การลดการสูญเสียในการผลิตของโรงงานผลิตหลอดไฟสำหรับยานยนต์

น.ส.นานา รัตนนิยม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LOSS REDUCTION OF AN AUTOMOTIVE BULB FACTORY

Miss Nana Rattananiyom

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดการสูญเสียในการผลิตของโรงงานผลิตหลอดไฟสำหรับยานยนต์
โดย	น.ส.นานา รัตนนิยม
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นานา รัตนนิยม : การลดการสูญเสียในการผลิตของโรงงานผลิตหลอดไฟสำหรับยานยนต์. (LOSS REDUCTION OF AN AUTOMOTIVE BULB FACTORY) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ.จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหลอดไฟสำหรับยานยนต์ โดยเป็นการสูญเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องในการผลิต โดยมีการแบ่งกลุ่มการสูญเสียเป็น 2 ประเภท คือ การสูญเสียที่เกิดภายในกระบวนการผลิตและการสูญเสียที่เกิดระหว่างกระบวนการผลิตหนึ่งไปยังกระบวนการหนึ่ง โดยการสูญเสียที่ทำการวิเคราะห์ทั้งหมดในกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศของหลอดไฟประเภทไฟหน้า รุ่น T19 ด้วยการประยุกต์ใช้การประเมินการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA) ด้วยการประเมินความรุนแรง (Severity) โอกาสในการเกิด (Occurrence) และความสามารถในการตรวจจับ (Detection) เพื่อนำไปคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN) และดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่อง เมื่อค่าดัชนีความเสี่ยงมากกว่า 100 คะแนน

งานวิจัยนี้เริ่มจากการศึกษาข้อมูลปริมาณการขาย มูลค่าที่ขายได้ ต้นทุนการผลิต การสูญเสียและแนวโน้มการเกิดของแต่ละประเภทหลอดไฟ จากนั้นได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตของหลอดไฟประเภทไฟหน้า T19 ในทุกกระบวนการ พบว่า กระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศมีมูลค่าการสูญเสียในอัตราส่วนร้อยละ 82 เทียบกับผลรวมการสูญเสียทุกกระบวนการ จึงทำการค้นหาข้อบกพร่องทั้งหมดที่สามารถเกิดได้โดยคณะทำงานและทำการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องเมื่อได้คะแนนดัชนีความเสี่ยง RPN ตามข้อกำหนดการประเมิน หลังจากนั้นได้ค้นหาสาเหตุของปัญหาด้วยการระดมความคิด แผนผังเหตุและผล การทดลอง พิสูจน์ตามหลัก 3 จริง จึงสามารถลดข้อบกพร่องได้ทั้ง 11 หัวข้อของการสูญเสีย

ผลการดำเนินการพบว่ากระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศมีข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดการสูญเสียมีค่าดัชนีความเสี่ยงมากกว่า 100 เท่ากับ 11 หัวข้อ หลังจากการดำเนินการแก้ไขและได้ทำการประเมินอีกครั้งพบว่าไม่สามารถเปลี่ยนแปลงภาวะความรุนแรงได้ แต่สามารถลดโอกาสในการเกิด และเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ โดยค่าดัชนีความเสี่ยง RPN ที่มีค่าน้อยกว่า 100 มีทั้งหมด 10 หัวข้อ และมี 1 หัวข้อที่ยังมีค่ามากกว่า 100 เนื่องจากยังไม่สามารถเพิ่มความสามารถในการตรวจจับได้ การดำเนินการนี้ส่งผลให้มูลค่าการสูญเสียลดลงคิดเป็นร้อยละ 2.60 เมื่อเทียบกับมูลค่าการผลิต ส่งผลให้สามารถลดความสูญเสียลงคิดเป็นมูลค่า 392,390.37 บาทต่อเดือน ซึ่งทำให้ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ลดลงได้ในที่สุด

สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2561	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5970932621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Loss reduction, Failure modes and effects analysis (FMEA), Automotive Part

Nana Rattananiyom : LOSS REDUCTION OF AN AUTOMOTIVE BULB FACTORY. Advisor: Assoc. Prof. Jeerapat Ngaoprasertwong

This research has an objective of reducing losses from production deficiency during the production process of automotive bulbs. The losses are categorized into two types including losses during the production process and losses between processes. The losses were analyzed from the exhaust process of the T19 bulb using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) coupled with severity, occurrence and detection. The analysis allows calculation of risk priority number (RPN) and corrective actions are applied when the index exceed 100.The research initialized by analysis of sales volume, revenue, cost of manufacturing, losses and occurrence on each type of bulbs. Upon the overall manufacturing process analysis of T19 bulb, it was discovered the exhaust process contribute to 82% of the total losses. This leads to the root cause investigation of deficiency that may occur during the manufacturing process and corrective actions regarding to the RPN index using brainstorming, cause and effect diagram, experiment and 3 facts evidence. As a result, 11 deficiencies of losses were mitigated.

The results of the corrective actions show 11 findings with RPN index over 100 from exhaust process. After the findings were mitigated and re-evaluated, the severity remained the same while occurrence was able to decrease and the probability of detection was able to increase where 10 out of 11 findings had the RPN index lower than 100.

The corrective actions have proven to decrease loss by 2.6% of the production cost and average loss value at 606,141 baht per month leading to a decrease in overall loss of 393,390.37 baht per month leading to a decrease in cost of production.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Industrial Engineering	Student's Signature .....
Academic Year:	2018	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้ที่คณาจารย์ประสิทธิประสาทวิชาและด้วยความอนุเคราะห์การช่วยเหลือจากรองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งนอกจากการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์กับงานวิจัยอย่างมาก ยังคอยให้กำลังใจและสอนความรู้นอกตำราเกี่ยวกับการดำเนินชีวิต นอกจากนั้นแล้วผู้วิจัยขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร ซึ่งเป็นประธานและกรรมการการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิวนิช กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้ช่วยให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและชัดเจนขึ้น ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมารดาที่เป็นแรงผลักดันโดยเห็นประโยชน์ของการศึกษาครั้งนี้ รวมถึงขอขอบคุณเพื่อน ๆ แอน แน๊ต อุ๋ม กิ๊ก ขวัญ ต้อ เบิร์ด และเพื่อนร่วมรุ่น MIE Chula ทุกคนที่ให้กำลังใจในวันที่ท้อ รวมถึงพี่อั๋น ที่คอยให้กำลังใจ การช่วยเหลือ เตือนสติ รับฟังปัญหา ขี้แนะให้แก่ผู้วิจัย สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณสำหรับความเข้าใจจากญาติพี่น้อง คุณยายที่คอยสนับสนุนตลอดจนผู้วิจัยมีวันนี้

นานา รัตนนิยม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ข้อมูลทั่วไปโรงงานกรณีศึกษา 2

1.2 ผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา 2

1.3 วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต (Raw Material) 5

1.4 กระบวนการผลิต (Manufacturing Process) 7

1.5 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 8

1.6 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 12

1.7 ขอบเขตของงานวิจัย 13

1.8 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 13

1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 13

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

2.1 บทนำ 15

2.2 ความหมายของการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ 16

2.3 การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบ 16

2.4 แนวความคิดและวิธีการของการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ 17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 เครื่องมือทางสถิติและเครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหา 18
2.6 เทคนิคการเพิ่มผลผลิต โดยการลดความสูญเสีย 22
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23
บทที่ 3 การศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา 26
3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา 26
3.2 ลักษณะผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา 28
3.3 การศึกษากระบวนการผลิต 30
3.4 การศึกษากระบวนรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ 33
3.5 สภาพปัญหาของกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ 35
บทที่ 4 การหาสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย 49
4.1 ผลจากการวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบ 49
4.2 การค้นหาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังเหตุและผล 50
บทที่ 5 การดำเนินการปรับปรุง 69
5.1 บทนำ 69
5.2 การดำเนินการปรับปรุงและลดข้อบกพร่อง 70
บทที่ 6 ผลการดำเนินการ 93
6.1 ประเมินผลด้วย FMEA หลังการปรับปรุง 93
บทที่ 7 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 100
7.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย 100
7.2 ปัญหาและอุปสรรค 101
7.3 ข้อเสนอแนะ 102
7.4 ข้อจำกัดของงานวิจัย 102
บรรณานุกรม 103
ประวัติผู้เขียน 105

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบการสูญเสียภายในและระหว่างกระบวนการผลิตของทั้งหมดและไฟหน้า T19 10

ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบมูลค่าของการสูญเสียในและระหว่างกระบวนการผลิตของหลอดไฟประเภท T19 11

ตารางที่ 3.1 การอธิบายการจัดอับดับในการให้คะแนนภาวะความรุนแรงของผลกระทบ 36

ตารางที่ 3.2 การอธิบายการจัดอับดับในการให้คะแนนโอกาสในการเกิด 37

ตารางที่ 3.3 การอธิบายการจัดอับดับในการให้คะแนนความสามารถในการตรวจพบ 38

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบของกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ 40

ตารางที่ 3. 5 การแบ่งกลุ่มลักษณะการสูญเสียและประเภทการสูญเสียตามหัวข้อขัดข้อง 46

ตารางที่ 3.6 แจกแจงค่าดัชนีความเสี่ยงที่มากกว่า 100 ของแต่ละลักษณะข้อบกพร่อง 47

ตารางที่ 4.1 ผลค่าดัชนีความเสี่ยงที่มีค่าเกิน 100 49

ตารางที่ 5.1 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา stem ไม่มีเส้นลวดตามหลัก 3 Gen 71

ตารางที่ 5.2 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา stem เส้นลวดไม่ครบจำนวน ตามหลัก 3 Gen 74

ตารางที่ 5.3 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา stem เส้นลวดยาวไม่เท่ากัน ตามหลัก 3 Gen 76

ตารางที่ 5.4 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา stem ที่มีฐานหลอดไฟแตก ตามหลัก 3 Gen 79

ตารางที่ 5.5 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา mount ที่ไส้หลอดติดนอก clamp ตามหลัก 3 Gen 81

ตารางที่ 5.6 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา Mount ไม่มีไส้หลอดไฟ ตามหลัก 3 Gen 82

ตารางที่ 5.7 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา Flare NG ตามหลัก 3 Gen 84

ตารางที่ 5.8 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา Stem NG ตามหลัก 3 Gen 86

ตารางที่ 5. 9 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา Axis stem & Mount ตามหลัก 3 Gen 88

ตารางที่ 5. 10 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา Crack bulb ตามหลัก 3 Gen 90

ตารางที่ 5. 11 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา Bulb Break ตามหลัก 3 Gen 92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบค่าดัชนีความเสี่ยงก่อนและหลังการแก้ไข 93

ตารางที่ 6.2 ข้อมูลมูลค่าการสูญเสีย การขาย การผลิต ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2017 - มีนาคม 2018 97

ตารางที่ 6. 3 ค่าดัชนีความเสี่ยง ปัจจัยก่อนและหลังการปรับปรุง..... 98

ตารางที่ 6.4 มูลค่าของการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ..... 98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 ข้อมูลจำนวนการขายในแต่ละเดือนแบ่งตามประเภทของหลอดไฟ 3
รูปที่ 1.2 ข้อมูลยอดขายในแต่ละเดือนแบ่งตามประเภทของหลอดไฟ 3
รูปที่ 1.3 ข้อมูลยอดขายทั้งปีแบ่งตามประเภทของหลอดไฟ 4
รูปที่ 1.4 ปริมาณการผลิตและต้นทุนการผลิตของหลอดไฟแต่ละประเภท 5
รูปที่ 1.5 ส่วนประกอบของหลอดไฟประเภทไฟหน้า รุ่น T19 6
รูปที่ 1.6 วัตถุดิบที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิต 6
รูปที่ 1.7 ตัวอย่างรายการการใช้วัตถุดิบ (BOM : Bill Of Material) ของหลอดไฟประเภท T19 7
รูปที่ 1.8 กระบวนการผลิตหลอดไฟ 8
รูปที่ 1.9 ความแตกต่างของการสูญเสียทั้ง 2 รูปแบบ 9
รูปที่ 1.10 การสูญเสียที่เกิดของกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ 9
รูปที่ 1.11 เปรียบเทียบมูลค่าของเสียรายเดือนของแต่ละประเภทหลอดไฟโดยแบ่งเป็นของเสียแต่ละประเภท 11
รูปที่ 1.12 กราฟแท่งเปรียบเทียบมูลค่าการสูญเสียในและระหว่างกระบวนการและร้อยละของแต่ละกระบวนการผลิตของหลอดไฟหน้ารุ่น T19 12
รูปที่ 2.1 แสดงเปรียบเทียบค่า CRI ของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ 15
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของแผนผังสาเหตุและผล 19
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์หลอดไฟในโรงงานกรณีศึกษา 29
รูปที่ 3. 2 ส่วนประกอบและวัตถุดิบของหลอดไฟ 30
รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตหลอดไฟและสัญลักษณ์แทนชื่อกระบวนการ 30
รูปที่ 3.4 แผนผังการไหลของกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ 32
รูปที่ 3.5 ผังการไหลของทุกกระบวนการผลิตหลอดไฟหน้าประเภท T19 33
รูปที่ 3.6 กราฟแท่งค่าดัชนีความเสี่ยงทุกหัวข้อบกพร่อง 45

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบการติดไฟ (Lighting test machine) 48
รูปที่ 4.1 การใช้เครื่องมือวิศวกรรมอุตสาหการในกระบวนการค้นหาสาเหตุและการแก้ไข 50
รูปที่ 4. 2 ผังเหตุและผลในหัวข้อการสูญเสีย Stem ที่ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า 51
รูปที่ 4.3 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อการสูญเสีย Stem ที่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบจำนวน 52
รูปที่ 4.4 จุดป้อนวัตถุดิบและจุดตรวจจับในหัวข้อจำนวนเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบจำนวน 53
รูปที่ 4.5 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อการสูญเสีย Stem เส้นลวดนำไฟฟ้ายาวไม่เท่ากัน 55
รูปที่ 4.6 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหาการสูญเสีย Stem ที่มีรอยแตกร้าว 56
รูปที่ 4. 7 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหาการสูญเสีย Mount ที่มีไส้หลอดไฟติดนอก clamp. 58
รูปที่ 4. 8 ขั้นตอนการบีบไส้หลอดไฟ แสดงเป็นภาพมุมขวาง 59
รูปที่ 4. 9 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหาการสูญเสีย Mount ที่ไม่มีไส้หลอด 60
รูปที่ 4. 10 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหา Flare NG 61
รูปที่ 4. 11 ภาพจำลองเตาอบอ่อนสำหรับอบ Stem 62
รูปที่ 4. 12 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหา Stem NG 63
รูปที่ 4. 13 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหา Axis Stem & Mount 64
รูปที่ 4. 14 การตั้งจุดศูนย์กลางให้แกนกลางของหลอดไฟ 65
รูปที่ 4. 15 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหา Crack Bulb 66
รูปที่ 4. 16 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหา Break Bulb 67
รูปที่ 5.1 สาเหตุการเกิดของการสูญเสีย Stem ที่ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า 70
รูปที่ 5.2 การทำงานของปากจับหลักและปากจับสำรอง 72
รูปที่ 5.3 เส้นลวดนำไฟฟ้าที่อยู่ปลายบอกกระบอกที่แตกต่างกัน 72
รูปที่ 5.4 ภาพขยายมุมแหลมที่ปากกระบอก 72
รูปที่ 5.5 การติดตั้งกล้องสำหรับตรวจจับเรื่องการบรรจุเส้นลวดนำไฟฟ้า 73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.6 สาเหตุการเกิดของการสูญเสีย Stem ที่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบจำนวน 73
รูปที่ 5.7 ปากจับเส้นลวดนำไฟฟ้าที่แตกต่างกันก่อนและหลังปรับปรุง 75
รูปที่ 5.8 สาเหตุการเกิดของการสูญเสีย Stem เส้นลวดนำไฟฟ้ายาวไม่เท่ากัน 76
รูปที่ 5.9 เปรียบเทียบรู Die อุดตันและภาพรู Die จากเครื่องจักร 77
รูปที่ 5.10 สาเหตุการเกิดของการสูญเสีย Stem ที่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบจำนวน 78
รูปที่ 5.11 สาเหตุของการสูญเสีย Mount ที่มีไส้หลอดไฟติดนอก clamp 80
รูปที่ 5.12 สาเหตุของปัญหาการสูญเสีย Mount ที่ไม่มีไส้หลอด 82
รูปที่ 5.13 กล้องตรวจจับรูปร่างของไส้หลอดไฟ 83
รูปที่ 5.14 สาเหตุการเกิดปัญหา Flare NG (Crack flare) 84
รูปที่ 5.15 สาเหตุการเกิดปัญหา Stem NG 85
รูปที่ 5.16 หม้อ Feeder ที่ผ่านการเคลือบยางเรียบร้อยแล้ว 86
รูปที่ 5.17 ภาพจากกล้องตรวจจับบริเวณหัวของ Stem 87
รูปที่ 518 สาเหตุการเกิดปัญหา Axis stem & Mount 87
รูปที่ 5.19 รูปแบบของชุดตั้งศูนย์กลางของหลอดไฟ 88
รูปที่ 5.20 สาเหตุการเกิดปัญหา Crack bulb 89
รูปที่ 5.21 รูปแบบรางลำเลียง Exhaust bulb ทีละหนึ่งหลอด 90
รูปที่ 5.22 สาเหตุการเกิดปัญหา Bulb break 91
รูปที่ 6.1 การเปรียบเทียบค่าดัชนีความเสี่ยง RPN ก่อนและหลังการปรับปรุง 94
รูปที่ 6.2 แนวโน้มการสูญเสียแต่ละประเภทก่อนและหลังปรับปรุง 96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

มีการคาดการณ์จากหน่วยงานวิจัยธนาคารกรุงศรีอยุธยาว่า แนวโน้มอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ ปี 2561-2563 ว่าอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ของไทยในระยะ 1 - 3 ปีข้างหน้าจะมีรายได้ (ในรูปเงินบาท) ขยายตัวต่อเนื่อง 8 - 12% ต่อปี โดยมีปัจจัยหนุนจากตลาดในประเทศที่จะขยายตัวเร่งขึ้นโดยเฉพาะความต้องการชิ้นส่วนรถยนต์ ขณะที่ตลาดส่งออกจะขยายตัวต่อเนื่อง (วรรณา ยงพิศาลภพ, 2561) เมื่อเกิดความต้องการที่มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์มีการแข่งขันในตลาดที่สูงขึ้นตามไป ดังนั้นคุณภาพและต้นทุนของผลิตภัณฑ์มีส่วนในการตัดสินใจของผู้ประกอบยานยนต์โดยตรง ปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต ก็คือปัญหาเรื่องคุณภาพของสินค้า ซึ่งส่งผลทางตรงไปสู่ต้นทุนในการผลิต หากสามารถลดการเกิดข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดความสูญเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตได้ จะทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลง สร้างกำไรให้กับองค์กรได้มากยิ่งขึ้น

ในฐานะที่นักวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของการผลิตในอุตสาหกรรมนี้ จึงได้เล็งเห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินธุรกิจให้ประสบความสำเร็จในปัจจุบันมีหลายด้าน อาทิ กำไรในการขายสินค้า ซึ่งในการได้มาของกำไรมากที่สุด มาจากสองแนวทาง คือ การตั้งราคาขายที่สูงที่สุดหรือต้นทุนที่ต่ำที่สุดต่อหนึ่งหน่วยสินค้า แต่ในภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบันนี้มีความเป็นไปได้ยากที่จะสามารถตั้งราคาขายสูงสุดเมื่อมีคู่แข่งทางการค้าจำนวนมาก ดังนั้นองค์กรอุตสาหกรรมจึงหันมาทำการลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีความเป็นไปได้มากกว่าในสภาพการค้าที่ประสบอยู่ในทุกวันนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชิ้นส่วนที่ใช้สำหรับการประกอบเข้าสู่ยานยนต์ ถือเป็นชิ้นส่วนที่ส่งผลต่อความปลอดภัยเป็นอย่างยิ่ง ตัวอย่างผลกระทบของชิ้นส่วนยานยนต์ที่ส่งผลกระทบต่อรถยนต์ การเรียกคืนรถยนต์ยี่ห้อฮอนด้า เนื่องจากมีปัญหาเรื่องกระจกด้านคนขับสะสมความร้อนเมื่อโดนไอน้ำหรือน้ำ ซึ่งเหตุดังกล่าวมีผู้เสียชีวิตจากปัญหานี้ (เมธินี จงสฤษดิ์หวัง และ วิธาน เจริญผล, 2010) ทำให้เห็นว่า ชิ้นส่วนของรถยนต์ทุกชิ้นมีความสำคัญ ซึ่งรวมถึงหลอดไฟที่ใช้ในการส่องสว่างนำทางผู้ใช้ยานพาหนะ หากเกิดข้อขัดข้องอาจก่อให้เกิดผลการขัดข้องเรื่องระบบไฟฟ้าที่สร้างความเสียหายหรือสูญเสียให้กับผู้ใช้งานได้และในกรณีที่เกิดข้อบกพร่องทำให้สูญเสียหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ ก็จะเป็นอันตรายทั้งต่อผู้ใช้งานและผู้ร่วมถนนด้วย

1.1 ข้อมูลทั่วไปโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษา เป็นบริษัทชั้นนำแห่งหนึ่งที่ผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ส่องสว่างสำหรับยานยนต์ที่มีมาอย่างยาวนานกว่า 36 ปี โดยผลิตสินค้าหลัก 3 ประเภทคือ โคมไฟสำหรับรถยนต์และรถจักรยานยนต์ (Lamp) หลอดไฟสำหรับยานยนต์เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนไฟท้าย ไฟหน้า ไฟสัญญาณ (Bulb) และแม่พิมพ์ (Die and Mold) โดยมีกลุ่มลูกค้า 2 ประเภทหลัก คือ กลุ่มโรงงานผู้ผลิตรถยนต์ (Original Equipment Market: OEM) และกลุ่มตลาดหลังการขาย (Aftermarket) โดยโรงงานเป็นผู้ผลิตและจัดจำหน่ายภายใต้การดูแลจากบริษัทแม่ที่ประเทศญี่ปุ่น

1.2 ผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา

ในงานวิจัยนี้จะกล่าวเพียงผลิตภัณฑ์ที่ผู้วิจัยสังกัดอยู่เท่านั้น คือ โรงงานผลิตหลอดไฟสำหรับยานยนต์ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทางผู้วิจัยสามารถเข้าไปทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตลดของเสียหรือการสูญเสียได้ โดยผลิตภัณฑ์หลักจะแยกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

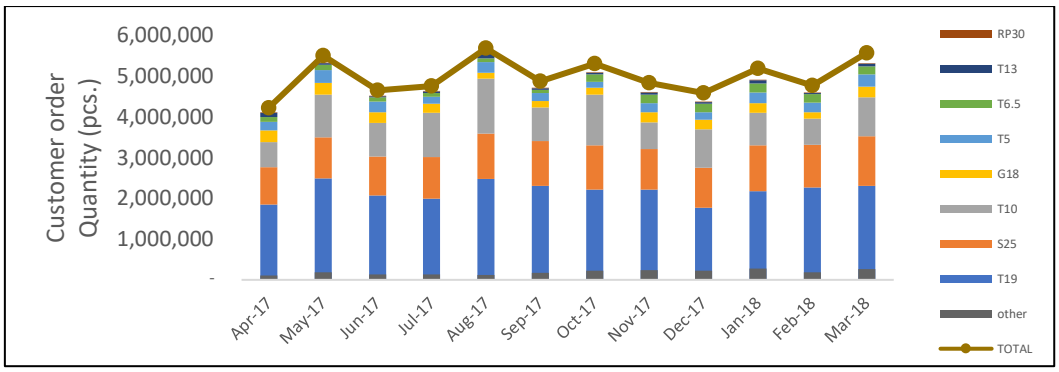
1) ประเภทหลอดไฟหน้า
   - ก) หลอดไฟชนิด T19
   - ข) หลอดไฟชนิด RP30

2) ประเภทหลอดไฟท้ายและไฟเลี้ยว
   - ก) หลอดไฟชนิด G18
   - ข) หลอดไฟชนิด S25

3) ประเภทหลอดไฟสัญญาณ
   - ก) หลอดไฟชนิด T13
   - ข) หลอดไฟชนิด T10
   - ค) หลอดไฟชนิด T6.5
   - ง) หลอดไฟชนิด T5

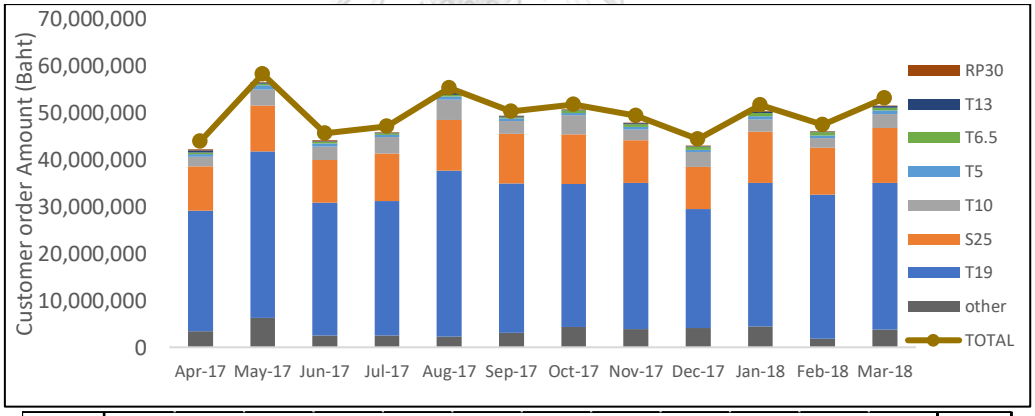
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยมีอัตราส่วนการขายในแต่ละเดือนตั้งแต่เดือนเมษายน 2560 - มีนาคม 2561 ซึ่งเป็นช่วงเวลา 1 ปีปฏิทินของโรงงานกรณีศึกษา ในรูปที่ 1.1 เป็นตารางแสดงข้อมูลจำนวนการขายในแต่ละเดือน มีหน่วยเป็นจำนวนพันชิ้น ประเภทหลอดไฟที่มีทั้งจำนวนชิ้นและยอดขายสูงที่สุดคือหลอดไฟหน้าประเภท T19 และ หลอดไฟท้ายและไฟเลี้ยวประเภท S25 ตามลำดับ



ประเภทหลอดไฟ	จำนวนการขายในแต่ละเดือน (หน่วย : พันชิ้น)												TOTAL
	Apr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Aug-17	Sep-17	Oct-17	Nov-17	Dec-17	Jan-18	Feb-18	Mar-18	
T19	1,847.66	2,493.32	2,066.27	1,996.50	2,478.92	2,306.50	2,214.76	2,213.08	1,771.99	2,175.99	2,261.80	2,313.20	26,139.99
S25	916.44	1,005.66	957.34	1,019.33	1,111.94	1,102.88	1,083.09	1,001.30	983.92	1,127.32	1,057.88	1,211.73	12,578.83
T10	616.56	1,041.64	830.50	1,081.66	1,350.18	825.72	1,243.32	657.50	942.43	798.95	635.27	961.90	10,985.63
G18	290.70	292.28	258.29	222.66	143.99	160.20	178.16	242.62	238.23	238.38	160.67	260.00	2,686.18
T5	202.00	316.00	258.00	174.01	262.00	192.00	140.01	224.12	184.00	255.01	230.00	291.00	2,728.15
T6.5	127.33	124.36	112.80	93.09	93.53	82.45	182.78	212.60	203.49	222.09	212.05	202.45	1,869.02
T13	101.34	41.71	28.67	39.69	111.17	38.62	38.48	47.39	36.09	82.84	31.19	64.80	661.98
RP30	10.20	5.00	8.34	1.50	7.86	3.90	1.50	3.00	5.20	2.50	3.70	7.70	60.40
other	111.16	187.78	128.85	131.58	124.72	166.66	223.85	237.99	219.01	283.58	182.50	260.91	2,258.57
TOTAL	4,223.37	5,507.74	4,649.06	4,760.02	5,684.30	4,878.92	5,305.95	4,839.61	4,584.37	5,186.66	4,775.06	5,573.69	59,968.74

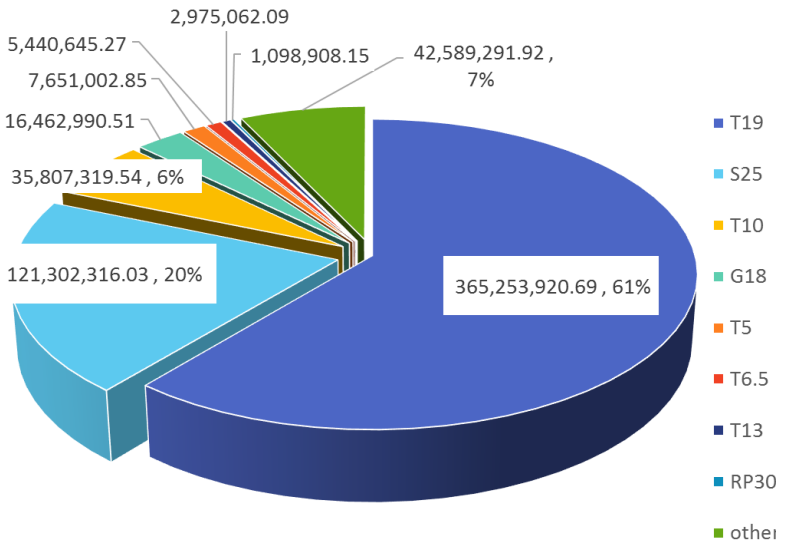
รูปที่ 1.1 ข้อมูลจำนวนการขายในแต่ละเดือนแบ่งตามประเภทของหลอดไฟ



ประเภทหลอดไฟ	ยอดขายในแต่ละเดือน (หน่วย : พันบาท)												TOTAL
	Apr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Aug-17	Sep-17	Oct-17	Nov-17	Dec-17	Jan-18	Feb-18	Mar-18	
T19	25,761.08	35,426.71	28,412.72	28,661.59	35,386.18	31,813.70	30,493.59	31,254.80	25,381.54	30,574.98	30,762.62	31,324.41	365,253.92
S25	9,424.08	9,804.31	9,095.83	10,118.65	10,890.00	10,656.71	10,593.89	9,075.65	8,964.60	10,946.91	9,994.79	11,736.90	121,302.32
T10	2,022.40	3,454.22	2,770.29	3,533.88	4,287.67	2,754.83	4,098.38	2,211.20	3,179.94	2,572.64	2,004.05	2,917.82	35,807.32
G18	1,735.15	1,738.47	1,561.60	1,335.09	849.43	939.30	1,043.84	1,449.88	1,422.65	1,420.75	1,413.84	1,553.00	16,462.99
T5	565.52	882.59	730.98	493.30	732.71	536.64	399.66	626.08	522.16	715.01	632.50	813.85	7,651.00
T6.5	383.99	365.69	328.31	272.04	275.68	241.24	526.20	619.96	588.98	638.04	617.30	583.23	5,440.65
T13	444.52	203.63	140.25	183.15	470.54	177.57	176.83	226.38	167.93	343.36	144.50	296.39	2,975.06
RP30	176.55	90.25	151.48	24.75	146.63	75.60	30.00	54.75	97.05	43.75	68.75	139.35	1,098.91
other	3,438.25	6,317.90	2,488.25	2,555.15	2,260.48	3,098.49	4,380.43	3,850.79	4,126.93	4,478.83	1,844.91	3,748.87	42,589.29
TOTAL	43,951.53	58,283.76	45,679.71	47,177.61	55,299.31	50,294.09	51,742.83	49,369.49	44,451.78	51,734.27	47,483.26	53,113.82	598,581.46

รูปที่ 1.2 ข้อมูลยอดขายในแต่ละเดือนแบ่งตามประเภทของหลอดไฟ

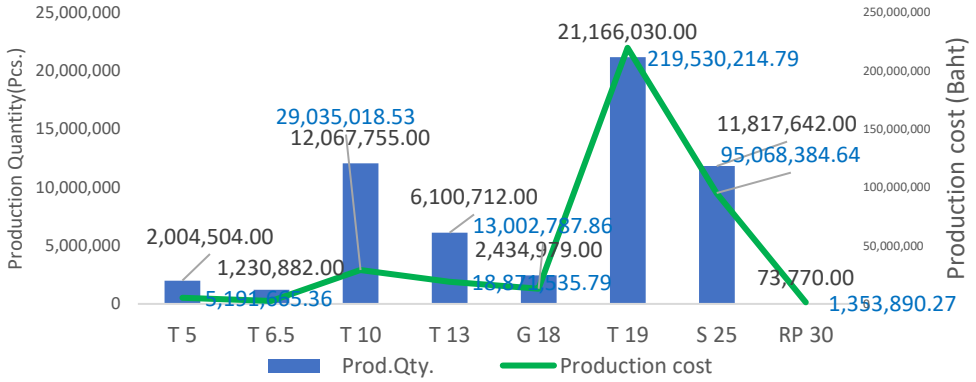
จากข้อมูลปริมาณและยอดขายในแต่ละเดือนจะเห็นว่าการสั่งซื้อหลอดไฟแนวโน้มการสั่งซื้อที่คงที่ โดยจะมีสัดส่วนการขายตามประเภทหลอดไฟตามรูปที่ 1.3 เป็นข้อมูลยอดขายรวมใน 1 ปี ปฏิทินของโรงงานกรณีศึกษา โดยมีสัดส่วนการขายคือ ร้อยละ 61 เป็นการขายหลอดไฟประเภท T19 ร้อยละ 20 คิดเป็นการขายหลอดไฟประเภท S25 และร้อยละ 7 เป็นการขายหลอดไฟประเภทอื่น ๆ



รูปที่ 1.3 ข้อมูลยอดขายทั้งปีแบ่งตามประเภทของหลอดไฟ

เนื่องจากยอดขายทั้งจำนวนชิ้น และราคามีความสอดคล้องกัน ว่าหลอดไฟประเภท T19 มีปริมาณการขายสูงที่สุด จึงการทำพิจารณาการปรับปรุงในส่วนนี้ เพื่อสะท้อนกลับไปสู่มูลค่าที่มากที่สุด หากมีการนำต้นทุนการผลิตเข้ามาพิจารณาร่วม ดังแสดงในรูปที่ 1.4 ทำให้เห็นว่า ต้นทุนรวมในการผลิต หลอดไฟประเภท T19 มีต้นทุนการผลิตมากที่สุด และรองลงมาคือหลอดไฟประเภท S25 เนื่องจากหลอดไฟประเภท T19 มีการผลิตในปริมาณมากและมีต้นทุนสูง ทำให้มูลค่าต้นทุนในการผลิตสูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1.4 ปริมาณการผลิตและต้นทุนการผลิตของหลอดไฟแต่ละประเภท

ทั้งปริมาณการขาย ยอดขาย และต้นทุนการผลิตแสดงให้เห็นว่าหลอดไฟประเภท T19 มีทั้ง 3 ค่ามากที่สุดในทุกหัวข้อ ทางผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความน่าจะเป็นมูลค่าของการปรับปรุงที่มากตามไป จึงทำการพิจารณาปรับปรุงส่วนนี้ เพื่อแก้ไขกระบวนการผลิตที่จะส่งผลให้มีมีแนวโน้มผลทางตรงที่เป็นตัวเงินออกมาเป็นแบบรูปธรรมมากกว่าหลอดไฟประเภทอื่น

1.3 วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต (Raw Material)

ในกระบวนการผลิตหลอดไฟสำหรับยานยนต์จะประกอบด้วยวัตถุดิบหลัก ดังต่อไปนี้

1) แท่งแก้ว (Flare tube) คือ แท่งแก้วที่จะนำมาบานบริเวณปลายด้านใดด้านหนึ่ง เพื่อนำไปใช้เป็นฐานของหลอดไฟ

2) ก้านแก้ว (Exhaust tube) ลักษณะเหมือนหลอดที่ทำมาจากแก้ว ไว้ใช้เป็นทางเดินของอากาศในระหว่างการผลิตและใช้เป็นเส้นทางสำหรับดูดอากาศภายในหลอดไฟออก

3) เส้นลวดนำไฟฟ้า (Lead wire) มีลักษณะเหมือนเส้นลวดที่ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก คือ นิกเกิ้ล (Ni) ดูเม็ท (Du) และ ทองแดง (Cu) ทำหน้าที่เป็นเส้นทางไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟเพื่อไปสู่ไส้หลอดไฟ

4) ไส้หลอดไฟ (Filament) มีลักษณะเป็นขดลวด ทำหน้าที่ส่องสว่างให้กับหลอดไฟ เมื่อมีไฟฟ้าผ่านขดลวดนี้จะเกิดความร้อนและเกิดแสงสว่างขึ้น 1 หน่วยผลิตภัณฑ์จะบรรจุ 1 หรือ 2 ชิ้น ขึ้นอยู่กับประเภทของหลอดไฟ

5) กระเปาะแก้ว (Glass bulb) เป็นแก้วที่นำมาครอบเพื่อเป็นโครงสร้างภายนอกให้กับหลอดไฟ จะมีลักษณะแตกต่างกันตามประเภทของหลอดไฟ และมีเส้นผ่าศูนย์กลางเป็นไปตาม

ประเภทด้วย เช่น T19 จะมีรูปร่างกระเปาะแก้วแบบทรงกระบอก (Tube) และมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 19 มิลลิเมตร

6) แก๊สเฉื่อย (Inert gas) จะถูกบรรจุเข้าไปในหลอดไฟเพื่อให้ภายในเป็นสุญญากาศและปราศจากก๊าซออกซิเจน แก๊สเฉื่อยที่บรรจุจะมี 2 ก๊าซ คือ ก๊าซคลิปตอน (Kr) และ ก๊าซอาร์กอน (Ar) ขึ้นอยู่กับประเภทของหลอดไฟ

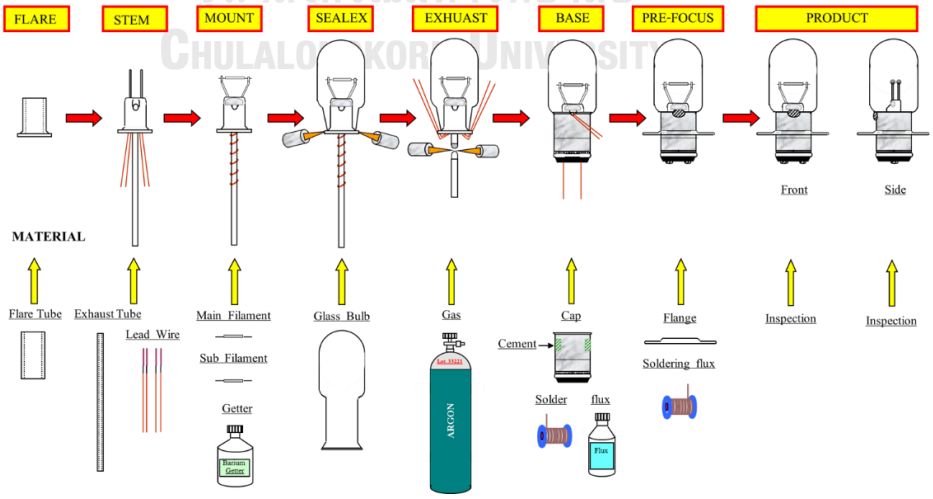
7) ขั้วหลอดไฟโลหะ (Cap) นำไปใช้ในการประกอบเข้าไปในเบ้าของโคมไฟ โดยทำจากโลหะทองเหลืองชุบด้วยโครเมียม

8) ดีบุกสำหรับเชื่อม (Tin Solder) ทำหน้าที่เชื่อมปิดกับเส้นลวดโลหะ เพื่อใช้เป็นจุดสัมผัสในการจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่หลอดไฟ

9) แหวน (Flange) ทำจากโลหะนำมาประกอบเข้ากับขั้วของหลอดไฟ โดยใช้ในการกำหนดทิศทางของแสง จะมีการประกอบแหวนในหลอดไฟประเภทไฟหน้าเท่านั้น

รูปที่ 1.5 ส่วนประกอบของหลอดไฟประเภทไฟหน้า รุ่น T19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1.6 วัตถุดิบที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิต

ในการใช้วัตถุดิบแต่ละประเภทจะมีการกำหนดปริมาณการใช้มาตรฐานในรายการการใช้วัตถุดิบ (BOM : Bill Of Material) โดยการใช้วัตถุดิบจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน โดยรายการวัตถุดิบจะสามารถบอกถึงรายละเอียด ทั้งปริมาณการใช้ หน่วย เวลามาตรฐานที่ใช้ในการผลิต อัตราส่วนผลผลิตมาตรฐานในแต่ละกระบวนการ ค่าเผื่อเวลาในการผลิต ดังรูปที่ 1.4 แสดงถึงตัวอย่างรายการการใช้วัตถุดิบของหลอดไฟประเภท T19

Level	Mat'GR	ICS No.	ICS Name	Supp./WC	Quantity	Unit	FACTORY COST							
							Yield & Allowance			Takt Time	Worker	Process Time (sec.)	T.Proc.Cost	
							Yield SCRAB	Accu Yield	Allow	(sec.)	Info	STD Time	$ / Min	Amount
_1	SEMX	2461454901	T19L/TH/360398/AN	IN191	1.000	ST	0.9500	0.9500	0.0200	8.30	1.00	8.30	10.07	1.10
_2	SEMX	7696393201	T19L/TH/360398/F0	FF191	1.000	ST	0.9900	0.9702	0.0700	9.50	1.00	9.50	6.14	1.07
_3	SRML	2916122000	P15RL25-1/E00024		1.000	ST	1.0000	0.9702						
_3	SRML	6334906200	80L/E00021		0.310	G	1.0000	0.9702						
_3	SEMX	2397649901	T19L/TH/360398/SA	SA195	1.000	ST	0.9950	0.9653	0.1400	1.90	1.00	1.90	18.66	0.71
_4	SRML	0731513900	DR6/00013A	VIVM	0.408	G	1.0000	0.9653						
_4	SRML	5046370200	80L/E00014	ULTM	0.124	G	1.0000	0.9653						
_4	SRML	6247863200	80L/E00011	ULTM	0.025	G	1.0000	0.9653						
_4	SRML	9372203500	ULTRA FLUX 81	UTEM	0.003	G	1.0000	0.9653						
_4	SRML	7717366800	FLX/10011A/F1	ZKUM	0.008	G	1.0000	0.9653						
_4	SRML	3076479100	8150/E00034		1.000	ST	1.0000	0.9653						
_4	SEMX	6289404001	T19L/TH/360398/EX	EX195	1.000	ST	0.9500	0.9267	0.1400	1.90	1.00	1.90	25.25	0.89
_5	SRML	0035171300	T19L/E00014	LLGM	1.000	ST	1.0000	0.9267						
_5	SRML	1739068600	T8A/E00012	LLGM	0.682	G	1.0000	0.9267						
_5	SRML	3719309900	FT8/E00002	LLGM	0.895	G	1.0000	0.9267						
_5	SRMI	4357634900	DR6/10006A	DENM	0.003	G	1.0000	0.9267						
_5	SRMI	7927072500	RA/12232A	WITHUP	2.000	ST	1.0000	0.9267						
_5	SRMI	8501267300	MMX/E00039	RUI QI	1.000	ST	1.0000	0.9267						
_5	SRMI	0174391000	MMX/E00040	RUI QI	1.000	ST	1.0000	0.9267						
_5	SRMI	4289369100	MMX/E00041	RUI QI	2.000	ST	1.0000	0.9267						

รูปที่ 1.7 ตัวอย่างรายการการใช้วัตถุดิบ (BOM : Bill Of Material) ของหลอดไฟประเภท T19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยการคำนวณปริมาณการใช้วัตถุดิบแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

ก) การใช้วัตถุดิบตามกำหนดมาตรฐาน (Standard use : BOM)

ข) วัตถุดิบที่เกิดการสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิต

1.4 กระบวนการผลิต (Manufacturing Process)

ประกอบโดยกระบวนการผลิตหลัก 4 กระบวนการ แสดงในรูปที่ 1.8 ดังต่อไปนี้

1) กระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ (Exhaust process) เป็นกระบวนการที่ประกอบด้วยกระบวนการย่อย 3 กระบวนการคือ กระบวนการขึ้นรูปแท่งแก้วเพื่อใช้เป็นฐานของ

หลอดไฟ กระบวนการขึ้นรูปฐานของหลอดไฟโดยทำการประกอบเส้นลวดนำไฟฟ้า และติดไส้หลอดแล้วนำไปครอบกระเปราะแก้ว แล้วใช้ความร้อนเชื่อมติดและอัดแก๊สเฉื่อยเข้าสู่ภายในหลอดไฟ

2) กระบวนการประกอบขั้วหลอดไฟ (Base process) นำหลอดไฟที่ได้จากกระบวนการดูดอากาศประกอบเข้ากับขั้วหลอดไฟโลหะ ทำการเชื่อมปิดปลายเส้นลวดให้สวยงามและนำไปใช้ประกอบในเบ้าโคมไฟได้ง่าย

3) กระบวนการประกอบแหวนและตั้งทิศทางลำแสง (Pre-focus process) เป็นกระบวนที่นำแหวนประกอบเข้าไปหลอดไฟ เพื่อเป็นการตั้งทิศทางของลำแสงให้อยู่ในช่วงมาตรฐานและมีการตรวจสอบค่ากระแสไฟฟ้าก่อนส่งให้กระบวนการถัดไป

4) กระบวนการตรวจสอบ (Inspection process) กระบวนการนี้จะใช้พนักงานทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยใช้การตรวจสอบด้วยสายตา

รูปที่ 1.8 กระบวนการผลิตหลอดไฟ

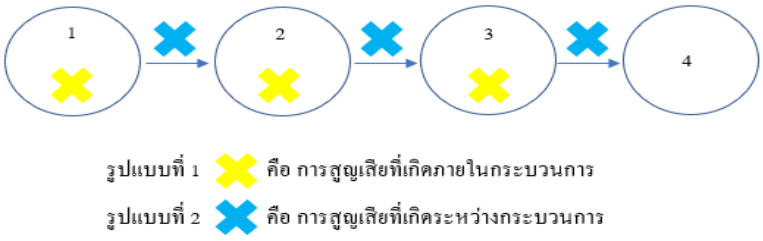
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 **ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา**

อุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ มีการแข่งขันกันในระดับสูง ซึ่งการได้มาของการเลือกใช้สินค้า มาจากปัจจัยเรื่องราคาขายและคุณภาพเป็นหลัก โดยราคาขายที่ได้มานั้นก็เกิดมาจากต้นทุนที่ต่ำและคุณภาพที่ดี ทำให้แต่ละผู้ประกอบการให้ความสำคัญกับการผลิตที่มีต้นทุนต่ำและมีคุณภาพที่เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า

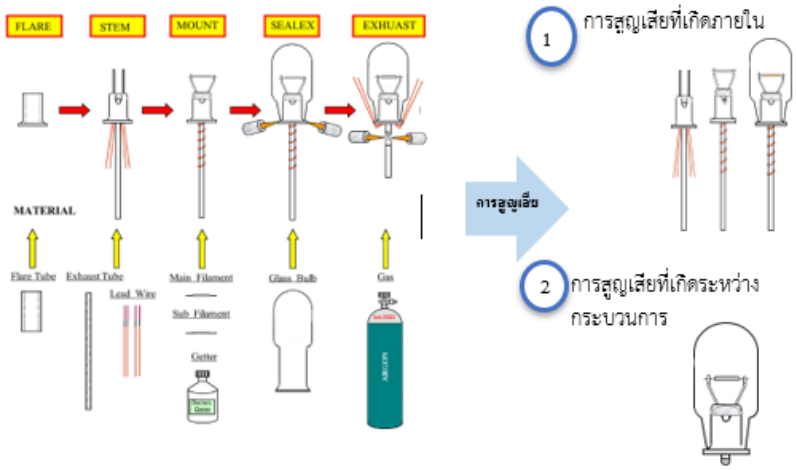
จากการวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนของผลิตภัณฑ์ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนมาตรฐานและต้นทุนที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของต้นทุนวัตถุดิบนั้นมีต้นทุนจริงมากกว่าต้นทุนมาตรฐาน เนื่องจากมีสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมาก โดยการสูญเสียมาจากการเกิดข้อบกพร่องที่เกิดในการผลิตเนื่องจากหรืออันเป็นสาเหตุจากการเกิดข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดการสูญเสียในการผลิตในแต่ละกระบวนการ

การสูญเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตถูกแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การสูญเสียที่เกิดในกระบวนการผลิต (In process) มาจากการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการและดำเนินการผลิตตามขั้นตอน แต่เกิดข้อบกพร่องบางประการและสามารถตรวจจับได้ โดยระบบตรวจสอบสามารถตรวจจับและกีดกันข้อบกพร่องเหล่านั้นออกจากกระบวนการได้ในทันที และการสูญเสียที่เกิดระหว่างกระบวนการหนึ่งไปยังกระบวนการถัดไป (Between process) ซึ่งเป็นผลจากการไม่สามารถตรวจจับได้ระหว่างการผลิต แต่สามารถตรวจพบหลังการผลิตกระบวนการนั้น ๆ เสร็จสิ้น ซึ่งการสูญเสียรูปแบบนี้ จะเป็นการสูญเสียของผลิตภัณฑ์หลังจากกระบวนการนั้น ๆ ดังรูปที่ 1.9 ที่อธิบายความแตกต่างของการสูญเสียทั้ง 2 รูปแบบ คือ สัญลักษณ์กากบาทสีเหลือง เกิดภายในกระบวนการ โดยสามารถเกิดได้ทุกกระบวนการที่มีการผลิต ยกเว้นกระบวนการที่ 4 เป็นกระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน จึงไม่มีการสูญเสียภายใน และสัญลักษณ์กากบาทสีฟ้า คือ การสูญเสียระหว่างกระบวนการ ที่ตรวจพบระหว่างกระบวนการ เช่น จากกระบวนการที่ 1 ไปยังกระบวนการที่ 2 เป็นต้น



รูปที่ 1.9 ความแตกต่างของการสูญเสียทั้ง 2 รูปแบบ

เพื่อให้เกิดความเข้าใจจึงทำการยกตัวอย่างการสูญเสียทั้ง 2 รูปแบบ ที่กระบวนการดูดอากาศ (Exhaust process) ดังแสดงในรูปที่ 1.10



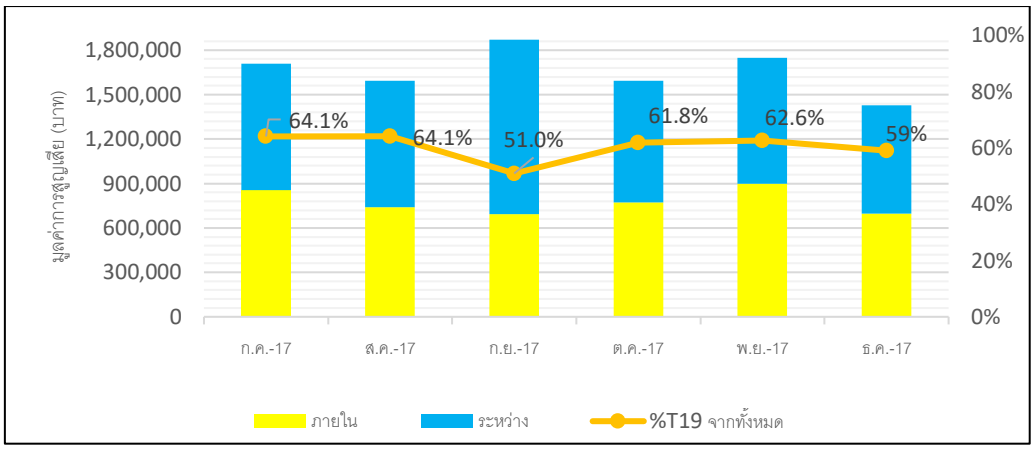
รูปที่ **1.10** การสูญเสียที่เกิดของกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ

ผู้วิจัยจึงทำการติดตามผลข้อมูลของการสูญเสียทั้ง 2 ประเภท ตั้งแต่แต่เดือนกรกฎาคม 2017 - เดือนธันวาคม 2017 โดยแบ่งออกเป็นการสูญเสียที่เกิดทั้งหมดและการสูญเสียของหลอดไฟหน้ารุ่น T19 ดังแสดงในตาราง ที่ 1.1 เป็นหลอดไฟตามประเภท ดังรูปที่ 1.11

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบการสูญเสียภายในและระหว่างกระบวนการผลิตของทั้งหมดและไฟหน้า T19

การสูญเสีย	ประเภทหลอดไฟ	เดือน (บาท)					
		ก.ค.-17	ส.ค.-17	ก.ย.-17	ต.ค.-17	พ.ย.-17	ธ.ค.-17
การสูญเสียภายในกระบวนการผลิต	ทุกประเภท	855,510	740,012	694,220	770,879	897,261	695,354
	ไฟหน้า T19	582,200	522,306	455,500	470,721	579,567	406,242
การสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิต	ทุกประเภท	853,896	852,862	1,178,030	822,421	850,202	732,214
	ไฟหน้า T19	513,473	498,415	498,415	514,650	513,940	435,760
รวมการสูญเสีย	ทุกประเภท	1,709,406	1,592,874	1,872,250	1,593,299	1,747,463	1,427,568
	ไฟหน้า T19	1,095,673	1,020,722	953,915	985,371	1,093,507	842,003
	%T19 จากทั้งหมด	64.10%	64.08%	50.95%	61.84%	62.58%	58.98%

จากตารางเปรียบเทียบจึงนำมาทำกราฟแสดงการเปรียบเทียบดังรูปที่ 1.11 โดยแสดงให้เห็นว่าการเกิดข้อบกพร่องในแต่ละเดือนมีการเกิดทั้ง 2 ประเภทในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน และการเกิดการสูญเสียของไฟหน้า T19 มีอัตราการเกิดมากกว่าครึ่งหนึ่งเมื่อเทียบกับการเกิดทั้งหมด ในช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล และมีแนวโน้มไม่ลดลง



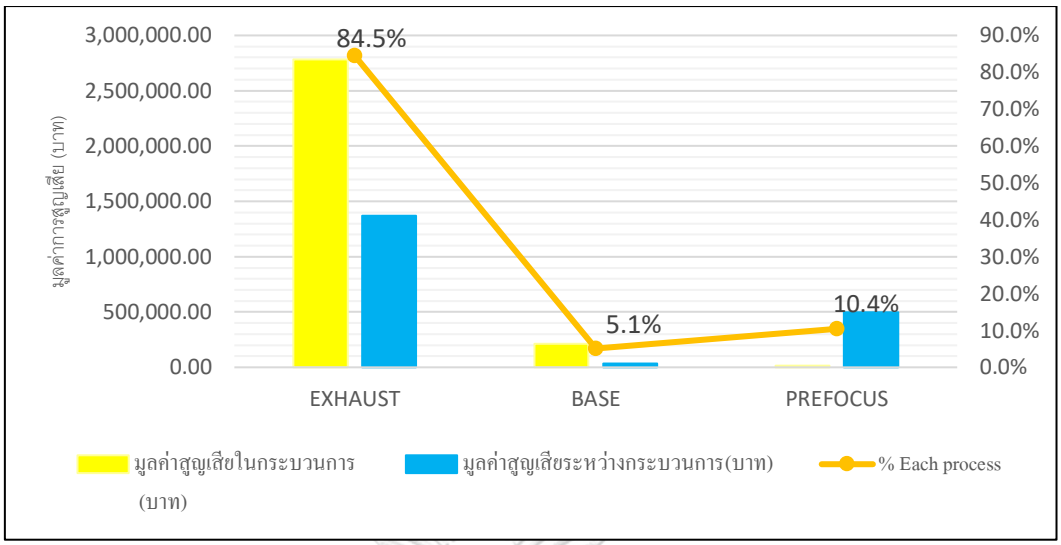
รูปที่ 1.11 เปรียบเทียบมูลค่าของเสียรายเดือนทุกกระบวนการของแต่ละประเภทหลอดไฟโดยแบ่งเป็นของเสียแต่ละประเภท

เมื่อพิจารณาข้อมูลการสูญเสียของหลอดไฟหน้าประเภท T19 ในแต่ละเดือนแล้วนั้น จึงทำการศึกษาข้อมูลการสูญเสียของแต่ละกระบวนการผลิตของ T19 เพื่อนำไปสู่การค้นหาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องได้ โดยดูได้จากตารางที่ 1.2 ที่แสดงมูลค่าการสูญเสียของแต่ละกระบวนการ โดยแบ่งออกเป็นการสูญเสียในกระบวนการและระหว่างกระบวนการ และได้คำนวณมูลค่าการสูญเสียเทียบเป็นร้อยละจากมูลค่าการสูญเสียทั้งหมด โดยใช้ข้อมูลมูลค่าการสูญเสียตั้งแต่เดือน กรกฎคม 17 - เดือนธันวาคม 17 ซึ่งเป็นช่วงเวลาก่อนการปรับปรุง และเพื่อให้เกิดความเข้าใจจึงจัดทำกราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบที่แสดงในรูปที่ 1.12

ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบมูลค่าของการสูญเสียในและระหว่างกระบวนการผลิตของหลอดไฟประเภท T19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กระบวนการ (Process)	มูลค่าสูญเสียในกระบวนการ (บาท)	%แยกกระบวนการ	มูลค่าสูญเสียระหว่างกระบวนการ (บาท)	%แยกกระบวนการ
EXHAUST	2,785,192.54	92%	1,370,520.93	72%
BASE	214,849.21	7%	36,428.64	2%
PREFOCUS	16,494.58	1%	496,678.69	26%
ALL	**3,016,536.33**	**100%**	**1,903,628.26**	**100%**



รูปที่ 1.12 กราฟแท่งเปรียบเทียบมูลค่าการสูญเสียในและระหว่างกระบวนการและร้อยละของแต่ละกระบวนการผลิตของหลอดไฟหน้ารุ่น T19

จากการเก็บข้อมูลการสูญเสีย 6 เดือน ทำให้เห็นว่า กระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศมีอัตราการสูญเสียมากที่สุดถึงร้อยละ 84.5 เมื่อเทียบกับทุกกระบวนการ โดยการสูญเสียในกระบวนการผลิต กระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศมีมูลค่าการสูญเสีย คิดเป็นร้อยละ 92 จากมูลค่าตการสูญเสียทั้งหมด และการสูญเสียระหว่างกระบวนการ คือจากกระบวนการดูดอากาศไปยังกระบวนการประกอบฐาน มีการสูญเสียคิดเป็นร้อยละ 72 เมื่อเทียบกับมูลค่าทั้งหมด หากคำนวณมูลค่าการสูญเสียรวม ทำให้กระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศมีอัตราการสูญเสียคิดเป็นร้อยละ 84.5 จากมูลค่าการสูญเสียทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศของหลอดไฟหน้าประเภท T19 เนื่องจากข้อมูลจำนวนในการขาย ยอดขาย ต้นทุนการผลิต ต้นทุนต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์ มูลค่าการเกิดการสูญเสีย ทำให้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการเลือกหัวข้อเพื่อตั้งเป้าหมายในการปรับปรุงในส่วนดังกล่าว เพื่อให้เกิดมูลค่าของการปรับปรังมากที่สุด เนื่องจากมีอัตราการเกิดมากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งใช้หลักการพาเรโต มาทำการยืนยันการเลือกหัวข้อปัญหาที่ปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้น

1.6 **วัตถุประสงค์ของงานวิจัย**

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อลดการสูญเสียของกระบวนการ

1.7 **ขอบเขตของงานวิจัย**

ขอบเขตของงานวิจัยนี้ มีดังต่อไปนี้

1) ทำการศึกษาเฉพาะโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งหมายถึงโรงงานผลิตอุปกรณ์ส่องสว่างสำหรับยานยนต์

2) ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ส่องสว่าง คือ หลอดไฟหน้าชนิด T19 เท่านั้น

3) ทำการศึกษาเพื่อลดปริมาณการสูญเสียในการผลิตของกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศเท่านั้น

1.8 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนของการดำเนินงานวิจัย มีดังต่อไปนี้

1) ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2) ศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ และสภาพการดำเนินงานของโรงงาน
3) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลปริมาณการสูญเสียของการผลิต
4) วิเคราะห์ข้อมูลการสูญเสียและค้นหาข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ที่ก่อให้เกิดการสูญเสีย ด้วยการประยุกต์ใช้แนวทางการประเมินข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) และหัวข้อบกพร่องที่ต้องดำเนินการแก้ไข
5) ค้นหาแนวทางการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาด้วยระดมความคิดจากจากการวิเคราะห์ด้วยแผนผังเหตุและผล และหลัก 3 จริง
6) ดำเนินการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่อง
7) สร้างระเบียบวิธีการปฏิบัติที่เป็นมาตรฐาน
8) ประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงหลังการแก้ไขและเปรียบเทียบ และติดตามผลการแก้ไขโดยใช้ข้อมูลทางสถิติ
9) สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ
10) จัดทำรูปเล่มรายงานวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.9 **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ มีดังต่อไปนี้

1) สามารถลดการสูญเสียในกระบวนการผลิต โดยสามารถสะท้อนไปยังต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ได้จากการปรับปรุง

2) สามารถขยายผลไปยังผลิตภัณฑ์หลอดไฟประเภทอื่นได้ เนื่องจากมีกระบวนการผลิตที่ใกล้เคียงกัน

3) เข้าใจทฤษฎีและหลักในการประเมินข้อขัดข้องและผลกระทบได้

4) สามารถค้นหารากของปัญหาข้อบกพร่องแต่ละปัญหาได้

5) สามารถนำไปเป็นประยุกต์ใช้กับโรงงานที่มีการผลิตสินค้าประเภทอื่นได้ ในกรณีที่มีการสูญเสียในระหว่างกระบวนการ เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในการดำเนินงานศึกษางานวิจัยนี้ ได้ทำการทบทวนทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้องทั้งด้านหลักการ ด้านการบริหารการผลิตและวิธีการวิเคราะห์กระบวนการ ปัญหาและสาเหตุ ข้อบกพร่องและผลกระทบ การควบคุมคุมภาพ รวมทั้งกระบวนการในการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดจากการผลิต

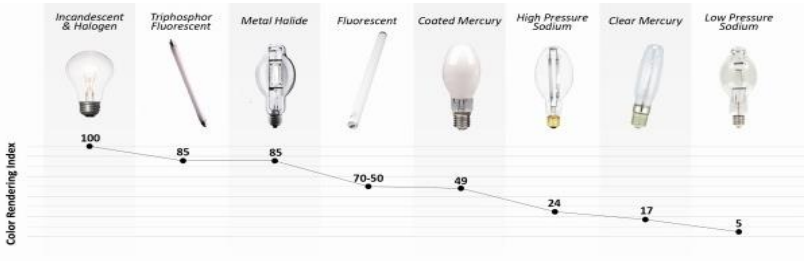
2.1.1 หลอดไฟเผาไส้

หลอดเผาไส้หรือหลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent Lamp) โดยส่วนใหญ่ไส้หลอดทำจากทังสเตน (Tungsten) เป็นให้แสงสว่างโดยการให้ความร้อนแก่ไส้หลอดที่เป็นลวดโลหะกระทั่งมีอุณหภูมิสูงและเปล่งแสงออกมาเพื่อให้แสงสว่าง หลอดไส้ผลิตออกมาหลายขนาด กำลังส่องสว่างและอัตราทนความต่างศักย์ ตั้งแต่ 1.5 โวลต์ถึงราว 300 โวลต์ หลอดประเภทนี้ไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์ควบคุมภายนอก มีค่าบำรุงรักษาต่ำ และทำงานได้ดีเท่ากันทั้งไฟฟ้ากระแสสลับหรือกระแสตรง ด้วยเหตุนี้ หลอดไส้ร้อนแบบธรรมดาจึงใช้กันอย่างกว้างขวางในครัวเรือนและไฟฟ้าใช้ในเชิงพาณิชย์ตลอดจนไฟฟ้าแบบพกพา อย่างเช่น ไฟตั้งโต๊ะ ไฟหน้ารถยนต์ และไฟฉาย และไฟฟ้าสำหรับตกแต่งและโฆษณา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.2 คุณสมบัติที่เหนือกว่าของหลอดไฟเผาไส้

หลอดไส้ก็มีข้อดี คือมีค่า Color Rendering Index (CRI) สูงที่สุดเมื่อเทียบกับหลอดไฟชนิดอื่น ๆ ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงเปรียบเทียบค่า CRI ของหลอดไฟชนิดต่าง

ที่มา : (ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์, 2559)

ค่า CRI คือตัวเลขที่แสดงถึงความสามารถของแสงว่าทำให้เรารับรู้สีของวัตถุต่าง ๆ ใกล้เคียงกับการรับรู้จากแสงมาตรฐาน (เช่นแสงแดด) มากน้อยเพียงใด การที่หลอดไส้มีค่า CRI สูงกว่าใครเพื่อนสามารถเข้าใจได้จากรูปที่ 2.1 คือจะเห็นได้ว่าแสงของหลอดไส้ที่เกิดจากกระบวนการเปล่งแสงจากวัตถุร้อน (incandescence) ที่ไส้โลหะทังสเตนของหลอดร้อนประมาณ 2,700 องศาเซลเซียส เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านนั้น มีความยาวคลื่นครอบคลุมช่วงกว้างที่เทียบเท่ากับแสงแดด

2.2 ความหมายของการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

ในอุตสาหกรรมเกี่ยวกับรถยนต์และชิ้นส่วนรถยนต์ส่วนใหญ่จะดำเนินการผลิตโดยจะต้องมีการควบคุมในด้านคุณภาพ โดยหนึ่งในระบบคุณภาพ QS-9000 ISO/TS-16949 ซึ่งข้อกำหนดพื้นฐานในระบบดังกล่าง คือต้องมีการประเมินการขัดข้องและผลกระทบ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต การประเมิน FMEA มีการเริ่มใช้งานครั้งแรกในปี 1949 ในหน่วยงานอากาศยานทหารของสหรัฐอเมริกา และในช่วงปี 1970 มีการนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมผลิตยานยนต์และใช้กันอย่างแพร่หลายในหลากหลายอุตสาหกรรม(William Carlson, 1997) ตามที่ AIAG (Automotive Industry Action Group) กล่าวถึงความหมายของ FMEA ว่าเป็นเทคนิคสำหรับการเพิ่มความไว้วางใจแก่ผลิตภัณฑ์โดยวิธีการวิเคราะห์ตามหน้าที่ของกระบวนการ ซึ่งจะทำให้เห็นถึงลักษณะของข้อบกพร่อง ที่เกิดมาจากการไม่สอดคล้องกันในกระบวนการผลิต ภายใต้วิธีการนี้ จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์จากผู้ที่มีพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์และความรู้เฉพาะทางด้านการผลิต(AutomotiveInductryActionGroup, 2018)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3 การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบ

การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบ หรือ Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) คือเครื่องมือทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำหนดเพื่อบ่งชี้และการกำจัดปัญหา ความบกพร่องล้มเหลวและความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในระบบงานของการออกแบบกระบวนการ ตลอดจนการบริการก่อนที่จะถึงลูกค้า (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550) สามารถแบ่งออกเป็นหลายชนิดตามการนำไปใช้ สามารถแบ่งได้ตามวิธีการนำไปใช้งาน คือ

Design FMEA (DFMEA) นำไปใช้อย่างแพร่หลายสำหรับการวิเคราะห์ผลและการแก้ไขงานที่มีการทดลองหรือปฏิบัติเป็นครั้งแรก เช่น ผลิตภัณฑ์ใหม่ มักจะพิจารณาตามหน้าที่การใช้งานตามที่

ออกแบบว่ามีความเหมาะสม และมีปัญหาที่สามารถป้องกันได้หรือลดความเสี่ยงจากการเกิดปัญหาให้ได้มากที่สุด

Process FMEA (PFMEA) นำไปใช้อย่างแพร่หลายในลักษณะเดียวกับ Design FMEA แต่จะพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลในการผลิต ตามการประเมินเหตุและผล ในหัวข้อ 4M1E คน เครื่องจักร วัตถุดิบ วิธีการ และสภาพแวดล้อมของการผลิต โดยจะมุ่งเน้นการลดโอกาสการเกิดและการตรวจจับปัญหาได้

System FMEA สำหรับการออกแบบหรือการปรับปรุงระแบบการทำงานมักจะอยู่ในขั้นตอนของ FMEA ชนิดอื่น ๆ ได้แก่ การสร้างแนวความคิดในการออกแบบ และกำหนดรายละเอียดระบบงาน การออกแบบ การพัฒนา การทดลอง และการประเมินผลของระบบ

Service FMEA เป็นการประเมินความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการเป็นสำคัญ โดยปัจจัยที่มีความสำคัญในการประเมินนี้คือ คน

โดยทั่วไปเป้าหมายของการประเมิน FMEA จะมีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

1) เพื่อทราบและประเมินแนวโน้มของข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการ และผลกระทบที่เกิดจากข้อบกพร่องข้างต้น โดยใช้การประเมินจากข้อมูลในอดีต และสามารถทราบถึงสาเหตุและผลของแต่ละข้อบกพร่อง
2) การบ่งชี้วิธีการที่จะสามารถกำจัดหรือลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ได้
3) การดำเนินในการจัดทำตามกระบวนการข้างต้นในรูปแบบเอกสาร

2.4 **แนวความคิดและวิธีการของการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ**

การดำเนินการ FMEA จะต้องมีแนวความคิดพื้นฐาน 3 ประการดังต่อไปนี้

1) คณะทำงานที่ถูกจัดตั้งขึ้น มีจำนวนสมาชิกประมาณ 6 – 8 คน โดยต้องอยู่ในระดับการจัดการและยังต้องมีความรู้ทางวิศวกรรมและความรู้เฉพาะทางในด้านผลิตภัณฑ์หรือเทคโนโลยีการผลิตนั้น ๆ อย่างดี

2) การวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการและผลิตภัณฑ์ เพื่อบ่งชี้หน้าที่ของทั้งผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต นำไปสู่การบ่งชี้ถึงข้อบกพร่อง (Failure) ที่คาดว่าจะเกิด และจะมีลักษณะของข้อบกพร่อง (Failure Mode) ที่เกิดจากการไม่ได้รับการตอบสนองของหน้าที่ โดยจะพิจารณาถึงแนวคิดในการทำงานของกระบวนการ (Process Concept) เพื่อใช้ในการบ่งบอกถึงสาเหตุที่มีความเป็นไปได้ที่ก่อให้เกิดลักษณะของข้อบกพร่อง เมื่อวิเคราะห์หน้าที่ของผลิตภัณฑ์และกระบวนการเพื่อ

กำหนดลักษณะข้อบกพร่อง และได้มีการกำหนดถึงสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบจากข้อบกพร่องแล้ว คณะทำงานจะต้องทำการประเมินค่าความเสี่ยง (Risk) โดยอาศัยทั้งความรู้ ข้อมูลในอดีตและข้อมูลทางสถิติเพื่อทำการประเมินก่อนและหลังของความเสี่ยง เรียกว่า ดัชนีความเสี่ยง (Risk Priority Number ;RPN) สามารถคำนวณจาก

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

โดย S = ความรุนแรง (Severity) ที่พิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นแก่ลูกค้า
O = โอกาสในการเกิดขึ้น (Occurrence) ที่พิจารณาจากความเป็นไปได้ของสาเหตุ
D = ความสามารถในการตรวจพบหรือตรวจจับ (Detection) พิจารณาจากคุณสมบัติด้านความสามารถของระบบการควบคุมที่ใช้งานในปัจจุบัน

โดยในแต่ละหัวข้อมีระดับการจัดลำดับที่แตกต่างกันตั้งแต่ 1 – 10 ซึ่งในแต่ละลำดับมาจากคู่มือการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษานี้ เมื่อทำการวิเคราะห์ดัชนีความเสี่ยง RPN ของลักษณะข้อบกพร่อง ที่จะมีค่าตั้งแต่ 1 – 1000 จะพิจารณาตามหลักเกณฑ์การตัดสินเพื่อนำหัวข้อความเสี่ยงไปดำเนินการ

3) การดำเนินการแบบต่อเนื่องและไม่สิ้นสุด

แนวความคิดสุดท้ายนี้ ของ FMEA คือ การปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและไม่สิ้นสุด ซึ่งหมายถึงต้องมีการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวกับ FMEA อยู่เสมอ

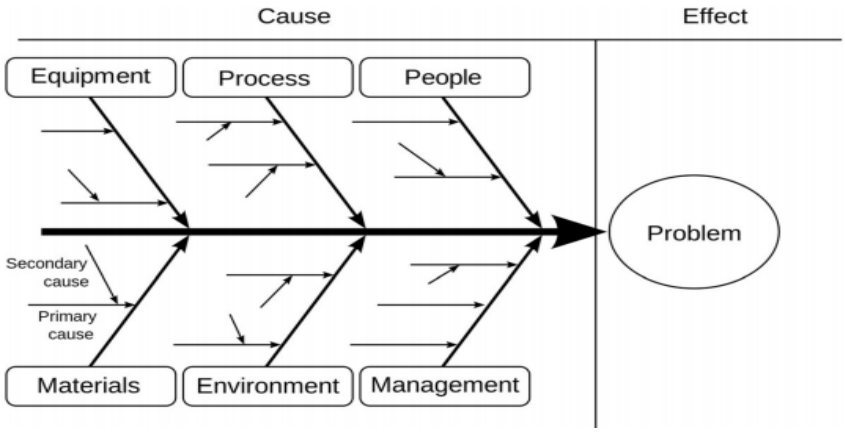
2.5 เครื่องมือทางสถิติและเครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เครื่องมือทางสถิติและเครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหา มี 5 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA) คือวิธีการที่ใช้ในการชี้บ่งความผันแปรที่เกิดขึ้นในการวัด ซึ่งจะบอกได้ถึงปริมาณผลกระทบหรือความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวัดเป็นการ เพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการ ระบบการวัดที่ดีต้องมีความแม่น (Accuracy) คือ การวัดค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าจริง และต้องมีความเที่ยง (Precision) คือ การวัดค่าที่ได้หลาย ๆ ครั้งมีค่าใกล้เคียงกัน

2) แผนผังสาเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) หรือแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เป็นแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) และสาเหตุทั้งหมดที่ก่อให้เกิดปัญหา (All causes) แบ่งหมวดหมู่เป็น 6M 1E: Man, Machine, Material, Method, Measurement, Management และ Environment



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของแผนผังสาเหตุและผล

3) เอกสารวิธีการทำงาน (Work Instruction: WI) เป็นเอกสารคู่มือการปฏิบัติงานอธิบายถึงขั้นตอนวิธีการทำงานและวิธีการควบคุมกระบวนการ เพื่อให้การปฏิบัติงานลุล่วงไปด้วยดีเป็นไปตามวิธีการเดียวกัน อีกทั้งยังเป็นแนวทางการทบทวนและตรวจติดตามคุณภาพภายใน

4) เครื่องมือคุณภาพพื้นฐาน 7 อย่าง (7 QC Tools) (วันเฉลิม วรรณสถิตย์, 2560)

เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด เป็นสิ่งที่ช่วยพัฒนาและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องมือเหล่านี้เป็นการรวบรวมและประยุกต์ใช้วิธีการทางสถิติ การใช้หลักการทางด้านเหตุผล และศาสตร์ความรู้ในด้านต่าง ๆ มารวบรวม และเลือกใช้ในการจัดการกับปัญหาแต่ละชนิด เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิดนี้ มีที่มาจากองค์กรหนึ่งในประเทศญี่ปุ่น ชื่อว่า Union of Japanese Scientists and Engineers และกลุ่ม Quality Control Research Group ซึ่งได้ถูกจัดตั้งขึ้น ในปี ค.ศ. 1946 เพื่อค้นคว้าและทำการศึกษา ตลอดจนเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบการควบคุมคุณภาพให้กับอุตสาหกรรมภายในประเทศของญี่ปุ่น โดยมีจุดหมายเพื่อพัฒนาคุณภาพสินค้าของญี่ปุ่นให้สามารถเข้าสู่การแข่งขันในตลาดโลกได้อย่างทัดเทียมประเทศผู้นำทางเศรษฐกิจในสมัยนั้นอย่างอเมริกา และกลุ่มประเทศยุโรปตะวันตก

จากนั้นได้มีการกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standards) หรือ JIS marking system ได้นำมาบังคับใช้เป็นกฎหมายในปี ค.ศ. 1950 และยังได้มีการเปิดสัมมนาทางวิชาการด้านการควบคุมคุณภาพให้แก่ผู้บริหารระดับต่าง ๆ และวิศวกรในประเทศ โดยมีผู้เชี่ยวชาญระดับโลกอย่าง Dr. W. E. Deming เป็นผู้นำในโครงการ นับเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาคุณภาพ ซึ่งต่อมาก็ได้มีการตั้งรางวัล Deming Prize อันมีชื่อเสียงทั่วโลก เพื่อมอบให้กับองค์กรอุตสาหกรรมหรือโรงงานที่มีการพัฒนาด้านคุณภาพดีเด่นของญี่ปุ่น

ต่อมาในปี ค.ศ. 1954 ทางญี่ปุ่นได้เชิญ Dr. J. M. Juran มาทำการฝึกอบรมเกี่ยวกับหลักการควบคุมคุณภาพ เพื่อสร้างรากฐานความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริหารระดับสูงขององค์กรในการนำเทคนิคเหล่านี้มาใช้งาน โดยได้รับความร่วมมือจากพนักงานทุกฝ่าย นับเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาและรวบรวมเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ ทั้ง 7 ชนิด ที่เรียกกันว่า 7 QC Tools มาใช้อย่างแพร่หลายจนทุกวันนี้

เครื่องมือคุณภาพทั้ง 7 ชนิด มีดังต่อไปนี้

1) แผ่นรายการตรวจสอบ (Check Sheet) คือ แบบฟอร์มที่การออกแบบไว้เพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

2) แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) คือ แผนภาพสำหรับวิเคราะห์และเรียงลำดับความสำคัญของปัญหาใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาตามกฎ 80:20 หมายความว่า ปัญหาที่มีความสำคัญมากจำนวน 80% มักจะมีสาเหตุมาจากประมาณ 20% ของสาเหตุทั้งหมด ในขณะที่อีกประมาณ 80% ของสาเหตุจะมีผลต่อปัญหาที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยอีกจำนวน 20% ของปัญหานั้น ชื่อแผนภูมิมีที่มาจากชื่อของนักเศรษฐศาสตร์ชาวอิตาเลียนชื่อ Vilfredo Federico Damaso Pareto

3) แผนภาพแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) หรือผังก้างปลา (Fishbone Diagram) คือ ผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลกับสาเหตุหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้เริ่มนำผังนี้มาใช้ในปี ค.ศ.1953 คือ Kaoru Ishikawa

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) ฮีสโตแกรม (Histogram) เป็นแผนภูมิแท่งที่บอกถึงความถี่ที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นความถี่นั้น ๆ โดยแต่ละแท่งจะวางเรียงติดกัน แกนนอนจะกำกับด้วยค่าขอบบนและขอบล่างของชั้นนั้น หรือใช้ค่ากลาง (Midpoint) ส่วนแกนตั้งเป็นค่าความถี่ในแต่ละชั้น ความสูงของแต่ละแท่งจะขึ้นอยู่กับความถี่ที่เกิดขึ้น

5) แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram) คือ ผังที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสองชุดหรือสองตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร

6) กราฟ (Graphs) คือ เครื่องมือใช้ในการนำเสนอข้อมูล มีหลายรูปแบบ เช่น กราฟเส้น แท่ง วงกลม เป็นต้น

7) แผนภูมิควบคุม (Control Chart) คือ แผนภูมิที่ใช้สำหรับเฝ้าติดตามค่าตัวแปรที่ต้องการควบคุมคุณภาพ โดยการติดตามผลชองข้อมูลที่เกิดขึ้น เทียบกับ Spec. และขีดจำกัดบน – ล่าง (Control limit) ที่ได้ทำการคำนวณไว้ตามวิธีการทางสถิติ

5) วงจรการบริหารงานคุณภาพ PDCA

PDCA (Plan, Do, Check, Act) คือ วงจรที่พัฒนาที่ใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการคุณภาพ เพื่อช่วยในการปรับปรุงกระบวนการทำงาน และค้นหาปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน โดยกระบวนการ PDCA เป็นเครื่องมือที่สำคัญการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) โดยส่วนประกอบหลักของกระบวนการ PDCA ประกอบด้วย การวางแผน (Plan) การดำเนินการ (Do) การตรวจสอบ (Check) และการปรับปรุงแก้ไข (Act) (โดยการนำวงจร PDCA ไปใช้ทำให้กระบวนการถูกปรับปรังได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5) หลัก 3 จริง (3 Gen) ของการปรับปรุง (Kaizen)

Derochanawong (2015) ได้กล่าวถึงหลักการ 3 จริงนี้ว่า หลักการนี้เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการค้นหาสาเหตุและแนวทางในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและตรงจุดที่สุด ซึ่งต้องควบคุมไปกับคนที่ทำงานจริงที่หน้างานที่จะมีความเข้าใจหน้างานมากที่สุด เพื่อให้เป็นข้อมูลที่เป็นความจริง โดยต้องมาจากการสัมภาษณ์จากพนักงานที่ทำงานหน้างาน ซึ่งหลักการนี้ได้มาจากหลักการของญี่ปุ่น ประกอบด้วย 3 หัวข้อหลัก (Ferraro, 2016) ได้แก่

- Genba (เก็นบะ) หรือ the shop floor หรือ สถานที่จริง หมายถึง สถานที่ที่เกิดปัญหาข้อขัดข้อง ซึ่งทำให้เห็นหน้างานจริงและได้พูดคุยกับผู้ปฏิบัติงานช่างเทคนิค ทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น

- Genbutsu (เก็นบุทสึ) หรือ the actual product หมายถึง ชิ้นงานจริง เพื่อให้เห็นความผิดปกติที่เป็นของจริง และสามารถพิจารณาอย่างละเอียดด้วยตาของผู้วิเคราะห์

- Genjitsu (เก็นจิทสึ) หรือ the fact หมายถึง ข้อเท็จจริง หมายถึง การตรวจสอบข้อมูลรอบด้านที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งอาจมีการรวบรวมข้อมูลทางสถิติมาบ้างแล้วในเบื้องต้น แต่ต้องทำการพิจารณาจากข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นด้วย

โดยวิธีการปรับปรุงนี้ เป็นวิธีที่นำไปใช้ง่าย สามารถเข้าใจได้ง่าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.6 เทคนิคการเพิ่มผลผลิต โดยการลดความสูญเสีย

วิทยา อินทร์สอน ได้กล่าวไว้ว่า เทคนิคการเพิ่มผลผลิตโดยการลดความสูญเสียในถานประกอบการหรือโรงงานอุตสาหกรรม ผู้ประกอบกิจการจะต้องตระหนักและให้ความสำคัญในเรื่องการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ดังนั้นเทคนิคการเพิ่มผลผลิตโดยการลดความสูญเสีย มีหลายวิธีด้วยกันดังนี้

1) เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และหลักการ ECRS

การใช้หลักการ 5W1H ร่วมกับหลักการ ECRS 5W1H เป็นแนวทางในการตรวจพิจารณาปัญหาอย่างรอบคอบ ไม่ว่าปัญหานั้นจะเป็นงานวิเคราะห์ทั้งระบบ หรือบางส่วนของระบบ โดยการวิเคราะห์ปัญหา โดยการใช้เทคนิค 5W1H ในการคิดวิเคราะห์แบบแก้ปัญหา จะใช้ในขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูล และทดสอบ สมมติฐาน มีรายละเอียด ปัญหาคืออะไร หรือ อะไรคือปัญหา ดังนั้นในการวางแผนควบคุมการผลิตผู้บริหารโรงงาน หรือผู้ประกอบกิจการควรใช้หลัก 5W+1H โดยการตั้งคำถามเป็นขั้นตอนตามลำดับดังนี้

- Who ใคร (ในเรื่องนั้นมีใครบ้าง)
- What ทำอะไร (แต่ละคนทำอะไรบ้าง)
- Where ที่ไหน (เหตุการณ์หรือสิ่งที่ทำนั้นอยู่ที่ไหน)
- When เมื่อไหร่ (เหตุการณ์ หรือสิ่งที่ทำนั้น ทำเมื่อวัน เดือน ปี ใด)
- Why ทำไม (เหตุใดจึงได้ทำสิ่งนั้น หรือเกิดเหตุการณ์นั้น ๆ)
- How อย่างไร (เหตุการณ์หรือสิ่งที่ทำนั้นทำเป็นอย่างไรบ้าง)

2) หลักการ ECRS

ECRS เป็นหลักการที่ประกอบด้วยการกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และการทำให้ง่าย (Simplify) ซึ่งเป็นหลักการง่าย ๆ ที่สามารถใช้ในการเริ่มต้นลดความสูญเปล่าหรือ MUDA ลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- การกำจัด (Eliminate) คือการพิจารณาการทำงานปัจจุบันและพยายามกำจัดความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการที่พบออกไป คือการผลิตมากเกินไป การรอคอย การเคลื่อนที่/เคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น การทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์ การเก็บสินค้าที่มากเกินไป การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น และของเสีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- การรวมกัน (Combine) คือการพิจารณาว่าสามารถรวมขั้นตอนการทำงานให้ลดลงได้หรือไม่ เช่น จากเดิมเคยทำ 5 ขั้นตอนก็รวมบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน ทำให้ขั้นตอนที่ต้องทำลดลงจากเดิม

- การจัดใหม่ (Rearrange) คือ การจัดขั้นตอนการผลิต และบริการใหม่เพื่อให้ลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น หรือ การรอคอย เช่นในกระบวนการผลิต หากทำการสลับขั้นตอนที่ 2 กับ 3 โดยทำขั้นตอนที่ 3 ก่อน 2 จะทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ลดลง เป็นต้น

- การทำให้ง่าย (Simplify) หมายถึง การจัดรูปแบบของเอกสารให้เข้าใจง่ายและสะดวกเหมาะสมกับการใช้งาน หรือเป็นการปรับปรุงการทำงานให้ง่ายและสะดวกขึ้น โดยอาจจะออกแบบจิ๊ก (Jig) หรือฟิกเจอร์ (Fixture) เข้าช่วยในการทำงานเพื่อให้การทำงานสะดวกและแม่นยำขึ้น ซึ่งสามารถลดของเสียลงได้ จึงเป็นการลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นและลดการทำงานที่ไม่จำเป็น

2.6 **งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

สฤษดิ์ วรวิบูล (2545) วิจัยและวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมด้วยการเปลี่ยนค่าขนาดล็อคในการผลิต โดยเปลี่ยนค่าจำนวนแพดต่อสคริปและขนาดล็อตในการผลิต และทดสอบการโหลดงานแบบโหลดทั้งคำสั่งผลิตเพียงครั้งเดียวและแบบแบ่งการโหลดหลายครั้ง โดยใช้วิธีการประเมินทุกทางเลือก และใช้หลักการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองโดยใช้กลไกการหาคำตอบของเจเนติกอัลกอริทึ่มและการสุ่มเลือกคำตอบ เพื่อหาวิธีในการลดการสูญเสียวัตถุดิบในสายการผลิต โดยทดลองกับผลิตภัณฑ์ประเภทแผงวงจรรวม (ไอซี)

ทิพยาภรณ์ หันกิตติกุล (2544) วิเคราะห์การสูญเสียในอุตสาหกรรมผลิตสายไฟฟ้า โดยทำการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิก้างปลา ในหัวข้อวัตถุดิบ คน เครื่องจักร สภาพแวดล้อม และวิธีการทำงาน ทำให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย ในสองหัวข้อหลักคือ การลดความสูญเสียในส่วนของวัตถุดิบ คือ ทองแดง พลาสติก และไนลอน และการลดเวลาในการดำเนินการ โดยทำการแก้ปัญหาทีละหัวข้อที่ได้มีการวิเคราะห์ไว้ตามข้างต้น ทำให้สามารถลดความสูญเสียลงได้

กิตติศักดิ์ อนุรักษ์สกุล (2545) ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์และลดของเสียใน กระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงร่างรถยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA โดยศึกษาระบบการผลิต และของเสียที่เกิดขึ้นแล้วสามารถแจกแจงของเสียได้หลายมิติ เช่น ระดับความรุนแรงและ ความถี่ที่เกิดเป็นต้น ซึ่งผลจากการดำเนินงานพบว่าสัดส่วนของเสียมีอัตราลดลง

อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว (2545) ทำการศึกษาศึกษาเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกระป๋อง โดยใช้หลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ ประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ซิกมา ดำเนินการตามขั้นตอน คือ การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา(Measure) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(Analysis) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve)การควบคุม ตัวแปรต่าง ๆ (Control) และมีการใช้เทคนิค FMEA เพื่อสำรวจปัญหาและใช้แผนผังเหตุและผลในการประเมินหาสาเหตุของปัญหา จากนั้นทำการวิเคราะห์โอกาสในการเกิดปัญหาข้อบกพร่องทีละหัวข้อ เพื่อหาวิธีการแก้ไขด้วยวิธีการทดลองและค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องได้จริง ใช้วิธีการทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ข้อมูลให้ออกมาเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น หลังจากการแก้ไขสามารถลดปัญหาของเสียจากเดิมได้ โดยดูจากแนวโน้มการเกิดของเสียที่วัดค่าจากอัตราของเสียต่อยอดการผลิตในหน่วย DPM ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาได้ ส่งผลกระทบต่อของเสียในกระบวนการผลิตที่ลดลง แต่มีข้อแนะนำในเรื่องการผลิตโดยใช้เครื่องจักรแบบต่อเนื่อง ต้องมีการควบคุมคุณภาพอย่างต่อเนื่อง หากเกิดของเสียอาจะเกิดเป็นการเกิดเป็นแบบต่อเนื่องกันได้

สุรกิจ มัณยานนท์ (2550) ทำการประยุกต์แนวทาง FMEA เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนมาตรวัดแรงดัน โดยทำการประเมินลักษณะข้อบกพร่อง โดยใช้ทีมผู้ชำนาญการทำการประเมินค่าความรุนแรงค่าโอกาสในการตรวจพบ เพื่อนำไปคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยง ในกรณีที่ดัชนีความเสี่ยงตั้งแต่ 100 คะแนนขึ้นไป จะทำการดำเนินการแก้ไข โดยผู้วิจัยมีการปรับปรุงในทุกกระบวนการผลิต และสามารถหาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องได้จากแผนผังเหตุและผล จากนั้นทำการกำหนดมาตรการในการแก้ไข ทำให้ผลการแก้ไขสามารถลดของเสียได้ทุกกระบวนการ

รณชัย ไม้สนธิ์ (2553) ศึกษากระบวนการผลิตยางรถยนต์เพื่อทำการลดของเสียจากการอบยาง โดยใช้เทคนิค FMEA โดยทำการสำรวจข้อบกพร่องทั้งหมดที่เกิดในกระบวนการอบยางและทำการประเมิน FMEA เพื่อค้นหาหัวข้อที่มีคะแนนดัชนีความเสี่ยงมากกว่า 100 คะแนนและทำการแก้ไขหัวข้อของเสียนั้น ท้ายที่สุดสามารถลดเสียจากกระบวนการอบยางได้

Chiozza and Ponzetti (2009) ศึกษากระบวนการทำงานในโรงพยาบาลเพื่อที่จะป้องกันปัญหาในการผิดพลาดและค้นหากระบวนการที่ดีที่สุดสำหรับการผลิตยา โดยใช้เครื่องมือข้อขัดข้องและผลการทบ (FMEA) ในการค้นหาภาวะความรุนแรงที่สูงเพื่อนำไปสู่การป้องกันไม่ให้เกิด โดยจากงานวิจัยนี้สะท้อนไปถึงวงการการแพทย์ว่า สามารถนำเครื่องมือทางวิศวกรรมเข้ามาทำการใช้ได้ในกระบวนการทางการแพทย์ ซึ่งมีทั้งกระบวนการผลิตยาและกระบวนการในห้องทดลองของโรงพยาบาล โดยประยุกต์ใช้เทคนิคนี้เพื่อลดค่าความเสี่ยง RPN ได้ในกระบวนการ cross-matching ของเลือด ซึ่งในกระบวนการที่ดำเนินการแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) การเลือกกระบวนการที่ต้องการศึกษา
2) การจัดตั้งคณะทำงานเพื่อประเมิน
3) รวบรวมและกระจายข้อมูลสำหรับกระบวนการที่ทำการศึกษา
4) ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัย
5) พัฒนาและดำเนินการแก้ไข และตรวจสอบผล

Antonio Scipioni (2002) ศึกษากระบวนการผลิตอาหารที่จะมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยวิธีการประเมิน FMEA และทำการปรับปรุง โดยทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตในส่วนการผลิตเวเฟอร์ ขนมปังกรอบ ซึ่งในการผลิตอาหารจะต้องมีมาตรฐานในการผลิต HACCP ซึ่งเป็นการประเมินถึงความปลอดภัยในอาหาร ในการศึกษานี้จึงได้ผสมผสาน 2 ระบบเข้าด้วยกัน ผลจากการดำเนินการปรับปรุงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและเพิ่มกำลังการผลิตมากขึ้น สำหรับอุตสาหกรรมอาหารยังถือเป็นงานใหม่สำหรับการประเมิน FMEA เนื่องจากก่อนหน้านี้จะนำไปใช้กับการผลิตเครื่องยนต์ รถยนต์ โดยในการประเมิน RPN มาจากค่าความรุนแรง อัตราการเกิดเมื่อเทียบเป็นร้อยละของการผลิต และ การตรวจจับความผิดพลาด โดยได้ทำการตั้งเงื่อนไขการปรับปรุง คือ เมื่อค่าดัชนีความเสี่ยง RPN มากกว่า 50 และเมื่อค่าความรุนแรงสูงมาก และมีการแยกหัวข้อที่ถูกกำหนดว่าเป็น ควรปรับปรุง เพื่อทำการแก้ไขปัญหานั้น ๆ ด้วย โดยทุกการแก้ไขปรับปรุงต้องอยู่ภายใต้ระบบ HACCP คือต้องมีการควบคุมดูแล รูปทรง สี การเจือปนของเชื้อจุลิทรี หีบห่อที่เป็นมาตรฐาน การกำหนดวันหมดอายุ สุดท้ายแล้วผู้วิจัยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้จริงและลดโอกาสเสี่ยงการเกิดของเสียที่มีความรุนแรงสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
การศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

จากการวิเคราะห์ปัญหาเบื้องต้นในบทที่ 1 จึงทำให้ต้องดำเนินการต่อ โดยในบทนี้จะกล่าวถึงสภาพปัจจุบันภายในโรงงานกรณีศึกษา เพื่อนำไปสู่ต้นตอของการเกิดข้อบกพร่องและการแก้ไขปัญหาที่ทำได้ตรงจุด

3.1 **ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา**

จากบทที่ 1 ได้มีการกล่าวถึงข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษาไปแล้ว ในบทนี้จะมีการเพิ่มเติมข้อมูลในส่วนของรายละเอียดโครงสร้างองค์กร ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ การผลิตและกระบวนการตรวจสอบของเสีย เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต กำลังการผลิต วัตถุดิบและโครงสร้างวัตถุดิบ

ในการดำเนินงานศึกษางานวิจัยนี้ ได้ทำการทบทวนทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้องทั้งด้านหลักการ ด้านการบริหารการผลิตและวิธีการวิเคราะห์กระบวนการ ปัญหาและสาเหตุ ข้อบกพร่องและ

ผลกระทบ การควบคุมคุมภาพ รวมทั้งกระบวนการในการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดจากการผลิต

3.1.1 ข้อมูลทั่วไป

- กำลังการผลิตสูงสุดต่อ 1 ไลน์การผลิตประมาณ 40,000 ชิ้นต่อวัน
- พนักงานประจำและชั่วคราว ประมาณ คน
- ลักษณะการปฏิบัติงานแบ่งออกเป็น 2 กะ คือ กะกลางวันและกะกลางคืน โดยมีการดำเนินการผลิตอย่างต่อเนื่อง

โครงสร้างองค์กรของโรงงานมีลักษณะแบ่งออกเป็น ส่วน ดังต่อไปนี้

1) ฝ่ายผลิต ประกอบด้วย โรงงานโคมไฟที่ 1 โรงงานโคมไฟที่ 2 โรงงานโคมไฟที่ 3 โรงงานโคมไฟที่ 5 โรงงานโคมไฟที่ 7 และโรงงานหลอดไฟ โดยจะทำการดูแลการผลิตให้เป็นไปตามกระบวนการที่ถูกต้อง คุณภาพ วัตถุดิบ เรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต เช่น เครื่องจักร วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต พนักงาน วิธีการผลิต เป็นต้น เพื่อให้การดำเนินการผลิตมีประสิทธิภาพ โดยอยู่ภายใต้การควบคุมที่ได้คุณภาพและปริมาณที่สามารถส่งมอบให้แก่ลูกค้าได้

2) ฝ่ายบริหาร ดูแลผลประกอบการขององค์กรให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ และดำเนินการวางแผนการดำเนินการ โดยใช้กลยุทธ์ในการพัฒนาองค์กร ให้สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่องค์กรได้

3) ฝ่ายขาย ดูแลการวางแผนการขายรายปี และทำการพยากรณ์กลไกตลาดที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ เพื่อให้มีปริมาณมากยิ่งขึ้นและบรรลุเป้าหมายที่ฝ่ายบริหารมีการวางแผนไว้

4) ฝ่ายวิจัยและพัฒนา ดูแลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามที่ลูกค้าต้องการ โดยทำการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ล้ำสมัยและสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในการใช้งานจริงกับยานพาหนะ โดยอยู่บนพื้นฐานของความปลอดภัย

5) ฝ่ายบัญชี ดูแลและตรวจสอบรายรับรายจ่ายทั้งหมดขององค์กร จัดทำรายการทางการเงิน บัญชีค่าใช้จ่าย ต้นทุนของการผลิตและการขาย รวมถึงจัดทำงานประมาณและแผนงานงบประมาณ

6) ฝ่ายรับประกันคุณภาพ ดูแลและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามความพึงพอใจของลูกค้า ทั้งการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ การควบคุมเครื่องมือให้เป็นไปตามมาตรฐาน และการสร้างมาตรฐานในการผลิต รวมถึงการฝึกอบรมให้แก่ผู้ปฏิบัติงานให้เข้าใจในการปฏิบัติและสร้างจิตสำนึกในด้านคุณภาพให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน

7) ฝ่ายจัดซื้อ ดูแลการสั่งซื้อวัตถุดิบ และสิ่งสนับสนุนการผลิตทั้งหมด รวมถึงการค้นหาวิธีลดต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธีการหาแหล่งซื้อที่มีคุณภาพดีและราคาต่ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

8) ฝ่ายบุคคลและสาธารณูปโภค ดูแลเกี่ยวกับพนักงานและสาธารณูปโภคภายในโรงงาน เช่น การจ้างงาน การรับพนักงานใหม่ การดูแลเรื่องกฎหมายแรงงาน การจัดฝึกอบรม เป็นต้น และยังรวมไปถึงการสร้างความสัมพันธ์กับชุมชนและส่วนราชการ

9) ฝ่ายความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม ดูแลความปลอดภัยให้กับพนักงานทั้งความปลอดภัยในการทำงานและนอกการทำงาน เพื่อเกิดสภาพแวดล้อมที่ดีในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ซึ่งแต่ละฝ่ายจะมีผู้จัดการฝ่ายภายใต้การอำนวยการของประธานบริษัทและกรรมการบริษัท โดยผู้รับผิดชอบในการบริหารจะขึ้นตรงประธานบริษัท แต่การบริหารภายในองค์กรย่อยของแต่ละส่วนนั้นจะขึ้นอยู่กับผู้จัดการฝ่าย อีกทั้งยังมีการแบ่งย่อยเป็นแต่ละกลุ่มย่อยในฝ่ายแต่ละฝ่ายด้วย โดยส่วนการผลิต ในโรงงานหลอดไฟที่ผู้วิจัยสังกัดอยู่นั้น จะมีการแบ่งย่อยตามกลุ่มย่อยดังต่อไปนี้

ก) แผนกงานผลิต AB1 ผลิตผลิตภัณฑ์ประเภท T19 ต้นกระบวนการผลิต ดูแลการผลิตตั้งแต่กระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ (Exhaust process) และกระบวนการประกอบขั้วหลอดไฟ (Base process)

ข) แผนกงานผลิต AB2 ผลิตผลิตภัณฑ์ประเภท S25 G18 RP30 ต้นกระบวนการผลิต ดูแลการผลิตตั้งแต่กระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ (Exhaust process) และกระบวนการประกอบขั้วหลอดไฟ (Base process)

ค) แผนกงานผลิต AB3 ผลิตผลิตภัณฑ์ประเภท T19 S25 G18 RP30 ท้ายกระบวนการผลิตและตรวจสอบ ดูแลการผลิตในส่วนกระบวนการประกอบแหวนและตั้งทิศทางลำแสง (Pre-focus process) กระบวนการตรวจสอบ (Inspection process)

ง) แผนกงานผลิต MB ผลิตและตรวจสอบผลิตภัณฑ์ประเภท T5 T6.5 T10 T13 ดูแลการผลิตตั้งแต่กระบวนการขึ้นรูปกระเปราะแก้ว(Blowing) กระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ (Exhaust process) และ กระบวนการตรวจสอบ (Inspection process)

จ) แผนกสนับสนุนการผลิต ประกอบด้วย กลุ่มงานฝ่ายบุคคลและต้นทุน กลุ่มงานออกแบบเครื่องจักร และกลุ่มงานการพัฒนากระบวนการและทั่วไป โดยทำการดูแลผลประกอบการของโรงงานหลอดไฟและต้นทุนการผลิต และการออกแบบเครื่องจักร เครื่องมือให้สอดคล้องต่อการใช้งานภายใน

ฉ) แผนกรับประกันคุณภาพและควบคุมคุณภาพ ดูแลควบคุมการผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐาน และทำการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิต ทั้งข้อมูลของเสีย จำนวนและลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ช) แผนกวางแผนและจัดซื้อ ดูแลการวางแผนการผลิตหลอดไฟในทุกกระบวนการ และติดตามผลการผลิต และทำการสั่งซื้อวัตถุดิบและสิ่งสนับสนุนการผลิต

3.2 **ลักษณะผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา**

ลักษณะผลิตภัณฑ์ของโรงงานหลอดไฟ โดยจะต้องทำการประกอบวัตถุดิบเข้าด้วยกัน และต้องใช้ความร้อนในการหลอมละลายแก้วเพื่อขึ้นรูป ประกอบออกมาเป็นหลอดไฟ โดยความแตกต่างของแต่ละรุ่นของหลอดไฟจะแบ่งเป็นรูปทรงและขนาดของกระเปราะแก้ว เช่น หลอดไฟชนิด T19 ตัวอักษร T หมายถึงรูปทรงหลอดไฟจะเป็นรูปทรงกระบอก (Tube) และ หมายเลข 19 คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระเปาะแก้ว 19 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์หลอดไฟในโรงงานกรณีศึกษา

หลอดไฟสำหรับรถยนต์โดยทั่วไปจะมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับการใช้งานที่เหมาะสม โดยคุณสมบัติที่ดีของหลอดไฟที่ควรมีสรุปได้ดังต่อไปนี้

- ให้แสงสว่างที่เหมาะกับการใช้งานและความส่องสว่างได้ตามมาตรฐาน
- อายุการใช้งานได้ตามมาตรฐาน
- ทิศทางแสงได้ตามมาตรฐาน (สำหรับไฟหน้า)
- ทนความร้อนได้สูง
- ทนการกระแทกเมื่อใช้งาน
- อุณหภูมิไม่สูงเกินไปขณะทำการใช้งาน

1) หลอดไฟ (Bulb) คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับยานยนต์ ประกอบด้วย กระเปราะแก้ว ไส้หลอด เส้นลวดนำไฟฟ้า ขั้วหลอดไฟ แหวน หรือวัสดุอื่น ๆ เมื่อทำการติดตั้งเข้ากับโคมไฟของรถยนต์แล้ว ก็จะสามารถส่องสว่างได้ โดยมีทิศทางและเงื่อนไขตามที่กำหนด

2) โครงสร้างพื้นฐานของหลอดไฟ (Basic Structure)

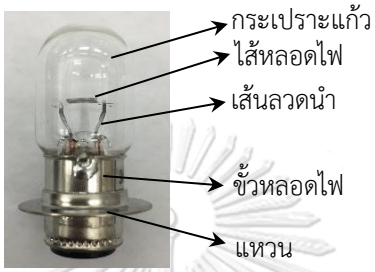
2.1) กระเปราะแก้ว (Glass Bulb) เป็นส่วนนอกสุดที่มองเห็นได้ชัด เป็นส่วนที่ทำให้แสงสว่างส่องผ่านออกมาได้ เนื่องจากเป็นวัตถุโปร่งใส และป้องกันไม่ให้ก๊าซภายนอกเข้าสู่ภายในที่จะทำให้หลอดไฟใช้งานไม่ได้ โดยกระเปราะแก้วจะมีลักษณะที่แตกต่างกันตามการใช้งาน อาจเป็นแบบไม่มีสี หรือแบบสีเหลืองอัมพัน เป็นต้น

2.2) ขั้วหลอดไฟ (Metallic Cap) ใช้สำหรับเป็นฐานในการประกอบหลอดไฟเข้ากับโคมไฟ เพื่อให้ยึดติดได้อย่างดี ไม่หลุดออกจากโคมไฟเมื่อมีการใช้งาน โดยทำการโลหะเพื่อให้สามารถทนความร้อนได้

2.3) ไส้หลอดไฟ (Filament) เป็นส่วนประกอบหลักที่ทำให้เกิดการส่องสว่างได้ เนื่องจากไส้หลอดจะเปล่งแสงเนื่องจากการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ไส้หลอดนี้ เนื่องจากทำมาจากทังสเตน ที่มีคุณสมบัติในการทนความร้อนสูง และเมื่อเกิดความร้อนมากจะทำการเปล่งแสงออกมา

2.4) เส้นลวดนำไฟฟ้า (Lead wire) เป็นส่วนประกอบที่ใช้สำหรับการพยุงไส้หลอดให้คงตัวอยู่ในหลอดไฟ และยังเป็นตัวนำไฟฟ้าไปยังไส้หลอดไฟ

2.5) แหวน (Flange) เป็นส่วนประกอบที่มีเฉพาะหลอดไฟประเภทหลอดไฟหน้าเท่านั้น เนื่องจากเป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดทิศทางของแสงให้อยู่ในระยะที่กำหนด เมื่อนำไปประกอบกับโคมไฟ ทำให้แสงที่ส่องสว่างตกกระทบไปบริเวณด้านหน้าพื้นถนน



รูปที่ 3. 2 ส่วนประกอบและวัตถุดิบของหลอดไฟ

3.3 **การศึกษากระบวนการผลิต**

กระบวนการผลิตหลอดไฟประเภทที่ทำการศึกษาคือหลอดไฟชนิด T19 โดยแบ่งออกเป็นกระบวนการหลัก ทั้งหมด 4 กระบวนการ ได้แก่

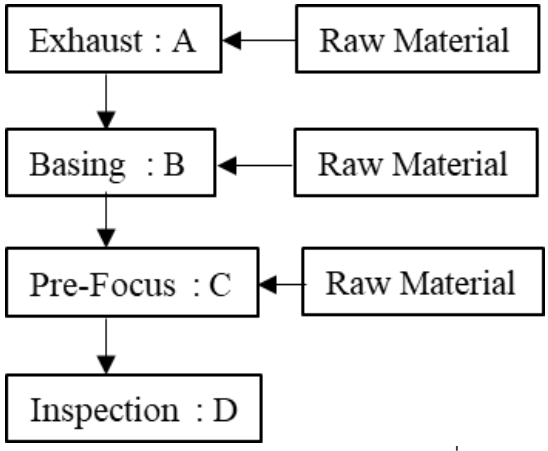
ก) กระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ (Exhaust Process)

ข) กระบวนการประกอบขั้วหลอดไฟ (Base process)

ค) กระบวนการประกอบแหวนและตั้งทิศทางลำแสง (Pre-focus process)

ง) กระบวนการตรวจสอบ (Inspection process)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



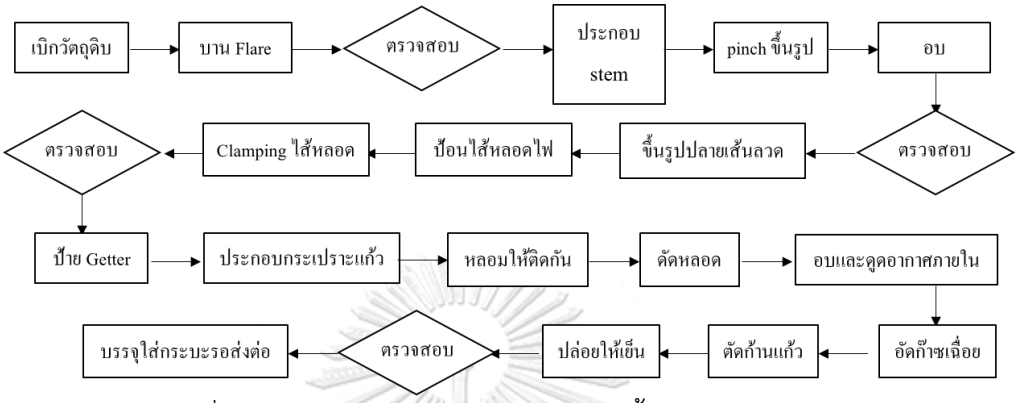
รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตหลอดไฟและสัญลักษณ์แทนชื่อกระบวนการ

3.3.1 กระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ (Exhaust Process): A

เป็นกระบวนการผลิตส่วนแรกที่ทำการขึ้นรูปส่วนฐานของหลอดไฟ โดยมีการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่เครื่องจักรต่อเนื่อง โดยมีกระบวนการย่อย ๆ ดังนี้

1) กระบวนการขึ้นรูปแท่งแก้ว (Flare) นำแท่งแก้วที่เป็นทรงกระบอกตรงกลางมีรูผ่านเข้าสู่เครื่องจักรขึ้นรูปแท่งแก้ว (Flare Machine) ทำการให้ความร้อนโดยใช้เปลวไฟจากแก๊สให้แท่งแก้วมีความอ่อนตัว และทำการขึ้นรูปด้วยการใช้แท่งทรงกระบอกตันเซรามิกกดบริเวณส่วนปลาย โดยส่วนที่ใช้บรรจุแท่งแก้วจะทำการหมุนด้วยความเร็วคงที่ เพื่อให้เปลวไฟโดนแท่งแก้วอย่างทั่วถึง และการบานบริเวณปลายมีขนาดที่เท่ากัน
2) กระบวนการขึ้นรูปฐานของหลอดไฟ (Stem) นำแท่งแก้วที่ผ่านการขึ้นรูปจากกระบวนการบานบริเวณปลาย เส้นลวดนำไฟฟ้า และก้านแก้ว มาป้อนเข้าสู่เครื่องจักรขึ้นรูปฐานหลอดไฟ (Stem Machine) และใช้ความร้อนจากเปลวแก๊สทำการหลอมเนื้อแก้ว และทำการขึ้นรูปให้วัตถุดิบยึดติดกัน ด้วยการบีบเข้าหากันในขณะที่เนื้อแก้วยังอ่อนตัว เมื่อส่วนประกอบถูกยึดติดกันแล้ว จะต้องนำฐานหลอดไฟนี้ผ่านเข้าเตาอบที่ควบคุมอุณหภูมิ เพื่อลดค่าความเครียดให้กับเนื้อแก้ว หากมีความเครียดสะสมที่บริเวณเนื้อแก้วจะทำให้แก้วมีรอยแตกร้าวได้
3) กระบวนการติดไส้ของหลอดไฟ (Mount) นำฐานหลอดไฟ Stem ที่ได้จากกระบวนการก่อนหน้า มาทำการติดไส้ของหลอดไฟเข้าที่ส่วนปลายของเส้นลวดนำไฟฟ้า และทำการป้ายสารดูดเขม่า (Getter) บริเวณฐานของเส้นลวดนำไฟฟ้า โดยวิธีการติดไส้หลอดไฟ มีวิธีการดังนี้ ทำการขึ้นรูปเส้นลวดนำไฟฟ้าส่วนปลายให้เป็นรูปตะขอ นำไส้หลอดไฟวางลงบริเวณตะขอแล้วทำการบีบบริเวณปลายให้มีลักษณะแบน(Clamping) เพื่อให้ปลายของเส้นลวดนำไฟฟ้าสามารถบีบอัดไส้หลอดไว้ไม่ให้หลุดออก
4) กระบวนการเชื่อมติดและดูดอากาศ (Sealing and Exhaust) หลอมขอบเนื้อแก้วกระเปราะแก้วให้ยึดติดกันกับ Mount ที่มาจากกระบวนการก่อนหน้า และทำการตั้งศูนย์กลางในขณะที่เนื้อแก้วอ่อนตัว โดยไส้หลอดจะต้องอยู่บริเวณจุดศูนย์กลางของหลอดไฟ ในระหว่างการหลอมกระเปราะแก้วจะต้องทำการยกเส้นลวดนำไฟฟ้าให้สูงกว่าระดับของเปลวไฟ เพื่อป้องกันเส้นลวดขาดจากความร้อน แล้วจึงนำหลอดผ่านเตาอบ เพื่อกระตุ้นสารดูดซับเขม่าภายในให้ทำงาน และทำการอัดก๊าซไนโตรเจนเพื่อทำความสะอาดภายในหลอดไฟ แล้วจึงอัดก๊าซ

เฉื่อย(ก๊าซคลิปตอนหรือก๊าซอาร์กอน) เพื่อให้ภายในสามารถคงสภาวะสุญญากาศ คือการไม่มีก๊าซออกซิเจนภายในไว้ จากนั้นจึงทำการตัดหลอดแก้วด้วยเปลวไฟเพื่อปิดทางเข้าออกของอากาศ



รูปที่ 3.4 แผนผังการไหลของกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ

3.3.2 กระบวนการประกอบขั้วหลอดไฟ (Base process): B

เป็นกระบวนการผลิตถัดมาที่นำหลอดไฟ (Exhaust Bulb) มาทำการประกอบเข้ากับขั้วหลอดเพื่อการนำไปใช้งานที่ง่ายขึ้น ด้วยการนำไปประกอบเข้าโคมไฟตามช่องที่ถูกออกแบบไว้ โดยมีการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่เครื่องจักรต่อเนื่อง โดยมีกระบวนการย่อย ๆ ดังนี้

1) กระบวนการแยกเส้นลวดนำไฟฟ้า โดยเส้นลวดนำไฟฟ้าแต่ละเส้นจะมีหน้าที่แตกต่างกันโดยเส้นลวดนำไฟฟ้าจะเป็นทั้งหมด 4 เส้น โดยจะเป็น 2 ขั้ว คือ ขั้วบวก ที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าสู่หลอดไฟเพื่อให้ไส้หลอดเกิดความส่องสว่าง และขั้วลบ ที่ทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าออกจากเพื่อให้เกิดเป็นวงจรที่ครบวงจร โดยจะทำการแยกเส้นลวดนำไฟฟ้าด้วยเครื่องจักร โดยใช้ความแตกต่างของความยาวของเส้นลวดนำไฟฟ้าที่ไม่เท่ากันและใช้สวิตช์จำกัดระยะมาใช้ในการแยกความยาวนั้น หลังจากถูกแยกขั้วบวกและลบแล้ว ก็ส่งไปยังกระบวนการถัดไป
2) กระบวนการประกอบหลอดไฟกับขั้วของหลอดไฟ โดยส่งผ่านหลอดไฟที่ผ่านจากแยกเส้นลวดของหลอดไฟแล้ว มาทำการประกอบเข้ากับขั้วของหลอดไฟที่มีรูตาไก่ (Eyelet) สำหรับใส่เส้นลวดขั้วบวกและขั้วลบ โดยขั้วบวกจะถูกประกอบเข้าไปที่ด้านบนของขั้วหลอด โดยจะมี 2 รู เพื่อให้เป็นกระแสไฟถูกจ่ายเข้าที่รูใดรูหนึ่ง ซึ่งเชื่อมต่อไปยังเส้นลวดนำไฟฟ้าที่เชื่อมไปที่ไส้หลอดไฟ ซึ่งไส้หลอดไฟจะมี 2 ไส้ คือ ไส้สำหรับไฟสูงและไฟต่ำ แล้วจึงทำการตัดส่วนเส้นลวดนำไฟฟ้าที่ยาวพ้นจากขั้วของ

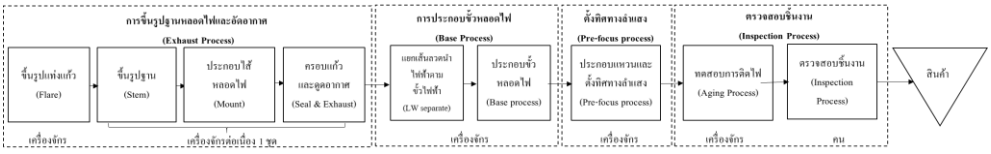
หลอดไฟ ทำการเชื่อมโดยใช้ดีบุกที่จุดดังกล่าวทั้งด้านบนและด้านข้าง แล้วทำการทดสอบการติดไฟ แล้วทำการส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไฟ

3.3.3 กระบวนการประกอบแหวนและปรับตั้งทิศทางของแสง: C

เป็นกระบวนการประกอบระหว่างหลอดไฟ Base Bulb ที่ได้จากกระบวนการก่อนหน้า เข้ากับแหวน แล้วป้อนเข้าสู่เครื่องจักร แล้วทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่หลอดไฟ เพื่อให้เกิดแสง จากนั้นพนักงานจะทำการปรับตั้งหลอด โดยทำการหมุนขึ้นลง ซ้ายขวา ให้จุดแสงที่ตกกระทบลงบนฉากมาตรฐาน เป็นตามที่กำหนด หากจุดแสงอยู่บนพื้นที่ที่กำหนดแล้ว ก็จะเชื่อมติดระหว่างแหวนและหลอดไฟ โดยใช้ดีบุก ซึ่งถูกหลอมด้วยเปลวแก๊ส

3.3.4 กระบวนการตรวจสอบ: D

เป็นกระบวนการสุดท้ายก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้า โดยจะนำหลอดไฟที่ถูกผลิตจนสิ้นสุดกระบวนการมาทำการอัดด้วยแรงดันสูง เพื่อให้อากาศไหลเข้าภายในหลอดไฟบริเวณที่มีรอยแตกร้าวเล็ก ๆ จากนั้นนำหลอดไฟเข้าเครื่องทดสอบการติดไฟ โดยทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่หลอดไฟ ซึ่งจะมีการติดไฟอย่างต่อเนื่องที่แรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน หากหลอดไฟหลอดไฟรอยแตกร้าวที่ถูกดันอากาศเข้าไปในหลอดแล้ว เมื่อผ่านเครื่องตรวจสอบการติดไฟนี้จะทำให้เกิดความร้อนสูงจึงทำให้หลอดที่มีข้อบกพร่องเกิดควันขาว จากนั้นจะมีการตรวจวัดกระแสไฟฟ้า หากอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหลอดไฟนั้นก็จะถูกทำสัญลักษณ์และส่งต่อไปยังพนักงานเพื่อการทำตรวจสอบภายนอกของหลอดไฟต่อไป โดยการตรวจสอบของพนักงานจะมีหัวข้อในการตรวจสอบ หากกระตุ้นให้รอยแตกเล็ก ๆ ในขยายตัวใหญ่ขึ้น ในระหว่างการอัดลมหากมีหลอดไฟที่มีรอยร้าวจะทำให้หลอดไฟนั้น เกิดเป็นควันขาวภายในเนื่องจากมีอากาศจากภายนอกเข้าสู่หลอดไฟและทำตรวจสอบภายนอกตามหัวข้อที่กำหนด เช่น รอยขีดข่วนบริเวณเนื้อแก้วที่กระเปราะแก้ว รอยแตกร้าวทั่วทั้งหลอดไฟ จุดดีบุกที่มีการเชื่อมปิดทุกจุด หรือเศษแก้วที่แตกหักภายในหลอดไฟ เป็นต้น โดยมีขั้นตอนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 3.2 และ 3.3



รูปที่ 3.5 ผังการไหลของทุกกระบวนการผลิตหลอดไฟหน้าประเภท T19

3.4 การศึกษากระบวนรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ

การสูญเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตจะถูกแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ตามที่ได้กล่าวอธิบายไว้ที่บทนำ

3.4.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ

กระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ จะมีการแบ่งเป็นกระบวนการย่อย 3 กระบวนการที่มีเครื่องจักรในการผลิตที่แตกต่างกัน แต่มีการนำมาเชื่อมต่อกัน โดยใช้สายพานในการส่งต่อผลผลิตจากเครื่องหนึ่งไปสู่อีกเครื่องหนึ่ง สาเหตุของการรวมกระบวนการเป็นกระบวนการเดียว เนื่องมาจากมีพนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียว และในการวางระบบการคำนวณผลการผลิตต่าง ๆ เช่น ประสิทธิภาพเครื่องจักร ต้นทุนในการผลิต การบันทึกข้อมูลผลการผลิต ถูกออกแบบกระบวนการผลิตมาในโครงสร้างการผลิตที่มีลักษณะนี้จากบริษัทต้นสังกัดที่ประเทศญี่ปุ่น ที่เป็นผู้ผลิตและคิดค้นกระบวนการผลิตหลอดไฟ แต่สำหรับโรงงานกรณีศึกษานี้ สามารถทำการปรับปรุงการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ต้องอยู่บนพื้นฐานโครงสร้างการผลิตที่ถูกกำหนดไว้

เครื่องจักรจะแบ่งเป็นเครื่องหลัก ทั้งหมด 4 เครื่อง

1) เครื่องจักรสำหรับผลิตแท่งแก้ว (Flare Machine) นำแท่งแก้วผ่านความร้อนเพื่อหลอมบริเวณปลาย โดยให้หัวควบคุมหมุนในขณะที่มีการกดเนื้อแก้ว ทำให้เนื้อแก้วส่วนปลายบานออก
2) เครื่องผลิตฐานของหลอดไฟ (Stem Machine) จะเป็นเครื่องจักรอัตโนมัติ ควบคุมด้วยโปรแกรม PLC มี Head 28 ชิ้น โดยแต่ละ Head จะมีการทำงานที่แตกต่างกัน โดยทุก Head จะโดนให้ความร้อนด้วยเปลวแก๊ส โดยเครื่องจักรแบบโต๊ะหมุน หน้าที่หลักของเครื่องนี้คือ การขึ้นรูปฐานหลอดไฟและการอบอ่อนคลายค่าความเครียด (Strain) ให้กับเนื้อแก้ว
3) เครื่องติดไส้หลอดไฟ (Mount Machine) จะเป็นเครื่องจักรอัตโนมัติ โดยเป็นเครื่องจักรแบบโต๊ะหมุน ควบคุมด้วยโปรแกรม PLC ที่ควบคุม Head แต่ละ Head ทั้งหมด ในเครื่องนี้จะมีการป้อนไส้หลอดไฟตามจังหวะเครื่องจักร ตามการหมุน 1 รอบ คิดเวลาเป็น index time เท่ากับ 2.1 วินาที
4) เครื่องเชื่อมกระเปาะแก้วกับ mount จะมีเครื่องจักรอัตโนมัติโดยเป็นเครื่องจักรแบบโต๊ะหมุน ควบคุมด้วยโปรแกรม PLC ที่จะควบคุม Head แต่ละ Head โดยเครื่องนี้จะทำการหลอดเนื้อแก้วส่วนที่เป็นกระเปาะแก้วด้านล่างให้เชื่อมติดกับ Flare จากชิ้นส่วน Mount และมีการปรับตั้งจุดศูนย์กลางของ Mount ที่ถูกเชื่อมติดแล้วแต่เนื้อแก้วอยู่ในภาวะอ่อนตัว

3.5 **สภาพปัญหาของกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ**

จากสภาพปัญหาในโรงงานกรณีศึกษาพบว่า มีปัญหาการสูญเสียในกระบวนการผลิตและระหว่างกระบวนการผลิตที่เกิดส่วนใหญ่ที่กระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ จากการวิเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 1 ตามข้อมูลในตารางที่ 1.2 และแสดงเป็นกราฟที่รูปที่ 1.12 ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการค้นหาข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดที่กระบวนการนี้ โดยใช้การประยุกต์ใช้เครื่องมือการประเมินข้อขัดข้องและผลกระทบ ซึ่งมีการให้คะแนน 3 ปัจจัย คือ ความรุนแรง โอกาศในการเกิด และความสามารถในการตรวจพบ การให้คะแนนมาจากคณะทำงาน FMEA ที่มีการจัดตั้งตามเงื่อนไขและข้อกำหนดของนโยบายการประเมินของโรงงานกรณีศึกษา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ภาวะความรุนแรง ได้แก่ การประเมินสภาพความเลวร้ายของผลกระทบของข้อขัดข้องที่มีต่อลูกค้า ภาวะรุนแรง ใช้เฉพาะกับผลกระทบเท่านั้น หากลูกค้าที่ได้รับผลกระทบจากข้อขัดข้อง ได้แก่ โรงงานประกอบหรือผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ การประเมินภาวะรุนแรงอาจอยู่นอกเหนือจากความรู้และประสบการณ์ของคณะผู้ทำงาน ในกรณีดังกล่าว ควรให้คำแนะนำปรึกษาต่อการออกแบบ FMEA วิศวกรการออกแบบ และ /หรือวิศวกรกระบวนการในโรงงานหรือโรงงานประกอบถัดไป ภาวะรุนแรงที่กล่าวถึงนี้ ควรได้รับการประมาณไว้เป็นคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 10 สามารถดูได้ตารางที่ 3.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.1 การอธิบายการจัดอับดับในการให้คะแนนภาวะความรุนแรงของผลกระทบ

ระดับ	ภาวะรุนแรงของผลกระทบ	การจัดอันดับ
อันตรายมาก โดยไม่มีการเตือน :	อาจเป็นอันตรายต่อเครื่องจักรหรือพนักงานประกอบ ลำดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มข้อขัดข้องมีผลกระทบกับความปลอดภัยของการใช้งานยานยนต์ และ/ หรือเกี่ยวข้องกับความไม่สอดคล้องกับระเบียบข้อบังคับของราชการ ข้อบกพร่องจะเกิดขึ้นโดยปราศจากการเตือน	10
อันตรายมาก โดยมีการเตือน :	อาจเป็นอันตรายต่อเครื่องจักรหรือพนักงานประกอบ ลำดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มข้อขัดข้องมีผลกระทบกับความปลอดภัยของการใช้งานยานยนต์ และ/ หรือเกี่ยวข้องกับความไม่สอดคล้องกับระเบียบข้อบังคับของราชการ ข้อบกพร่องจะเกิดขึ้นโดยมีการเตือน	9
สูงมาก :	ทำให้สายการผลิตถูกหยุดโดยทันที 100% ของผลิตภัณฑ์อาจถูกทิ้ง (Scrap) บางส่วนของยานยนต์ใช้งานไม่ได้ สูญเสียหน้าที่หลักและลูกค้าไม่พอใจเป็นอย่างมาก	8
สูง :	ทำให้สายการผลิตถูกหยุดบางส่วน ผลิตภัณฑ์อาจถูกคัดแยกและบางส่วน (น้อยกว่า 100%) ถูกทิ้ง (Scrap) ยานยนต์ใช้งานได้ แต่ประสิทธิภาพลดลง และลูกค้าไม่พอใจ	7
ปานกลาง :	ทำให้สายการผลิตถูกหยุดบางส่วน บางส่วน (น้อยกว่า 100%) ผลิตภัณฑ์อาจถูกทิ้ง (Scrap) โดยไม่มีการคัดแยก ยานยนต์ใช้งานได้ แต่เครื่องอำนวยความสะดวกสบายบางส่วนใช้งานไม่ได้ และลูกค้ารู้สึกไม่สะดวกสบาย	6
ต่ำ :	ทำให้สายการผลิตถูกหยุดบางส่วน ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดอาจถูกนำไปทำใหม่ (Rework) ยานยนต์ใช้งานได้ แต่เครื่องอำนวยความสะดวกสบายบางส่วนใช้งานได้แต่ประสิทธิภาพลดลง และลูกค้าบางส่วนรู้สึกไม่พอใจ	5
ต่ำมาก :	ทำให้สายการผลิตถูกหยุดบางส่วน ผลิตภัณฑ์อาจถูกคัดแยกและบางส่วน (น้อยกว่า 100%) ผลิตภัณฑ์อาจถูกทิ้ง (Scrap) มีความไม่สะดวกสบายในด้านของการประกอบ / การตบแต่ง และการสั่นหรือส่งเสียงดัง ลูกค้าส่วนใหญ่อาจสังเกตเห็นข้อขัดข้องนี้ได้	4
น้อย :	ทำให้สายการผลิตถูกยุดบางส่วน ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจถูกทำใหม่ในกระบวนการ แต่อยู่นอกสถานีผลิต มีความไม่สะดวกสบายในด้านของการประกอบ / การตบแต่ง และการสั่นหรือส่งเสียงดัง ลูกค้าทั่วไปอาจสังเกตเห็นข้อขัดข้องนี้ได้	3
น้อยมาก :	ทำให้สายการผลิตถูกหยุดบางส่วน ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจถูกทำใหม่ในกระบวนการ แต่อยู่ในสถานีผลิต มีความไม่สะดวกสบายในด้านของการประกอบ / การตบแต่ง และการสั่นหรือส่งเสียงดัง ลูกค้าบางส่วนอาจสังเกตเห็นข้อขัดข้องนี้ได้	2
ไม่มีผลกระทบ :	ไม่มีผลกระทบ	1

หมายเหตุ : ที่มาจากคู่มือการประเมินข้อขัดข้องและผลกระทบของโรงงานกรณีศึกษา

2) โอกาสในการเกิด (Occurrence) ได้แก่ การคาดการณ์ว่าสาเหตุหรือกลไกของข้อขัดข้องที่เจาะจงไว้ ว่าเกิดขึ้นมากหรือน้อยเพียงใด เป็นการนำข้อมูลการเกิดขึ้นในอดีตมาทำการวิเคราะห์การเกิดโดยวัดจากปริมาณการเกิดข้อบกพร่องเทียบกับจำนวนชิ้นในการผลิตทั้งหมด โดยโอกาศในการเกิดที่กล่าวถึงนี้ ควรได้รับการประมาณไว้เป็นคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 10 สามารถดูได้ตารางที่ 3.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.2 การอธิบายการจัดอับดับในการให้คะแนนโอกาสในการเกิด

ความน่าจะเป็นของข้อขัดข้อง	ระดับข้อขัดข้องที่อาจเป็นไปได้	ร้อยละการเกิด	การจัดอันดับ
สูงมาก : ไม่สามารถหลีกเลี่ยงข้อขัดข้องได้เป็นส่วนใหญ่	≥ 1 in 2	50.000%	10
	1 in 3	33.333%	9
สูง : โดยทั่วไปแล้วสัมพันธ์กับกระบวนการที่คล้ายคลึงกับกระบวนการก่อนหน้า ซึ่งมักขัดข้องบ่อยๆ	1 in 8	12.500%	8
	1 in 20	5.000%	7
ปานกลาง : โดยทั่วไปแล้วสัมพันธ์กับกระบวนการที่คล้ายคลึงกับกระบวนการก่อนหน้าซึ่งเคยมีข้อขัดข้องเกิดขึ้นเป็นบางโอกาส แต่ไม่ใช่ในส่วนสำคัญๆ	1 in 80	1.250%	6
	1 in 400	0.250%	5
	1 in 2,000	0.050%	4
ต่ำ : ข้อขัดข้องเอกเทศสัมพันธ์กับกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน	1 in 15,000	0.007%	3
ต่ำมาก : เฉพาะข้อขัดข้องเอกเทศเท่านั้นที่สัมพันธ์กับกระบวนการซึ่งเหมือนกันแทบทุกประการ	1 in 150,000	0.001%	2
ห่างไกล : ไม่มีแนวโน้มของข้อขัดข้อง ไม่มีข้อขัดข้องใดเคยสัมพันธ์กับกระบวนการซึ่งเหมือนกันแทบทุกประการ	≤ 1 in 1,500,000	0.0001%	1

หมายเหตุ : ที่มาจากคู่มือการประเมินข้อขัดข้องและผลกระทบของโรงงานกรณีศึกษา

3) ความสามารถในการตรวจพบ (Detection) ได้แก่ การประเมินความสามารถของการควบคุมกระบวนการในปัจจุบันที่ได้เสนอไว้ ซึ่งจะตรวจพบข้อขัดข้องได้ ก่อนที่ชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบจะถูกทิ้งไว้ในสถานที่ผลิตหรือประกอบ มีการนำคะแนน "1" ถึง "10" มาใช้ ให้ตั้งสมมติฐานว่าข้อขัดข้องเกิดขึ้นและประเมินขีดความสามารถของการควบคุมกระบวนการปัจจุบันเพื่อป้องกันการส่งชิ้นส่วนซึ่งมีหรือตรวจพบข้อขัดข้องออกไป อย่าด่วนตัดสินโดยอัตโนมัติว่าการจัดอันดับการตรวจพบนั้นต่ำ เนื่องจากมีการเกิดขึ้นต่ำ (เช่น เมื่อในกรณีที่ใช้แผนควบคุม) แต่ให้ประเมินความสามารถของการควบคุมกระบวนการ เพื่อให้ตรวจพบข้อขัดข้องที่มีความถี่ต่ำได้ หรือเพื่อให้ป้องกันข้อขัดข้องไม่ให้คืบหน้าไปในกระบวนการมากขึ้นควรได้รับการประมาณไว้เป็นคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 10 สามารถดูได้ตารางที่ 3.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.3 การอธิบายการจัดอับดับในการให้คะแนนความสามารถในการตรวจพบ

	กฎเกณฑ์ : โอกาสที่มีอยู่ในการตรวจพบจะถูกกำหนดโดยการควบคุมกระบวนการ ก่อนกระบวนการถัดไป หรือที่ตามมา หรือก่อนชิ้นส่วน หรือส่วนประกอบจะออกจากกระบวนการผลิต	การจัดอันดับ
ไม่สามารถตรวจพบได้ :	ไม่มีการควบคุมที่รู้ เพื่อที่จะตรวจจับข้อบกพร่อง	10
ห่างไกลมาก :	โอกาสในการควบคุมปัจจุบันห่างไกลมากในการตรวจจับข้อบกพร่อง	9
ห่างไกล :	โอกาสในการควบคุมปัจจุบันห่างไกลในการตรวจจับข้อบกพร่อง	8
ต่ำมาก :	โอกาสในการควบคุมปัจจุบันมีต่ำมากในการตรวจจับข้อบกพร่อง	7
ต่ำ :	โอกาสในการควบคุมปัจจุบันมีต่ำในการตรวจจับข้อบกพร่อง	6
ปานกลาง :	โอกาสในการควบคุมปัจจุบันมีปานกลางในการตรวจจับข้อบกพร่อง	5
สูงปานกลาง :	โอกาสในการควบคุมปัจจุบันมีสูงปานกลางในการตรวจจับข้อบกพร่อง	4
สูง :	โอกาสในการควบคุมปัจจุบันมีสูงในการตรวจจับข้อบกพร่อง	3
สูงมาก :	โอกาสในการควบคุมปัจจุบันมีสูงมากในการตรวจจับข้อบกพร่อง	2
ตรวจพบได้แน่นอน :	การควบคุมปัจจุบันสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้แน่นอน การควบคุมการตรวจจับสามารถเชื่อมั่นได้ในกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน	1

หมายเหตุ : ที่มาจากคู่มือการประเมินข้อขัดข้องและผลกระทบของโรงงานกรณีศึกษา

เมื่อทราบถึงข้อกำหนดตามคู่มือประเมิน FMEA ของโรงงานกรณีศึกษาแล้ว ทางคณะทำงานจึงได้จัดทำการประเมินข้อบกพร่อง ตามหน้าที่ของแต่ละขั้นตอนการทำงาน ในกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ในการประเมินจะถูกคณะทำงานทำการประเมินอย่างถี่ถ้วนตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีสมาชิกและระยะเวลาประสบการณ์ในการทงาน ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตำแหน่ง	**ประสบการณ์การทำงาน**
ผู้จัดการโรงงานหลอดไฟ	32 ปี
ผู้จัดการแผนกคุณภาพ	26 ปี
ผู้จัดการแผนกขึ้นรูปและดูดอากาศ	30 ปี
หัวหน้าแผนกขึ้นรูปและดูดอากาศ	30 ปี
ผู้จัดการแผนกตรวจสอบ	32 ปี
ช่างเทคนิคชำนาญการ	19 ปี
ผู้พัฒนาและออกแบบเครื่องจักร	25 ปี

ตำแหน่ง	**ประสบการณ์การทำงาน**
วิศวกรฝ่ายคุณภาพ	10 ปี
วิศวกรผู้วิเคราะห์ข้อมูล	7 ปี

ดังนั้นคณะทำงานที่ทำการประเมิน FMEA จะทำการประเมินและนำไปสู่การค้นหาสาเหตุและวิธีการในการปรับปรุงร่วมกัน จนกว่าจะสิ้นสุดการปรับปรุง ตลอดจนการประเมินหลังการปรับปรุงด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบของกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ

การวิเคราะห์ข้อขัดข้องด้านศักยภาพและผลกระทบ หน้า 1 ของ 5

(กระบวนการ FMEA)

วัสดุ BULB T19 **ความรับผิดชอบด้านกระบวนการ** BULB T19 **จัดทำโดย** R.NANA

ปีรุ่น / ยานยนต์ ALL CUSTOMER **วันที่ป้อน (Key Date)** 27/11/2018 **วันที่ของ FMEA (ครั้งแรก)** 27/11/2018

คณะผู้ทำงานหลัก **DM.** : B. CHUCHEEP **AB PD1** : K. SARAVUTH , P.SUCHART **PQA** : S. SARAWUT , C. WICHIT , N. JINDARAT **ENG.** : M. ANEK **PRO.SUPPORT** : R.NANA

หน้าที่ของกระบวนการ / ข้อกำหนด	ข้อขัดข้องด้านศักยภาพ	ผลกระทบด้านศักยภาพของข้อขัดข้อง	Sev	Class	สาเหตุด้านศักยภาพ / กลไกของข้อขัดข้อง	Occur	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	Detec	RPN	ปฏิบัติการแนะนำ	วันที่กำหนดให้แก้ไขเสร็จสิ้นตามเป้าหมายและความรับผิดชอบ	ผลการปฏิบัติ: ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	Sev	Occ	Det	RPN
FLARE PROCESS																
ใช้เปลวแก๊สหลอมแท่งแก้ว และใช้แท่งCERAMIC ในการขึ้นรูปบานบริเวณส่วนปลาย	Flare ขนาดเล็ก	ไฟไม่ติด	8		เปลวแก๊ส ในการหลอม	2	กำหนดการวัดขนาดทุก Lot การผลิต ทำEye-Mark ที่วาล์วควบคุม	4	64							
	Flare ขนาดใหญ่	ไฟไม่ติด	8		เปลวแก๊ส ในการหลอม	2	กำหนดวัดขนาดทุก Lot การผลิต ทำEye-Mark ที่วาล์วควบคุม	4	64							
STEM PROCESS	Flare เตก, ร้าว	ไฟไม่ติด	8		Material NG	2	Vacuum Gauge (Exhaust Process)	4	64							
ประกอบ Flare , Lead Wire ,	ไม่มี Lead Wire	ไฟไม่ติด	8		Supply NG	4	Lighting Inspection Process	5	160							
	LWไม่ครบตามจำนวน	ไฟไม่ติด	8		Supply NG	4	Lighting Inspection Process	5	160							
Exhaust Tube เข้าด้วยกัน	ใช้ Lead สลับกัน	ไฟไม่ติด	6		Input Lead Wire ผิด	2	Lighting Inspection Process	4	48							
โดยการ Pinch ขึ้นรูปที่หัว Stem	Lead Wire ยาวไม่เท่ากัน	ไฟไม่ติด	7		Set Lead wire ผิด , รูที่ Die ตัน	4	Lighting Inspection Process	5	140							
	ไม่มีแท่งแก้ว	ไฟไม่ติด	8		Supply NG	2	Lighting Inspection Process	4	64							
	แท่งแก้วเตก, บิ่น	ไฟไม่ติด	8		Material NG	2	Lighting Inspection Process Vacuum Gauge (Exhaust Process)	4	64							
	เปลวแก๊ส Warm Up แรง, เบา	ไฟไม่ติด	8		Condition Burnner ไม่เหมาะสม	3	มีการตรวจสอบค่าแรงดันLPG , O_2 , AIR	4	96							
	เปลวแก๊ส Burner แรง , เบา	ไฟไม่ติด	8		Condition Burnner ไม่เหมาะสม	4	ตรวจสอบด้วยสายตา	3	96							
	แรงในการ Pinch ไม่เหมาะสม	ไฟไม่ติด	8		Pinch Pressure ไม่ดี	3	▪ สปริง+สต็อปเปอร์ ▪ ตรวจสอบดูรูปทรงของ Pinch ด้วยสายตา	4	96							

S ภาวะรุนแรง O การเกิดขึ้น D การตรวจพบ **FM-AB-193-00**

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบของกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ (ต่อ)

หน้า 2 ของ 5

หน้าที่ของกระบวนการ / ข้อกำหนด	ข้อขัดข้องด้านศักยภาพ	ผลกระทบด้านศักยภาพของข้อขัดข้อง	Sev	Class	สาเหตุด้านศักยภาพ / กลไกของข้อขัดข้อง	Occur	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	Detec	RPN	ปฏิบัติการแก้ไข	วันที่กำหนดให้แล้วเสร็จสิ้นตามเป้าหมายและความรับผิดชอบ	ผลการปฏิบัติ: ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	Sev	Dec	Det	RPN
STEM PROCESS (ต่อ) ประกอบ Flare , Lead Wire , Exhaust Tube เข้าด้วยกันโดยการ Pinch ขึ้นรูปที่หัว Stem	แรงในการ Pinch ไม่เหมาะสม	ไฟไม่ติด	8		Condition Burnner ไม่เหมาะสม (อ่อน)	3	ตรวจสอบด้วยสายตา	4	96							
	รูเจาะ Stem ตัน	ไฟไม่ติด	8		ลมรูเจาะอ่อน	3	Gauge วัดค่าแรงดันลมรูเจาะ	2	48							
	Anneling แรง	ไฟไม่ติด Lead Wire ไหม้	8		Condition Burnner ไม่เหมาะสม	4	Gauge วัดอุณหภูมิ ตรวจสอบด้วยสายตา	4	128							
	anneling เบา	ไฟไม่ติด	8		Condition Burnner ไม่เหมาะสม	4	Gauge วัดอุณหภูมิ	4	128							
Mount Process ขึ้นรูป (Stem) Lead Wire แล้วป้อน Filament หลังจากนั้นป้าย Getter ที่หัว Stem	การขึ้นรูปขา	ไฟไม่ติด (ช็อต)	8		ตำแหน่งการขึ้นรูปไม่เหมาะสม Jig Forming Lead Wire	2	Monitor ตรวจสอบรูปทรงMount	4	64							
	Filament เป็นรอย	ไฟไม่ติด	8		ผิวบริเวณที่สัมผัสกับเครื่องSupply ไม่เหมาะสม (Feeder ชุดป้อน Filament)	2	ตรวจสอบกระแส	4	64							
	Filament ติดนอก Clamp	ไฟไม่ติด (Fi ไม่ตรง)	8		Supply NG	4	ตรวจสอบกระแส	4	128							
	Clamp บาง (บีบแรง)	ไฟไม่ติด (Fi ขาด)	8		การปรับแต่งผิดพลาด	2	ตรวจสอบขนาด Clamp ก่อนเริ่มการผลิตทุก Lot	5	80							
	Clamp หนา (บีบแรง)	ไฟกระพริบ	8		การปรับแต่งผิดพลาด	2	ตรวจสอบขนาด Clamp ก่อนเริ่มการผลิตทุก Lot	5	80							
			8		Hammerสึก	2	ตรวจสอบขนาด Clamp ก่อนเริ่มการผลิตทุก Lot กำหนดเปลี่ยน Hammer ตามระยะเวลา	5	80							
	ไม่มี Filament	ไม่ติดไฟ	8		วิธีการsupply filament	3	กระแส check	5	120							
	ป้อนfilamen2ตัว	อายุการใช้งานต่ำ	8		วิธีการsupply filament ไม่เหมาะสม	1	กระแส check	4	32							

S ภาวะรุนแรง O การเกิดขึ้น D การตรวจพบ

FM-AB-193-00

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบของกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ (ต่อ)

หน้า 3 ของ 5

หน้าที่ของกระบวนการ ข้อกำหนด	ข้อขัดข้องด้านลักษณะภาพ	ผลกระทบด้านลักษณะภาพของข้อขัดข้อง	Sev	Class	สาเหตุด้านลักษณะภาพ / กลไกของข้อขัดข้อง	Occur	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	Det	RPN	ปฏิบัติการแนะนำ	วันที่กำหนดให้แก้ไขเสร็จสิ้นตามเป้าหมายและความรับผิดชอบ	ผลการปฏิบัติ				
												ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	Sev	Dcc	Det	RPN
Mount Process (ต่อ)																
	ขด Filament เสียรูป	อายุการใช้งานต่ำ	8		วิธีการsupply filament ไม่เหมาะสม	1	กระแส check	4	32							
	Stem หัวแตก	ไฟไม่ติด (เศษแก้วติด Fi)	8		Flare บิ่นถูกนำมาใช้	5	ควบคุมปริมาณการกดของflare glass ตรวจสอบรูปร่างpinch ด้วยสายตา100% ตรวจสอบเศษแก้วภายในด้วยสายตา100%	5	200							
	Stem crack on flare	ไฟไม่ติด (Leak)	8		อุณหภูมิในเตาอบไม่คงที่ อบอ่อนไม่คลายความเครียด	6	ตรวจสอบ Appearance ด้วยสายตา	4	192							
	Getter หนา	ไฟไม่ติด (Getter ร่วง)	6		การจับตัวเป็นก้อนของฟุ่นกัน	4	สัญญาณเตือนทำความสะอาด	3	72							
	Getter บาง	อายุการใช้งานต่ำ, blacking	8		เข็มขันน้อย, ฟุ่นกันเสื่อมสภาพ	4	ตรวจสอบลักษณะฟุ่นกันและการป้าย	3	96							
	Filament CL สั้น	อายุการใช้งานต่ำ	8		การปรับแต่งผิดพลาด Hammerสึก	3	ตรวจสอบกระแส ตรวจสอบค่าCL ก่อนเริ่มการผลิต ทุก Lot	4	96							
Sealing & Exhaust Process ป้อน Glass Bulb กับ Mount ลง Head Sealing และใช้ Burner หลอด ให้ Glass Bulb ติดกับ Mount จากนั้นทำการดูดอากาศในหลอดออกและ อัดก๊าซเฉื่อยเข้าไปภายในหลอด	Sealing NG (ตัดเป็นรู, มีเนื้อแก้วติด)	ไฟไม่ติด (Leak)	8		burner แรง	1	ใช้Regulatorควบคุม ตรวจสอบ Appearanceด้วยสายตา	5	40							
			8		burnerเบา	1	ใช้Regulatorควบคุม ตรวจสอบ Appearanceด้วยสายตา	5	40							
			8		burnerอุดตัน	1	Daily check/ตรวจสอบตามวาระ ตรวจสอบสภาพ Burner ทุกวัน	5	40							
	Dimeter Seal ใหญ่	ไฟไม่ติด	7		ตำแหน่งBurner NG	1	ตรวจสอบตำแหน่งBurner ด้วยสายตา ตรวจสอบรูปร่างด้วยสายตา	8	56							

S ภาวะรุนแรง O การเกิดขึ้น D การตรวจพบ

FM-AB-193-00

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบของกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ (ต่อ)

หน้า 4 ของ 5

หน้าที่ของกระบวนการ / ข้อกำหนด	ข้อขัดข้องด้านลักษณภาพ	ผลกระทบด้านลักษณภาพของข้อขัดข้อง	Sev	Class	สาเหตุด้านลักษณภาพ / กลไกของข้อขัดข้อง	Occur	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	Detec	RPN	ปฏิบัติการแนะนำ	วันที่กำหนดให้แก้ไขแล้วเสร็จตามเป้าหมายและควรมีรับผิดชอบ	ผลการปฏิบัติ: ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	Sev	Dec	Det	RPN
Sealing & Exhaust Process (ต่อ)	Glass Bulb บิ่น (เศษแก้วในหลอด)	ไฟไม่ติด (Impurity)	7		Vibration parts feeder แรง	1	ควบคุมความถี่คลื่นไฟฟ้าด้วย Speed Control Daily Check ตรวจสอบสภาพของ Feeder	3	21							
			7		เศษแก้วติดใน Glass Bulb	2	Daily check/ตรวจสอบตามวาระ ตรวจสอบ Appearance ด้วยสายตา	5	70							
	ร้าวที่รอย Seal (Spot of Sealing)	ไฟไม่ติด (Leak)	8		Burner หลอม Glass Bulb แรง	1	Thermocouple test Control Daily Check ตรวจสอบด้วยสายตา	5	40							
			8		Burner หลอม Glass Bulb เบา	1	Thermocouple test Control Daily Check ตรวจสอบด้วยสายตา	5	40							
			8		Burner หลอม Glass Bulb อุดตัน	1	Daily check ตรวจสอบสภาพ Burner ทุกวัน	5	40							
			8		ค่าอุณหภูมิการอบไม่เหมาะสมกับชนิดของ Glass Bulb	1	Thermocouple test Control	8	64							
			8		Cutlet สึก	2	Daily check/Period check Appearance inspection	5	80							
	หลอดเอียง (Set Center หลอด)	Appearance NG แสงไม่ตรง	7		set ตั้ง center ไม่อยู่ในค่ากลาง Bulb holder ฉีกขาด	6	กำหนดเปลี่ยน Bulb Holder ตามวาระ	4	168							
	เกิดอ็อกซิเดชั่น	Bulb Blacking	8		Nitrogen Valve ปิดอยู่	1	ตรวจสอบ Gauge ด้วยสายตา	8	64							
	Exhaust NG	อายุการใช้งานต่ำ (Bulb Blacking)	8		Head Exhaust ล็อคหลอดไม่แน่น	1	ควบคุมด้วย Vacuum Gauge ตรวจสอบด้วยสายตา	3	24							
			8		ยางลูกถ้วยสึก	1	กำหนดเปลี่ยนตามวาระ	3	24							

S ภาวะรุนแรง O การเกิดขึ้น D การตรวจพบ

FM-AB-193-00

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบของกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ (ต่อ)

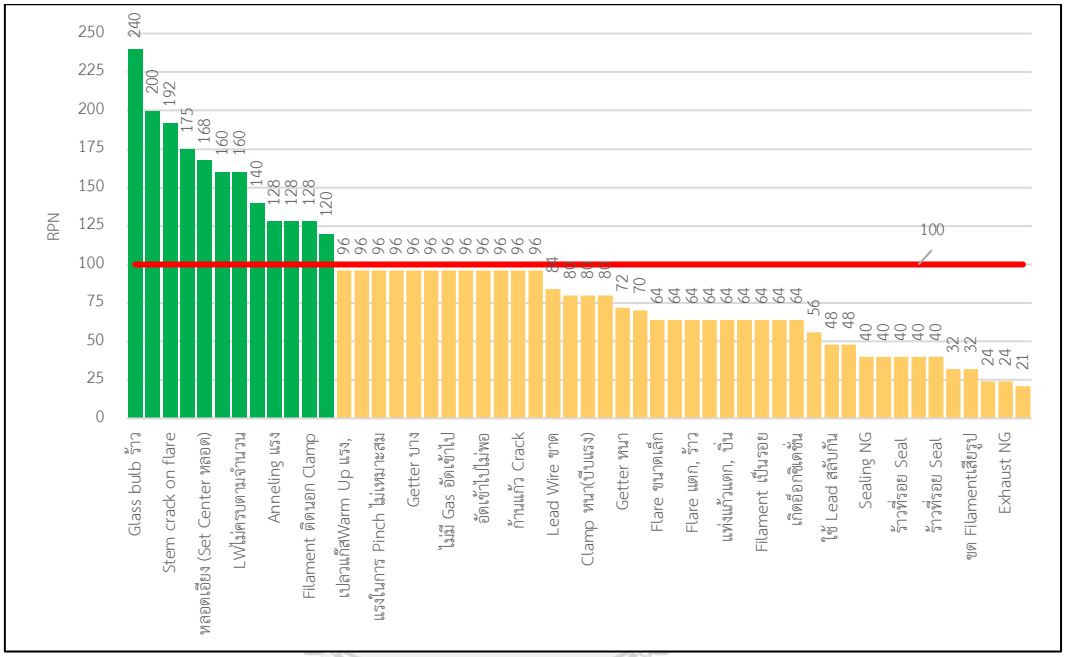
หน้า 5 ของ 5

หน้าที่ของกระบวนการ / ข้อกำหนด	ข้อขัดข้องด้านศักยภาพ	ผลกระทบด้านศักยภาพของข้อขัดข้อง	Sev	Class	สาเหตุด้านศักยภาพ / กลไกของข้อขัดข้อง	Occur	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	Detec	RPN	ปฏิบัติการแนะนำ	วันที่กำหนดให้แก้ไขเสร็จสิ้นตามเป้าหมายและความรับผิดชอบ	ผลการปฏิบัติ: ปฏิบัติการที่ได้ดำเนินการ	Sev	Dcc	Det	RPN
Sealing & Exhaust Process (ต่อ)	Exhaust NG	อายุการใช้งานต่ำ (Bulb Blacking)	8		ความสามารถของ vacuum pump ลดลง	1	Daily Check Maintenance ตามวาระ	3	24							
	ไม่มี Gas อัดเข้าไป	อายุการใช้งานต่ำ (Bulb Blacking)	8		ไม่มี Gas เหลืออยู่ด้านในหลอด	3	ตรวจสอบด้วยสายตา (Tesla) ตรวจสอบปริมาณ Gas ทุก Lot	4	96							
	แรงดัน Gas อัดเข้าไปไม่พอ	อายุการใช้งานต่ำ (Bulb Blacking)	8		แรงดัน Gas ต่ำ	3	Pressure Sensor	4	96							
			8		ปริมาณไนโตรเจนเหลว ไม่เพียงพอ	3	Sensor ตรวจจับของเหลว	4	96							
	ก้านแก้วยาว	ไฟไม่ติด (Leak)	8		Exhaust head ตัน	3	Lighting test Dimension Check ทุก Lot	4	96							
	ก้านแก้ว Crack	ไฟไม่ติด (Leak)	8		Condition การ burner ไม่เหมาะสม	3	Thermocouple test Control Daily Check Burner	4	96							
	Lead Wire ขาด	ไฟไม่ติด	7		ตำแหน่งการ burner ไม่เหมาะสม	3	Lighting test	4	84							
			7		Lead wire ถูกดันขึ้นไม่มากพอ	3	Lighting test Daily Check การดึง Lead Wire Daily Check การยก Lead Wire	4	84							
	ความร้อนของ Oven Exhaust ไม่เพียงพอ	อายุการใช้งานต่ำ (Bulb Blacking)	8		อุณหภูมิของเตา exhaust ต่ำ	3	ตัวควบคุมอุณหภูมิ ตรวจสอบด้วยสายตา (Tesla)	4	96							
	Glass bulb ร้าว	ไฟไม่ติด (Leak)	8		กระแทกกันตอนลำเลียงออก	6	Lighting test	5	240							
	Glass bulb แตก	ไฟไม่ติด	7		ร่างหลบหรือแตกใน feeder	5	Lighting test	5	175							

S ภาวะรุนแรง O การเกิดขึ้น D การตรวจพบ

FM-AB-193-00

จากการประเมินข้อขัดข้องและผลกระทบสำหรับกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ ของหลอดไฟหน้ารุ่น T19 ได้ค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN) ซึ่งคำนวณมาจากการประเมินความรุนแรง โอกาในการเกิด ความสามารถในการตรวจจับ แสดงเป็นกราฟแท่งของค่าดัชนีความเสี่ยงทุกหัวข้อ ดังที่แสดงดังรูปที่ 3.6 ซึ่งเรียงตามค่าดัชนีความเสี่ยงจากมากไปหาน้อย และได้รวบรวมหัวข้อบกพร่องที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงมากกว่า 100 โดยเรียงลำดับตามการเกิดในกระบวนการ ซึ่งมาแสดงในตารางที่ 3.5



รูปที่ 3.6 กราฟแท่งค่าดัชนีความเสี่ยงทุกหัวข้อบกพร่อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการประเมินจะมองเห็นข้อบกพร่องที่เกิดและผลกระทบที่ตามมาในแต่ละหัว จะยังไม่มีการบ่งบอกว่า ข้อบกพร่องข้างต้น ทำให้เกิดการสูญเสียรูปแบบใด และสูญเสียในลักษณะใด ทางคณะทำงานจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลของการสูญเสียที่มีค่าดัชนีความเสี่ยง RPN มากกว่า 100 ซึ่งสามารถแยกประเภทการสูญเสียเป็น 2 ประเภทและลักษณะของการสูญเสีย สำหรับผลกระทบที่เกิดจากการประเมิน เป็นผลกระทบสุดท้ายที่เกิดได้ แต่ในการรวบรวมข้อมูลจากการผลิตนั้นมีการบันทึกตามลักษณะของข้อบกพร่องที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะมีความแตกต่างระหว่างคำที่ใช้เรียกผลกระทบในการประเมินกับการบันทึกข้อมูลการผลิต ซึ่งทางคณะทำงานต้องทำการวิเคราะห์และรวบรวมโดยอ้างอิงจากความเข้าใจในการปฏิบัติงานจริง โดยแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3. 5 การแบ่งกลุ่มลักษณะการสูญเสียและประเภทการสูญเสียตามหัวข้อขัดข้อง

ข้อขัดข้อง	RPN	ผลกระทบ	กระบวนการที่เกิด	ประเภทการสูญเสีย	ลักษณะการสูญเสีย
Glass bulb ร้าว	240	ไฟไม่ติด (Leak) : Crack Bulb	Exhaust Machine	ระหว่าง	Exhaust Bulb loss
Stem หัวแตก	200	ไฟไม่ติด : Stem NG	Flare Machine	ระหว่าง	Exhaust Bulb loss
Stem crack on flare	192	ไฟไม่ติด (Leak) : Flare NG	Flare Machine	ระหว่าง	Exhaust Bulb loss
Glass bulb แตก	175	ไฟไม่ติด : Bulb Break	Exhaust Machine	ระหว่าง	Exhaust Bulb loss
หลอดเอียง (Set Center หลอด)	168	ลำแสงเอียงจากจุดศูนย์กลาง : Axis stem & mount	Exhaust Machine	ระหว่าง	Exhaust Bulb loss
ไม่มี Lead Wire	160	ไฟไม่ติด : Stem ไม่มี LW	Stem Machine	ภายใน	stem loss
LWไม่ครบตามจำนวน	160	ไฟไม่ติด : Stem LW ไม่ครบ	Stem Machine	ภายใน	stem loss
Lead Wire ยาวไม่เท่ากัน	140	ไฟไม่ติด (Stem ขาไม่ครบตามจำนวน) : Stem LW ยาวไม่เท่ากัน	Stem Machine	ภายใน	stem loss
Annealing แรง	128	ไฟไม่ติด : Stem crack Flare	Stem Machine	ภายใน	stem loss
Annealing เบา	128	ไฟไม่ติด : Stem crack Flare	Stem Machine	ภายใน	stem loss
Filament ติดนอก Clamp	128	ไฟไม่ติด : Mount FI นอก Clamp	Mount Machine	ภายใน	Mount loss
ไม่มี Filament	120	ไม่ติดไฟ : Mount No FI	Mount Machine	ภายใน	Mount loss

เมื่อทำการแยกข้อขัดข้องแต่ละหัวข้อว่าเป็นการสูญเสียภายในหรือระหว่างกระบวนการ และวิเคราะห์ผลกระทบของข้อขัดข้องว่าทำให้เกิดข้อบกพร่องรูปแบบใดที่สามารถนำข้อมูลจากการบันทึกมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อได้ สามารถอธิบายข้อขัดข้องข้างต้น ด้วยตารางที่ 3.6 เพื่อขยายความแต่ละปัจจัยที่ได้ทำการประเมิน

ตารางที่ 3.6 แจกแจงค่าดัชนีความเสี่ยงที่มากกว่า 100 ของแต่ละลักษณะข้อบกพร่อง

ลักษณะข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์	ความรุนแรง (S)	โอกาสในการเกิดขึ้น (O)	ความสามารถในการตรวจพบ (D)	ค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN)
การสูญเสียภายในกระบวนการผลิต				
- การสูญเสีย Stem เนื่องจากไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า	**8**	4	5	160
- การสูญเสีย Stem เนื่องจากเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบตามจำนวน	**8**	4	5	160
- การสูญเสีย Stem เนื่องจากเส้นลวดหลอดไฟยาวไม่เท่ากัน	**7**	4	5	140
- การสูญเสีย Stem เนื่องจากฐานหลอดไฟแตกร้าว	**8**	4	4	128
- การสูญเสีย Mount เนื่องจากไส้หลอดไฟติดนอก CLAMP	**8**	4	4	128
- การสูญเสีย Mount เนื่องจากไม่มีไส้หลอดไฟ	**8**	3	5	120
การสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิต				
- Stem NG	**8**	5	5	200
- Flare NG	**8**	6	4	192
- Axis stem & mount	**7**	6	4	168
- Crack Bulb	**8**	6	5	240
- Bulb break	**7**	5	5	175

จากตารางข้างต้นจะเห็นว่า ภาวะความรุนแรงในทุกหัวข้อมีค่าอยู่ในระดับสูง คือ 7 - 8 ซึ่งหากพิจารณาไปยังการประเมิน FMEA ในทุกหัวข้อ จะเห็นว่า ทั้ง 52 หัวมีค่าความรุนแรงระดับสูงทั้งหมด 48 ข้อขัดข้อง โดยข้อขัดข้องที่ถูกประเมินให้อยู่ในเกณฑ์สูง มาจากผลกระทบเรื่องการไม่ติดไฟที่ผลกระทบสุดท้ายที่ข้อขัดข้องก่อให้เกิดได้ ซึ่งเป็นการประเมินความรุนแรงที่เกิดในกระบวนการนั้น ๆ แต่สำหรับสภาพปัจจุบันในการผลิต มีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ก่อนการส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้า โดยการตรวจสอบการใช้งานนั้น มีทั้งสิ้น 4 การตรวจสอบ ดังนี้ 1) การทดสอบการติดไฟ มีการ

ทดสอบการติดไฟทุกหลอด ด้วยการใช้เครื่องทดสอบการติดไฟ (Lighting Test Machine) ตามรูปที่ 3.7 วิธีการคือทำการป้อนหลอดไฟเข้าสู่เครื่อง ปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แต่ละหลอด โดยแต่ละ Head ของเครื่องจักรจะปล่อยด้วยกระแสที่ไม่เท่ากัน ในช่วงแรกจะปล่อยน้อยกว่าค่าจริง เพื่อเป็นการกระตุ้นไส้หลอดไฟ ก่อนจะปล่อยค่ากระแสตามมาตรฐานและทำการวัดค่าความต่างศักย์ หากค่ากระแส ค่าความต่างศักย์เป็นไปตามมาตรฐานจึงจะมีการทำสัญลักษณ์เป็นข้อความแสดงถึง Lot ในการผลิตที่ขั้วของหลอดไฟ ซึ่งเป็นการทำให้หลอดติดไฟต่อเนื่องระยะเวลา 3 นาทีและทำให้หลอดไฟเกิดความร้อนในการใช้งาน เพื่อตรวจสอบการทนความร้อนของการใช้งานด้วย 2)การตรวจสอบลักษณะภายนอก เป็นการตรวจสอบด้วยสายตาจากพนักงาน โดยจะมีการกำหนดหัวข้อที่ให้พนักงานตรวจจับ 3) การทดสอบด้วยการอัดอากาศ (Air Pressure Tank) โดยนำหลอดไฟเข้าสู่ถังอัดอากาศ และทำการอัดอากาศด้วยความดันสูง ในกรณีที่หลอดไฟมีรอยร้าวเล็ก ๆ อากาศจะถูกอัดเข้าไปภายในด้วยความดันสูง เมื่อทำการทดสอบการติดไฟ หากมีอากาศภายในก็จะทำให้เกิดควันขาวและสามารถดักจับข้อบกพร่องที่อาจเกิดจากการแตกร้าวได้ 4) การทดสอบด้วยวิธีการเทสล่า เป็นการทดสอบหลอดไฟที่มีการรั่วหรือแตกร้าว ทำให้อากาศภายนอกไหลเข้าไปในตัวหลอด ทำให้เมื่อทำการทดสอบด้วย Tesla Coil จะทำให้แสงจากการเทสล่าผิดปกติ และสามารถตรวจจับข้อบกพร่อง ดังนั้น หลอดไฟทุกหลอดที่ถูกส่งมอบให้แก่ลูกค้า เป็นหลอดไฟที่มีความพร้อมในการใช้งาน

รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบการติดไฟ (Lighting test machine)

บทที่ 4
การหาสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย

ในการหาสาเหตุของปัญหา มักจะมาจากการวิเคราะห์ถึงกระบวนการผลิต เพื่อศึกษาขั้นตอนในการดำเนินการผลิต โดยสามารถดูรายละเอียดได้จากการไหลของกระบวนการผลิต และเมื่อทำการวิเคราะห์ถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นก็สามารถทราบถึงสาเหตุของข้อบกพร่องได้ โดยต้องใช้วิธีค้นหาสาเหตุจาก การระดมความคิดการผู้มีประสบการณ์หรือพนักงานที่ปฏิบัติงานบริเวณจุดดังกล่าว การทดลอง การใช้ข้อมูลทางสถิติในการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างถูกต้องตามหลักทฤษฎี

4.1 ผลจากการวิเคราะห์ข้อขัดข้องและผลกระทบ

ผลการวิเคราะห์จากคณะทำงานทุกท่านได้ค่าดัชนีความเสี่ยงที่มีค่ามากกว่า 100 ต้องทำการดำเนินการแก้ไขตามคู่มือการประเมิน โดยแสดงตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลค่าดัชนีความเสี่ยงที่มีค่าเกิน 100

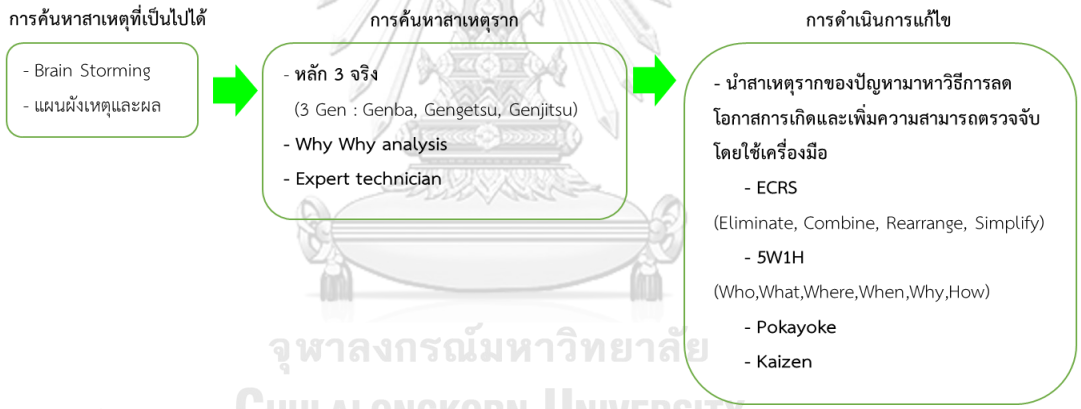
ลักษณะข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์	ค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN)
การสูญเสียภายในกระบวนการผลิต	
- การสูญเสีย Stem เนื่องจากไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า	160
- การสูญเสีย Stem เนื่องจากเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบตามจำนวน	160
- การสูญเสีย Stem เนื่องจากเส้นลวดหลอดไฟยาวไม่เท่ากัน	140
- การสูญเสีย Stem เนื่องจากฐานหลอดไฟแตกร้าว (Crack Flare)	128
- การสูญเสีย Mount เนื่องจากไส้หลอดไฟติดนอก CLAMP	128
- การสูญเสีย Mount เนื่องจากไม่มีไส้หลอดไฟ	120
การสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิต	
- Stem NG	200
- Flare NG	192
- Axis stem & mount	168
- Crack Bulb	240
- Bulb break	175

4.2 **การค้นหาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังเหตุและผล**

การค้นหาสาเหตุของปัญหาที่มีค่าดัชนีความเสี่ยง RPN มากกว่า 100 โดยจะทำการระดมสมองวิเคราะห์สาเหตุในการเกิด โดยปัญหาข้อบกพร่องที่จะก่อให้เกิดการสูญเสีย 2 ประเภท คือ การสูญเสียภายในกระบวนการและการสูญเสียระหว่างกระบวนกการ และพิจารณาสาเหตุการเกิดในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) วัตถุดิบ (Material)
2) เครื่องจักร (Machine)
3) คน (Man)
4) วิธีการ (Method)

ในการค้นหาสาเหตุของปัญหาจะมีทั้งหมด 2 ขั้นตอน คือ การค้นหาสาเหตุที่มีโอกาศเป็นไปได้ และการค้นหาสาเหตุรากของปัญหา เมื่อค้นหาสาเหตุรากได้ ก็จะทำการดำเนินการแก้ไข โดยมีการใช้เครื่องมือของวิศวกรรมอุตสาหการทั้งการค้นหาปัญหาและการดำเนินการแก้ไข ตามที่แสดงดังรูปที่



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

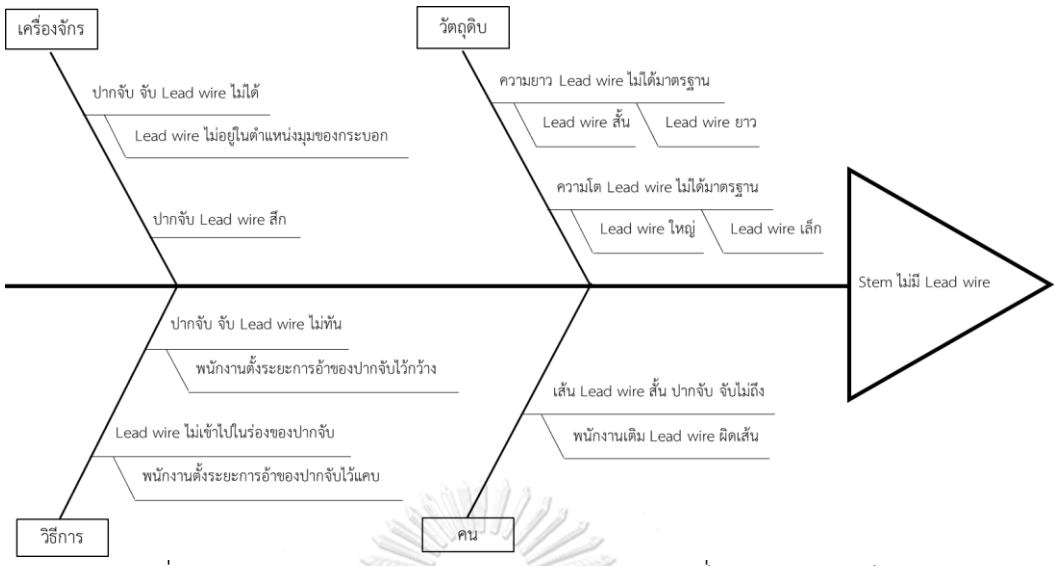
รูปที่ 4.1 การใช้เครื่องมือวิศวกรรมอุตสาหการในกระบวนการค้นหาสาเหตุและการแก้ไข

สำหรับการหาสาเหตุที่เป็นไปได้ในบทที่ 4 นี้เป็นการหาสาเหตุจากแผนผังเหตุและผล ด้วยการระดมสมองจากคณะทำงานและช่างเทคนิคที่อยู่หน้างานจริง ซึ่งแจกแจงตามแต่ละการสูญเสีย

การสูญเสียภายในกระบวนการขึ้นรูปแบบดูดอากาศ มีดังนี้

ก) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย Stem ที่ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า โดยใช้แผนภาพก้างปลา

คณะทำงานได้มีการระดมความคิดในการค้นหาสาเหตุของการเกิดปัญหาข้างต้น โดยใช้แผนภาพก้างปลา มีการวิเคราะห์ตามหัวข้อ วัตถุดิบ เครื่องจักร พนักงาน และวิธีการ ตามรูปที่ 4.1



รูปที่ 4. 2 ผังเหตุและผลในหัวข้อการสูญเสีย Stem ที่ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า

เมื่อวิเคราะห์แล้วจึงเข้าไปศึกษายังพื้นที่จริง ของจริง สถานการณ์จริง เพื่อเป็นการพิสูจน์การวิเคราะห์สาเหตุต่อ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้ ปัญหาการสูญเสีย stem ที่ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าจะมีลักษณะข้อบกพร่องที่คล้ายกับจำนวนเส้นลวดไม่ครบตามจำนวน แต่ในกรณีการสูญเสียที่เกิดจากไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้านั้น จะไม่ได้เกิดต่อเนื่อง สามารถเกิดที่ตัวใดตัวหนึ่งแล้วผ่านไปก็เกิดได้อีกตามจังหวะของเครื่องจักร โดยสาเหตุเกิดจากปากจับที่จุดป้อนเส้นลวดเข้าสู่กระบอกนำพาไม่สามารถจับเส้นลวดในจังหวะของการจับได้ทัน เมื่อเครื่องจักรเคลื่อนถึงจังหวะที่ต้องจับป้อน แต่ไม่มีเส้นลวดถูกจับที่ปากจับ ทำให้เกิดข้อบกพร่องดังกล่าว ซึ่งจุดจับป้อนเส้นลวดนั้นมีทั้งหมด 4 ตำแหน่ง แต่ในการเกิดข้อบกพร่องนี้สามารถเกิดได้ในทุกตำแหน่ง ซึ่งในแต่ละตำแหน่งจะมีความแตกต่างกันที่วัตถุดิบที่ถูกบรรจุไว้จะมีความยาวที่แตกต่างกัน โดยมีเส้นลวดนำไฟฟ้าที่ยาว 35 มิลลิเมตร จำนวน 2 กล่อง ยาว 32 มิลลิเมตร จำนวน 1 กล่อง และยาว 28 มิลลิเมตร จำนวน 1 กล่อง รวมเป็น 4 กล่องตามตำแหน่งจุดป้อน

จากการร่วมกันระดมสมองเพื่อประเมินแผนผังเหตุและผล โดยได้สรุปสาเหตุของปัญหาที่มีโอกาสเกิดได้จากการวิเคราะห์ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

หัวข้อปัญหา เรื่อง ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า

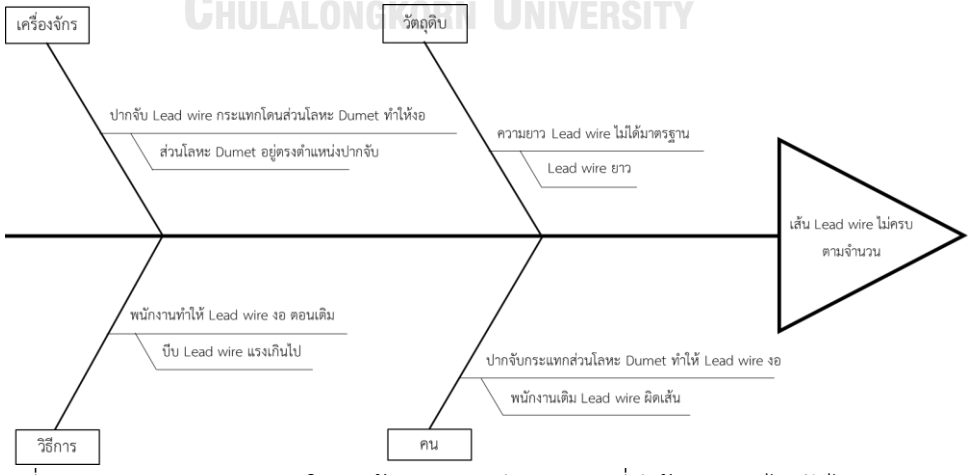
- วัตถุดิบ - ขนาดเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่เป็นไปตามมาตรฐาน อาจสั้นหรือยาวกว่ามาตรฐาน

- วัตถุดิบ (ต่อ) - เส้นผ่านศูนย์ของเส้นลวดมีขนาดมากกว่ามาตรฐาน ทำให้ไม่สามารถลงไปในรูแม่พิมพ์ได้
- เครื่องจักร - ปากจับเส้นลวดจับไม่ได้ เนื่องจากเส้นลวดไม่อยู่ในตำแหน่งที่พอดีตรงมุมกระบอกป้อนเส้นลวด
  - ปากจับเส้นลวดสึกจากการใช้งาน ทำให้ไม่สามารถจับเส้นลวดเข้าสู่ Head ได้
- วิธีการ - ปากจับจับเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ทันเนื่องจากมีการตั้งระยะการอ้าของปากจับไว้กว้าง ทำให้ร่วงหล่นก่อนป้อนเข้าสู่กระบอกนำพา
  - ปากจับจับเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ได้ เนื่องจากตั้งระยะการอ้าของปากจับไว้แคบ
- คน - พนักงานทำงานผิดพลาด นำวัตถุดิบมาใช้ผิด นำเส้นลวดสั้นทำให้ปากจับจับไม่ได้

ข) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย Stem ที่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบจำนวน โดยใช้แผนภาพก้างปลา

คณะทำงานได้มีการระดมความคิดในการค้นหาสาเหตุของการเกิดปัญหาข้างต้น โดยใช้แผนภาพก้างปลา มีการวิเคราะห์ตามหัวข้อ วัตถุดิบ เครื่องจักร พนักงาน และวิธีการ ตามรูปที่ 4.2

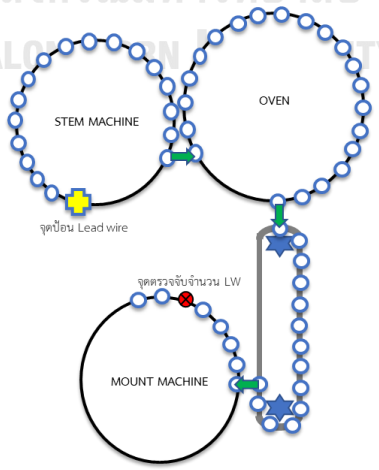
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.3 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อการสูญเสีย Stem ที่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบจำนวน

เมื่อวิเคราะห์แล้วจึงเข้าไปศึกษายังพื้นที่จริง ของจริง สถานการณ์จริง เพื่อเป็นการพิสูจน์การวิเคราะห์สาเหตุต่อ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้ จำนวนเส้นลวดนำไฟฟ้าที่เป็นไปตามมาตรฐานคือ ต้องมีจำนวนทั้งสิ้น 4 เส้น โดยจะถูกป้อนทีละ 1 เส้นเข้าสู่รูที่หัวของเครื่องจักร ในกรณีที่เส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ถูกป้อนครบตามจำนวนมีสาเหตุจากวิธีการป้อนเส้นลวดเข้าสู่รูแม่พิมพ์ที่หัวเครื่องจักร เนื่องจากมีการอุดตันที่กระบอกนำพาเส้นลวด โดยกล่องบรรจุเส้นลวดจะมี 1 กล่องต่อเส้นลวดที่ต้องถูกป้อน 1 ตำแหน่ง ดังนั้นจึงทำให้ Stem อันนั้นและอันถัด ๆ ไปไม่มีเส้นลวดตามจำนวนมาตรฐาน และถูกส่งผ่านไปตามหัวของเครื่องจักรที่ทำงานต่อไปอย่างต่อเนื่อง จนถูกส่งไปยังกระบวนการ Mount ซึ่งมีชุดตรวจสอบจำนวนเส้นลวด โดยตรวจสอบด้วยวิธีการใช้ limit switch หากมีเส้นลวดแตะที่จุดตรวจสอบครบทั้ง 4 ตำแหน่งถือว่าเป็นของดี หากไม่ครบถือว่าเป็นชิ้นงานบกพร่อง เครื่องจักรจะสามารถกีดกัน(Reject)ออกได้ทันที และพบว่าข้อบกพร่องที่ถูกเครื่องจักรกีดกันมีจำนวนมากที่จุดตรวจจับ หากพบข้อบกพร่องตัวที่ 1 และตัวที่ติดกันต่อเนื่องกันไป ก็จะตรวจจับข้อบกพร่องได้ต่อเนื่อง อันเนื่องมาจากจุดป้อนวัตถุดิบที่มีการอุดตันในกระบอกป้อน จนกว่าพนักงานจะสามารถตรวจพบที่จุดตรวจจับที่มีความผิดปกติ จากจำนวนที่มากกว่าปกติแล้ว ตรวจพบว่าจำนวนข้อบกพร่องนี้จะยังอยู่ระหว่างเครื่องจักรผลิต stem เตาอบ stem จนกระทั่งถึงจุดตรวจจับ มีจำนวนประมาณ 200-250 ชิ้น เท่าจำนวนหัวของเครื่องจักรจากจุดป้อนวัตถุดิบถึงจุดตรวจจับ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 แสดงเส้นทางของข้อบกพร่องที่จุดเกิดจนถึงจุดตรวจจับ ซึ่งจะตรวจพบความผิดปกติได้จากพนักงานซึ่งมีหน้าที่ทำการควบคุมดูแลเครื่องจักรหลายจุดทำให้เกิดการมองเห็นได้ล่าช้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.4 จุดป้อนวัตถุดิบและจุดตรวจจับในหัวข้อจำนวนเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบจำนวน

จากการร่วมกันระดมสมองเพื่อประเมินแผนผังเหตุและผล โดยได้สรุปสาเหตุของปัญหาที่มีโอกาสเกิดได้จากการวิเคราะห์ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

หัวข้อปัญหา เรื่อง เส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบตามจำนวน

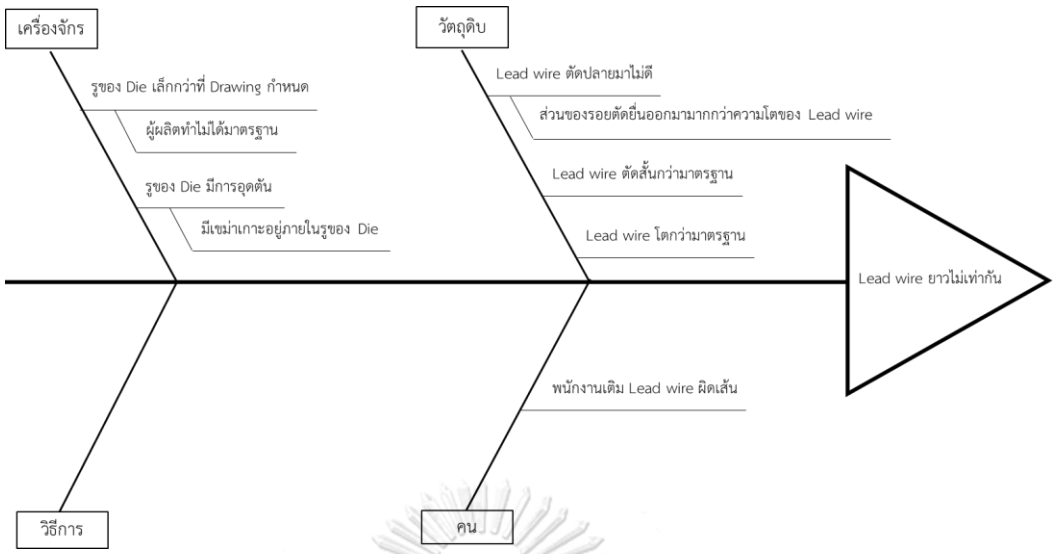
- วัตถุดิบ - เส้นลวดนำไฟฟ้ามีขนาดไม่เป็นมาตรฐาน เนื่องจากยาวกว่ามาตรฐาน
- เครื่องจักร - เส้นลวดนำไฟฟ้างอและค้างอยู่ในกระบอกนำพาวัตถุดิบเนื่องจากปากจับเส้นลวดจับบริเวณโลหะ Dumet
- วิธีการ - การป้อนวัตถุดิบของพนักงานทำให้เส้นลวดงอ เนื่องจากพนักงานบีบเส้นลวดแรงเกินไป

  -ปากจับจับเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ได้ เนื่องจากตั้งระยะการอ้าของปากจับไว้แคบ
- คน - พนักงานทำงานผิดพลาด นำวัตถุดิบผิดขนาดมาใช้ ทำให้ปากจับจับโดนบริเวณโลหะ Dumet เมื่อป้อนเข้าสู่กระบอกนำพาทำให้เกิดการงอได้

ค) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย Stem ที่มีเส้นลวดนำไฟฟ้ายาวไม่เท่ากัน โดยใช้แผนภาพก้างปลา

คณะทำงานได้มีการระดมความคิดในการค้นหาสาเหตุของการเกิดปัญหาข้างต้น โดยใช้แผนภาพก้างปลา มีการวิเคราะห์ตามหัวข้อ วัตถุดิบ เครื่องจักร พนักงาน และวิธีการ ตามรูปที่ 4.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.5 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อการสูญเสีย Stem เส้นลวดนำไฟฟ้ายาวไม่เท่ากัน

เมื่อวิเคราะห์แล้วจึงเข้าไปศึกษายังพื้นที่จริง ของจริง สถานการณ์จริง เพื่อเป็นการพิสูจน์การวิเคราะห์สาเหตุต่อ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อป้อนเส้นลวดนำไฟฟ้าผ่านการจับเข้าสู่กระบอกนำพา โดยปลายทางของเส้นลวดจะถูกบรรจุลงไปอยู่ในรูแม่พิมพ์ (Die hole) ที่จะมีจำนวน 4 รูเท่าจำนวนเส้นลวด โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางของขนาดรูเท่ากับ 0.6 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นลวดนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร เมื่อผ่านการใช้งานโดยส่วนนี้จะถูกความร้อนจากเปลวแก๊สโดยตรง อีกทั้งกระบวนการเผายังมีเขม่าที่เกิดขึ้น ทำให้รูแม่พิมพ์นั้นมีคราบเขม่าหรือสิ่งสกปรกเข้าไปสะสมและเกิดการอุดตัน ทำให้เส้นลวดไม่สามารถถูกบรรจุลงไปในรูแม่พิมพ์ได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้เมื่อผ่านกระบวนการขึ้นรูปเป็นหัว stem เส้นลวดนั้นก็จะมีความยาวไม่เท่ากับเส้นอื่น ซึ่งทำให้เกิดเป็นข้อบกพร่องนี้ โดยจะสามารถตรวจจับได้ก็ต่อเมื่อ stem ชิ้นดังกล่าวได้ผ่านจุดตรวจจับจำนวนเส้นลวดที่ใช้เครื่องมือ limit switch หากเส้นลวดถูกบรรจุในรูแม่พิมพ์ไม่สมบูรณ์ก็ทำให้เกิดความยาวที่ไม่เท่ากันจากความยาวมาตรฐาน ก็ทำให้เครื่องจักรทำการกีดกันออกที่จุดตรวจจับที่เครื่อง mount ลักษณะคล้ายกับการเกิดข้อบกพร่องเรื่อง จำนวนเส้นลวดไม่ครบตามจำนวน แต่สำหรับข้อบกพร่องนี้จะเกิดซ้ำ ๆ กันที่หัวของเครื่องจักรหัวที่มีรูแม่พิมพ์ที่อุดตัน อาจไม่เกิดขึ้นพร้อมกันทั้งหมดทุกหัว แต่หากหัวใดตันแล้วก็จะทำให้เกิดปัญหาดังกล่าวซ้ำ ๆ ซึ่งปัจจุบันไม่มีการกำหนดระยะเวลาในการทำความสะอาดหัวเครื่องจักรหรือรูแม่พิมพ์ หากพบว่าเกิดข้อบกพร่องดังกล่าวเป็นจำนวนมาก จึงจะทำการทำความสะอาด จึงเป็นสาเหตุของปัญหาเรื่องการสูญเสียเรื่องนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการร่วมกันระดมสมองเพื่อประเมินแผนผังเหตุและผล โดยได้สรุปสาเหตุของปัญหาที่มีโอกาสเกิดได้จากการวิเคราะห์ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

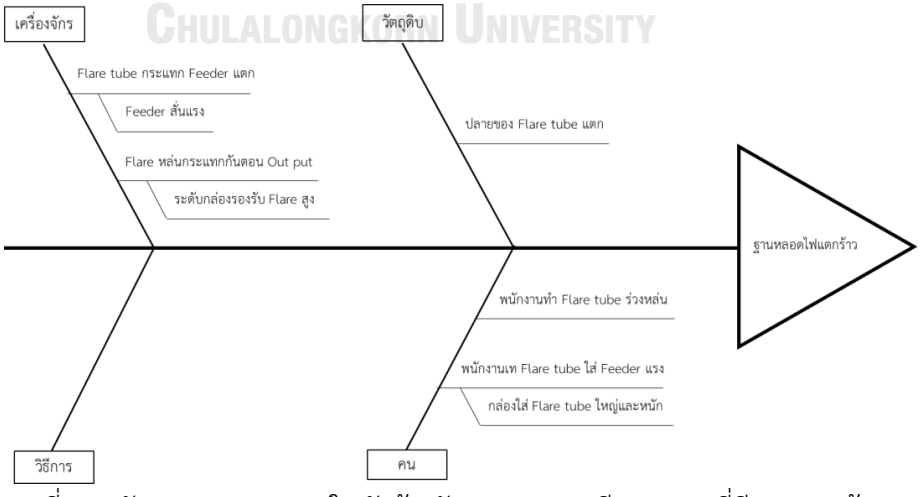
หัวข้อปัญหา เรื่อง เส้นลวดนำไฟฟ้ายาวไม่เท่ากัน

- วัตถุดิบ - เส้นลวดนำไฟฟ้าตัดปลายไม่ดี ทำให้ส่วนรอยตัดมีขนาดมากกว่าขนาดของเส้นลวดนำไฟฟ้า
  - ขนาดเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่เป็นไปตามมาตรฐาน สั้นกว่ามาตรฐาน
  - เส้นผ่านศูนย์ของเส้นลวดมีขนาดมากกว่ามาตรฐาน
- เครื่องจักร - รูของแม่พิมพ์ (Die) เล็กกว่าที่ Drawing กำหนด
  - รูของแม่พิมพ์ (Die) มีการอุดตัน จากคราบเขม่า
- วิธีการ - ไม่มีสาเหตุสำหรับปัญหานี้
- คน - พนักงานทำงานผิดพลาด นำวัตถุดิบมาใช้ผิด

ง) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย Stem ที่มีรอยแตกร้าว โดยใช้แผนภาพก้างปลาและการพิสูจน์ 3 จริง

คณะทำงานได้มีการระดมความคิดในการค้นหาสาเหตุของการเกิดปัญหาข้างต้น โดยใช้แผนภาพก้างปลา มีการวิเคราะห์ตามหัวข้อ วัตถุดิบ เครื่องจักร พนักงาน และวิธีการ ตามรูปที่ 4.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.6 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหาการสูญเสีย Stem ที่มีรอยแตกร้าว

เมื่อวิเคราะห์แล้วจึงเข้าไปศึกษายังพื้นที่จริง ของจริง สถานการณ์จริง เพื่อเป็นการพิสูจน์การวิเคราะห์สาเหตุต่อ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้ การเกิดรอยแตกร้าวบริเวณฐานของ stem เกิดมาจากการวัตถุดิบที่แตก บิ่น (Flare) เข้าสู่กระบวนการผลิต เนื่องจากกระบวนการผลิตเป็นกระบวนการต่อเนื่องและไม่มีพนักงานตรวจสอบหลังจากที่บานบริเวณปลายของ Flare เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบของกระบวนการ Stem โดยจุดที่มีโอกาสเกิดการแตกได้นั้นเกิดจากการกระแทกกันระหว่างวัตถุดิบกับชุดป้อนวัตถุดิบ (Flare Feeder) และการกระแทกกันในกล่องที่ใช้รองรับซึ่งมีระดับความสูงในกระบวนการผลิต Flare

จากการร่วมกันระดมสมองเพื่อประเมินแผนผังเหตุและผล โดยได้สรุปสาเหตุของปัญหาที่มีโอกาสเกิดได้จากการวิเคราะห์ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

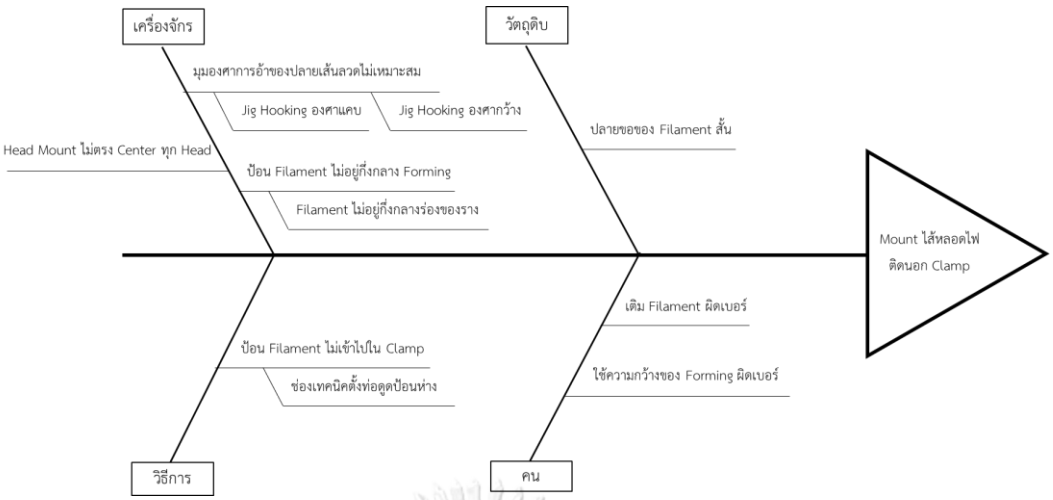
หัวข้อปัญหา เรื่อง การเกิดรอยแตกร้าวบริเวณฐานของ stem

- วัตถุดิบ - Flare Tube มีการแตกบริเวณส่วนปลาย
- เครื่องจักร - Flare Tube มีการกระแทก Feeder เนื่องจากมีการสั่นแรง
  - Flare output หล่นกระแทกกัน เนื่องจากระดับกล่องรองรับ Flare สูง
- วิธีการ - ไม่มีสาเหตุสำหรับปัญหานี้
- คน - พนักงานเติมวัตถุดิบรุนแรง เนื่องจากกล่องหนักและใหญ่
  - พนักงานทำวัตถุดิบ Flare tube ร่วงหล่นแตก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จ) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย Mount ที่มีไส้หลอดไฟติดนอก clamp โดยใช้แผนภาพก้างปลา

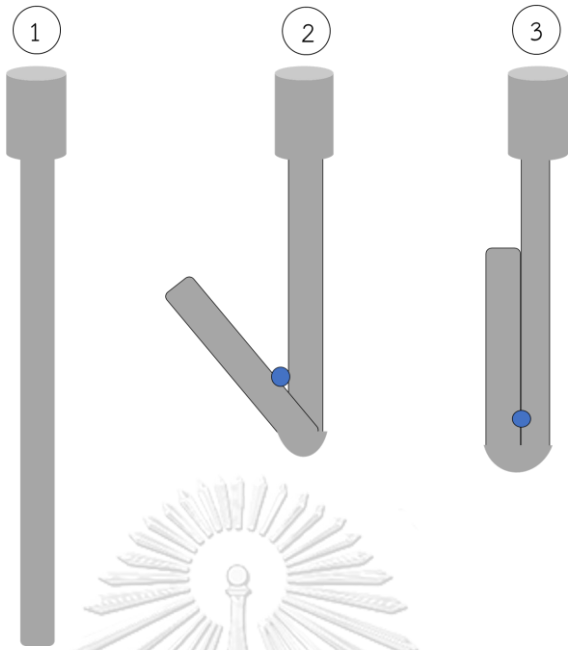
คณะทำงานได้มีการระดมความคิดในการค้นหาสาเหตุของการเกิดปัญหาข้างต้น โดยใช้แผนภาพก้างปลา มีการวิเคราะห์ตามหัวข้อ วัตถุดิบ เครื่องจักร พนักงาน และวิธีการ ตามรูปที่ 4.5



รูปที่ 4. 7 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหาการสูญเสีย Mount ที่มีไส้หลอดไฟติดนอก clamp

เมื่อวิเคราะห์แล้วจึงเข้าไปศึกษายังพื้นที่จริง ของจริง สถานการณ์จริง เพื่อเป็นการพิสูจน์การวิเคราะห์สาเหตุต่อ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้ การที่ไส้หลอดไฟจะสามารถยึดติดอยู่บริเวณปลายของบนขาของเส้นลวดนำไฟฟ้าภายในหลอดไฟได้ คือการบีบเส้นลวดนำไฟฟ้าส่วนปลาย โดยมีไส้หลอดไฟอยู่ด้านใน เรียกว่า Clamping หมายถึงการใช้ขาของเส้นลวดนำไฟฟ้าถูกดัดให้เป็นรูปตะขอแล้วทำการวางไส้หลอดไฟ จากนั้นใช้การบีบบริเวณปลายของเส้นลวดให้หนีบไส้ของหลอดไฟไว้ไม่ให้สามารถขยับออกหรือหลุดออกได้ ดังรูปที่ 4.6 แสดงกระบวนการบีบไส้ในมุมมองด้านข้าง โดยเริ่มจากการบีบปลายของเส้นลวดนำไฟฟ้าให้ลดคมของเส้นลวดที่เป็นทรงกระบอกให้หน้าสัมผัสเรียบจากเดิมเป็นหน้าสัมผัสนูนจะสามารถตัดไส้หลอดไฟให้ขาดได้ตามภาพลำดับที่ 1 จากนั้นมีการใช้ตะขอขึ้นรูป (Hooking Jig) ดันปลายของเส้นลวดนำไฟฟ้าให้เป็นมุมแหลมและทำการป้อนไส้หลอดไฟตามภาพลำดับที่ 2 และสุดท้ายทำการบีบส่วนส่วนที่ทำมุมไว้ด้วยการใช้โลหะดันบริเวณปลายให้ติดกัน โดยเป็นการดันโลหะประกบติดกัน ทำให้ไส้ของหลอดไฟถูกบีบอยู่ด้านในไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ตามภาพลำดับที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4. 8 ขั้นตอนการบีบไส้หลอดไฟ แสดงเป็นภาพมุมขวาง

จากการร่วมกันระดมสมองเพื่อประเมินแผนผังเหตุและผล โดยได้สรุปสาเหตุของปัญหาที่มีโอกาสเกิดได้จากการวิเคราะห์ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

หัวข้อปัญหา เรื่อง Mount ที่มีไส้หลอดไฟติดนอก clamp

- วัตถุดิบ - ปลายเส้นลวดนำไฟฟ้าที่ถูกขึ้นรูปเป็นตะขอสั้น
- เครื่องจักร - มุมองศาการอ้าของปลายเส้นลวดไม่เหมาะสม โดย Hooking Jig ที่มีมุมดัดที่ไม่เหมาะสม มุมองศาของปลายเส้นลวดแคบ

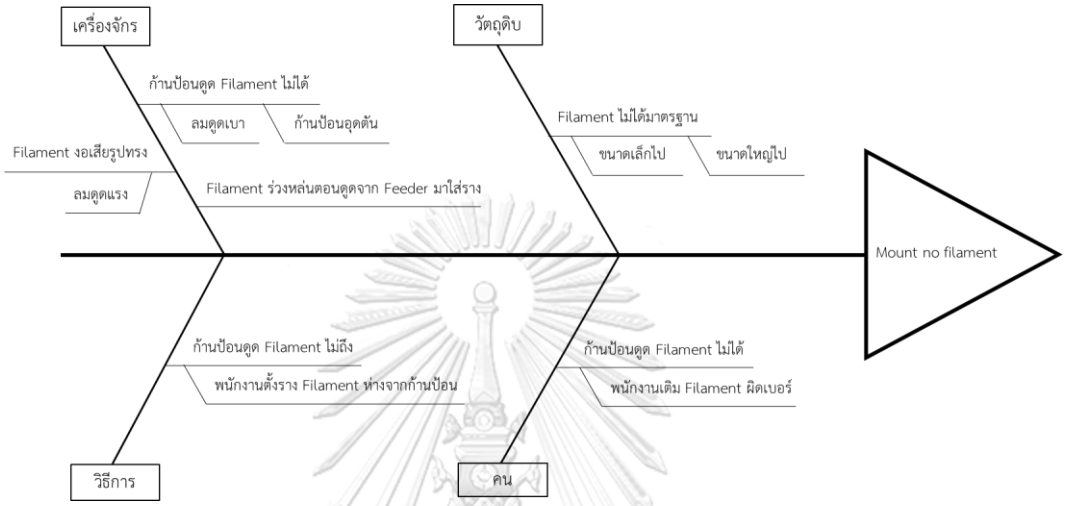
  - มุมองศาการอ้าของปลายเส้นลวดไม่เหมาะสม โดย Hooking Jig ที่มีมุมดัดที่ไม่เหมาะสม มุมองศาของปลายเส้นลวดกว้าง

  - Head Mount ที่รอป้อนไส้หลอดไม่ตรงตำแหน่งศูนย์กลาง
- วิธีการ - ป้อนไส้หลอดไม่เข้าไปในส่วนที่บีบไส้หลอด เนื่องจากการตั้งระยะการป้อนห่าง
- คน - พนักงานทำงานผิดพลาด นำวัตถุดิบมาใช้ผิด ทำให้ขนาดต่างกัน

  - พนักงานทำงานผิดพลาด ใช้ชุดการขึ้นรูปขาของเส้นลวดเพื่อเตรียมการป้อนไส้หลอดผิด ทำให้ระยะการขึ้นรูปส่วนปลายผิด

ฉ) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย Mount ที่ไม่มีไส้หลอดไฟโดยใช้แผนภาพก้างปลา

คณะทำงานได้มีการระดมความคิดในการค้นหาสาเหตุของการเกิดปัญหาข้างต้น โดยใช้แผนภาพก้างปลา มีการวิเคราะห์ตามหัวข้อ วัตถุดิบ เครื่องจักร พนักงาน และวิธีการ ตามรูปที่ 4.7



รูปที่ 4. 9 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหาการสูญเสีย Mount ที่ไม่มีไส้หลอด

เมื่อวิเคราะห์แล้วจึงเข้าไปศึกษายังพื้นที่จริง ของจริง สถานการณ์จริง เพื่อเป็นการพิสูจน์การวิเคราะห์สาเหตุต่อ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้ ในการป้อนไส้หลอดไฟเข้าสู่กระบวนการ จะใช้ท่อลมดูดสุญญากาศมาใช้ในการดูดไส้หลอดไฟให้ยกขึ้นและนำวางบริเวณตะขอของปลายเส้นลวดที่ถูกงอไว้ แต่ในการปรับความแรงในการดูดไม่มีมาตรฐานในการปรับตั้ง โดยพนักงานสามารถปรับตั้งได้ตามความเหมาะสม แต่ในบางกรณีที่ลมดูดแรงเกินไป จะทำให้ไส้หลอดไฟเกิดแรงกระแทกกับหัวดูดเกิดการโค้งงอเสียรูป เมื่อนำไว้ในตำแหน่งปลายทางก็ทำให้ไม่อยู่ในตำแหน่งศูนย์กลางที่ตั้งค่าไว้ และในกรณีที่ลมดูดเบาเกินไป ก็จะทำให้ไส้หลอดไฟร่วงหล่นระหว่างจุดป้อนวัตถุดิบไปยังเครื่องจักร จึงทำให้ Mount ตัวนั้นไม่มีไส้ของหลอดไฟประกอบอยู่จึงทำการส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไปและถูกผลิตออกมาเป็นหลอดไฟที่ไม่ติดไฟและถูกตรวจพบได้ในกระบวนการถัดไป

จากการร่วมกันระดมสมองเพื่อประเมินแผนผังเหตุและผล โดยได้สรุปสาเหตุของปัญหาที่มีโอกาสเกิดได้จากการวิเคราะห์ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

หัวข้อปัญหา เรื่อง Mount ไม่มีไส้หลอดไฟ

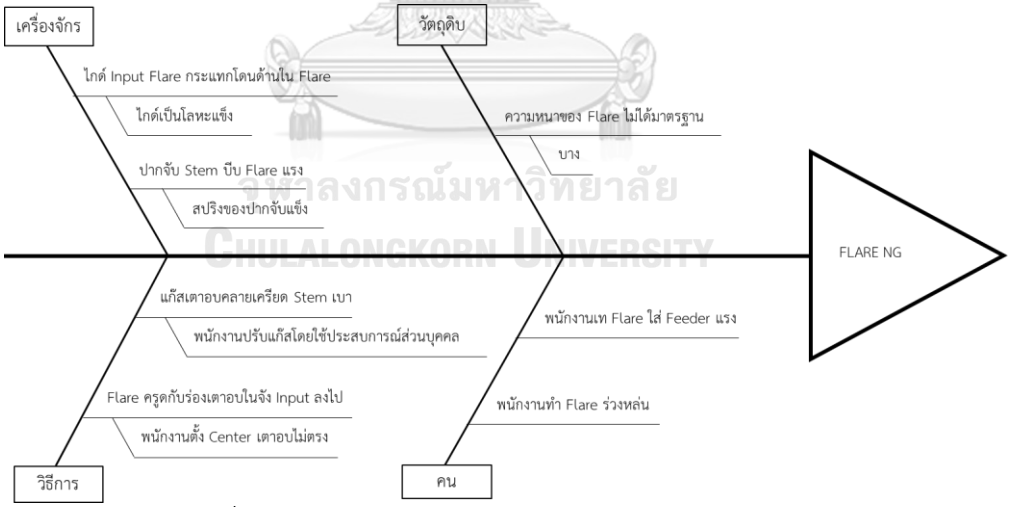
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- วัตถุดิบ - ขนาดของไส้หลอดไฟไม่เป็นไปตามมาตรฐาน คือใหญ่เกินไป หรือเล็กเกินไป
- เครื่องจักร - ก้านลมดูดป้อนไส้หลอดไฟไม่สามารถดูดไส้หลอดได้ เนื่องจากลมดูดเบา
  - ก้านลมดูดป้อนไส้หลอดไฟไม่สามารถดูดไส้หลอดได้ เนื่องจากก้านป้อนอุดตัน
  - ไส้หลอดไฟงอเสียรูป เนื่องจากลมดูดแรง
- วิธีการ - ก้านดูดไส้หลอดไฟป้อนระยะไม่ได้ตามเนื่องจากพนักงานปรับตั้งห่างจากก้านป้อน
- คน - พนักงานทำงานผิดพลาด เนื่องจากนำวัตถุดิบมาใช้ผิดประเภท

การสูญเสียระหว่างกระบวนการขึ้นรูปแบบดูดอากาศ มีดังนี้

ก) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย เรื่อง Flare NG โดยใช้แผนภาพก้างปลา

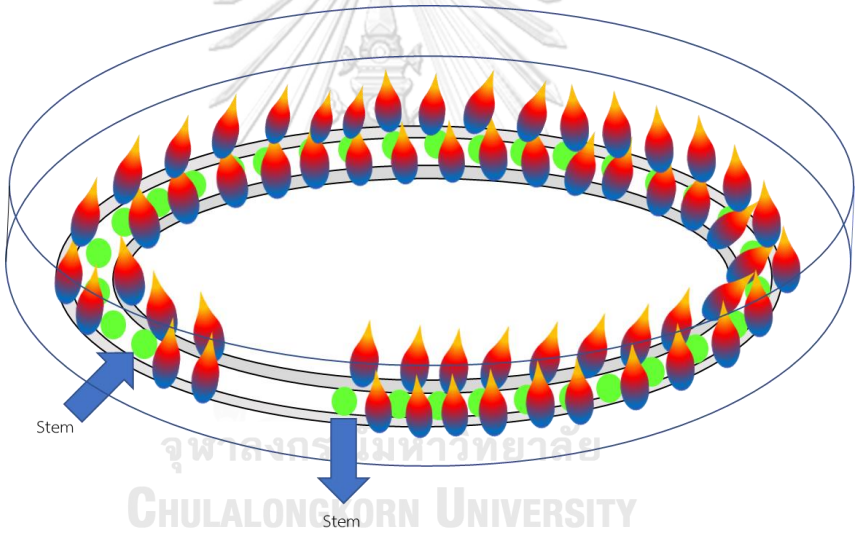
คณะทำงานได้มีการระดมความคิดในการค้นหาสาเหตุของการเกิดปัญหาข้างต้น โดยใช้แผนภาพก้างปลา มีการวิเคราะห์ตามหัวข้อ วัตถุดิบ เครื่องจักร พนักงาน และวิธีการ ตามรูปที่ 4.7



รูปที่ 4. 10 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหา Flare NG

เมื่อวิเคราะห์แล้วจึงเข้าไปศึกษายังพื้นที่จริง ของจริง สถานการณ์จริง เพื่อเป็นการพิสูจน์การวิเคราะห์สาเหตุต่อ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้ การเกิดปัญหา Flare NG คือการเกิดรอยร้าวบริเวณ Flare ซึ่งเป็นฐานของหลอดไฟ ลักษณะจุดที่เกิดเป็นส่วนของเนื้อแก้วล้วน ที่มีรอยร้าวที่อาจเกิดจากการกระแทกในขณะที่ร้อน และสาเหตุสำคัญของการแตกร้าวของแก้วทุกชนิดนั้น คือ

เนื้อแก้วเกิดความเครียดสะสมจากการถูกหลอมด้วยความร้อนเพื่อทำการขึ้นรูปที่กระบวนการผลิต Stem ทำให้ต้องมีการป้อนเข้าสู่เตาอบเพื่ออบอ่อน (Annealing) คลายความเครียด (Stain) ให้กับเนื้อแก้ว โดยในการอบจะต้องมีอุณหภูมิอยู่ที่ 380 - 400 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 นาที ซึ่งปัจจุบันมีการใช้เตาอบที่ใช้เปลวแก๊สในการให้ความร้อน แสดงดังรูปที่ 4.8 จุดสีเขียวแทน Stem ที่ถูกนำเข้าอบอ่อน โดยจะมีเปลวแก๊สสำหรับให้ความร้อนอยู่รอบ ๆ โดยจะมีการวัดอุณหภูมิภายในเตาอบด้วย Thermo Couple ที่ติดไว้บน stem แล้วทำการผ่านเตาอบเพื่อทดสอบอุณหภูมิภายใน ซึ่งพนักงานที่มีความเชี่ยวชาญด้านการปรับตั้งเครื่องจักรที่ใช้เปลวแก๊สจะดูจากลักษณะของเปลว สีของเปลว ด้วยการปรับหมุนวาล์วสำหรับก๊าซหุงต้ม (LPG) ลมและก๊าซออกซิเจนตามความชำนาญของแต่ละบุคคล จนทำให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในเตาอบให้อยู่ในสภาวะเสถียรตามมาตรฐานได้ จึงเป็นสาเหตุของการเกิดปัญหาข้อบกพร่องเรื่องรอยแตกร้าวบน Stem ได้



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4. 11 ภาพจำลองเตาอบอ่อนสำหรับอบ Stem

จากการร่วมกันระดมสมองเพื่อประเมินแผนผังเหตุและผล โดยได้สรุปสาเหตุของปัญหาที่มีโอกาสเกิดได้จากการวิเคราะห์ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

หัวข้อปัญหา เรื่อง Flare NG (ฐานหลอดไฟเกิดรอยร้าว)

- วัตถุดิบ - ความหนาของ Flare ไม่เป็นไปตามาตรฐาน
- เครื่องจักร - แท่งโลหะแข็งสำหรับจัดตำแหน่งขณะป้อน Flare กระแทกบริเวณฐานของ Flare

- ปากจับ Stem บีบบริเวณ Flare แรง เนื่องจากสปริงภายในปากจับแข็ง

● วิธีการ - ระดับแก๊สภายในเตาอบไม่เหมาะสม อาจเบาหรือแรงเกินไป

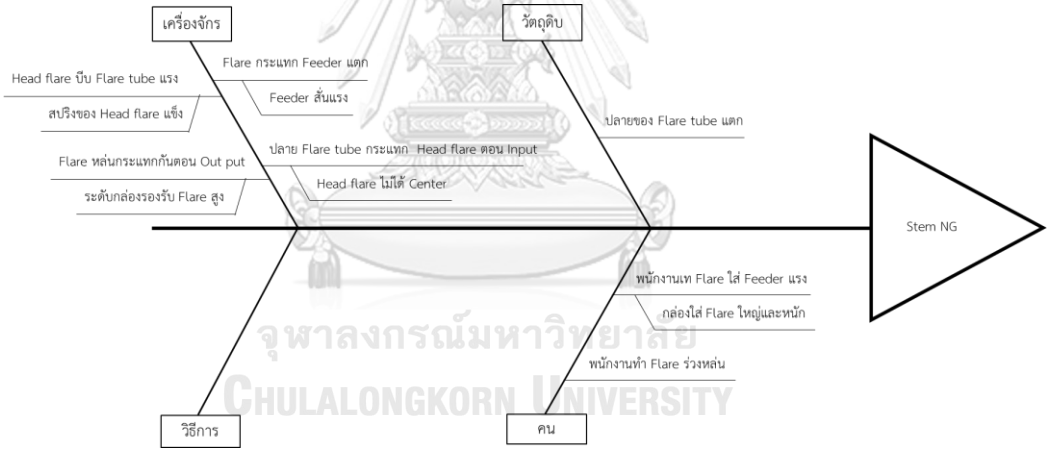
- Flare ขูดกับร่องเตาอบในจังหวะการป้อนเข้าสู่เตาอบ เนื่องจากเตาอบไม่อยู่ในตำแหน่งจุดศูนย์กลาง

● คน - พนักงานบรรจุ Flare ลงใน Feeder รุนแรง

- พนักงานทำ Flare ร่วงหล่นก่อนนำไปใช้

ข) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย เรื่อง Stem NG โดยใช้แผนภาพก้างปลา

คณะทำงานได้มีการระดมความคิดในการค้นหาสาเหตุของการเกิดปัญหาข้างต้น โดยใช้แผนภาพก้างปลา มีการวิเคราะห์ตามหัวข้อ วัตถุดิบ เครื่องจักร พนักงาน และวิธีการ ตามรูปที่ 4.9



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4. 12 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหา Stem NG

เมื่อวิเคราะห์แล้วจึงเข้าไปศึกษายังพื้นที่จริง ของจริง สถานการณ์จริง เพื่อเป็นการพิสูจน์การวิเคราะห์สาเหตุต่อ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้ ลักษณะการเกิด Stem NG หรือรอยแตกบิ่นจากกระบวนการก่อนหน้า คือกระบวนการ Flare มีลักษณะคล้ายกับการเกิดการสูญเสีย stem ที่มีรอยแตกร้าวบริเวณฐาน แต่สำหรับ Stem NG ที่สูญเสียระหว่างกระบวนการนี้ จะมีลักษณะการแตกหักบริเวณหัว Stem เป็นจุดเดียวกัน ซึ่งสามารถมองเห็นได้ง่ายในการตรวจสอบ และในบางครั้งลักษณะการแตกจะแตกจนทำให้เส้นลวดนำไฟฟ้ามีที่ยึดเกาะได้น้อยกว่าปกติ เนื่องจากเนื้อแก้ว

บางส่วนแตกหัก เมื่อทำการ pinch ขึ้นรูปให้เป็นหัว stem ก็ทำให้เนื้อแก้วส่วนนั้นน้อยและเกิดเป็นรูปร่างที่ผิดปกติ

จากการร่วมกันระดมสมองเพื่อประเมินแผนผังเหตุและผล โดยได้สรุปสาเหตุของปัญหาที่มีโอกาสเกิดได้จากการวิเคราะห์ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

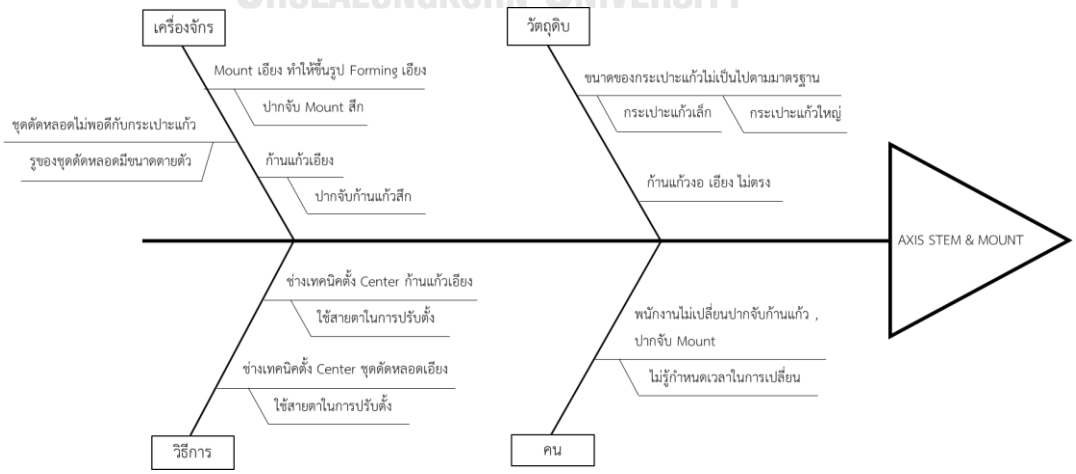
หัวข้อปัญหา เรื่อง Stem NG (Stem มีรอยแตกบริเวณหัว)

- วัตถุดิบ - Flare Tube มีการแตกบริเวณส่วนฐาน
- เครื่องจักร - Flare Tube มีการกระแทก Feeder เนื่องจากมีการสั่นแรง
  - Flare output หล่นกระแทกกัน เนื่องจากระดับกล่องรองรับ Flare สูง
- วิธีการ - ไม่มีสาเหตุสำหรับปัญหานี้
- คน - พนักงานเติมวัตถุดิบรุนแรง เนื่องจากกล่องหนักและใหญ่
  - พนักงานทำวัตถุดิบ Flare tube ร่วงหล่นแตก

ค) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย เรื่อง Axis Stem & Mount โดยใช้แผนภาพก้างปลา

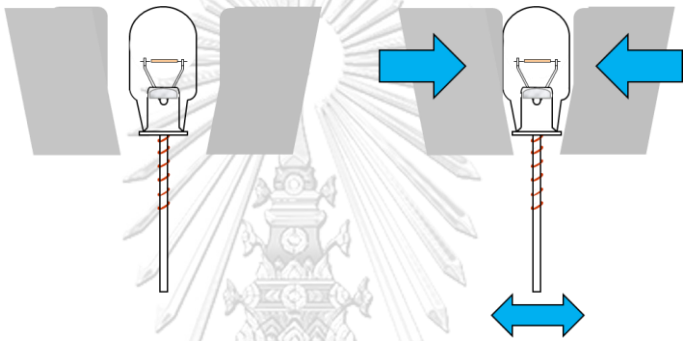
คณะทำงานได้มีการระดมความคิดในการค้นหาสาเหตุของการเกิดปัญหาข้างต้น โดยใช้แผนภาพก้างปลา มีการวิเคราะห์ตามหัวข้อ วัตถุดิบ เครื่องจักร พนักงาน และวิธีการ ตามรูปที่ 4.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4. 13 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหา Axis Stem & Mount

เมื่อวิเคราะห์แล้วจึงเข้าไปศึกษายังพื้นที่จริง ของจริง สถานการณ์จริง เพื่อเป็นการพิสูจน์การวิเคราะห์สาเหตุต่อ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้ การตั้งจุดศูนย์กลางของหลอดไฟเมื่อหลอมติดเนื้อแก้วทุกส่วนเข้าด้วยกันถือเป็นกระบวนการที่สำคัญ หากเกิดข้อบกพร่องที่จุดนี้ จะไม่สามารถทราบได้เลยว่ามีความผิดปกติ จนกว่าจะนำไปผลิตที่กระบวนการตั้งลำแสง (Pre Focus) จึงจะเห็นว่าแกนกลางของหลอดไฟมีการเอียงไปจากจุดศูนย์กลาง ซึ่งปัจจุบันมีการปรับจุดศูนย์กลางด้วยการใช้เบ้าประกบเข้าหากระเปาะแก้ว แล้วทำการดัด mount ที่ถูกหลอมเชื่อมติดกันด้วยการดัดที่ก้านแก้วด้านล่างดังรูปที่ 4.11 โดยการตั้งศูนย์กลางนี้ต้องทำในขณะที่เนื้อแก้วยังอ่อนตัวที่สามารถดัดตามทิศทางที่กำหนดได้



รูปที่ 4. 14 การตั้งจุดศูนย์กลางให้แกนกลางของหลอดไฟ

จากการร่วมกันระดมสมองเพื่อประเมินแผนผังเหตุและผล โดยได้สรุปสาเหตุของปัญหาที่มีโอกาสเกิดได้จากการวิเคราะห์ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

หัวข้อปัญหา เรื่อง Axis stem & Mount (แกนกลางเอียง)

- วัตถุดิบ
  - ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระเปาะแก้วไม่เป็นไปตามมาตรฐาน
  - ก้านแก้วไม่ตรง คดงอ
- เครื่องจักร
  - Mount เอียงจากการที่ปากจับ Mount สึก ทำให้ขึ้นรูปเอียง
  - ก้านแก้วเอียงจากการที่ปากจับก้านแก้วสึก
  - ชุดดัดหลอดไม่พอดีกับขนาดของกระเปาะแก้วเนื่องจากมีขนาดที่ตายตัว
- วิธีการ
  - ใช้สายตาในการตั้งค่าจุดศูนย์กลางของชุดดัดหลอด

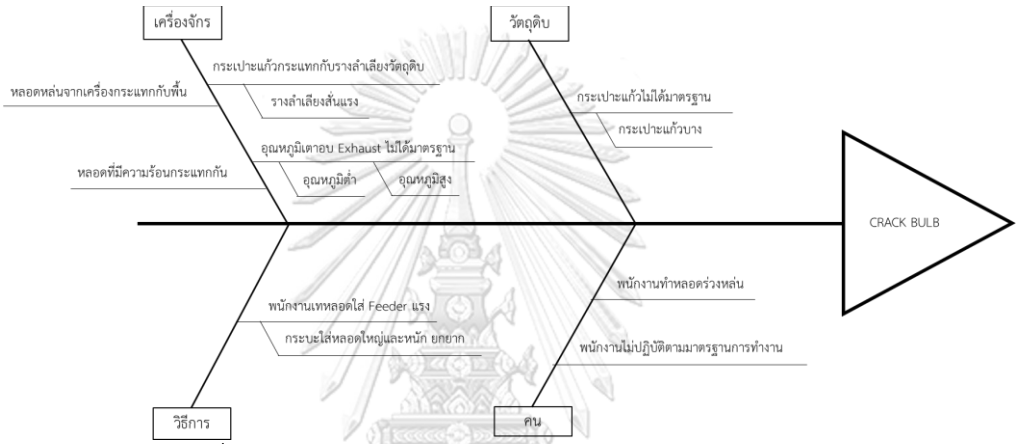
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- ใช้สายตาในการตั้งค่าจุดศูนย์กลางของก้านแก้ว

● คน - พนักงานไม่ทำตามข้อกำหนดการทำงานเรื่องการเปลี่ยนปากจับก้านและปากจับ Mount ตามระยะเวลาที่กำหนด

ง) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย เรื่อง Crack Bulb โดยใช้แผนภาพก้างปลา

คณะทำงานได้มีการระดมความคิดในการค้นหาสาเหตุของการเกิดปัญหาข้างต้น โดยใช้แผนภาพก้างปลา มีการวิเคราะห์ตามหัวข้อ วัตถุดิบ เครื่องจักร พนักงาน และวิธีการ ตามรูปที่ 4.12



รูปที่ 4. 15 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหา Crack Bulb

เมื่อวิเคราะห์แล้วจึงเข้าไปศึกษายังพื้นที่จริง ของจริง สถานการณ์จริง เพื่อเป็นการพิสูจน์การวิเคราะห์สาเหตุต่อ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้ การเกิดรอยร้าวบริเวณกระเปาะแก้วจะทำให้เกิดการรั่วของหลอดไฟได้ ซึ่งหากมีการรั่วจะทำให้ไส้ของหลอดไฟขาดได้เมื่อนำไปใช้งาน โดยการเกิดรอยร้าวมาจากกระแทกกัน ไม่ว่าจะเป็นการกระแทกระหว่างกระเปาะแก้วกันเอง หรือการกระแทกระหว่างกระเปาะแก้วกับวัตถุที่แข็ง เช่น รางลำเลียงเพื่อป้อนกระเปาะแก้วเข้าสู่การผลิต เป็นต้น หรือการกระแทกกันเมื่อยังมีความร้อนสะสมอยู่ เนื่องจากกระเปาะแก้วจะขยายตัวและแตกง่ายกว่าสภาวะอุณหภูมิปกติ สิ่งเหล่านี้ทำให้เกิดรอยร้าวบนบริเวณของกระเปาะแก้วได้

จากการร่วมกันระดมสมองเพื่อประเมินแผนผังเหตุและผล โดยได้สรุปสาเหตุของปัญหาที่มีโอกาสเกิดได้จากการวิเคราะห์ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

หัวข้อปัญหา เรื่อง Crack Bulb (รอยร้าวบนกระเปาะแก้ว)

● วัตถุดิบ - ความหนาของกระเปาะแก้วไม่เป็นไปตามมาตรฐาน

● เครื่องจักร - รางลำเลียงโลหะเพื่อป้อนกระเปาะแก้วมีการสั่นแรงทำให้กระแทก

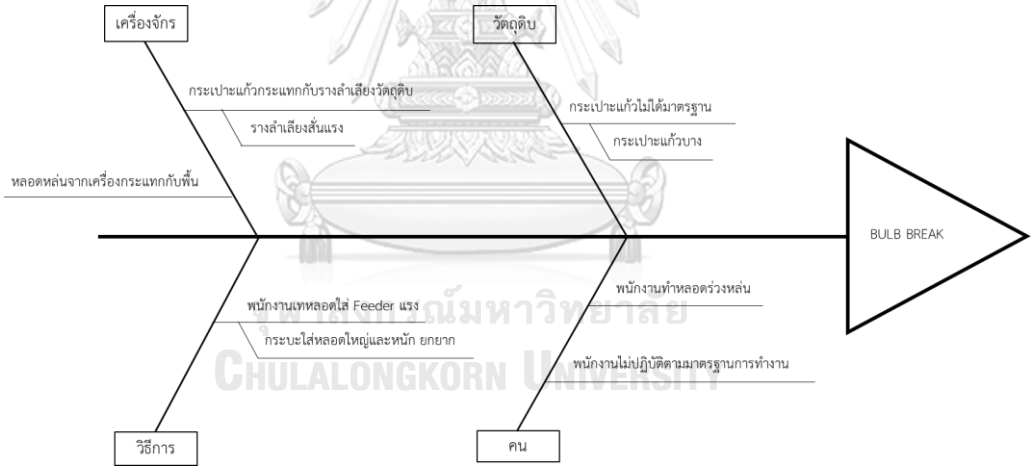
- หลอดที่มีความร้อนกระแทกกันในรางลำเลียงออกไปสู่กระบะบรรจุ

- หลอดร่วงหล่นกระแทกกับพื้น

- เครื่องจักร (ต่อ) - อุณหภูมิภายในเตาอบไม่เป็นไปตามมาตรฐาน
- วิธีการ - การเทวัตถุดิบเข้าสู่กล่องรองรับด้วยความรุนแรง
- คน - พนักงานไม่ปฏิวัติตามมาตรฐานการทำงาน นำวัตถุดิบร่วงหล่นมาใช้
- คน (ต่อ) - พนักงานทำหลอดร่วงหล่น

จ) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย เรื่อง Break Bulb โดยใช้แผนภาพก้างปลา

คณะทำงานได้มีการระดมความคิดในการค้นหาสาเหตุของการเกิดปัญหาข้างต้น โดยใช้แผนภาพก้างปลา มีการวิเคราะห์ตามหัวข้อ วัตถุดิบ เครื่องจักร พนักงาน และวิธีการ ตามรูปที่ 4.13



รูปที่ 4. 16 ผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ ปัญหา Break Bulb

เมื่อวิเคราะห์แล้วจึงเข้าไปศึกษายังพื้นที่จริง ของจริง สถานการณ์จริง เพื่อเป็นการพิสูจน์การวิเคราะห์สาเหตุต่อ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้ ลักษณะการเกิดของหลอดไฟแตก (Bulb Break) จะมีลักษณะคล้ายกับกระเปาะแก้วแตกร้าว (Crack Bulb) แต่ความรุนแรงมากกว่า เนื่องจากหากเกิดข้อบกพร่องแบบหลอดไฟแตก คือ ภายในหลอดไฟมีอากาศเข้าได้ ไม่สามารถนำไปใช้งานต่อได้ แต่เนื่องจากประวัติการเกิดข้อบกพร่องพบว่า มีปริมาณการเกิดมาก และการตรวจจับในปัจจุบันไม่

สามารถทำได้จนกว่าจะนำไปสู่กระบวนการตรวจสอบ ทำให้ข้อบกพร่องถูกส่งต่อไปผลิตยังกระบวนการถัดไป

จากการร่วมกันระดมสมองเพื่อประเมินแผนผังเหตุและผล โดยได้สรุปสาเหตุของปัญหาที่มีโอกาสเกิดได้จากการวิเคราะห์ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

หัวข้อปัญหา เรื่อง Break Bulb (หลอดไฟแตก)

- วัตถุดิบ - ความหนาของกระเปาะแก้วไม่เป็นไปตามมาตรฐาน
- เครื่องจักร - รางลำเลียงโลหะเพื่อป้อนกระเปาะแก้วมีการสั่นแรงทำให้กระแทก
  - หลอดที่มีความร้อนกระแทกกันในรางลำเลียงออกไปสู่กระบะบรรจุ
  - หลอดร่วงหล่นกระแทกกับพื้น
  - อุณหภูมิภายในเตาอบไม่เป็นไปตามมาตรฐาน
- วิธีการ - การเทวัตถุดิบเข้าสู่กล่องรองรับด้วยความรุนแรง
- คน - พนักงานไม่ปฏิวัติตามมาตรฐานการทำงาน นำวัตถุดิบร่วงหล่นมาใช้
  - พนักงานทำหลอดร่วงหล่น

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาของการสูญเสียทีละหัวข้อ จากการใช้เครื่องมือผังก้างปลา เพื่อแสดงสาเหตุ และการพิจารณาตามหลัก 3 จริง พื้นที่จริง ของจริง สถานการณ์จริง ทำให้ทราบถึงสาเหตุที่มีโอกาสเป็นไปได้ นำไปสู่การวิเคราะห์และหาแนวทางในการแก้ปัญหาต่อไป

บทที่ 5
การดำเนินการปรับปรุง

5.1 บทนำ

จากศึกษาและวิเคราะห์ข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดการสูญเสียภายในและระหว่างกระบวนการขึ้นรูปและอัดอากาศของโรงงานกรณีศึกษา พบว่ามีข้อบกพร่องดังนี้ ดังนั้นจึงทำการลดข้อบกพร่องดังกล่าวด้วยวิธีการใช้ FMEA ซึ่งพิจารณาค่าดัชนีความเสี่ยง RPN (Risk Priority Number) โดยคณะทำงานที่ถูกจัดตั้งเพื่อทำการวิเคราะห์ได้ให้ค่าคะแนนในแต่ละปัจจัย โดยหากค่าดัชนีความเสี่ยงมากกว่าหรือเท่ากับ 100 จะดำเนินการปรับปรุงด้วยการค้นหาสาเหตุของปัญหาด้วยวิธีการใช้แผนผังเหตุและผล และพิจารณาจากหลัก 3 จริง (พื้นที่จริง การพิจารณาจริง ทำจริง) และได้ทำการรวบรวมสาเหตุที่มีโอกาสเกิดได้ทั้งหมดที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องแต่ละหัวข้อ จากบทที่ 4 โดยมีรายการดังต่อไปนี้

- การสูญเสียภายในกระบวนการ

Stem ที่ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า

Stem ที่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบจำนวน

Stem ที่เส้นลวดหลอดไฟยาวไม่เท่ากัน

Stem ที่ฐานหลอดไฟแตกร้าว

Mount ที่ไส้หลอดไฟติดนอก CLAMP

Mount ที่ไม่มีไส้หลอดไฟ

- การสูญเสียระหว่างกระบวนการ

Flare NG

Stem NG

Axis stem & mount

Crack Bulb

Bulb break

ซึ่งในการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขนี้ จะใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการ เพื่อทำให้ลดการสูญเสีย คือ ECRS , 5W1H, Kaizen, Pokayoke ตามรูปที่ 4.1 ในการค้นหาสาเหตุรากของปัญหาทั้งหมดนี้ หากเป็นสาเหตุที่เกิดจากความผิดพลาดของวัตถุดิบ จะมีโอกาสน้อย เนื่องจากก่อนนำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิต มีการตรวจสอบเรียบร้อยให้ไปเป็นไปตามมาตรฐานที่ตกลงกับทางผู้ผลิตวัตถุดิบแล้ว ในกรณีที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ทางโรงงานจะไม่นำวัตถุดิบเหล่านั้นเข้าสู่

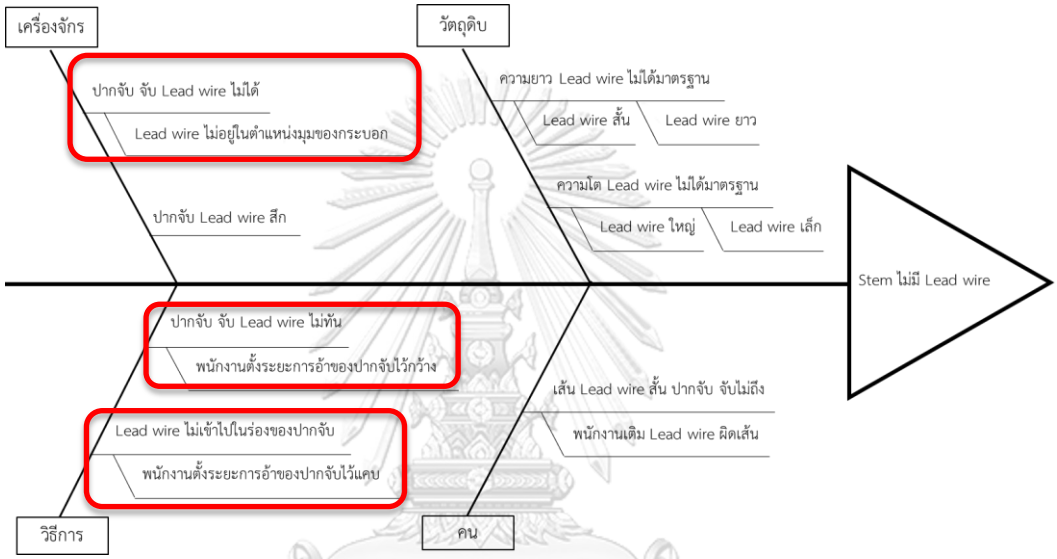
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กระบวนการผลิตและส่งกลับ พร้อมแจ้งเรื่องไปยังผู้ผลิตวัตถุดิบทันที ดังนั้น จึงสามารถตัดสาเหตุรากที่เกิดจากวัตถุดิบได้

5.2 **การดำเนินการปรับปรุงและลดข้อบกพร่อง**

5.2.1 การลดการสูญเสียเรื่อง stem ที่ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์ดังได้กล่าวมาข้างต้น จากผลการประเมินพบว่า Stem ที่ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า จากผลการระดมความคิดความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยที่มีผล ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 สาเหตุการเกิดของการสูญเสีย Stem ที่ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และจากการประชุมร่วมกับช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงาน สามารถหาข้อสรุปสาเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหาอย่างแท้จริง ซึ่งมีทั้งสิ้น 3 สาเหตุ คือ

- ปากจับเส้นลวดจับไม่ได้ เนื่องจากเส้นลวดไม่อยู่ในตำแหน่งที่พอดีตรงมุมกระบอกป้อนเส้นลวด
- ปากจับจับเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ได้ เนื่องจากมีการตั้งระยะการอ้าของปากจับไว้กว้าง
- ปากจับจับเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ได้ เนื่องจากตั้งระยะการอ้าของปากจับไว้แคบ

จากการหาข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงของช่างเทคนิคควบคุมเครื่องจักร พบว่า ประเด็นปัญหาเรื่องวัตถุดิบไม่เป็นไปตามมาตรฐานนั้น มีโอกาสเกิดขึ้นน้อย เนื่องจากก่อนการนำวัตถุดิบมาทำการผลิตมีการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบเรียบร้อย ซึ่งมีการกำหนดค่าสเปกของวัตถุดิบทุกชนิด หากพบ

ข้อบกพร่องคือ วัตถุดิบที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน จะทำการดำเนินการร้องเรียนและแจ้งปัญหาไปยังผู้ผลิต

ในกรณีความยาวเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่เป็นไปตามมาตรฐานจากวัตถุดิบ จะมีกระบวนการตรวจสอบก่อนนำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตอยู่แล้ว ทำให้ไม่ใช่สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องนี้

เมื่อทำการพิจารณาตามหลัก 3 Gen ตามหัวข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้สูงสุดตามการระดมความคิดจากคณะทำงานช่างเทคนิค ซึ่งสามารถแจกแจงออกมาเป็นดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา stem ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าตามหลัก 3 Gen

เหตุการณ์	สาเหตุที่เป็นไปได้	3 Gen	สิ่งที่พบ	สาเหตุราก	สรุป	วิธีการดำเนินการ
ปากจับเส้นลวดนำไฟฟ้าจับไม่ได้	เส้นลวดไม่อยู่ในตำแหน่งที่พอดีตรงมุมกระบอกป้อนเส้นลวด	สถานที่จริง	- ปากจับเส้นลวด 1 ชุดทำงานได้ปกติสำหรับการป้อน 1 ชิ้น ต่อ 1 ปากจับ	เส้นลวดไม่อยู่ในตำแหน่งที่พอดีตรงมุมกระบอกป้อนเส้นลวด	เป็นสาเหตุของปัญหา	- ออกแบบกระบอกใส่เส้นลวดใหม่ให้เป็นมุมแหลมที่ทำให้เส้นลวดอยู่บริเวณปลายได้ - สร้างกล่องสำรองสำหรับป้อนเส้นลวดหากไม่สามารถจับได้ทันก็สามารถจับเส้นสำรองได้
		ชิ้นงานจริง	- Stem ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าถูกป้อนในบางชิ้น			
		ข้อเท็จจริง	- เส้นลวดไม่ถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการในบางจังหวะ เนื่องจากปากจับไม่สามารถจับเส้นลวดได้			
	ตั้งระยะการอ้าของปากจับไว้กว้างทำให้ร่วงหล่นก่อนป้อนเข้าสู่	สถานที่จริง	- ระยะปากจับเป็นไปตามมาตรฐาน	ไม่เกี่ยวข้องกับปากจับเรื่องจากมีขนาดที่ตั้งค่าไว้ตามขนาดของเส้นลวดแล้ว	ไม่ใช่สาเหตุ ✖	เนื่องจากมีการกำหนดระยะของปากจับไว้เป็นมาตรฐานและมีการตรวจสอบก่อนเริ่มการผลิต
		ชิ้นงานจริง	- สามารถจับเส้นลวดจากระยะปากจับที่กำหนดไว้			
		ข้อเท็จจริง	- เกิดข้อบกพร่องในบางจังหวะ			
	ตั้งระยะการอ้าของปากจับไว้แคบทำให้ร่วงหล่นก่อนป้อนเข้าสู่กระบอกนำพา	สถานที่จริง	- ระยะปากจับเป็นไปตามมาตรฐาน	ไม่เกี่ยวข้องกับปากจับเรื่องจากมีขนาดที่ตั้งค่าไว้ตามขนาดของเส้นลวดแล้ว	ไม่ใช่สาเหตุ ✖	เนื่องจากมีการกำหนดระยะของปากจับไว้เป็นมาตรฐานและมีการตรวจสอบก่อนเริ่มการผลิต
		ชิ้นงานจริง	- สามารถจับเส้นลวดจากระยะปากจับที่กำหนดไว้			
		ข้อเท็จจริง	- เกิดข้อบกพร่องในบางจังหวะ			

ดังนั้น สาเหตุของไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าเกิดจากปากจับไม่สามารถจับเส้นลวดนำไฟฟ้าได้เนื่องจากเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่เข้ามาอยู่ในตำแหน่งที่ปากจับมารอจับ

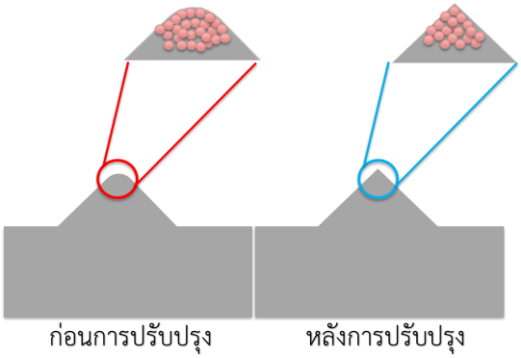
การดำเนินการปรับปรุง มุ่งเน้นการหาวิธีการ 2 ประการ คือ

1) วิธีการลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง

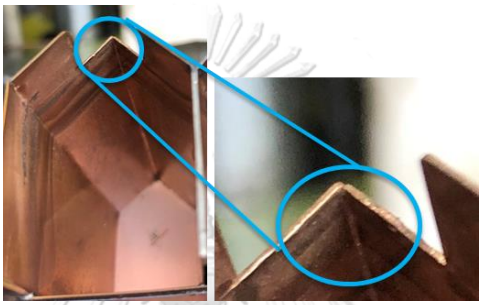
การลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องนี้ คือ

- ออกแบบกล่องสำหรับใส่เส้นลวดนำไฟฟ้า ด้วยการปรับมุมของกล่องบรรจุจากมุม Non-Radian เป็น Radian คือทำให้เป็นปลายแหลมเพื่อให้เส้นลวดนำไฟฟ้าเพียง 1 เส้นมาอยู่บริเวณจุดรอป้อนเข้าสู่กระบวนการ ตามรูปที่ 5.2 และภาพของกล่องบรรจุจริง ตามรูปที่ 5.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



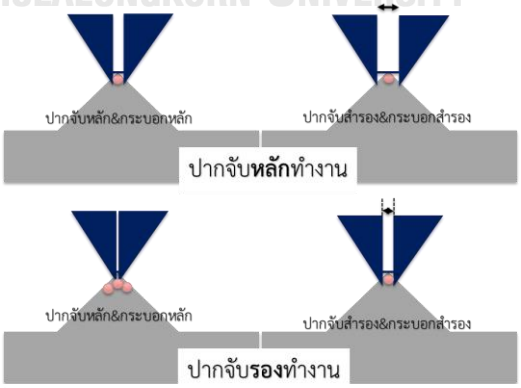
รูปที่ 5. 2 เส้นลวดนำไฟฟ้าที่อยู่ปลายบอกกระบอกที่แตกต่างกัน



รูปที่ 5.3 ภาพขยายมุมแหลมที่ปากกระบอก

- ออกแบบและติดตั้งกล่องสำรองสำหรับบรรจุเส้นลวดนำไฟฟ้าโดยการทำงานคือ หากปากจับไม่สามารถจับเส้นลวดนำไฟฟ้าในกล่องบรรจุหลักได้ ปากจับตรงตำแหน่งกล่องสำรองก็จะจับเส้นลวดและนำไปป้อนใส่ Head stem แทน เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ ตามรูปที่ 5.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

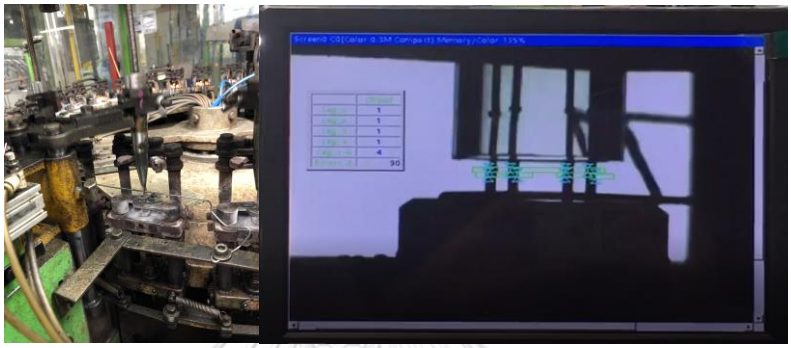


รูปที่ 5.4 การทำงานของปากจับหลักและปากจับสำรอง

2) วิธีการเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ

การเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ ด้วยวิธีการ Pokayoke และ Visualization คือ

- ติดตั้งกล้องตรวจจับจำนวนเส้นลวดนำไฟฟ้า เป็นการจับภาพ ไม่พบเส้นลวดนำไฟฟ้าตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งจำนวน 5 ชิ้น ให้เครื่องจักรหยุดการผลิตและมีเสียงเตือนเพื่อให้พนักงานเข้ามาทำการตรวจสอบจุดที่ทำให้เกิดปัญหา เพื่อแก้ไขก่อนเดินการผลิตต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 5.5

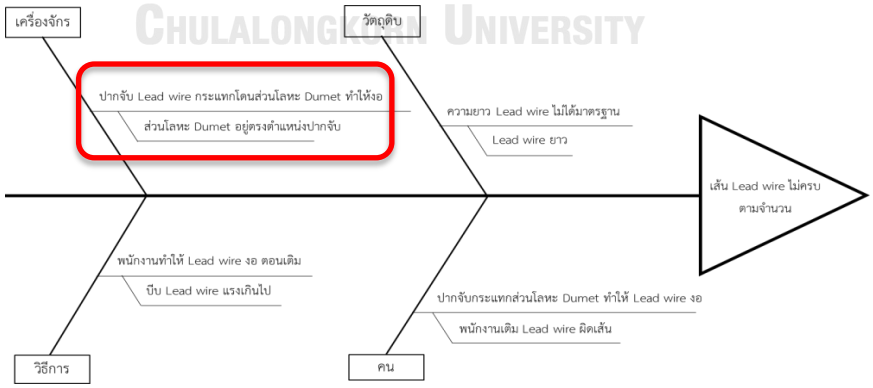


รูปที่ 5.5 การติดตั้งกล้องสำหรับตรวจจับเรื่องการบรรจุเส้นลวดนำไฟฟ้า

5.2.2 การลดการสูญเสียเรื่อง stem ที่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบตามจำนวน

จากการวิเคราะห์ดังได้กล่าวมาข้างต้น จากผลการประเมินพบว่า Stem ที่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบตามจำนวน จากผลการระดมความคิดความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยที่มีผล ดังแสดงในรูปที่ 5.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 5.6 สาเหตุการเกิดของการสูญเสีย Stem ที่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบจำนวน

และจากการประชุมกับช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงาน สามารถหาข้อสรุปสาเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหาอย่างแท้จริง ซึ่งมีทั้งสิ้น 1 สาเหตุ คือ

- เส้นลวดนำไฟฟ้างอและค้างอยู่ภายในกระบอกนำพาวัตถุดิบเนื่องจากปากจับเส้นลวดจับและบีบโดนตรงบริเวณโลหะ Dumet

จากการหาข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงของช่างเทคนิคควบคุมเครื่องจักร พบว่า ประเด็นปัญหาเรื่องวัตถุดิบไม่เป็นไปตามมาตรฐานนั้น มีโอกาสเกิดขึ้นน้อย เนื่องจากก่อนการนำวัตถุดิบมาทำการผลิตมีการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบเรียบร้อย ซึ่งมีการกำหนดค่าสเปกของวัตถุดิบทุกชนิด หากพบข้อบกพร่องคือ วัตถุดิบที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน จะทำการดำเนินการร้องเรียนและแจ้งปัญหาไปยังผู้ผลิต เกินค่าที่กำหนดเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่อยู่ในตำแหน่งมุมกระบอกทำให้ผิดจังหวะการป้อนสามารถเกิดเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบได้ในบางจังหวะ แต่ไม่เกิดต่อเนื่อง แต่สำหรับปัญหาเส้นลวดไม่ครบตามจำนวนที่เกิดขึ้นในสภาพปัจจุบันคือเกิดต่อเนื่องและค้างในเครื่องจักรจนกว่าจะถึงตรวจจับ ซึ่งจะมีสาเหตุมาจากการอุดตันของเส้นลวดนำไฟฟ้างอแล้วเข้าไปขัดในกระบอกนำพา ทำให้การป้อนเส้นลวดชิ้นต่อไปไม่สามารถลงไปใน Head ของเครื่องจักรได้

ในกรณีความยาวเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่เป็นไปตามมาตรฐานจากวัตถุดิบ จะมีกระบวนการตรวจสอบก่อนนำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตอยู่แล้ว ทำให้ไม่ใช่สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องนี้

เมื่อทำการพิจารณาตามหลัก 3 Gen ตามหัวข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้สูงสุดตามการระดมความคิดจากคณะทำงานช่างเทคนิค ซึ่งสามารถแจกแจงออกมาเป็นดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา stem เส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบจำนวน ตามหลัก 3 Gen

เหตุการณ์	สาเหตุที่เป็นไปได้	3 Gen	สิ่งที่พบ	สาเหตุราก	สรุป	วิธีการดำเนินการ
ปากจับเส้นลวดนำไฟฟ้าจับไม่ได้และเกิดต่อเนื่องเป็นปริมาณมาก	เส้นลวดงอและอุดตันบริเวณกระบอกนำพา เนื่องจากเส้นลวดงอ	สถานที่จริง	- เส้นลวดถูกจับป้อนทีละ 1 เส้นจากปากจับลงสู่กระบอกนำพา บริเวณที่จับคือส่วนของ Dumet	เส้นลวดที่งอไม่ลงไปในท่อของกระบอกนำพา ทำให้มีการอุดตันภายใน	เป็นสาเหตุของปัญหา	- เปลี่ยนจุดจับจากบริเวณ Dumet เป็นบริเวณ Nickel เนื่องจากเป็นส่วนที่แข็งกว่าและไม่งอเมื่อโดนจับ - เพิ่มความสูงกล่องบรรจุเส้นลวดป้องกันการเกิดการจับที่บริเวณ Dumet
		ชิ้นงานจริง	- Stem ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าถูกป้อน และเกิดต่อเนื่องเป็นจำนวนมากที่จุดตรวจจับของเครื่อง mount			
		ข้อเท็จจริง	- ข้อบกพร่องเกิดเป็นจำนวนมาก เนื่องจากพนักงานไม่สามารถดูแลได้ทั่วถึง			
	เส้นลวดงอและอุดตันบริเวณกระบอกนำพา เนื่องจากพนักงานใส่วัตถุดิบผิด	สถานที่จริง	- พนักงานเติมวัตถุดิบ	เส้นลวดไม่ได้งอจากพนักงานเนื่องจากมีการอบรมก่อนการทำงานเรื่อง การเติมวัตถุดิบและการวัดวัตถุดิบให้เป็นไปตามมาตรฐาน	ไม่ใช่สาเหตุ ✖	เนื่องจากมีการอบรมวิธีการทำงาน เรื่อง การเติมวัตถุดิบให้ถูกต้อง และมีการควบคุมวัตถุดิบได้ง่าย โดยใช้ Kanban ทำให้วัตถุดิบที่นำมาใช้ถูกต้องตามการใช้งาน
		ชิ้นงานจริง	- Stem ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าถูกป้อน และเกิดต่อเนื่องเป็นจำนวนมากที่จุดตรวจจับของเครื่อง mount			
		ข้อเท็จจริง	- ข้อบกพร่องเกิดเป็นจำนวนมาก เนื่องจากพนักงานไม่สามารถดูแลได้ทั่วถึง			

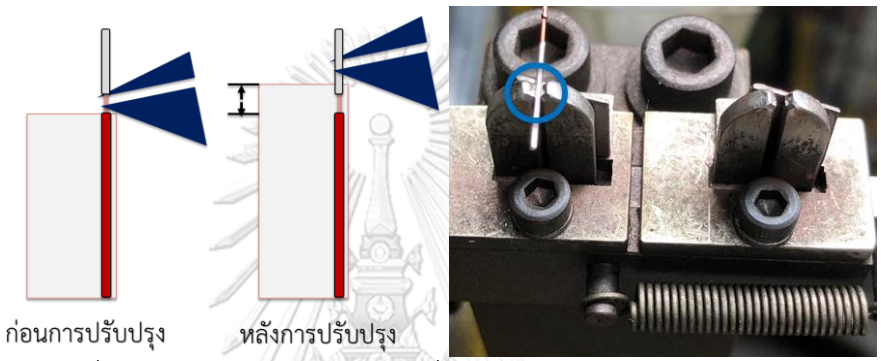
ดังนั้น สาเหตุเส้นลวดนำไฟฟ้างอขณะป้อนเข้าสู่กระบวนการ จึงเป็นสาเหตุเดียวที่น่าจะมีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องนี้ เมื่อตรวจสอบพื้นที่เกิดเหตุทำให้ทราบว่าการงอของเส้นลวดนั้นเกิดบริเวณเส้นลวดนำไฟฟ้าส่วนที่เป็นโลหะผสมดูเม็ท (Dumet) ซึ่งส่วนดังกล่าวเป็นโลหะที่บางและมีหน้าที่สำหรับยึดติดกับเนื้อแก้ว และเมื่อพิจารณาถึงสาเหตุที่ส่วนนี้เกิดการคดงอ เนื่องจากปากจับเพื่อนำพา

เส้นลวดเข้าสู่เครื่องจักร จับบริเวณ Dumet นี้ ทำให้มีการบีบบริเวณดังกล่าวที่บางกว่าส่วนอื่น ทำให้โค้งงอและเกิดการอุดตันในท่อนำพา

การดำเนินการปรับปรุง มุ่งเน้นการหาวิธีการ 2 ประการ คือ

1) วิธีการลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง

การลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องนี้ คือ ต้องทำให้เส้นลวดไม่เกิดการคดงอ โดยวิธีการเปลี่ยนจุดจับเส้นลวดเข้าสู่กระบวนการ จากเดิมจับบริเวณ Dumet จึงเปลี่ยนเป็นจับบริเวณ Nickel ซึ่งเป็นโลหะที่ใช้มีความหนา และเพิ่มความสูงของกล่องบรรจุเส้นลวดที่รอการป้อนเข้าสู่การผลิต ดังรูปที่ 5.7



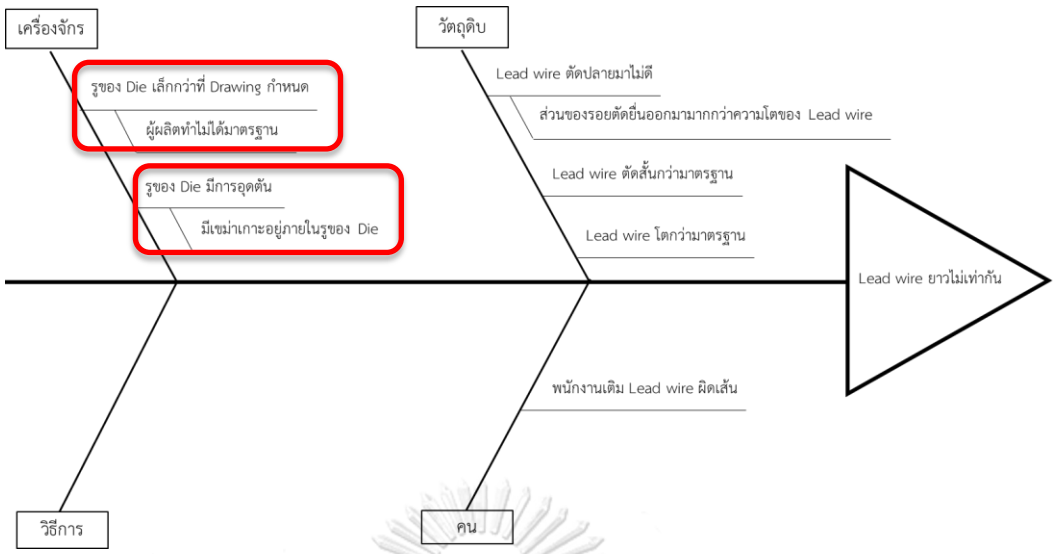
รูปที่ 5.7 ปากจับเส้นลวดนำไฟฟ้าที่แตกต่างกันก่อนและหลังปรับปรุง

2) วิธีการเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ

การเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ ด้วยวิธีการ Pokayoke และ Visualization ทางคณะทำงานคิดว่า สามารถติดตั้งกล้องสำหรับตรวจจับบริเวณที่ป้อนเข้าสู่เครื่องจักรได้ โดยสามารถจับภาพบริเวณปลายด้านล่างของเส้นลวดที่ต้องปรากฏในหน้าจอตามตำแหน่งที่กำหนด ในกรณีที่จับภาพได้ว่า ไม่พบเส้นลวดนำไฟฟ้าตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งจำนวน 5 ชิ้น ให้เครื่องจักรหยุดการผลิตและมีเสียงเตือนเพื่อให้พนักงานเข้ามาทำการตรวจสอบการอุดตันบริเวณกระบอกได้ ดังรูปที่ 5.5

5.2.3 การลดการสูญเสียเรื่อง stem ที่มีเส้นลวดนำไฟฟ้ายาวไม่เท่ากัน

จากการวิเคราะห์ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 จากผลการประเมินพบว่า Stem ที่เส้นลวดนำไฟฟ้ายาวไม่เท่ากัน มาจากสาเหตุการป้อนวัตถุดิบมีปัญหา และจากผลการระดมความคิดความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยที่มีผลของปัญหา ดังแสดงในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 สาเหตุการเกิดของการสูญเสีย Stem เส้นลวดนำไฟฟ้ายาวไม่เท่ากัน

และจากการประชุมกับช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงาน สามารถหาข้อสรุปสาเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหาอย่างแท้จริง ซึ่งมีทั้งสิ้น 3 สาเหตุ คือ

- รูของแม่พิมพ์ (Die) มีการอุดตัน จากคราบเขม่า
- รู Die เล็กกว่าที่ Drawing กำหนด เนื่องจากผู้ผลิต ผลิตไม่ได้ตามมาตรฐาน

เมื่อทำการพิจารณาตามหลัก 3 Gen ตามหัวข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้สูงสุดตามการระดมความคิดจากคณะทำงานช่างเทคนิค ซึ่งสามารถแจกแจงออกมาเป็นดังตารางที่ 5.3

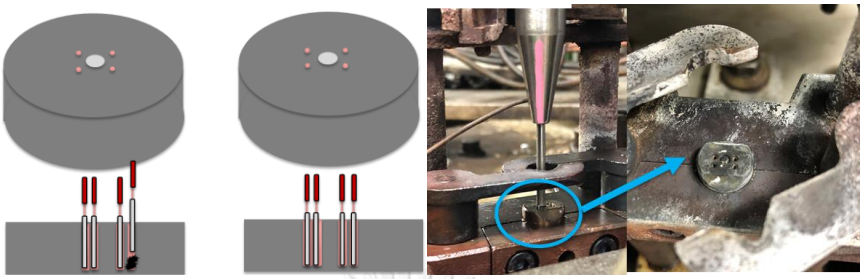
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.3 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา stem เส้นลวดนำไฟฟ้ายาวไม่เท่ากัน ตามหลัก 3 Gen

เหตุการณ์	สาเหตุที่เป็นไปได้	3 Gen	สิ่งที่พบ	สาเหตุราก	สรุป	วิธีการดำเนินการ
บริเวณปลาย LW ยาวไม่เท่ากัน	เส้นลวดไม่สามารถลงไปในรู Die ได้ เนื่องจาก มีการอุดตันภายในรู	สถานที่จริง	- เส้นลวดถูกจับป้อนเข้าสู่กระบอกป้อนและลงไปในรู Die ได้พอดี	มีการอุดตันจากเขม่าแก้วในรู Die ทำให้เส้นลวดถูกป้อนเข้าไม่สุด	เป็นสาเหตุของปัญหา	- กำหนดระยะทำความสะอาดรู Die และกำหนดวิธีการลงในเอกสารวิธีการทำงาน และเอกสาร Machine monthly check sheet
		ชิ้นงานจริง	- Stem มีเส้นลวดที่ยาวไม่เท่ากันเกิดขึ้น			
		ข้อเท็จจริง	- ช้อบกพร่องเกิดเป็นจำนวนมาก เนื่องจากไม่มีการกำหนดทำความสะอาด			
	เส้นลวดไม่สามารถลงไปในรู Die ได้ เนื่องจากรูเล็กกว่ามาตรฐาน	สถานที่จริง	- มี Die ที่ใช้จำนวนเท่ากับ Head โดย Die ทำมาจากเหล็ก จากผู้ผลิตเดียวกัน	รู Die ที่กำหนดตาม Drawing = 0.6 มิลลิเมตร และมีการตรวจสอบค่าก่อนรับชิ้นส่วนทุกครั้ง	ไม่ใช่สาเหตุ ✖	เนื่องจากมีข้อกำหนดขนาดของรู Die และ Die ไว้ใน Drawing เครื่องจักรเรียบร้อยแล้ว และมีการวัดชิ้นส่วนก่อนรับของเข้าทุกครั้ง
		ชิ้นงานจริง	- Stem มีเส้นลวดที่ยาวไม่เท่ากันเกิดขึ้น แต่ไม่ได้เกิดตอนเปลี่ยน Die			
		ข้อเท็จจริง	- มีการตรวจสอบชิ้นส่วนก่อนรับของการผู้ผลิตทุกชิ้น และการเกิดไม่ได้เกิดเมื่อเปลี่ยน Die ใหม่			

เกิดจากคราบเขม่าที่เกิดจากการใช้งาน เข้าไปอุดตันที่ รู die หัว stem ทำให้เส้นลวดนำไฟฟ้าเข้าไปในรูได้สุด จึงทำให้เกิดการไม่เท่ากันของเส้นลวดนำไฟฟ้าได้ จะสามารถตรวจจับโดยจุด

limit switch และกล้องตรวจจับที่ mount เพราะไม่ถูกป้อน สาเหตุของปัญหาคือ ไม่มีการกำหนดระยะเวลาทำความสะอาด จึงได้ทำการกำหนดระยะเวลา ดังรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 เปรียบเทียบรู Die อุดตันและภาพรู Die จากเครื่องจักร

การดำเนินการปรับปรุง มุ่งเน้นการหาวิธีการ 2 ประการ คือ

1) วิธีการลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง

การลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องนี้ คือ

- กำหนดระยะเวลาในการทำความสะอาดรูแม่พิมพ์

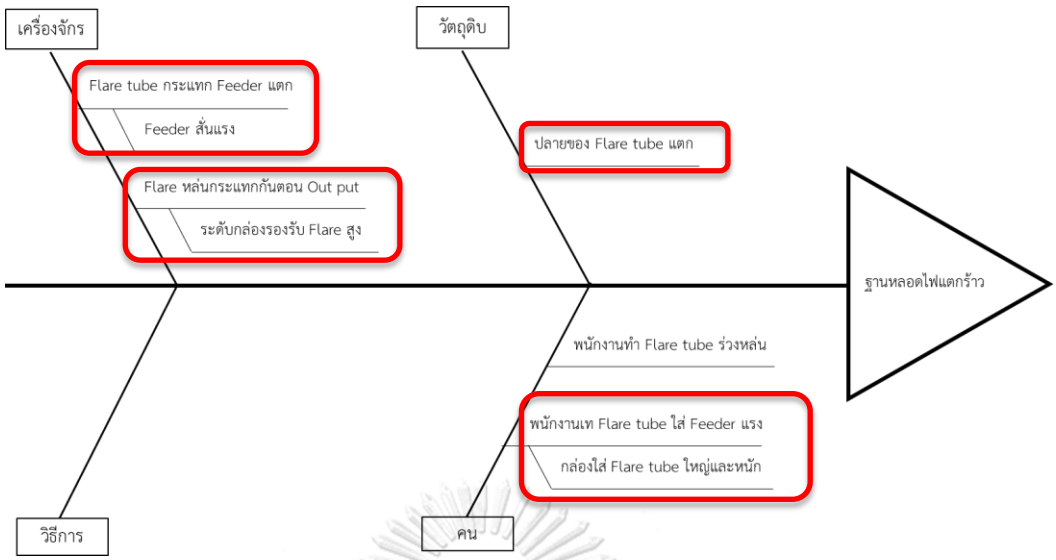
2) วิธีการเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ

การเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ คือ

- ติดตั้งกล้องตรวจจับโดยใช้กล้องตรวจจับจำนวนเส้นลวดนำไฟฟ้า โดยสามารถจับขนาดของเส้นลวดได้ หากเส้นลวดลงไปในรูแม่พิมพ์จนสุดโลหะส่วน Nickel ไม่มีส่วนข้อต่อของโลหะโผล่พ้นรูของ Die ดังนั้นจึงสามารถจับภาพส่วนข้อต่อของโลหะได้ และทำการกีดกันข้อบกพร่องออกจากกระบวนการได้

5.2.4 การลดการสูญเสียเรื่อง stem ที่มีฐานหลอดไฟแตกร้าว

จากการวิเคราะห์ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 จากผลการประเมินพบว่า Stem ที่มีฐานหลอดไฟแตกร้าว มาจากสาเหตุการป้อนวัตถุดิบมีปัญหา และจากผลการระดมความคิดความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยที่มีผลของปัญหา ดังแสดงในรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 สาเหตุการเกิดของการสูญเสีย Stem ที่มีเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบจำนวน

และจากการประชุมกับช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงาน สามารถหาข้อสรุปสาเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหาอย่างแท้จริง ซึ่งมีทั้งสิ้น 4 สาเหตุ คือ

- Flare Tube มีการแตกบริเวณส่วนปลาย
- Flare Tube มีการกระแทก Feeder เนื่องจากมีการสั่นแรง
- Flare output หล่นกระแทกกัน เนื่องจากระดับกล่องรองรับ Flare สูง
- พนักงานเติมวัตถุดิบรุนแรง เนื่องจากกล่องหนักและใหญ่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการหาข้อมูลที่เกิดจากวัตถุดิบที่ถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการมีรอยแตกร้าว เนื่องจากการกระแทก

เมื่อทำการพิจารณาตามหลัก 3 Gen ตามหัวข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้สูงสุดตามการระดมความคิดจากคณะทำงานช่างเทคนิค ซึ่งสามารถแจกแจงออกมาเป็นดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา stem ที่มีฐานหลอดไฟแตก ตามหลัก 3 Gen

เหตุการณ์	สาเหตุที่เป็นไปได้	3 Gen	สิ่งที่พบ	สาเหตุราก	สรุป	วิธีการดำเนินการ
Flare แตกบริเวณหัวด้านบน	Flare tube แตกมาตั้งแต่ก่อนป้อนเข้ากระบวนการ	สถานที่จริง	- เครื่องป้อน Flare ทำมาจากเหล็กที่มีความแข็งและมีการกระแทก	มีการกระแทกกันระหว่าง Flare กับ Feeder ที่เป็นเหล็กแข็ง	เป็นสาเหตุของปัญหา	- ทำให้เหล็กที่แข็งมีความยืดหยุ่นมากขึ้นที่ผิวสัมผัส ด้วยวิธีการเคลือบยาง เพื่อให้ลดแรงกระแทก
		ชิ้นงานจริง	- พบ flare ที่รอทำการป้อนเข้าสู่เครื่องจักรมีรอยบิ่น			
		ข้อเท็จจริง	-พบ Flare กระแทกทั้งภายในจุดป้อนและหลังขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว			
	Flare tube แตกมาตั้งแต่ก่อนป้อนเข้ากระบวนการ	สถานที่จริง	- พบพนักงานทำการเติม Flare ทุก 2 ชั่วโมง	ทำการปรับปรุงเบื้องต้น เพื่อลดความเมื่อยล้าให้พนักงาน ด้วยวิธีการเปลี่ยนจากการเติมโดยยกกล่องวัตถุดิบเท เป็นการใช้ตะกร้าพลาสติกในการตัก	ไม่ใช่สาเหตุ ✖	เนื่องจากมีการป้องกันเรื่อง การบาดเจ็บในงาน จึงกำหนดให้พนักงานทำการเติมวัตถุดิบด้วยวิธีการใช้ตะกร้าตัก ทำให้ไม่หนักและไม่ทำให้วัตถุดิบบิ่นด้วย
		ชิ้นงานจริง	- พบ flare ที่รอทำการป้อนเข้าสู่เครื่องจักรมีรอยบิ่น			
		ข้อเท็จจริง	- พนักงานกล่าวถึงเรื่องกล่องสำหรับใส่ Flare Tube หนัก ทำให้ยกยากและต้องเทด้วยความรุนแรง			
	Flare แตกเมื่อทำการขึ้นรูปแล้ว	สถานที่จริง	- พาชนะสำหรับรองรับ Flare ที่ขึ้นรูปแล้วเป็นกล่องไม้ ที่ตั้งระดับไว้สูง	มีการกระแทกกันระหว่าง Flare กับ Flare ในขณะที่ร้อนและความสูงมาก ที่เป็นเหล็กแข็ง	เป็นสาเหตุของปัญหา	- มีการติดตั้งพัดลมเป่าเพื่อคลายความร้อนให้กับ flare และทำการปรับระดับความสูงของกล่องให้ช่วงน้อยลงเพื่อลดแรงกระแทกในระหว่างที่ร้อน
		ชิ้นงานจริง	- ชิ้นงานมีความร้อน เมื่อกระทบกันจะทำให้แตกง่าย			
		ข้อเท็จจริง	- ระดับกล่องที่ใช้รองรับ Flare มีความสูงเกินไป และเมื่อออกจากการผลิตยังคงมีความร้อนสูง เมื่อกระทบกันด้วยความร้อนและแรงทำให้เกิดรอยบิ่น			

สุดท้ายแล้วสาเหตุของการเกิดการบิ่นมาจากมีการชนกันหรือกระแทกของ flare ทำให้ต้องมีการค้นหาจุดที่ทำให้เกิดการกระแทกและทำการกำจัดสิ่งที่ก่อให้เกิดได้

การดำเนินการปรับปรุง มุ่งเน้นการหาวิธีการ 2 ประการ คือ

1) วิธีการลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง

- ลดการกระแทกของ Flare ที่จุดการป้อนที่มีการสั่นอย่างรุนแรง ด้วยวิธีการนำรางป้อนวัตถุดิบไปทำการเคลือบยางที่ผิวสัมผัส ทำให้ลดความแข็งของเนื้อโลหะที่กระทบกับเนื้อแก้ว
- ลดการกระแทกที่ out put ด้วยการลดระยะระหว่างกล่องบรรจุกับรางปลายทางของ Flare และใช้แผ่นยางวางเพื่อลดแรงกระแทกของ Flare

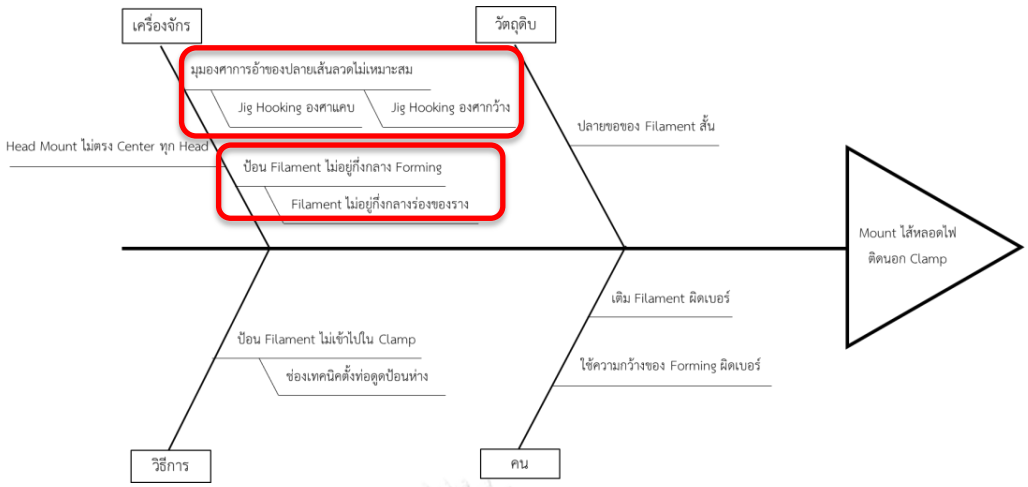
2) วิธีการเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ

- ติดตั้งกล้องตรวจจับบริเวณหัวของ Stem ณ จุดตรวจจับเส้นลวดนำไฟฟ้า ดังรูปที่ 5.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2.5 การลดการสูญเสียเรื่อง Mount ที่มีไส้หลอดไฟติดนอก clamp

จากการวิเคราะห์ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 จากผลการประเมินพบว่า Mount ที่มีไส้หลอดไฟติดนอก clamp มาจากสาเหตุการป้อนวัตถุดิบมีปัญหา และจากผลการระดมความคิดความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยที่มีผลต่อปัญหา ดังแสดงในรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 สาเหตุของการสูญเสีย Mount ที่มีไส้หลอดไฟติดนอก clamp

และจากการประชุมกับช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงาน สามารถหาข้อสรุปสาเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหาอย่างแท้จริง ซึ่งมีทั้งสิ้น 2 สาเหตุ คือ

- มุมองศาการอ้าของปลายเส้นลวดไม่เหมาะสม โดย Hooking Jig ที่มีมุมดัดที่ไม่เหมาะสม มุมองศาของปลายเส้นลวดแคบ
- มุมองศาการอ้าของปลายเส้นลวดไม่เหมาะสม โดย Hooking Jig ที่มีมุมดัดที่ไม่เหมาะสม มุมองศาของปลายเส้นลวดกว้าง

ในกรณีที่ไส้หลอดไฟติดภายนอก clamp นั้นมีสาเหตุมาจากการขึ้นรูปบริเวณส่วนปลายของเส้นลวดให้เป็นตะขอ ไม่เหมาะสมทำให้ไส้หลอดไฟที่ถูกวางลงไปไม่อยู่ในพื้นที่ที่จะทำการหนีบไส้หลอดไฟไว้ ในขั้นตอบขึ้นรูปส่วนปลายของเส้นลวดคือการใช้เครื่องจักรทำการดันให้ปลายเส้นลวดโค้งงอเป็นรูปแบบตะขอ แต่ไม่มีการกำหนดระยะหรือองศาของตะขอ ทำให้การขึ้นรูปตะขอไม่เหมาะสม โดยมีมุมองศาที่น้อยเกินไป ทำให้พื้นที่ในการวางไส้หลอดมีน้อย จึงเป็นสาเหตุของข้อบกพร่องนี้ขึ้น ซึ่งไม่สามารถตรวจจับได้จนกว่าจะนำไปติดไฟ หากหลอดไฟที่เกิดข้อบกพร่องนี้จะทำให้ไม่ติดไฟ เนื่องจากไส้หลอดไม่ถูกติดให้ครบวงจร ในการค้นพบปัญหาอาจตรวจพบเมื่อถึงกระบวนการตรวจสอบสุดท้าย โดยผ่านกระบวนการผลิตทุกขั้นตอน

เมื่อทำการพิจารณาตามหลัก 3 Gen ตามหัวข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้สูงสุดตามการระดมความคิดจากคณะทำงานช่างเทคนิค ซึ่งสามารถแจกแจงออกมาเป็นดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา mount ที่ไส้หลอดติดนอก clamp ตามหลัก 3 Gen

เหตุการณ์	สาเหตุที่เป็นไปได้	3 Gen	สิ่งที่พบ	สาเหตุราก	สรุป	วิธีการดำเนินการ
ไส้หลอดไฟไม่ถูกติดเข้าไปในส่วนการบีบของปลายเส้นลวด	ไส้หลอดไฟถูกป้อนเข้าสู่ปลายเส้นลวดที่ทำเป็นตะขอรองรับ	สถานที่จริง	- การใช้งาน hooking jig แต่ละ line การผลิตใช้มุมองศาไม่เท่ากัน	ไม่มีการกำหนดมุมของการ Hooking แต่มีการกำหนดความยาวของ Clamping	เป็นสาเหตุของปัญหา	- ทดลองใช้มุมองศาการ hooking ที่ 30, 45 และ 60 องศา ทำการทดลองผลิต 40 ชิ้น ต่อ 1 ค่าองศา พบว่า ที่มุม 45 มีของดีเกิดขึ้นมากที่สุด เนื่องจากที่มุม 30 องศาทำให้เกิดการร่วงหล่นของไส้หลอดไฟ และที่ 60 องศาทำให้เกิดปัญหา Clamp บิดเกิดขึ้น
		ชิ้นงานจริง	-การ clamp ของปลายเส้นลวดมีการกำหนดขนาดไว้ตามสเปคของหลอดไฟ			
		ข้อเท็จจริง	- ไม่มีการกำหนดมุม hooking สำหรับป้อนไส้หลอดไฟ			
	ไส้หลอดไฟที่รอป้อนเข้าสู่เครื่องจักรไม่อยู่กึ่งกลางของรางป้อน	สถานที่จริง	- จุดรางรอการป้อนไส้หลอดทำงานได้ตามปกติ	ไส้หลอดไฟขยับจากจุดศูนย์กลางในรางลำเลียงที่รอป้อนเข้าสู่กระบวนการ	ไม่ใช่สาเหตุ ✖	มีการป้องกันการเกิดปัญหาด้วยการใช้อุปกรณ์ทำให้ไส้หลอดไฟอยู่กึ่งกลางแล้ว
		ชิ้นงานจริง	- การป้อนไส้หลอดสามารถป้อนได้อยู่ในจุดกึ่งกลาง			
		ข้อเท็จจริง	- มีการใช้อุปกรณ์สำหรับกั้นและผลักให้ไส้หลอดอยู่กึ่งกลางก่อนป้อนเข้า			

ดังนั้นสาเหตุของปัญหาเกิดจากการไม่มีการกำหนดมุมของการขึ้นรูปส่วนปลายของเส้นลวดเพื่อรอการป้อนไส้หลอดไฟเข้าสู่ตะขอนั้น

การดำเนินการปรับปรุง มุ่งเน้นการหาวิธีการ 2 ประการ คือ

1) วิธีการลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง

การลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องนี้ คือ

- ปรับมุมองศาของการขึ้นรูปปลายของเส้นลวดนำไฟฟ้า เนื่องจากยังไม่มีมุมที่เหมาะสม จึงทำการทดลองเพื่อค้นหามุมที่เหมาะสมกับการขึ้นรูป โดยผลการทดลอง คือ มุม 45 องศา ที่จะทำให้การวางไส้หลอดไฟอยู่ในตะขอพอดี

2) วิธีการเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ

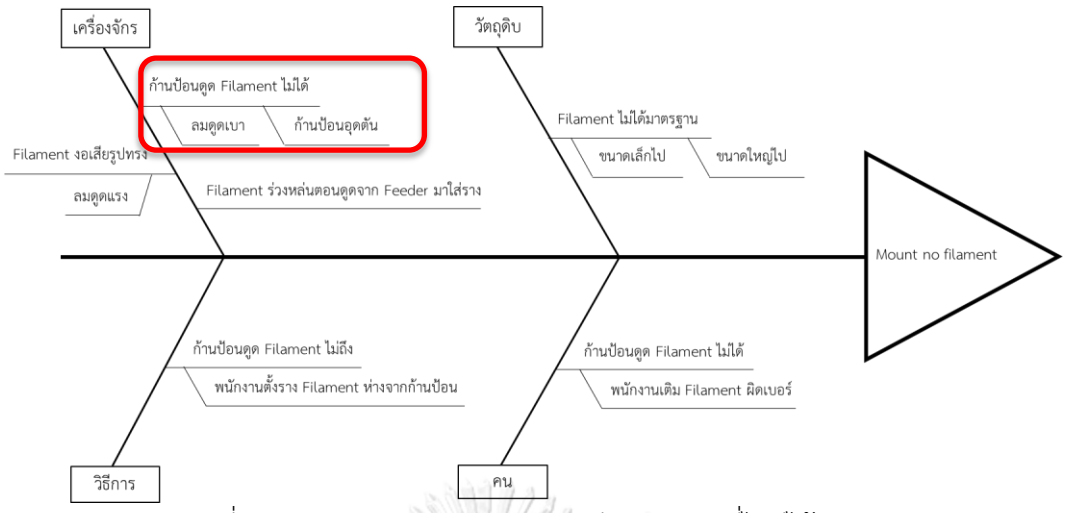
การเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ คือ

- ติดตั้งกล้องตรวจจับรูปร่างของการบีบไส้หลอดไฟ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2.6 การลดปัญหาการสูญเสีย Mount ที่ไม่มีไส้หลอดไฟ

จากการวิเคราะห์ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 จากผลการประเมินพบว่า Mount ที่ไม่มีไส้หลอดไฟ มาจากสาเหตุการป้อนวัตถุดิบมีปัญหา และจากผลการระดมความคิดความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยที่มีผลต่อปัญหา



รูปที่ 5.12 สาเหตุของปัญหาการสูญเสีย Mount ที่ไม่มีไส้หลอด

และจากการประชุมกับช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงาน สามารถหาข้อสรุปสาเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหาอย่างแท้จริง ซึ่งมีทั้งสิ้น 2 สาเหตุ คือ

- ก้านป้อนดูดไส้หลอดไฟไม่ได้ เนื่องจากลมดูดเบา
- ก้านป้อนดูดไส้หลอดไฟไม่ได้ เนื่องจากก้านป้อนอุดตัน

การป้อนไส้หลอดไฟเข้าสู่กระบวนการ จะทำการใช้ก้านป้อน โดยจะทำการใช้แรงดูดจากท่อดังกล่าว แล้วยกไส้หลอดเข้าสู่ตะขอที่ถูกงอทำมุมองศาไว้แล้ว เมื่อถึงจุดที่กำหนดก้านป้อนก็จะหยุดการทำงานเพื่อปล่อยไส้หลอดไฟลง จากนั้นก็เคลื่อนกลับมาจับไส้หลอดไฟอันถัดไป

เมื่อทำการพิจารณาตามหลัก 3 Gen ตามหัวข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้สูงสุดตามการระดมความคิดจากคณะทำงานช่างเทคนิค ซึ่งสามารถแจกแจงออกมาเป็นดังตารางที่ 5.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.6 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา Mount ไม่มีไส้หลอดไฟ ตามหลัก 3 Gen

เหตุการณ์	สาเหตุที่เป็นไปได้	3 Gen	สิ่งที่พบ	สาเหตุราก	สรุป	วิธีการดำเนินการ
ไส้หลอดไฟไม่ถูกป้อน	ไส้หลอดไฟหล่นระหว่างการป้อนเนื่องจากลมดูดเบา	สถานที่จริง	- มีการใช้งานก้านป้อนสำหรับดูดไส้หลอด โดยมีการปรับตั้งความแรงลมดูดด้วยวาล์ว	เกิดการร่วงหล่นระหว่างการป้อนเนื่องจากลมดูดเบา จากการปรับตั้งของช่างเทคนิค และไม่มีการกำหนดมาตรฐานแรงลมดูด	เป็นสาเหตุของปัญหา	ติดตั้งเครื่องวัดแรงลม Regulator สำหรับควบคุมความแรงของลมได้ และกำหนดเป็นมาตรฐานและระบุไว้ในเอกสารการปฏิบัติงาน
		ชิ้นงานจริง	- Mount บางตัวไม่มีไส้หลอด เนื่องจากไส้หลอดร่วงหล่นระหว่างการป้อน			
		ข้อเท็จจริง	- ลมดูดที่เบา ทำให้ไม่สามารถดูดไส้หลอดให้เข้าสู่ตะขอที่รอการป้อนได้			
	ไส้หลอดไฟหล่นระหว่างการป้อนเนื่องจากก้านป้อนอุดตัน	สถานที่จริง	- ก้านป้อนมีจังหวะการดูดและปล่อยตามจังหวะ	ไส้หลอดที่จะมาอุดตันที่ปลายก้านป้อนจะถูกจังหวะของการปล่อย	ไม่ใช่สาเหตุ ✖	ไม่มีการอุดตันที่ก้านป้อนจากการสังเกตการณ์และคำบอกจากช่างเทคนิค
		ชิ้นงานจริง	- การป้อนไส้หลอดถูกป้อนทีละ 1 ชิ้น เข้าสู่กระบวนการ			
		ข้อเท็จจริง	- การอุดตันมาจากการดูดไส้หลอดไฟ และเมื่อไปป้อนเข้าสู่ตะขอ แต่ไส้หลอดไม่ถูกปล่อย			

ดังนั้นการที่ไม่มีไส้หลอดถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการมาจากสาเหตุรากของปัญหาคือ ก้านป้อนมีแรงดูดที่เบาเกินไป เนื่องจากไม่มีการกำหนดค่าความแรงลมที่เป็นมาตรฐาน ทำให้ช่างเทคนิคปรับตั้งตามความเหมาะสมของผู้ปฏิบัติงาน และทำให้เกิดปัญหาในที่สุด

การดำเนินการปรับปรุง มุ่งเน้นการหาวิธีการ 2 ประการ คือ

1) วิธีการลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง

การลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องนี้ คือ

- ติดตั้งเครื่องวัดแรงลมที่ใช้สำหรับดูดไส้หลอดเพื่อป้อนเข้าสู่กระบวนการและมีการติดตั้งเครื่องควบคุมความดัน

2) วิธีการเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ

การเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ คือ

- ติดตั้งกล้องตรวจจับไส้ของหลอดไฟและรูปร่างของส่วนปลายของเส้นลวดนำไฟฟ้า

รูปที่ 5.13 กล้องตรวจจับรูปร่างของไส้หลอดไฟ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2.7 การลดปัญหา Flare NG

จากการวิเคราะห์ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 จากผลการประเมินพบว่า มาจากสาเหตุแก๊สอบคลายเครียด Stem เบา และจากผลการระดมความคิดความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยที่มีผลต่อปัญหา

รูปที่ 5.14 สาเหตุการเกิดปัญหา Flare NG (Crack flare)

และจากการประชุมสามารถหาข้อสรุปสาเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหาอย่างแท้จริง ซึ่งมีทั้งสิ้น 1 สาเหตุ คือ

- แก๊สเตาอบคลายเครียด Stem เบา เนื่องจากพนักงานปรับแก๊สโดยใช้เพียงประสบการณ์ส่วนบุคคล

เนื่องจากปัญหาเรื่องของเตาอบถือเป็นปัญหาที่ยุ่งยาก จากการสัมภาษณ์ช่างเทคนิคและช่างเทคนิคของบริษัทแม่ เนื่องจากต้องมีการควบคุมอุณหภูมิภายในเตาอบให้เป็นไปตามทฤษฎีการอบอ่อนเนื้อแก้ว แต่การปรับตั้งอุณหภูมิภายในนั้น มาจากการปรับตั้งปริมาณเชื้อเพลิง ก๊าซออกซิเจน และ ลม ที่ไม่สามารถบรรยายและเขียนออกมาเป็นมาตรฐานได้ เนื่องจากเป็นความชำนาญการในการสังเกตลักษณะสี และรูปร่างของเปลวแก๊ส แต่อย่างไรก็ตามการทดสอบอุณหภูมิต้องเป็นไปตามมาตรฐานด้วย โดยสามารถวัดอุณหภูมิภายในได้จากการใช้ Thermocouple ติดเข้ากับชิ้นงานและผ่านเข้าสู่เตาอบ โดยจะทำการวัดค่าได้ตามที่มีการแจ้งเพื่อทำการวัดเท่านั้น ไม่สามารถตรวจจับอุณหภูมิได้ตลอดเวลา อีกทั้งยังมีความยุ่งยาก ซับซ้อนในวิธีการด้วย

เมื่อทำการพิจารณาตามหลัก 3 Gen ตามหัวข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้สูงสุดตามการระดมความคิดจากคณะทำงานช่างเทคนิค ซึ่งสามารถแจกแจงออกมาเป็นดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา Flare NG ตามหลัก 3 Gen

เหตุการณ์	สาเหตุที่เป็นไปได้	3 Gen	สิ่งที่พบ	สาเหตุราก	สรุป	วิธีการดำเนินการ
เกิดรอยร้าวบริเวณ Flare เมื่อเป็นหลอด Exhaust bulb	การปรับตั้งค่าภายในเตาอบ	สถานที่จริง	- มีการปรับตั้งปริมาณ เชื้อเพลิง ออกซิเจน และ ลม โดยใช้วาล์ว และเป็นเตาอบที่ใช้แก๊ส	การใช้วาล์วมือหมุนในการปรับตั้งปริมาณต่าง ๆ ในเตาอบ และไม่สามารถตรวจสอบอุณหภูมิภายในได้ทันที ซึ่งหากอุณหภูมิไม่เป็นไปตามมาตรฐานจะทำให้เกิดค่า stain ตกค้างและแตกร้าวได้	เป็นสาเหตุของปัญหา	-ติดตั้งวาล์วติจิตอล (Mass Flow) สำหรับกำหนดปริมาณของค่าที่ใช้ในเตาอบได้ และกำหนดเป็นค่ามาตรฐาน เพื่อระบุในมาตรฐานการทำงาน - ติดตั้ง Thermocouple ถาวร จำนวน 3 จุด เพื่อให้สามารถแสดงค่าอุณหภูมิได้ตลอดเวลา
		ชิ้นงานจริง	- รอยแตกจะยังไม่ปรากฏเมื่อเป็น stem แต่จะปรากฏเมื่อเป็นหลอดไฟ Exhaust Bulb			
		ข้อเท็จจริง	- ไม่สามารถทราบสถานะอุณหภูมิภายในเตาอบได้ทันที และการปรับตั้งยาก			

ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงเตาอบ เพื่อให้สามารถควบคุมและแสดงสถานะได้โดยให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานได้สะดวกยิ่งขึ้น

การดำเนินการปรับปรุง มุ่งเน้นการหาวิธีการ 2 ประการ คือ

1) วิธีการลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง

การลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องนี้ คือ

- ทำการวัดอุณหภูมิจริงที่ตัวชิ้นงานได้รับ โดยทำการติดตัวเซ็นเซอร์ไว้ที่ชิ้นงาน (Stem) และทำการใส่เข้าไปในเตาอบ เพื่อทำการวัดปรับแก๊สเพื่อให้ชิ้นงานได้รับความร้อนที่ใช้ในการอบคลายเครียด
- ทำการติดตั้ง Mass flow เพื่อความคุมอัตราการไหลของแก๊ศภายในเตาอบ
- ติดตั้ง Thermocouple 3 ตำแหน่ง เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิภายในเตาอบแบบ Real time

2) วิธีการเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ

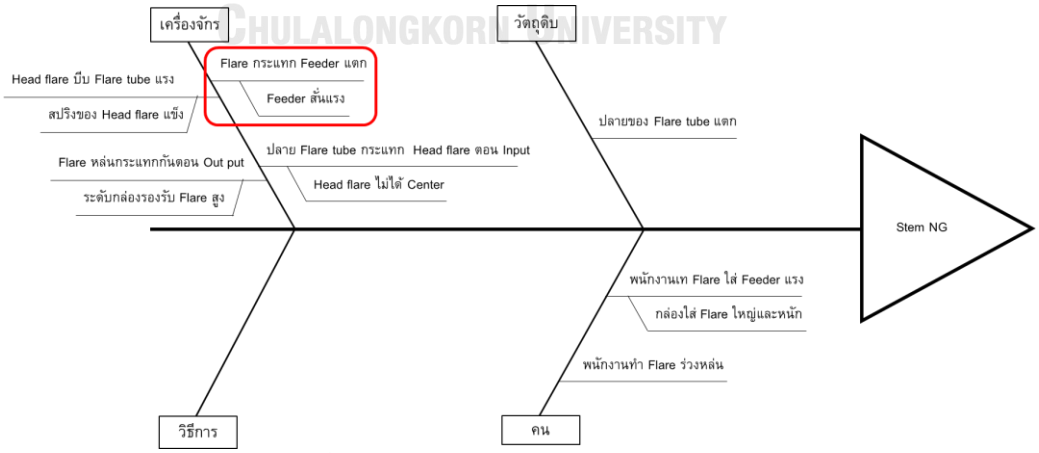
การเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ คือ

- ทำการอัดอากาศด้วยความดันสูง ในกรณีที่มีรอยร้าวอากาศจะถูกดันเข้าไปภายในหลอดและเมื่อนำไปทดสอบแสง Tesla หลอดที่มีรอยร้าวจะมีแสงสว่างที่แตกต่างจากหลอดปกติ

5.2.8 การลดปัญหา Stem NG

จากการวิเคราะห์ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 จากผลการประเมินพบว่า มาจากสาเหตุที่ Flare กระแทกกับ Feeder แตกเนื่องจาก Feeder มีความแข็งและสั่นแรง และจากผลการระดมความคิดความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยที่มีผลต่อปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 5.15 สาเหตุการเกิดปัญหา Stem NG

และจากการประชุมสามารถหาข้อสรุปสาเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหาอย่างแท้จริง ซึ่งมีทั้งสิ้น 1 สาเหตุ คือ

- Flare กระแทกกับ Feeder และทำให้บริเวณปลายของ Flare แตกและหลุดออก เนื่องจาก Feeder ทำมาจากโลหะมีความแข็ง และสั่นแรง เมื่อนำ Flare ที่ปลายแตกออกไปหลอมจะทำให้เนื้อแก้วตรงบริเวณหัวของ Stem หายไป

เมื่อทำการพิจารณาตามหลัก 3 Gen ตามหัวข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้สูงสุดตามการระดมความคิดจากคณะทำงานช่างเทคนิค ซึ่งสามารถแจกแจงออกมาเป็นดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา Stem NG ตามหลัก 3 Gen

เหตุการณ์	สาเหตุที่เป็นไปได้	3 Gen	สิ่งที่พบ	สาเหตุราก	สรุป	วิธีการดำเนินการ
Flare แตกบริเวณด้านล่าง	Flare tube แตกมาตั้งแต่ก่อนป้อนเข้ากระบวนการ	สถานที่จริง	- เครื่องป้อน Flare ทำมาจากเหล็กที่มีความแข็งและมีการกระแทก	มีการกระแทกกันระหว่าง Flare กับ Feeder ที่เป็นเหล็กแข็ง	เป็นสาเหตุของปัญหา	- ทำให้เหล็กที่แข็งมีความยืดหยุ่นมากขึ้นที่ผิวสัมผัส ด้วยวิธีการเคลือบยาง เพื่อให้ลดแรงกระแทก
		ชิ้นงานจริง	- พบ flare ที่รอทำการป้อนเข้าสู่เครื่องจักรมีรอยบิ่น			
		ข้อเท็จจริง	-พบ Flare กระแทกทั้งภายในจุดป้อนและหลังขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว			
	Flare แตกเมื่อทำการขึ้นรูปแล้ว	สถานที่จริง	- พาชนะสำหรับรองรับ Flare ที่ขึ้นรูปแล้วเป็นกล่องไม้ ที่ตั้งระดับไว้สูง	มีการกระแทกกันระหว่าง Flare กับ Flare ในขณะที่ร้อนและความสูงมาก ที่เป็นเหล็กแข็ง	เป็นสาเหตุของปัญหา	- มีการติดตั้งพัดลมเป่าเพื่อคลายความร้อนให้กับ flare และทำการปรับระดับความสูงของกล่องให้ช่วงน้อยลงเพื่อลดแรงกระแทกในระหว่างที่ร้อน
		ชิ้นงานจริง	- ชิ้นงานมีความร้อน เมื่อกระทบกันจะทำให้แตกง่าย			
		ข้อเท็จจริง	- ระดับกล่องที่ใช้รองรับ Flare มีความสูงเกินไป และเมื่อออกจากการผลิตยังคงมีความร้อนสูง เมื่อกระทบกันด้วยความร้อนและแรงทำให้เกิดรอยบิ่น			

การดำเนินการปรับปรุง มุ่งเน้นการหาวิธีการ 2 ประการ คือ

1) วิธีการลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง

การลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องนี้ คือ

- ทำการนำหม้อ Feeder ไปทำการชุบเคลือบยาง เพื่อลดแรงกระแทกระหว่าง Feeder กับ Flare แก้ปัญหาปลายของ Flare แตก ดังแสดงในรูปที่ 5.15

รูปที่ 5.16 หม้อ Feeder ที่ผ่านการเคลือบยางเรียบร้อยแล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) วิธีการเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ

การเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ คือ

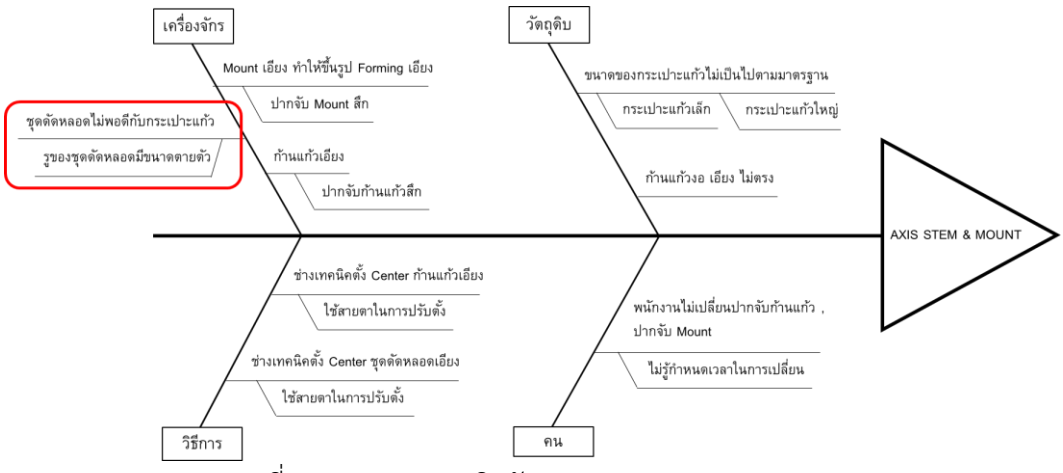
- ทำการติดตั้งกล้องและโปรแกรมให้มีการตรวจจับตรงบริเวณหัวของ Stem ถ้าหากพบว่าเนื้อแก้วตรงบริเวณนั้นหายไปก็ให้ทำการ Reject ชิ้นงานตัวนั้นออก ดังแสดงในรูปที่ 5.16

รูปที่ 5.17 ภาพจากกล้องตรวจจับบริเวณหัวของ Stem

5.2.9 การลดปัญหา Axis stem & Mount

จากการวิเคราะห์ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 จากผลการประเมินพบว่า มาจากสาเหตุขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูของชุดดัดหลอดมีขนาดคงที่ ทำให้ไม่พอดีกับขนาดของ Glass bulb เนื่องจาก Glass bulb ที่มา มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่คงที่ แต่ยังอยู่ในค่ามาตรฐานที่กำหนด และจากผลการระดมความคิดความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยที่มีผลต่อปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 518 สาเหตุการเกิดปัญหา Axis stem & Mount

และจากการประชุมสามารถหาข้อสรุปสาเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหาอย่างแท้จริง ซึ่งมีทั้งสิ้น 1 สาเหตุ คือ

- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูของชุดดัดหลอดคงที่ ทำให้ไม่พอดีกับขนาดของ Glass bulb เมื่อพบ Glass bulb ที่มีขนาดเล็กหลอดก็จะขยับได้ในขณะที่ทำการดัด เมื่อพบ Glass bulb ที่มีขนาดใหญ่ ก็ใส่เข้าไปในรูของชุดดัดหลอดไม่ได้

เมื่อทำการพิจารณาตามหลัก 3 Gen ตามหัวข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้สูงสุดตามการระดมความคิดจากคณะทำงานช่างเทคนิค ซึ่งสามารถแจกแจงออกมาเป็นดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5. 9 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา Axis stem & Mount ตามหลัก 3 Gen

เหตุการณ์	สาเหตุที่เป็นไปได้	3 Gen	สิ่งที่พบ	สาเหตุราก	สรุป	วิธีการดำเนินการ
แกนกลางหลอดไฟเอียงจากจุดศูนย์กลาง	ชุดดัดหลอดไม่พอดีกับกระเปาะแก้ว	สถานที่จริง	- พบเศษหลอดไฟติดภายในชุดดัดหลอดไฟ	ชุดดัดหลอดมีขนาดที่ตายตัวไม่สามารถปรับได้ตามขนาดกระเปาะแก้ว	เป็นสาเหตุของปัญหา	- ออกแบบชุดดัดหลอดให้สามารถปรับตามกระเปาะแก้วได้ เนื่องจากกระเปาะแก้วมีขนาดที่ไม่เท่ากัน แต่ยังอยู่ในค่าสเปค
		ชิ้นงานจริง	- แกนกลางหลอดเอียงจากจุดศูนย์กลาง			
		ข้อเท็จจริง	- หลอดไฟที่ถูกนำเข้าไปตั้งจุดศูนย์กลาง หากมีขนาดกระเปาะแก้วใหญ่ จะถูกชุดดัดหลอดบีบจนแตกและมีเศษแก้วติดค้างภายใน			

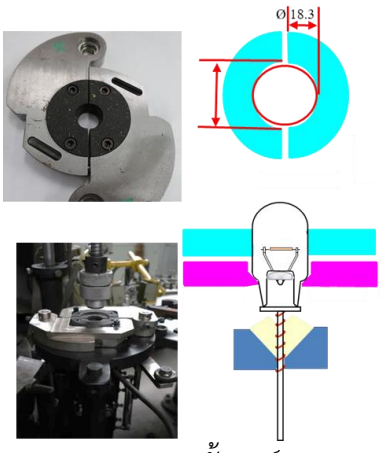
ดังนั้นในข้อบกพร่องนี้จึงทำการปรับปรุงชุดดัดหลอดไฟให้เข้าสู่จุดศูนย์กลาง

การดำเนินการปรับปรุง มุ่งเน้นการหาวิธีการ 2 ประการ คือ

1) วิธีการลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง

การลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องนี้ คือ

- ทำการออกแบบชุดดัดหลอดเป็นรูปแบบใหม่ โดยจะมีการทำงานเป็น 2 จังหวะ คือ ตัวด้านล่างจะปิดเพื่อรองรับหลอดที่ถูกใส่เข้ามาในชุดดัดหลอด และเมื่อหลอดถูกใส่เข้ามาแล้ว ตัวด้านบนก็จะปิดเพื่อจับ Glass bulb เอาไว้ไม่ให้ขยับได้ในขณะที่ทำการดัด Mount ดังแสดงในรูปที่ 5.18



รูปที่ 5.19 รูปแบบของชุดตั้งศูนย์กลางของหลอดไฟ

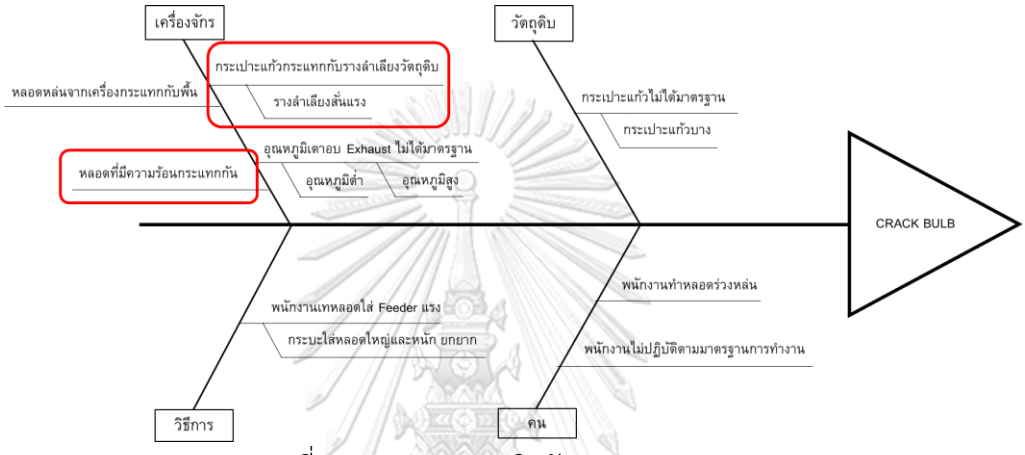
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) วิธีการเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ

ในตอนนี้ยังไม่สามารถเพิ่มความสามารถในการตรวจจับได้

5.2.10 การลดปัญหา Crack bulb

จากการวิเคราะห์ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 จากผลการประเมินพบว่า มาจากสาเหตุที่หลอดกระแทกกับรางลำเลียงวัตถุดิบ และหลอดที่มีความร้อนกระแทกกัน และจากผลการระดมความคิดความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยที่มีผลต่อปัญหา



รูปที่ 5.20 สาเหตุการเกิดปัญหา Crack bulb

และจากการประชุมสามารถหาข้อสรุปสาเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหาอย่างแท้จริง ซึ่งมีทั้งสิ้น 2 สาเหตุ คือ

- หลอดกระแทกกับรางลำเลียงวัตถุดิบและทำให้เกิดการร้าว เนื่องจากรางลำเลียงวัตถุดิบทำมาจากโลหะซึ่งมีความแข็ง และมีการสั่นแรง จึงทำให้กระแทกกับ Glass bulb จนเกิดการร้าวขึ้น
- หลอดที่มีความร้อน หล่นมากระแทกโดนกันในราง Conveyer ตอน Output ออกจากเครื่อง ทำให้เกิดการร้าวขึ้น

เมื่อทำการพิจารณาตามหลัก 3 Gen ตามหัวข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้สูงสุดตามการระดมความคิดจากคณะทำงานช่างเทคนิค ซึ่งสามารถแจกแจงออกมาเป็นดังตารางที่ 5.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5. 10 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา Crack bulb ตามหลัก 3 Gen

เหตุการณ์	สาเหตุที่เป็นไปได้	3 Gen	สิ่งที่พบ	สาเหตุราก	สรุป	วิธีการดำเนินการ
เกิดรอยร้าวบริเวณเกระเปาะแก้วเมื่อเป็นหลอด Exhaust bulb	กระเปาะแก้วกระทบกันเมื่อป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต	สถานที่จริง	- เครื่องป้อน Glass bulb ทำมาจากเหล็กที่มีความแข็งและมีการกระแทก	มีการกระแทกกันระหว่างกระเปาะแก้ว กับ Feeder ที่เป็นเหล็กแข็ง	เป็นสาเหตุของปัญหา	- ทำให้เหล็กที่แข็งมีความยืดหยุ่นมากขึ้นที่ผิวสัมผัส ด้วยวิธีการเคลือบยาง เพื่อให้ลดแรงกระแทก ทั้งใน Feeder และเส้นทางที่ถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการ
		ชิ้นงานจริง	- พบกระเปาะแก้วที่ถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการมีรอยร้าวแล็กน้อย			
		ข้อเท็จจริง	-พบกระเปาะแก้วกระแทกกันเอง และกระแทกกับเหล็กแข็งลำเลียงเข้าสู่กระบวนการ			
	Exhaust Bulb กระแทกกันเมื่อยังมีความร้อน ขณะลำเลียงออกจากเครื่องจักร	สถานที่จริง	- พบ Exhaust bulb ที่ร้อนถูกลำเลียงออกจากเครื่องจักรบนสายพาน	มีการกระแทกกันระหว่าง Exhaust bulb ที่ร้อนในรางลำเลียง	เป็นสาเหตุของปัญหา	- ปรับปรุงรางลำเลียงใหม่ ให้สามารถขนถ่ายหลอดไฟที่ร้อนทีละ 1 หลอด เพื่อหลีกเลี่ยงการกระทบกัน
		ชิ้นงานจริง	- มีรอยแตกร้าวบริเวณกระเปาะแก้ว			
		ข้อเท็จจริง	- ตรวจพบว่าหลอด exhaust bulb ที่ถูกลำเลียงออกจากเครื่องจักร มีการกระทบกัน ในขณะที่ร้อน			

การดำเนินการปรับปรุง มุ่งเน้นการหาวิธีการ 2 ประการ คือ

1) วิธีการลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง

การลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องนี้ คือ

- ทำการนำรางลำเลียงวัตถุดิบไปเคลือบยางเพื่อแรงกระแทกระหว่างรางซึ่งเป็นโลหะแข็งกับ Glass bulb
- ทำการเปลี่ยนสายพาน Conveyer เป็นรูปแบบใหม่ โดยทำการแบ่งเป็นช่องไว้บนสายพาน เพื่อให้หลอดถูกลำเลียงทีละ 1 หลอด ป้องกันไม่ให้หลอดกระแทกกัน

รูปที่ 5.21 รูปแบบรางลำเลียง Exhaust bulb ทีละหนึ่งหลอด

2) วิธีการเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ

การเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ คือ

- ทำการอัดอากาศด้วยความดันสูง ในกรณีที่มีรอยร้าวอากาศจะถูกดันเข้าไปภายในหลอด และเมื่อนำไปทดสอบแสง Tesla หลอดที่มีรอยร้าวจะมีแสงสว่างที่แตกต่างจากหลอดปกติ

5.2.11 การลดปัญหา Bulb break

จากการวิเคราะห์ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 จากผลการประเมินพบว่า มาจากสาเหตุที่หลอดกระแทกกับรางลำเลียงวัตถุดิบ และจากผลการระดมความคิดความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยที่มีผลต่อปัญหา

รูปที่ 5.22 สาเหตุการเกิดปัญหา Bulb break

ลักษณะการเกิดของข้อบกพร่องนี้มีความคล้ายคลึงการเกิดข้อขัดข้องแบบ Crack Bulb แต่มีความแตกต่างที่ความรุนแรงในการเกิด หากเป็นการ crack จะเป็นการแตกร้าว สำหรับ bulb break เป็นการแตกที่รุนแรงของกระเปาะแก้วแตกหลุดออกมา เกิดจากแรงที่ได้รับมากกว่า

และจากการประชุมสามารถหาข้อสรุปสาเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหาอย่างแท้จริง ซึ่งมีทั้งสิ้น 2 สาเหตุ คือ

- หลอดกระแทกกับรางลำเลียงวัตถุดิบและทำให้เกิดการร้าว เนื่องจากรางลำเลียงวัตถุดิบทำมาจากโลหะซึ่งมีความแข็ง และมีการสั่นแรง จึงทำให้กระแทกกับ Glass bulb จนเกิดการร้าวขึ้น
- หลอดที่มีความร้อน หล่นมากระแทกโดนกันในราง Conveyer ตอน Output ออกจากเครื่อง ทำให้เกิดการร้าวขึ้น

เมื่อทำการพิจารณาตามหลัก 3 Gen ตามหัวข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้สูงสุดตามการระดมความคิดจากคณะทำงานช่างเทคนิค ซึ่งสามารถแจกแจงออกมาเป็นดังตารางที่ 5.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5. 111 การค้นหาสาเหตุรากของปัญหา Bulb Break ตามหลัก 3 Gen

เหตุการณ์	สาเหตุที่เป็นไปได้	3 Gen	สิ่งที่พบ	สาเหตุราก	สรุป	วิธีการดำเนินการ
เกิดรอยร้าวบริเวณเกระเปาะแก้วเมื่อเป็นหลอด Exhaust bulb	กระเปาะแก้วกระทบกันเมื่อป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต	สถานที่จริง	- เครื่องป้อน Glass bulb ทำมาจากเหล็กที่มีความแข็งและมีการกระแทก	มีการกระแทกกันระหว่างกระเปาะแก้ว กับ Feeder ที่เป็นเหล็กแข็ง	เป็นสาเหตุของปัญหา	- ทำให้เหล็กที่แข็งมีความยืดหยุ่นมากขึ้นที่ผิวสัมผัส ด้วยวิธีการเคลือบยาง เพื่อให้ลดแรงกระแทก ทั้งใน Feeder และเส้นทางที่ถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการ
		ชิ้นงานจริง	- พบกระเปาะแก้วที่ถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการมีรอยร้าวแล็กน้อย			
		ข้อเท็จจริง	-พบกระเปาะแก้วกระแทกกันเอง และกระแทกกับเหล็กแข็งลำเลียงเข้าสู่กระบวนการ			
	Exhaust Bulb กระแทกกันเมื่อยังมีความร้อน ขณะลำเลียงออกจากเครื่องจักร	สถานที่จริง	- พบ Exhaust bulb ที่ร้อนถูกลำเลียงออกจากเครื่องจักรบนสายพาน	มีการกระแทกกันระหว่าง Exhaust bulb ที่ร้อนในรางลำเลียง	เป็นสาเหตุของปัญหา	- ปรับปรุงรางลำเลียงใหม่ ให้สามารถขนถ่ายหลอดไฟที่ร้อนทีละ 1 หลอด เพื่อหลีกเลี่ยงการกระทบกัน
		ชิ้นงานจริง	- มีรอยแตกร้าวบริเวณกระเปาะแก้ว			
		ข้อเท็จจริง	- ตรวจพบว่าหลอด exhaust bulb ที่ถูกลำเลียงออกจากเครื่องจักร มีการกระทบกัน ในขณะที่ร้อน			

การดำเนินการปรับปรุง มุ่งเน้นการหาวิธีการ 2 ประการ คือ

1) วิธีการลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง

การลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องนี้ คือ

- ทำการนำรางลำเลียงวัตถุดิบไปเคลือบยางเพื่อแรงกระแทกระหว่างรางซึ่งเป็นโลหะแข็งกับ Glass bulb

2) วิธีการเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ

การเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ คือ

- ทำการอัดอากาศด้วยความดันสูง ในกรณีที่มีรอยร้าวอากาศจะถูกดันเข้าไปภายในหลอดและเมื่อนำไปทดสอบแสง Tesla หลอดที่มีรอยร้าวจะมีแสงสว่างที่แตกต่างจากหลอดปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

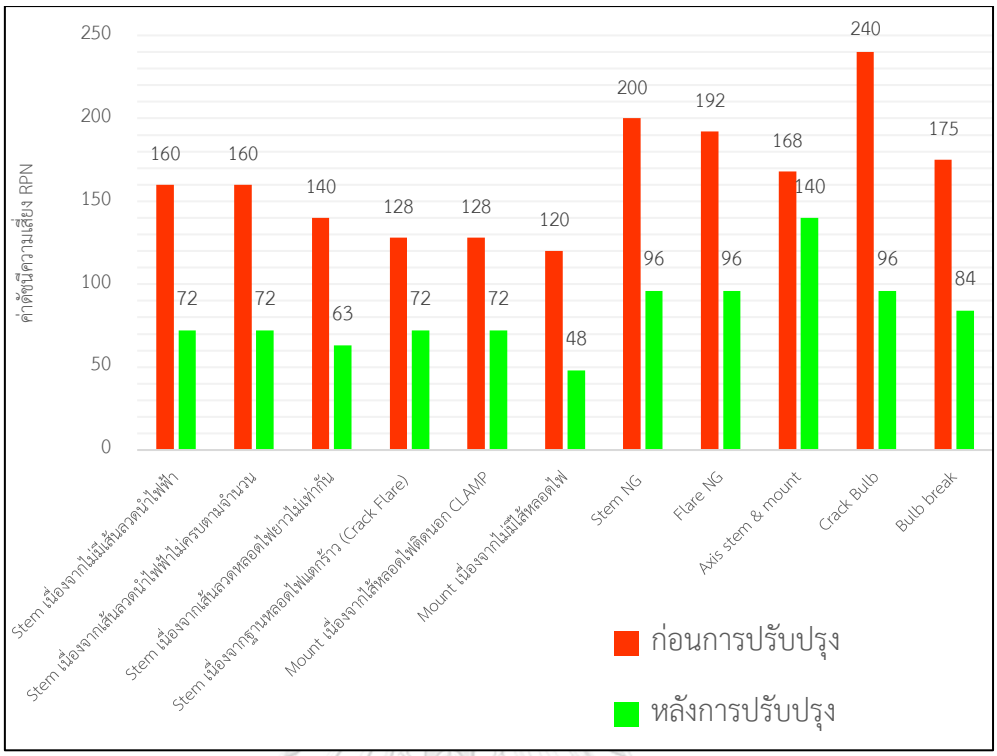
บทที่ 6
ผลการดำเนินการ

6.1 ประเมินผลด้วย FMEA หลังการปรับปรุง

หลังจากการดำเนินการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องทุกปัญหา จึงได้ทำการประเมินผลหลังการแก้ไขด้วยการประเมิน FMEA เพื่อตรวจสอบค่าดัชนีความเสี่ยงที่เปลี่ยนแปลงไป โดยแสดงในตารางที่ 6.1 และทำการเปรียบเทียบแต่ละหัวข้อบกพร่องด้วยกราฟแท่ง ตามรูปที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบค่าดัชนีความเสี่ยงก่อนและหลังการแก้ไข

	ก่อน	หลังการปรับปรุง			
ลักษณะข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์	ค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN)	ความรุนแรง (S)	โอกาสในการเกิดขึ้น (O)	ความสามารถในการตรวจพบ (D)	ค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN)
การสูญเสียภายในกระบวนการผลิต					
- สูญเสีย Stem จากไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า	160	8	3	3	72
- สูญเสีย Stem เส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบตามจำนวน	160	8	3	3	72
- สูญเสีย Stem เส้นลวดหลอดไฟยาวไม่เท่ากัน	140	7	3	3	63
-สูญเสีย Stem จากฐานหลอดไฟแตกร้าว	128	8	3	3	72
- สูญเสีย Mount เนื่องจากไส้หลอดไฟติดนอก CLAMP	128	8	3	3	72
- สูญเสีย Mount เนื่องจากไม่มีไส้หลอดไฟ	120	8	2	3	48
การสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิต					
- Stem NG	200	8	4	3	96
- Flare NG	192	8	4	3	96
- Axis stem & mount	168	7	5	4	140
- Crack Bulb	240	8	4	3	96
- Bulb break	175	7	4	3	84



รูปที่ 6.1 การเปรียบเทียบค่าดัชนีความเสี่ยง RPN ก่อนและหลังการปรับปรุง

ดังนั้นในการปรังปรุงหัวข้อบกพร่องที่มีคะแนนมากกว่า 100 ซึ่งมีทั้งสิ้น 11 หัวข้อ โดยแบ่งเป็น 2 ประเภทการสูญเสีย การสูญเสียภายในกระบวนการ มีข้อบกพร่อง 6 หัวข้อ ดังนี้ 1.การสูญเสีย Stem เนื่องจากไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า 2.การสูญเสีย Stem เนื่องจากเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบตามจำนวน 3.การสูญเสีย Stem เนื่องจากเส้นลวดหลอดไฟยาวไม่เท่ากัน 4.การสูญเสีย Stem เนื่องจากฐานหลอดไฟแตกร้าว (Crack Flare) 5.การสูญเสีย Mount เนื่องจากไส้หลอดไฟติดนอก CLAMP 6.การสูญเสีย Mount เนื่องจากไม่มีไส้หลอดไฟ และการสูญเสียระหว่างกระบวนการมี 5 หัวข้อ ดังต่อไปนี้ 1. Stem NG 2. Flare NG 3. Axis stem & mount 4. Crack Bulb 5. Bulb break

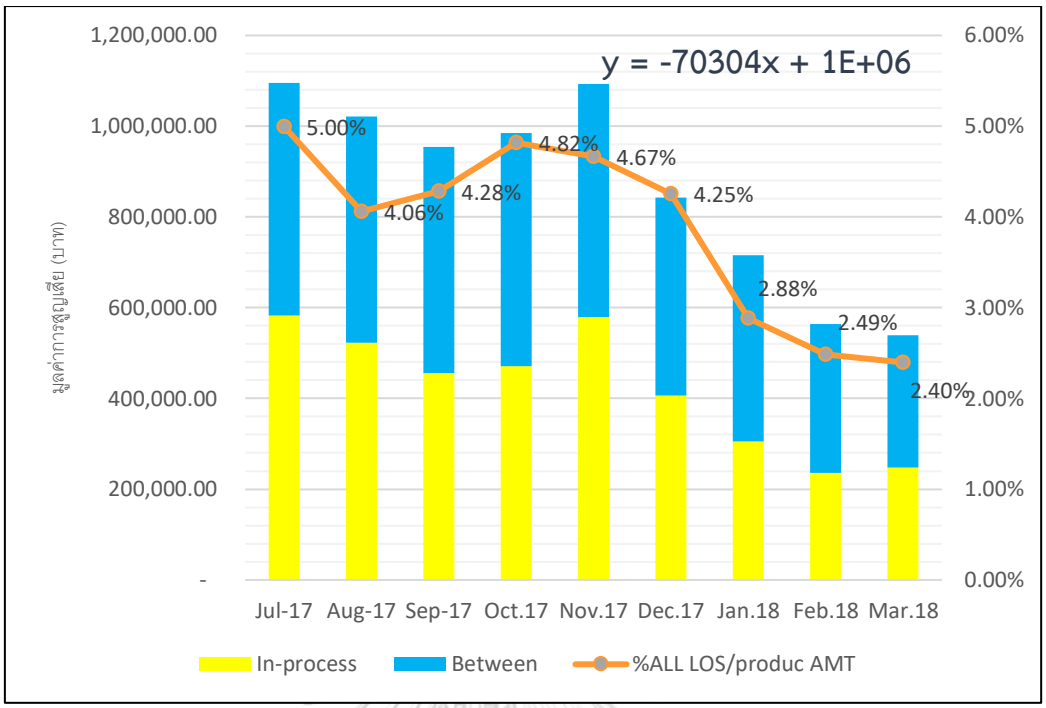
หลังจากดำเนินการค้นหาสาเหตุและดำเนินการแก้ไขไปแล้วนั้น ได้ทำการประเมินข้อขัดข้องและผลกระทบใหม่ โดยเก็บข้อมูลเพื่อมาทำการประเมินในช่วงเดือนมกราคม - มีนาคม 2018 โดยมีการเก็บข้อมูลการสูญเสียที่เกิดขึ้นของหลอดไฟหน้าประเภท T19 พบว่า เมื่อทำการแก้ไขแล้วสามารถลดได้ โดยในแต่ละหัวข้อนั้นจะลดโอกาสเกิดของปัญหาและเพิ่มความสามารถในการตรวจจับ แต่สำหรับหัวข้อความรุนแรงนั้น ไม่สามารถลดได้ เนื่องจากหากเกิดข้อบกพร่องที่ทำการประเมิน ความ

รุนแรงของข้อบกพร่องนั้นก็ยังส่งผลกระทบเช่นเดิม จึงไม่มีการปรับปรุงที่สามารถลดความรุนแรงลงได้ โดยสามารถลดค่าดัชนีความเสี่ยง RPN ได้ 10 หัวข้อ แบ่งเป็นการสูญเสียภายในกระบวนการ 6 หัวข้อ ดังนี้ 1.การสูญเสีย Stem เนื่องจากไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า 2.การสูญเสีย Stem เนื่องจากเส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบตามจำนวน 3.การสูญเสีย Stem เนื่องจากเส้นลวดหลอดไฟยาวไม่เท่ากัน 4.การสูญเสีย Stem เนื่องจากฐานหลอดไฟแตกร้าว (Crack Flare) 5.การสูญเสีย Mount เนื่องจากไส้หลอดไฟติดนอก CLAMP 6.การสูญเสีย Mount เนื่องจากไม่มีไส้หลอดไฟ การสูญเสียระหว่างกระบวนการ 4 หัวข้อ 1. Stem NG 2. Flare NG 3. Crack Bulb 4. Bulb break โดยหัวข้อที่ไม่สามารถลดค่าดัชนีให้น้อยกว่า 100 ได้คือ Axis Stem & Mount เนื่องจากไม่สามารถเพิ่มความสามารถในการตรวจจับได้ ด้วยเหตุที่ว่า การลำเลียงหลอดไฟที่ต้องการตั้งจุดศูนย์กลาง เป็นการลำเลียงเข้ามาแบบไร้ทิศทาง กล่าวคือ หากต้องการตั้งค่าศูนย์กลางของหลอดไฟ จะต้องทำการหมุนหลอดไฟให้อยู่ในทิศทางเดียวกันก่อนที่จะป้อนเข้าสู่ Head การตั้งศูนย์กลาง ซึ่งปัจจุบันยังไม่สามารถปรับปรุงส่วนนั้นได้ เนื่องจากต้องอาศัยงบประมาณที่ต้องได้รับการอนุมัติจากผู้บริหารระดับสูง

จากผลการดำเนินการแก้ไข ทำให้การสูญเสียในการผลิตหลอดไฟลดลง โดยจากข้อมูลการสูญเสียในเดือนมกราคม - มีนาคม 2018 มีร้อยละมูลค่าการเกิดการสูญเสียเทียบกับมูลค่าต้นทุนในการผลิต โดยสามารถดูได้จากกราฟในรูปที่ 6.2 จะเห็นว่ามูลค่าการสูญเสียต่อเดือนลดลงทั้งจำนวนเงิน และอัตราส่วนเทียบกับการผลิต โดยมีแนวโน้มในการลดลง ซึ่งมีสมการของเส้นตรงแนวโน้มดังสมการที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$y = -70304x + 1E+06 \quad (1)$$



รูปที่ 6.2 แนวโน้มการสูญเสียแต่ละประเภทก่อนและหลังปรับปรุง

เมื่อทำการคำนวณผลที่สามารถสะท้อนเป็นมูลค่าที่ลดลงได้ ในตารางที่ 6.2 โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยมูลค่าสูญเสียก่อนการปรับปรังตั้งแต่เดือน กรกฎาคม - ธันวาคม 2017 คิดเป็น 998,531.75 บาทต่อเดือนเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยการสูญเสียตั้งแต่เดือนมกราคม - มีนาคม 2018 คิดเป็น 606,141.38 บาท ต่อเดือน ดังนั้นสามารถลดการสูญเสียในการผลิตรวมทั้งสิ้น 392,390.37 บาทต่อเดือน เมื่อเทียบเป็นอัตราส่วนร้อยละมูลค่าสูญเสียเทียบกับมูลค่าการผลิต 2.60 ก่อนการปรับปรัง คิดเป็นร้อยละ 4.5ดังนั้นในงานวิจัยนี้สามารถลดมูลค่าสูญเสียลงได้ถึงร้อยละ 57.7 จากมูลค่าก่อนการปรับปรุง โดยข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงนั้น มาจากข้อมูลเฉพาะของหลอดไฟประเภทไฟหน้ารุ่น T19 เท่านั้น ซึ่งสามารถสะท้อนไปถึงต้นทุนวัตถุดิบของหลอดไฟรุ่นนี้และสะท้อนไปถึงต้นทุนรวมที่ต่ำได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.2 ข้อมูลมูลค่าการสูญเสีย การขาย การผลิต ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2017 - มีนาคม 2018

Detail	Jul-17	Aug-17	Sep-17	Oct.17	Nov.17	Dec.17	Jan.18	Feb.18	Mar.18
Sale Qty (Pcs.)	2,064,469	1,996,504	2,480,116	2,310,756	2,238,173	1,809,994	2,219,987	2,259,004	2,016,700
Sale amount (Baht)	28,385,406.43	28,661,593.89	35,426,950.73	32,652,940.05	31,834,616.00	26,221,750.00	31,513,050.77	30,259,359.67	26,906,859.21
Production Qty-T19 (Pcs.)	2,294,874	2,575,536	2,301,409	2,095,372	2,389,712	2,024,936	2,533,730	2,346,441	2,319,690
Production Amt-T19 (Baht)	21,925,211	25,140,277	22,273,483	20,447,314	23,424,227	19,798,691	24,835,460	22,669,725	22,480,426
Total Loss Amount - T19 (Baht)	1,095,672.93	1,020,721.51	953,915.50	985,371.15	1,093,506.73	842,002.67	716,145.78	563,567.97	538,710.39
ALL LOS T19 /product AMT T19	5.00%	4.06%	4.28%	4.82%	4.67%	4.25%	2.88%	2.49%	2.40%

จากตารางนี้มีการคำนวณค่ายอดขายทั้งจำนวนเงินและค่าจำนวนชิ้น แต่ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับมูลค่าการสูญเสีย เนื่องจากการผลิตของโรงงานหลอดไฟนั้น เป็นการผลิตเพื่อจัดเก็บไว้ในคลังสินค้า รวบรวมได้ตามจำนวนที่ถูกสั่งซื้อจึงทำการจัดส่ง รูปแบบการผลิตแบบ Made to order ผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งมิได้ผลิตและจัดส่งได้ทันที จึงมีการเปรียบเทียบมูลค่าสูญเสีย หน่วยเป็นบาท กับมูลค่าต้นทุนการผลิต หน่วยเป็นบาท ในที่นี้จะถูกคำนวณที่หลอดไฟประเภทไฟหน้ารุ่น T19 เท่านั้น

สำหรับหัวข้อที่ไม่สามารถลดคะแนนดัชนีความเสี่ยงให้น้อยกว่า 100 ได้ คือ ปัญหาการสูญเสียระหว่างกระบวนการ หัวข้อปัญหา Axis stem & mount (หลอดเอียง) โดยมีค่าต่าง ๆ ตามตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6. 3 ค่าดัชนีความเสี่ยง ปัจจัยก่อนและหลังการปรับปรุง

	ก่อน	หลังการปรับปรุง			
ลักษณะข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์	ค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN)	ความรุนแรง (S)	โอกาสในการเกิดขึ้น (O)	ความสามารถในการตรวจพบ (D)	ค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN)
การสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิต					
- Axis stem & mount	168	7	5	4	140

โดยจากตารางจะเห็นว่า หลังการปรับปรุงสามารถลดโอกาสในการเกิดขึ้นได้ แต่ไม่สามารถเพิ่มความสามารถในการตรวจพบได้ เนื่องจากต้องมีการลงทุนเพิ่มเติมสำหรับการพัฒนาในส่วนนี้ ดังนั้นผู้วิจัย จึงทำการคำนวณผลที่คาดว่าจะได้รับหากสามารถปรับปรุงส่วนนี้ได้ โดยข้อมูลอัตราการเกิดหลังจากการปรับปรุงเฉลี่ย 3 เดือนตั้งแต่มกราคม - มีนาคม มีการสูญเสียจากข้อบกพร่องนี้เฉลี่ย 2,829 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 0.12 จากยอดการผลิต ดังนั้นคาดการณ์ว่า หากมีการติดตั้งกล้องสำหรับตรวจจับจะสามารถลดการสูญเสียได้เหลือร้อยละ 0.06 จากยอดการผลิตทั้งหมด คิดเป็น 1,414 ชิ้นต่อเดือน ซึ่งสามารถลดมูลค่าการสูญเสียไปได้ 11,670 บาทต่อเดือน จากข้อมูลในอดีต จากการติดตั้งกล้องสำหรับตรวจจับต้องมีค่าใช้จ่ายดังตารางที่ 6.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.4 มูลค่าของการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ

อุปกรณ์	มูลค่า (บาท)
กล้องตรวจจับ	350,000
กล่องควบคุมไฟฟ้า	100,000
Spare Part	30,000
ค่าแรงการติดตั้ง	10,000
ซ่อมบำรุง (บาท/เดือน)	45,000
รวม	**535,000**

ดังนั้นการประมาณการจุดคุ้มทุนของการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการตรวจจับนี้ คิดเป็น 45.8 เดือน หรือ 3 ปี 9 เดือน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ไม่มากนัก เนื่องจากการผลิตหลอดไฟและการสั่งซื้อจะถูกสั่งในแบบระยะยาว แต่เนื่องจากปัจจุบันมีแนวโน้มการขายที่ลดลงเนื่องจากมีการเปลี่ยนเทคโนโลยีใหม่จากหลอดเผาไส้เป็นหลอด LED และผู้บริหารมีการมุ่งเน้นเรื่องจากพัฒนางานให้เกิดการลดเวลาในการทำงานและลดคน เพื่อตอบสนองผลกำไรสูงสุดตามเป้าหมาย จึงทำให้ต้องมีการจำกัดค่าใช้จ่ายในช่วงนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 7
สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

ทั้งนี้ ความสูญเสียที่เกิดมาจากการผลิตที่เกิดจากข้อบกพร่อง ที่ไม่ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นและทำให้เกิดข้อด้อยในการแข่งขันในตลาดของสินค้ารูปแบบเดียวกัน และยังส่งผลกระทบหากเกิดกรณีที่พบข้อบกพร่องที่ผู้ใช้งาน อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุหรือปัญหาจากข้อบกพร่องเหล่านั้นได้ และบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ได้ถูกผลักดันให้ทำการประเมินข้อขัดข้องของผลิตภัณฑ์ เพื่อควบคุมมาตรฐานด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์และเกิดการปรับปรุงที่ยั่งยืนและไม่สิ้นสุด

ทางโรงงานกรณีศึกษานี้มีเป้าหมายเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดสำหรับสินค้าประเภทอุปกรณ์ส่องสว่างสำหรับยานยนต์ จึงมีนโยบายผลักดันเรื่องการควบคุมคุณภาพ ต้นทุน และการปรับปรุงกระบวนการผลิต จึงได้มีการค้นหาปัญหาและทำการปรับปรุงอยู่เสมอ

ในการดำเนินงานวิจัยเพื่อลดการสูญเสียในการผลิตหลอดไฟหน้า รุ่น T19 สำหรับกระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ ด้วยการค้นหาปัญหาข้อบกพร่องเพื่อทำการแก้ปัญหาที่ให้เกิดความสูญเสีย ที่มีปัจจัยความรุนแรง โอกาสในการเกิด และความสามารถในการตรวจพบตามหลักเกณฑ์การประเมินข้อขัดข้องและผลกระทบ (FMEA) และดำเนินการแก้ไขปัญหาเหล่านั้นเมื่อค่าคะแนนดัชนีความเสี่ยง RPN มากกว่า 100 ในการปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นทั้งหมด มีลักษณะดังนี้

1) Stem ที่เส้นลวดนำไฟฟ้าไม่ครบ
2) Stem ที่ไม่มีเส้นลวดนำไฟฟ้า
3) Stem ที่เส้นลวดนำไฟฟ้ายาวไม่เท่ากัน
4) Stem ที่มีรอยแตกร้าวบริเวณ Flare
5) Mount ที่ไส้หลอดไฟติดนอก clamp
6) Mount ที่ไม่มีไส้หลอดไฟ
7) Crack Flare
8) Stem NG
9) Axis Stem and Mount
10) Crack Bulb
11) Break Bulb

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อได้ข้อบกพร่องที่มีความเสี่ยงสูงที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงทำการค้นหาสาเหตุของปัญหาด้วยการใช้แผนภาพเหตุและผล การระดมสมอง การทดลอง การเข้าตรวจสอบตามหลัก 3 จริง และข้อมูลทางสถิติ หลักจากนั้นจึงใช้เทคนิคทางวิศวกรรมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา คือ

1) การทำแผนการตรวจสอบและซ่อมบำรุงเครื่องจักร (Preventive Maintenance)
2) การประเมินความสามารถในการผลิต
3) การปรับปรุงหรือสร้างมาตรฐานในการทำงานภายในกระบวนการ
4) การพัฒนาบุคคลากรด้วยการฝึกอบรมพนักงาน

ซึ่งผลของการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในทุกข้อบกพร่อง สามารถลดการเกิดข้อบกพร่องและเพิ่มความสามารถในการตรวจจับได้ แต่ความรุนแรงไม่สามารถลดได้ เนื่องจากหากมีการเกิดข้อบกพร่องผลกระทบก็มีความรุนแรงเท่าเดิม จากข้อบกพร่องทั้งหมด 11 หัวข้อที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงมากกว่า 100 หลังการปรับปรุงสามารถแก้ไข 10 ข้อบกพร่องให้มีค่าดัชนีความเสี่ยงน้อยกว่า 100 ได้ หากมีการปรับปรุงกระบวนการก็ต้องมีการประเมินข้อขัดข้องและผลกระทบใหม่อยู่เสมอ

7.2 **ปัญหาและอุปสรรค**

ในการดำเนินการทั้งหมด ผู้วิจัยได้พบปัญหาและอุปสรรคโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ในการประสานงานให้คณะประเมิน FMEA เนื่องจากภาระหน้าที่ของผู้เชี่ยวชาญ ทำให้แต่ละส่วนงานหาเวลาที่สามารถเข้าร่วมประชุมพร้อมกันได้ยาก ซึ่งในการประเมินหรือการปรับปรุงต้องอาศัยการระดมความคิด จึงจำเป็นต้องให้ผู้ชำนาญการทุกท่านเข้าร่วมพร้อมกัน เพื่อเป็นการเสนอแนวคิดและความคิดเห็นตามประสบการณ์ของตนเอง

2) ปัจจุบันการผลิตสินค้าเกิดขึ้นตลอดเวลา ไม่มีเวลาหยุดพัก จึงทำให้การปรับปรุงเครื่องจักรหรือการทดลองที่จำเป็นต้องมีการหยุดผลิต ต้องมีการวางแผนการปรังปรุงที่ชัดเจน เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อการส่งมองให้ลูกค้า

3) ในการปรับปรุงจะต้องมีการลงทุนและมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง ซึ่งต้องการขออนุมัติกับทางผู้บริหารระดับสูง ซึ่งมีการควบคุมค่าใช้จ่ายอย่างเคร่งครัด ทำให้ต้องมีการวางแผนการสั่งซื้อให้ชัดเจนและแม่นยำ ส่งผลต่อความกดดันต่อฝ่ายผลิตที่จำเป็นต้องควบคุมค่าใช้จ่ายอย่างเคร่งครัดจนบางกรณีไม่สามารถปรับปรุงตามเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.3 **ข้อเสนอแนะ**

ในการดำเนินการทั้งหมด ผู้วิจัยได้มีข้อเสนอแนะโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ทางโรงงานกรณีมีการให้ความสำคัญต่อการประเมินมูลค่าเพิ่ม (Value Added per person) โดยจะคำนึงถึงยอดขาย ปริมาณการใช้วัตถุดิบ คน และจำนวนชั่วโมงทำงานล่วงเวลา ซึ่งจะไม่มีเกี่ยวกับหัวข้อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้หากต้องการปรับปรุงด้านที่เกี่ยวกับคุณภาพ ทางผู้บริหารระดับสูงจะไม่ได้ให้ความสำคัญมากเท่าปัจจัยอื่น

2) หลังการปรับปรุงปัญหาข้อบกพร่องที่กระบวนการขึ้นรูปและดูดอากาศ ควรขยายผลไปยังกระบวนการอื่น และหลอดไฟประเภทอื่นได้ เพื่อสามารถลดต้นทุนได้เพิ่มขึ้นด้วย

3) หากมีการปรับปรุงกระบวนการแล้ว จะต้องมีการประเมินข้อขัดข้องและผลกระทบทุกครั้ง เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำหรือปัญหาใหม่

7.4 **ข้อจำกัดของงานวิจัย**

การดำเนินการปรับปรุงทุกประการ จะต้องไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษามีบริษัทแม่อยู่ที่ประเทศญี่ปุ่น โดยกระบวนการผลิตอยู่ภายใต้เงื่อนไขและกรรมสิทธิ์ของบริษัทแม่ ทำให้การปรับปรุงต้องมีการทดสอบคุณภาพและส่งผลการทดสอบไปยังบริษัทแม่ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Antonio Scipioni, G. S., Angela Centazzo and Francesca Arena. (2002). FMEA methodology design, implementation and integration with HACCP system in a food company.

AutomotiveInductryActionGroup. (2018). FMEA (Potential Failure Mode and Effects Analysis) 4th Edition Errata Sheet. Retrieved from https://www.aiag.org/quality/automotive-core-tools/fmea

Chiozza, M. L., & Ponzetti, C. (2009). FMEA: a model for reducing medical errors. *Clinica chimica acta,* 404(1), 75-78.

Derochanawong, A. (2015). หลักการ 5G สำหรับการหาวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงจุดที่สุด Retrieved from https://ananlean.wordpress.com/2015/03/22/หลักการ-5g-สำหรับการหาวิธ/

Ferraro, T. (2016). Kaizen – 3 'G' Principles. Retrieved from https://blog.creativesafetysupply.com/kaizen-3-g-principles/

William Carlson, C. C., Glen Vallance and Cynthai Taaffee. (1997). Draft Proposal for SAE J1793 Main Working Committee. Retrieved from https://wenku.baidu.com/view/ca3f891aa8114431b90dd831.html?re=view

กิตติศักดิ์ อนุรักษ์สกุล. (2545). การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงร่างยานยนต์โดยใช้เทคนิค *FMEA.* (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2550). *FMEA* การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ.

ทิพยาภรณ์ หันกิตติกุล. (2544). การลดความสูญเสียในอุตสาหกรรมผลิตสายไฟฟ้า. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

เมธินี จงสฤษดิ์หวัง และ วิธาน เจริญผล. (2010). การเรียกคืนรถยนต์ของ Toyota และ Honda ทั่วโลก. Retrieved from https://www.scbeic.com/th/detail/product/575

รณชัย ไม้สนธิ์. (2553). การลดของเสียจากการอบยางในกระบวนการผลิตยางรถยนต์โดยใช้เทคนิค *FMEA.* (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, Retrieved from http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/18400

วรรณา ยงพิศาลภพ. (2561, กรกฎาคม 2018). อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์. Retrieved from https://www.krungsri.com/bank/getmedia/fb1ce3a1-8cc2-44c0-abb9-355b7b697444/IO_Auto_Parts_180713_TH_EX.aspx

วันเฉลิม วรรณสถิตย์. (2560). เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools). Retrieved from http://econs.co.th/index.php/2016/07/29/7-qc-tools/

วิทยา อินทร์สอน.). เทคนิคการเพิ่มผลผลิต โดยการลดความสูญเสีย. *Industrial Technology review, No.*288.

ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์. (2559). เรื่องของหลอดไส้. Retrieved from http://thep-center.org

สฤษดิ์ วรวิบูล. (2545). การลดการสูญเสียวัตถุดิบในสายการผลิตของผลิตภัณฑ์แผงวงจรรวม (ไอซี). (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. Retrieved from http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/6128

สุรกิจ มัณยานนท์. (2550). การประยุกต์แนวทาง *FMEA* เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนมาตรวัดแรงดัน. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. Retrieved from http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/41805

อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว. (2545). การลดการสูญเสียจากกระบวนการผลิตกระป๋องโดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ซิกมา. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. Retrieved from http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/1340

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นานา รัตนนิยม
วัน เดือน ปี เกิด	5 กันยายน 2532
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการศึกษา 2555
ที่อยู่ปัจจุบัน	70/161 ถนนปทุมธานี-สามโคก ตำบลบางปรอก อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY