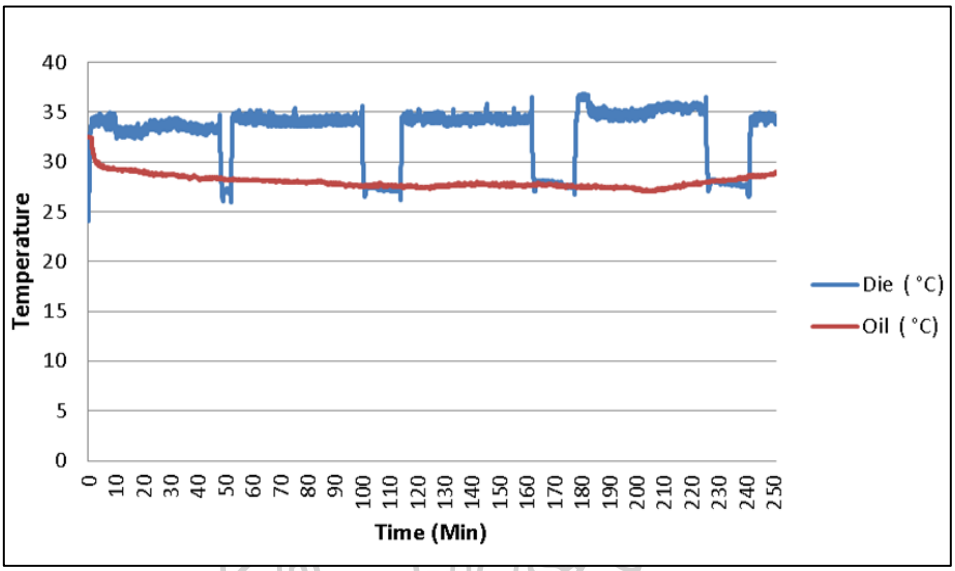
ภาพที่ 4-7 การติดตั้ง Thermocouple Fiber (ก่อนปรับปรุง)



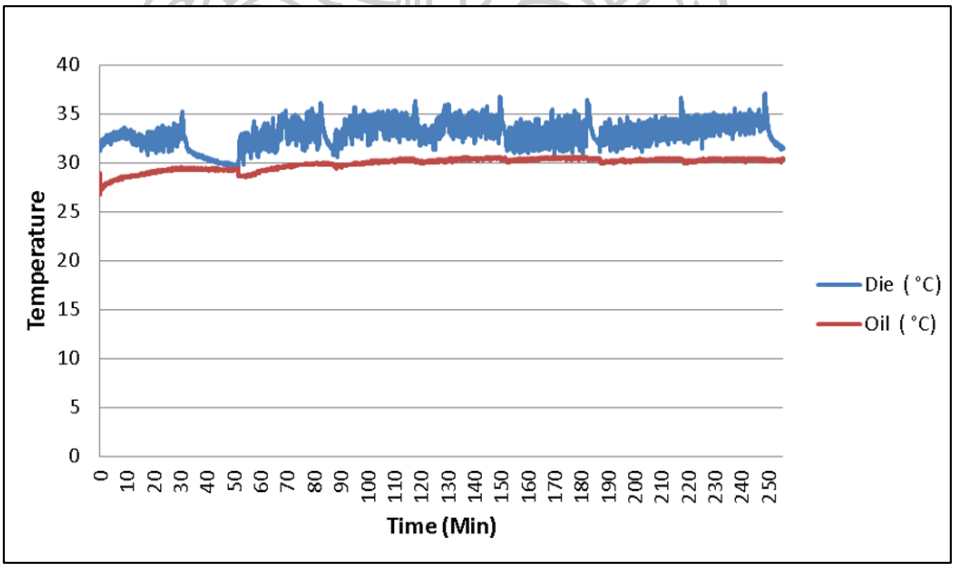
ภาพที่ 4-8 การติดตั้ง Thermocouple Fiber (หลังปรับปรุง)

จากการทดสอบพบว่าอุณหภูมิของ Dies สำหรับฐานรองรับน้ำมันก่อนปรับปรุงมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 34.1 องศาเซลเซียสและน้ำมันมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 28.7 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิของ Dies สำหรับฐานรองรับน้ำมันหลังปรับปรุงมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 33.2 องศาเซลเซียสและน้ำมันมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 29.9องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 4-9 และภาพที่ 4-10 จากการทดสอบพบว่าฐานรองรับน้ำมันหลังปรับปรุงสามารถช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ได้ดีกว่าฐานรองรับน้ำมันก่อนปรับปรุง ทำให้อุณหภูมิของน้ำมันหลังปรับปรุงมีอุณภูมิสูงกว่าอุณหภูมิก่อนปรับปรุงเนื่องจากน้ำมันจะได้รับอุณหภูมิที่สูงขึ้นมาจากการถ่ายโอนความร้อนโดยการพาความร้อนจากตัว Dies มาสู่น้ำมัน เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันสูงขึ้นจะยิ่งทำให้น้ำมันมีความหนืดที่น้อยลงและทำให้น้ำมันไม่เกาะที่บริเวณ

ผิวของลวดสแตนเลส ซึ่งหากน้ำมันมีอุณหภูมิต่ำจะทำให้น้ำมันเกาะติดที่บริเวณผิวของลวดสแตนเลส และจะส่งผลทำให้สีของลวดสแตนเลสเปลี่ยนสี



ภาพที่ 4-9 แสดงอุณหภูมิของ Dies และน้ำมันสำหรับฐานรองรับน้ำมันก่อนปรับปรุง



ภาพที่ 4-10 แสดงอุณหภูมิของ Dies และน้ำมันสำหรับฐานรองรับน้ำมันหลังปรับปรุง หลังจากการปรับปรุง

ตารางที่ 4-2 การประเมิน FMEA ปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหลังการปรับปรุง

กระบวนการผลิต	ความต้องการของลูกค้า	ลักษณะของข้อบกพร่อง	ผลกระทบของความล้มเหลว	ความรุนแรง (S)	สาเหตุของข้อบกพร่อง	มาตรการในการป้องกัน	ความถี่ (O)	มาตรการในการตรวจจับก่อนถึงลูกค้า	การตรวจจับ (D)	ค่าความเสี่ยง (RPN)	ข้อแนะนำในการแก้ไข	ผลที่ได้หลังการปรับปรุง					
												การปรับปรุงจากข้อแนะนำ	ความเสี่ยงที่เหลืออยู่				การตัดสิน (ยอมรับหรือไม่)
													S	O	D	RPN	
กระบวนการรีดลวด	ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อตกลงที่ลูกค้ากำหนด	สีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	ลูกค้าไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เนื่องจากสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ส่งผลให้ลูกค้าใช้งานผลิตภัณฑ์ลำบากยิ่งขึ้น และอาจส่งผลกระทบต่อผู้ป่วย	5	พนักงานไม่ได้ปรับท่อจ่ายน้ำมันให้ตรงกับฐานรอง	มีการอบรมขั้นตอนการปฏิบัติงานรีดลวดแก่พนักงานประจำปี	8	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	120	อบรมเกี่ยวกับความสำคัญของท่อจ่ายน้ำมันให้แก่พนักงาน	อบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน	5	4	3	60	ยอมรับ
				5	ฐานรองรับน้ำมันสำหรับช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ไม่เหมาะสม	-	9	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	135	ออกแบบฐานรองรับน้ำมันใหม่เพื่อช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ได้มากขึ้น	จัดทำฐานรองรับน้ำมันใหม่เพื่อช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ได้มากขึ้น	5	3	3	45	ยอมรับ
				5	สีผิวของวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐาน	มีการตรวจสอบสีผิวของวัตถุดิบในขั้นตอนการรับเข้าวัตถุดิบ	3	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	45	-	-	-	-	-	-	-
				5	ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม	มีมาตรฐานการควบคุมปริมาณในการผลิตต่อล็อคของแต่ละผลิตภัณฑ์	4	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	60	-	-	-	-	-	-	-

4.1.3 การแก้ไขสาเหตุปัญหาค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

4.1.3.1 พนักงานตั้งค่าตัวล็อค Dies ไม่ถูกต้อง

พนักงานตั้งค่าตัวล็อค Dies ไม่ถูกต้องมีผลการประเมินค่า RPN ครั้งแรกก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 105 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากพนักงานมักทำงานด้วยความเคยชินซึ่งถูกสอนโดยหัวหน้างานและพนักงานที่ทำงานมาก่อน ซึ่งมีการแก้ไขด้วยการอบรมพนักงานเพื่อให้เข้าใจวิธีการทำงานที่ถูกต้องเรียบร้อยแล้ว โดยผลการประเมินความเสี่ยงที่เหลืออยู่หลังการแก้ไขปัญหามีค่า RPN อยู่ที่ 63 ดังตารางที่ 4-3 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.1.3.2 ตัวล็อค Dies ชำรุด

ตัวล็อค Dies ชำรุดมีผลการประเมินค่า RPN ครั้งแรกก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 105 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากเครื่องจักรมีการตั้งค่าตัวล็อค Dies ทุกวัน ทำให้ตัวล็อค Dies ค่อยๆ สึก จึงส่งผลให้สภาพของตัวล็อค Dies ชำรุดได้ง่าย ซึ่งก่อนปรับปรุงตัวล็อค Dies ถูกกำหนดให้มีการตรวจสอบสภาพและซ่อมบำรุง 1 ครั้งต่อปี ซึ่งมีการแก้ไขด้วยการจัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ จากนั้น อบรมให้กับหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานเพื่อให้เข้าใจวิธีการตรวจสอบสภาพตัวล็อค Dies ที่ถูกต้องและเพิ่มหัวข้อการตรวจสอบสภาพของตัวล็อค Dies ลงในเอกสารบันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนปฏิบัติงาน โดยผลการประเมินความเสี่ยงที่เหลืออยู่หลังการแก้ไขปัญหามีค่า RPN อยู่ที่ 63 ดังตารางที่ 4-3 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.1.3.3 ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าของค่าความโค้ง

ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าของค่าความโค้งมีผลการประเมินค่า RPN ครั้งแรกก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 105 ซึ่งมากกว่า 100 เนื่องจากพนักงานใหม่ๆ ถูกสอนการตั้งค่าความโค้งโดยหัวหน้างานและพนักงานที่ทำงานมาก่อนเท่านั้น ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าความโค้งที่ถูกต้อง ซึ่งมีการแก้ไขด้วยการจัดทำมาตรฐานในการตั้งค่าความโค้งที่ถูกต้อง โดยผลการประเมินความเสี่ยงที่เหลืออยู่หลังการแก้ไขปัญหามีค่า RPN อยู่ที่ 63 ดังตารางที่ 4-3 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตารางที่ 4-3 การประเมิน FMEA ปัญหาค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหลังการปรับปรุง

กระบวนการผลิต	ความต้องการของลูกค้า	ลักษณะของข้อบกพร่อง	ผลกระทบของความล้มเหลว	ความรุนแรง (S)	สาเหตุของข้อบกพร่อง	มาตรการในการป้องกัน	ความถี่ (O)	มาตรการในการตรวจจับก่อนถึงลูกค้า	การตรวจจับ (D)	ค่าความเสี่ยง (RPN)	ข้อแนะนำในการแก้ไข	ผลที่ได้หลังการปรับปรุง					
												การปรับปรุงจากข้อแนะนำ	ความเสี่ยงที่เหลืออยู่				การตัดสิน (ยอมรับหรือไม่)
													S	O	D	RPN	
กระบวนการรีดลวด	ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อตกลงที่ลูกค้ากำหนด	ค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	ลูกค้าไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เนื่องจากค่าความโค้งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดส่งผลให้ลูกค้าใช้งานผลิตภัณฑ์ลำบากยิ่งขึ้นและอาจส่งผลกระทบต่อผู้ป่วย	7	พนักงานไม่มีความชำนาญในการใช้เครื่องจักร	มีการอบรมหนักงานโดยหัวหน้างาน (Foreman)	5	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	105	อบรมขั้นตอนการใช้เครื่องจักรแก่พนักงาน	อบรมขั้นตอนการใช้เครื่องจักรแก่พนักงาน	7	3	3	63	ยอมรับ
				7	ตัวล็อค Dies ชำรุด	-	5	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	105	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบตัวล็อค Dies ประจำวัน	จัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบและเพิ่มหัวข้อการตรวจสอบลงในเอกสารการตรวจเช็คก่อนปฏิบัติงาน	7	3	3	63	ยอมรับ
				7	Dies ไม่ได้คุณภาพ	-	1	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	9	63	-	-	-	-	-	-	-
				7	ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าของค่าความโค้งก่อนเริ่มปฏิบัติงาน	-	5	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	105	จัดทำมาตรฐานในการตั้งค่าความโค้ง	จัดทำมาตรฐานในการตั้งค่าความโค้ง	7	3	3	63	ยอมรับ

ตารางที่ 4-3 การประเมิน FMEA ปัญหาค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหลังการปรับปรุง (ต่อ)

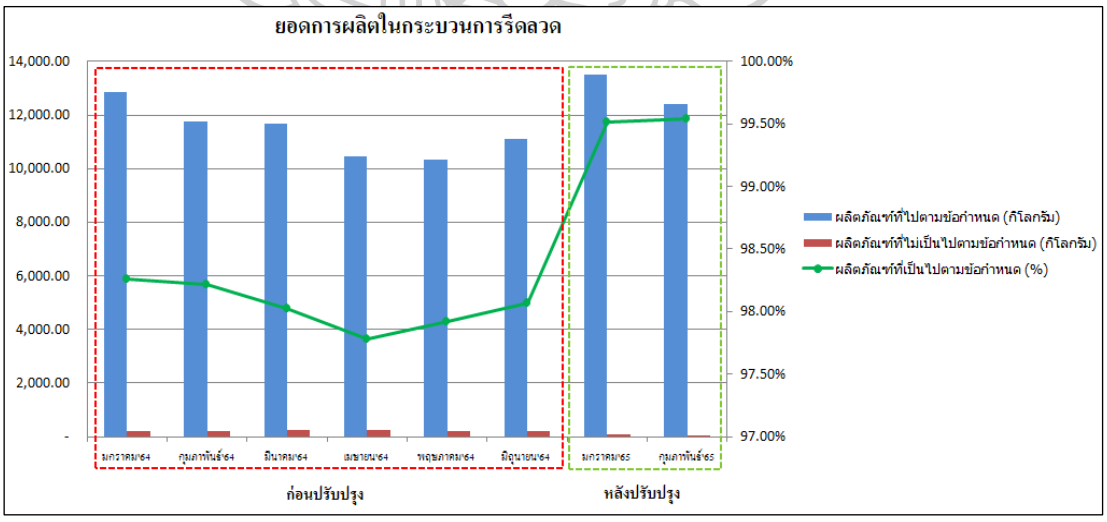
กระบวนการผลิต	ความต้องการของลูกค้า	ลักษณะของข้อบกพร่อง	ผลกระทบของความล้มเหลว	ความรุนแรง (S)	สาเหตุของข้อบกพร่อง	มาตรการในการป้องกัน	ความถี่ (O)	มาตรการในการตรวจจับก่อนถึงลูกค้า	การตรวจจับ (D)	ค่าความเสี่ยง (RPN)	ข้อแนะนำในการแก้ไข	ผลที่ได้หลังการปรับปรุง					
												การปรับปรุงจากข้อแนะนำ	ความเสี่ยงที่เหลืออยู่				การตัดสิน (ยอมรับหรือไม่)
													S	O	D	RPN	
กระบวนการรีดลวด	ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อตกลงที่ลูกค้ากำหนด	ค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	ลูกค้าไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เนื่องจากค่าความโค้งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดส่งผลให้ลูกค้าใช้งานผลิตภัณฑ์ลำบากยิ่งขึ้นและอาจส่งผลกระทบต่อผู้ป่วย	5	ปริมาณในการผลิตต่อล็อตไม่เหมาะสม	มีมาตรฐานการควบคุมปริมาณในการผลิตต่อล็อคของแต่ละผลิตภัณฑ์	4	มีการตรวจสอบภายในกระบวนการและหลังกระบวนการผลิต	3	60	-	-	-	-	-	-	-

4.2 เปรียบเทียบผลผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

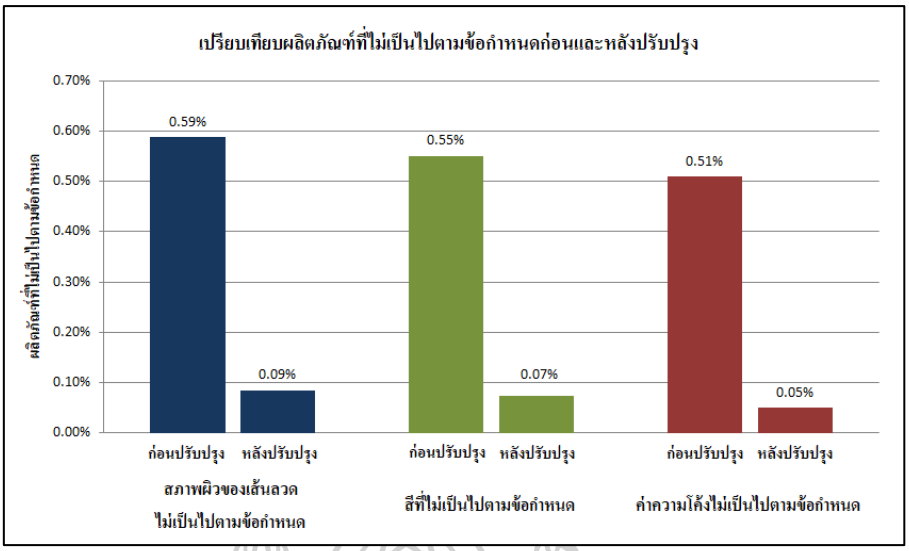
การดำเนินการแก้ไขปัญหาเพื่อเพิ่มผลผลิตดังแสดงในหัวข้อ 4.1 ได้มีการเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้ก่อนและหลังปรับปรุงพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นตามข้อกำหนดหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตลดลงโดยเฉลี่ยเหลืออยู่ร้อยละ 0.47 ดังตารางที่ 4-4 ซึ่งก่อนปรับปรุงกระบวนการผลิตพบผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเฉลี่ยร้อยละ 1.93 โดยทำการเก็บข้อมูลก่อนปรับปรุงกระบวนการผลิตตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2564 เปรียบเทียบกับผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่มีการอนุมัติให้ดำเนินการผลิตได้ตั้งแต่เดือน มกราคม-กุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 ซึ่งภาพรวมการผลิตของกระบวนการรีดลวดหลังปรับปรุงมีแนวโน้มที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุงดังภาพที่ 4-11 และภาพที่ 4-12

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต

	ก่อนปรับปรุง							หลังปรับปรุง		
กระบวนการรีดลวด	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	เฉลี่ย	มกราคม	กุมภาพันธ์	เฉลี่ย
ยอดการผลิต (กิโลกรัม)	13,089.51	11,958.48	11,923.52	10,683.83	10,556.45	11,340.50	11,592.05	13,583.48	12,454.92	13,019.20
ผลิตภัณฑ์ที่ไปตามข้อกำหนด (กิโลกรัม)	12,862.19	11,745.34	11,688.36	10,447.14	10,337.09	11,121.23	11,366.89	13,517.89	12,398.23	14,062.74
ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (กิโลกรัม)	227.32	213.14	235.16	236.69	219.36	219.27	225.16	65.59	56.69	51.47
ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปตามข้อกำหนด (%)	98.26%	98.22%	98.03%	97.78%	97.92%	98.07%	98.05%	99.52%	99.54%	99.53%
ผลิตภัณฑ์ทไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (%)	1.74%	1.78%	1.97%	2.22%	2.08%	1.93%	1.95%	0.48%	0.46%	0.47%



ภาพที่ 4-11 ภาพรวมการผลิตของกระบวนการรีดลวดก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต



ภาพที่ 4-12 เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนและหลังปรับปรุง

4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

จากข้อมูลการผลิตพบผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดลดลงหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตซึ่งสามารถประมาณค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนที่บริษัทสามารถลดได้ ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 เปรียบเทียบต้นทุนก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต

การเปรียบเทียบ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ยอดการผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/เดือน)	11,592.05	13,019.20
ราคา (บาท/กิโลกรัม)	713.86	713.86
ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเฉลี่ยต่อเดือน (ร้อยละ)	1.95%	0.47%
ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (กิโลกรัม/เดือน)	225.16	51.47
มูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (บาท/เดือน)	160,732.72	36,742.37
สามารถประหยัดต้นทุนได้ (บาท/เดือน)		123,990.35

ผลการปรับปรุงพบว่าบริษัทสามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดลงจาก 160,732.72 บาทต่อเดือนเหลือ 36,742.37 บาทต่อเดือน คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้ 123,990.35 บาทต่อเดือน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้เป็นการลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ลวดสแตนเลส ซึ่งเป็นส่วนประกอบของชิ้นส่วนในอุปกรณ์การแพทย์ โดยงานวิจัยนี้ได้นำความรู้ด้านการวิเคราะห์ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่ส่งผลต่อยอดการผลิตมากที่สุดตามหลักการพาเรโต 80:20 การใช้แผนผังก้างปลาในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และการนำ FMEA มาใช้เพื่อประเมินความเสี่ยงของผลกระทบ โดยการวิเคราะห์จากหลักการพาเรโต 80:20 มาวิเคราะห์ว่าหัวข้อใดบ้างที่ส่งผลต่อยอดการผลิตที่ทำให้ยอดการผลิตไม่เป็นไปตามเป้าหมายมากที่สุด จากนั้นจึงนำหัวข้อของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลา โดยให้หัวข้อของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละหัวข้อเป็นหัวก้างปลาแต่ละผังที่แยกกันชัดเจน จากนั้นจึงทำการระดมสมองของหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาร่วมกัน ซึ่งการวิเคราะห์ผังก้างปลาว่าสาเหตุใดบ้างส่งผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะต้องมีการวิเคราะห์ต่อว่าสาเหตุใดบ้างที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยทำการประเมินความเสี่ยงโดยใช้ FMEA ในการประเมิน ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้การแก้ไขปัญหาถูกแก้ไขอย่างเป็นระบบมากขึ้น เนื่องจากการแก้ไขปัญหาจะทำการประเมินว่าสาเหตุใดบ้างที่ควรแก้ไขและสาเหตุใดมีมาตรการป้องกันที่ดีอยู่แล้ว ทำให้ลดระยะเวลาในการหาสาเหตุของปัญหาเพราะไม่ต้องทำการศึกษาทุกรายละเอียดของก้างปลาในเชิงลึก

5.1.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยตามวัตถุประสงค์

จากการแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์พบว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดลดลงจากร้อยละ 1.95 เหลืออยู่ที่ร้อยละ 0.47 โดยคิดเป็นปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดลดลงจากเดิมร้อยละ 1.48 คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้ 123,990.35 บาทต่อเดือนหรือ 1,487,884.20 บาทต่อปี

5.2 สรุปวิธีการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุของปัญหามีดังนี้

5.2.1 การแก้ไขสาเหตุของปัญหาสภาพผิวของลวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

5.2.1.1 พนักงานใหม่ได้รับการอบรมด้วยวิธีการที่ผิด มีการแก้ไขด้วยการอบรมหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานเพื่อให้เข้าใจวิธีการทำงานที่ถูกต้อง

5.2.1.2 พนักงานปรับค่าความเร็วในการผลิตในระหว่างการทำงาน มีการแก้ไขด้วยการอบรมหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานเพื่อให้เข้าใจวิธีการทำงานที่ถูกต้อง

5.2.1.3 Capstan เป็นรอย มีการแก้ไขด้วยการจัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ อบรมให้กับหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานเพื่อให้เข้าใจวิธีการตรวจสอบสภาพของ Capstan ที่ถูกต้องและเพิ่มหัวข้อการตรวจสอบสภาพของ Capstan ลงในเอกสารบันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนปฏิบัติงาน

5.2.1.4 Guide Wire ชำรุด มีการแก้ไขด้วยการจัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ อบรมให้กับหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานเพื่อให้เข้าใจวิธีการตรวจสอบสภาพของ Guide Wire ที่ถูกต้องและเพิ่มหัวข้อการตรวจสอบสภาพของ Guide Wire ลงในเอกสารบันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนปฏิบัติงาน

5.2.2 การแก้ไขสาเหตุของปัญหาสีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

5.2.2.1 พนักงานไม่ได้ปรับท่อจ่ายน้ำมันให้ตรงกับฐานรอง มีการแก้ไขด้วยการอบรมหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานเพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานและความสำคัญของท่อจ่ายน้ำมันที่ถูกต้อง

5.2.2.2 ฐานรองรับน้ำมันสำหรับช่วยลดอุณหภูมิของ Dies ไม่เหมาะสม มีการแก้ไขด้วยการออกแบบฐานรองรับน้ำมันใหม่ให้สามารถชะลอการไหลของน้ำมันเพื่อควบคุมอุณหภูมิของ Dies ให้มีความสเถียรยิ่งขึ้น

5.2.3 การแก้ไขสาเหตุของปัญหาค่าความโค้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

5.2.3.1 พนักงานตั้งค่าตัวล็อค Dies ไม่ถูกต้อง การแก้ไขด้วยการอบรมพนักงานเพื่อให้เข้าใจวิธีการทำงานที่ถูกต้อง

5.2.3.2 ตัวล็อค Dies ชำรุด มีการแก้ไขด้วยการจัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ จากนั้น อบรมให้กับหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานเพื่อให้เข้าใจวิธีการตรวจสอบสภาพตัวล็อค Dies ที่ถูกต้องและเพิ่มหัวข้อการตรวจสอบสภาพของตัวล็อค Dies ลงในเอกสารบันทึกการตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนปฏิบัติงาน

5.2.3.3 ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าของค่าความโค้ง มีการแก้ไขด้วยการจัดทำมาตรฐานในการตั้งค่าความโค้งที่ถูกต้อง

5.3 ข้อดีของการใช้ FMEA ในการวิเคราะห์ความเสี่ยง

การวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยหลักการ FMEA มีจุดเด่นในด้านการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความเสี่ยงก่อนที่จะดำเนินการแก้ไขปัญหา ทำให้การแก้ปัญหามีข้อมูลสนับสนุนที่มากเพียงพอ อีกทั้งการประเมิน FMEA จะต้องประเมินจากผู้เชี่ยวชาญหลายฝ่ายเพื่อให้ได้ความหลากหลายทางความคิดและข้อมูลที่ครบถ้วน ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยหลักการ FMEA ที่มีข้อมูลเพียงพอจะทำให้การประเมินมีความถูกต้อง โดยการประเมินจะมีการคำนวณค่า RPN ของแต่ละสาเหตุของปัญหา ทำให้ทราบความรุนแรงของแต่ละปัญหาและสามารถจัดลำดับความสำคัญได้ว่าควรแก้ไขงานใดก่อนหลัง หรือกรณีสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาน้อยทำให้การประเมินมีค่า RPN ต่ำ ปัญหานั้นอาจจะไม่จำเป็นต้องดำเนินการแก้ไขหรือจัดลำดับความสำคัญไว้น้อยกว่าหัวข้อสาเหตุอื่นๆได้ ขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้ FMEA สามารถยอมรับความเสี่ยงได้มากน้อยแค่ไหน ในส่วนของงานวิจัยนี้ยอมรับความเสี่ยงที่ค่า RPN ไม่เกิน 100 หากสาเหตุของปัญหาหัวข้อใดมีค่า RPN เกิน 100 จะต้องมีการดำเนินการแก้ไขเพื่อลดโอกาสในการเกิดลง หลังจากที่ได้ดำเนินการแก้ไขจะต้องประเมินความเสี่ยงที่เหลืออยู่ว่าค่า RPN หลังการปรับปรุงอยู่ในค่าที่ยอมรับได้หรือไม่ ถ้ายังเกินค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้จะต้องดำเนินการวิเคราะห์และแก้ไขด้วยวิธีอื่น สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการแก้ไขปัญหาของกระบวนการรีดลวดสแตนเลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของชิ้นส่วนในอุปกรณ์การแพทย์ทำให้การประเมิน FMEA มีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขปัญหา เนื่องจากเป็นความเสี่ยงที่อาจส่งผลต่อผู้ป่วยโดยตรงและกระบวนการผลิต ทำให้ผลการประเมิน FMEA โดยผู้เชี่ยวชาญสามารถสร้างความมั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์สามารถผลิตได้ตามข้อกำหนดของลูกค้า บริษัทสามารถผลิตงานได้ปริมาณตามเป้าหมายและสามารถใช้งานกับผู้ป่วยได้อย่างปลอดภัย

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลที่ได้จากการทำงานวิจัยนี้พบว่ามีปัญหาส่วนมากเกิดจากการที่พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการผลิตที่กำหนด ซึ่งพนักงานนั้นมีความเข้าใจรายละเอียดของงานมากกว่าฝ่ายบริหารหรือวิศวกรที่ดูแลฝ่ายผลิตโดยตรง แต่ปัญหาที่พนักงานพบขณะปฏิบัติงานไม่ได้มีการชี้แจงให้วิศวกรฝ่านผลิตทราบเพื่อให้เกิดการแก้ไขอย่างถูกต้อง แต่พนักงานทำการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าด้วยตนเองทำให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่คุณภาพตามความต้องการของลูกค้าถูกผลิตออกมาได้ไม่มากเท่าที่ควรและการแก้ปัญหาอาจยังไม่ดีพอ ดังนั้นจึงควรมีการวิเคราะห์ปัญหาร่วมกันทั้งในส่วนของฝ่ายบริหารวิศวกรและหัวหน้างานที่คอยควบคุมหกระบวนการผลิตและรับฟังปัญหาจากฝ่ายผลิตให้มากขึ้น เพื่อประโยชน์สูงสุดของบริษัท อีกทั้งยังเป็นการสร้างจิตสำนึกที่ดีต่อพนักงานในการไม่ละเลยที่จะแจ้งปัญหาแก่หัวหน้างานและวิศวกรฝ่ายผลิตและยังเป็นการสร้างขวัญกำลังใจให้พนักงานที่ทุกฝ่ายรับฟังความคิดเห็นของพนักงานทุกระดับ

รายการอ้างอิง

กนกวรรณ ดังรัตนพิทักษ์. (2550). "การลดความสูญเสียของการผลิตลำโพงในโรงงานตัวอย่างโดยใช้เทคนิคการจัดการงานวิศวกรรม." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศิลปากร. เข้าถึงได้จาก http://www.sure.su.ac.th/xmlui/handle/1234 56789/11342

กฤษณะ ไกรวิทย์อนุสรณ์. (2560). "การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนของเสียกระบวนการผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ดโดยวิธีการออกแบบวิเคราะห์การทดลอง." วิทยานิพนธ์ระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. เข้าถึงได้จาก http://uc.thailis.or.th/catalog/BibItem.aspx?BibID=b02323325

กุสุมา จิรวงศ์สวัสดิ์. (2550). "การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตฟริตกรณีศึกษา : โรงงานผลิตสารเคลือบเซรามิกส์." วิทยานิพนธ์ระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. เข้าถึงได้จาก https://tdc.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?Int_code=5 2 &RecId =17976&obj_id=180570&showmenu=no&userid=0

จักรวรรดิ ดียิ่ง. (2554). "การพัฒนาคุณภาพในกระบวนการเชื่อมโลหะด้วยแสงเลเซอร์ในโรงงานประกอบแขนจับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์." วิทยานิพนธ์ระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. เข้าถึงได้จาก https://tdc.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?Int_code=5 2 &RecId=2 3 5 9 3 & obj_id=186902

ฐปนัท แก้วจันทร์. (2560). "การเพิ่มค่าความแข็งแรงของการต้านแรงเฉือนของโฟโตไดโอดของส่วนประกอบหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดร์ด้วยกระบวนการซิกส์-ซิกม่า." วิทยานิพนธ์ระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. เข้าถึงได้จาก http://uc.thailis.or.th/Catalog/BibItem.aspx?BibID=b02314519

ธนิตพล จันทสม. (2553). "การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการฟอกย้อมในโรงงานตัวอย่าง." วิทยานิพนธ์ระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร. เข้าถึงได้จาก https://tdc.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?Int_code=97&RecId=4986&obj_id=42862&showmenu=no&userid=0

พรนภา กังวาฬไกรไพศาล. (2554). "การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อการลดของเสียในกระบวนการผลิตแขนจับยึดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์." วิทยานิพนธ์ระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. เข้าถึงได้จาก https://tdc.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?Int_code=52&RecId=23593&obj_id=186902&showmenu=no&userid=0

วชิระ มีทอง. (2550). **การออกแบบจิ๊กและฟิกซ์เจอร์**. พิมพ์ครั้งที่ 17. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

ศุภชัย นำทะพันธ์. (2551). **การควบคุมคุณภาพ: Quality Control**. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

สมภพ ตลับแก้ว. (2551). "การประยุกต์ใช้วิธีการ FMEA เพื่อการปรับปรุงความพึงพอใจของลูกค้า." **วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา**, 21, 68: 24-29.

อรรถกร เก่งพล. (2553). **วิศวกรรมคอนเคอร์เร็นท์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อาทิตย์ ฉันทกุล. (2555). "การหาสาเหตุและวิธีการแก้ไขการแตกร้าวผิวหน้ากระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นลอน." วิทยานิพนธ์ระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. เข้าถึงได้จาก https://tdc.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?Int_code=52&RecId=23947&obj_id=187279&showmenu=no&userid=0

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายระพีพัฒน์ ช้วนตระกูล
วัน เดือน ปี เกิด	22 พฤษภาคม 2537
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2560 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม พ.ศ. 2562 ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม
ที่อยู่ปัจจุบัน	174/95 เดอะคิทท์ รังสิต-ติวานนท์ ถนนติวานนท์ หมู่ที่ 5 ตำบลบางกระดี อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000

มหาวิทยาลัยศิลปากร