# การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยระบบแขนกล
# กรณีศึกษาการผลิตขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ

สุปรีชา เหมยเป็ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
2561

# INCREASING EFFICIENCY OF PRODUCTION PROCESS USING ROBOT ARM

## A CASE STUDY OF VACUUM FORMING MANUFACTURING PROCESS

**Supreecha Moeipeng**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**For the Degree of Master of Engineering**

**Department of Engineering Management**

**Faculty of College of Innovation Technology and Engineering**

**2017**

# ใบรับรองวิทยานิพนธ์

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยระบบแขนกล :กรณีศึกษาการผลิตขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ

เสนอโดย นายสุปรีชา เหมยเป็ง

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

วิชาเอก การจัดการการผลิตและเทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์แล้ว

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร วงศ์พิศาล)

**วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว**

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 18 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2567

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยระบบแขนกล :กรณีศึกษาการผลิตขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ |
| ชื่อผู้เขียน | นายสุปรีชา เหมยเป็ง |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | อาจารย์ บุญชัย แซ่สิ้ว |
| สาขาวิชา | การจัดการทางวิศวกรรม |
| ปีการศึกษา | 2561 |

## บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยระบบแขนกลในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเทคนิคการศึกษาวิธีการทำงานเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการทำงานในการขึ้นรูปพลาสติก โดยทำการศึกษาด้านเวลา สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบ 1-Sample T test และการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิเปรียบเทียบการปฏิบัติงาน MAN - MACHINE CHART จากผลการศึกษาพบว่าเวลาในการทำงานของพนักงานใช้เวลาเพียง 7 วินาทีหรือ 17.78 % มีเปอร์เซ็นต์ในการว่างงาน 82.22 % ต่อการผลิต 1 ชิ้น โดยปริมาณในการผลิต 1 ล๊อต เท่ากับ 500 ชิ้น ซึ่งเวลาว่างงานของพนักงานเกิดจากการรอเครื่องจักรทำงาน จากการวิเคราะห์ Why Why analysis พบปัญหาความสูญเสียในกระบวนการผลิตขึ้นรูปพลาสติก ที่ก่อให้ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตต่ำ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบแขนกลเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในขั้นตอนดังกล่าว

จากผลงานวิจัยพบว่า สามารถลดพนักงานในการปฏิบัติงาน 1 คน ลดต้นทุนในกระบวนการผลิตได้เดือนละ 13,000 บาท และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ 68% จากการทดสอบเวลาในการทำงานของพนักงาน จำนวน 40 ชุดข้อมูล การวิเคราะห์สมมุติฐานข้อมูลเป็นการแจกแจงแบบปกติ เนื่องจาก P – Value มีค่า 0.082 มากกว่า 0.05 ค่าเฉลี่ยของเวลาเท่ากับ 14.09 วินาทีต่อการปรับตั้งเครื่องจักรต่อการผลิต 1 ลอต ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.565 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธี 1-Sample T test ในส่วนของเวลาปรับตั้งเครื่องจักร ค่า P – Value เท่ากับ 0.976 ซึ่งหมายความว่าเวลาปรับตั้งเครื่องจักรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีระยะเวลาในการคืนทุนภายใน 0.21 ปี 2 เดือน 15 วัน

| | |
|---|---|
| Thesis Title | Production Process Efficiency Improvement using Robot Arm<br>: A Case Study of Plastic Molding Production using Vacuum Forming |
| Author | Mr.Suprecha moeipeng |
| Thesis Advisor | Assist.Prof. Dr. Suparatchai Vorarat |
| Co-Thesis Advisor | Aj. Bunchai Saeso |
| Department | Engineering Management |
| Academic Year | 2017 |

This research aims to optimize the production process using robot arm in a plastic molding process with vacuum system. The researcher applied the technique to study how to work as a tool to collect data on the working processes in plastic molding especially in the usage time. Statistical tools used for data analysis were mean, standard deviation, 1-Sample T test, and MAN-MACHINE CHART comparison chart. The study found that the employee's working time was only 7 Second, or 17.78% of total time. There is an unutilized time, waiting for the machine, at 82.22% per production unit, with a production volume of 1 lot equal to 500 units. From Why Why analysis reveals this loss of time makes the overall efficiency in a low level. Therefore, robot arm is designed to help increase efficiency in such procedures.

The experimental result show that, this improve can reduce 1 worker, 13,000 baht per month and increase efficiency of machinery by 68%. From 40 employee test times, the data hypothesis is in a normal distribution because P - Value is 0.082, more than 0.05. The machine configuration average time is 14.09 seconds per production, with standard deviation at 0.565. The 1-Sample T test was used to determine the mechanical parameters. The P-value was 0.976, which means that the machine setting time did not differ significantly at the 0.05 level. The payback is around 2 months and 15 days.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ โดยได้รับความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากท่าน อาจารย์ ผศ.ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์บุญชัย แซ่สิ้ว อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณและจารึกพระคุณนี้ไว้ในความทรงจำว่า ความสำเร็จในครั้งนี้เกิดขึ้นได้ด้วยความกรุณาจากท่านอาจารย์ นอกจากนั้นขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการอัน ดร.ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการแก้ไข และให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ที่มีส่วนทำให้งานวิจัยครั้งนี้มีคุณค่ามากยิ่งขึ้น

ในส่วนของโรงงาน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ เจ้าของกิจการ กรรมการผู้จัดการ ผู้จัดการหน่วยงานต่างๆ ที่กรุณาให้ความเอื้อเฟื้อเข้าศึกษาวิจัย ตลอดจนบุคลากร ทุกท่านที่เป็นกลุ่มตัวอย่างซึ่งได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่อาจมีวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดามารดาที่ให้กำเนิดและเลี้ยงดูให้การศึกษา ตลอดจนครูบาอาจารย์และผู้ที่มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนในการวางรากฐานการศึกษาให้แก่ผู้วิจัย

สุปรีชา เหมยเป็ง

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย …… | ฆ |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ…… | ง |
| กิตติกรรมประกาศ…….. | จ |
| สารบัญ…….. …….....…… | ฉ |
| สารบัญตาราง ……..…… | ซ |
| สารบัญภาพ …….....…….…. | ฌ |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ…… | 1 |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญ……. | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์..…….. | 3 |
| 1.3 ขอบเขต…....…….. | 3 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ…… | 3 |
| 1.5 แผนการดำเนินงาน…….. | 3 |
| 1.6 ตารางการแสดงดำเนินโครงงาน……... | 4 |
| 2. ทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง…….…… | 5 |
| 2.1 การจำแนกและการจัดกลุ่มอุตสาหกรรมพลาสติก..…….. | 5 |
| 2.2 ประเภทพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการ……... | 14 |
| 2.3 หลักการ ECRS…….. | 15 |
| 2.4 ความสูญเสียสำคัญในกระบวนการผลิต…… | 16 |
| 2.5 การศึกษาการทำ…… | 18 |
| 2.6 แผนภูมิกิจกรรมพหูคูณ (Multiple Activity Chart)…….. | 27 |
| 2.7 เทคนิคการวิเคราะห์ Why Why Analysis……. | 29 |
| 2.8 ประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และอัตตราผลิตภาพ)…….. | 30 |
| 2.9 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)…… | 32 |
| 2.10 หลักการทำงานของหุ่นยนต์อุสาหกรรม…….. | 32 |
| 2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…….. | 38 |

**สารบัญ (ต่อ)**

**หน้า**

3. วิธีวิจัย..... 41
3.1 ประวัติความเป็นมาของบริษัท..... 42
3.2 ผลิตภัณฑ์ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา..... 43
3.3 เครื่องจักรที่ใช้กระบวนการผลิตกรณีศึกษา..... 45
3.4 กระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ (ก่อนปรับปรุง)..... 46
3.5 กรณีศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องจักรเพื่อทำการศึกษาและปรับปรุง.... 52
3.6 การวิเคราะห์สาเหตุที่มาของปัญหา..... 54
3.7 แนวความคิดการออกแบบ..... 55
4. การวิเคราะห์ผลการวิจัย..... 59
4.1 การวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล แนวทางการแก้ไข..... 59
4.2 การติดตั้งและทดสอบระบบแขนกล..... 62
4.3 การวิเคราะห์ระยะคืนทุน..... 68
4.4 สรุปผลการวิจัย..... 68
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 69
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 69
5.2 อภิปรายผลการวิจัย..... 70
5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย..... 70
บรรณานุกรม..... 72
ประวัติผู้เขียน..... 73

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**

1.6 ตารางแสดงการดำเนินโครงการ…….. 4
2.1 ตารางกิจกรรมและเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาวิธีการทำงาน…… 20
3.1 รายละเอียดเครื่องจักรในสายการผลิต……...……... 45
3.2 แผนการปฏิบัติงานทวีคูณการทำงานของกระบวนการขึ้นรูป (ก่อนปรับปรุง)... 52
3.3 การเก็บข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ ABC ของเครื่องจักรอุปกรณ์ (ก่อนปรับปรุง) 53
4.1 ตารางแสดงการวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา……... 61
4.2 ตารางการเก็บเวลาในการตั้งเครื่อง…….……. 63
4.3 แผนภูมิการปฏิบัติงานทวีคูณการทำงานของกระบวนการขึ้นรูป (หลังปรับปรุง) 64
4.4 แผนภูมิการปฏิบัติงานทวีคูณการทำงานของกระบวนการขึ้นรูป (หลังปรับปรุง) 65
4.5 การเก็บข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ ABC ของเครื่องจักรอุปกรณ์ (หลังปรับปรุง).. 66
4.6 ตารางรายการอุปกรณ์แขนกล…… 67
4.7 ตารางสรุปตารางดำเนินงานวิจัย…… 68
5.1 ตารางสรุปผลวิจัย…… 70

# สารบัญภาพ

**ภาพที่** **หน้า**


1.1 การปฏิบัติงานของพนักงานในปัจจุบัน…… 2

1.2 ภาพแสดงการทำงานของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสูญญากาศ……. 2

2.1 การขึ้นรูปแบบ Blow Molding……. 6

2.2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขวดพลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยการ Blow Molding……. 6

2.3 การขึ้นรูปแบบ Stretch Blow Molding…… 7

2.4 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขวดพลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยการ Stretch Blow Molding……. 7

2.5 กระบวนการ Injection Molding……... 8

2.6 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยการ Injection Molding…….. 8

2.7 ขั้นตอนการขึ้นรูปแบบ Rotational Molding…… 9

2.8 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ขึ้นรูปจากการ Rotational Molding…… 9

2.9 ลักษณะเครื่องอัด (ก.) และ การขึ้นรูปแบบ Compress Molding (ข.)……... 10

2.10 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ขึ้นรูปจากการ Compressed Molding……... 10

2.11 กระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปแบบ Blown Film…… 11

2.12 กระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปแบบ Sheet/Film Extrusion…….. 12

2.13 กระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์การขึ้นรูปแบบ Pipe/Tube/Profile/Extrusion…. 12

2.14 กระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปแบบ Tape Yarn/Filament…….. 12

2.15 การขึ้นรูปแบบใช้ลมอัด (Blow Forming)…….. 13

2.16 การขึ้นรูปแบบใช้แรงดูดสุญญากาศ (Vacuum Forming)……. 13

2.17 การลดความสูญเสียด้วยหลัก ECRS…… 15

2.18 การศึกษาการทำงาน…… 19

2.19 สัญลักษณ์ที่ใช้บันทึกขั้นตอนการทำงาน…… 24

2.20 แผนภูมิแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart)…… 18

2.21 แผนภูมิคน – เครื่องจักร (Man–Machine Chart)……. 28

2.22 แผนภูมิอธิบนวิธีการคิดแบบ Why Why Analysis……. 29

2.23 แสดงหลักการทำงานของหุ่นยนต์อุสาหกรรม……..……. 32

2.24 แสดงโครงสร้างแบบคาร์ทีเซียน หรือฉาก…….. 33

# สารบัญภาพ (ต่อ)

**ภาพที่** **หน้า**


2.25 แสดงโครงสร้างแบบทรงกระบอก …… 34

2.26 แสดงหลักโครงสร้างแบบเชิงขั้ว…… 34

2.27 แสดงหลักโครงสร้างมนุษย์…… 35

2.28 มอเตอร์ AC…… 36

2.29 การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์…….. 36

2.30 ระบบนิวเมติกส์…….. 37

2.31 ระบบไฮดรอลิค (Hydraulic)……..... 37

2.32 ภาพโครงสร้างการทำงานของระบบไฮดรอลิค (Hydraulic)…….. 38

3.1 ตัวอย่างถาดพลาสติก……..... 43

3.2 ตัวอย่างถาดพลาสติกแบบมีฝาปิดล็อคได้…….... 44

3.3 ตัวอย่างถาดพลาสติกใช้งานอิเล็กทรอนิกส์……..…….....…….... 44

3.4 ตัวอย่างเครื่องขึ้นรูปพลาสติก แบบสูญญากาศ …… 45

3.5 ตัวอย่างชุดควบคุมเครื่องขึ้นรูปพลาสติก แบบสุญญากาศ …….. 46

3.6 ม้วนพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการผลิต…… 46

3.7 การขึ้นรูปพลาสติก……... 47

3.8 พลาสติกขึ้นรูแล้วนำมาเรียงซ้อนกัน……. ……. ……. 47

3.9 รอการตัดแบ่ง……..... 48

3.10 พลาสติกที่ตัดแบ่งแล้ว…… 48

3.11 รอการบรรจุ…….. 49

3.12 ถุงห่อสินค้าบรรจุภัณฑ์……..... 49

3.13 บรรจุภัณฑ์ในลังกระดาษ……... 49

**สารบัญภาพ (ต่อ)**

**ภาพที่** **หน้า**

3.14 ขั้นตอนกระบวนการผลิต……..……... 51
3.15 เครื่องขึ้นรูปพลาสติกระบบสุญญากาศ ก่อนปรับปรุง……..……..... 55
3.16 การออกแบบระบบแขนกล……. 56
3.17 การเชื่อต่อระบบแขนกล……. 56
3.18 เครื่องขึ้นรูปพลาสติกระบบสุญญากาศ (ก่อนปรับปรุง)…….. 57
3.19 การออกอุปกรณ์ติดตั้งเสริมชุดแขนกล……... 57
3.20 การสร้างอุปกรณ์ติดตั้งเสริมชุดแขนกล……. 58
3.21 อุปกรณ์ติดตั้งเสริมชุดแขนกลเข้ากับตัวเครื่องขึ้นรูปพลาสติก…… 58
4.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุ ความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตขึ้นรูปพลาสติก…….. 61
4.2 การติดตั้งและทดสอบแขนกล……..... 62
4.3 การติดตั้งและทดสอบแขนกล……..... 62
4.3 วิเคราะห์ปัญหาเครื่องจักรขัดคล่อง ……. 52
4.4 อุปกรณ์ติดตั้งเสริมชุดแขนกลเข้ากับตัวเครื่องขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสูญญากาศ 63
4.5 การวิเคราะห์แจกแจงของชุดข้อมูล…….. 64

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจ “ประเทศไทย 4.0” ในการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจ ไปสู่ “Value–Based Economy” หรือ “เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม” คือ การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันภาคอุตสาหกรรม และการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมไทย เพื่อให้เกิดการลงทุน และการสร้างการผลิตในประเทศ รวมถึงการสร้างรายได้จากสินค้าที่ผลิตได้ในประเทศ ทำให้เกิดการจ้างงาน ตลอดจนสามารถลดการนำเข้าสินค้าได้ โดยมุ่งเน้นอุตสาหกรรมไปยัง New S-Curve ซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือ หุ่นยนต์ (Robotics) เพื่อลดต้นทุน และเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิต จากการขยายตัวของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกมูลค่าการส่งออกรวมของผลิตภัณฑ์พลาสติกในช่วงเดือนม.ค.-ก.ค. 2560 มีจำนวน 2,358.59 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ขยายตัวร้อยละ 9.81 (พิชญ์สินี โพธิจิตต,2560) ส่งผลให้ผู้ประกอบการหลายรายมีการนำนวัตกรรม และเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อตอบสนองปริมาณความต้องการของลูกค้าให้ทันเวลา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตภัณฑ์พลาสติก เช่น ถาดผลไม้ ถาดผักสด กล่องพับ กล่องขนม อุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ เครื่องเขียน เครื่องมือ เครื่องใช้ ฯลฯ โดยใช้กระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ (Vacuum Forming) ซึ่งเป็นวิธีการขึ้นรูปพลาสติกอีกประเภทหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน เพราะมีขั้นตอนในการผลิตที่ง่าย ไม่ซับซ้อน โดยอาศัยการยืดตัวของพลาสติกเมื่อได้รับความร้อนที่เหมาะสม และใช้หลักของสุญญากาศดูดให้พลาสติกแนบติดกับแบบแม่พิมพ์ (คมกริช และคณะ, 2548) จากการศึกษาข้อมูลพบว่าเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตบางส่วนที่ใช้คนทำงานร่วมกับเครื่องจักร มีประสิทธิภาพในการใช้งานต่ำ จากการวิเคราะห์กิจกรรมดังกล่าวโดยใช้ แผนภูมิการปฏิบัติงานทวีคูณ (Multiple activity chart) พบว่าสัดส่วนการว่างของพนักงานที่ทำงานร่วมกับเครื่องจักรสูงถึง 82.22 % ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองพัฒนาระบบแขนกล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการดังกล่าว

**ภาพที่ 1.1** ภาพแสดงการปฏิบัติงานของพนักงานในปัจจุบัน

**ภาพที่ 1.2** ภาพแสดงการทำงานของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสูญญากาศ

**1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ (Vacuum Forming) โดยการติดตั้งระบบแขนกลกึ่งอัตโนมัติ

**1.3 ขอบเขตของการทำวิจัย**

1. ออกแบบและพัฒนาระบบแขนกลเพื่อติดตั้งกับเครื่องขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ (Vacuum Forming) จำนวน 1 เครื่อง เพื่อเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิตให้แก่โรงงานที่เป็นกรณีศึกษา

2. วิเคราะห์ปัญหาของเครื่องจักรขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ (Vacuum Forming) ศึกษาความสัมพันธ์การทำงานระหว่างคน และเครื่องจักร เพื่อขจัดเวลาที่สูญเสียไปของกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน เพื่อเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิต

3. ในงานวิจัยฉบับนี้จะพิจารณาในส่วนของผลิตภาพการทำงานของพนักงานที่เมขึ้นจากการใช้ระบบแขนกลกึ่งอัตโนมัติ

**1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ
2. ลดการใช้พนักงานควบคุมเครื่อง และเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิต
3. สามารถพัฒนาระบบแขนกลเพื่อทดแทนการใช้คนในการปฏิบัติงาน

**1.5 แผนการดำเนินงาน**

1. ศึกษาดูงานเพื่อเก็บข้อมูลของสาเหตุที่เกิดการสูญเปล่าในเครื่องจักร
2. เก็บข้อมูลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรก่อนปรับปรุง
3. วิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางการแก้ไข
4. ออกแบบระบบการทำงานแขนกลและกำหนดรายละเอียดการติดตั้ง
5. พัฒนาชุดแขนกลและติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ตามที่ได้ออกแบบไว้
6. ติดตั้งระบบไฟฟ้าและระบบโปรแกรมเข้าด้วยกัน
7. เขียนโปรแกรมควบคุมระบบชุดแขนกลตามที่ออกแบบไว้
8. ทำการทดสอบการทำงานของชุดแขนกลร่วมกับเครื่องขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสูญญากาศ
9. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

**1.6 ตารางแสดงการดำเนินโครงการ (Gantt chart)**

| ลำดับ | ขั้นตอนการวิจัย | ระยะเวลา (เดือน) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ปี พ.ศ. 2559 | | ปี พ.ศ. 2560 | | | |
| | | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. |
| 1 | ศึกษาดูงานเพื่อเก็บข้อมูลของสาเหตุที่เกิดการสูญเปล่าในเครื่องจักร | ↔ | | | | | |
| 2 | เก็บข้อมูลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรก่อนปรับปรุง | ↔ | | | | | |
| 3 | วิ เคราะห์ปัญหาและหาแนวทางการแก้ไข | ↔ | → | | | | |
| 4 | ออกแบบระบบการทำงานแขนกลและกำหนดรายละเอียดการติดตั้ง | ↔ | → | | | | |
| 5 | พัฒนาชุดแขนกลและติดตั้งอุปกรณ์ต่างตามที่ได้ออกแบบไว้ | | ↔ | → | | | |
| 6 | ติดตั้งระบบไฟฟ้าและระบบโปรแกรมเข้าด้วยกัน | | | | | | |
| 7 | เขียนโปรแกรมควบคุมระบบชุดแขนกลตามที่ออกแบบไว้ | | | ↔ | → | | |
| 8 | การทดสอบการทำงานของชุดแขนกลร่วมกับเครื่องขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสูญญากาศ | | | | ↔ | → | |
| 9 | สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง | | | | | ↔ | → |

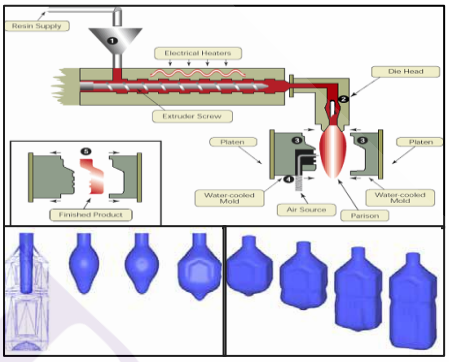
# บทที่ 2
# งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต และวิเคราะห์ การทำงานด้วย แผนภูมิการปฏิบัติงานทวีคูณ (Multiple activity chart) การจัดลำดับงานและการจัดตาราง การวิเคราะห์ลำดับขั้นตอน โดยใช้ why why analysis วิเคราะห์หาสาเหตุของแต่ละปัญหาเหล่านั้น เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานด้วยหลักการ ECRS

**2.1 การจำแนกและการจัดกลุ่มอุตสาหกรรมพลาสติก (อฐิลักษณ์ เตียวติ, 2557)**

มีการใช้วัตถุดิบหลักคือเม็ดพลาสติกชนิดต่างๆ ตามความต้องการของลูกค้าโรงงานบางแห่งอาจจะมีการปรับปรุงวัตถุดิบเอง เช่น การเติมสี หรือ ใส่สารเคมีเติมแต่งอื่นๆ จากนั้นจะทำการผสมกันแล้วทำการหลอมเพื่อเตรียมนำเข้ากระบวนการขึ้นรูปต่างๆ ซึ่งกระบวนการขึ้นรูปนั้นมีหลากหลายเพื่อให้ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ได้เหมาะสมแก่การใช้งานต่อไป เช่น การฉีด(Injection) การรีดหรือดึง(Extrusion) การเป่า(Blow) เป็นต้น หลังจากผ่านกระบวนการขึ้นรูปแล้ว ชิ้นงานพลาสติกจะแข็งตัวคงรูปเมื่ออุณหภูมิชิ้นงานพลาสติกต่ำลง ดังนั้นจึงมีการหล่อเย็นชิ้นงาน จากนั้นจะเป็นขั้นตอนในการตกแต่งชิ้นงานให้สมบูรณ์ เช่น การตัดแต่ง การพ่นสี การขัดเงาหรือเคลือบ การพิมพ์ลาย เป็นต้น ถือว่าเป็นการสิ้นสุดการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก และจะทำการบรรจุเพื่อจัดส่งจำหน่ายให้แก่ลูกค้าต่อไป เนื่องจากกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกนั้นมีความหลากหลายมาก ดังนั้นเมื่อจะพิจารณาการจัดกลุ่มอุตสาหกรรมพลาสติก โดยพิจารณาการบริโภคพลังงานจึงจำเป็นต้องทราบว่า ปัจจัยใดมีผลทำให้เกิดการบริโภคพลังงานที่แตกต่างกันในการขึ้นรูปพลาสติก จากการศึกษาพบว่าการใช้กระบวนการผลิตที่ต่างกันการบริโภคพลังงานต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์จะต่างกัน กระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์แบบเดียวกันแต่ใช้วัตถุดิบที่ต่างกันจะบริโภคพลังงานไม่เท่ากัน ดังนั้นปัจจัยหลักที่สามารถแสดงความแตกต่างของการบริโภคพลังงานสำหรับอุตสาหกรรมพลาสติกคือกระบวนการผลิตและวัตถุดิบ

2.1.1 การ Blow Molding การ Blow Molding คือ เป็นการเป่าขึ้นรูปขวดพลาสติกโดยเริ่มจากวัตถุดิบคือ เม็ดพลาสติกชนิด HDPE (ส่วนใหญ่) PP, PE เป็นต้น นำเม็ดพลาสติกมาหลอมใน Extruder โดยใช้ความร้อนจาก Heater ไฟฟ้า จากนั้นสกรูจะอัดพลาสติกเหลว โดยใช้หลักการขับเคลื่อนสกรูและการปิด-เปิด Mold ด้วยระบบ Hydraulics ส่งผ่านหัว Die Head ออกมาเป็นลักษณะทรงกระบอก (Parison) จากนั้น Mold จะเคลื่อนตัวมาประกบแล้วเป่าลม โดยใช้อากาศอัดเพื่อให้เนื้อพลาสติกขยายเต็มตาม Mold เมื่อเต็ม Mold แล้วจะมีน้ำเย็นจากเครื่อง Chiller ไหลมาหล่อเย็นเพื่อให้ชิ้นงานแข็งตัวคงรูปตามแม่พิมพ์ที่ต้องการ ดังภาพที่ 2.1 และ 2.2




**ภาพที่ 2.1** การขึ้นรูปแบบ Blow Molding

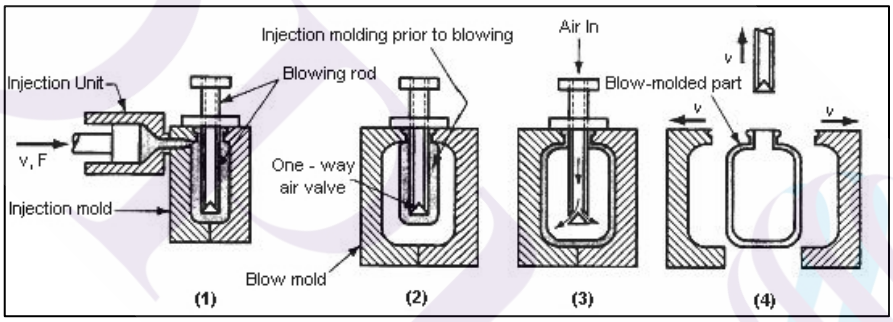
**ภาพที่ 2.2** ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขวดพลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยการ Blow Molding

2.1.2 การ Stretch Blow Molding เป็นกระบวนการผลิตขวดบรรจุภัณฑ์เหมือนกัน ซึ่งการขึ้นรูปแบบนี้จะเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ภาชนะพลาสติก เพราะมีความหนาเฉลี่ยที่แน่นอน, ลดค่าใช้จ่ายในการผลิต เพราะ เกิดของเสียน้อย และยังได้ภาชนะที่ไม่มีตะเข็บรอยต่อตรงคอและก้น

ของภาชนะ จึงทำให้มีคุณภาพสูงกว่า การขึ้นรูปแบบ Blow Molding ซึ่งการขึ้นรูปแบบ Stretch Blow Molding จะแบ่งขั้นตอนการผลิตออกเป็น 2 ส่วน คือ การฉีดเพื่อให้เป็น Pre-form แล้วจึงนำ Pre-form ที่ได้ไปเข้าสู่ขั้นตอนการ Stretch Blow เพื่อขึ้นรูปตามแม่พิมพ์ต่อไป

2.1.2.1 การฉีด (Injection Molding) คือ ใช้หลักการขับเคลื่อนสกรูและการปิด-เปิด Mold ด้วยระบบ Hydraulics หรือใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เริ่มจากวัตถุดิบเม็ดพลาสติก ส่วนใหญ่เป็นชนิด PET จากนั้นนำไปหลอมใน Extruder โดยใช้ความร้อนจาก Heater ไฟฟ้า จากนั้นสกรูจะอัดส่งผ่าน หัว Nozzle ผ่าน Runner เข้าสู่ Mold (ซึ่งการผลิต Pre-form ส่วนใหญ่จะใช้ Hot Runner เพื่อลดปริมาณของเสีย) เมื่อเนื้อพลาสติกไหลเข้าเต็ม Mold จะมีน้ำเย็นจาก Chillerไหลผ่าน Mold เพื่อให้ชิ้นงานเย็นและแข็งตัว จากนั้น Mold จะเปิดออกเพื่อให้นำชิ้นงานออก

2.1.2.2 การ Stretch Blow คือ เป็นการเป่าขึ้นรูปขวดโดยใช้วัตถุดิบคือ Pre-form จากการฉีดนำมาอุ่นให้Pre-form อ่อนตัวจากนั้น Mold จะมาประกบ แล้วจะมีแท่งเหล็กกดก้นตัว Pre-form ให้ยืดลงในแนวดิ่ง แล้วทำการเป่าให้ขยายเต็มแม่พิมพ์ จากนั้นจะมีน้ำเย็นไหลผ่าน Mold เพื่อให้ขวดแข็งตัวคงรูป แล้วเปิด Mold ปล่อยขวดออกมาเป็นอันเสร็จสิ้น รายละเอียดดังรูปที่ 2.3 และ 2.4

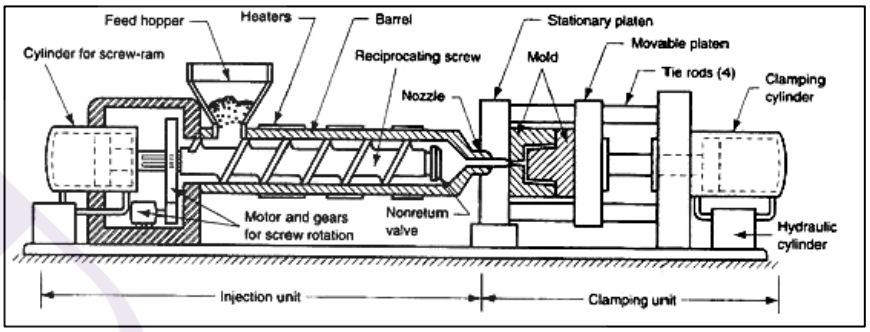



**ภาพที่ 2.3** การขึ้นรูปแบบ Stretch Blow Molding

ผลิตภัณฑ์จาก Stretch Blow Molding: ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็นขวดบรรจุภัณฑ์ประเภทน้ำดื่ม น้ำผลไม้ ขวดโหลปากกว้าง ถังน้ำดื่ม ขวดซอสปรุงรส ขวดน้ำมันพืช เป็นต้น

**ภาพที่ 2.4** ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขวดพลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยการ Stretch Blow Molding

2.1.3 การฉีด Injection Molding การขึ้นรูปแบบฉีด จะเริ่มจากวัตถุดิบเป็นเม็ดพลาสติกหรือเป็นผงก็ได้ลงในกรวยเติม จะถูกเกลียวหนอนหมุนส่งไปยังด้านหน้าของกระบอกสูบ ซึ่งมีแผ่นความร้อนไฟฟ้า (Electrical Heater) ทำให้พลาสติกหลอมเหลว หลังจากนั้นจะเคลื่อนเกลียวหนอนให้ดันพลาสติกผ่านหัวฉีดไปเข้าแม่พิมพ์ (Mold) ซึ่งปิดอยู่ แม่พิมพ์ซึ่งจะมีการหล่อเย็นด้วยน้ำเย็นที่ผลิตจากเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพื่อทำให้ชิ้นงานเย็นและแข็งตัว สามารถถอดออกจากแบบได้ในระยะเวลาสั้น จากนั้นจะส่งไปตกแต่งชิ้นงานต่อไป ดังภาพที่ 2.5




**ภาพที่ 2.5** กระบวนการ Injection Molding

ผลิตภัณฑ์จาก Injection Molding: ผลิตภัณฑ์จากการฉีดมีหลากหลายรูปแบบมาก เช่น ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์, ชิ้นส่วนรถยนต์, เครื่องใช้ไฟฟ้า, ของใช้ในครัวเรือน, ของเล่นเด็ก เป็นต้น ดังภาพที่ 2.6

**ภาพที่ 2.6** ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยการ Injection Molding

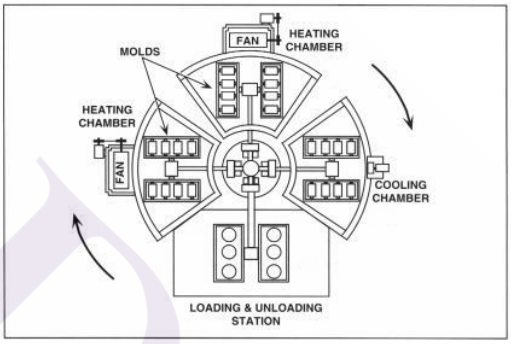
2.1.4. การ Rotational Molding การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกโดยวิธีหมุน เหมาะสำหรับผลิตชิ้นงาน ภายในกลวงขนาดใหญ่ ซึ่งจะได้ชิ้นงานที่ไม่มีความเค้น ผิวงานเรียบร้อย ระยะเวลาการผลิตต่ำ และมีความหนาสม่ำเสมอ หลักการขึ้นรูปประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2.7

2.1.4.1 การใส่วัตถุดิบ (loading) วัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพลาสติกพวกเทอร์โมพลาสติกมีลักษณะเป็นของเหลวหรือเป็นผงก็ได้ นำมาใส่เข้าไปในแม่พิมพ์กลวงหลังจากนั้นปิดฝาประกบแม่พิมพ์

2.1.4.2 การขึ้นรูปหรือการหลอมละลาย (molding หรือ curing) ย้ายแม่พิมพ์เข้าไปยังห้องร้อน เพื่อ นำไปหมุนสองแกนพร้อมทั้งให้ความร้อนเพื่อให้พลาสติกเหลว และไหลเกลี่ยไปตามผิวภายในของแม่พิมพ์จนทั่วถึง ด้วยแรงโน้มถ่วง (ไม่ใช่แรงเหวี่ยง)

2.1.4.3 การทำให้เย็น (cooling) ย้ายไปยังห้องเย็นโดยอาจจะใช้อากาศเย็น หรือน้ำเย็นพ่นใส่แม่พิมพ์ แต่แม่พิมพ์จะต้องยังคงหมุนอยู่ เพื่อลดการหดตัวของชิ้นงานขณะทำการหล่อเย็น

2.1.4. 4 การนำเอาชิ้นงานออก (unloading) จากนั้นเมื่อชิ้นงานแข็งตัวและคงรูปแล้ว ก็สามารถเปิดแม่พิมพ์ออก เพื่อนำชิ้นงานออกได้

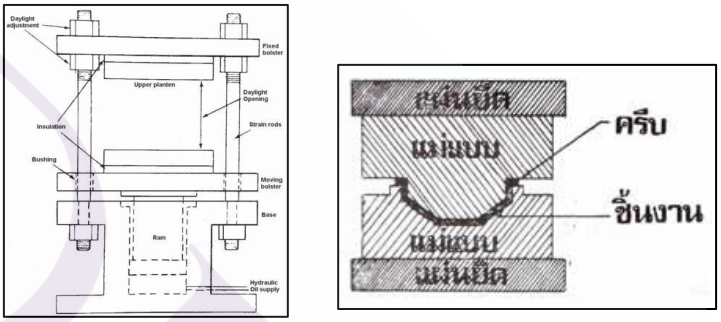



**ภาพที่ 2.7** ขั้นตอนการขึ้นรูปแบบ Rotational Molding

ผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปแบบ Rotational Molding ถังเก็บน้ำขนาดใหญ่ ถังใช้ในอุตสาหกรรมถังอาบน้ำ ถังขยะ เรือบดทั้งลำ เครื่องเล่นสำหรับเด็กในสวนสนุก เป็นต้น ดังรูปที่ 2.8

**ภาพที่ 2.8** ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ขึ้นรูปจากการ Rotational Molding

2.1.5 การ Compressed Molding เป็นการขึ้นรูปโดยการนำผงพลาสติกที่แข็งตัวมาอัดในแม่พิมพ์ภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสม ซึ่งวัตถุดิบส่วนใหญ่ที่ใช้กระบวนการนี้ คือ ผง Melamine ขั้นตอนการผลิตทำโดย เริ่มจากนำผงพลาสติกมาชั่งให้ได้น้ำหนักตามที่ต้องการ นำไปอบไล่ความชื้นและอุ่นวัตถุดิบก่อนเข้าแม่พิมพ์ จากนั้นนำไปใส่แม่พิมพ์ เริ่มปิดแม่พิมพ์อัดให้พลาสติกแพร่ตัวไปตามช่องว่างของแม่พิมพ์ เพื่อให้พลาสติกได้รับความร้อนจากแม่พิมพ์ได้ทั่วถึงยิ่งขึ้น เมื่อถึงตำแหน่งสุด จะถึงช่วงเวลาแข็งตัวของพลาสติกเองโดยไม่ต้องใช้น้ำเย็น จากนั้นก็เปิดแม่พิมพ์นำชิ้นงานออกได้ ดังรูปที่ 2.9




(ก.) (ข.)

**ภาพที่ 2.9** ลักษณะเครื่องอัด (ก.) และ การขึ้นรูปแบบ Compress Molding (ข.)

ผลิตภัณฑ์พลาสติกจากการ Compressed Molding: ส่วนใหญ่เป็น ผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก Melamine เช่น จาน ชาม ถ้วย ช้อน เครื่องใช้ในครัวเรือน ที่เขี่ยบุหรี่ เป็นต้น ดังรูปที่ 2.10

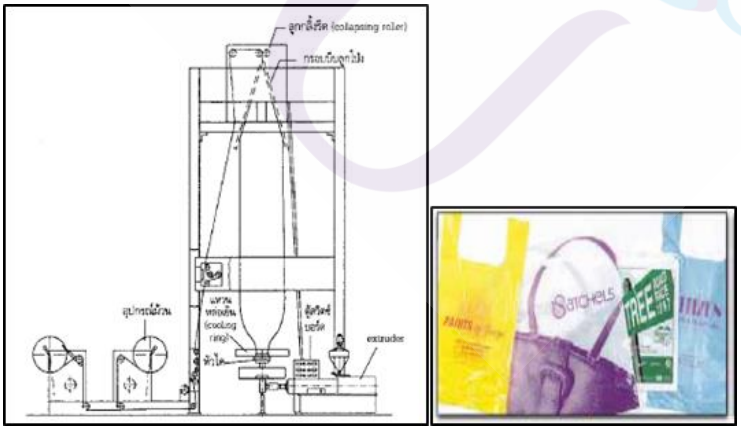
**ภาพที่ 2.10** ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ขึ้นรูปจากการ Compressed Molding

2.1.6 การอัดรีดขึ้นรูป (Extrusion) กลุ่มกระบวนการอัดรีดขึ้นรูป (Extrusion) ที่สามารถจัดรวมเข้าด้วยกันได้ ซึ่งจะประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ ดังนี้

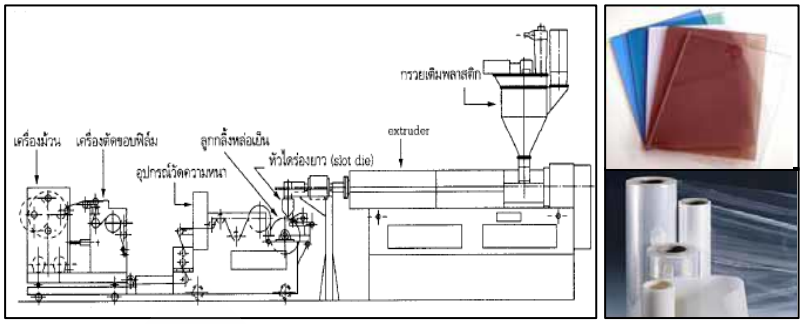
1) Blown Film Extrusion ประเภทผลิตภัณฑ์ ถุงพลาสติก
2) Film Extrusion ประเภทผลิตภัณฑ์ แผ่นฟิล์มบาง
3) Sheet Extrusion ประเภทผลิตภัณฑ์ เสื่อน้ำมัน, หนังเทียม
4) Pipe/tube Extrusion ประเภทผลิตภัณฑ์ ท่อ PVC, ท่อน้ำ
5) Profile Extrusion ประเภทผลิตภัณฑ์ รางสายไฟ, ขอบหน้าต่าง
6) Tape Yarn /Filament Extrusion* ประเภทผลิตภัณฑ์ กระสอบพลาสติก[1]

การใช้พลังงานที่เครื่องอัดรีด (Extruder) ดังในรูปที่ 2.10 เครื่องอัดรีดของกระบวนการผลิต Extrusion ทั้ง 6 แบบ จะคล้ายกัน จะแตกต่างกันที่รูปแบบของหัวได ขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ เช่น ถ้ากระบวนการ Pipe/tube Extrusion หัวไดจะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่หน้าตัดเป็นท่อ หรือถ้าใช้กระบวนการ Sheet Extrusion หัวไดจะมีหน้ากว้างซึ่งเมื่อพลาสติกเหลวไหลผ่านออกมาจะมีลักษณะเป็นแผ่น เป็นต้นส่วนขั้นตอนการผลิตอื่นๆ เช่น การหล่อเย็น, การดึงหรือลาก และ การตัดหรือม้วน ก็เหมือนกัน พิจารณาการใช้พลังงานแล้วค่อนข้างใกล้เคียงกัน สามารถจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันได้

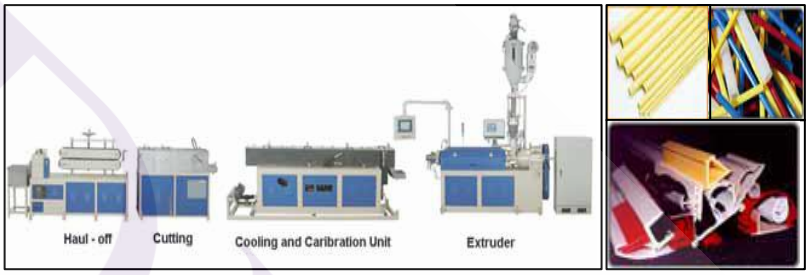
[1] หมายถึง Tape Yarn เป็นการผลิตแบบผสม คือ การทำเส้นเทปนั้นเป็นการ Extrusion แต่หลังจากได้เส้นเทปแล้วต้องนำไปผ่านการทอ, การตัด และการเย็บ จึงจะออกมาเป็น กระสอบพลาสติก ดังภาพที่ 2.11 และ 2.14



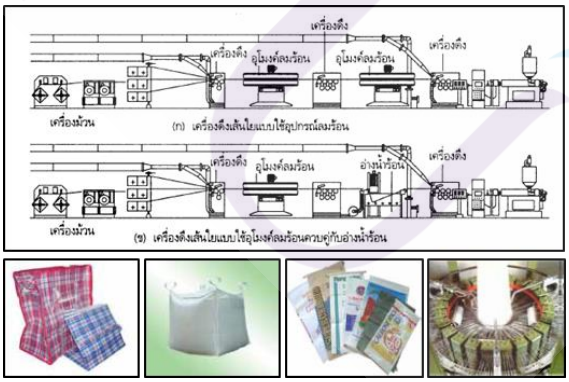

**ภาพที่ 2.11** ตัวอย่างกระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปแบบ Blown Film




**ภาพที่ 2.12** ตัวอย่างกระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปแบบ Sheet/Film Extrusion



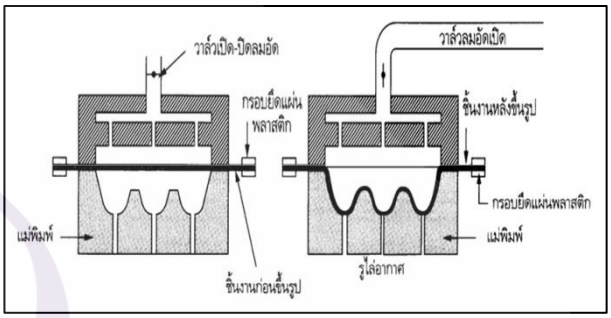

**ภาพที่ 2.13** ตัวอย่างกระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปแบบ Pipe/Tube/Profile Extrusion




**ภาพที่ 2.14** ตัวอย่างกระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปแบบ Tape Yarn/Filament

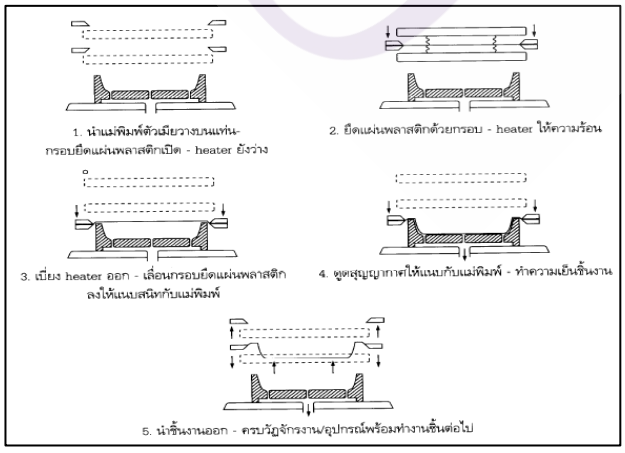
2.1.7 การ Thermoforming และการ Laminating เป็นกระบวนการที่ต่อจาก Sheet/Film Extrusion ซึ่งก็คือ วัตถุดิบที่ใช้จะเป็นผลิตภัณฑ์จากกระบวนการ Sheet/Film Extrusion เป็นลักษณะ Secondary Process

2.1.7.1 การ Thermoforming เป็นการขึ้นรูปโดยการให้ความร้อนกับแผ่นฟิล์ม หรือ แผ่นพลาสติกจนถึงอุณหภูมิอ่อนตัว แล้วใช้แรงบังคับให้แนบกับแม่พิมพ์ ส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นการใช้แรงดูดของสุญญากาศ (Vacuum Forming) หรือใช้ลมอัด (Blow Forming) หลังจากนั้นต้องทำให้เย็น เพื่อชิ้นงานคงรูปไว้ตามแบบของแม่พิมพ์ แสดงดังรูปที่ ที่ 2.15




**ภาพที่ 2.15** การขึ้นรูปแบบใช้ลมอัด (Blow Forming)

2.1.8 การขึ้นรูปแบบ สูญญากาศ (Vacuum Forming) วัตถุดิบนี้จะนำเข้าสู่เครื่องขึ้นรูปพลาสติกสูญญากาศด้วยความร้อนตั้งแต่ระดับ 200 - 400 องศา (ขึ้นอยู่กับชนิดพลาสติกและความหนา) กับพลาสติกแผ่น ที่เข้าสู่เครื่องในแต่ละเฟรม เมื่อพลาสติกได้ความร้อน ในระดับหนึ่งที่จะสามารถขึ้นรูปได้ จึงทำการขึ้นรูปด้วยสูญญากาศ (Vacuum Forming) ดูดให้พลาสติก แนบติดกับแบบ (Mold) ที่ต้องการ จนเป็นรูปร่าง และรอการระบายความร้อน รอการเซตตัวของพลาสติก ด้วยระบบหล่อเย็นภายในแบบ (Mold) ก่อนจะถอดแบบ และนำออกจากเครื่อง ดังรูปที่ 2.16




**ภาพที่ 2.16** การขึ้นรูปแบบใช้แรงดูดสุญญากาศ (Vacuum Forming)

**2.2 ประเภทพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการผลิต**

2.2.1 PVC (Polyvinyl Chloride) เป็นพลาสติกที่ไม่สามารถนำ PVC (พีวีซี ผง) สารตั้งต้นของ PVC มาใช้งานได้ ต้องผสมสารอื่นๆ เพื่อให้ได้ PVC แผ่น ชนิดแข็ง และสามารถนำไปเข้าสู่กระบวนการขึ้นรูปพลาสติก ซึ่งมีคุณสมบัติคือ ราคาไม่แพงวัตถุดิบสามารถนำไปรีไซเคิลได้ กระบวนการต่างๆสามารถทำได้ไม่ยาก และขึ้นรูปได้ง่าย เหมาะสำหรับใส่บรรจุสินค้าทั่วไป รวมถึงอาหารแห้ง อาหารสด ไม่เหมาะกับอาหารร้อนจัด หรืออาหารแช่แข็ง และไม่เหมาะกับการนำไปเผา เพราะจะมีไอของคลอไรด์ มีสภาพเป็นกรดเกลือ ซึ่งเป็นมลพิษ วิธีการทดสอบว่าเป็นPVC โดยการเผากับลวดทองแดงแล้วจะได้เปลวไฟสีเขียว (ปกติ PVC จะไม่ติดไฟ)

2.2.2 PET (Poly Ethylene Terephthalate) เป็นพลาสติกที่มีความเหนียว และมีความคงทนต่อแรงดึงสูง นอกจากนั้น ยังสามารถที่จะป้องกันไม่ให้ให้อากาศเข้าออกได้ง่าย แม้ในสภาวะที่มีแรงดันสูง มีความโปร่งใสสูง แต่ไม่ทนต่อสารเคมีจำพวกด่างแก่ จึงควรจะหลีกเลี่ยงในการสัมผัสกับด่างโดยตรง เป็นพลาสติกชนิดเดียวที่ใส่น้ำอัดลมได้ พลาสติกชนิดนี้ เหมาะสำหรับใส่อาหารได้โดยไม่มีสารเคมี หรือสารปนเปื้อนใดๆ สามารถแช่แข็งได้ เหมาะกับบรรจุอาหารได้ทุกชนิดวิธี การทดสอบว่าเป็น PET โดยการเผาปกติ ติดไฟช้า และมีควันสีดำ ซึ่งพลาสติกที่นิยมใช้สำหรับการขึ้นรูปสุญญากาศโดยทั่วไปเรียกว่า A-PET

2.2.3 PP (Polypropylene) เป็นพลาสติกที่มีความเหนียวค่อนข้างดี ยอมให้อากาศผ่านเข้าออกได้บ้างเล็กน้อย แต่ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่าน ทำให้สามารถที่จะเก็บอาหารสดได้ดี นอกจากนั้นยังสามารถที่จะทนต่อสารเคมีได้ดี ทำให้สามารถที่จะใส่อาหารที่มีฤทธิ์กัดกร่อนเล็กน้อยได้อย่างดี ปลอดภัย ทนความเย็นได้มากกว่า -20 องศา (PP เนื้อพิเศษสำหรับแช่แข็ง) ทนความร้อนได้ถึงจุดเดือดน้ำสามารถนำภาชนะชนิดนี้ที่ใส่อาหารเข้าเตาอบไมโครเวฟเพื่ออุ่นอาหารได้ (Microwavable) เหมาะสำหรับใส่อาหารแช่แข็ง อาหารสด อาหารแปรรูปทุกชนิด วิธีการทดสอบว่าเป็น PP โดยการเผาปกติ ติดไฟง่าย มีควันสีขาว

2.2.4 HIPS (High-Impact Polystyrene) เป็นพลาสติกที่ให้ความใสและความแข็งสูง แต่ก็มีความเปราะสูงเช่นกัน แผ่นฟิล์มนิยมทำเป็นซองใสผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้ดูสวยงามแต่ไม่คงทนนัก เช่น พวกซองใส่การ์ดอวยพร หรือ กล่องใส่เทป สามารถให้อากาศเข้าออกได้ดีกว่า PP แต่ก็ไม่สามารถให้ไอน้ำซึมผ่านได้ บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะกับพลาสติกชนิดนี้ มักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ชั่วคราวหรือไม่ได้ใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มหลัก เช่น ถาดรองสินค้า (ในกล่อง) ถาดใส่อาหารแห้งที่บรรจุในซองมิดชิด วิธีการทดสอบว่าเป็น PS โดยการเผาปกติ ติดไฟง่าย มีควันสีดำ

**2.3 หลักการ ECRS**

**การลดความสูญเสียด้วยหลักการ ECRS**

ความสูญเสีย 7 ประการเป็นสิ่งที่ไม่มีความจำ เป็นและไม่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่องค์กร โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างพนักงาน กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ และความสูญเสีย 7 ประการ ดังแสดงในรูปที่ 2.17 ดังนั้นจึงควรลดความสูญเสียให้เหลือน้อยที่สุด และการลดความสูญเสียนอกจากจะเป็นการปรับปรุงการผลิตและเพิ่มผลผลิตได้แล้ว ยังช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย

ภาพที่ 2.17 ความสัมพันธ์ระหว่างพนักงาน กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ และความสูญเสีย 7 ประการ

หลักการ ECRS ประกอบด้วย

การกำจัด (Eliminate)

การรวมกัน (Combine)

การจัดใหม่ (Rearrange)

การทำให้ง่าย (Simplify)

ซึ่งเป็นหลักการง่าย ๆ ที่สามารถใช้ลดความสูญเสียหรือ MUDA ในเบื้องต้นได้เป็นอย่างดีอีกทั้งเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ความสูญเสียด้วยหลักการ ECRS จำ เป็นต้องใช้ตารางวิเคราะห์งานดังแสดงในตารางที่ 1 และการตั้งคา ถามดังแสดงในตารางที่ 2 การลดความสูญเสียในการผลิต เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องเร่งดำเนินการอย่างรีบด่วนเพราะความสูญเสียจะทา ให้ต้นทุนสินค้าเพิ่มสูงขึ้น หากสามารถลดความสูญเสียลงได้ก็จะส่งผลให้ประหยัดต้นทุนการผลิตลงด้วย อีกทั้งยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้สูงขึ้น แนวทางการลดความสูญเสียด้วยหลักการECRSเป็นดังนี้

2.3.1 การกำจัด (Eliminate)

การพิจารณาการทางานปัจจุบันและทาการกำจัดความสูญเปล่าทั้ง 7 ที่พบในการผลิตออกไป คือการผลิตมากเกินไป การรอคอย การเคลื่อนที่/เคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น การทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์ การเก็บสินค้าที่มากเกินไป การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น และ ของเสีย

2.3.2 การรวมกัน (Combine)

สามารถลดการทำงานที่ไม่จาเป็นลงได้ โดยการพิจารณาว่าสามารถรวมขั้นตอนการทำงานให้ลดลงได้หรือไม่ เช่น จากเดิมเคยทำ 5 ขั้นตอนก็รวมบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน ทำให้ขั้นตอนที่ต้องทำลดลงจากเดิม การผลิตก็จะสามารถทำได้เร็วขึ้นและลดการเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนลงอีกด้วย เพราะถ้ามีการรวมขั้นตอนกัน การเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนก็ลดลง

2.3.3 การจัดใหม่ (Rearrange)

การจัดขั้นตอนการผลิตใหม่เพื่อให้ลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น หรือ การรอคอย เช่นในกระบวนการผลิต หากทำการสลับขั้นตอนที่ 2 กับ 3 โดยทำขั้นตอนที่ 3 ก่อน 2 จะทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ลดลง เป็นต้น

2.3.4 การทำให้ง่าย (Simplify)

การทำให้ง่าย หมายถึง การปรับปรุงวิธีการทำ งานให้สะดวกและง่ายขึ้น โดยอาจจะออกแบบ Jig หรือ Fixture มาช่วยเพื่อให้การทำงานสะดวกและแม่นยำซึ่งจะสามารถลดของเสียลงได้เพราะเป็นการลดการเคลื่อนที่และลดการทำงานที่ไม่จำเป็น

**2.4 ความสูญเสียที่สำคัญในกระบวนการ การผลิต**

ประจวบ นานาผล, 2555 ความสูญเสียที่สำคัญซึ่งเป็นอุปสรรคและส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตนั้น ก็คือ

2.4.1 ความสูญเสีย 8 ประการที่เป็นอุปสรรคต่อประสิทธิภาพของเครื่องจักร

1.) ความสูญเสียจากการชำรุดเสียหาย เป็นความสูญเสียที่มาจากการชำรุดเสียหายของเครื่องจักร ที่เกิดขึ้นทั้งอย่างฉับพลัน และทั้งเรื้อรัง ซึ่งต่างก็จะทาให้เกิดความสูญเสียด้านเวลา (ผลผลิตลดลง) และปริมาณผลผลิตลดต่ำลง (เกิดของเสีย)

2.) ความสูญเสียจากการเตรียมงาน ความสูญเสียจากการเตรียมงานนั้น เป็นความสูญเสียทางด้านเวลาที่เกิดจากการปรับเปลี่ยนและเตรียมการเมื่อสิ้นสุดการผลิตสินค้าปัจจุบัน ไปสู่การเริ่มผลิตสินค้าใหม่

3.) ความสูญเสียจากการเปลี่ยนขนาด เป็นความสูญเสียที่เกิดจากเวลาที่ต้องใช้ไปในการเปลี่ยน Size ตามกำหนด หรือการเปลี่ยนอย่างฉับพลัน เนื่องจาก อะไหล่นั้นเกิดการเสียหาย

4.) ความสูญเสียจากการเริ่มเดินเครื่อง เป็นความสูญเสียทางด้านเวลาที่ต้องใช้ในการทาให้เครื่องจักรเดินได้ตาม มาตรฐานรอบเวลาการผลิตที่กำหนด โดยปราศจากปัญหายุ่งยากทางเครื่องจักร (เช่น การหยุดชะงักงัน น้าหนักไม่ได้ (เป็นต้น) จนกระทั่งสามารถทาให้มีการผลิตสินค้าได้คุณภาพคงที่

5.) ความสูญเสียจากการหยุดชะงักงันหรือการเดินเครื่องตัวเปล่า เป็นการหยุดของเครื่องจักรที่ต่างจากการชารุดเสียหาย กล่าวคือ เป็นการหยุดเนื่องมาจากเกิดปัญหาขึ้นชั่วขณะหนึ่ง หรือเป็นการเดินเครื่องตัวเปล่า เช่น ชิ้นงานไปติดขัดอยู่ทาให้เกิดการเดินเครื่องตัวเปล่า หรือเกิดของเสียทางด้านคุณภาพขึ้นทาให้เซ็นเซอร์และเครื่องจักรหยุดทางานชั่วขณะ เมื่อดึงเอาชิ้นงานออกไปและทาการเดินเครื่องจักรใหม่ ก็จะทาให้ทางานเป็นปกติได้ดังเดิม ด้วยเหตุนี้ การหยุดชะงักจึงมีลักษณะแตกต่างจากการชารุดเสียหายของเครื่องจักร

6.) ความสูญเสียจากความเร็วลดลง ความสูญเสียที่เกิดขึ้นเมื่อความเร็วของเครื่องจักรลดต่ำลง ตัวอย่างเช่น ในขณะที่เดินเครื่องตามความเร็วที่กำหนด แต่มีปัญหาทางด้านคุณภาพหรือปัญหาทางด้านเชิงกลเกิดขึ้น จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องลดความเร็วลง หรืออาจเพิ่มความเร็วได้แต่ไม่เพิ่มเนื่องจากเหตุผลที่ว่า เครื่องจักรเคยเกิดปัญหาขึ้น หรือเหตุผลทางด้านความปลอดภัย หรือการทาให้อายุการใช้งานของเครื่องจักรสั้นลง

7.) ความสูญเสียจากของเสียและของซ่อม เป็นความสูญเสียในเชิงปริมาณจากของเสีย (ของเสียที่ต้องทิ้ง) และของเสียที่สามารถซ่อมได้ และความสูญเสียเชิงเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมเพื่อให้เป็นของดี

8.) ความสูญเสียจากการหยุดเครื่อง (Shutdown) ความสูญเสียเวลาที่ต้องมีการหยุดเครื่องจักร เพื่อทาการบำรุงรักษาตามแผน เป็นความสูญเสียประเภทนี้เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ตามคุณสมบัติของเครื่องจักร ซึ่งอาจจะใช้เวลาสั้นยาวแล้วแต่เครื่องจักรทั้งนี้เพื่อธำรงรักษาคุณภาพความปลอดภัย และความไว้วางใจของเครื่องจักร แต่เมื่อพิจารณาถึงความสูญเสียและประสิทธิภาพของเครื่องจักรแล้ว จาเป็นต้องทาให้เวลาที่สูญเสียนั้นสั้นลง และยืดระยะเวลาระหว่างการShutdownให้ยาวมากขึ้น

2.4.2ความสูญเสีย 5 ประการที่เป็นอุปสรรคต่อประสิทธิภาพของคน

1.) ความสูญเสียจากการบริหารจัดการ เป็นความสูญเสียที่มาจากการรอคอยที่เกิดจากการบริหารต่างๆ เช่น การรอวัตถุดิบ การรอคาสั่ง หรือการรอการซ่อมแซมการชารุดเสียหายของเครื่องจักร

2.) ความสูญเสียจากการเคลื่อนไหว ความสูญเสียการจากการเคลื่อนไหวนั้นมีทั้งความสูญเสียจากการเคลื่อนไหวที่ไม่เป็นไปตามหลักการการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม และความสูญเสียที่เกิดจากความแตกต่างทางด้านทักษะความชำนาญ และการวางผังที่ไม่เหมาะสม

3.) ความสูญเสียจากการจัดวางตำแหน่ง เป็นความสูญเสียจากการรอที่เกิดจากต้องรับผิดชอบหลายกระบวนการ หรือรับผิดชอบเครื่องจักรหลายเครื่อง รวมทั้งเป็นความสูญเสียของความไม่สมดุลของสายการผลิตในการที่มีการใช้สายพานลาเลียง

4.) ความสูญเสียจากการขาดระบบอัตโนมัติ เป็นความสูญเสียที่งานบางอย่างสามารถเปลี่ยนเป็นระบบอัตโนมัติได้ เพื่อลดจานวนคนลงแต่ไม่กระทา จึงทาให้เกิดความสูญเสียตัวอย่างเช่น การขนชิ้นส่วนขึ้นลงโดยใช้ระบบอัตโนมัติ ทาให้ประหยัดแรงงานคนได้แต่ไม่ดำเนินการ หรือการจัดส่งวัสดุ การเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป โดยไม่ใช้ระบบอัตโนมัติ ทาให้เกิดความสูญเสียจากการขาดระบบอัตโนมัติ

5.) ความสูญเสียจากการตรวจวัดและการปรับแต่ง ความสูญเสียจากการตรวจวัด และการปรับแต่ง คือเวลาที่สูญเสียไปในการดาเนินการตรวจวัด และปรับแต่ง เพื่อป้องกันการเกิดของเสียและการหลุดลอดของของที่ไม่มีคุณภาพ

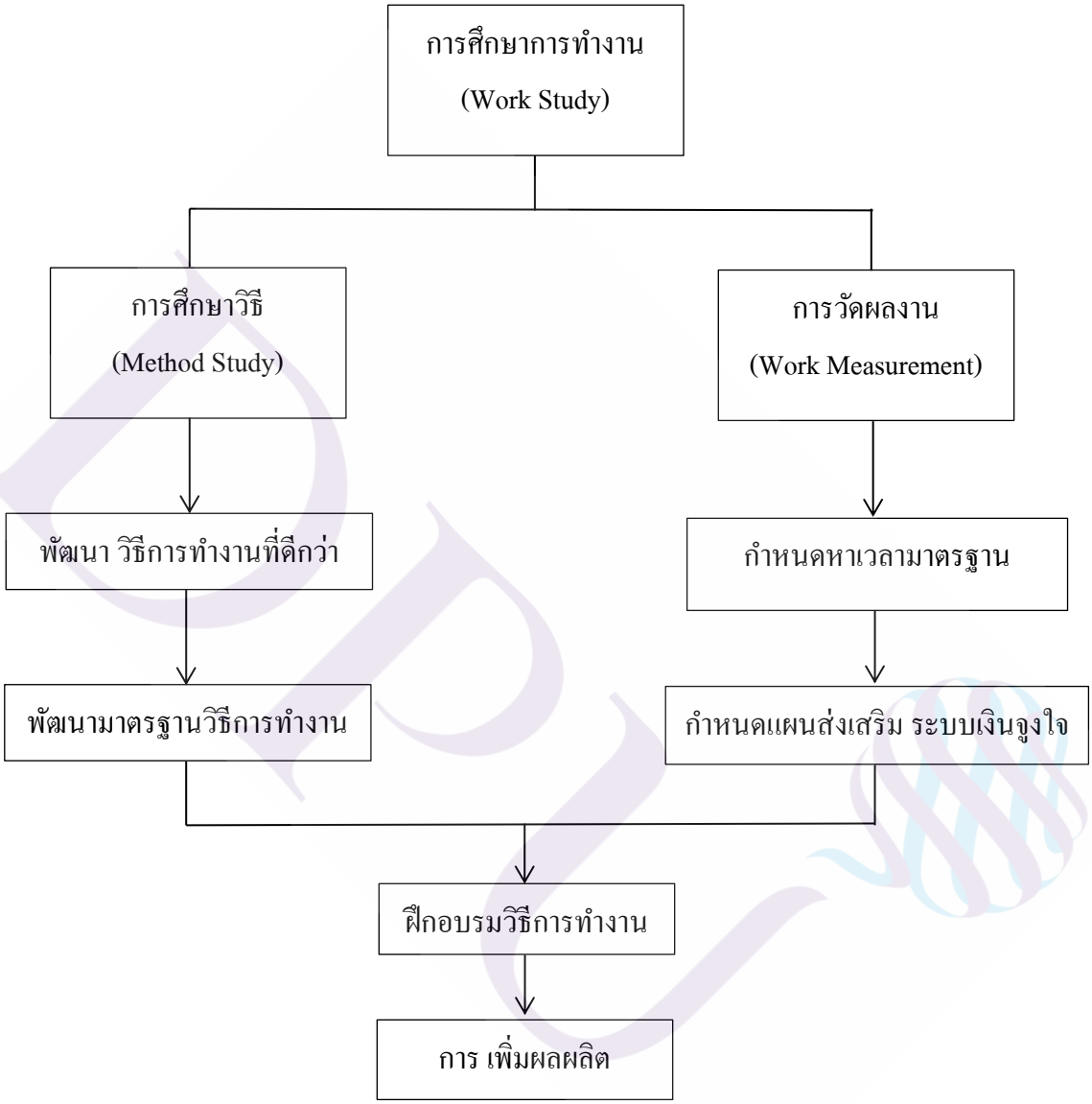
**2.5 การศึกษาการทำงาน (Work Study)**

การศึกษาการทำงาน เป็นวิชาการที่พัฒนาต่อเนื่องมาจากวิชาการศึกษาการเคลื่อนที่และศึกษาเวลา (Motion and Time Study) ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นเป็นต้นกำเนิดของหลักวิชาการตามแนวคิดและหลักการของ Federick W. Taylor และ Frank B. Gilbreth ต่อมาขอบข่ายของการศึกษาการเคลื่อนที่และการศึกษาเวลาได้ขยายเพิ่มขึ้นโดยเดิมทีการศึกษาการเคลื่อนที่ จะพิจารณาเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการทำงานของร่างกายประกอบร่วมกับการจัดสภาพแวดล้อมการทำงาน ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการทำงานของคนงานโดยเฉพาะต่อเมื่อมีการใช้เครื่องจักรเครื่องมือและอุปกรณ์เข้ามาเกี่ยวข้องกับการผลิต ขอบข่ายของการศึกษาจึงกว้างขึ้นมากลายเป็น“การศึกษาวิธี” (Method Study) ซึ่งจะครอบคลุมกิจกรรมของการศึกษาการเคลื่อนที่โดยจะเป็นการศึกษาวิธีการทำงานที่มีอยู่เดิมและใช้หลักการปรับปรุงพัฒนาวิธีการทำงานใหม่ที่ดีกว่าเดิม ทำให้ผลผลิตสูงขึ้น ความสูญเสียน้อยลง และต้นทุนการผลิตต่ำลง ในส่วนของการศึกษาเวลาเนื่องจากเป็นกระบวนการวัดเวลาเพื่อกำหนดเวลามาตรฐานและเก็บข้อมูลเวลาทำงาน ใช้เป็นการวัดผลงานส่วนหนึ่ง การวัดผลงานสามารถทำได้ด้วยกระบวนวิธีการอื่นๆ อีกนอกเหนือจากการศึกษาเวลาโดยการใช้นาฬิกาจับวัดเวลา จึงพัฒนาเป็นวิชา “การวัดผลงาน” (Work Measurement) ซึ่งจะครอบคลุมกิจกรรมของการศึกษาเวลา การสุ่มงาน การใช้เวลามาตรฐานรีดีเทอร์มีนและการใช้ข้อมูลมาตรฐานเวลาที่วิจัยเป็นฐานข้อมูลประกอบการใช้งานการวัดผลงาน

การศึกษาการทำงาน จึงเป็นคาที่ใช้แทนความหมายของการศึกษาการเคลื่อนที่และการศึกษาเวลา ภาพที่ 2.18 แสดงความหมายของการศึกษาการทำงานโดยมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาวิธีการทำงานที่ดีกว่า พัฒนามาตรฐานวิธีการทำงาน กำหนดหาเวลามาตรฐาน กำหนดแผนส่งเสริมระบบเงินจูงใจ ใช้เป็นเครื่องมือในการฝึกอบรมวิธีการทำงาน และในที่สุดจะเป็นเครื่องมือในการเพิ่มผลผลิต ซึ่งโดยสรุปแล้วเราสามารถให้ค่านิยามของการศึกษาการทางานได้ดังนี้ การศึกษาการทำงาน (Work Study) คือ การศึกษาวิธี (Method Study) และการวัดผลงาน (Work Measurement) ซึ่งใช้ในการศึกษากระบวนการทำงานและองค์ประกอบต่างๆ เพื่อปรับปรุง

การทำงานให้ดีขึ้น และใช้ประโยชน์ด้านการพัฒนามาตรฐานของการทำงานและเวลาทำงาน รวมไปถึงการใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาส่งเสริมจูงใจบุคลากร นำไปสู่การเพิ่มผลผลิต”

ภาพที่ 2.18 การศึกษาการทางาน




รูปที่ 2.18 การศึกษาการทำงาน

**2.5.1 การศึกษาวิธีการทางาน (Method Study)**

การศึกษาวิธีการทำงาน (Method Study) หมายถึง การศึกษาวิธีการทำงานจากการบันทึกและวิเคราะห์วิธีการทำงานขององค์การที่กำลังทำอยู่ เพื่อเสนอวิธีการทางานแบบใหม่อย่างมีระบบและประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการทำงานให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล การศึกษาวิธีการทำงานจะช่วยให้เกิดการปรับปรุงกระบวนการในการทำงาน ให้มีความเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน ขั้นตอนของการศึกษาวิธีการทำงานพอสรุปได้ดังนี้

1. การเลือกงาน
2. การเก็บข้อมูลวิธีการทำงาน
3. การวิเคราะห์วิธีการทำงาน
4. การปรับปรุงวิธีการทำงาน
5. การเปรียบเทียบวัดผลวิธีการทำงาน
6. การพัฒนามาตรฐานวิธีการทำงาน
7. การส่งเสริมใช้วิธีการทำงานที่ปรับปรุงแล้ว
8. การติดตามการใช้วิธีการทำงานที่ปรับปรุงแล้ว

ตารางที่ 2.1 แสดงกิจกรรมและเทคนิคที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการศึกษาวิธีการทำงานจุดมุ่งเน้นในการศึกษาวิธีการทำงานคือการศึกษาเพื่อปรับปรุงวิธีการทางานซึ่งจะต้องมีกระบวนการวัดผลเพื่อเปรียบเทียบประเมินผลการทำงานของวิธีการทำงานเดิมกับวิธีการทำงานใหม่

**ตารางที่ 2.1** กิจกรรมและเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาวิธีการทำงาน

| ขั้นตอน | กิจกรรและเทคนิคที่ใช้ |
|---|---|
| เลือกงาน | พิจารณาความสำคัญของงานตามลักษณะงานที่ได้เปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ |
| เก็บข้อมูล | บันทึกข้อมูลด้วยแผนภูมิและไดอะแกรมต่างๆหรือภาพถ่ายวีดิทัศน์ |
| วิเคราะห์วิธีการทำงาน | เทคนิคการตั้งคำถาม การแบ่งประเภทของงาน |
| ปรับปรุงวิธีการทำงาน | เทคนิคการปรับปรุงงาน เทคนิคการลดความสูญเสีย |
| วัดผลวิธีการทำงาน | ประเมินเปรียบเทียบเวลาทำงาน ปริมาณงานที่ที่ทำได้หรือผลผลิต |
| พัฒนามาตรฐานวิธีการทำงาน | จัดทำข้อกำหนดและสภาพแวดล้อมของวิธีการทำงานที่ปรับปรุงแล้ว |
| การส่งเสริมการใช้วิธีการทำงาน | วางแผนและติดตามการส่งเสริมการนำวิธีการทำงานที่ปรับปรุงแล้วไปปฏิบัติ |
| การติดตามการใช้วิธีการทำงาน | ตรวจสอบการทำงานเป็นระยะๆ ว่าเป็นไปตามวิธีการทำงานที่ปรับปรุงแล้วหรือไม่ |

**2.5.1.1 การเลือกงาน**

ขั้นตอนการเลือกงานที่จะศึกษาเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เพราะงานที่ต้องการการปรับปรุงมีอยู่มากมาย การเลือกงานผิดย่อมเป็นการเสียโอกาส งานบางอย่างถ้าเลือกทำก่อนจะใช้ประโยชน์ต่อเนื่องไปถึงงานอื่นๆ ได้ ถ้าเลือกงานทำทีหลังจะไม่มีผลดีต่องานอื่น ทำให้เสียเวลาในการศึกษางานอื่น งานหลายอย่างมีเงื่อนไขเวลา ถ้าไม่เลือกศึกษาก่อนจะไม่สามารถใช้ประโยชน์จากการศึกษาวิธีการทำงานได้อย่างเต็มที่ งานหลายอย่างเป็นงานที่มีความเสี่ยง ถ้าเราเลือกศึกษาและประสบความล้มเหลว จะสร้างความเสียหายมากกว่าจะได้ผลประโยชน์ จึงต้องใช้ความระมัดระวังมากขึ้นในการเลือกศึกษางานที่มีเงื่อนไขความเสี่ยง และงานบางอย่างเป็นงานที่มีความลับเบื้องหลัง การเลือกศึกษาวิธีการทำงานอาจส่งผลกระทบในทางลบได้ ในการเลือกงานที่จะศึกษา สิ่งแรกจึงควรพิจารณาความสำคัญของงานตามเงื่อนไขต่างๆ อย่างไรก็ตามเพื่อให้ง่ายแก่การตัดสินใจ เราจะวางเกณฑ์การตัดสินใจเลือกงานเพื่อศึกษาวิธีการทางาน เราจะพิจารณาองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. ด้านเศรษฐกิจ
2. ด้านเทคนิค
3. ด้านปฏิกิริยาแรงงาน
4. ด้านผลกระทบอื่น ๆ

1.1การพิจารณาด้านเศรษฐกิจ

ในการพิจารณาเลือกงานด้วยองค์ประกอบด้านเศรษฐกิจ คือ การพิจารณาความคุ้มของการศึกษานั่นเอง เราต้องไม่ลืมว่าการศึกษาวิธีการทำงานต้องลงทุน ทั้งด้านบุคลากรที่มีความรู้ เครื่องมือ และวัสดุด้านเอกสาร ถ้าผลงานของการศึกษาการทำงานไม่คุ้ม การศึกษานั้นก็ไม่มีความหมายเท่าใดนัก มีกรณีมากมายที่ผู้ศึกษาการทำงานเสียเวลากับการพัฒนาวิธีการทำงานและเพิ่มผลผลิตในสายงานผลิตย่อย ซึ่งไม่ได้เป็นผลดีต่อสายงานผลิตโดยรวม ผลผลิตโดยรวมก็ไม่สูงขึ้น เพราะส่วนงานที่ทำการศึกษาไม่ได้เป็นส่วนงานที่เป็น “คอขวด” สิ่งที่ได้จากการปรับปรุงงานนอกจากไม่เป็นผลดีต่อระบบโดยรวมแล้ว ยังเป็นการเพิ่มภาระการเก็บคงคลังของผลงานที่สูงขึ้นด้วย ในการพิจารณาความคุ้มในการศึกษา จึงต้องเลือกศึกษางานที่มีผลกระทบด้านบวกเชิงเศรษฐกิจ

2.1 การพิจารณาด้านเทคนิค

การพิจารณาเลือกงานโดยองค์ประกอบด้านเทคนิคคือ การพิจารณาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงวิธีการหรือเทคนิคที่ใช้เพราะความรู้ความชำนาญงานจะต้องมีส่วนเกี่ยวข้องในประเด็นนี้ ถ้างานที่เลือกศึกษาวิธีการทำงานสามารถค้นพบความบกพร่องของการทำงานได้ แต่การปรับใช้เทคนิคที่ดีกว่าเป็นเรื่องที่ทำได้ยากเพราะติดขัดด้านความรู้ความสามารถของพนักงาน หรือติดขัด

ด้านความเข้าใจในส่วนของการออกแบบกระบวนวิธีการทำงาน หรือไม่อาจจะทราบถึงผลกระทบของการใช้เทคนิควิธีการทางานแบบใหม่ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการใช้วิธีการใหม่ขึ้นเป็นการไม่แน่ใจในความเป็นไปได้ทางเทคนิคในการศึกษาวิธีการทำงานจึงต้องเลือกศึกษางานที่ไม่มีความขัดข้องทางเทคนิคก่อน

3.1 การพิจารณาด้านปฏิกิริยาแรงงาน

การพิจารณาเลือกงานโดยอาศัยประสบการณ์ปฏิกิริยาแรงงาน คือ การพิจารณาผลกระทบของแรงงานเนื่องจากความสำเร็จในการศึกษาวิธีการทำงานจะขึ้นอยู่กับส่วนของแรงงานเป็นหลักถ้าคนงานไม่ยอมร่วมมือในกระบวนการปรับปรุงวิธีการทำงานเราจะเสียเวลาในการศึกษาวิธีการทำงานโดยไม่ได้อะไร งานที่จะเลือกศึกษานอกจากความคุ้ม ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค จึงจำเป็นต้องพิจารณาด้านผลกระทบทั้งด้านแรงงานและด้านอื่นๆผลกระทบด้านแรงงาน ส่วนใหญ่จะเกิดจากปัญหาของคนงานดังต่อไปนี้

1. ทัศนคติ (Attitude)
2. ผลประโยชน์ (Benefits)
3. ความเข้าใจ (Understanding)
4. กิจกรรมสัมพันธ์ร่วม (Intercreative Activity)

โดยปกติคนทั่ว ๆ ไป จะมีทัศนคติที่ไม่ดีต่อการเปลี่ยนแปลง และมักจะมีปฏิกิริยาต่อต้านเพราะทุกคนมักจะคิดว่า วิธีการทำงานของตนเองดีที่สุด ดีกว่าของคนอื่น คือวิธีการที่ทำในปัจจุบันก็ดีอยู่แล้ว ถ้าไม่สามารถปรับทัศนคติของคนงานให้ใจกว้างขึ้น ยอมรับการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น โอกาสในการพัฒนาวิธีการใหม่จะเป็นเรื่องที่ทำได้ยากมาก ในการศึกษาการทำงานสิ่งที่น่ากลัวที่สุดคือ คนงานมีทัศนคติว่าเมื่อปรับปรุงแล้ว เขาจะมีโอกาสตกงานหรือเกิดความยุ่งยากในการทำงานมากขึ้น

งานบางประเภทถ้าศึกษาให้ลึกๆ จะพบว่า คนงานมีส่วนได้ผลประโยชน์ทางใดทางหนึ่งจากกระบวนการวิธีการทางานที่เป็นอยู่ ถ้าเราไม่เข้าใจและทำการศึกษาวิธีการทางานซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อผลประโยชน์ของคนงาน จะทาให้เกิดปฏิกิริยาต่อต้านและไม่ร่วมมือได้ผลต่อเนื่องจากปัญหาทัศนคติของคนงาน คือ ความรู้ความเข้าใจของคนงานต่อกิจกรรมการศึกษาวิธีการทำงาน ความเข้าใจผิดไม่ว่าจะเกิดจากการให้ข้อมูลของคนงานเองหรือการไม่ได้ให้ข้อมูลที่ถูกต้องตรงตามเวลาที่เหมาะสม จะมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาต่อต้านซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นตามทัศนคติเดิมอยู่แล้ว กิจกรรมที่จะศึกษาวิธีการทำงานอาจจะเป็นกิจกรรมที่มีผลกระทบกับกิจกรรมอื่นๆ เช่นงานหนึ่งง่ายขึ้น งานที่เกี่ยวเนื่องกันจะยากขึ้นด้วย หรือถ้าไม่เกิดกรณีเช่นนี้ คนงานจะเกิดความรู้สึกว่า เมื่อปรับปรุงงานของคนอื่นจะเกิดผลกระทบต่องานของตนเอง จะเกิดกระบวนการสร้างแนวร่วม

ในการต่อต้าน กลายเป็นปฏิกิริยาแรงงานที่เป็นอุปสรรคต่อการศึกษาวิธีการทำงาน การพิจารณากิจกรรมความสัมพันธ์ของงานร่วมกันก่อนการเลือกงานการศึกษาวิธีการทำงาน จะเป็นอีกส่วนหนึ่งที่จะลดปฏิกิริยาแรงงานได้

4.1 การพิจารณาด้านผลกระทบอื่นๆ

ผลกระทบอื่นๆ นอกจากด้านแรงงาน ด้านเศรษฐกิจ ด้านเทคโนโลยีแล้วยังประกอบด้วยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย งานที่เลือกศึกษาวิธีการทำงานเมื่อเกิดการพัฒนางานจะส่งผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมหรือความปลอดภัย จะเข้าทำนองแก้ปัญหาหนึ่งจะเกิดปัญหาอีกแบบหนึ่ง การใช้สารเคมีเข้ามามีส่วนในการพัฒนาวิธีการทำงาน ในลักษณะการขจัดความสกปรก ลดความเสียหายจากการบวนการผลิตบางส่วน เช่น กระบวนการการขัดล้างชิ้นงานอัญมณีประเภทแหวนเพชร สร้อยเพชร กาไรพลอย ฯลฯ เดิมใช้ความร้อนในการชุบล้าง แล้วจะต้องมีกระบวนการขัดเพิ่มเติม ถ้าจะเปลี่ยนวิธีการทำงานโดยการใช้สารไซยาไนต์มาแทนการขัดล้าง จะลดงานด้านการขัดลงไปได้ แต่อาจจะมีผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย

**2.5.1.2 การเก็บข้อมูลวิธีการทำงาน**

เพื่อจะสามารถวิเคราะห์และปรับปรุงวิธีการทำงาน เราจาเป็นต้องทำการเก็บข้อมูลวิธีการทำงานของงานที่เราเลือกที่จะศึกษาวิธีการทำงานแล้ว การบันทึกข้อมูลวิธีการทำงานให้ถูกต้องแม่นยาครบถ้วนตามความเป็นจริงเท่านั้น จึงจะเกิดประโยชน์ในการวิเคราะห์และพัฒนาวิธีการทำงานที่ดีขึ้นได้ การบันทึกข้อมูลที่ไม่ถูกต้องครบถ้วนจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการทำงานที่เป็นอยู่ แนวคิดในการพัฒนาปรับปรุงวิธีการทำงานซึ่งจะใช้ได้ผลตามความเข้าใจจากข้อมูลที่ได้ แต่อาจจะไม่ได้ผลในการปรับปรุงวิธีการทางานที่กำลังศึกษาอยู่ มีผลกระทบทำให้เกิดความเข้าใจว่าการศึกษาวิธีการทำงานใช้งานไม่ได้ เป็นการเสียเวลาโดยไม่เกิดผลงานที่เป็นรูปธรรม การเก็บข้อมูลโดยวิธีการบันทึกวิธีการทำงาน จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการของการศึกษาวิธีการทำงาน

1.เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกวิธีการทำงาน

มีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกวิธีการทำงานอย่างต่อเนื่อง ในยุคแรกของการศึกษาการเคลื่อนที่ มีการใช้กล้องถ่ายรูปและใช้เทคนิคถ่ายภาพหรือให้สามารถเก็บข้อมูลด้านทิศทางการเคลื่อนไหวโดยได้ภาพถ่ายประเภท Cyclegraph และพัฒนาให้เก็บข้อมูลความเร็วของการเคลื่อนไหวโดยได้ภาพ Chonocyclegraph ต่อมาเมื่อเทคโนโลยีก้าวหน้าขึ้น ก็มีการใช้กล้องถ่ายภาพยนตร์เข้ามาถ่ายเก็บภาพวิธีการทำงานโดยมีการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ฟิล์ม (Film Analysis) ปัจจุบันเราใช้กล้องถ่ายวีดิทัศน์มาถ่ายบันทึกภาพวิธีการทำงาน ซึ่งมีประโยชน์มากกว่าเพราะ

สามารถดูภาพบันทึกได้บ่อยครั้งเท่าที่จะต้องการดู ซึ่งเป็นเรื่องง่ายและสะดวกกว่าการใช้กล้องถ่ายภาพยนตร์ อย่างไรก็ตาม เราจะพบว่า นอกจากจะใช้เครื่องมือที่เกี่ยวเนื่องกับเทคโนโลยีในการบันทึกข้อมูลวิธีการทำงาน เครื่องมือที่เรียบง่ายและใช้งานได้ดีมาตลอดไม่ว่าในอดีตและอนาคตก็คือ กระดาษและเครื่องเขียน จะเป็นปากกาหรือดินสอก็ได้ การบันทึกรายละเอียดเชิงบรรยายเหมือนเขียน นวนิยายให้อ่านเป็นสิ่งที่ทาได้ ถึงแม้ว่าจะเป็นการง่ายในการบันทึก แต่อาจจะเป็นการยุ่งยากและใช้เวลาในการบันทึกการอ่านตรวจตราข้อมูลมาก ถ้าความเข้าใจและสรุปข้อมูลได้ยากซึ่งมีการพัฒนาวิธีการบันทึกเป็นลักษณะย่อโดยอาศัยสัญลักษณ์มาช่วยในการบันทึก จึงมีการพัฒนาเครื่องมือในการบันทึกโดยการใช้แบบฟอร์มมาตรฐาน ซึ่งจะอยู่ในรูปของกระดาษและเครื่องเขียน ข้อมูลที่บันทึกมาได้จะถูกแยกประเภทตามสัญลักษณ์ที่ใช้แทนกิจกรรม จึงง่ายต่อการพิจารณาตรวจตราและวิเคราะห์ รวมไปถึงการพัฒนาปรับปรุงกระบวนวิธีการทางานให้ดีขึ้นแบบฟอร์มมาตรฐานต่างๆ เหล่านี้จะอยู่ในรูปแบบแผนภูมิและไดอะแกรมต่างๆ

2.สัญลักษณ์ที่ใช้ในการบันทึกวิธีการทางาน

สัญลักษณ์ที่เป็นสากลซึ่งใช้ในการบันทึกวิธีการทำงานมีใช้อยู่ 5 ลักษณะ ดังภาพที่ 2.19 สัญลักษณ์เหล่านี้จะใช้ในการย่อการบันทึกวิธีการทำงานแบบเดียวกับการใช้วิธีจด ชวเลขซึ่งมีความยุ่งยากกว่า เพราะมีรหัสที่ต้องบันทึกและต้องถอดรหัสได้อย่างถูกต้อง ในการบันทึกการทำงานโดยการใช้สัญลักษณ์ ถ้าเราไม่มีแบบฟอร์มตามมาตรฐาน การใช้กระดาษเปล่าก็สามารถทำได้โดยไม่ยาก เพียงแต่จะต้องใช้สัญลักษณ์ได้คล่องและรวดเร็ว ในการแยกประเภทของงานที่บันทึกด้วยสัญลักษณ์ให้ได้ ดังรูปที่

| สัญญาลักษณ์ | ความหมาย |
|---|---|
| | กิจกรรมการปฏิบัติงาน |
| | กิจกรรมการเคลื่อนย้าย |
| | กิจกรรมการตรวจสอบ |
| | การรอหรือการเก็บพักชั่วคราว |
| | การหยุดหรือการเก็บถาวร |

รูปที่ 2.19 สัญลักษณ์ที่ใช้บันทึกขั้นตอนการทำงาน

ในการใช้สัญลักษณ์ทั้ง 5 เราจะพบว่ามีประโยชน์ใช้แบ่งแยกประเภทเวลาทางานไปด้วยเช่น เราจะพบว่ากิจกรรมด้านการตรวจสอบซึ่งเราใช้สัญลักษณ์  และกิจกรรมด้านการขนย้าย หรือใช้สัญลักษณ์ กิจกรรมทั้งสองมักจะเป็นงานที่จัดเป็นประเภทงานที่เป็นเวลาส่วนเกิน ซึ่งความหมายว่าขจัดทิ้งได้ถ้าเราสามารถหาระบบมาทดแทนกระบวนการตรวจสอบและการขนย้าย ส่วนกิจกรรมด้านการรอหรือเก็บพักชั่วคราวซึ่งใช้สัญลักษณ์ (ย่อมาจากDelay) และกิจกรรมด้านการหยุดหรือการเก็บถาวรซึ่งใช้สัญลักษณ์ กิจกรรมทั้งสองนี้ถือเป็นเวลาไร้ประสิทธิภาพ การบันทึกด้วยสัญลักษณ์จึงทาให้เรารู้ได้ว่ามีกิจกรรมในขั้นตอนวิธีการทางานที่กาลังศึกษาเป็นกิจกรรมที่เป็นเวลาไร้ประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด การใช้สัญลักษณ์ในการบันทึกจึงมีประโยชน์อย่างมากในขั้นตอนการตรวจตราพิจารณาวิเคราะห์และปรับปรุงวิธีการทางานนอกจากนี้สัญลักษณ์ต่างๆ เหล่านี้เป็นสัญลักษณ์สากลซึ่งเป็นที่คุ้นเคยเรียนรู้ง่าย ทาให้การบันทึกต่างๆ ที่เกิดขึ้นสามารถอ่านเข้าใจง่ายและเป็นสากล ทุกๆ คนที่เคยผ่านการเข้าใจสัญลักษณ์ทั้ง 5เพียงครั้งเดียวจะสามารถเข้าใจและอ่านข้อมูลการบันทึกวิธีการทางานได้เหมือนกันหมด

3.การบันทึกวิธีการทำงาน

ในการบันทึกวิธีการทำงานโดยการใช้กล้องถ่ายวีดิทัศน์ ถ้าไม่สามารถบันทึกข้อมูลวิธีการทำงานตามขั้นตอนที่ถูกต้อง ข้อมูลที่นำเสนอในการพิจารณาตรวจตราวิเคราะห์จะถูกเบี่ยงเบนไป ดังนั้นในการบันทึกจึงต้องมีขั้นตอนการบันทึกที่เก็บรายละเอียดข้อมูลได้ชัดเจนเพียงพอ อย่างไรก็ตามถ้าจะสามารถวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้นจะต้องทำการบันทึกใหม่โดยการใช้สัญลักษณ์บันทึกเป็นแผนภูมิกระบวนการผลิตเพื่อใช้ในการพิจารณาวิเคราะห์และกำหนดเป็นมาตรฐานกระบวนวิธีการทำงานในระบบเอกสารควบคู่กับวิธีการมาตรฐานที่บันทึกในภาพวีดิทัศน์การบันทึกวิธีการทำงานโดยการใช้สัญลักษณ์จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาขั้นตอนวิธีการทำงานให้เข้าใจอย่างถ่องแท้
2. กำหนดจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของงานให้แน่ชัด
3. เริ่มบันทึกตั้งแต่จุดเริ่มต้น โดยการใช้สัญลักษณ์สาหรับทีละขั้นตอนของงานจนถึงจุดสุดท้าย
4. กำหนดข้อความบรรยายกิจกรรมตามสัญลักษณ์ที่บันทึกมา
5. ตรวจสอบข้อมูลที่บันทึกกับขั้นตอนการทำงานจริง
6. ให้บุคคลที่สามอ่านข้อมูลการบันทึก เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของข้อมูลที่บันทึก
7. บันทึกรายละเอียดอื่นๆ ให้ครบถ้วน

การศึกษาขั้นตอนวิธีการทำงานให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ คือการใช้เวลาคลุกอยู่กับงานที่จะศึกษานานพอสมควรจนพอจะเข้าใจกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของงานจนสามารถจินตนาการแบ่งแยกย่อยกิจกรรมแต่ละขั้นตอนว่าทำอะไรได้โดยไม่ยาก ถ้าทำได้ดังนี้จะพบว่าการบันทึกการทำงานได้โดย

ไม่ยากสิ่งสำคัญที่ผู้ศึกษาการทำงานมักจะละเลยคือ การกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของงานที่จะบันทึกให้แน่ชัด งานที่จะบันทึกส่วนใหญ่ถ้าเข้าเกณฑ์การเลือกงานจะเป็นงานที่มีการดำเนินงานซ้ำอยู่ตลอดเวลา จึงมีการเริ่มต้นและสิ้นสุดของงานเหมือนกัน ถ้าจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดชัดเจน เราจะสามารถตรวจสอบข้อมูลการบันทึกได้โดยไม่ยาก การบันทึกโดยใช้สัญลักษณ์อย่างเดียว โดยเริ่มทำการบันทึกจากจุดเริ่มต้นด้วยการพิจารณาแยกประเภทของแต่ละขั้นตอนของงานด้วยสัญลักษณ์บันทึกทีละขั้นตอนจนครบทุกขั้นตอนถึงขั้นตอนสุดท้าย โดยไม่ต้องมีการกำหนดคาบรรยายใดๆ ในขั้นตอนนี้ถ้าเป็นกระดาษที่ไม่ใช่แบบฟอร์มมาตรฐาน จะใช้วิธีการเขียนสัญลักษณ์ตามลักษณะงานที่บันทึกจากบนลงล่าง โดยมีด้านข้างว่างไว้สาหรับขั้นตอนการบันทึกคาบรรยายของลักษณะงานเป็นหน้าที่ของผู้บันทึกวิธีการทำงานที่จะต้องนาข้อมูลการบันทึกโดยสัญลักษณ์อย่างเดียวมาให้คำบรรยายอธิบายสัญลักษณ์ต่างๆ ที่บันทึกมาได้ ส่วนใหญ่งานนี้จะต้องทาในสำนักงานเพื่อจะได้มีเวลาใช้จินตนาการบรรยายข้อมูลสัญลักษณ์ให้ตรงกับกิจกรรมหน้างาน ทำให้ผู้บันทึกเกิดความมั่นใจในข้อมูลที่บันทึกมา ในกรณีที่ไม่สามารถให้คาบรรยายหรือไม่แน่ใจในการให้คาบรรยาย ก็แสดงว่าการบันทึกยังมีส่วนที่บกพร่อง ทำให้อาจต้องกลับไปทำการบันทึกข้อมูลมาใหม่และดาเนินการให้คาบรรยายจนเกิดความมั่นใจต่อข้อมูลที่บันทึกมาการตรวจสอบข้อมูลที่บันทึกเป็นสัญลักษณ์พร้อมกับการให้คาบรรยายลักษณะงานทำได้โดยการนำข้อมูลไปตรวจสอบกับกระบวนวิธีการทำงานที่หน้างาน เพื่อปรับแต่งข้อมูลให้ตรงตามความเป็นจริงให้มากที่สุด ขั้นตอนนี้จะทำให้เกิดความมั่นใจในระดับหนึ่งว่ารายการบันทึกงานมีความถูกต้องแม่นยำตามความเป็นจริงเพื่อให้เกิดความมั่นใจยิ่งขึ้นว่า ผลงานการบันทึกจะสามารถใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาตรวจตราวิเคราะห์ได้ ซึ่งงานในส่วนนี้ไม่จาเป็นว่า ผู้บันทึกงานจะต้องเป็นผู้ทำ ส่วนใหญ่จะมีทีมงานการศึกษาการทำงานมาศึกษาข้อมูลที่บันทึกและดำเนินการตามขั้นตอนของการศึกษาวิธีการทำงานอื่นๆ ต่อไป ในการบันทึกจึงจำเป็นต้องให้บุคคลที่สาม ซึ่งไม่เข้าใจกระบวนการวิธีการของงานที่บันทึกได้อ่านข้อมูลกระบวนวิธีการทำงานและสามารถเข้าใจได้ถูกต้อง แสดงว่าการบันทึกข้อมูลนั้นเป็นผลงานที่ใช้ได้ ขั้นตอนสุดท้ายของการบันทึกก็คือ การเก็บข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิธีการทำงาน เพื่อประกอบการพิจารณาตรวจตราวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนวิธีการทำงาน เช่นข้อมูลระยะทางของการเดินทาง ข้อมูลเวลาของแต่ละกิจกรรม ข้อมูลประกอบสภาพแวดล้อมการทำงาน ฯลฯ

ถ้ามีการใช้แบบฟอร์มมาตรฐานในการบันทึกวิธีการทำงาน ผู้บันทึกจะใช้ขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น ต่างกันตรงขั้นตอนการบันทึกสัญลักษณ์นั้น เนื่องจากในแบบฟอร์มมาตรฐานจะมีสัญลักษณ์ทั้ง 5 ตัวเตรียมไว้ในแต่ละแถวของการบันทึกเพื่อสะดวกและง่ายในการบันทึกเพราะไม่ต้องเสียเวลาเขียนสัญลักษณ์ เพียงแต่ใส่เครื่องหมายลงไปที่สัญลักษณ์ที่เลือกในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรม บันทึกโดยการเลือกสัญลักษณ์แทนกิจกรรมตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดของงาจากนั้นก็

นำไปให้คาบรรยายเหมือนการบันทึกทั่วๆ ไปเครื่องมือวิเคราะห์การปฏิบัติงานที่สำคัญ ประกอบด้วย การวิเคราะห์กระบวนการ(Process analysis) การวิเคราะห์การปฏิบัติการ (Operations analysis) และการศึกษาการเคลื่อนไหวของผู้ปฏิบัติงานในระหว่างการปฏิบัติงาน (Motion study) ด้วยแผนผังกระบวนการและแผนผังการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกาย การวิเคราะห์งานด้วยเครื่องมือเหล่านี้ ช่วยให้ผู้วิเคราะห์สามารถรวบรวม และบันทึกข้อเท็จจริงเกี่ยวกับงานที่ศึกษาได้อย่างครบถ้วน เข้าใจในลักษณะ และธรรมชาติของกระบวนการ สามารถสังเกตเห็นความผิดปกติ ข้อบกพร่อง และความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ นอกจากนี้ ยังช่วยให้การค้นหาสาเหตุความผิดปกติ การแก้ไขปรับปรุงงาน หรือการออกแบบวิธีการทางานใหม่เป็นไปอย่างมีระบบมากขึ้น ผลของการวิเคราะห์ที่ได้ สามารถนาไปอ้างอิงเป็นความรู้พื้นฐานในการปรับปรุงกระบวนการต่อไปอย่างต่อเนื่อง ใช้เป็นข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ และประสิทธิผล ของการปฏิบัติงานตามกระบวนการเดิมและกระบวนการที่ได้ปรับปรุงโดยไม่เกิดความซ้ำซ้อน ใช้เป็นสื่อการสอนวิธีการปฏิบัติงานใหม่ตามแนวทางที่ได้ปรับปรุงให้แก่พนักงาน ใช้เป็นมาตรฐานประกอบการปฏิบัติงาน คู่มือวิธีปฏิบัติงานสาหรับพนักงานใหม่ และใช้เพื่อออกแบบการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการแผนผังกระบวนการ และแผนผังการเคลื่อนไหวที่ควรทราบ ได้แก่

- แผนผังกระบวนการไหลของปัจจัยการผลิต: วัสดุ คน หรือเครื่องมือเครื่องจักร (Resource-specific Flow Process Chart)
- แผนผังบริเวณปฏิบัติงาน (Flow Diagram)
- แผนผังการปฏิบัติงานระหว่างพนักงาน และเครื่องจักร (Man-Machine Chart)
- แผนผังการปฏิบัติงานของกลุ่มพนักงาน (Gang Process Chart)
- แผนผังแสดงการปฏิบัติงาน (Operation Chart)

อย่างไรก็ตาม เครื่องมือแต่ละชนิด เหมาะสำหรับการศึกษางานที่มีลักษณะแตกต่างกัน ผู้วิเคราะห์จึงควรเลือกใช้เครื่องมือเท่าที่จำเป็น โดยคำนึงถึงลักษณะงานที่ต้องการศึกษาและวัตถุประสงค์ของเครื่องมือแต่ละชนิด

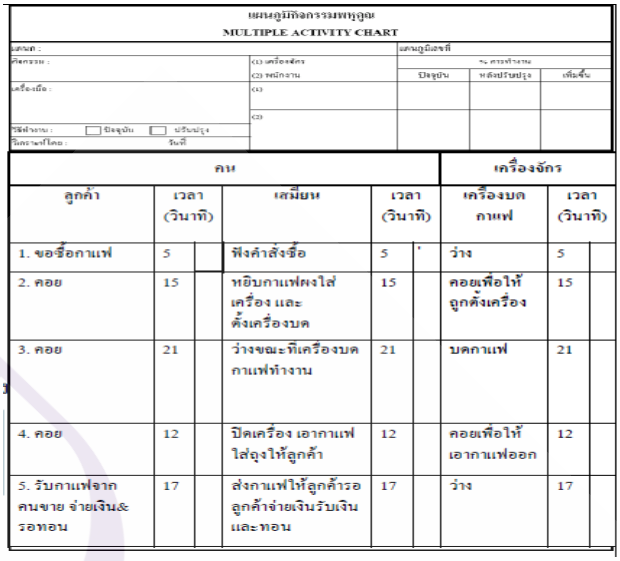
**2.6 แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart)**

แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart) (จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน,2556 ) ใช้แสดงความสัมพันธ์ของการทำงานของพนักงานหลายคนซึ่งต้องทำงานเกี่ยวข้องกันหรือคนงานหลายคนซึ่งทำงานร่วมกันในบริเวณเดียวกันหรือต้องใช้เครื่องจักรร่วมกันอาจเป็นการศึกษาการทำงานของพนักงานคนเดียว ซึ่งทำงานสัมพันธ์กับเครื่องจักรหรือต้องดูแลเครื่องจักรหลายเครื่องพร้อมกัน จุดมุ่งหมายในการวิเคราะห์ลงบนแผนภูมินี้ก็เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมที่ทำ ร่วมกันและแยกทำ เพื่อลดเวลาว่างงานขอพนักงานและเครื่องจักรหรือเพิ่ม ผลิตภาพในการทำงานการ วิเคราะห์แผนภูมิในลักษณะนี้อาจกระทำได้ใน 2 รูปแบบ คือ

1 วิเคราะห์โดยใช้แกนของเวลา: Man-Machine Chart

2. วิเคราะห์ในลักษณะของกิจกรรมที่ทำโดยใช้สัญลักษณ์ทั้ง 5 ตัว

ของการวิเคราะห์กระบวนการ: Gang Process Chart

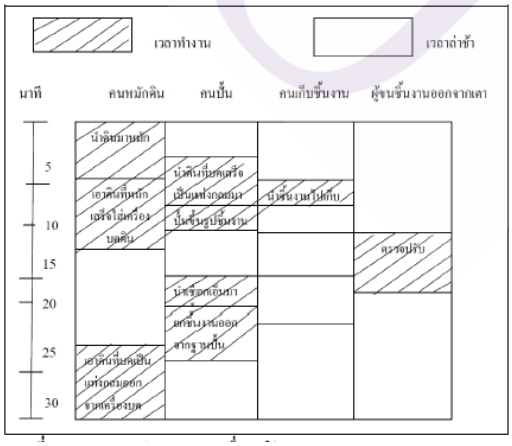


แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ
MULTIPLE ACTIVITY CHART

| คน | | | | เครื่องจักร | |
|---|---|---|---|---|---|
| ลูกค้า | เวลา (วินาที) | เสมียน | เวลา (วินาที) | เครื่องบดกาแฟ | เวลา (วินาที) |
| 1. ขอซื้อกาแฟ | 5 | ฟังคำสั่งซื้อ | 5 | ว่าง | 5 |
| 2. คอย | 15 | หยิบกาแฟผงใส่เครื่อง และตั้งเครื่องบด | 15 | คอยเพื่อให้ถูกตั้งเครื่อง | 15 |
| 3. คอย | 21 | ว่างขณะที่เครื่องบดกาแฟทำงาน | 21 | บดกาแฟ | 21 |
| 4. คอย | 12 | ปิดเครื่อง เอากาแฟใส่ถุงให้ลูกค้า | 12 | คอยเพื่อให้เอากาแฟออก | 12 |
| 5. รับกาแฟจากคนขาย จ่ายเงิน& รอทอน | 17 | ส่งกาแฟให้ลูกค้ารอลูกค้าจ่ายเงินรับเงินและทอน | 17 | ว่าง | 17 |

**ภาพที่ 2.20** แผนภูมิแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart)

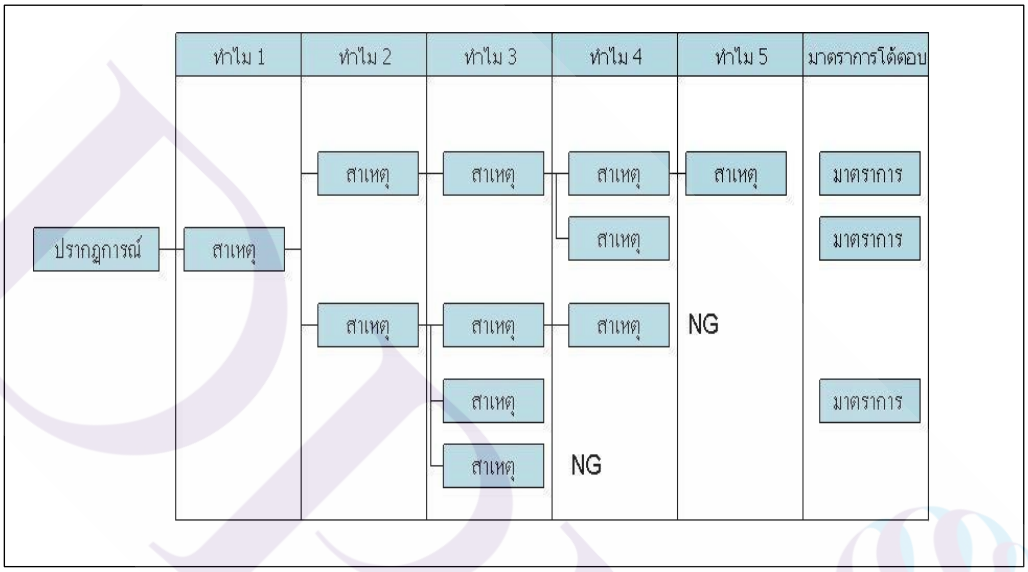
2.6.1 แผนภูมิคน-เครื่องจักร (Man-Machine Chart) (จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน, 2556) แผนภูมิคน-เครื่องจักรแสดงถึงความสัมพันธ์ของการทำงานของคนและเครื่องจักรในหนึ่งรอบการทำงาน (Cycle Time) ข้อมูลที่ได้จากแผนภูมิคนและเครื่องจักรสามารถนำมาตัดสินใจในการจัดการและมอบหมายปริมาณงานที่เหมาะสมให้แก่คนงานเพื่อลดเวลาว่างของทั้งคนและเครื่องจักรทำให้สมดุลในวงจรการทำงานดีขึ้น และประสิทธิภาพการทำงานของคน และเครื่องจักรเพิ่มขึ้น




**ภาพที่ 2.21** แผนภูมิคน – เครื่องจักร (Man–Machine Chart)

**2.7 เทคนิคการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ Why-Why Analysis**

การวิเคราะห์ Why Why Analysis จะเป็นการวิเคราะห์ หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา โดยหากเราสามารถค้นพบสาเหตุรากเหง้าและกำจัดได้แล้ว ปัญหาเดิมจะไม่เกิดซ้ำ หากปัญหาเดิมเกิดซ้ำ แสดงว่าการวิเคราะห์ของเรานั้นมาผิดทาง หรือ อาจมีบางสาเหตุตกหล่นไป อาจจะต้องมาทาการวิเคราะห์ใหม่ โครงสร้างการเขียน Why Why Analysis จะมีโครงสร้างเหมือนกัน คือ ซ้ายสุดจะเป็นปรากฏการณ์ หรือ ส่วนแสดงปัญหาที่จะแก้ไข จากนั้นจะเริ่มถาม “ทำไม” ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะพบสาเหตุรากเหง้าของปัญหา จากนั้น จะเป็นการหา มาตรการโต้ตอบ เพื่อแก้ไข ปัญหา โดยรูปแบบการเขียนจะเป็นลักษณะดังภาพที่ 2.20




**ภาพที่ 2.22** แผนภูมิอธิบายวิธีการคิดแบบ Why-Why analysi

ฮิโตชิ โอกุระ, 2540 ได้นิยามว่า Why Why Analysis ถือเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้กันมากตัวหนึ่งในการหาต้นตอของปัญหา (Root Cause) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุของปรากฏการณ์ หรือปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอน ไม่มีการตกหล่นและที่สำคัญคือเพื่อนำไปสู่การแก้ไข และป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำขึ้นอีก โดยจุดประสงค์ในการวิเคราะห์ Why – Why มีดังนี้

1. เพื่อให้พนักงานทุกคนที่ทำงานในหน่วยการผลิตมีความชำนาญและสามารถคิดหรือวิเคราะห์ในเชิงทฤษฎีได้

2. สามารถปรับปรุงแก้ไขได้

3. เพื่อให้มีความรู้และความเข้าใจถึงโครงสร้างและการทำงานของเครื่องจักร

4. ทำให้พนักงานได้ทราบถึง การวิเคราะห์และหาต้นตอของความผิดปกติของเครื่องจักรหรือการทำงานด้วยการวิเคราะห์อย่างถูกต้อง

5. เพื่อให้เกิดแนวคิดที่จะหามาตรการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นซ้ำอีก

6. ทำให้ทุกคนสามารถทราบสาเหตุของปัญหาร่วมกัน

**2.8 ประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และอัตราผลิตภาพ**

2.8.1 ประสิทธิภาพ (Efficiency) (วันชัย ริจิรวนิช, 2543, 20)

ประสิทธิภาพทางวิศวกรรม หมายถึง ค่าอัตราส่วนของผลงานที่ได้ต่อหน่วยหรือของงานที่ใช้ไป ความสำเร็จในงานวิศวกรรมสามารถวัดประสิทธิภาพได้จากผลงานการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต หรือโครงงานวิศวกรรมนั้น ที่มีอยู่เดิมหรือว่าจะเป็นผลงานด้านวิศวกรรม เราสามารถวิเคราะห์โครงงานด้านวิศวกรรมเพื่อกำหนดคุณค่าหรือผลได้ รวมถึงการตัดสินใจในลักษณะต่างๆ ที่เพื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่ต้องลงทุนไปเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์นั้นๆ ในที่นี้กล่าวถึงเฉพาะการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ เป็นการเปรียบเทียบอัตราส่วนของชนิดกิจกรรมหรือส่วนต่างที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุง สามารถทราบประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้จากสมการที่ 2

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{การปรับปรุง} - \text{ก่อนการปรับปรุง}}{\text{ก่อนการปรับปรุง}} \text{ x100} \qquad (2.1)$$

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \text{X100}$$

ประสิทธิภาพ ประกอบไปด้วย

1. ประหยัดต้นทุน
2. ประหยัดทรัพยากร
3. ประหยัดเวลา
4. เสร็จทันกำหนด
5. ผลผลิตที่ได้ทีคุณภาพ

2.8.2 ประสิทธิผล (Effectiveness) (วันชัย ริจิรวนิช,2543, 20)

ประสิทธิผล (Effectiveness) เป็นศาสตร์ของความเข้าใจในเชิงต้นทุน ในทางวิศวกรรมมักเข้าใจในเชิงประสิทธิภาพ ทำให้เกิดความขัดแย้งในแนวความคิดเสมอต่อเมื่อความเข้าใจด้านประสิทธิผลมุ้งเน้นผลประโยชน์สูงสุดในการบรรลุเป้าหมายเป็นที่ยอมรับของทั้งสองหน่วยงานการดำเนินงานเพื่อให้เกิดประสิทธิผลจึงไม่จำเป็นต้องเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ผลงานที่มีประสิทธิภาพสูงอาจจะมีประสิทธิผลต่ำเพราะประสิทธิภาพมุ้งเน้นเรื่องการให้ผลงานโดยมีความสูญเสียของทรัพยากรที่ใช้ต่ำแต่ประสิทธิผลมุ้งเน้นผลประโยชน์ที่ได้จากผลิตตามเป้าหมายโดยที่ประสิทธิภาพอาจต่ำก็ได้

ประสิทธิผล ประกอบไปด้วย

1. ผลเป็นไปตามที่คาดมุ่งหวัง
2. ผลเป็นไปตามวัตถุประสงค์
3. ผลเป็นไปตามเป้าหมาย
   - ทั้งด้านเป้าหมายเชิงปริมาณ
   - และเป้าหมายเชิงคุณภาพ

2.8.3 การเพิ่มผลิตภาพ (Productivity) (วันชัย ริจิรวนิช, 2543, 20)

การเพิ่มผลิตภาพ (Productivity) เป็นคาที่มีความหมายตามสูตร ที่ใช้เช่นเดี่ยวกับคำว่าประสิทธิภาพ กล่าวคือ ผลิตภาพ เป็นดัชนีแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อทรัพยากรที่ใช้ในการก่อให้เกิดผลผลิตนั้นหรือในเทอมเดียวกันเป็นสูตร

$$\text{Productivity} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \qquad (2.2)$$

ถึงแม้จะใช้สูตรเขียนแบบเดียวกัน แต่ความหมายของผลิตภาพนั้นมีความสัมพันธ์ของผลผลิตต่อทรัพยากรที่ใช้ต่างๆกัน โดยมีการคำนวณค่าเชิงเศรษฐกิจทั้งผลผลิต และทรัพยากรที่ใช้จึงวัดออกมาได้เป็นเปอร์เซ็นต์ แต่จะวัดออกมาเป็นตัวเลข โดยไม่จำเป็นต้องน้อยกว่าหนึ่ง และโดยหลักการที่ถูกต้องแล้วจะต้องมากกว่าหนึ่งเสมอ

**2.9 ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period)**

ในการวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกลงทุนนอกจากจะพิจารณาจุดคุ้มทุนแล้ว บางครั้งยังต้องการทราบว่าจะคืนทุนด้วยระยะเวลาเท่าไร การคำนวณหาจะต้องแปลงมูลค่าของเงินเป็นมูลค่าปัจจุบันรายปีก็ได้ ปีที่ทำให้รายจ่ายเท่ากับรายรับนั่นคือระยะเวลาการจ่ายคืนทุน

วิธีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method) วิธีระยะเวลาคืนทุน เป็นการหาระยะเวลาที่ทำให้ผลประโยชน์ที่ได้คุ้มกับเงินลงทุน มีหน่วยเป็นเวลา เช่น เดือน หรือ ปี เป็นต้น โดยคิดอัตราผลตอบแทนเป็นศูนย์

กรณีกระแสเงินสดสุทธิเท่ากันทุกปี

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{กระแสเงินสดจ่ายลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดสุทธิรายปี}} \qquad (2.3)$$

**2.10 หลักการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม**

การทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ ระบบทางกลของหุ่นยนต์ และระบบควบคุมหุ่นยนต์ ระบบทางกล หมายถึง ส่วนที่เป็นโครงสร้าง และส่วนที่ให้กำลังขับเคลื่อนหุ่นยนต์ ส่วน ระบบควบคุม ประกอบด้วย ระบบบังคับการทำงานหุ่นยนต์ ระบบป้อนข้อมูลกลับ ตลอดจนการสอนหุ่นยนต์ให้ทำงานตามชุดคำสั่ง

**ภาพที่ 2.23** แสดงหลักการทำงานของหุ่นยนต์อุสาหกรรม

แหล่งที่มา http://kanchanapisek.or.th (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 11)

2.10.1ระบบทางกลของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

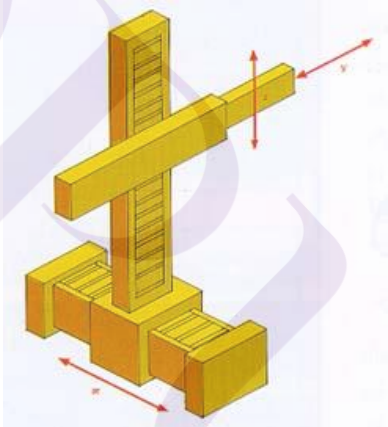
ระบบทางกลของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่สำคัญมี 3 ประการ คือ ลักษณะโครงสร้างของหุ่นยนต์ อุปกรณ์ให้กำลังขับเคลื่อนหุ่นยนต์ และมือหุ่นยนต์

2.10.2 ลักษณะโครงสร้างของหุ่นยนต์

เนื่องจากหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้รับการออกแบบสร้างขึ้นมา เพื่อทำหน้าที่แทนคน ดังนั้นลักษณะการออกแบบจึงมักจะเป็นส่วนบนของลำตัวมนุษย์ ประกอบด้วยหัวไหล่ แขน และมือ โดยปกติแล้ว มักออกแบบเป็นแขนเดียว ในบางแบบได้ออกแบบให้แขนเคลื่อนที่อยู่บนทางเลื่อนได้ อาจจำแนกโครงสร้างของหุ่นยนต์ได้ 4 แบบ คือ

1. โครงสร้างคาร์ทีเซียน หรือฉาก (cartesian or rectangular) เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่วางไว้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน 3 ส่วน ซึ่งทำให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ต้องการได้

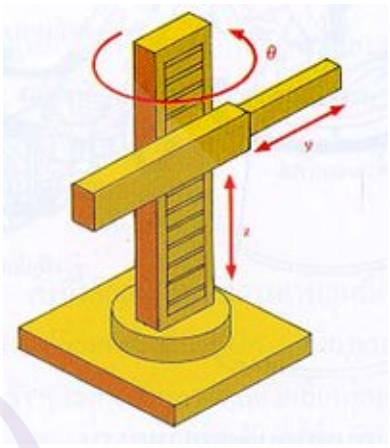
โครงสร้างคาร์ทีเซียนหรือโครงสร้างฉาก การเคลื่อนที่ของแกนการทำงานทั้งสามแกน จะตั้งฉากกัน ให้เห็นถึงหุ่นยนต์ระบบลมในงานเจาะ



**ภาพที่ 2.24** แสดงโครงสร้างแบบคาร์ทีเซียน หรือฉาก

**แหล่งที่มา** http://kanchanapisek.or.th (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 11)

2. โครงสร้างทรงกระบอก (cylindrical) มีแขนเกาะกับแกนกลาง ซึ่งเป็นหลัก แขนนั้นสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงหมุนรอบแกน และสามารถบิดและหดได้ โครงสร้างทรงกระบอก ซึ่งสามารถหมุนแขนได้รอบตัว แขนสามารถยืดและหดได้ตามแนวแกนเสาที่รองรับ แขนสามารถขึ้นลงได้ตามระดับความต้องการ

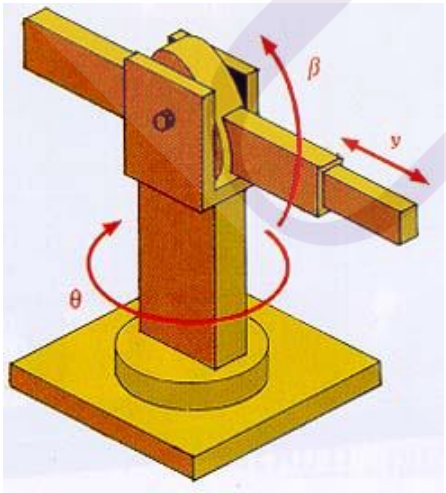



**ภาพที่ 2.25** แสดงโครงสร้างแบบทรงกระบอก

**แหล่งที่มา** **http://kanchanapisek.or.th** (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 11)

3. โครงสร้างเชิงขั้ว (polar) มีลำตัวที่บิดได้ มีแขนที่หมุนและยืดหดได้

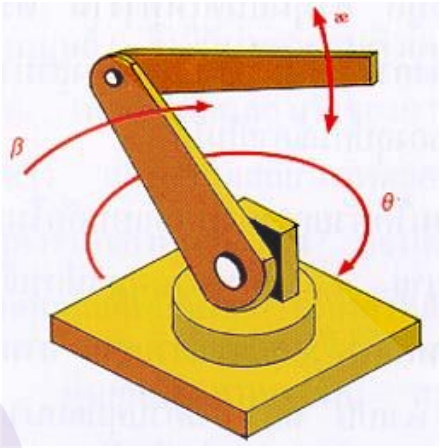
โครงสร้างเชิงขั้ว มีลำตัวที่บิดได้ มีแขนที่หมุนและยืดหดได้




**ภาพที่ 2.26** แสดงหลักโครงสร้างแบบเชิงขั้ว

แหล่งที่มา http://kanchanapisek.or.th (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 11)

4. โครงสร้างมนุษย์ (antropomorphic) เป็นโครงสร้างที่เลียนแบบโครงสร้างของมนุษย์ ในหุ่นยนต์อุตสาหกรรม มีลักษณะเป็นส่วนบนของลำตัวมนุษย์ ประกอบด้วยหัวไหล่ แขนท่อนบน แขนท่อนล่าง ข้อมือและมือครงสร้างมนุษย์ และลักษณะการเคลื่อนที่ด้วยระบบไฮดรอลิก และระบบเซอร์โวมอเตอร์กระแสตรง




**ภาพที่ 2.27** แสดงหลักโครงสร้างมนุษย์
แหล่งที่มา http://kanchanapisek.or.th (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 11)

2.10.3 อุปกรณ์ให้กำลังขับเคลื่อนของหุ่นยนต์

ในปัจจุบันมีอุปกรณ์ให้กำลังขับเคลื่อนหุ่นยนต์อยู่ ๓ ชนิด คือ มอเตอร์กระแสไฟตรง นิวแมทิก และไฮดรอลิก

2.10.3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์

มอเตอร์กระแสไฟตรง คือ อุปกรณ์ขับเคลื่อนหมุนรอบตัวเองได้ ด้วยพลังงานจากระแสไฟตรง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ได้สะดวก ง่ายต่อการควบคุม และตำแหน่งแม่นยำ มีกำลังขับเคลื่อน

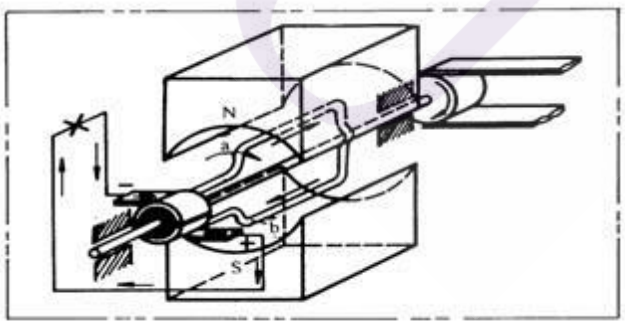
มอเตอร์คือเครื่องกลไฟฟ้า (Electromechanically Energy) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (Electric Energy) ให้เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) ในรูปของการหมุนเคลื่อนที่มีประโยชน์ในการนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ถูกนำไปร่วมใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องมือไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าประมาณ 80-90% ลักษณะมอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Energy) แสดงดังรูป

**ภาพที่ 2.28** มอเตอร์ AC

การทำงานของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง (DC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Source) เป็นมอเตอร์แบบเบื้องต้นที่ถูกผลิตมาใช้งาน และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Source) มอเตอร์ชนิดนี้ถูกพัฒนามาจากมอเตอร์ระแสตรง เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วย แม่เหล็กถาวร 2 ขั้ว วางอยู่ระหว่างขดลวดตัวนำ ขดลวดตัวนาจะได้รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงป้อนให้ในการทางาน ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก 2 ชุด มีขั้วแม่เหล็กเหมือนกันวางใกล้กันเกิดแรงผลักดันทาให้ขดลวดตัวนาหมุนเคลื่อนที่ได้การทางานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแสดงดังรูป




**ภาพที่ 2.29** การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์

2.10.3.2 ระบบนิวเมติกส์

นิวแมติก เป็นระบบที่ขับเคลื่อนทางตรง ทางโค้งหรือหมุนได้ ด้วยแรงอัดของลม เป็นอุปกรณ์ที่ราคาถูก และยุ่งยากน้อยที่สุด ปัญหาที่สำคัญอยู่ที่การควบคุมความเร็ว และตำแหน่ง ระบบการทำงานโดยใช้อากาศเป็นตัวส่งกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ทำงานของเครื่องจักร ระบบนี้จะใช้ในส่วนของชุดเกลี่ยผงปรุงรสปลาหมึกบริเวณที่พบสิ่งแปลกปลอมโดยการสั่งงานของโซลินอยด์วาล์ว และมีตัวเลคคูเรเตอร์ลมเป็นตัวปรับแรงดันลมจากโรงงานเพื่อจ่ายเข้ากับระบบและต่อเข้ากับชุดเกลี่ยผงปรุงรสปลาหมึกให้มีความแรงดันลมที่เหมาะสม

**ภาพที่ 2.30** ระบบนิวเมติกส์

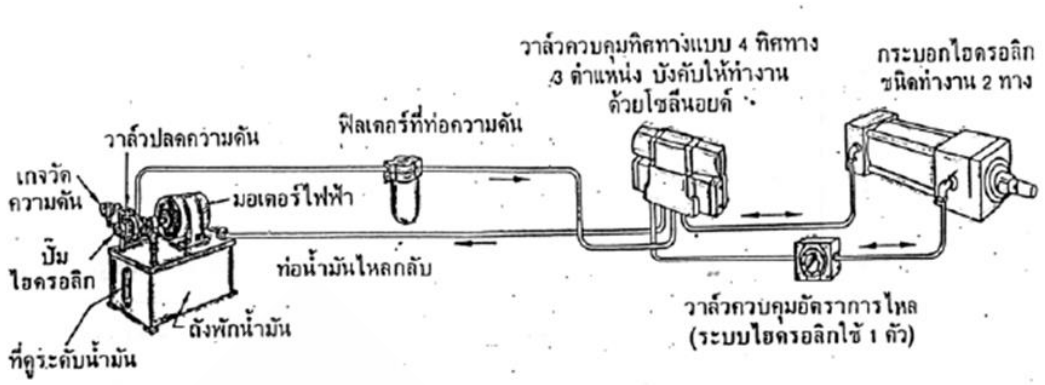
**ที่มา** http://www.taradplaza.com/

2.10.3.3 **ระบบไฮดรอลิค (Hydraulic)**

ไฮดรอลิก เป็นระบบที่ขับเคลื่อนด้วยแรงอัดของน้ำมัน เป็นอุปกรณ์ที่ราคาแพง ให้กำลังสูง มี อุปกรณ์อยู่หลายแบบ สามารถเลือกใช้เหมาะสมกับงานได้ เช่น การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง หรือแบบหมุน เป็นต้น ระบบการควบคุมมักใช้ไฟฟ้า แต่เนื่องจากใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าน้อย และใช้กำลังไฟฟ้าต่ำมาก จึงสามารถใช้หุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิกกับบริเวณที่วัตถุไวไฟได้

**ภาพที่ 2.31** ระบบไฮดรอลิค (Hydraulic)

**แหล่งที่มา** https://sites.google.com




**ภาพที่ 2.32** ภาพโครงสร้างการทำงานของระบบไฮดรอลิค (Hydraulic)
**แหล่งที่มา** https://sites.google.com

ใน พ.ศ. 2528 มีแนวโน้มที่จะนำมอเตอร์กระแสไฟตรง มาใช้เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนหุ่นยนต์อุตสาหกรรมมากขึ้น เนื่องจากได้มีการพัฒนามอเตอร์กระแสไฟตรง ให้ใช้กับหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้ดีขึ้นในด้านความเร็ว ความแม่นยำของการหยุด และการยกน้ำหนัก

**2.11 วิจัยที่เกี่ยวข้อง**

จักรพันธ์ สังข์แก้ว (2554) ศึกษาเกี่ยวกับ การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตแบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์ จากกรณีศึกษาข้อมูลของ บริษัทไทยสโตเรจแบตเตอรี่ จำกัด (มหาชน) ทำให้ทราบว่าเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตมีการใช้งานมาเป็นเวลานาน ทำให้เกิดปัญหา มีผลให้เครื่องจักรหยุดทำงานบ่อยๆ ทำให้เครื่องจักรขาดประสิทธิภาพในการทำงาน ทางผู้ศึกษาจึงได้มีการนำหลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน(Preventive Maintenance) มาใช้ในการบำรุงรักษาเครื่องจักรทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
จากการศึกษาในกระบวนการประกอบแบตเตอรี่ โดยใช้ เครื่องมือต่างๆ ของ 7 QC Tools ในกระบวนการผลิตโครงแผ่นธาตุ (Grid Expansion) และกระบวนการฉาบเนื้อแผ่นธาตุ (Pasting) ซึ่งเป็นขั้นตอนและส่วนประกอบหลักในการผลิต ซึ่งปัญหาหลักที่ทำให้เครื่องหยุดการผลิตเกิดจากกระบวนการผลิตในส่วนของ การรอเครื่องผสม (Mixing) ทำให้เกิดความล้าช้าในการผลิต

ซึ่งผู้วิจัยจึงได้เปรียบเทียบ อัตราการผลิต Performance Rate ก่อนและหลังการดำเนินการ โดยอัตราการผลิต Performance Rate เฉลี่ย ก่อนการ ปรับปรุง 77.65 % หลังการปรับปรุง เพิ่มเป็น 80.12 % เพิ่มขึ้น 2.47 %

พทธพนธ์ พิทักษ์ (2552:บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่องกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิต กรณีศึกษาอุตสาหกรรมล้างขวด เนื่องจากการศึกษากระบวนการผลิตของกรณีศึกษา ได้วิเคราะห์ถึงจำนวนขวดของกระบวนการซึ่งมีเพิ่มมากขึ้นทุกวัน ซึ่งในกระบวนการล้างขวดเพื่อนำมารีไซเคิลใหม่นั้น เครื่องจักรเดิม ยังมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีพอ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเมื่อยล้า และทำให้จำนวนของขวดที่ล้างเสร็จไม่เพียงพอต่อความต้องการมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องล้างขวดเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต ได้ศึกษากระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตกรณีศึกษา อุตสาหกรรมล้างขวด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตของโรงงานตัวอย่าง (อุตสาหกรรมล้างขวด) โดยวิธีการรับวัตถุดิบแยกผลิตภัณฑ์การล้างทำความสะอาด วิเคราะห์อัตราผลิตภาพ ต้นทุนการดำเนินงาน มีการกำหนดแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการทำงาน จากนั้นทำการทดลองปฏิบัติงานตามแนวทางที่นำเสนอ วิเคราะห์การทำงานก่อนและหลังปฏิบัติงาน ซึ่งผลการวิจัยพบว่าอัตราผลิตภาพรวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 36 อัตราผลิตภาพแรงงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 58.5 อัตราผลิตภาพวัตถุดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.38 อัตราผลิตภาพแรงงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.50 ซึ่งผลการวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ในโรงงาน เพื่อเพิ่มผลิตภาพโดยรวมได้

สุจินดา ศรัณย์ประชา ( 2557) ศึกษาการปรับปรุงกำลังการผลิตของสายการผลิตชิ้นส่วนเบาะที่นั่งรถยนต์ ด้วยแนวคิดของระบบการผลิตแบบโตโยต้า ผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรณีศึกษาเป็น ชิ้นส่วนเบาะที่นั่งรถยนต์ประกอบด้วย หมอนรองศีรษะด้านหน้า หมอนรองศีรษะด้านหลัง หมอนรองศีรษะตรง กลางด้านหลัง ที่วางแขน และเสาข้างเบาะหลัง ซึ่งการผลิตปัจจุบัน แบบเป็นงวด (Batch) ที่ทำให้เกิดปัญหาในการผลิตไม่เพียงพอต่อยอดสั่งซื้อที่เพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัว จึงนำแนวคิดของระบบการผลิตแบบโตโยต้ามาประยุกต์ใช้โดยปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตเป็นแบบการไหลทีละชิ้น

และได้การศึกษา วิเคราะห์และระบุความสูญเปล่า 7 ประการ ที่อาจมีในกระบวนการทำงาน จากนั้นได้จัดทำแผนภูมิพาเรโต เพื่อคัดเลือกกระบวนการทำงานที่เป็นปัญหามาปรับปรุงแล้วใช้ Why-Why Analysis การศึกษาการทำงานโดยใช้แผนภูมิคน – เครื่องจักร เป็นเครื่องมือหลักที่วิเคราะห์ปัญหาการทำงานด้วยหลักการ ECRS โดยใช้การจัดสมดุลของสายการผลิต เพื่อให้มีกำลังการผลิตเพียงพอต่ออัตราผลิตที่ต้องการและปรับเพิ่มชั่วโมงการผลิตเป็น 2 กะ ผลจากการปรับปรุงการใช้แรงงานในสายการผลิตที่ดีกว่าเดิมประมาณ 23% ทำให้ลดการใช้พนักงานลง 6 คน จากที่เคยวางแผนไว้ 26 คน และประหยัดการใช้พื้นที่ในกระบวนการผลิตลงเพื่อนำไปใช้ในการขยายสายการผลิตอื่นได้ 103ตารางเมตร คิดเป็น 22.85 % จากที่เคยต้องใช้ 452 ตารางเมตร 1,786

นันทวรรณ ทวีสิน(2553) ศึกษาวิธีการลดขั้นตอนการทำงานในกระบวนการถอดชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์เพื่อเพิ่มกำลังการถอดชิ้นส่วนด้วย IE Technique การดำเนินงาน ด้วยการปรับปรุงกระบวนการถอดชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ เป็นการดำเนินงานเพื่อเพิ่มกำลังการถอดชิ้นส่วนให้เพียงพอต่อปริมาณงานเสียที่ถูกส่งเข้ามายังแผนก Dis Assembly ด้วยการลดเวลาสูญเปล่า การจัดแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละตำแหน่งงานในสายการผลิตใหม่ โดยสามารถแจกแจงรายละเอียดได้ดังนี้ การปรับเปลี่ยนหน้าที่ในการระบุรายละเอียดของ HSA บน HSA Plate จากตำแหน่งถอด HSA/VCM Pivot Base Screw มาเป็นตำแหน่งอ่านประวัติงานโดยระบบ PC2000 ที่ยังคงมีกำลังการถอดชิ้นส่วนที่มากกว่า เพื่อเป็นการแบ่งเบาภาระหน้าที่ของพนักงานตำแหน่งเดิม ให้สามารถ 22.27 วินาที เป็น 20.67 วินาทีต่อหนึ่งชิ้นงาน และทำให้กำลังการถอดชิ้นส่วนเพิ่มขึ้นจาก 3,395 ชิ้น/วัน เป็น 3,657 ชิ้น/วัน การปรับลดเวลาสูญเปล่าด้วยการลดเวลารอคอยการปฏิบัติงานของพนักงานด้วยการศึกษาจากแผนภูมิคนกับเครื่องจักรที่ตำแหน่งถอด Ramp/Top clamp Screw ทาให้รอบการทำงานมาตรฐานลดลงจาก 22.13 วินาที เป็น 21.03 วินาทีต่อหนึ่งชิ้นงาน และทาให้กำลังการถอดชิ้นส่วนเพิ่มขึ้นจาก 3,417 ชิ้น เป็น 3,594 ชิ้น/วัน อีกทั้งยังช่วยให้กำลังการถอดชิ้นส่วนเพียงพอต่อปริมาณงานที่เข้ามาจานวน 14,000 ชิ้น/วันด้วย

# บทที่ 3
# วิธีการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยและข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่บริษัท กรณีศึกษาผลิตและจัดจำหน่าย ซึ่งผู้วิจัยได้นำเครื่องมือมาใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการของแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อนำสาเหตุดังกล่าวมาดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

**3.1 ประวัติความเป็นมาของบริษัท**

บริษัท เวิลด์พลาส จำกัด ( World Past Limited ) เป็นโรงงานผลิตภัณฑ์พลาสติก เช่น ถาดผลไม้ ถาดผักสด กล่องพับ กล่องขนม อุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ เครื่องเขียน เครื่องมือ เครื่องใช้ ฯลฯ เป็นผู้ผลิตและจำหน่าย บรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปพลาสติกตามรูปแบบแม่พิมพ์ (Plastic Vacuum & Forming Packaging ) ได้จดทะเบียนและก่อตั้งขึ้น วันที่ 7 เมษายน 2541 ด้วยทุนจดทะเบียน 10,000,000.00 บาท มีวัตถุประสงค์ เพื่อดำเนินการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปพลาสติกแบบสูญญากาศ

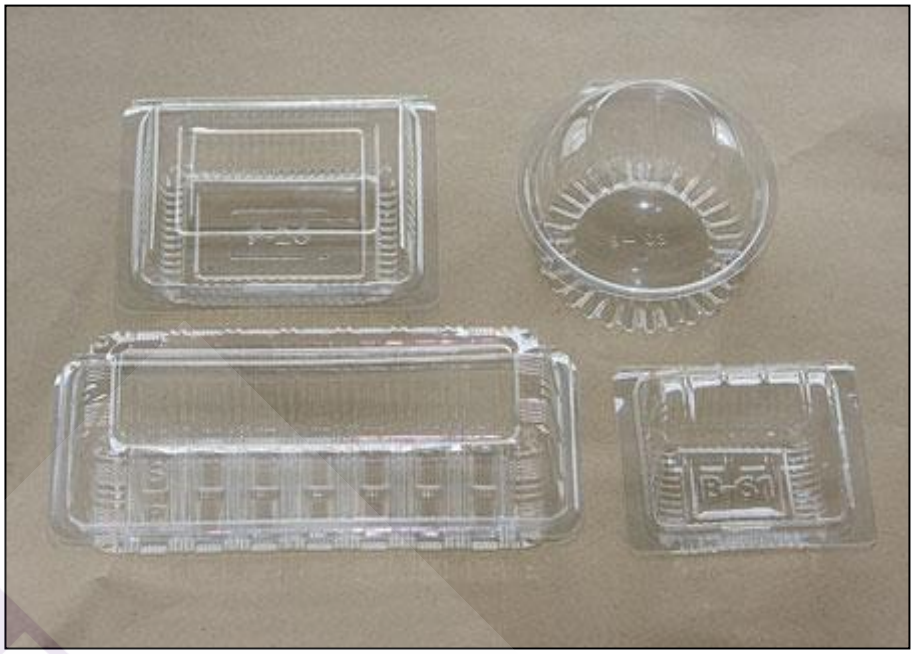
ในรอบปีที่ผ่านมามีสถานการณ์ต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย ไม่ว่าจะเป็นสภาวะการทางการเมืองใน ประเทศที่สับสน รวมถึงสภาวะเศรษฐกิจโลกที่ผันผวน และยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกมากมาย แต่บริษัท เวิลด์พลาส จำกัด ได้ฟันฝ่าอุปสรรคต่างๆ มาได้ด้วยดี โดยเริ่มต้นก่อตั้งบริษัทเมื่อปี 2541 ซึ่งเป็นเวลากว่า 10 ปีแล้วที่บริษัทดำเนินการด้วยดีเสมอมาทำให้มั่นใจถึงความมีประสิทธิภาพ และความ ชำนาญในการผลิตพลาสติกขึ้นรูปด้วยระบบสุญญากาศ และยังผลิตแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตได้เอง พร้อมด้วยทีมงานที่มีประสบการณ์ที่พร้อมจะเข้ามามีส่วนร่วมในการแก้ไข และพัฒนาในตัวสินค้าให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

| | |
|---|---|
| เลขทะเบียนบริษัท | 0105541022176 |
| เริ่มก่อตั้ง | 7 เมษายน 2541 |
| ทุนจดทะเบียน | 10,000,000.00 บาท |
| ได้รับการรับรอง | ISO 9001 เมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2006 |
| | ISO 14001 เมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2009 |
| | GMP & HACCP เมื่อวันที่ 09 พฤศจิกายน 2010 |
| ปัจจุบันมีพนักงานรวมประมาณ | 120 คน |
| เครื่องจักรในกระบวนการผลิต | (Vacuum Forming) 11 เครื่อง |
| | (Thermoforming) 2 เครื่อง |
| | (Die Cutting) 7 เครื่อง |
| เครื่องจักรผลิตแม่พิมพ์ **CNC** | 2 เครื่อง |
| กำลังการผลิต | 18 ล้านชิ้น/ปี (สำหรับงานขึ้นรูปทั่วไป) |
| | 144 ล้านชิ้น/ ปี (สำหรับงานแก้วน้ำ, ฝา, อื่นๆ) |

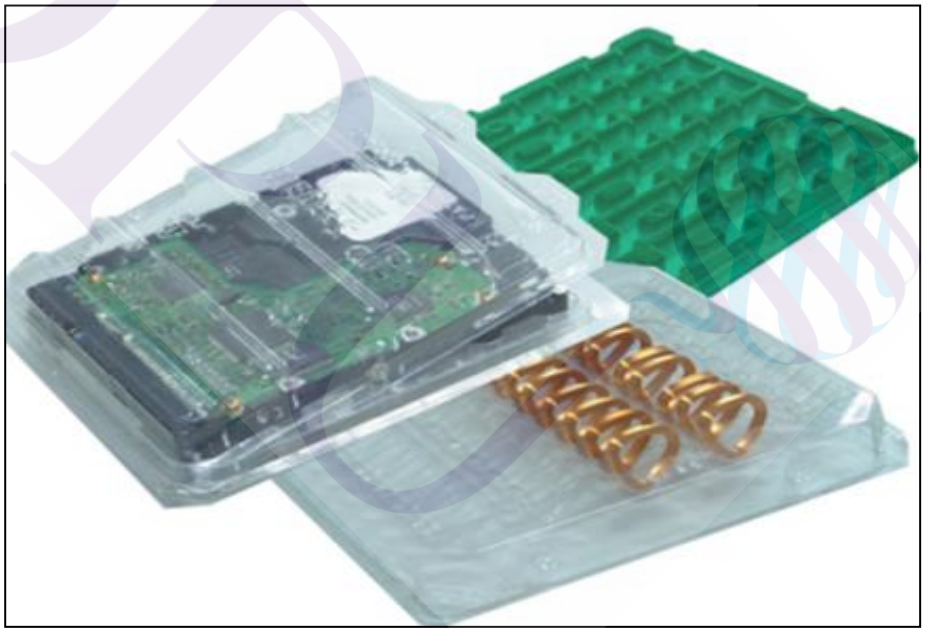
**3.2 ผลิตภัณฑ์ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา (อฐิลักษณ์ เตียวติ, 2557)**

3.2.1 ผลิตภัณฑ์พลาสติกขึ้นรูปสุญญากาศ (Vacuum Forming) หลักการเทอร์โมฟอร์มมิ่ง หรือที่เราเรียกกันว่าการขึ้นรูปด้วยระบบสุญญากาศ จะเป็นการขึ้นรูปพลาสติกแผ่นบาง โดยส่งพลาสติกแผ่นบางนี้ผ่านกระบวนการทางความร้อน จนถึงจุดที่พลาสติกอยู่ในสภาวะเริ่มหลอมเหลว จึงเลื่อนแม่พิมพ์เข้าหาแผ่นพลาสติกและใช้แรงสุญญากาศดูดแผ่นพลาสติกให้แนบกับแม่พิมพ์ รอพลาสติกเย็นตัวลงและอยู่ทรง จึงเป่าลมเพื่อปลดชิ้นงาน จากนั้นนำไปตัดแต่ง จะได้ผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ เช่น ถาดพลาสติก กล่องพับพลาสติกมีฝาล็อคได้ สามารถใช้บรรจุอาหารแห้ง อาหารสด สินค้าทางการเกษตร เช่น ข้าวโพดอ่อน หน่อไม้ฝรั่ง พริกเม็ด หรือสามารถนำไปบรรจุขนม เช่น ขนมที่ทำจากแป้ง ขนมหวาน ขนมเค้ก ขนมเปรี๊ยะ ขนมไทยทุกชนิด หรือรวมถึงอาหารเย็นแช่แข็ง แสดงดังรูป ที่ 3.1 และ 3.3

**ภาพที่ 3.1** ตัวอย่างแสดงถาดผลิตภัณฑ์พลาสติก



**ภาพที่ 3.2** ตัวอย่างถาดพลาสติกแบบมีฝาปิดล็อคได้



**ภาพที่ 3.3** ตัวอย่างถาดพลาสติกใช้งานอิเล็กทรอนิกส์

**3.3 เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต กรณีศึกษา (**อฐิลักษณ์ เตียวติ: 2557)

ในโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในครั้งนี้ มีเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศทั้งสิ้น 1 เครื่อง ดังตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.4 และ 3.5

**ตาราง 3.1** รายละเอียดเครื่องจักรในสายการผลิต

| เครื่องจักร | จำนวน | รุ่น | ข้อจำกัดเครื่องจักร | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|
| 1.เครื่องขึ้นรูปพลาสติก | 1 | PWK | 455-480x450 mm | |

**ภาพที่ 3.4** ตัวอย่างเครื่องขึ้นรูปพลาสติก แบบสูญญากาศ

**ภาพที่ 3.5** ตัวอย่างชุดควบคุมเครื่องขึ้นรูปพลาสติก แบบสุญญากาศ

**3.4 กระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ (ก่อนปรับปรุง)**

กระบวนการผลิต ขั้นตอนในการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกขึ้นรูปสุญญากาศ (Vacuum Forming) นั้น มีขั้นตอนหลักๆ ที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน มี 3 ขั้นตอนคือ 1.ขั้นตอนการขึ้นรูปพลาสติก 2.ขั้นตอนการตัดแบ่ง และ 3.ขั้นตอนการจัดเก็บบรรจุ

3.3.1 ขั้นตอนการขึ้นรูปพลาสติก

วัตถุดิบในขั้นตอนนี้จะเป็นพลาสติกแผ่น ที่มีขนาดหน้ากว้างตามที่ต้องการ (ของผู้ผลิต) และมีความยาวพอสมควร (ประมาณ 200-400 เมตร) และจะอยู่ในรูปของม้วนพลาสติก พลาสติกที่ใช้ เช่น PVC PP PS PET มีความหนาตั้งแต่ 0.25 ถึงมากกว่า 1.50 มิลลิเมตร การเลือกใช้ชนิดและความหนา อยู่ที่ชิ้นงาน ความต้องการความแข็งแรง และ วัตถุประสงค์การนำไปใช้งาน ดังรูปที่ 3.6

**ภาพที่ 3.6** ม้วนพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการผลิต

วัตถุดิบนี้จะนำเข้าสู่เครื่องขึ้นรูปพลาสติกสุญญากาศ ทำการปิ้ง (Pre-Heating , Heating) ด้วยความร้อนตั้งแต่ระดับ 200 - 350 องศา (ขึ้นอยู่กับชนิดพลาสติกและความหนา) กับพลาสติกแผ่น ที่เข้าสู่เครื่องในแต่ละเฟรม (Frame) เมื่อพลาสติกได้ความร้อน ในระดับหนึ่งที่จะสามารถขึ้นรูปได้ จึงทำการขึ้นรูปด้วยสุญญากาศ (Vacuum Forming) ดูดให้พลาสติก แนบติดกับแบบ (Mold) ที่ต้องการ จนเป็นรูปร่าง และรอการระบายความร้อน รอการเซตตัว (Setting) ของพลาสติก ด้วยระบบสเปรย์น้ำ ก่อนจะถอดแบบ และนำออกจากเครื่อง ดังรูปที่ 3.7 และ 3.8

**ภาพที่ 3.7** การขึ้นรูปพลาสติก

**ภาพที่ 3.8** พลาสติกที่ขึ้นรูปแล้ว นำมาเรียงซ้อนกัน

3.3.2 ขั้นตอนการตัดแบ่ง

พลาสติกที่ทำการขึ้นรูปจากเครื่องขึ้นรูปสุญญากาศแล้ว จะได้เป็นแผ่น (Frame) ขนาดใหญ่ ซึ่งจะประกอบไปด้วยชิ้นงานหลายๆชิ้น (อยู่ที่การจัดวาง) ซึ่งยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ต้องทำการตัดแบ่งให้เป็นรูปร่างที่ต้องการก่อน ด้วยเครื่องปั๊มไฮโดรลิค ตัดด้วยแบบมีด ที่มีความแข็งแรงสูง ตัดพลาสติกทีละชุด (1-5 แผ่น) เมื่อตัดเรียบร้อยแล้วจะได้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นชิ้น (ใบ) เรียบร้อย พร้อมกับเศษพลาสติก ที่ต้องทำการจัดเก็บแยกต่อไป ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10

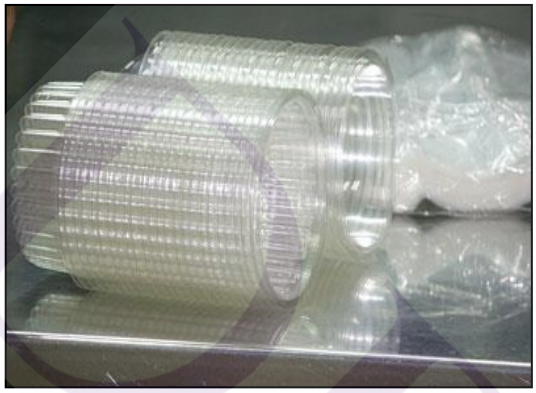
**ภาพที่ 3.9** รอการตัดแบ่ง

**ภาพที่ 3.10** พลาสติกที่ตัดแบ่งเรียบร้อยแล้ว

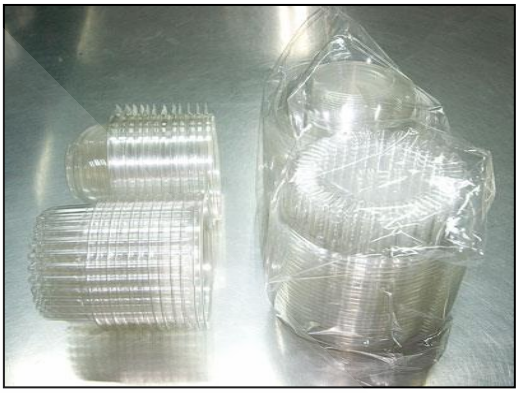
ขั้นตอนต่อไป อาจจะนำบรรจุภัณฑ์ที่ได้ ไปพิมพ์สี บนบรรจุภัณฑ์ (เช่น พิมพ์โลโก้ สัญลักษณ์) หรือขั้นตอนการ Blister Pack / Slide Pack ตามที่ลูกค้าต้องการ เพื่อให้เกิดความสวยงาม การใช้งานในรูปแบบที่ต้องการ และเป็นเอกลักษณ์ของสินค้าที่ลูกค้าต้องการ

3.3.3 ขั้นตอนการจัดเก็บบรรจุ

เมื่อได้บรรจุภัณฑ์เป็นใบเรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการนับและบรรจุเป็นหีบห่อ ห่อหุ้มด้วยพลาสติก PP ถุงพลาสติกขนาดใหญ่ LDPE, HDPE หรือบรรจุภัณฑ์ลังกระดาษ เพื่อเตรียมจัดส่งให้กับลูกค้าต่อไป ดังรูปที่ 3.11 , 3.12 และ 3.13



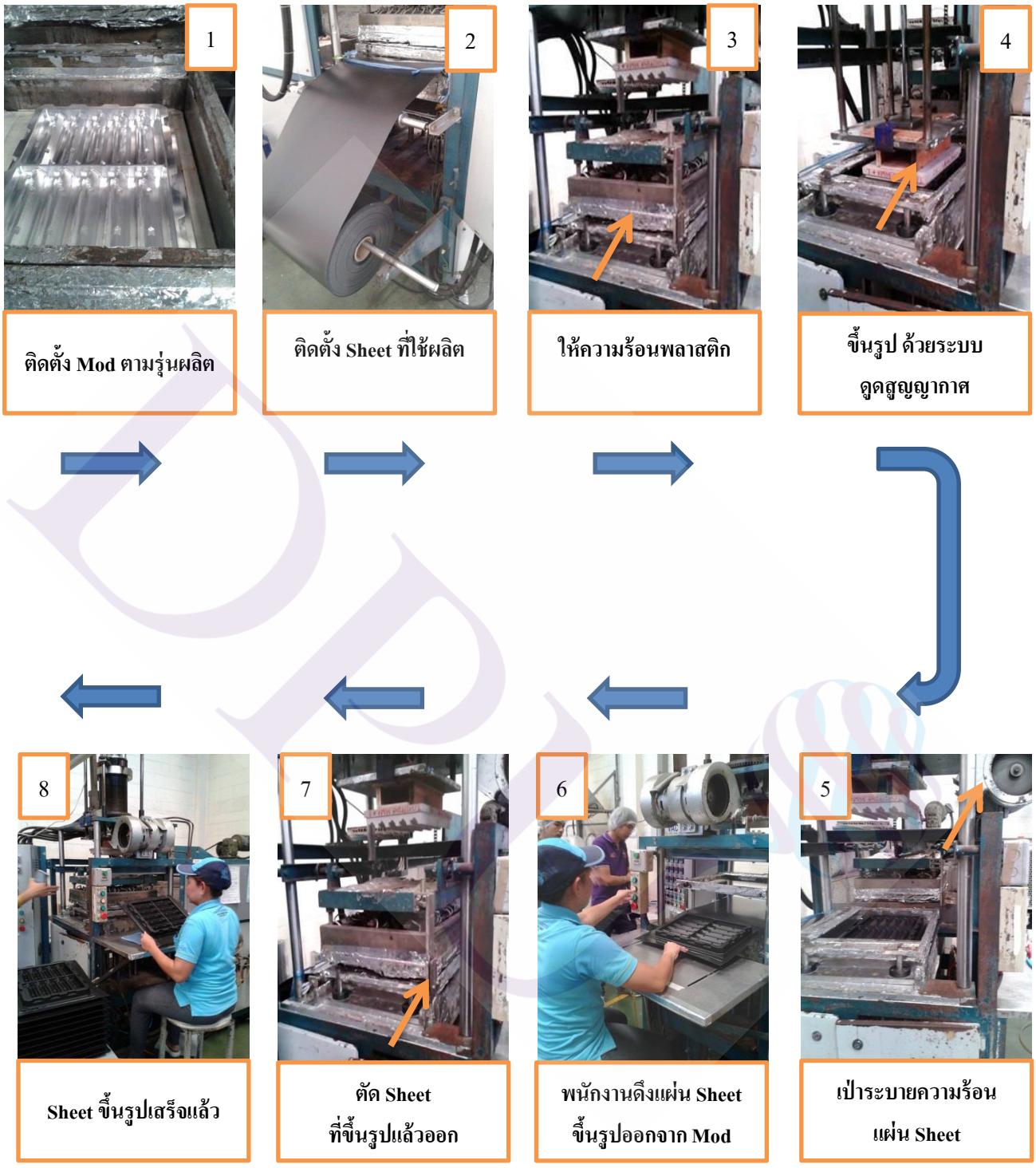
**ภาพที่ 3.11** รอการบรรจุ



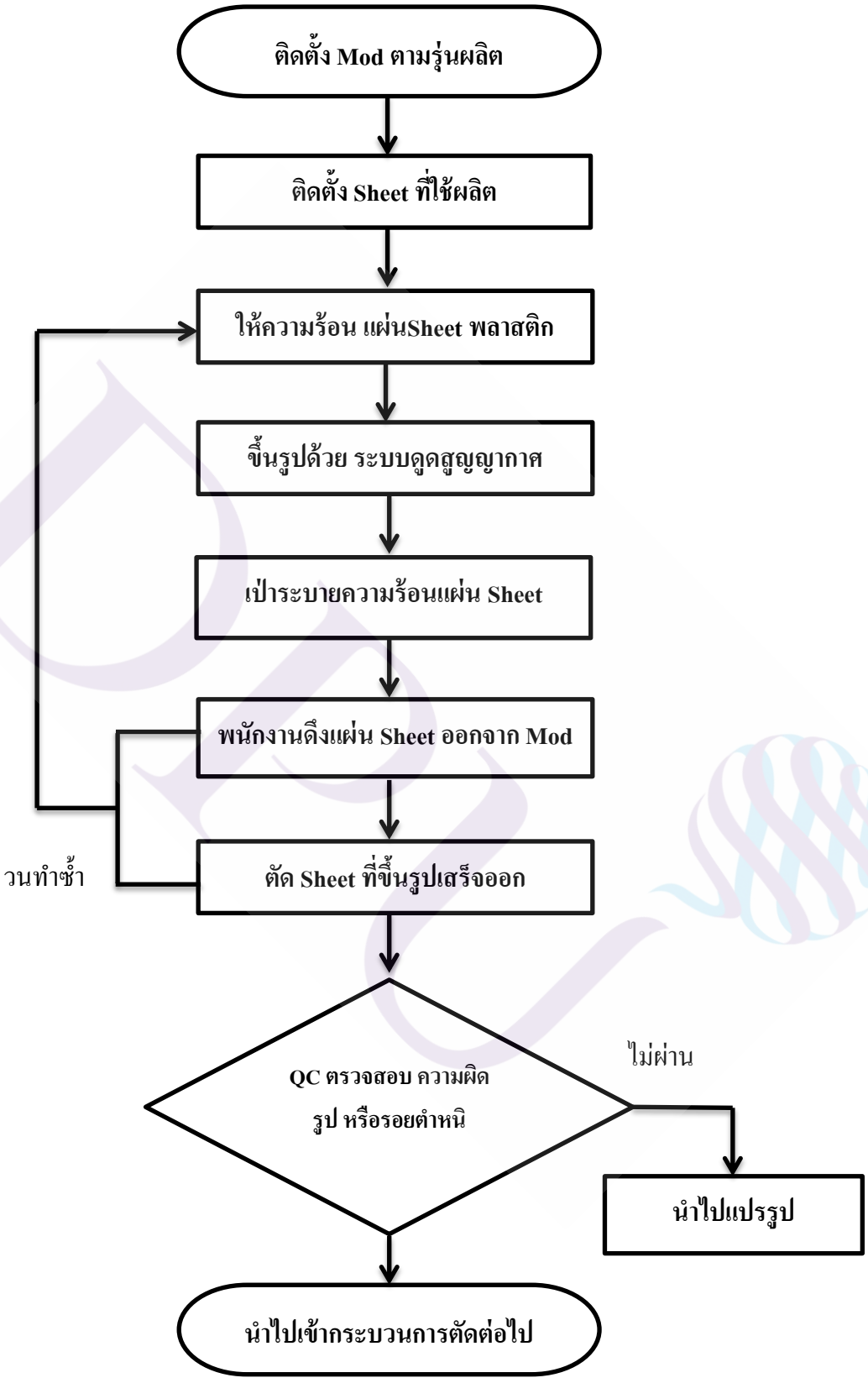
**ภาพที่ 3.12** ถุงห่อสินค้าบรรจุภัณฑ์

**ภาพที่ 3.13** บรรจุภัณฑ์ใส่ลังกระดาษ

3.3.4 กระบวนการผลิต (ก่อนปรับปรุง)



3.3.5 Flow Chat ขั้นตอนการผลิต ก่อนปรับปรุง




**ภาพที่ 3.14** ขั้นตอนกระบวนการผลิต

**3.5 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องจักรเพื่อทำการศึกษาและปรับปรุง**

จากการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานในปัจจุบัน โดยใช้ แผนภูมิการปฏิบัติงานทวีคูณ เพื่อเป็นการบันทึกความสัมพันธ์ในเชิงเวลาในกระบวนการผลิตระหว่างพนักงาน และเครื่องจักร

**ตารางที่ 3.2** แผนภูมิการปฏิบัติงานทวีคูณการทำงานของกระบวนการขึ้นรูป (ก่อนปรับปรุง)

<table>
<tr><td colspan="4">แผนภูมิการปฏิบัติงานทวีคูณ</td></tr>
<tr><td>เวลา(s.)</td><td>คน</td><td>เครื่องจักร</td><td>เวลา(s.)</td></tr>
<tr><td>1-2</td><td>ดึงแผ่นฟิล์มพลาสติกเข้ามายังพื้นที่ขึ้นรูป</td><td>ว่าง</td><td>1-2</td></tr>
<tr><td>3</td><td>กดปุ่มเฟรมหนีบแผ่นฟิล์มลง</td><td>เครื่องจักรเลื่อนเฟรมลง</td><td>3</td></tr>
<tr><td>4</td><td>กดปุ่มเดินเครื่อง</td><td rowspan="2">เตาความร้อนเคลื่อนที่มายังพื้นที่ขึ้นรูป<br>(ขึ้นอยู่กับความหนาและชนิดของแผ่นฟิล์มพลาสติก)</td><td rowspan="2">4-15</td></tr>
<tr><td rowspan="3">5-41</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>เตาความร้อนเคลื่อนที่กลับสู่ตำแหน่งปกติ</td><td>16-17</td></tr>
<tr><td>ฐานแม่พิมพ์เคลื่อนที่ขึ้น/ท็อปแม่พิมพ์<br>เคลื่อนที่ลง ทำการขึ้นรูป</td><td>18-20</td></tr>
<tr><td>42-45</td><td>ใช้มือจับที่ขอบแผ่นฟิล์ม และดึงชิ้นงานออก</td><td>ว่าง</td><td>42-45</td></tr>
<tr><td>% การทำงาน</td><td>17.78%</td><td>86.66 %</td><td>% การทำงาน</td></tr>
</table>

จากตารางที่ 3.2 พบว่า เปอร์เซ็นต์การทำงานของพนักงาน 17.78 % มีเปอร์เซ็นต์ในการว่างงานที่ 82.22 % ต่อการผลิต 1 ชิ้น โดยปริมาณในการผลิต 1 ลอตไซส์ เท่ากับ 500 ชิ้น ซึ่งถือว่าเป็นความสูญเปล่าในกระบวนการที่มีค่าสูง

**ตารางที่ 3.3**: การเก็บข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ ABC ของเครื่องจักรอุปกรณ์ (ก่อนปรับปรุง)

| Material : A-PET | | Thickness : 0.5 m.m. | | Standard Time : 0.67 min. | |
|---|---|---|---|---|---|
| ข้อมูล | เวลาที่ใช้ในการผลิตจริง (นาที) | จำนวนงานดี | งานเสีย | ผลผลิตรวม | เวลาเฉลี่ยต่อชิ้น (นาที) |
| 1 | 260 | 300 | 10 | 310 | 1.19 |
| 2 | 250 | 300 | 8 | 308 | 1.23 |
| 3 | 180 | 200 | 12 | 212 | 1.18 |
| 4 | 200 | 250 | 5 | 255 | 1.28 |
| 5 | 360 | 400 | 8 | 408 | 1.13 |
| 6 | 400 | 500 | 17 | 517 | 1.29 |
| 7 | 380 | 500 | 10 | 510 | 1.34 |
| 8 | 270 | 300 | 7 | 307 | 1.14 |
| 9 | 470 | 600 | 10 | 610 | 1.30 |
| 10 | 400 | 500 | 5 | 505 | 1.26 |
| 11 | 150 | 200 | 13 | 213 | 1.42 |
| 12 | 230 | 300 | 4 | 304 | 1.32 |
| 13 | 480 | 600 | 7 | 607 | 1.26 |
| 14 | 630 | 800 | 15 | 825 | 1.29 |
| 15 | 360 | 500 | 12 | 512 | 1.42 |
| 16 | 210 | 300 | 5 | 305 | 1.45 |
| 17 | 350 | 400 | 5 | 405 | 1.16 |
| 18 | 390 | 500 | 7 | 507 | 1.30 |
| 19 | 360 | 500 | 5 | 505 | 1.40 |
| 20 | 400 | 500 | 10 | 510 | 1.28 |
| 21 | 330 | 500 | 16 | 516 | 1.56 |
| 22 | 380 | 500 | 20 | 520 | 1.37 |
| 23 | 370 | 500 | 7 | 507 | 1.37 |
| 24 | 560 | 700 | 4 | 704 | 1.26 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 400 | 500 | 17 | 517 | 1.29 |
| 26 | 380 | 500 | 5 | 55 | 1.33 |
| 27 | 210 | 300 | 9 | 309 | 1.47 |
| 28 | 210 | 300 | 10 | 310 | 1.48 |
| 29 | 470 | 600 | 4 | 604 | 1.29 |
| 30 | 300 | 300 | 3 | 303 | 1.01 |
| 31 | 300 | 400 | 10 | 410 | 1.37 |
| 32 | 560 | 700 | 5 | 705 | 1.26 |
| 33 | 560 | 700 | 15 | 715 | 1.28 |
| 34 | 540 | 500 | 35 | 735 | 1.36 |
| 35 | 400 | 300 | 5 | 505 | 1.26 |
| 36 | 460 | 300 | 3 | 503 | 1.09 |
| 37 | 400 | 600 | 5 | 505 | 1.26 |
| 38 | 340 | 300 | 5 | 405 | 1.19 |
| 39 | 320 | 400 | 10 | 410 | 1.28 |
| 40 | 350 | 700 | 13 | 513 | 1.47 |
| เวลาเฉลี่ย | | | | | 1.29 |

**จากตารางที่ 3.3** การเก็บข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ ABC ของเครื่องจักรอุปกรณ์ (ก่อนปรับปรุง) จำนวน 40 ครั้งของกระบวนการผลิตจะเห็นได้ว่าเวลาการผลิตต่อชิ้น เฉลี่ยอยู่ที่ 1.29 นาที/ชิ้น

**3.6 การวิเคราะห์สาเหตุที่มาปัญหา**

จากตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์การเก็บข้อมูลการผลิต ผลิตภัณฑ์ ABC จำนวน 40 ครั้งของกระบวนการผลิตจะเห็นได้ว่าเวลาการผลิตต่อชิ้น เฉลี่ยอยู่ที่ 1.29 นาที/ชิ้น หรือคิดเป็น 0.89 วินาที/ชิ้นซึ่งถ้าเทียบกับค่า Standard Time ที่กำหนด ในกระบวนการผลิต จะอยู่ที่ 0.67 วินาที่/ชิ้น จากการเก็บข้อมูลทำให้พบว่า กระบวนการผลิตล่าช้ากว่ามาตรฐานที่กำหนด ทำให้เห็นว่ากระบวนการผลิตยังไม่มีประสิทธิภาพในการผลิต

จากการรวบรวม ระดมสมอง โดยการระบุปัญหาที่ก่อให้เกิดความสูญเสียที่ทำให้กระบวนการผลิตไม่มีประสิทธิภาพ ในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศนั้นพบว่ามีปัญหาที่พบเจอ อยู่ 4 ปัญหา หลักที่พบในกระบวนการผลิตขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ, หยุดเครื่องเพื่อเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์, เครื่องจักรขัดข้อง, พนักงานขาดทักษะในการทำงาน, พนักงาน

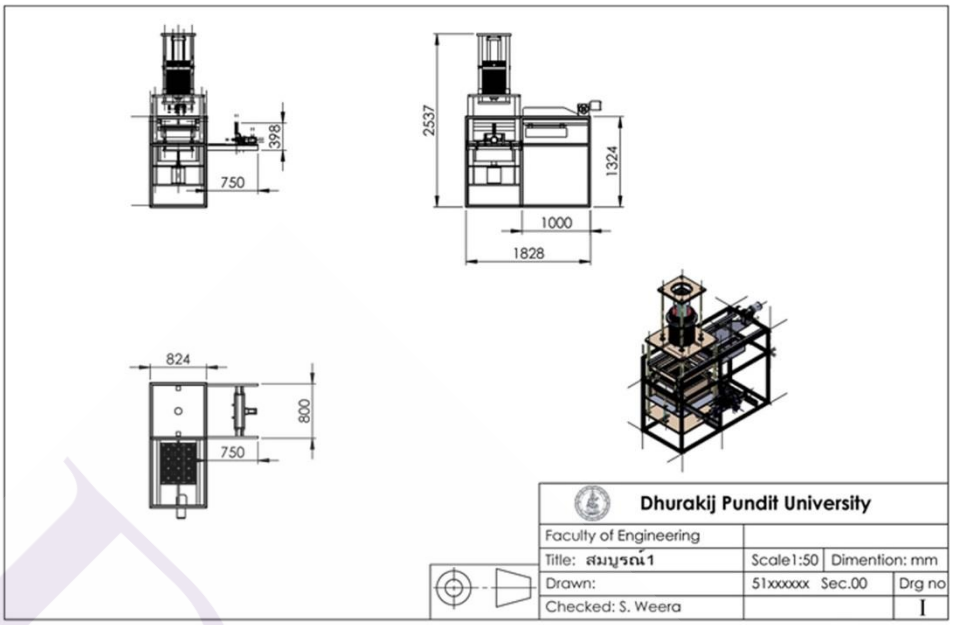
เกิดความเมื่อยล้า ซึ่งในส่วนเครื่องจักรในกระบวนการผลิต กรณีศึกษานี้ ส่วนใหญ่จะเป็นกระบวนการผลิตในส่วนของชิ้นงานตัวอย่าง หรือชิ้นงานใหม่ๆ และก็ผลิตในระยะเวลาสั้นๆ โดยไม่ใช่ผลิตภัณฑ์หลัก หรือสิ้นค้าเจ้าประจำ ซึ่งเครื่องนี้เป็นเครื่อง ไม่ใหญ่มากบวกกับเป็นเครื่องรุ่นเก่าซึ่งเป็นเครื่องเดียวที่เป็นกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้พนักงานในการควบคุมสั่งการทำงาน จึงเป็นเครื่องที่นิยมใช้ในการ ชิ้นงานตัวอย่าง หรือชิ้นงานใหม่ๆ และก็ผลิตในระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งจากการมองถึงปัญหาแล้วปัญหาที่เรามองและมุ่งเป้าไป

ในส่วนของพนักงานเกิดรอยคอยในกระบวนการผลิตซึ่งไม่ก่อให้เกิดมูลค่า เราจึงได้ทำแผนภูมิเปรียบเทียบ การ ปฏิบัติงาน MAN - MACHINE CHART จะเห็นได้ว่า ในในกระบวนการผลิต ตั้งแต่เริ่มจนเสร็จเป็นตัวผลิตภัณฑ์นั้น จะเห็นได้ชัดเจนว่า ในส่วนของพนักงาน มีการว่างงานในการรอคอยระหว่าง กระบวนการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า ซึ่งวัดเปรียบเทียบจากสัดส่วน แผนภูมิการ ปฏิบัติงาน MAN - MACHINE CHART พนักงานเกิดการรอคอยที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า ซึ่งผู้ดำเนินการวิจัย จึงเลือกปรับปรุงแก้ไขปัญหาในส่วนนี้ เพื่อลดเวลาที่สูญเสียไป โดยเน้นไปที่การปรับปรุงตัวเครื่องจักรเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ให้เพิ่มขึ้น

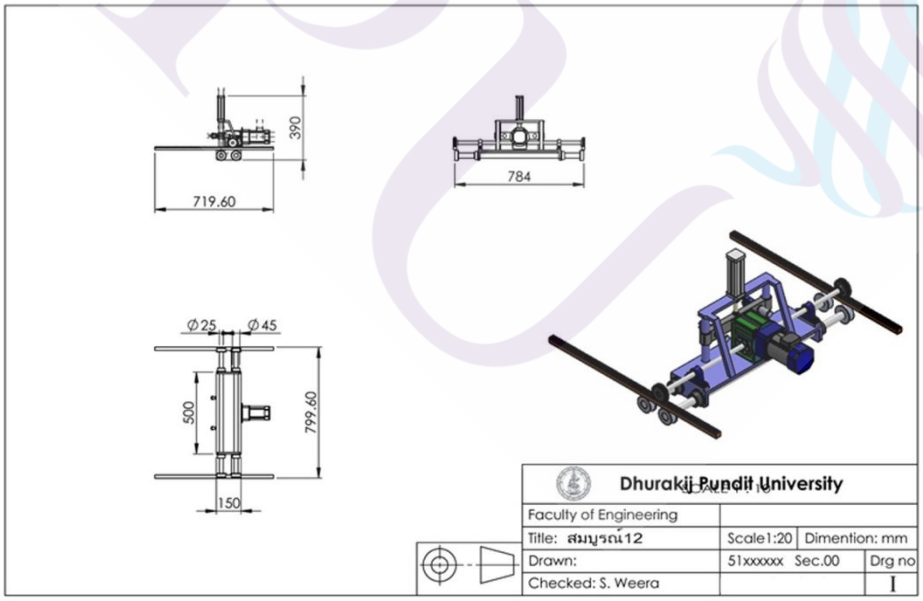
**3.7 แนวความคิดการออกแบบ**

ทางผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบระบบแขนกลเพื่อทดแทนการทำงานของคน โดยทำชุดแขนกลต่อเข้ากับเครื่องขึ้นรูปพลาสติก และการเชื่อต่อสัญญาณกับระบบควบคุมเครื่องจักร เพื่อให้การทำงานของเครื่องจักรอยู่ในรูปแบบอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 3.15 ถึง 3.21

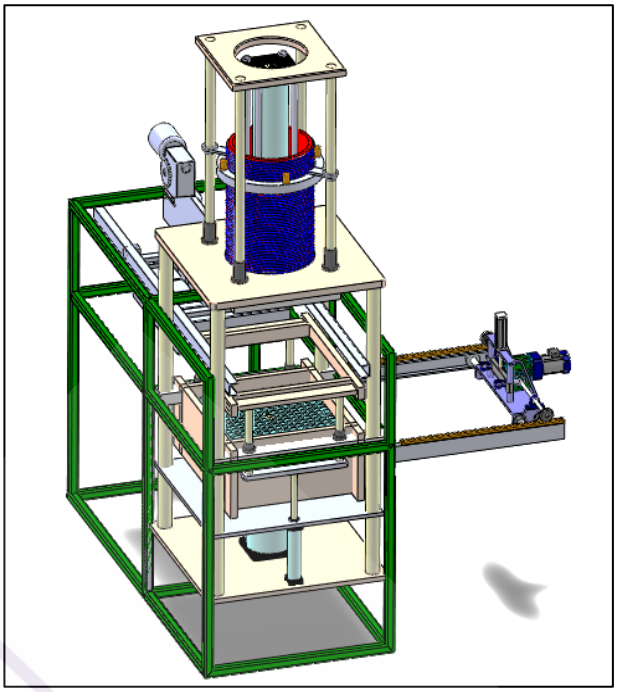
**รูปที่ 3.15** เครื่องขึ้นรูปพลาสติกระบบสุญญากาศ ก่อนปรับปรุง



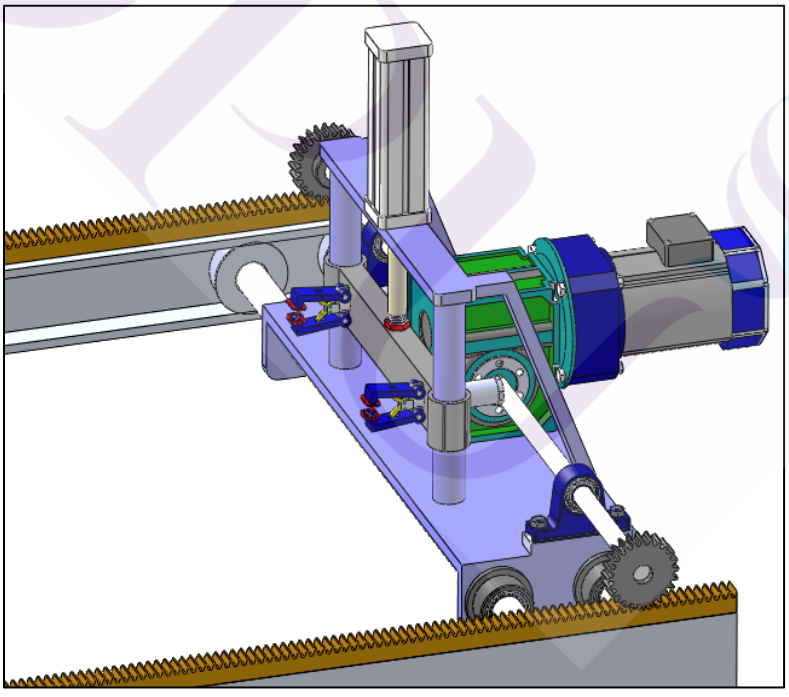

**รูปที่ 3.16** การออกแบบระบบแขนกล




**รูปที่ 3.17** การเชื่อมต่อระบบแขนกล



**รูปที่ 3.18** เครื่องขึ้นรูปพลาสติกระบบสุญญากาศ (ก่อนปรับปรุง)



**รูปที่ 3.19** การออกอุปกรณ์ติดตั้งเสริมชุดแขนกล

**รูปที่ 3.20** การสร้างอุปกรณ์ติดตั้งเสริมชุดแขนกล

**รูปที่ 3.21** อุปกรณ์ติดตั้งเสริมชุดแขนกลเข้ากับตัวเครื่องขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสูญญากาศ

# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของการศึกษาวิจัยเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตการผลิตขึ้นรูปด้วยระบบสุญญากาศจำนวน 1 เครื่อง ข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ รวมถึงการดำเนินการแก้ไขจากการวิจัยข้อมูลข้อมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**4.1 การวิเคราะห์สภาพปัญหา และแนวทางการแก้ไข**

จากสาเหตุของปัญหาที่ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิเปรียบเทียบการปฏิบัติงาน MAN - MACHINE CHART เปอร์เซ็นต์การทำงานของพนักงาน 17.78 % มีเปอร์เซ็นต์ในการว่างงานที่ 82.22 % ต่อการผลิต 1 ชิ้น โดยปริมาณในการผลิต 1 ลอตไซส์ เท่ากับ 500 ชิ้น ซึ่งถือว่าเป็นความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตที่มีค่าสูง มาก ผู้วิจัยจึงคำนึงถึงปัญหานี้ จึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและผล เป็นการระดมสมองในขั้นตอนกระบวนการผลิตเครื่องขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศเพื่อค้นหาสาเหตุในการทำงานที่ทำให้เกิดความสูญเปล่าในกระบวนการโดยใช้ Why Why analysis นั้นผู้วิจัยก็จะนำปัญหาทั้งหมดมาแก้ไขและป้องกันการเกิดซ้ำ จึงได้เสนอมาตรการในการปรับปรุงตามสาเหตุดังต่อไปนี้

| ลักษณะปัญหา | ทำไม | ทำไม | ทำไม | ทำไม |
|---|---|---|---|---|
| ความสูญที่เกิดขึ้นในกระ กระบวนการผลิต ที่ก่อให้ กระบวนการผลิตมี ประสิทธิภาพต่ำ | การหยุดเครื่องเพื่อ เปลี่ยนรุ่น | เป็นเครื่องที่ผลิตสิ้นค้า lot สั้นๆ | เป็นลูกค้ารายย่อยผลิตจำนวนไม่เยอะ มาก | เป็นเครื่องขนาดเล็ก และเป็นระบบ แมนนวล จึงเลือกเป็นเครื่อง ที่ใช้ใน งาน จำนวนน้อย หรือทดสอบสินค้า ตัวใหม่ๆ |
| | | เป็นเครื่องที่ใช้ในการผลิตสิ้นค้า ตัวอย่างก่อนใช้ผลิต จริง | ใช้ทดสอบ โมลด์ แม่พิมพ์ เพื่อหา ข้อเสีย ของแม่พิมพ์ก่อนผลิตจริง | |
| | เครื่องจักรขัดข้อง | ขาดการบำรุงรักษา | ไม่มีการกำหนดหน้าทีมอบหมายงาน อย่าเจาะจงผู้รับผิดชอบ | ขาดการวางโครงสร้างองค์กรที่เป็น ระบบ |
| | | การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ | อายุการใช้งานของเครื่องใช้มานาน | |
| | พนักงานขาดทักษะ ในการทำงาน | พนักงานใหม่ | 1.เกิดการ Turn Over บ่อ<br>2.พนักงาน ย้ายแผนก | 1.ใกล้นิคมอุสาหกรรม<br>2.จำนวนพนักงานไม่พอ |
| | | งานที่ทำต้องใช้ทักษะสูง | เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างคน และเครื่องจักร | เครื่องเป็นเครื่องเก่า เป็นระบบ กึ่งอัตโนมัติ |
| | พนักงานเกิดความ เมื่อยล้า | ออกแรงดึงตัวชิ้นงานออกจาก บล็อกแม่พิมพ์ ติดต่อกันเป็น เวลานาน | เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างคน และเครื่องจักร | ขาดการออกแบบกายศาสตร์ในการ ทำงาน และการปรับปรุงประสิทธิ์ภาพ ของเครื่องจักร |
| | | ปฏิบัติงานในท่าเดิมเป็น เวลานาน ติดต่อกัน | การเคลื่อนที่ผิดหลักทางกายศาสตร์ | |

**ภาพที่ 4.1** การวิเคราะห์หาสาเหตุ ความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตขึ้นรูปพลาสติก

4.1.1 ปัญหาความสูญเสียในกระบวนการผลิตขึ้นรูปพลาสติก ที่ก่อให้ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตต่ำ จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา โดยใช้ Why Why analysis นั้น พบว่าปัญหาเกิดจาก

4.1.1 การหยุดเครื่องเพื่อเปลี่ยนรุ่น

4.1.2 เครื่องจักรขัดข้อง

4.1.3 พนักงานขาดทักษะในการทำงาน

4.1.4 พนักงานเกิดความเมื่อยล้า

**ตารางที่ 4.1** ตารางแสดงการวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา

| ปัญหา | สาเหตุ | แนวทางในการแก้ไข |
|---|---|---|
| การหยุดเครื่องเพื่อเปลี่ยนรุ่น | เป็นเครื่องขนาดเล็ก และเป็นระบบแมนนวล โดยใช้คนในการสั่งการ จึงเลือกเป็นเครื่อง ที่ใช้ในงาน ผลิตงานจำนวนน้อย หรือทดสอบสินค้าตัวใหม่ๆ | ไม่สามารถแก้ไขได้ |
| เครื่องจักรขัดข้อง | ขาดการวางโครงสร้างองค์กรที่เป็นระบบ | มอบหมายหน้าที่ให้พนักงาน ทำรายการเพื่อเช็คอุปกรณ์ก่อนและหลังทำงาน เน้นดูแลเป็นพิเศษในจุดสำคัญๆที่จะชำรุดบ่อย |
| พนักงานขาดทักษะในการทำงาน | จำนวนพนักงานไม่พอ | จัดทำแผนในการทำงาน ทำการจัดอบรมพนักงาน และพัฒนาระบบการทำงาน ให้เป็นระบบอัตโนมัติจัดอบรมหน้างาน และประเมินผลโดยหัวหน้างานก่อนพนักงานใหม่ปฏิบัติงานจริง |
| พนักงานเกิดความเมื่อยล้า | เครื่องเป็นเครื่องเก่า เป็นระบบกึ่งอัตโนมัติ | ออกแบบติดตั้งอุปกรณ์เสริมเพิ่มเติมเพื่อให้เครื่องจักรเดิมนั้นมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น |
| | ขาดการออกแบบกายศาสตร์ในการทำงาน และการปรับปรุงประสิทธิ์ภาพของเครื่องจักร | |
| | การเคลื่อนที่ผิดหลักทางกายศาสตร์ | |

**4.2 การติดตั้งและทดสอบระบบแขนกล**

รูปที่ 4.2 การติดตั้งและทดสอบระบบแขนกล

ภาพที่ 4.3 การติดตั้งและทดสอบระบบแขนกล

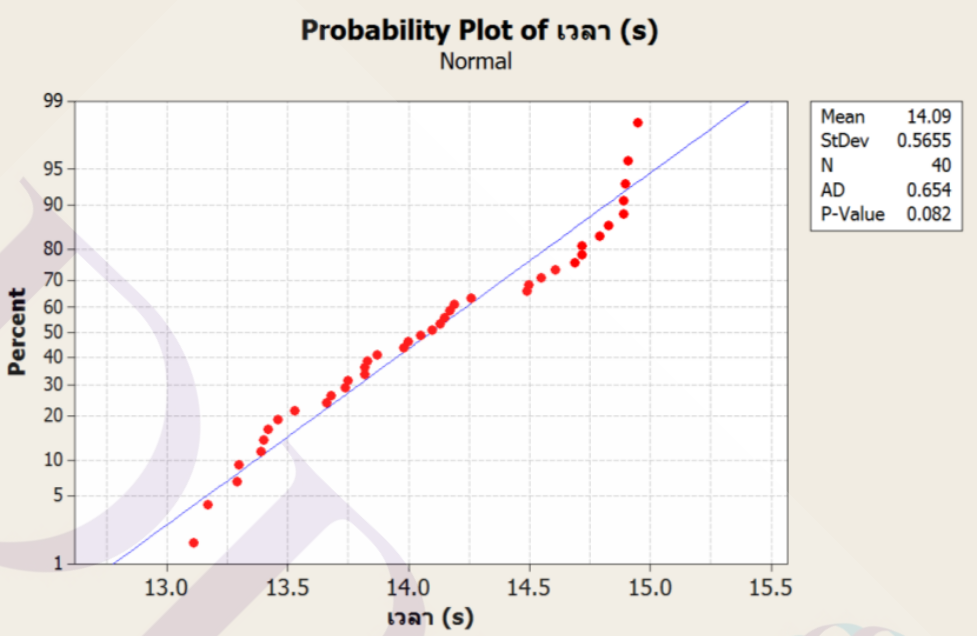
ภาพที่ 4.4 อุปกรณ์ติดตั้งเสริมชุดแขนกลเข้ากับตัวเครื่องขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ

จากการทดสอบ และติดตั้งระบบแขนกล ทางผู้วิจัยได้ทำการอบรมการใช้งาน และการบำรุงรักษาให้แก่พนักงานพร้อมทั้งทำการเก็บผลการทดลองในส่วนของ การปฏิบัติงานทวีคูณการทำงานของกระบวรการขึ้นรูปพลาสติก โดยมีรายละเอียด ดังนี้

**ตารางที่ 4.2** การเก็บเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร

| ครั้งที่ | เวลา (s) | ครั้งที่ | เวลา (s) | ครั้งที่ | เวลา (s) | ครั้งที่ | เวลา (s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13.75 | 11 | 14.69 | 21 | 14.49 | 31 | 14.83 |
| 2 | 13.68 | 12 | 14.55 | 22 | 14.17 | 32 | 14.50 |
| 3 | 14.72 | 13 | 14.89 | 23 | 14.13 | 33 | 14.72 |
| 4 | 13.42 | 14 | 13.39 | 24 | 13.30 | 34 | 14.95 |
| 5 | 14.19 | 15 | 14.15 | 25 | 13.17 | 35 | 13.40 |
| 6 | 14.00 | 16 | 13.82 | 26 | 14.79 | 36 | 14.91 |
| 7 | 14.26 | 17 | 13.74 | 27 | 13.83 | 37 | 14.90 |
| 8 | 13.98 | 18 | 13.29 | 28 | 13.66 | 38 | 14.89 |
| 9 | 13.53 | 19 | 13.82 | 29 | 13.46 | 39 | 14.05 |
| 10 | 13.87 | 20 | 14.61 | 30 | 14.10 | 40 | 13.11 |

จากตารางที่ 4.2 หลังจากทำการติดตั้งระบบแขนกล ทางผู้วิจัยได้ทำการอบรมการใช้งาน รวมถึงการปรับตั้งค่าเครื่องจักร โดยได้ทำการเก็บผลการทดลองจำนวน 40 ชุด เพื่อทำการทดสอบสมมุติฐานการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยของเวลาเท่ากับ 14.09 วินาที ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.565 และค่า P – Value เท่ากับ 0.082 ดังภาพที่ 4.5




**ภาพที่ 4.5** การวิเคราะห์แจกแจงของชุดข้อมูล

ในการอนุมานค่ากลางของประชากร กรณีไม่รู้ค่าความแปรปรวน (Inference on the mean of a population, Variance unknown) (ฉลอง สีแก้วสิ่ว, 2561) ทางผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสมมุติฐานน่าวนของเวลาในการปรับตั้งค่าเครื่องจักร โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน จำนวน 40 ชุดข้อมูลซึ่งในการทดลองดังกล่าวไม่ทราบค่าความแปรปรวน จึงใช้การทดดสอบโดยวิธี 1-Sample T test (C. Montgomery and George C. Runger, 2014) ดังตารางที่ 4.3

สมมุติฐานในการทดสอบ

$H_0$ : เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งค่าเครื่องจักรเป็นค่าคงที่เท่ากัน

$H_1$ : เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งค่าเครื่องจักรเป็นค่าคงที่ไม่เท่ากัน

**ตารางที่ 4.3** แผนภูมิการปฏิบัติงานทวีคูณการทำงานของกระบวรการขึ้นรูป หลังปรับปรุง

| Variable | N | Mean | StDev | SE Mean | 95% CI | T | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เวลา (s) | 40 | 14.0928 | 0.5655 | 0.0894 | (13.91,14.27) | 0.03 | 0.976 |

จากตารางที่ 4.3 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธี 1-Sample T test ในส่วนของเวลาปรับตั้งเครื่องจักร ค่า P – Value เท่ากับ 0.976 ยอมรับในสมมุติฐานหลัก ($H_0$) เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งค่าเครื่องจักรไม่แตกต่างกัน

**ตารางที่ 4.4** แผนภูมิการปฏิบัติงานทวีคูณการทำงานของกระบวนการขึ้นรูป (หลังปรับปรุง)

| แผนภูมิการปฏิบัติงานทวีคูณ | | | |
|---|---|---|---|
| เวลา(s.) | คน | เครื่องจักร | เวลา(s.) |
| 1-15 | พนักงานตั้งค่าเครื่องจักร และระบบแขนกล | ว่าง | 1-2 |
| | | เครื่องจักรเลื่อนเฟรมลง | 3 |
| | | เตาความร้อนเคลื่อนที่มายังพื้นที่ขึ้นรูป (ขึ้นอยู่กับความหนาและชนิดของแผ่นฟิล์มพลาสติก) | 4-15 |
| | | เตาความร้อนเคลื่อนที่กลับสู่ตำแหน่งปกติ | 16-17 |
| | | ฐานแม่พิมพ์เคลื่อนที่ขึ้น/ท็อปแม่พิมพ์เคลื่อนที่ลง ทำการขึ้นรูป | 18-20 |
| | | วาล์วแวคคั่มทำงานดูดฟิล์มให้แนบแม่พิมพ์ | 21-41 |
| | | แขนกลขอบแผ่นฟิล์ม และดึงชิ้นงานออก | 42-45 |
| % การทำงาน | 33.33 % | 86.66 % | % การทำงาน |

จากตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์แผนภูมิการปฏิบัติงานทวีคูณการทำงานของกระบวรการขึ้นรูปหลังปรับปรุง โดยการประยุกต์ใช้ระบบแขนกลพบว่าพนักงานมีหน้าที่ในการปรับตั้งเครื่องจักรเพียง 2 วินาที ต่อรอบการทำงาน (1,000 ชิ้น) และพนักงานสามารถควบคลุมเครื่องจักร หรือทำงานอื่นๆที่ได้รับมอบหมายได้ ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีพนักงานประจำเครื่องจักรตลอดเวลา

**ตารางที่ 4.5** การเก็บข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ ABC ของเครื่องจักรอุปกรณ์(หลังปรับปรุง)

| ข้อมูล | เวลาที่ใช้ในการผลิตจริง (นาที) | จำนวนงานดี | งานเสีย | ผลผลิตรวม | เวลาเฉลี่ยต่อชิ้น (นาที) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 350 | 195 | 4 | 199 | 0.57 |
| 2 | 280 | 134 | 1 | 135 | 0.48 |
| 3 | 300 | 142 | 5 | 147 | 0.49 |
| 4 | 410 | 307 | 0 | 307 | 0.75 |
| 5 | 420 | 267 | 1 | 268 | 0.64 |
| 6 | 340 | 219 | 2 | 221 | 0.65 |
| 7 | 320 | 141 | 3 | 144 | 0.45 |
| 8 | 420 | 242 | 2 | 244 | 0.58 |
| 9 | 430 | 280 | 0 | 280 | 0.65 |
| 10 | 330 | 177 | 1 | 178 | 0.54 |
| 11 | 380 | 245 | 2 | 247 | 0.65 |
| 12 | 409 | 163 | 1 | 164 | 0.40 |
| 13 | 368 | 236 | 3 | 239 | 0.65 |
| 14 | 400 | 196 | 0 | 196 | 0.49 |
| 15 | 310 | 183 | 0 | 183 | 0.59 |
| 16 | 389 | 208 | 2 | 210 | 0.54 |
| 17 | 287 | 141 | 3 | 144 | 0.50 |
| 18 | 427 | 191 | 1 | 192 | 0.45 |
| 19 | 441 | 254 | 2 | 256 | 0.58 |
| 20 | 447 | 286 | 5 | 291 | 0.65 |
| 21 | 410 | 219 | 2 | 221 | 0.54 |
| 22 | 361 | 180 | 1 | 181 | 0.50 |
| 23 | 316 | 129 | 1 | 130 | 0.41 |
| 24 | 276 | 152 | 0 | 152 | 0.55 |
| เวลาเฉลี่ย | | | | | 0.56 |

จากตารางที่ 4.5 หลังปรับปรุงการแก้ไขปัญหาโดยการประยุกต์ใช้ระบบแขนกลพบว่า การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต จะเห็นได้ว่าเวลาเฉลี่ย ในการผลิตต่อชิ้น ใช้เวลาอยู่ที่ 0.56 วินาที่/ชิ้น ซึ่ง ค่า Standard Time ที่กำหนด ในกระบวนการผลิต จะอยู่ที่ 0.67 วินาที่/ชิ้น เวลาลดลง 0.11 วินาที/ชิ้น และก่อนปรับปรุงเวลาเฉลี่ย ในกระบวนการผลิต อยู่ที่ 1.29นาที/ชิ้นหรือ 0.89 วินาที/ชิ้น

หลังปรับปรุง อยู่ที่ 0.56 วินาที/ชิ้น ลดลงจากเดิม 0.33 วินาที สามารถลดจำนวนพนักงานในกระบวนการผลิตได้ 1 คน ค่าแรงพนักงาน 13,000 บาท

**ตารางที่ 4.6** แสดงรายจ่ายของการจัดทำแขนกลซึ่งระบุเป็นรายการอุปกรณ์แขนกล

| รายการอุปกรณ์แขนกล | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ลำดับ | รายการอุปกรณ์ | จำนวน | ราคา/หน่วย | ราคา |
| 1 | ชุดเฟืองสะพานหน้าตัดกว้าง 1นิ้วสูง 1นิ้ว ยาว 1เมตร | 1 | 1,500 | 1,500 |
| 2 | ตลับลูกปืนตุ๊กตา ขนาดเพลา1 นิ้ว | 6 | 500 | 3,000 |
| 3 | เพลาสแตนเลส 1 นิ้วยาว 1 เมตร | 1 | 600 | 600 |
| 4 | เพลาเหล็ก 3 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตรเมตร | 1 | 500 | 500 |
| 5 | มอเตอร์เกียร์ AC รุ่น INDUCTION 220V/60W | 1 | 5,000 | 5,000 |
| 6 | กระบอกลมนิวเมตริกส์ Stroke 150 mm | 1 | 1,500 | 1,500 |
| 7 | กระบอกลมนิวเมตริกส์ Stroke 40 mm | 2 | 1,000 | 2,000 |
| 8 | ฟิตติ้งสายลมรู 8mm | 10 | 100 | 1,000 |
| 9 | สายลม 8mm | 20 | 30 | 600 |
| 10 | ลูกปืนสไลด์ ขนาด 1 นิ้ว | 2 | 500 | 1,000 |
| 11 | ลูกปืนขนาด 20 mm | 4 | 150 | 600 |
| 12 | Proximity Sensor | 4 | 1,500 | 6,000 |
| 13 | แผงวงจรควบคุม | 1 | 5,000 | 5,000 |
| 14 | น๊อตสกรู | 1 | 500 | 500 |
| 15 | สาย Control สาย VSF ยี่ห้อ YAZAKI 1x1.5 สีขาว | 1 | 500 | 500 |
| 16 | สาย Control สาย VSF ยี่ห้อ YAZAKI 1x1.5 สีแดง | 1 | 800 | 800 |
| 17 | เหล็กรางน้ำ 3 นิ้ว | 1 | 600 | 600 |
| 18 | เหล็กฉาก 2 นิ้ว | 1 | 400 | 400 |
| 19 | แหวนล๊อคเพลา 20 mm | 4 | 100 | 400 |
| 20 | กัดเซาะร่องลิ่ม | 4 | 300 | 1,200 |
| รวม | | | | 32,700 |

**4.3 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน**

ในการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนทางผู้วิจัยได้พิจารณาจากเงินลงทุน และผลตอบแทนที่สามารถประหยัดพนักงานในกระบวนการผลิตได้ 1 คน ค่าแรงพนักงาน 13,000 บาท/เดือน หรือ156,000/ปี

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{32,700}{156,000}$$

ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องแขนกล ที่ = 0.21 ปี 2 เดือน 15 วัน

**4.4 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย**

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

| ลำดับ | รายละเอียด | ก่อน ปรับปรุง | หลัง ปรับปรุง | ผลต่าง | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | จำนวนพนักงาน | 1 | 0 | -1 | คน |
| 2 | ค่าแรงพนักงานในการปฏิบัติงาน (เครื่องที่ทำการทดสอบ) | 13,000 | 0 | -1,3000 | บาท |
| 3 | เวลาที่ใช้ในการผลิตต่อชิ้น | 0.89 | 0.56 | 0.33 | วินาที |
| 4 | เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร | 45 | 14.09 | 30.91 | นาที |

จากตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาพบว่า ชุดแขนกลที่ผู้วิจัยได้ทาการออกแบบนั้น สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ สามารถลดการใช้พนักงานจาก 1 คนค่าแรงพนักงาน 13,000 บาท ทำให้สามารถลดต้นทุนของพนักงานกระบวนการผลิตได้ 156,000 บาท/ปี จากการลงทุน 32,700 บาท และเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต โดยใช้เวลาในการผลิตต่อชิ้นเร็วขึ้น ก่อนปรับปรุง 0.89 วินาที/ชิ้น หลังปรับปรุง 0.56 วินาที/ชิ้น เร็วขึ้น 0.33 วินาที/ชิ้น

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสภาพปัญหาโรงงานกรณีศึกษา ในกระบวนการผลิตขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ และรวบรวมข้อมูลการผลิต ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิต นำมาเป็นแนวพิจารณาแก้ไขในกระบวนการผลิตขึ้นรูปพลาสติก โดยปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตขึ้นรูปพลาสติก หลังจากปรับปรุงแก้ไขโดยการออกแบบระบบแขนกลในกระบวนการส่งผลให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ผลการดำเนินงานหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต ได้มีการสรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะข้อมูลเพื่อเป็นประโยชน์ให้กับบริษัทกรณีศึกษา สามารถนำไปปรับปรุงกระบวนการอื่นๆ ภายในบริษัท โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญคือเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร ลดเวลาที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต

จากผลการดำเนินการพัฒนาแขนกลในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร เพิ่มผลิตภาพการผลิต ลดเวลาที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต ดังที่จะแสดงในเนื้อหาดังต่อไปนี้

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการสรุปข้อมูลจากการศึกษาวิจัยเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยระบบแขนกล : กรณีศึกษาการผลิตขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ จากการการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี 1-Sample T test ค่า P – Value เท่ากับ 0.976 ยอมรับในสมมุติฐานหลัก ($H_0$) เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งค่าเครื่องจักรเป็นค่าคงที่เท่ากัน จากการวิจัยสามารถวิเคราะห์สภาพปัญหา คือ ปัญหาเรื่องของการเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิต สามารถลดจำนวนพนักงานในกระบวนการผลิตได้ 1 คน ค่าแรงพนักงาน 13,000 บาท และก่อนปรับปรุงเวลาเฉลี่ย ในกระบวนการผลิต อยู่ที่ 1.29นาที/ชิ้น หรือ 0.89 วินาที/ชิ้น หลังปรับปรุง อยู่ที่ 0.56 วินาที/ชิ้น ลดลงจากเดิม 0.33 วินาที โดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1

**ตารางที่ 5.1: สรุปผลการวิจัย**

| ลำดับ | รายละเอียด | ก่อน ปรับปรุง | หลัง ปรับปรุง | ผลต่าง | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | จำนวนพนักงาน | 1 | 0 | -1 | คน |
| 2 | ค่าแรงพนักงานในการปฏิบัติงาน (เครื่องที่ทำการทดสอบ) | 13,000 | 0 | -1,3000 | บาท |
| 3 | เวลาที่ใช้ในการผลิตต่อชิ้น | 1.29/0.89 | 0.56 | 0.33 | นาที |
| 4 | เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร | 45 | 14.09 | 30.91 | นาที |

**5.2 อภิปรายผลการวิจัย**

จากผลการศึกษาพบว่า ชุดแขนกลที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบนั้น จากการการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี 1-Sample T test ค่า P – Value เท่ากับ 0.976 ยอมรับในสมมุติฐานหลัก ($H_0$) เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งค่าเครื่องจักรเป็นค่าคงที่เท่ากัน สามารถลดการใช้พนักงาน จาก 1 คนค่าแรงพนักงาน 13,000 บาท ทำให้สามารถลดต้นทุนของพนักงานกระบวนการผลิตได้ 156,000 บาท/ปี จากการลงทุน 32,700 บาท และเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ลดเวลาที่สูญเปล่าในกระบวนการผลิต ก่อนปรับปรุงเวลาเฉลี่ย ในกระบวนการผลิตชิ้นงาน อยู่ที่ 1.29นาที/ชิ้นหรือ 0.89 วินาที/ชิ้น หลังปรับปรุง อยู่ที่ 0.56 วินาที/ชิ้น ลดลงจากเดิม 0.33 วินาที

**5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย**

1. การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยร่วมกับผู้ประกอบการ ดังนั้นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต นี้ต้องเป็นที่ยอมรับและเข้าใจทั้งสองฝ่าย ว่าสามารถลดความสูญเสียที่ไม่จำเป็นในกระบวนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตขึ้นรูปพลาสติกได้จริง
2. ในการวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบระบบแขนกลด้วยการเชื่อมต่อการทำงานกับเครื่องขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ โดยการติดตั้งจำต้องต้องพิจารณาถึงระดับความลาดเอียงของพื้นที่ทำการติดตั้งแขนกลต้องอยู่ในระดับเดียวกับเครื่องจักร
3. การจัดวางตำแหน่งของเซ็นเซอร์ในจุดที่มีการสั่นสะเทือน ความสึกของพื้นผิว ที่เกิดจากการทำงานของเครื่องจักรอาจส่งผลให้การทำงานของเซนเซอร์เกิดการทำงานที่ผิดพลาด ควรมีการจัดทำมาตรฐานในการทำงาน ให้มีการตรวจสอบตำแหน่ง และการตรวจสอบความพร้อมของเซ็นเซอร์ทุกครั้งในการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนเริ่มงาน

4. ควรจัดทำแผนการดำเนินงานในการปรับปรุงสภาพเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพในการทำงานเสมอ และตรวจสอบอุปกรณ์ ว่าสามารถทำงานได้ตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

# บรรณานุกรม

# บรรณานุกรม

ภาษาไทย

จักรพันธ์ สังข์แก้ว. (2554).ศึกษาเกี่ยวกับ การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตแบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์. จากกรณีศึกษาข้อมูลของ บริษัทไทยสโตเรจแบตเตอรี่ จำกัด (มหาชน) .กรุงเทพ : มหาวิทยาลัยกรุงเทพ .

พทธพนธ์ พิทักษ์. (2556).ได้ทำการศึกษาเรื่องกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตกรณีศึกษาอุตสาหกรรมล้างขวด.จากกรกรณีศึกษา อุตสาหกรรมล้างขวด.สงสขา : มหาวิทยาลัยสงขลารครินทร์

สุจินดา ศรัณย์ประชา. ( 2557). ศึกษาการปรับปรุงกำลังการผลิตของสายการผลิตชิ้นส่วนเบาะที่นั่งรถยนต์ ด้วยแนวคิดของระบบการผลิตแบบโตโยต้า . กรุงเทพ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นันทวรรณ ทวีสิน. (2553). ศึกษาวิธีการลดขั้นตอนการทางานในกระบวนการถอดชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์เพื่อเพิ่มกาลังการถอดชิ้นส่วนด้วย IE Technique. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วันชัย ริจิรวนิช. (2551).การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: สานักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| **ชื่อนักศึกษา** | สุปรีชา เหมยเป็ง |
| **ประวัติการศึกษา** | สำเร็จการศึกษา 2556 |
| | ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต |
| | สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ |
| **ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน** | เจ้าหน้าที่ งานวิจัยหุ่นยนต์และนวัตกรรม |
| | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ |
| **ประสบการณ์ รางวัลหรือทุนการศึกษา** | ทุนเรียนในระดับ ปริญญาตรี |
| | ทุนเรียนในระดับ ปริญญาโท |

**ผลงานทางวิชาการ รางวัล**

2553 - รางวัลชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon 2011 ระดับประเทศไทย
-รางวัลรองชนะเลิศอันดับ 2 และ Best Design ABU Asia-Pacific Robot Contest Egypt 2010

2554 -รางวัลชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon 2011 ระดับประเทศไทย
-รางวัลชนะเลิศ ABU Asia-Pacific Robot Contest 2011 Thailand

2555 -รางวัลชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์ TPA Robocon 2012 ระดับอุดมศึกษาชิงแชมป์ประเทศไทย
-รางวัลชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon 2012 ระดับประเทศไทย เป็นตัวแทนประเทศไทยไปแข่งขันที่ประเทศฮ่องกง
-รางวัลรองชนะเลิศอันดับ 2 และ Best Design ABU Asia-Pacific Robot Contest Hong Kong 2012

2556 -รางวัลชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon 2013 ระดับประเทศไทย เป็นตัวแทนประเทศไทยไปแข่งขันที่ประเทศเวียดนาม

2557 -รางวัลชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon 2014 ระดับประเทศไทย เป็นตัวแทนประเทศไทยไปแข่งขันที่ประเทศอินเดีย
-รางวัลรองชนะเลิศอันดับ 2 และ Best Design ABU Asia-Pacific Robot Contest India 2014

**ผลงานทางวิชาการ รางวัล (ต่อ)**

2558 -รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 2 การแข่งขันรายการ CRU Robot จัดโดย ราชฎัชจันเกษม

2559 - รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 2 การแข่งขันรายการ CRU Robot จัดโดย ราชฎัชจันเกษม

2560 - รางวัลชนะเลิศหุ่นยนต์เก็บกู้ ปรมาณู จัดโดยรายการสมภูมิไอเดีย

- รางวัลถ้วยพระราชทานสมเด็จพระเทพ

- เข้ารอบ ทีมสุดท้ายระดับประเทศ การแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon 2017

- รางวัล Best Design Award