การปรับปรุงการเก็บข้อมูลและควบคุมการผลิตบรรจุภัณฑ์ โดยใช้อินเตอร์เน็ตออฟติงส์ ตามแนวทางการบำรุงรักษาแบบทวีผลทุกคนมีส่วนร่วม

โดย
นางสาวอนัญญา มะโนวงค์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การปรับปรุงการเก็บข้อมูลและควบคุมการผลิตบรรจุภัณฑ์ โดยใช้อินเตอร์เน็ตออฟติงส์ ตามแนวทาง การบำรุงรักษาแบบทวีผลทุกคนมีส่วนร่วม

โดย
นางสาวอนัญญา มะโนวงค์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

IMPROVING DATA COLLECTION AND PRODUCTION CONTROL OF PACKAGING USING THE INTERNET OF THINGS (IOT) IN LINE WITH TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM) PRINCIPLES.

By

MISS Anunya MANOWONG

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Engineering ENGINEERING MANAGEMENT
Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT
Academic Year 2024
Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การปรับปรุงการเก็บข้อมูลและควบคุมการผลิตบรรจุภัณฑ์ โดยใช้อินเตอร์เน็ตออฟติงส์ ตามแนวทาง การบำรุงรักษาแบบทวีผลทุกคนมีส่วนร่วม
โดย	นางสาวอนัญญา มะโนวงค์
สาขาวิชา	การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณศรี ลีจีรจำเนียร)

พิจารณาเห็นชอบโดย

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

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

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ระพี กาญจนะ)

650920056 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1
คำสำคัญ : เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT), การบำรุงรักษาแบบทวีผลทุกคนมีส่วนร่วม (TPM), ระบบน้ำหล่อเย็น

นางสาว อนัญญา มะโนวงค์: การปรับปรุงการเก็บข้อมูลและควบคุมการผลิตบรรจุภัณฑ์โดยใช้อินเตอร์เน็ตออฟติงส์ ตามแนวทาง การบำรุงรักษาแบบทวีผลทุกคนมีส่วนร่วม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร

วิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเรื่องการปรับปรุงประสิทธิภาพในการเก็บข้อมูลและควบคุมกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์โดยใช้ Internet of Things (IoT) ร่วมกับ Total Productive Maintenance (TPM) โดยเริ่มต้นจากการแก้ไขปัญหาที่พบในแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของสินค้า ปัญหาหลักคือการรั่วของรายการบรรจุภัณฑ์ ด้วยการใช้เทคนิคเช่น 7 QC Tool, Why Why Analysis, และการระดมความคิด เพื่อหาสาเหตุและวิเคราะห์ปัญหาหลัก ผลการวิเคราะห์พบว่าระบบน้ำหล่อเย็นที่ใช้เครื่องชิลเลอร์ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิตามมาตรฐานได้ เนื่องจากขาดการดูแลและบำรุงรักษา ดังนั้นได้ทำการแก้ไขโดยการวางระบบทางเดินน้ำหล่อเย็นใหม่ โดยก่อนติดตั้งอุปกรณ์ IoT ได้มีการศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการทำงานด้วย Flow Process Chart มีกระบวนการทำงานการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ การติดตั้งอุปกรณ์ IoT ใช้ Arduino Uno และ Raspberry Pi 4 ในการรวบรวมข้อมูลและสร้าง Dashboard สำหรับควบคุมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น และการจัดเก็บข้อมูลผ่าน Google Sheets หลังการติดตั้งอุปกรณ์ ได้ลดขั้นตอนการเก็บข้อมูล และระบบสามารถบันทึกการทำงานของเครื่องชิลเลอร์ได้เป็นปัจจุบัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และวางแผนการทำ TPM โดยใช้เสาทั้งหมด 3 เสา คือการติดตั้งเครื่องมือและการปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Equipment and Improvement) การดูแลเครื่องจักรด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance) และการบำรุงรักษาตามแผน (Planned Maintenance) ทำให้สามารถควบคุมกระบวนการผลิตน้ำหล่อเย็นและเครื่องชิลเลอร์ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ ผลการวิจัยเสนอถึงความสำเร็จในการลดจำนวนรายการบรรจุภัณฑ์รั่วอย่างมีนัยสำคัญจาก 40 รายการก่อนการปรับปรุงเหลือเพียง 2 รายการหลังการปรับปรุง ซึ่งเป็นการลดลงถึง 95% และปรับปรุงระบบน้ำหล่อเย็นทำให้สามารถแก้ไขปัญหาได้ตรงจุด ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงในการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ การนำ IoT ร่วมกับ TPM ในกระบวนการผลิตน้ำหล่อเย็นชิลเลอร์เป็นต้นแบบในการพัฒนาในส่วนย่อยและสามารถประยุกต์ใช้ปรับปรุงในส่วนอื่นของกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพขึ้นได้

650920056 : Major ENGINEERING MANAGEMENT
Keyword : Internet of Things (IoT), Total Productive Maintenance (TPM), Chiller Water System

MISS Anunya MANOWONG : Improving Data Collection and Production Control of Packaging using the Internet of Things (IoT) in Line with Total Productive Maintenance (TPM) Principles. Thesis advisor : Associate Professor Dr. Prachuab Klomjit

This research aims to study the enhancement of efficiency in data collection and packaging process control using The Internet of Things (IoT) combined with Total Productive Maintenance (TPM). It begins by addressing issues found in the packaging production department that affect product quality, with the main problem being packaging leakage. Techniques such as the 7 QC Tool, Why Why Analysis, and brainstorming are used to identify causes and analyze the main problem in the packaging production. The analysis reveals that the cooling water system, operated by chillers, cannot maintain temperature according to standards due to lack of maintenance. Therefore, the issue is addressed by installing a new cooling water system. Before installing IoT devices, the workflow is studied and analyzed using a Flow Process Chart, with data collection processes analyzed. IoT devices, specifically Arduino Uno and Raspberry Pi 4, are then installed to collect data and create a dashboard for controlling cooling water temperature, with data stored in Google Sheets for analysis and TPM planning. The system can record chiller operations in real-time. Subsequently, the collected data is analyzed and TPM planning is conducted using all three pillars: Equipment and Improvement, Autonomous Maintenance, and Planned Maintenance, allowing control of the cooling water and chiller production processes for packaging. The research results demonstrate significant success in reducing the number of leaking packaging items, from 40 cases before improvement to just 2 cases afterward, a 95% reduction. The integration of IoT with TPM in the chiller's production process serves as a successful prototype for further development and efficiency improvement in other production processes.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์สาขาการจัดการงานวิศวกรรม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ ที่เป็นต้นสังกัดในการให้มาซึ่งทุน สถานที่ทำวิจัย ความรู้ ขอขอบคุณอุตสาหกรรมพัฒนามูลนิธิ สถาบันพลาสติกที่ให้ความรู้คำปรึกษาในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้อย่างดี และด้วยความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อีกทั้งอาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่แหล่มและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ ที่ให้เกียรติในการเป็นกรรมการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการจัดทำวิจัยฉบับนี้

ท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวของผู้วิจัยที่ช่วยให้กำลังใจและสนับสนุนในการศึกษา ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงาน และเพื่อนของผู้วิจัยทุกคนที่ช่วยเหลือให้การสนับสนุนเสมอมา ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านมา ณ ที่นี้ด้วย หวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจและเป็นแนวทางการศึกษาพัฒนาต่อไปในอนาคต

อนัญญา มะโนวงค์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 สมมติฐานการวิจัย 2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ 3

บทที่ 2 4

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 Industrial Internet of Things 4

2.2 ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS) 6

2.3 PLC (Programmable Logic Controller) 9

2.4 การบำรุงรักษาแบบทวีผล (Total Productive Maintenance) 10

2.5 การเป่าขวดพลาสติก 12

2.6 เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ (7 Qc Tools) 7 Qc Tools หรือเครื่องคุมคุณภาพ 7 อย่าง ในสภาวะการ 14

2.7 การระดมสมอง 17

2.8 Why Why Analysis 18

2.9 หลักการเครื่องทำความเย็น (ชิลเลอร์).....20

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21

บทที่ 3 25

วิธีการดำเนินงานวิจัย 25

3.1 ศึกษาข้อมูลและวิธีการทำงานของการผลิตบรรจุภัณฑ์.....25

3.2 เก็บข้อมูลและรวบรวมปัญหาของการผลิตบรรจุภัณฑ์.....41

3.3 วิเคราะห์ข้อมูลและสาเหตุของปัญหาการผลิตบรรจุภัณฑ์ 44

3.3 การติดตั้ง IoT เก็บข้อมูลอัตราการไหลน้ำเข้าเครื่องและอุณหภูมิน้ำเข้าออก.....55

3.4 การสร้างแผนการนำแผนการบำรุงรักษาแบบทวีผลทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance) 62

บทที่ 4 64

ผลการดำเนินการ.....64

4.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยนำ Internet of Thing (IoT) มาใช้เพื่อช่วยแก้ปัญหา 64

4.2 ผลจากการนำหลักการบำรุงรักษาทวีผลทุกคนมีส่วนร่วมมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในระบบน้ำหล่อเย็นและระบบควบคุม IoT ในโรงผลิตบรรจุภัณฑ์ 67

4.3 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์จากระบบ IoT.....76

4.4 สถิติของเสียหลังจากการปรับปรุง 78

บทที่ 5 81

สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....81

5.1 สรุปผล.....81

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย.....81

5.3 ข้อเสนอแนะ 82

รายการอ้างอิง 97

ประวัติผู้เขียน 100

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะข้อร้องเรียนที่พบปัญหา ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม – เดือน กันยายน พ.ศ. 2566 43

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลประเภทบรรจุภัณฑ์ที่พบของเสียมากที่สุด ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม – เดือน กันยายน พ.ศ. 2566 43

ตารางที่ 3 Flow Process Chart ปรับปรุงขั้นตอนการป้อนข้อมูลในแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ (ก่อนการปรับปรุง) 51

ตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ Why Why ของปัญหาอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นไม่เป็นไปตามมาตรฐาน 52

ตารางที่ 5 คำนวณประสิทธิภาพต้นกำลังของเครื่องชิลเลอร์ 53

ตารางที่ 6 แสดงอัตราการไหลน้ำหล่อเย็น ที่วัดโดยโฟล์วมิเตอร์ ทีท่อขนาด 1 นิ้ว 54

ตารางที่ 7 แสดงอัตราการไหลคำนวณกำลังจาการใช้งานกับเครื่องเป่าแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า 54

ตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบน้ำหล่อเย็นกับค่าพลังงานที่เครื่องในระบบผลิตได้ 54

ตารางที่ 9 Flow Process Chart ปรับปรุงขั้นตอนการป้อนข้อมูลในแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ (หลังการปรับปรุง) 77

ตารางที่ 10 แสดงลักษณะข้อร้องเรียนที่พบปัญหา ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 – เดือน มกราคม พ.ศ. 2567 78

ตารางที่ 11 แสดงข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่พบของเสีย ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2566 – เดือน มกราคม พ.ศ. 2567 78

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบข้อร้องเรียนก่อนและหลังปรับปรุงระบบน้ำหล่อเย็น 79

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ภาพประกอบ IIoT Model การวิเคราะห์ทางอุตสาหกรรม 5

ภาพที่ 2 กิจกรรม 8 เสาหลักของ TPM [5] 12

ภาพที่ 3 กระบวนการขึ้นรูปแบบเป่ายืด (Extrusion Blow) 13

ภาพที่ 4 กระบวนการขึ้นรูปแบบฉีดเป่าพลาสติก (Injection Blow) 13

ภาพที่ 5 กระบวนการขึ้นรูปแบบแบบเป่ายืด (Stretch Blow) [6] 14

ภาพที่ 6 ตัวอย่างแผนภาพพาเรโต 15

ภาพที่ 7 ลักษณะแผนภาพก้างปลา [7] 16

ภาพที่ 8 แผนภาพแสดงขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย 25

ภาพที่ 9 เครื่องเป่าถังสองแม่พิมพ์ขนาด 20 ลิตร 26

ภาพที่ 10 ถังผลิตภัณฑ์จากเครื่องเป่าถังสองแม่พิมพ์ขนาด 20 ลิตร 26

ภาพที่ 11 PLC Mitsubishi Electric รุ่น FX3u-128M ที่ใช้กับเครื่องเป่าถัง 20 ลิตรสองแม่พิมพ์ .27

ภาพที่ 12 เครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตร 27

ภาพที่ 13 แกลลอนผลิตภัณฑ์จากเครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตร 28

ภาพที่ 14 PLC Mitsubishi Electric รุ่น FX3u-64M ที่ใช้กับเครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตร.....28

ภาพที่ 15 เครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตร (ไม่มีโลโก้).....29

ภาพที่ 16 แกลลอนผลิตภัณฑ์จากเครื่องเป่าถังขนาด 3.8 ลิตร (ไม่ตราบริษัท) 29

ภาพที่ 17 OMRON SYSMAC CPM2A ที่ใช้กับเครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตร (ไม่ตราบริษัท).....30

ภาพที่ 18 เครื่องเป่าถังขนาด 10 ลิตร 30

ภาพที่ 19 แกลลอนผลิตภัณฑ์จากเครื่องเป่าถังขนาด 10 ลิตร 31

ภาพที่ 20 Mitsubishi Electric รุ่น FX3u-80M ที่ใช้กับเครื่องเป่าถังขนาด 10 ลิตร.....31

ภาพที่ 21 เครื่องฉีดถังและฝาขนาด 20 ลิตร 31

ภาพที่ 22 ถังและฝาผลิตภัณฑ์จากเครื่องฉีดถังขนาด 20 ลิตร 32

ภาพที่ 23 JHA รุ่น micro control JHA 05 SYSTEM ใช้กับเครื่องฉีดถังปากกว้างขนาด 20 ลิตร32

ภาพที่ 24 แผนผังการทำงานแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ 33

ภาพที่ 25 แผนผังการทำงานของเครื่องจักรแบบเป่า (extrusion blow molding) [22].....34

ภาพที่ 26 ชุดประกอบการเป่าขวดพลาสติก (Extrusion blow molding) [23] 35

ภาพที่ 27 แผนผังการทำงานของเครื่องจักรแบบฉีด (Injection Blow Molding) 36

ภาพที่ 28 เครื่องนาโนฮีทเตอร์ (Nano Heater) [24].....37

ภาพที่ 29 เครื่องทำความเย็น (Cooling System).....38

ภาพที่ 30 เครื่องชิลเลอร์ (Chiller).....38

ภาพที่ 31 ส่วนประกอบของเครื่องจักรที่ใช้ความเร็วในการเป่าพลาสติก.....39

ภาพที่ 32 หนหน้าจอควบคุม PLC ที่กำหนดเวลาควบคุมความเร็ว.....39

ภาพที่ 33 หน้าจอควบคุมระดับความดันไฮดรอลิก 40

ภาพที่ 34 เครื่องปั๊มลมที่ทำความดันให้กับแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ 40

ภาพที่ 35 หน้าจอควบคุม PLC การปรับเปลี่ยนเวลาทางเทคนิค 41

ภาพที่ 36 แสดงปริมาณการผลิตบรรจุภัณฑ์ในแต่ละเครื่องจักรต่อเดือน 42

ภาพที่ 37 บันทึกการร้องเรียนปัญหาคุณภาพสินค้าจากระบบ 42

ภาพที่ 38 แสดงประเภทของเสียที่รวบรวมจากข้อมูลการร้องเรียน.....44

ภาพที่ 39 แสดงประเภทของเสียจากปัญหาบรรจุภัณฑ์รั่ว 45

ภาพที่ 40 ผังหน้าที่การระดมความคิดจากทางทีมผู้วิจัยและทีมสถาบันพลาสติก 46

ภาพที่ 41 ตัวอย่างแผนผังก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุการรั่วในถังบรรจุภัณฑ์ 47

ภาพที่ 42 ตัวอย่างแผนผังก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุการแตกในถังบรรจุภัณฑ์ 47

ภาพที่ 43 ตัวอย่างแผนผังก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุปัญหาบรรจุภัณฑ์รั่ว (ฝา).....48

ภาพที่ 44 ใบรายงานการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ประจำวันส่วนที่ 1 48

ภาพที่ 45 ใบรายงานการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ประจำวันส่วนที่ 2 49

ภาพที่ 46 หน้าจอเครื่องชิลเลอร์แจ้งเตือนความผิดปกติ 49

ภาพที่ 47 เครื่องชิลเลอร์ที่ขาดการดูแลและบำรุงรักษา 50

ภาพที่ 48 ข้อมูลกราฟอุณหภูมิที่เก็บรวบรวมจากใบตรวจสอบพารามิเตอร์ 52

ภาพที่ 49 การวางผังและการเดินท่อระบบน้ำหล่อเย็นใหม่.....55

ภาพที่ 50 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งระบบ IoT น้ำหล่อเย็น 61

ภาพที่ 51 แผนการกำหนดการติดตั้งเครื่องมือและการปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Equipment and improvement).....62

ภาพที่ 52 แผนการดำเนินการเสาที่ 2 การดูแลเครื่องจักรด้วยตนเอง (Autonomous maintenance).....63

ภาพที่ 53 แผนการดำเนินการเสาที่ 3 การบำรุงรักษาตามแผน (Planned maintenance).....63

ภาพที่ 54 ท่อน้ำเข้าน้ำออกที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ IoTและตู้ควบคุม.....65

ภาพที่ 55 ภายในตู้ควบคุมที่นำไปควบคุมและเก็บข้อมูลจากเซนเซอร์.....65

ภาพที่ 56 Node-Red Flow เครื่อง GAM-05เครื่องเป่าถัง 20 ลิตรสองแม่พิมพ์.....66

ภาพที่ 57 Node-Red Dash Board 66

ภาพที่ 58 การจัดเก็บข้อมูลที่บันทึกลงใน Google Sheets.....67

ภาพที่ 59 การเดินท่อน้ำชิลเลอร์ก่อนปรับปรุง.....68

ภาพที่ 60 การเดินท่อน้ำชิลเลอร์หลังปรับปรุง 68

ภาพที่ 61 พนักงานในการวางแผนการบำรุงรักษาแบบทวีผลทุกคนมีส่วนร่วมและติดตั้งระบบ 69

ภาพที่ 62 สภาพแวดล้อมบริเวณห้องชิลเลอร์หลังการปรับปรุงและบำรุงรักษา.....69

ภาพที่ 63 Work Instructions(WI) การดูแลเครื่องชิลเลอร์และสภาพแวดล้อม.....70

ภาพที่ 64 Work Instructions (WI) ดูแลท่อน้ำระบบหล่อเย็น.....71

ภาพที่ 65 Work Instructions(WI) การเข้าถึงข้อมูลที่เก็บจากระบบIoT.....72

ภาพที่ 66 ตารางการตรวจเช็ค และบำรุงรักษาเครื่องชิลเลอร์.....73

ภาพที่ 67 แดชบอร์ดจากโปรแแกรม lookerstudio 74

ภาพที่ 68 รายการอะไหล่สำรองเครื่องชิลเลอร์.....75

ภาพที่ 69 ข้อมูลที่ได้จากระบบ IoT มาวิเคราะห์ Control chart หลังการปรับปรุง.....76

ภาพที่ 70 กราฟเปรียบเทียบข้อร้องเรียนก่อนและหลังปรับปรุง 79

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว เทคโนโลยีมีผลอย่างมากในชีวิตประจำวันไม่ว่าจะทางตรงหรือทางอ้อม เทคโนโลยีช่วยให้การดำรงชีวิตสะดวกสบายได้ยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็น ด้านการอุปโภค บริโภค การศึกษา การติดต่อสื่อสาร การทำงาน ล้วนต้องพึ่งเทคโนโลยี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเทคโนโลยีมาปรับใช้กับการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันทางการตลาดที่สูงขึ้นด้วยการนำเอาองค์ความรู้และการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์มาใช้กับการทำงาน สามารถครอบคลุมการทำงานอย่างทั่วถึง วิเคราะห์พัฒนากระบวนการผลิตรวมไปถึงด้านการใช้ทรัพยากรและต้นทุนได้อย่างคุ้มค่า

การนำเอาเทคโนโลยีระบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) มาใช้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิผลมากขึ้น โดย IoT ช่วยให้สามารถตรวจสอบและควบคุมกระบวนการผลิตได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว ผ่านการรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ในเวลาจริง ในด้านการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ IoT ช่วยในการตรวจสอบสถานะและประเมินความเสียหายของอุปกรณ์อัตโนมัติ ทำให้สามารถตรวจสอบความชำรุด ความเสียหายหรือสภาพที่เสื่อมสภาพของอุปกรณ์ได้อย่างรวดเร็ว และแจ้งเตือนผู้ดูแลระบบเมื่อต้องการการบำรุงรักษา ซึ่งสามารถลดการเสียหายที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการผลิตที่ไม่เหมาะสม และช่วยในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นได้ ในด้านการปรับปรุงกระบวนการผลิต IoT ช่วยให้สามารถรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันในกระบวนการผลิต และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อค้นหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการได้ ซึ่งสามารถระบุปัญหาและปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้ ด้านความปลอดภัย IoT ช่วยในการตรวจจับและระบุความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมการทำงาน ทำให้สามารถรักษาความปลอดภัยของโรงงานและพนักงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การนำเอา IoT มาใช้ในภาคอุตสาหกรรมมีความสามารถในการเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุน ปรับปรุงกระบวนการ และเพิ่มความปลอดภัย ซึ่งช่วยให้ธุรกิจในภาคอุตสาหกรรมเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความก้าวหน้าในการแข่งขันกับตลาดอื่น ในยุคดิจิตอล

เนื่องด้วยในกรณีศึกษา เป็นการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ของบริษัทเป็นผู้ผลิตเอง ซึ่งมีเครื่องจักรในการผลิตถังบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบันทั้งหมด 5 เครื่องประกอบไปด้วย เครื่องเป่าถัง

สองแม่พิมพ์ขนาด 20 ลิตร เครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตร เครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตรไม่มีตราบริษัท เครื่องเป่าถังขนาด 10 ลิตร และเครื่องฉีดถังถังปากกว้างขนาด 20 ลิตร ในการผลิตถังบรรจุภัณฑ์ยังพบปัญหาในการผลิตและพบข้อร้องเรียนเกี่ยวกับคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ อีกทั้งยังขาดข้อมูลที่สามารถนำมาวิเคราะห์ เพื่อนำมาสู่กระบวนการแก้ปัญหาและปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ร่วมกับTotal Productive Maintenance (TPM) ทำให้โรงผลิตถังบรรจุภัณฑ์สามารถปรับปรุงการทำงานได้ ด้วยการใช้เทคโนโลยี IoT สามารถเลือกดำเนินการเก็บข้อมูลในแต่ละส่วนที่เฉพาะเจาะจงได้ ซึ่งเป็นการเริ่มต้นที่ดีในการใช้เทคโนโลยี เนื่องจากมีการลงทุนที่ต่ำ รวมถึงการนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งในการผลิตได้ หากมีผลลัพธ์การเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นจากการนำเทคโนโลยี IoT มาใช้แล้วจึงขยายในการปรับปรุงของแผนกอื่น ๆ ตามมา เพื่อควบคุมและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ทั้งโรงงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อการแก้ไขปัญหาเรื่องคุณภาพสินค้าถังบรรจุภัณฑ์รั่ว ของแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์จากข้อร้องเรียน

1.2.2 เพื่อนำเอาเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) มาใช้รวบรวมข้อมูลและควบคุมการผลิตบรรจุภัณฑ์ในส่วนที่พบปัญหา ทำให้สามารถควบคุมการผลิตและลดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนหรือไม่จำเป็นออกได้

1.2.3 เพื่อจัดทำแผนซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน Total Productive Maintenance (TPM) ร่วมกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากระบบ Internet of Things (IoT)

1.3 สมมติฐานการวิจัย

การปรับปรุงการเก็บข้อมูลและควบคุมการผลิตบรรจุภัณฑ์ด้วย Internet of Things (IoT) ตามแนวทาง Total Productive Maintenance (TPM) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการเก็บข้อมูลและควบคุมคุมคุณภาพบรรจุภัณฑ์ได้

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาคุณภาพสินค้าจากข้อมูลข้อร้องเรียนของบริษัทตัวอย่างตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2566 ถึง เดือน มกราคม 2567

1.4.2 วิจัยเน้นด้านการแก้ไขปัญหาคุณภาพสินค้าถังบรรจุภัณฑ์ที่รั่วของแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลและ

ควบคุมกระบวนการผลิต ซึ่งรวมไปถึงการจัดทำแผนซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน Total Productive Maintenance (TPM) ร่วมกับการใช้ใช้ข้อมูลที่ได้รับจากระบบ Internet of Things (IoT) โดยเฉพาะ

1.4.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์หลังจากการปรับปรุงและการใช้เทคโนโลยีใหม่ นำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและบำรุงรักษาด้วยเสาTPM 3 เสา คือการติดตั้งเครื่องมือและการปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Equipment and Improvement) การดูแลเครื่องจักรด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance) และการบำรุงรักษาตามแผน (Planned Maintenance)

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 การแก้ไขปัญหาคุณภาพของถังบรรจุภัณฑ์ที่รั่วจะช่วยลดการสูญเสียและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากสินค้าที่มีปัญหา

1.5.2 การใช้เทคโนโลยี IoT ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บข้อมูล โดยลดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนหรือไม่จำเป็นออกไป

1.5.3 การวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีมาตรฐานจะช่วยลดการชำรุดของอุปกรณ์และเครื่องจักรในการผลิต ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและหยุดการผลิตที่ไม่คาดคิดได้

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT)

การบำรุงรักษาแบบทวีผลทุกคนมีส่วนร่วม (TPM)

ระบบน้ำหล่อเย็น

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 Industrial Internet of Things

แนวคิดของอุตสาหกรรม 4.0 มีอิทธิพลในการสร้างแรงกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านนวัตกรรมการผลิตเข้ากับการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ตในรูปแบบ “Internet of Things (IoT)” ทำให้กระบวนการผลิตตลอดทั้งซับพลายเชนเชื่อมต่อกันบนโลกดิจิทัลได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และในปัจจุบันก็มีการปรับใช้ในอุตสาหกรรมทั้งขนาดใหญ่และขนาดย่อมในชื่อของ Industrial Internet of Things ประโยชน์ของ IIoT ช่วยปรับปรุงการเชื่อมต่อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสาร ยืดหยุ่น ประหยัดเวลา และประหยัดค่าใช้จ่ายในการวางแผนการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมบริษัทที่มีความพร้อม เริ่มได้รับประโยชน์จาก IIoT ในการลดต้นทุนการผลิตจากการบำรุงรักษาที่คาดการณ์ล่วงหน้า (Predictive maintenance) การตรวจสถานะของเครื่องจักร (Moniter) และหลีกเลี่ยงการ Downtime ของระบบเพิ่มความปลอดภัยและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานในส่วนอื่นได้ดียิ่งขึ้น ระบบเครือข่าย IIoT สามารถเชื่อมต่อข้อมูลขนาดใหญ่ ของแต่ละหน่วยงานตั้งแต่ไลน์การผลิตไปจนถึงระดับออฟฟิศและทุกคนในองค์กรอย่างเป็นระบบ เพื่อที่จะเป็นตัวแปรสำคัญนำไปสู่การตัดสินใจในอนาคต การขยายตัวของ IoT สำหรับภาคอุตสาหกรรมและโรงงานการผลิต (Industrial Internet of Thing - IIoT) ทั่วโลกมีแนวโน้มการเติบโตสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

2.1.1 ส่วนประกอบสำคัญของ IIoT

Industrial Internet of Things หรือ IIoT คือการนำเครื่องจักร ระบบการวิเคราะห์ขั้นสูง และคนมาทำงานร่วมกันผ่านโครงข่ายของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันด้วยเทคโนโลยีสื่อสาร ส่งผลให้เกิดระบบที่สามารถติดตาม เก็บข้อมูล แลกเปลี่ยนและแสดงผลข้อมูลเชิงลึกที่เป็นประโยชน์ ส่วนประกอบที่สำคัญของ IIoT การนำระบบ Internet of Thing (IoT) มาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตนั้นจำเป็นจะต้องพัฒนาองค์ประกอบหลายประการ อาทิ การปรับปรุงเครื่องจักรกลและอุปกรณ์แบบเดิมให้รองรับเทคโนโลยี IIoT การเพิ่มอุปกรณ์ตรวจวัดและการเชื่อมต่อระบบการทำงานเข้าด้วยกัน รวมถึงระบบรักษาความปลอดภัยของข้อมูล การควบคุมและการจัดการข้อมูลที่ได้รับทั้งโครงข่ายข้อมูล การใช้สมาร์ทเซนเซอร์ในการเชื่อมต่อสื่อสารถึงงกันระหว่างเครื่องจักรกล (Machine-to-Machine M2M Communication) ซึ่งวิธีนี้จะทำให้เครื่องจักรกล สามารถประเมินสถานะการทำงานที่ดีที่สุดและจดจำข้อมูล ตลอดจนการลำดับขั้นตอนการผลิตได้ด้วยตัวเองและการรวบรวมข้อมูลขนาดใหญ่ที่ได้รับ ด้วยการประเมินผลแบบเรียลไทม์ เข้ามาควบคุมติดตามและบันทึกผลการ

ผลิตผ่านอุปกรณ์ เช่น สมาร์ทโฟน แท็บแล็ต คอมพิวเตอร์ ซึ่งในปัจจุบันแพลตฟอร์มการทำงานของระบบ IIot ประกอบไปด้วย 3 เทคโนโลยีหลัก ได้แก่

1. Sensors และ Sensor-Driven Computing

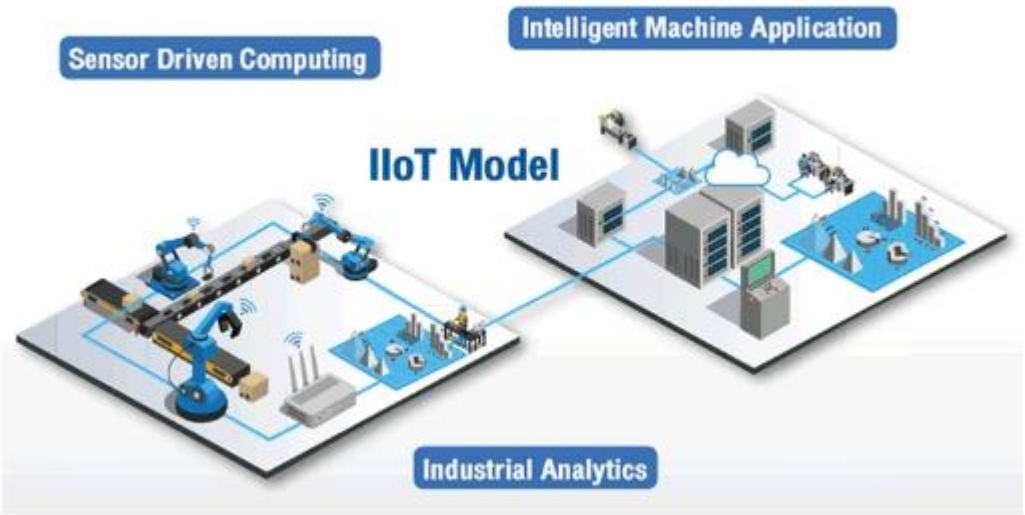
เซนเซอร์ถือเป็นด่านแรกในการเก็บข้อมูลที่ได้จากการผลิต และส่งไปยังส่วนของ Processor ซึ่งตัวเซนเซอร์ทำให้อุปกรณ์สามารถรับรู้สภาวะต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน แรงดันไฟฟ้า การเคลื่อนไหว และด้านเคมี Sensor-Driven Computing จะแปลงการรับรู้นี้เป็นข้อมูลเชิงลึก (Insights) โดยใช้ Analytics ในลำดับถัดไปที่ผู้ปฏิบัติงาน และระบบสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อได้

2. Processor หรือ Industrial Analytics

โปรเซสเซอร์เป็นตัวประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากเซนเซอร์ ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ เพื่อเก็บข้อมูลหลายๆส่วนของเครื่องจักรในคราวเดียวกัน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ส่งคำสั่งไปยังเซนเซอร์ เป็นเสมือนเครือข่ายในการเชื่อมโยงข้อมูลทุกจุดให้สามารถทำงานได้ทันที

3. Intelligent Machine Application

ในอนาคตอันใกล้ผู้ผลิตเครื่องจักรจะไม่ผลิตเพียงแค่เครื่องจักรที่มีระบบเฉพาะกลไกเท่านั้น แต่จะรวมฟังก์ชั่นที่มีสมอง (Interrigence) อีกด้วย เพื่อควบคุมการผลิตอัตโนมัติผ่านซอฟท์แวร์ ซึ่งปกติผู้วางระบบจะทำบนคลาวด์ทั้งหมดเพื่อ ให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุม แก้ไข จัดการตรวจสอบการทำงานผ่านแอปพลิเคชั่นที่ได้รับการพัฒนาขึ้น และสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ประมวลผลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต่อไป



ภาพที่ 1 ภาพประกอบ IIoT Model การวิเคราะห์ทางอุตสาหกรรม

2.1.2 การเติบโตของตลาด IIoT ระดับสากล

ผลจากการศึกษาวิจัยข้อมูลทางการตลาดโดย Market and Market พบว่าปี 2015 ตลาด IIoT มีมูลค่าตลาดโดยรวมสูงถึง 113 พันล้านเหรียญสหรัฐ ซึ่งคาดว่าภายในปี 2023 จะมีมูลค่าตลาดกว่า 195 พันล้านเหรียญสหรัฐ อัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปี 7.9% การเติบโตของ IIoT มีผลมาจากหลักการโรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory) และเทคโนโลยีการผลิตแบบออโตเมชั่นโดยการริเริ่มของภาครัฐ

ตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรม 4.0 ของประเทศเยอรมันและฝรั่งเศษที่มีการส่งเสริมการใช้โซลูชั่น IIoT ในยุโรป เช่นเดียวกับ สหรัฐอเมริกาในขณะที่ประทศจีนยังถือครองตลาดในด้าน IIoT ได้แก่ความก้าวหน้าในเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ และวิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีคลาวน์ที่เติบโตอย่างรวดเร็ว

2.1.3 อนาคตและความท้าทายของ IIoT

อย่างไรก็ตาม การรพัฒนาระบบ IIoT ซึ่งต้องอาศัยการเชื่อมต่ออุปกรณ์และเครื่องจักร รวมกันเป็นหนึ่งเดียวอาจทำได้ยากและต้องใช้เวลา เนื่องจากในเครื่องจักรแต่ละรูปแบบและระบบโครงสร้างที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเป็นความท้าทายของผู้พัฒนาระบบการเชื่อมต่อทั้งหมดสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ และคำนึงถึงการเก็บรักษาความปลอดภัยของข้อมูล IIoT กำลังกลายเป็นกระแสการพัฒนาที่สำคัญส่งผลต่อความสำเร็จในธุรกิจอุตสาหกรรมทั้งในปัจจุบันและในอนาคต ภาคธุรกิจพยายามพลักดันการพัฒนาระบบและอุปกรณ์ที่ทันสมัยเพื่อตอบสนองให้ทันต่อความต้องการ ของตลาดที่รวดเร็วผันผวนและเผชิญกับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน (Disruptive Technology) อุตสาหกรรมที่นำ IIoT มาใช้งานสามารถปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิต ความปลอดภัย เพิ่มประสิทธิภาพ และให้ผลกำไรที่ดีกว่าในระยะยาว [1]

2.2 ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS)

MIS ย่อมาจาก Management Information System ซึ่งเป็นระบบการจัดการที่รวบรวมและจัดเก็บข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อประมวลผลและจัดรูปแบบให้เป็นสารสนเทศที่ใช้สนับสนุนในการทำงานและการตัดสินใจในด้านต่าง ๆ ของผู้บริหาร ระบบนี้ช่วยให้ผู้บริหารสามารถเข้าถึงข้อมูลที่จำเป็นในการดำเนินธุรกิจได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประมวลผล วิเคราะห์ และเผยแพร่ข้อมูลให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องในองค์กร

2.2.1 หน้าที่หลักของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ

MIS คือระบบที่ให้สารสนเทศที่ผู้บริหารต้องการ เพราะเป็นข้อมูลที่ถูกแปลงเป็นสารสนเทศแล้ว ซึ่งทำให้ผู้บริหารสามารถนำสารสนเทศนั้น ๆ ไปใช้ตัดสินใจ ประสานงาน วางแผน

ควบคุม และปฏิบัติการของหน่วยงานหรือองค์กรต่อไป ทั้งทางด้านสถิติและการบริหารธุรกิจได้อย่างถูกต้อง เพื่อให้การดำเนินงานขององค์การเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจสรุปหน้าที่หลักของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการได้ 2 ประการ คือ

1. เก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ทั้งจากภายใน และภายนอกองค์การมาไว้ด้วยกันอย่างเป็นระบบ

2. ประมวลผลข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้สารสนเทศที่ช่วยสนับสนุนการปฏิบัติงาน และการบริหารงานของผู้บริหาร

2.2.2 ส่วนประกอบของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ

เพื่อให้ได้สารสนเทศที่มีรายละเอียดหรือข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ เช่น การสรุปผลการวิเคราะห์ การวางแผน ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดควรประกอบด้วยส่วนสำคัญดังนี้

1. เครื่องมือในการสร้างระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ คือโครงสร้างพื้นฐานที่ทำให้ระบบดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยแบ่งเป็นส่วนสำคัญดังนี้

1.1 ฐานข้อมูล (Database) ส่วนประกอบสำคัญในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยถูกจัดเก็บไว้อย่างเป็นระบบ ปลอดภัย และสามารถเรียกใช้ข้อมูลได้อย่างสะดวก ไม่ซ้ำซ้อนในเวลาที่ต้องการใช้ข้อมูล เพื่อให้ปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 เครื่องมือ (Tools) เป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการจัดเก็บ และประมวลผลข้อมูล คือ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software)

2. วิธีการหรือขั้นตอนการประมวลผล การที่จะได้สารสนเทศที่มีประสิทธิภาพตรงตามต้องการ จะต้องมีการวางแผนจัดการที่ดี ได้แก่ การจัดลำดับการประมวลผล การวางแผนงานและเลือกวิธีการประมวลผลให้ถูกต้อง ซึ่งการจัดลำดับและวางแผนการประมวลผลข้อมูลมีลักษณะดังต่อไปนี้

2.1 การประมวลผลข้อมูลทั่วไป

2.2 ใช้ข้อมูลที่มีรายละเอียดมาก

2.3 ระยะเวลาในการใช้ข้อมูลเป็นระยะสั้นส่วนมากใช้กับการปฏิบัติงานประจำวัน

2.4 มักเป็นระบบออนไลน์ (On-line Processing)

3. มีการจัดเก็บข้อมูลและสารสนเทศเป็นฐานข้อมูล เพื่อเป็นศูนย์กลางของข้อมูลในการใช้ข้อมูลร่วมกันและช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล

4. มีการจัดการเกี่ยวกับทรัพยากรข้อมูล เพื่อควบคุมการทำงานระบบ ให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การพัฒนาระบบที่รองรับการยายตัวของจำนวนพนักงานและงานใน

อนาคต การบริหารงานภายใต้ระยะเวลาที่จำกัด การใช้เครื่องมือที่ทันสมัยและตรงตามวัตถุประสงค์ของการทำงาน และการตระหนักถึงคุณค่าและความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในอนาคต

5. การแสดงผลลัพธ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูล ต้องสามารถนำเสนอและเข้าใจได้ง่าย แสดงผลรวดเร็ว มักอยู่ในรูปแบบรายงานที่มีลักษณะเป็นตาราง กราฟ รูปภาพ หรือเสียง เป็นต้น ทั้งนี้ เพื่อให้การนำเสนอข้อมูลมีประสิทธิภาพ จะขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล และลักษณะของการนำไปใช้งาน

2.2.3 คุณสมบัติสำคัญของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ

1. มีความสามารถในการจัดการข้อมูล (Data Manipulation) ซึ่งต้องสามารถปรับปรุงแก้ไขและจัดการข้อมูลที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

2. มีความปลอดภัยของข้อมูล (Data Security)

3. มีความยืดหยุ่น (Flexibility) ต้องมีความสามารถในการปรับตัว เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งานหรือปัญหาที่เกิดขึ้น

4. มีความพอใจของผู้ใช้ (User Satisfaction)

2.2.4 ประโยชน์ของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ

1. ผู้ใช้สามารถเข้าถึงสารสนเทศที่ต้องการได้อย่างรวดเร็วและได้รับข้อมูลที่ทันสมัย

2. ผู้ใช้สามารถนำสารสนเทศที่ได้ มากำหนดเป้าหมาย กลยุทธ์ และการวางแผนปฏิบัติการในการทำงานได้

3. ผู้ใช้สามารถนำสารสนเทศที่ได้ มาใช้ในการตรวจสอบประเมินผลการดำเนินงาน

4. ผู้ใช้สามารถนำสารสนเทศที่ได้ มาใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น การค้นหาสาเหตุ หรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการดำเนินงาน เพื่อหาวิธีควบคุม ปรับปรุง และแก้ไขปัญหา

5. ผู้ใช้สามารถนำสารสนเทศที่ได้ มาใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้

สารสนเทศที่ได้จากระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการสามารถสนับสนุนข้อมูลให้แก่ผู้บริหารทั้งสามระดับได้ ซึ่งรายงานที่ได้จะเป็นข้อมูลสรุปที่สร้างขึ้นจากฐานข้อมูลทั้งหมด เพื่อช่วยให้ผู้บริหารสามารถมองเห็นแนวโน้มและภาพรวมของข้อมูลที่สำคัญ โดยรายงานเหล่านี้จะถูกจัดรูปแบบให้เข้าใจง่ายและมีประสิทธิภาพสูง เพื่อให้ผู้บริหารสามารถทำการตัดสินใจที่ถูกต้องและมีความรู้สึกมั่นใจในการบริหารงานขององค์กร

การนำไปใช้งานสามารถแบ่งได้ 4 ระดับดังนี้

1. ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการในการวางแผนนโยบาย กลยุทธ์ และการตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง

2. ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการในส่วนยุทธวิธีในการวางแผนการปฏิบัติและการตัดสินใจของผู้บริหารระดับกลาง

3. ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการในระดับปฏิบัติการและการควบคุมในขั้นตอนนี้ผู้บริหารระดับล่างจะเป็นผู้ใช้สารสนเทศ เพื่อช่วยในการปฏิบัติติงาน

4. ระบบสารสนเทศที่ได้จากการประมวลผล

จะเห็นได้ว่า ภาพรวมของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการที่กล่าวไปทั้งทั้งหมดนั้น เป็นการประยุกต์ใช้ทั้งความรู้ทางด้านการบริหารและความรู้ทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศได้อย่างลงตัว [2]

2.3 PLC (Programmable Logic Controller)

อุปกรณ์ที่คุ้มค่าที่ใช้ในระบบควบคุมและตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรและระบบอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมคือระบบควบคุมโปรแกรมลอจิก (Programmable Logic Controller: PLC) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่รับสัญญาณจากเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ แล้วประมวลผลคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้ทำงานตามที่ต้องการ โดยใช้โปรแกรมที่โปรแกรมเข้าไปภายใน PLC เพื่อกำหนดการตรวจสอบสถานะ ควบคุม และปรับปรุงการทำงานของระบบได้อย่างยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพสูง ระบบควบคุมโปรแกรมลอจิกเป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมเนื่องจากมีความสามารถในการทำงานที่เร็วและแม่นยำ และสามารถปรับเปลี่ยนแก้ไขโปรแกรมได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีความเป็นระบบที่มั่นคงและมีความน่าเชื่อถือในการทำงาน รวมถึงการรองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น

หลักการทำงานของ PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุมชนิดหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมและตรวจสอบระบบโดยใช้การเขียนโปรแกรมแทนการใช้รีเลย์ในการควบคุมต่าง ๆ โดยองค์ประกอบหลักของ PLC คือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นโมดูล ซึ่งสามารถตรวจสอบด้วยตัวเอง ทำให้กรณีที่มีอุปกรณ์เสียหาย เราสามารถเปลี่ยนโมดูลได้ง่ายดังนั้น PLC ยังสามารถตรวจสอบสถานะ ON หรือ OFF ของอุปกรณ์ภายนอกตามโปรแกรมได้ ทำให้สามารถตรวจสอบข้อบกพร่องได้อย่างรวดเร็ว PLC มีหน่วยอินพุตและเอาต์พุตหลายชนิด เช่น อินพุต/เอาต์พุตแบบลอจิก (On/Off), อินพุต/เอาต์พุตแบบ AC/DC, อินพุต/เอาต์พุตแบบ TTL, อินพุต/เอาต์พุตแบบอนาล็อก (Analog), อินพุต/เอาต์พุตแบบอิสระ (Isolated), อินพุต/เอาต์พุตแบบตัวเลข, อินพุต/เอาต์พุตแบบรีจิสเตอร์ (Register), อินพุต/เอาต์พุตแบบรีโมท, และอินพุต/เอาต์พุตแบบหน้าจอสัมผัส (Touchscreen) เป็นต้น ทำให้สามารถควบคุมเครื่องจักรทุกชนิดได้ นอกจากนี้ PLC ยังมีหน่วยอินพุตและเอาต์พุตจำนวนมากที่มีขนาดเล็กและ

ราคาถูก ซึ่งช่วยให้การใช้งานเป็นไปได้อย่างยืดหยุ่นและสะดวกสบายในการปรับปรุงและปรับแต่งระบบ

หลักการทำงานของ PLC คือเมื่อมีสัญญาณอินพุตเข้ามา จะถูกเก็บเป็นค่าในหน่วยความจำ โดยใช้หน้าคอนแทคในการเก็บค่าเข้าไป โดยหน้าคอนแทคที่ต่อกันเรียกว่าลอจิก 1 และหน้าคอนแทคที่ไม่ต่อกันเรียกว่าลอจิก 0 จากนั้น ดาวน์ดอร์ไดอะแกรม (AND gate) หรืออื่นๆ ใน PLC จะทำการประมวลผลรวมกับคอนแทคภายใน แล้วสรุปผลว่าให้เป็นคอนแทคเปิด (Open) หรือปิด (Closed) ขึ้นอยู่กับการบันทึกของหน่วยความจำ ในกรณีที่ต้องการสร้างสัญญาณเอาต์พุต ค่าลอจิกจะต้องเป็นเลข 1 ซึ่งหมายถึงการเชื่อมต่อหน้าคอนแทคของโมดูลอินเตอร์เฟส (Module Interface) ต่อกัน แต่ถ้าไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ขดลวดความจำของคอยล์ (Coil Memory) จะมีค่าเป็นลอจิกเลข 0 และโมดูลอินเตอร์เฟส (Module Interface) จะไม่ต่อกันการทำงานของ PLC เมื่อครบ 1 รอบของลำดับดังกล่าวเรียกว่า "สแกน" (Scan) ซึ่งเป็นการทำงานเชิงวนเวียน และสแกนไทม์ (Scan Time) คือเวลาที่ใช้สำหรับ 1 รอบการทำงาน ซึ่งมีค่าประมาณ 1-100 มิลลิวินาที ขึ้นอยู่กับความยาวของโปรแกรมและชนิดของอินพุต/เอาต์พุต PLC ใช้เลขฐานต่าง ๆในการประมวลผลหรือติดต่อกับผู้ใช้ และเป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด-สเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) โดยการออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ โดยมีองค์ประกอบหลักเป็น Solid-State Digital Logic Elements

ใช้งาน PLC สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรมมีข้อได้เปรียบมากกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งต้องมีการเดินสายไฟฟ้าหรือการเชื่อมต่อแบบ Hard-Wired โดยเมื่อต้องการเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่จะต้องเปลี่ยนการเชื่อมต่อสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและมีค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อใช้ PLC แล้วสามารถเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้ PLC ยังใช้ระบบโซลิด-สเตทซึ่งมีความเชื่อถือได้มากกว่าระบบเดิม มีการกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่าและสะดวกต่อการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร โดย PLC มีคำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม 4 ภาษาคือภาษาแลดเดอร์ (Ladder Diagram) ภาษาบูลลีน (Boolean Language) ภาษาบล็อก (Block Language) และภาษาคำสั่งข้อความภาษาอังกฤษ (Text-based Instruction Language) ภาษาแลดเดอร์และภาษาบูลลีนใช้กับ PLC ขนาดเล็กที่แทนรีเลย์ เคาน์เตอร์ และไทเมอร์ ส่วนภาษาบล็อกและภาษาคำสั่งข้อความภาษาอังกฤษเหมาะสมกับ PLC ขนาดใหญ่และการควบคุมที่ซับซ้อนซึ่งมีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ [3]

2.4 การบำรุงรักษาแบบทวีผล (Total Productive Maintenance)

ระบบการบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance, TPM) เป็นเทคนิคหนึ่งที่มีวัตถุประสงค์ในการลดความสูญเสียที่เกิดจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ใน

กระบวนการผลิต ซึ่งส่งผลให้การใช้งานเครื่องจักรเป็นอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์หรือพนักงานให้มีจิตสำนึกที่ดีในการปฏิบัติงาน และมีเป้าหมายในการปฏิบัติงานที่ชัดเจน รวมถึงการสร้างบรรยากาศในการทำงานที่เน้นการมีส่วนร่วมและการสร้างมนุษย์สัมพันธ์ภายในองค์กรให้ดีขึ้น TPM ยังเป็นการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของเครื่องจักรที่ขาดประสิทธิภาพ โดยสามารถตรวจสอบเครื่องจักรได้อย่างเป็นระบบ รวมถึงกำหนดระยะเวลาในการซ่อมบำรุงได้อย่างถูกต้องโดยไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต [4]

เสาหลัก 8 ประการของ TPM เป็นแนวทางในการดำเนินงานในการจัดทำระบบ TPM ซึ่งกำหนด โครงสร้างและการจัดการระบบของคนในองค์กรให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน (Rodrigues and Hatakeyama, 2006) รวมถึงการปรับเปลี่ยนวัฒนธรรมองค์กร โดยมุ่งเน้นการทำงานเป็นกลุ่ม ทำให้การดำเนินงานใน ระบบ TPM มีความสอดคล้องและต่อเนื่องกันอย่างเป็นระบบ โดยเสาทั้ง 8 ประการจะเป็นตัวเชื่อมให้เกิด ความสำเร็จในการจัดทำระบบ TPM ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (สมชัย อัครทิวา, 2547)

2.4.1 การติดตั้งเครื่องมือและการปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Equipment and improvement)

2.4.2 การดูแลเครื่องจักรด้วยตนเอง (Autonomous maintenance)

2.4.3 การบำรุงรักษาตามแผน (Planned maintenance)

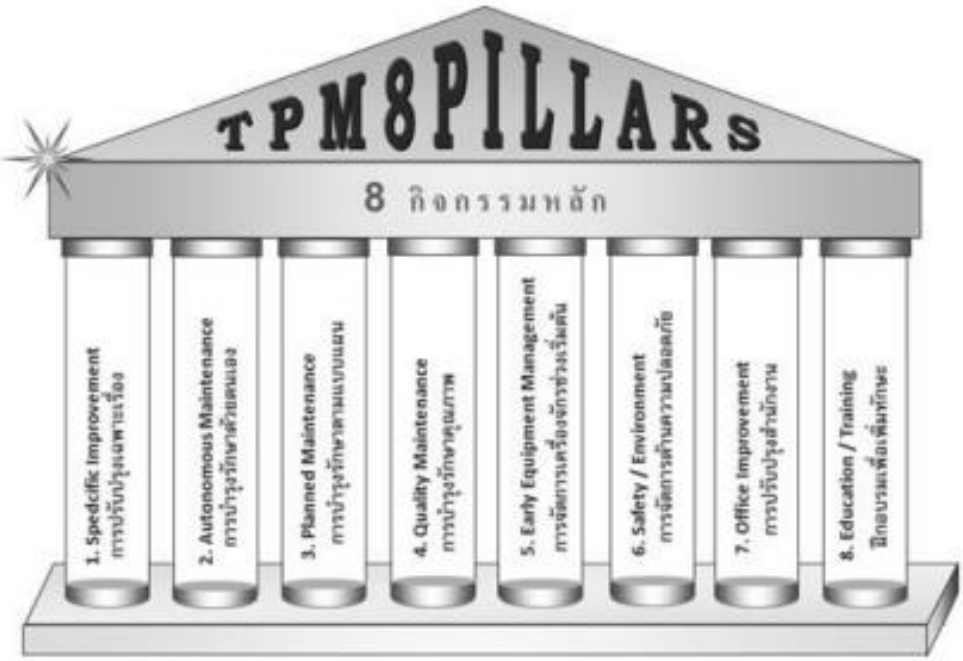
2.4.4 การฝึกอบรม (Education and training)

2.4.5 การบริหารจัดการของเครื่องจักรใหม่ (Early management of new equipment)

2.4.6 การรักษาคุณภาพ (Process quality maintenance)

2.4.7 การบริหารที่มีคุณภาพ (TPM in office - efficiency)

2.4.8 การจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย (Safety and environmental)



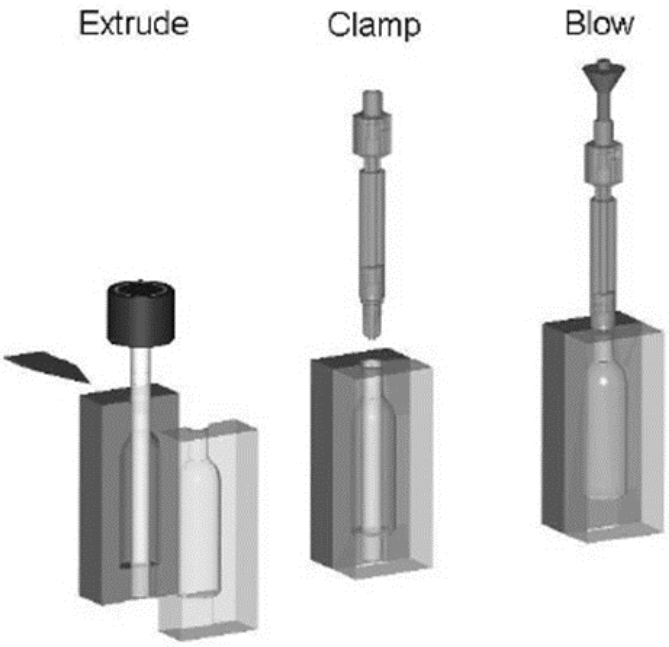
ภาพที่ 2 กิจกรรม 8 เสาหลักของ TPM [5]

2.5 การเป่าขวดพลาสติก

การแบ่งชนิดของขวดแต่ละแบบไว้โดยอ้างอิงจากวิธีการขึ้นรูปเป็นหลัก ซึ่งในประเทศไทยที่นิยมใช้กันจะมีอยู่ 3 ประเภท

2.5.1 การเป่ายืด (Extrusion Blow)

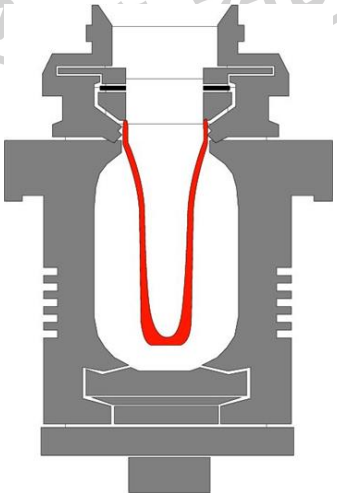
สำหรับงานเป่าพลาสติกประเภทนี้ถ้าศัพท์ทางช่างจะเรียกงานเป่าพลาสติกแบบนี้ว่า งานเป่าลูกโป่ง เนื่องจากที่แม่พิมพ์เป่าพลาสติกจะต้องมีช่องว่างเพื่อเป็นห้องอากาศและเพื่อให้พลาสติกขยายตัว การทำงานคือที่ตัวเครื่องเป่าพลาสติก จะปล่อยพลาสติกหลอมเหลว (parison) ไหลเป็นท่อลงมาตลอดเวลา อัตราการไหลจะถูกกำหนดโดยการฟีดของสกรูภายในกระบอกเครื่องเป่าพลาสติก เมื่อท่อพลาสติกหลอมเหลวไหลลงมาได้ตามตำแหน่งที่ตั้งไว้ แม่พิมพ์เป่าพลาสติกจะเลื่อนเข้าไปหาท่อพลาสติกหลอมเหลวและปิด เมื่อแม่พิมพ์ปิดเรียบร้อยแล้วจะมีท่ออัดลมสวนเข้าไปในแม่พิมพ์เพื่อทำการเป่าขึ้นรูปพลาสติก



ภาพที่ 3 กระบวนการขึ้นรูปแบบเป่ายืด (Extrusion Blow)

2.5.2 งานฉีดเป่าพลาสติก (Injection Blow)

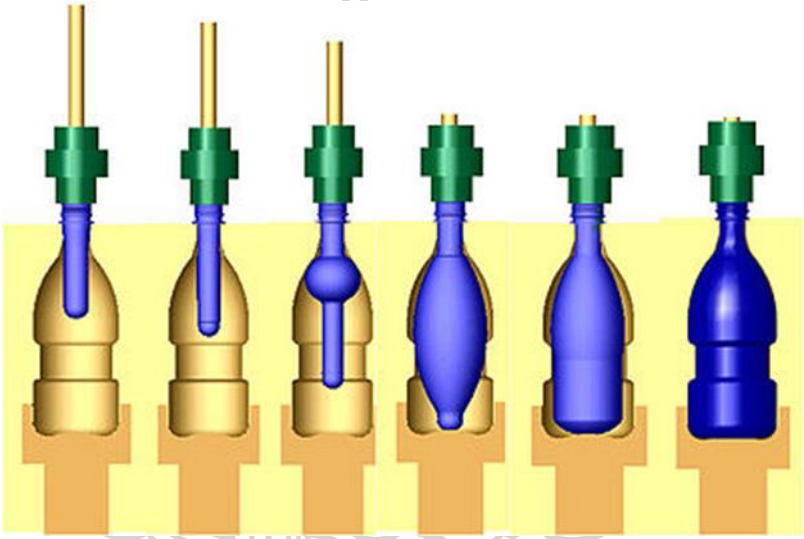
สำหรับงานเป่าพลาสติกประเภทนี้ จะเพิ่มขั้นตอนที่สำคัญขึ้นมา1ขั้นตอน คือจะต้องมีแม่พิมพ์พลาสติกเพื่อสำหรับฉีดหลอด preform ขึ้นมาก่อนแม่พิมพ์preformนี้จะต้องถูกออกแบบไว้อย่างถูกต้องแล้ว เนื่องจากเราต้องใช้ตัว preformนี้นำไปทำการเป่าขึ้นรูปเป็นขวดน้ำ หากตัว preformมีปริมาตรที่ไม่ถูกต้องเมื่อเป่าเป็นขวดขึ้นมา จะทำให้ขวดใบนั้นมีปริมาตรภายในที่ผิดเพี้ยน



ภาพที่ 4 กระบวนการขึ้นรูปแบบฉีดเป่าพลาสติก (Injection Blow)

2.5.3 แม่พิมพ์แบบเป่ายืด (Stretch Blow)

แม่พิมพ์เป่าพลาสติกประเภทนี้มีหลักการทำงานแบบเดียวกับการฉีดเป่า แต่จะมีส่วนที่เพิ่มขึ้นมาคือ ก่อนที่จะทำการเป่าขึ้นรูป ที่ตัวเครื่องจักรจะมีระบบกระทุ้ง เพื่อทำการกระทุ้งยืด preformก่อนทำการเป่าขึ้นรูปตัว preform(สีน้ำเงิน)ถูกให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิขึ้นรูป จะมีแท่งกระทุ้งจากด้านบนแทงผ่านจากบนลงล่างเพื่อยืดหลอด preform ในขณะเดียวกันก็จะเป่าขึ้นรูปไปพร้อมกันด้วย การเป่าประเภทนี้ใช้กันมากในกลุ่มการเป่าขวด pet เนื่องจากจะได้ชิ้นงานที่มีความใสมาก ถึงแม้จะเป่า PPก็ยังมีความใสเหมือนกระจกได้



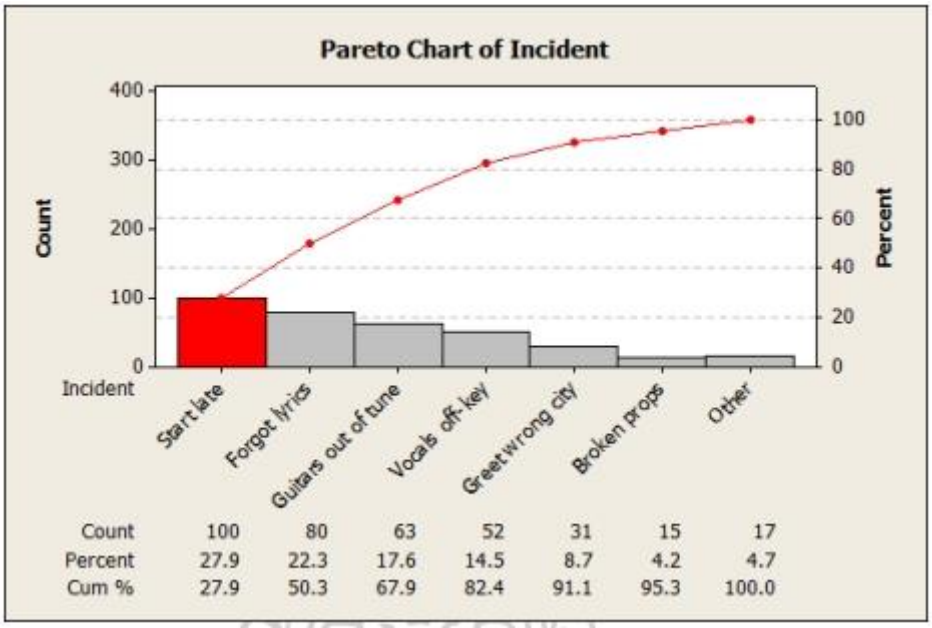
ภาพที่ 5 กระบวนการขึ้นรูปแบบแบบเป่ายืด (Stretch Blow) [6]

2.6 เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ (7 Qc Tools) 7 Qc Tools หรือเครื่องคุมคุณภาพ 7 อย่าง ในสภาวะการ

แข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบัน “การควบคุมคุณภาพการผลิต” เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมในปัจจุบัน นอกจากการแข่งขันทางด้านราคา คุณภาพของสินค้าก็ถือเป็นอีกปัจจัยที่มีความสำคัญนอกจากจะเป็นการแสดงถึงมาตรฐาน และการประกันคุณภาพของสินค้าแล้วยังเป็นกลยุทธ์ในการลดต้นทุนกระบวนการ ผลิตที่มีความสำคัญ ซึ่งเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพที่เรียกว่า 7 QC Tools ซึ่งมีด้วยกันทั้งหมด 7 เครื่องมือ (LOGISTICS BASIC, 2557)

2.6.1 ผังพาเรโต (Pareto Diagram) ใช้ในการวิเคราะห์ว่าอะไรคือสาเหตุหลัก หรือปัญหาหลัก ที่ส่งผลให้เกิดของเสียหรือ จุดบกพร่องโดยส่วนมากแล้วแผนภูมินี้จะถูกนำมาใช้ในการแสดงให้เห็นขนาดของปัญหาและเพื่อจัดลำดับความสำคัญ หลักการของพาเรโตนั้นใช้หลัก 20/80 – ส่วนน้อย 20 % จะเป็นส่วนสำคัญ อีก 80 % จะเป็นส่วนไม่ค่อยสำคัญ (20% vital few, 80%

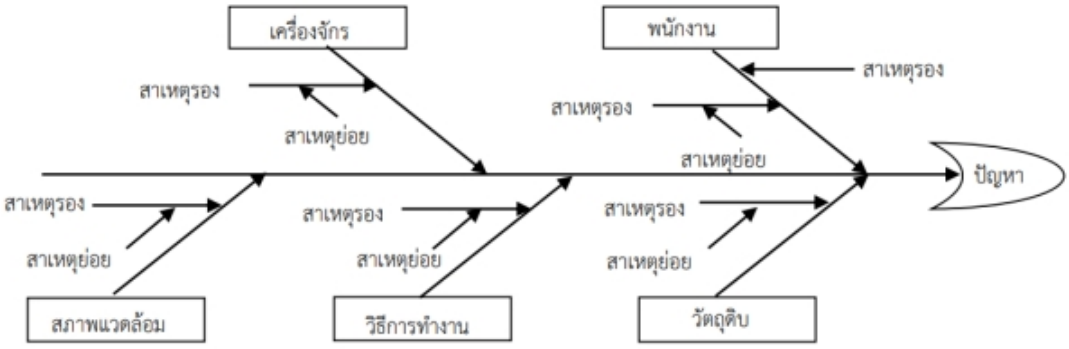
trivial many) เช่นมีปัญหาอยู่ 20 % เท่านั้นที่สร้างความเสียหายส่วนใหญ่ให้กับกิจการ จึงต้องแก้ตรงนั้นก่อน (ซึ่งอาจจะพิจารณาจากจำนวน หรือ มูลค่าก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม)



ภาพที่ 6 ตัวอย่างแผนภาพพาเรโต

ที่มา: logistics basic. (2557). 7 Qc Tools. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2563. สืบค้น จาก https://logisticbasic.blogspot.com/2014/07/7-qc-tools.html

2.6.2 แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram: CE) หรือที่เราเรียกกันในอีกหลายๆ ชื่อว่าแผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) หรือ Ishigawa Diagram เป็นแผนภาพที่ใช้สำหรับพิสูจน์หาสาเหตุของสาเหตุหลักหรือปัญหาหลักที่ได้จาก การสร้างแผนภาพพาเรโต โดยเราจะนำสาเหตุหลักหรือปัญหาหลักไว้ที่หัวปลา และจะหาสาเหตุย่อย ที่ทำให้เกิดปัญหาหลักนี้ไว้ที่ก้างปลา และในแต่ละปัญหาย่อยเราจะแตกสาเหตุของสาเหตุย่อยออกมาอีกที (สาเหตุย่อยส่วนมากจะประกอบด้วย คน, วิธีการ, เครื่องจักร, วัตถุดิบ, สภาพแวดล้อม) โดยใช้ หลักการ Why Why Analysis เป็นการถามว่าทำไม ทำไมไปเรื่อย ไม่มีการกำหนดปัญหาย่อย ยิ่งมาก ยิ่งดี วิธีการนี้ให้พนักงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมาช่วยกันหาสาเหตุ และกำหนดแนวทางในการแก้ไข ปัญหา รวมถึงผู้รับผิดชอบ



ภาพที่ 7 ลักษณะแผนภาพก้างปลา [7]

2.6.3 กราฟ (Graph) คือ แผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขหรือข้อมูลทางสถิติที่ใช้

เพื่อการนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ผลอย่างง่ายและรวดเร็วในการทำความเข้าใจ สามารถใช้กราฟเพื่อแสดงข้อมูลได้ โดยสามารถแบ่งประเภทของกราฟได้ดังนี้

- การใช้กราฟแท่งเหมาะสำหรับการแสดงข้อมูลในแต่ละช่วงเวลาหรือการเปรียบเทียบค่าข้อมูลระหว่างกลุ่มหรือประเภทต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

- กราฟเส้นใช้สำหรับดูแนวโน้ม การพยากรณ์ในอนาคต ทำนายผลจากข้อมูลในอดีตได้ หรือ ใช้ในการควบคุมแผนงานให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

- กราฟวงกลมเป็นกราฟที่ใช้แสดงข้อมูลในรูปแบบของอัตราส่วนหรือสัดส่วน เมื่อแบ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ จะแสดงให้เห็นถึงร้อยละ 100 ขององค์ประกอบทั้งหมดในกราฟ

- กราฟใยแมงมุมเป็นกราฟรูปหลายเหลี่ยมที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความมากหรือน้อยของแต่ละส่วน โดยจุดลงบนแกนตั้งและแกนนอนของกราฟจะแสดงปริมาณของแต่ละส่วนก่อนและหลังการปรับปรุงหรือเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป

2.6.4 ใบตรวจสอบ (Check Sheet)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกและตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ โดยมุ่งเน้นการบันทึกข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์และการแก้ไขปัญหาในอนาคต การออกแบบ Check Sheet ที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

- ง่ายต่อการบันทึกข้อมูล Check Sheet ควรออกแบบให้สามารถบันทึกข้อมูลได้อย่างง่ายและรวดเร็ว โดยให้มีรายละเอียดที่ต้องการบันทึกและเครื่องหมายที่ช่วยในการบันทึกเพื่อลดความผิดพลาดในกระบวนการบันทึกข้อมูล

- ครบถ้วน Check Sheet ควรมีข้อมูลที่ครอบคลุมและครบถ้วนตามความต้องการ โดยรวมถึงข้อมูลที่เป็นปัญหาหรือจุดบกพร่องที่ต้องการตรวจสอบ

- เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ Check Sheet ควรออกแบบให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์หรือแนวทางที่ต้องการตรวจสอบ ซึ่งอาจแบ่งเป็นหลายประเภท เช่น Check Sheet สำหรับการบันทึกอาการเสียหรือจุดบกพร่อง หรือ Check Sheet สำหรับการบันทึกจำนวนของเสีย

ใบตรวจสอบ (Check Sheet) เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในการเริ่มต้นการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งสามารถใช้ในการวิเคราะห์และหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาให้เป็นประโยชน์สูงสุด

2.6.5 แผนภาพกระจาย (Scatter Diagram) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (X) และตัวแปรตาม (Y) โดยแสดงการกระจายของข้อมูลบนกราฟ ซึ่งแกนนอนจะแทนค่าของตัวแปรอิสระและแกนตั้งจะแทนค่าของตัวแปรตาม

- แผนภาพกระจายเป็นเครื่องมือในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

- แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (X) และตัวแปรตาม (Y) ว่ามีลักษณะความสัมพันธ์แบบใด

- ใช้แกนนอนเพื่อแทนค่าของตัวแปรอิสระและแกนตั้งเพื่อแทนค่าของตัวแปรตาม

2.6.6 ฮิสโตแกรม (Histogram) เป็นแผนภาพการกระจายข้อมูล ซึ่งจะแสดงค่ากลางของปัญหา และค่าความแปรปรวนของข้อมูลฮิสโตแกรม ในรูปแบบกราฟแท่งแบบเฉพาะ โดยแกนตั้งจะเป็นตัวเลขแสดง “ ความถี่ ” และมีแกนนอนเป็นข้อมูลของคุณสมบัติของสิ่งที่เราสนใจ โดยเรียงลำดับจากน้อย ที่ใช้ดูความแปรปรวนของกระบวนการ โดยการสังเกตรูปร่างของฮิสโตแกรมที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่ได้มาโดย การสุ่มตัวอย่างลักษณะต่าง ๆ ของฮิสโตแกรม

2.6.7 แผนภูมิควบคุม (Control Chart) แผนภูมิที่มีการเขียนขอบเขตที่ยอมรับได้ของคุณลักษณะตามข้อกำหนดทางเทคนิค (Specification) เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการผลิต โดยการติดตามและ ตรวจจับข้อมูลที่ออกนอกขอบเขต (Control limit)

2.7 การระดมสมอง

การระดมสมอง (Brainstorming) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการสร้างความคิดและแนวคิดใหม่ๆ โดยร่วมกันคิดหาวิธีแก้ปัญหา หรือพัฒนาความคิดในหัวของกลุ่มคนหรือทีมงานในการแก้ไขปัญหาหรือสร้างความสร้างสรรค์ใหม่ๆ

กระบวนการระดมสมองมักจะประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ ดังนี้:

1. กำหนดปัญหาหรือเป้าหมาย: กำหนดให้ทุกคนในทีมเข้าใจปัญหาหรือเป้าหมายที่ต้องการแก้ไขหรือพัฒนา

2. สร้างการบรรยาย: ให้ทุกคนเขียนและส่งเสริมให้เกิดความคิดและแนวคิดใหม่ๆ โดยทุกคนสามารถบรรยายได้เสรี ไม่มีการคัดค้านหรือวิจารณ์ในขั้นตอนนี้

3. สะท้อนและรวมความคิด: รวมทีมและสะท้อนความคิดที่ได้รับจากทุกคนเข้าด้วยกัน โดยจะเน้นการเลือกและนำเสนอความคิดที่มีคุณค่าและเป็นไปได้ให้กับทุกคนฟัง

4. วิเคราะห์และประเมิน: ทีมวิเคราะห์และประเมินความเป็นไปได้และคุณค่าของแนวคิดที่เสนอขึ้นมา โดยใช้เกณฑ์หรือเครื่องมือที่เหมาะสม

5. การเลือกและปรับแต่ง: เลือกและปรับแต่งความคิดที่มีคุณค่าและเป็นไปได้เพื่อพัฒนาแนวคิดที่ดีที่สุด

การระดมสมองช่วยให้ทีมหรือกลุ่มคนสามารถแบ่งปันและร่วมแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาความคิดใหม่ สร้างความคิดสร้างสรรค์ และเสริมสร้างทักษะการทำงานเป็นทีมในการแก้ไขปัญหาในองค์กร [8]

2.8 Why Why Analysis

Why Why Analysis หรือ 5 Why เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาในการดำเนินงาน โดยการใช้กระบวนการถามตัวเองว่า "ทำไม" (Why) เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยที่แต่ละคำถามจะช่วยค้นหาปัญหาที่เป็นหลักหรือสาเหตุของปัญหาดังกล่าวได้มากขึ้นเรื่อย ๆ จนเราพบปัญหาที่แท้จริง

ขั้นตอนการทำ Why Why Analysis หรือ 5 Why ประกอบด้วย

1. ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข

2. สอบถามตนเอง "ทำไม" (Why) เกี่ยวกับปัญหานี้ และเขียนคำตอบลงในช่องว่าง

3. ใช้คำตอบจากข้อ 2 เป็นสาเหตุหลักของปัญหาในข้อถัดไป และสอบถามตนเองอีกครั้ง "ทำไม" (Why) เกี่ยวกับสาเหตุดังกล่าว และเขียนคำตอบลงในช่องว่าง

4. ทำซ้ำขั้นตอนข้อ 3 จนกว่าจะพบว่าสาเหตุของปัญหาเป็นปัญหาหลักแล้ว

5. ตรวจสอบสาเหตุหลักที่เจอว่าเป็นปัญหา และแก้ไขปัญหาดังกล่าว

ด้วยกระบวนการนี้ เราจะสามารถหาสาเหตุของปัญหาและแก้ไขได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ Why Why Analysis หรือ 5 Why ยังช่วยให้เราเข้าใจถึงความสำคัญของการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และป้องกันไม่ให้การเกิดปัญหานั้นเกิดจากสาเหตุหลายประการ และการแก้ไขปัญหาโดยเฉพาะการแก้ไขผลกระทบที่เกิดจากสาเหตุหลัก สามารถช่วยลดปัญหาเกิดขึ้นอีกเช่นกัน และเมื่อเราเข้าใจสาเหตุหลักของปัญหา จะช่วยให้เราทำการแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสมและตรงประเด็น

การแก้ไขปัญหาด้วย Why Why Analysis หรือ 5 Why Analysis เป็นกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาที่ใช้เครื่องมือวิเคราะห์สาเหตุแบบขั้นตอน เพื่อหาสาเหตุหลักของปัญหา โดยจะตั้ง

คำถาม “ทำไม” หรือ “Why” เพื่อหาสาเหตุที่อยู่หลังสาเหตุที่แล้ว จนกระทั่งหาสาเหตุหลักของปัญหา ซึ่งการแก้ไขสาเหตุหลักนั้น จะช่วยลดโอกาสให้ปัญหาเกิดซ้ำอีกครั้งในอนาคตเราสามารถเริ่มต้นการวิเคราะห์ด้วยการตั้งคำถาม “ทำไม” เพื่อหาสาเหตุหลักของปัญหา โดยเริ่มจากสาเหตุที่อยู่ใกล้เคียงกับผลลัพธ์ของปัญหา แล้วตั้งคำถามเรื่อย ๆ จนกว่าจะพบสาเหตุหลักของปัญหา ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง: โรงงานผลิตสินค้าเคมีมีการเก็บเอกสารและของสารเคมีไว้ในพื้นที่เดียวกัน แต่เมื่อต้องการใช้งานอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการดูแลรักษาสารเคมี พนักงานต้องมีการเคลื่อนย้ายสารเคมีจากที่เก็บไว้ ทำให้เกิดการสูญหายของสารเคมีบ่อยครั้ง

1. ทำไมเกิดการสูญหายของสารเคมีบ่อยครั้ง?

เพราะพนักงานต้องเคลื่อนย้ายสารเคมีจากที่เก็บไว้

2. ทำไมต้องมีการเคลื่อนย้ายสารเคมีจากที่เก็บไว้?

เพราะอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการดูแลรักษาสารเคมีอยู่ไม่ใกล้เคียงกับที่เก็บไว้

3. ทำไมอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการดูแลรักษาสารเคมีไม่ได้อยู่ใกล้เคียงกับที่เก็บไว้?

เพราะการวางแผนการจัดเก็บของสารเคมีไม่คำนึงถึงการใช้งานของอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการดูแลรักษาสารเคมี

4. ทำไมการวางแผนการจัดเก็บของสารเคมีไม่คำนึงถึงการใช้งานของอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการดูแลรักษาสารเคมี

เพราะไม่มีการประสานงานในการวางแผนของฝ่ายความปลอดภัยกับฝ่ายดูแลการผลิต

5. ทำไมไม่มีการประสานงานในการวางแผนของฝ่ายความปลอดภัยกับฝ่ายดูแลการผลิต?

เพราะขาดการสื่อสารและการปฏิบัติตามมาตรฐานขององค์กร

จากการวิเคราะห์ข้างต้น สาเหตุหลักของปัญหาเกิดจากการวางแผนการจัดเก็บของสารเคมีที่ไม่คำนึงถึงการใช้งานของอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการดูแลรักษาสารเคมี โดยขาดการประสานงานระหว่างฝ่ายความปลอดภัยกับฝ่ายดูแลการผลิต ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการปรับปรุงการวางแผนการจัดเก็บของสารเคมีให้เหมาะสมกับการใช้งานของอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการดูแลรักษาสารเคมี โดยมีการประสานงานระหว่างฝ่ายความปลอดภัยกับฝ่ายดูแลการผลิต เช่น การจัดอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการดูแลรักษาสารเคมีให้อยู่ใกล้เคียงกับที่เก็บไว้ เพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายสารเคมีที่ไม่จำเป็น และควรมีการสื่อสารและปฏิบัติตามมาตรฐานขององค์กร เพื่อให้ทุกฝ่ายเข้าใจและรู้วิธีการปฏิบัติที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพต่อการจัดการสารเคมีในองค์กรของตน [9]

2.9 หลักการเครื่องทำความเย็น (ชิลเลอร์)

หลักการทำงาน Chiller (ชิลเลอร์) คือ Compressor จะดูดและอัดสารทำความเย็น ในสถานะแก๊สที่มีแรงดันสูง ส่งไปยัง คอนเดนเซอร์ (Condenser) เพื่อระบายความร้อนให้แก่สารทำความเย็น จนมีสถานะเป็นของเหลวที่แรงดันสูง มาลดแรงดันผ่านอุปกรณ์ลดแรงดัน Expansion valve เพื่อฉีดเข้า อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) สารทำความเย็นจะเดือดในอีวาพอเรเตอร์ ดูดรับปริมาณความร้อนจากน้ำทำให้เป็นน้ำเย็น และปั้มเอาน้ำเย็นนี้หมุนเวียนไปใช้ทำความเย็นให้กับบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็น

อุปกรณ์หลักภายในเครื่อง Chiller (ชิลเลอร์)

1. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่ในการดูดและอัดสารทำความเย็นในสถานะที่เป็นแก๊ส โดยดูดแก๊สที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์ และอัดให้มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง จนถึงจุดที่แก๊สพร้อมจะควบแน่นเป็นของเหลวเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนจากสารทำความเย็น

2. คอนเดนเซอร์ หรือคอยล์ร้อน (Condenser) ทำหน้าที่ให้สารทำความเย็นในสถานะที่เป็นแก๊สกันตัวเป็นของเหลวด้วยการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นนั้น คอนเดนเซอร์ มีทั้งแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condenser) และระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condenser)

3. เอกซ์แพนชั่นวาล์ว (Expansion valve) expansion valve ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาเหลวที่ผ่านเข้าไปยังอีวาพอเรเตอร์ลดความดันของน้ำยาให้มีความดันต่ำลง จนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ในอีวาโปเรเตอร์

4. อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดรับปริมาณความร้อนจากน้ำ ขณะที่สารทำความผ่านเอ็กแปนชั่นวาล์วเข้ามายัง Evaporator สารทำความเย็นจะ ระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สจะดูรับปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อ ทำให้น้ำใน Evaporator เย็นลง มีทั้งแบบ Shell and tube Evaporator และ Plate Heat Exchanger [10]

2.10 หลักการ ECRS

หลักการสำคัญของ ECRS ดังนี้

- Eliminate (การกำจัด) กระบวนการนี้เป็นการตัดสิ่งที่ไม่จำเป็นออกไปเพื่อลดต้นทุนและระยะเวลาการทำงาน ตัวอย่างเช่น การใช้บรรจุภัณฑ์ที่มากเกินความจำเป็น หรือขั้นตอนการทำงานที่ต้องใช้ทรัพยากรบุคคลมากเกินไป เราสามารถลดทอนขั้นตอนบางอย่างที่ไม่จำเป็นออกได้

- Combine (การรวมกัน) หากเรานำขั้นตอนในการทำงานบางขั้นมารวมให้เป็นขั้นตอนเดียวก็จะช่วยให้ประหยัดเวลาในการทำงานและอาจช่วยลดจำนวนแรงงานได้ด้วย เช่น ระบบ Milk Run ซึ่งเป็นระบบที่มีการรับและส่งสินค้าพร้อมกันในรอบเดียว ลดต้นทุนทั้งแรงงาน เวลา และน้ำมัน

- Rearrange (การจัดใหม่) การจัดลำดับความสำคัญในแต่ละขั้นตอนการทำงานขึ้นมาใหม่ ทำให้การทำงานง่ายขึ้น ประหยัดเวลาและทรัพยากรอื่น ๆ ได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดโอกาสการเกิดความผิดพลาดในการทำงานขึ้นด้วย ในบางครั้งเมื่อนำขั้นตอนการทำงานมากางดูทั้งระบบแล้วอาจพบว่าการเรียงขั้นตอนสลับกันเพียงหนึ่งขั้นอาจทำให้การทำงานล่าช้าไปได้มาก ดังนั้นหากเรามองภาพรวมและจัดระบบใหม่ก็จะช่วย แก้ปัญหาความสูญเปล่าของทรัพยากรได้ดียิ่งขึ้น

- Simplify (การทำให้ง่ายขึ้น) หากวิธีหรือขั้นตอนในการทำงานมีความซับซ้อนเกินความจำเป็นอาจทำให้องค์กรสูญเสียทรัพยากรที่มากเกินไปโดยใช่เหตุ การปรับปรุงวิธีการทำงานให้ง่ายขึ้นจะช่วยลดระยะเวลาการทำงานที่ยืดเยื้อและลดโอกาสการเกิดความผิดพลาดจากการทำงาน เช่น การเปลี่ยนที่จัดวางอุปกรณ์ในการทำงานใหม่ให้หยิบใช้ สะดวกกว่าเดิม หรือจัดสถานที่ทำงานใหม่เพื่อลดทอน เวลาที่จะต้องเสียไป [11]

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Athul J. and other (2016) ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับ Global Supply Chain Management คือการจัดการห่วงโซ่อุปทานที่ตั้งอยู่ทั่วโลก วิธีการควบคุมคุณภาพ เช่น Lean และ Six Sigma ถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและคุณภาพของการผลิตและการจัดจำหน่ายที่ดำเนินการโดยซัพพลายเชนทั่วโลก Lean, Six Sigma กำจัดกระบวนการและข้อบกพร่องที่ไม่จำเป็นซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อองค์กรจากต้นทุนที่ลดลงและการสูญเสียทรัพยากรน้อยลง Internet of Things สำหรับอุตสาหกรรม (IIoT) คือเครื่องจักรอุตสาหกรรมที่เชื่อมต่อกับพื้นที่จัดเก็บข้อมูลบนคลาวด์ขององค์กรเพื่อจัดเก็บข้อมูลรวมถึงการดึงข้อมูล บทสรุป อุตสาหกรรม 4.0 พร้อมกับ IIoT สามารถทำให้เกิดการปฏิวัติครั้งใหญ่ในการจัดการห่วงโซ่อุปทานทั่วโลก แนวทาง Lean, Six Sigma ในห่วงโซ่อุปทานทั่วโลกโดยใช้ Industry 4 0 และ IIoT สร้างแผนผังกระบวนการในอุดมคติที่ได้รับ

การปรับให้เหมาะสมอย่างมาก รวมทั้งสมบูรณ์แบบและปราศจากข้อบกพร่องและการสูญเสีย แบบจำลองที่นำเสนอในเอกสารฉบับนี้ทำให้ห่วงโซ่อุปทานมีความเป็นอิสระอย่างสมบูรณ์ [12]

Amer W. and Ansari U. (2009) บทความนี้รายงานเกี่ยวกับการพัฒนาและการใช้งานระบบ e-Monitoring และ e-Management (eM2) แบบกระจาย โดยใช้การเชื่อมต่อแบบ Man-to-Machine, Machine-to-Machine (M2M) สำหรับระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม ระบบได้รับการทดสอบและนำไปใช้อย่างประสบความสำเร็จในอุตสาหกรรมก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ในท้องถิ่น เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของอุปกรณ์ (OEE) ส่งผลให้ระบบโดยรวมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น การวิจัยนี้ขึ้นอยู่กับการรวมกันของตรรกะของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งการใช้งานฮาร์ดแวร์เน้นบทบาทของระบบฝังตัวและการเชื่อมต่อ M2M สำหรับแอปพลิเคชัน e-Monitoring และ e-Management ข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์จะถูกส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์กลางและช่างเทคนิค/ผู้จัดการ/ผู้บริหารที่เกี่ยวข้องเพื่อการตัดสินใจในทันทีเพื่อลดเวลาหยุดทำงานและปรับปรุงคุณภาพ [13]

ธนกร (2010) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุข้อบกพร่องและผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกชนิดเป่าขึ้นรูป โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะและการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) ในโรงงานตัวอย่าง การศึกษาเน้นการพิจารณากระบวนการผลิตขวดพลาสติกเช่นการเป่าขึ้นรูป การเป่าฉีด และการติดฉลาก โดยใช้การระดมสมองและเครื่องมือแผนภาพความคล้ายคลึงและแผนภาพสาเหตุและผลกระทบในการค้นหาปัจจัยที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องในทุกขั้นตอนการผลิต จากผลการวิเคราะห์นี้สรุปได้ว่าการทำปรับปรุงในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกชนิดเป่าขึ้นรูปได้ส่งผลในการลดปริมาณของเสียและปัญหาที่เกิด [14]

Orapadee J. (2016) บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคนิค Total Productive Maintenance (TPM) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตตัวนำอะลูมิเนียมตีเกลียว เพื่อลดปัญหาการเสียของเครื่องจักรและปรับปรุงคุณภาพการผลิต มีการจัดตั้งกิจกรรม TPM สองเสาหลักสำหรับการบำรุงรักษาอัตโนมัติและการปรับปรุงที่มุ่งเน้น เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพโดยรวมของอุปกรณ์ต่ำ (OEE) ได้รับเลือกให้เป็นเครื่องจักรต้นแบบ โครงการอบรมพนักงานเกี่ยวกับงานการผลิต กิจกรรมการทำความสะอาดเพื่อค้นหาสภาวะผิดปกติ การแก้ไขระหว่างการทำงานที่ผิดปกติ และบทเรียนจุดเดียว (OPL นอกจากนี้ยังมีการสร้างมาตรฐานการบำรุงรักษาอัตโนมัติ การวิเคราะห์ Pareto ใช้เพื่อระบุอุปกรณ์ที่สำคัญในโรงงาน มีการเลือกทีมปฏิบัติการแก้ไขเพื่อปรับปรุงการดำเนินงานของกระบวนการ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าการใช้ TPM ช่วยลดเวลาหยุดทำงานจาก 7,730.80 นาทีต่อเดือนเป็น 4,942.20 นาทีต่อเดือน สูญเสียเศษเหล็กจาก 4,570.00 กิโลกรัมต่อเดือนเป็น 2,236.67 กิโลกรัมต่อเดือน OEE เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 67.21 เป็นร้อยละ 72.14 00 กิโลกรัมต่อเดือน เป็น

2,236.67 กิโลกรัมต่อเดือน OEE เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 67.21 เป็นร้อยละ 72.14 00 กิโลกรัมต่อเดือน เป็น 2,236.67 กิโลกรัมต่อเดือน OEE เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 67.21 เป็นร้อยละ 72.14 [15]

T Roosefert Mohan and other (2022) การนำเสนอของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เน้นถึงความท้าทายที่ภาคการผลิตต้องเผชิญ เช่น ความต้องการสินค้าคุณภาพในตลาดสูง ตลาดที่มีการแข่งขันสูง ต้นทุนวัตถุดิบ และค่าจ้างพนักงานที่เพิ่มขึ้น เพื่อลดต้นทุนการผลิต และสร้างความมั่นใจในการเติบโตอย่างยั่งยืน อุตสาหกรรมต่าง ๆ ถูกบังคับให้ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่เพื่อลดของเสีย Total Productivity Maintenance (TPM) เป็นเครื่องมือการผลิตที่มุ่งเน้นเครื่องจักรเพื่อเพิ่มผลผลิตของเครื่องจักรและประสิทธิภาพของอุปกรณ์โดยรวม (OEE) บทความนี้มุ่งเน้นไปที่ Kaizen Pillar ของ TPM ซึ่งใช้ในการขจัดความสูญเสียที่เกี่ยวข้องกับฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ เครื่องกล ไฟฟ้า ไฮดรอลิก นิวเมติก และกำลังคน บทความนี้เสนอให้ใช้ Digital Improvement ผ่านเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่ออุตสาหกรรม 4.0 เพื่อยกระดับอัตราคุณภาพของเครื่องจักร (QR) และเพิ่ม OEE [16]

T Roosefert Mohan and other (2023) งานวิจัยนี้เสนอเทคนิคการบำรุงรักษาแบบกำหนดการล่วงหน้า (Predictive Maintenance) โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ LSTM (Long Short-Term Memory) เพื่อปรับปรุงอัตราความพร้อมใช้งาน (Availability Rate) และประสิทธิภาพของการใช้งานอุปกรณ์ (Overall Equipment Effectiveness: OEE) ในโรงงานที่ใช้เทคนิคการบำรุงรักษาทั่วไป (Total Productive Maintenance: TPM) ผ่านกระบวนการสร้างระบบและการปรับปรุงแบบอุตสาหกรรม 4.0 (Industry 4.0 Transformation)การเตรียมข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม LSTM นั้นใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตรวจสอบสถานะและการดำเนินงานของอุปกรณ์ในโรงงาน รวมถึงข้อมูลประสิทธิภาพของอุปกรณ์เพื่อให้สามารถทำนายอัตราความพร้อมใช้งานและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ได้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโครงข่ายประสาทเทียม LSTM สามารถทำนายอัตราความพร้อมใช้งานและ OEE ของอุปกรณ์ได้ในระดับความถูกต้องที่สูง นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเทคนิคการบำรุงรักษาแบบกำหนดการล่วงหน้าในการเพิ่มอัตราความพร้อมใช้งานและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในโรงงาน [17]

Stephano B. (2022) บทความกล่าวถึงความท้าทายที่บริษัทเปรูต้องเผชิญในภาคอาหารเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องและเพิ่มการผลิตในตลาด การใช้วิธีการผลิตแบบลีนเพื่อปรับปรุงการทำงานของเครื่องจักร และลดการสูญเสียการผลิตที่เกิดจากการหยุดชะงักทางกลสิ่งกีดขวางของเครื่องจักร และเวลาที่มากเกินไปในการเปลี่ยนเครื่องมือ การแก้ปัญหาใช้เครื่องมือ 5S, เครื่องมือ SMED, การบำรุงรักษาแบบทวีผล (Total Productive Maintenance) และการวางแผนเพื่อเพิ่มความพร้อมในการผลิตและกำลังการผลิต วิจัยนี้ประมาณการว่าจะปรับปรุงประสิทธิภาพ OEE ของสายการผลิตอาหารจาก 83.17% เป็น 93.14% [18]

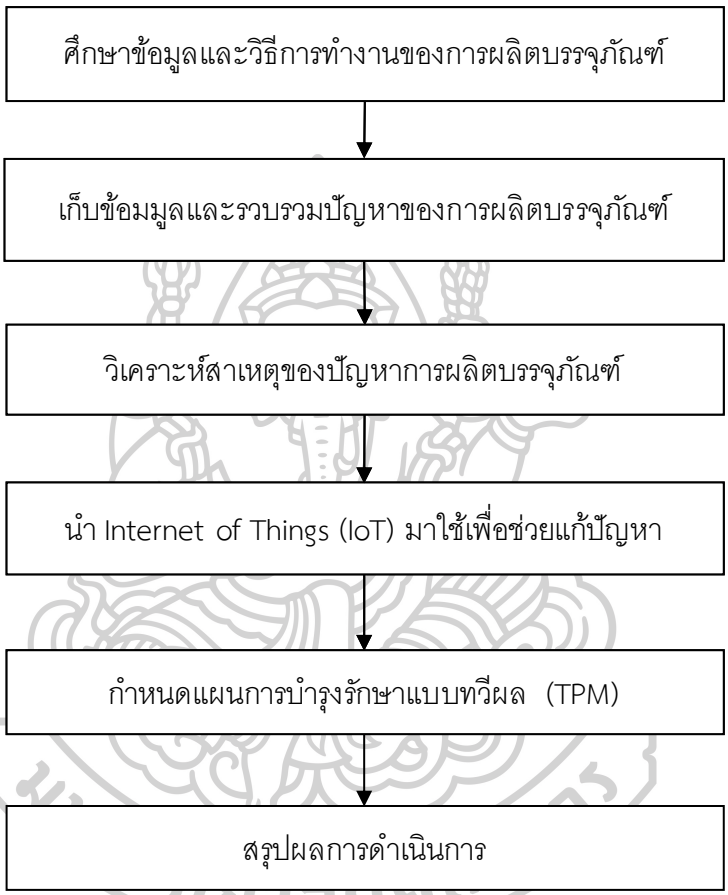
ไตรภพ และคณะ (2022) บทความกล่าวถึงงานวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงระบบทำความเย็นในโรงพยาบาล เน้นการเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบมีความเสถียรและไม่เกิดการ Shutdown และให้การบริการต่อผู้ป่วยได้อย่างต่อเนื่องและปลอดภัย เริ่มต้นด้วยการออกแบบและติดตั้งระบบท่อและวาล์วให้เหมาะสม และการเปลี่ยนแปลงตัวปรับ Motor ของ Condenser Pump เพื่อการใช้งานที่เหมาะสม เสร็จสิ้นด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของปั๊ม (VSD) เพื่อปรับแต่งการทำงานให้ประหยัดพลังงาน ผลลัพธ์แสดงว่ามีการควบคุมอุณหภูมิน้ำให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมและมีผลประหยัดทั้งในด้านการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายโดยรวม สรุปว่าการปรับปรุงระบบทำความเย็นในโรงพยาบาลมีผลที่ดีในการอนุรักษ์พลังงานและลดค่าใช้จ่าย [19]

พิชิต (2023) บทความกล่าวถึงผลการศึกษาผลของการหล่อเย็นต่อการหดตัวของชิ้นงานฉีดพลาสติกชนิด PP1100NK โดยใช้โปรแกรม Cadmould เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการหดตัวของชิ้นงาน ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าการออกแบบระบบหล่อเย็นในกรณีต่างๆ มีผลต่อการหดตัวของชิ้นงานต่างกัน การศึกษาผลจากโปรแกรม Cadmould และการทดสอบการฉีดจริงพบว่าผลลัพธ์ตรงกับการวิเคราะห์ ช่วยให้เข้าใจถึงปัญหาและความสำเร็จของการออกแบบแม่พิมพ์ และปรับปรุงไปสู่การผลิตที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งค่าเฉลี่ยของการหดตัวของชิ้นงานในทิศทาง Y อยู่ที่ 0.89% และ 1.45% ในขณะที่ในทิศทาง X เป็น 2.29% และ 1.83% ตามลำดับ และค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นงานที่ได้นั้นสอดคล้องกับค่าที่วิเคราะห์ไว้ล่วงหน้า ทั้งนี้ช่วยเสริมสร้างความเชื่อมั่นในการออกแบบและผลิตชิ้นงานให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูงสุด [20]

จันทร์ทา และมาโนช (2015) บทความกล่าวถึงการปรับปรุงการบำรุงรักษาของระบบผลิตน้ำเย็นในโรงงานฉีดพลาสติก โดยใช้แนวคิดของการบำรุงรักษาที่มุ่งเน้นความเชื่อถือ (RCM) เพื่อลดปัญหาการหยุดชะงักของระบบ ผลลัพธ์ของการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบโดยรวมดังนี้การเพิ่มเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหาย (MTBF) ของระบบผลิตน้ำเย็นเพิ่มขึ้น 141.87% จากการปรับปรุงการบำรุงรักษาตามแนวคิด RCM. การลดจำนวนครั้งการหยุดชะงักจากระบบท่อส่งน้ำแตกได้ถึง 100%. การลดปัญหาคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากระบบทำน้ำเย็นลง 43.71%. การลดจำนวนครั้งของปัญหาที่ระดับอุณหภูมิน้ำเย็นไม่เป็นไปตามที่กำหนดลง 70.37%. การลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของระบบส่งน้ำจาก 30,240 บาท เหลือเพียง 21,168 บาทต่อเดือน หลังจากการปรับปรุงและการออกแบบใหม่ของระบบ [21]

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนได้ ดังนี้



ภาพที่ 8 แผนภาพแสดงขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลและวิธีการทำงานของการผลิตบรรจุภัณฑ์

การศึกษาข้อมูลแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ของบริษัทตัวอย่างมีการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับบางผลิตภัณฑ์ของบริษัทเอง ซึ่งมีเครื่องจักรในการผลิตถังบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบันทั้งหมด 5 เครื่อง ประกอบไปด้วย เครื่องเป่าถังสองแม่พิมพ์ขนาด 20 ลิตร เครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตร เครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตรไม่มีโลโก้ เครื่องเป่าถังขนาด 10 ลิตร และเครื่องฉีดถังปากกว้างขนาด 20 ลิตร โดยแต่ละเครื่องจักรมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 รายละเอียดเครื่องจักรในแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์

1. เครื่องเป่าถังสองแม่พิมพ์ขนาด 20 ลิตร (GAM-05)

ภาพที่ 9 เครื่องเป่าถังสองแม่พิมพ์ขนาด 20 ลิตร

ข้อมูลทางเทคนิค

กระบวนการผลิต: การอัดขึ้นรูป

ผลิตถังกลมขนาด: 20 ลิตร

ความจุ: 21.2 ลิตร ± 300 มิลลิลิตร

วัสดุ: ทำจากโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง 100%

น้ำหนักถังบรรจุภัณฑ์: ขั้นต่ำ 1.2 กิโลกรัม

สีของถังบรรจุภัณฑ์ที่ผลิต: ขาว เหลือง ใส

PLC ที่ใช้ในการควบคุมเครื่อง: Mitsubishi Electric รุ่น FX3u-128M

ภาพที่ 10 ถังผลิตภัณฑ์จากเครื่องเป่าถังสองแม่พิมพ์ขนาด 20 ลิตร

ภาพที่ 11 PLC Mitsubishi Electric รุ่น FX3u-128M ที่ใช้กับเครื่องเป่าถัง 20 ลิตรสองแม่พิมพ์

2. เครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตร (GAM-04)

ภาพที่ 12 เครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตร

ข้อมูลทางเทคนิค

กระบวนการผลิต: การอัดขึ้นรูป

ผลิตแกลลอนขนาด: 3.5, 5 ลิตร

ความจุ: 5.5 ลิตร ± 100 มิลลิลิตร

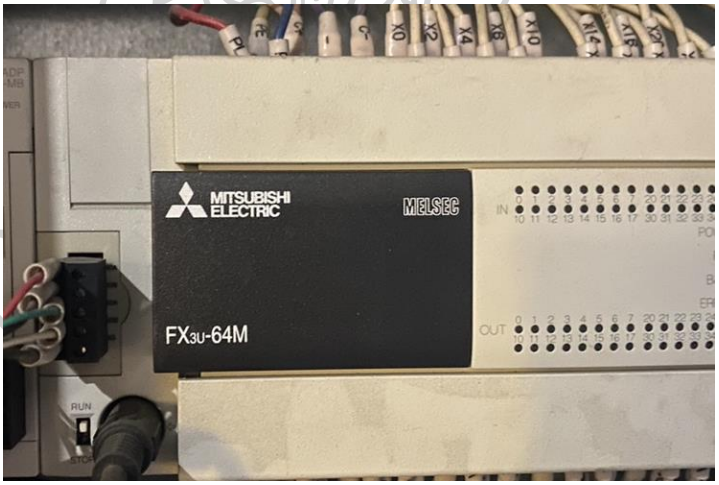
วัสดุ: ทำจากโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง 100%

น้ำหนักถังบรรจุภัณฑ์: 0.280 – 0.315กิโลกรัม

สีของถังบรรจุภัณฑ์ที่ผลิต: ขาว ขุ่น

PLC ที่ใช้ในการควบคุมเครื่อง: Mitsubishi Electric รุ่น FX3u-64M

ภาพที่ 13 แกลลอนผลิตภัณฑ์จากเครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตร



ภาพที่ 14 PLC Mitsubishi Electric รุ่น FX3u-64M ที่ใช้กับเครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตร

3. เครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตร (ไม่มีตราบริษัท) (GAM-01)

ภาพที่ 15 เครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตร (ไม่มีโลโก้)

ข้อมูลทางเทคนิค

กระบวนการผลิต: การอัดขึ้นรูป

ผลิตแกลลอนขนาด: 3.8, 5 ลิตร

ความจุ: 5.5 ลิตร ± 100 มิลลิลิตร

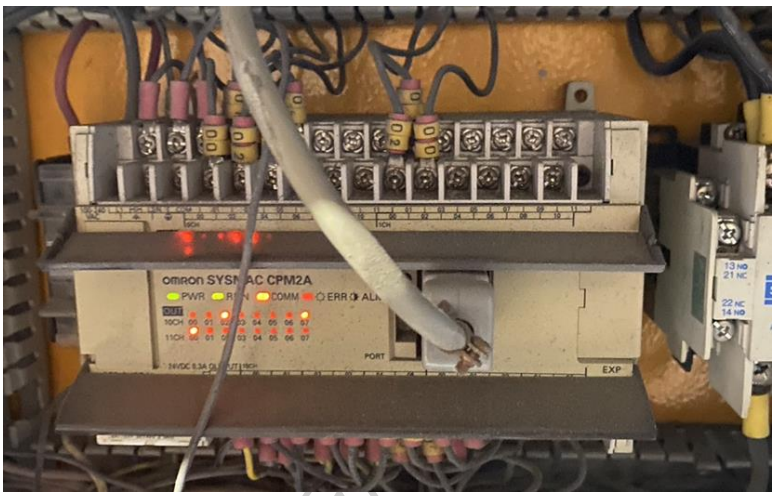
วัสดุ: ทำจากโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง 100%

น้ำหนักถังบรรจุภัณฑ์: 0.280 – 0.315กิโลกรัม

สีของถังบรรจุภัณฑ์ที่ผลิต: ขาว ขุ่น

PLC ที่ใช้ในการควบคุมเครื่อง: OMRON SYSMAC CPM2A

ภาพที่ 16 แกลลอนผลิตภัณฑ์จากเครื่องเป่าถังขนาด 3.8 ลิตร (ไม่ตราบริษัท)



ภาพที่ 17 OMRON SYSMAC CPM2A ที่ใช้กับเครื่องเป่าถังขนาด 5 ลิตร (ไม่ตราบริษัท)

4. เครื่องเป่าถังขนาด 10 ลิตร (GAM-03)

ภาพที่ 18 เครื่องเป่าถังขนาด 10 ลิตร

ข้อมูลทางเทคนิค

กระบวนการผลิต: การอัดขึ้นรูป

ผลิตถังขนาด: 10 ลิตร

ความจุ: 10.5 ลิตร ± 150 มิลลิลิตร

วัสดุ: ทำจากโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง 100%

น้ำหนักถังบรรจุภัณฑ์: 0.550 กิโลกรัม

สีของถังบรรจุภัณฑ์ที่ผลิต: ขาว

PLC ที่ใช้ในการควบคุมเครื่อง: Mitsubishi Electric รุ่น FX3u-80M

ภาพที่ 19 แกลลอนผลิตภัณฑ์จากเครื่องเป่าถังขนาด 10 ลิตร

ภาพที่ 20 Mitsubishi Electric รุ่น FX3u-80M ที่ใช้กับเครื่องเป่าถังขนาด 10 ลิตร

5. เครื่องฉีดถังปากกว้างขนาด 20 ลิตร (GAM-02)

ภาพที่ 21 เครื่องฉีดถังและฝาขนาด 20 ลิตร

ข้อมูลทางเทคนิค

กระบวนการผลิต: การฉีดขึ้นรูป

ผลิตถังขนาด: 20 ลิตร

ความจุ: 20.5 ลิตร ± 250 มิลลิลิตร

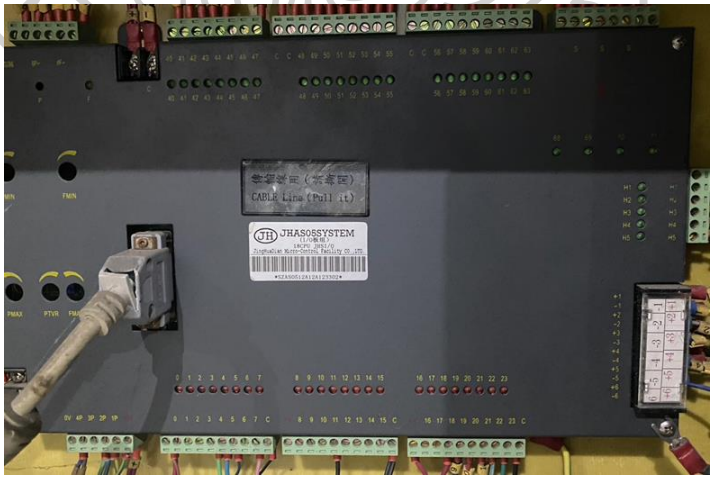
วัสดุ: ทำจากโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง 100%

น้ำหนักถังบรรจุภัณฑ์: 0.850 กิโลกรัม 1.11 รวมฝา

สีของถังบรรจุภัณฑ์ที่ผลิต: ขาว

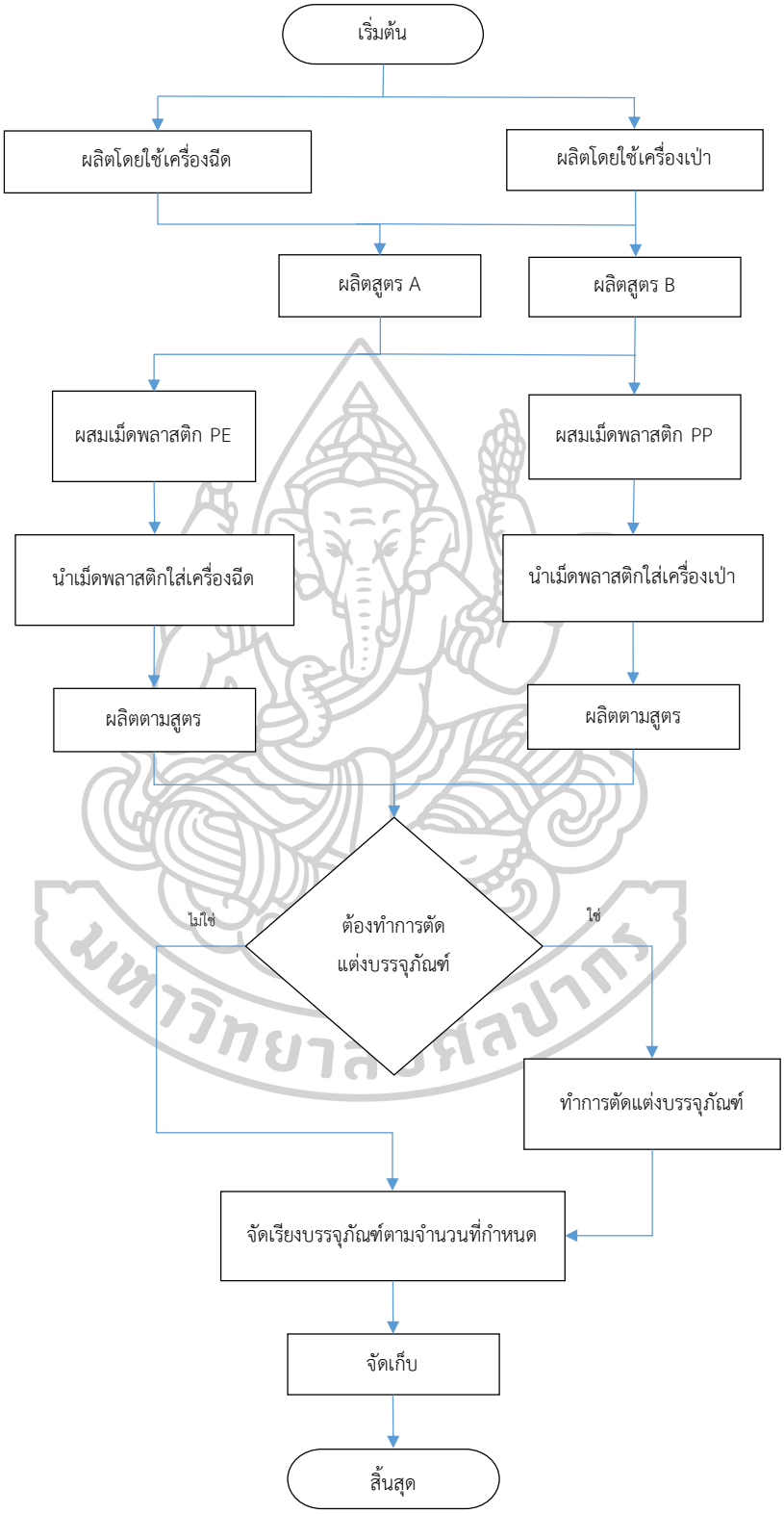
PLC ที่ใช้ในการควบคุมเครื่อง: JHA รุ่น micro control JHA 05 SYSTEM

ภาพที่ 22 ถังและฝาผลิตภัณฑ์จากเครื่องฉีดถังขนาด 20 ลิตร



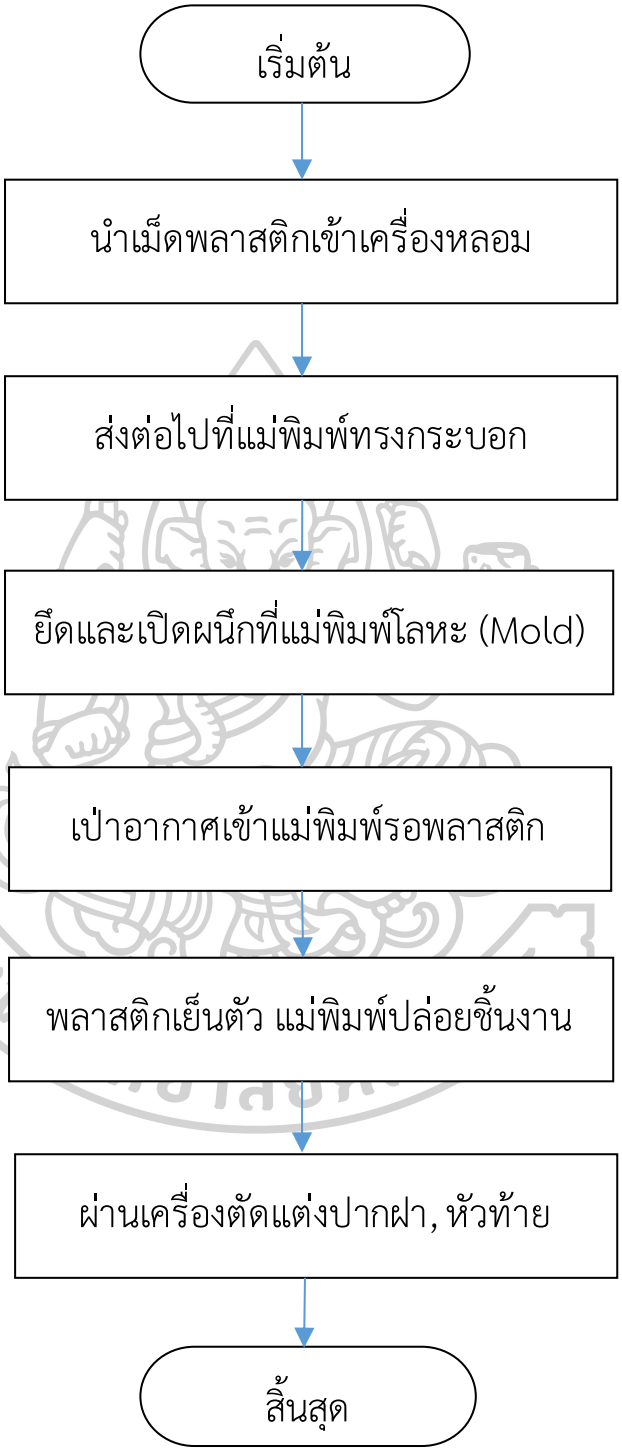
ภาพที่ 23 JHA รุ่น micro control JHA 05 SYSTEM ใช้กับเครื่องฉีดถังปากกว้างขนาด 20 ลิตร

3.1.2 แผนผังกระบวนการทำงานแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์

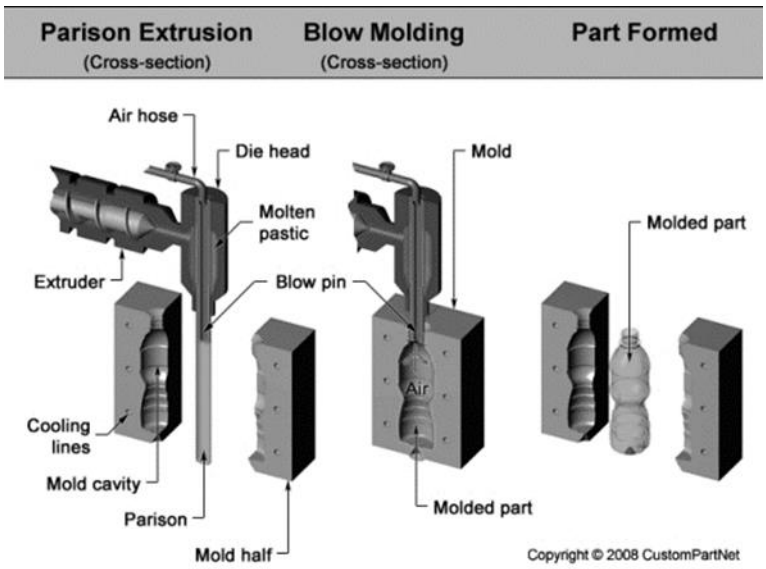


ภาพที่ 24 แผนผังการทำงานแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์

3.1.3 แผนผังกระบวนการทำงานของเครื่องจักรแบบเป่า (extrusion blow molding)



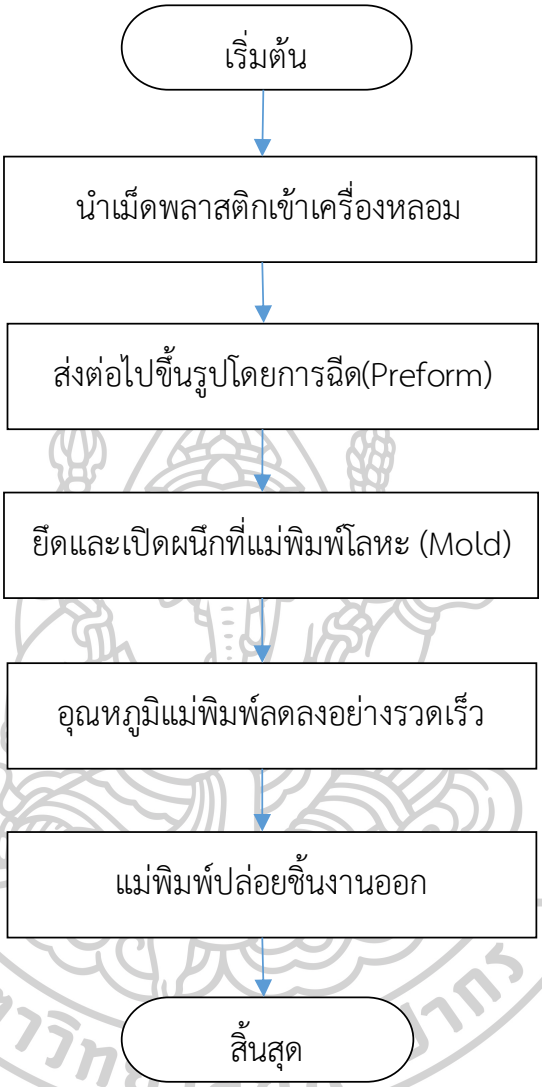
ภาพที่ 25 แผนผังการทำงานของเครื่องจักรแบบเป่า (extrusion blow molding) [22]



ภาพที่ 26 ชุดประกอบการเป่าขวดพลาสติก (Extrusion blow molding) [23]

มหาวิทยาลัยศิลปากร

3.1.4 แผนผังกระบวนการทำงานของเครื่องจักรแบบฉีด (Injection Blow Molding)



ภาพที่ 27 แผนผังการทำงานของเครื่องจักรแบบฉีด (Injection Blow Molding)

3.1.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ปรับตั้งเครื่องในการผลิตบรรจุภัณฑ์

การปรับตั้งเครื่องเป่าพลาสติก เพื่อเป็นเนวทางในการแก้ไขปัญหาชิ้นงานเสีย สามารถปรับได้จากพารามิเตอรได้ดังนี้

1. อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการเป่าขวดพลาสติก จะส่งผลให้ชิ้นงานมีคุณภาพแตกต่างกัน โดยอุณหภูมิที่ผลต่อชิ้นงานมีดังนี้ อุณหภูมิพลาสติกหลอม อุณหภูมิน้ำมันไฮดรอลิก อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในแม่พิมพ์

อุณหภูมิการหลอมละลายเม็ดพลาสติก โดยใช้เครื่องนาโนฮีทเตอร์ (Nano Heater) ในการหลอมละลายเม็ดพลาสติกในการผลิต การสร้างความร้อน: เครื่องนาโนฮีทเตอร์ใช้การสร้างความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้พลังงานไฟฟ้า การนำความร้อนไปยังพื้นผิวของพลาสติก ซึ่งทำให้เม็ดพลาสติกที่อยู่ในบริเวณนั้นเกิดการละลาย การควบคุมอุณหภูมิ: เครื่องนาโนฮีทเตอร์มักจะมีระบบควบคุมอุณหภูมิที่สามารถปรับค่าอุณหภูมิตามที่ต้องการได้ โดยใช้ PID CONTROL อุณหภูมิหลอมเหลวที่ 160 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 28 เครื่องนาโนฮีทเตอร์ (Nano Heater) [24]

อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นน้ำมันไฮดรอลิกโดยใช้เครื่องทำความเย็น (Cooling System) นำมาใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันไฮดรอลิกในระบบไฮดรอลิก สามารถทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากน้ำมันไฮดรอลิกได้ โดยระบบนี้จะช่วยลดอุณหภูมิน้ำมันไฮดรอลิกให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำงาน ซึ่งจะช่วยป้องกันการทำงานที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพและความเสียหายของอุปกรณ์ไฮดรอลิกได้

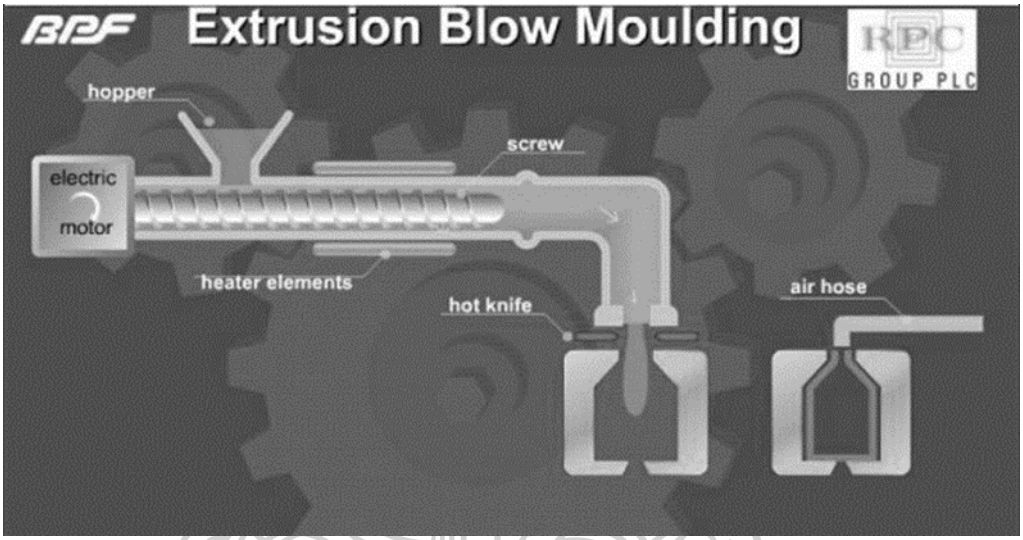
ภาพที่ 29 เครื่องทำความเย็น (Cooling System)

อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในแม่พิมพ์ สามารถทำได้โดยใช้เครื่องชิลเลอร์ (Chiller) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการระบายความร้อนออกจากระบบ โดยใช้น้ำเย็นหรือสารที่มีความเย็นเป็นสื่อกลาง เครื่องชิลเลอร์ทำหน้าที่ปรับอุณหภูมิของน้ำหล่อในแม่พิมพ์ให้มีอุณหภูมิที่ต่ำลง โดยการหล่อเย็นนี้ช่วยให้ชิ้นงานที่ผลิตออกมามีความแข็งแรงและคุณภาพดีขึ้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการหล่อเย็นแม่พิมพ์อยู่ที่ 20 ถึง25 องศาเซลเซียส โรงงานตัวอย่างผลิตน้ำหล่อเย็นเลี้ยงมาพิมพ์ด้วยเครื่องชิลเลอร์ (Chiller)

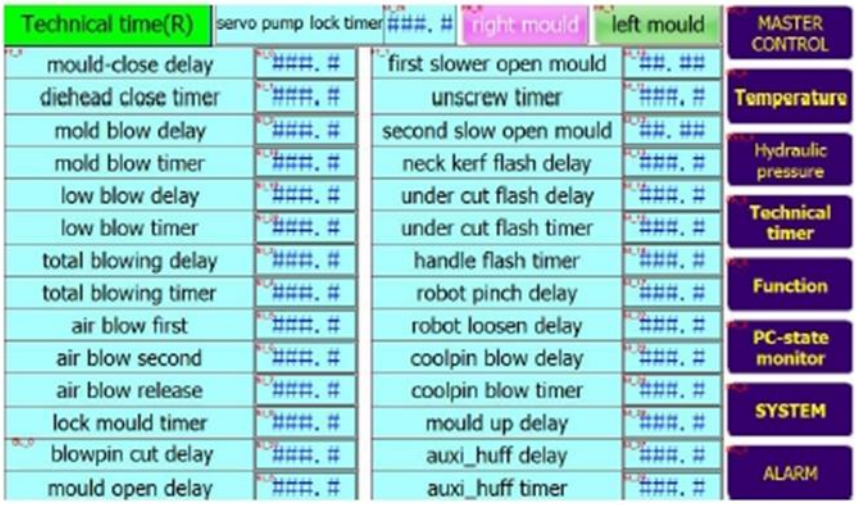
ภาพที่ 30 เครื่องชิลเลอร์ (Chiller)

2. ความเร็ว

ความเร็วที่ใช้ในการเป่าขวดพลาสติก จะส่งผลต่อชิ้นงานให้มมีคุณภาพแตกต่างกัน โดยความเร็วที่จะส่งผลต่อคุณภาพชิ้นงานมีดังนี้ ความเร็วในการป้อนเม็ดพลาสติก ความเร็วรอบสกรู ความเร็วในการตัดท่อพาริสัน ความเร็วในการเปิดปิดแม่พิมพ์ โดยการกำหนดพารามิเตอร์นี้สามารถควบคุมได้จากหน้าจอควบคุม PLC ให้ได้ตามค่าที่กำหนดได้



ภาพที่ 31 ส่วนประกอบของเครื่องจักรที่ใช้ความเร็วในการเป่าพลาสติก



ภาพที่ 32 หนหน้าจอควบคุม PLC ที่กำหนดเวลาควบคุมความเร็ว

3. ความดัน

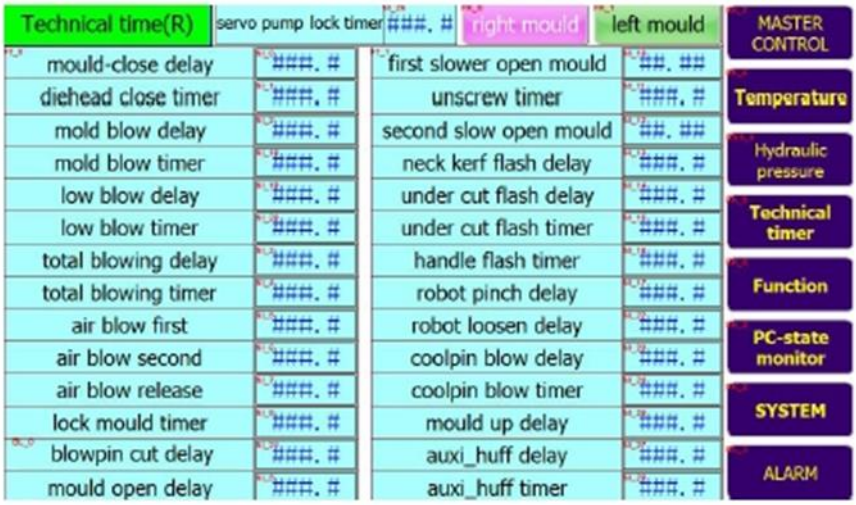
ความดันหรือแรงดันที่ใช้ในการเป่าขวดพลาสติก โดยความดันที่แตกต่างกันที่จะส่งผลต่อคุรภาพพลาสติกมีดังนี้ ความดันพลาสติกหลอมก่อนออกจากหัวดาย ความดันลมในการเป่าขึ้นรูป ความดันลมเลี้ยงพาริสัน โดยความดันไฮดรอลิกในการควบคุมเครื่องเป่าถังจะควบคุมได้โดยกำหนดค่าในหน้าจอควบคุม PLC (Hydraulic Pressure) และลมที่ใช้ในระบบจะผลิตจากเครื่องปั๊มลมที่ความดัน 7 ถึง 8 บาร์

ภาพที่ 33 หน้าจอควบคุมระดับความดันไฮดรอลิก

ภาพที่ 34 เครื่องปั๊มลมที่ทำความดันให้กับแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์

4. เวลา

เวลาที่ใช้เป่าขวดพลาสติกที่จะส่งผลต่อคุณภาพชิ้นงานมีดังนี้ เวลาที่พลาสติกอยู่ในกระบอกหลอม เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็นชิ้นงานในแม่พิมพ์ โดยสามารถควบคุมได้จากหน้าจอควบคุม PLC

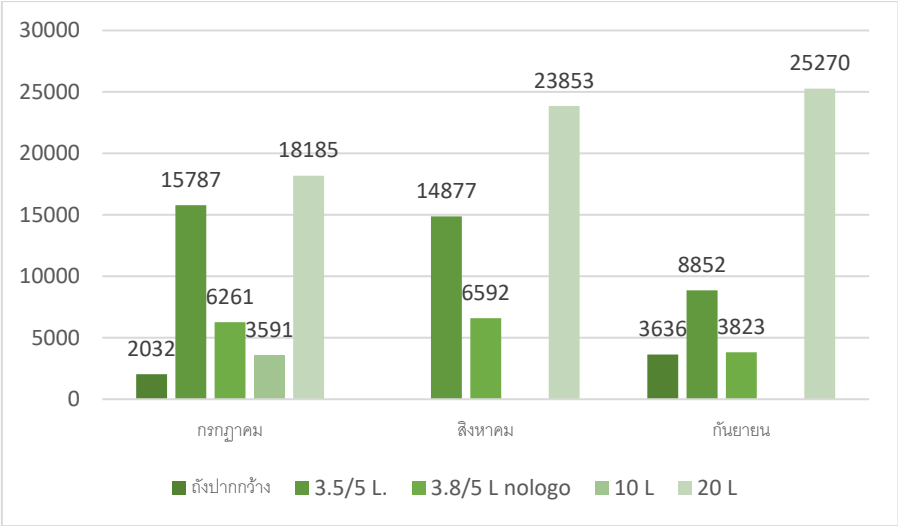


ภาพที่ 35 หน้าจอควบคุม PLC การปรับเปลี่ยนเวลาทางเทคนิค

3.2 เก็บข้อมูลและรวบรวมปัญหาของการผลิตบรรจุภัณฑ์

3.2.1 ศึกษาข้อมูลปริมาณการผลิตบรรจุภัณฑ์

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตถังบรรจุภัณฑ์แต่ละเครื่องจักรในแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ ประกอบไปด้วยข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อเดือน ถังขนาด 20 ลิตร ถังขนาด 10 ลิตร แกลลอน 5 ลิตร แกลลอน 5 ลิตร(ไม่มีตราบริษัท) และถังปากกว้างขนาด 20 ลิตร โดยข้อมูลแสดงระยะเวลาตั้งแต่ เดือน กรกฎาคม – เดือน กันยายน 2566 โดยมีกำลังการผลิต ถังขนาด 20 ลิตรเป็นจำนวนมากที่สุด ดังกราฟที่ 3.1แสดงข้อมูลกำลังการผลิตในแต่ละเดือน



ภาพที่ 36 แสดงปริมาณการผลิตบรรจุภัณฑ์ในแต่ละเครื่องจักรต่อเดือน

3.2.2 รวบรวมข้อมูลสถิติของเสีย

เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาสินค้าที่ได้รับการร้องเรียนของโรงงานตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดและสาเหตุ

วันที่พบ	เวลา	เลขที่เอก	ประเภท	รหัสผลิ	ชื่อผลิตภัณฑ์	Lot. No.	ขนาดบร	จำนวน	ปัญหาที่พบ	ลงชื่อผู้	
10/08/2566	09:01:09	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส		[redacted]	10/07/2023	20 LIT.	22 ถัง	คุณภาพ	จิระชัย	
10/08/2566	09:05:08	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส			10/07/2023	20 LIT.	44ถัง	คุณภาพ	จิระชัย	
15/08/2566	08:39:53	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส			31/07/2023	20 LIT.	11ถัง	อื่นๆ	ธนภัทร	
17/08/2566	08:53:19	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส			13/07/2023	20 LIT.	1ถัง	ขนส่ง	จิระชัย	
18/08/2566	14:22:22	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส			06/07/2023	20 LIT.	1pail	รั่ว	อภินันท์	
18/08/2566	14:28:16	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส			12/07/2023	20 LIT.	1pail	รั่ว	อภินันท์	
18/08/2566	14:29:28	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส			07/08/2023	20 LIT.	1pail	รั่ว	อภินันท์	
18/08/2566	14:31:10	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส			10/07/2023	20 KG.	1pail	รั่วบริเวณฝา	อพินันท์	
21/08/2566	09:43:54	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส			03/08/2023	10 LIT.	pail+20 pa	รั่วบริเวณฝา	อารญา	
21/08/2566	20:23:10	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส			03/08/2023	10 LIT.	1 Pail	รั่วบริเวณฝา	อารญา	
22/08/2566	09:00:23	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส			03/07/2023	5 LIT.	30แกลลอน	อื่นๆ	จิระชัย	
22/08/2566	09:03:24	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส			03/07/2023	5 LIT.	2 แกลลอน	รั่ว	จิระชัย	
22/08/2566	09:21:33	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส			13/07/2023	20 LIT.	1ถัง	รั่ว	จิระชัย	
23/08/2566	11:23:23	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส			10/07/2023	5 LIT.	1 GAL.	คุณภาพ	คุณกฤษฎา	
23/08/2566	15:57:57	NC-66-08-	ผลิตภัณฑ์ส			16/08/2023	20 LIT.	30	คุณภาพ	ณัชพล ขำ	
06/09/2566	11:11:26	NC-66-09-	ผลิตภัณฑ์ส			17/08/2023	5 LIT.	1 แกลลอน	รั่ว	วุฒิไกร	
08/09/2566	11:33:17	NC-66-09-	ผลิตภัณฑ์ส			17/07/2023	20 LIT.	2pail	ฉลาก	อภินันท์	
12/09/2566	16:31:23	NC-66-09-	ผลิตภัณฑ์ส			17/07/2023	20 KG.	19	คุณภาพ	จิรกัญญา	
13/09/2566	16:54:59	NC-66-09-	ผลิตภัณฑ์ส			24/07/2023	20 KG.	1 ถัง	ถังแตก	ยุธิดา นิ่มแ	
20/09/2566	09:56:32	NC-66-09-	ผลิตภัณฑ์ส			25/07/2023	5 LIT.	2แกลลอน	ผิดรูป	จิระชัย	
26/09/2566	14:06:39	NC-66-09-	ผลิตภัณฑ์ส			09/08/2023	20 KG.	1 กล่อง	อื่นๆ	จิระชัย	
28/09/2566	09:21:18	NC-66-09-	ผลิตภัณฑ์ส			18/09/2023	5 LIT.	1 Bag	ขนส่ง	อารญา	
06/10/2566	15:00:05	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			09/08/2023	3.8 LIT.	1	รั่ว	บจก.เทคคล	
10/10/2566	13:16:23	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			27/09/2023	20 LIT.	1 ถัง	รั่ว	จิระชัย	
10/10/2566	13:19:24	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			23/08/2023	20 LIT.	1ถัง	รั่ว	จิระชัย	
10/10/2566	13:22:34	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			21/09/2023	20 LIT.	1ถัง	ฉลาก	จิระชัย	
10/10/2566	13:25:51	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			05/09/2023	20 LIT.	1ถัง	ฉลาก	จิระชัย	
17/10/2566	09:16:10	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			04/07/2023	20 LIT.	1ถัง	รั่ว	ธนภัทร	
18/10/2566	08:29:47	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			08/09/2023	20 Kg.	1ถัง	ขนส่ง	ธนภัทร	
18/10/2566	09:33:03	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			03/08/2023	700 ML.	64ซอง	ขนส่ง	ธนภัทร	
18/10/2566	09:36:05	NC-66-10-	วัตถุดิบ			12/09/2023	3.8 LIT.	4แกลลอน	ขนส่ง	ธนภัทร	
18/10/2566	09:38:24	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			18/09/2023	3.8 LIT.	1แกลลอน	ขนส่ง	ธรภัทร	
19/10/2566	11:17:33	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			26/07/2023	20 LIT.	1 ถัง	รั่ว	ภรรัก	
19/10/2566	11:42:45	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			30/08/2023	20 LIT.	1 ถัง	คุณภาพ	คุณธนิดา	
19/10/2566	11:44:48	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			19/07/2023	20 LIT.	1 ถัง	คุณภาพ	คุณธนิดา	
24/10/2566	08:33:22	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			10/08/2023	20 LIT.	1 ถัง	ฉลาก	อภินันท์	
25/10/2566	08:33:38	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			19/09/2023	20 Kg.	1	อื่นๆ	วุฒิไกร	
27/10/2566	15:59:02	NC-66-10-	ผลิตภัณฑ์ส			26/09/2023	20 LIT.	1	ฉลาก	จิระชัย	
01/11/2566	13:30:45	NC-66-11-	ผลิตภัณฑ์ส			15/09/2023	20 LIT.	18	ฉลาก	จิระชัย	
01/11/2566	13:37:50	NC-66-11-	ผลิตภัณฑ์ส			15/09/2023	20 LIT.	1			

ภาพที่ 37 บันทึกการร้องเรียนปัญหาคุณภาพสินค้าจากระบบ

ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1 รวบรวมข้อมูลที่ได้รับร้องเรียน ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม – เดือน กันยายน พ.ศ. 2566 และตารางที่ 2 รวบรวมข้อมูลขนาดบรรจุภัณฑ์ที่พบของเสียมากที่สุด โดยทั้งสองตารางแสดงข้อมูลเป็นจำนวนครั้งและเปอร์เซ็นต์รวมความเสียหาย

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะข้อร้องเรียนที่พบปัญหา ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม – เดือน กันยายน พ.ศ. 2566

ปัญหา	จำนวน(ครั้ง)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย(%)
บรรจุภัณฑ์รั่ว	40	44%
คุณภาพสินค้า	13	14%
ถังบรรจุภัณฑ์แตก	10	11%
บรรจุภัณฑ์รั่ว (ฝา)	9	10%
ฉลาก	6	7%
ขนส่ง	6	7%
สินค้าหมดอายุ	4	4%
อื่นๆ	2	2%
รวม	90	100%

จากการรวบรวมข้อมูลสินค้าที่มีปัญหาทั้งหมด 90 รายการ ปัญหาที่พบมากที่สุดคือ บรรจุภัณฑ์รั่ว 40 รายการคิดเป็น 44% ของรายการสินค้าที่มีปัญหาทั้งหมด

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลประเภทบรรจุภัณฑ์ที่พบของเสียมากที่สุด ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม – เดือน กันยายน พ.ศ. 2566

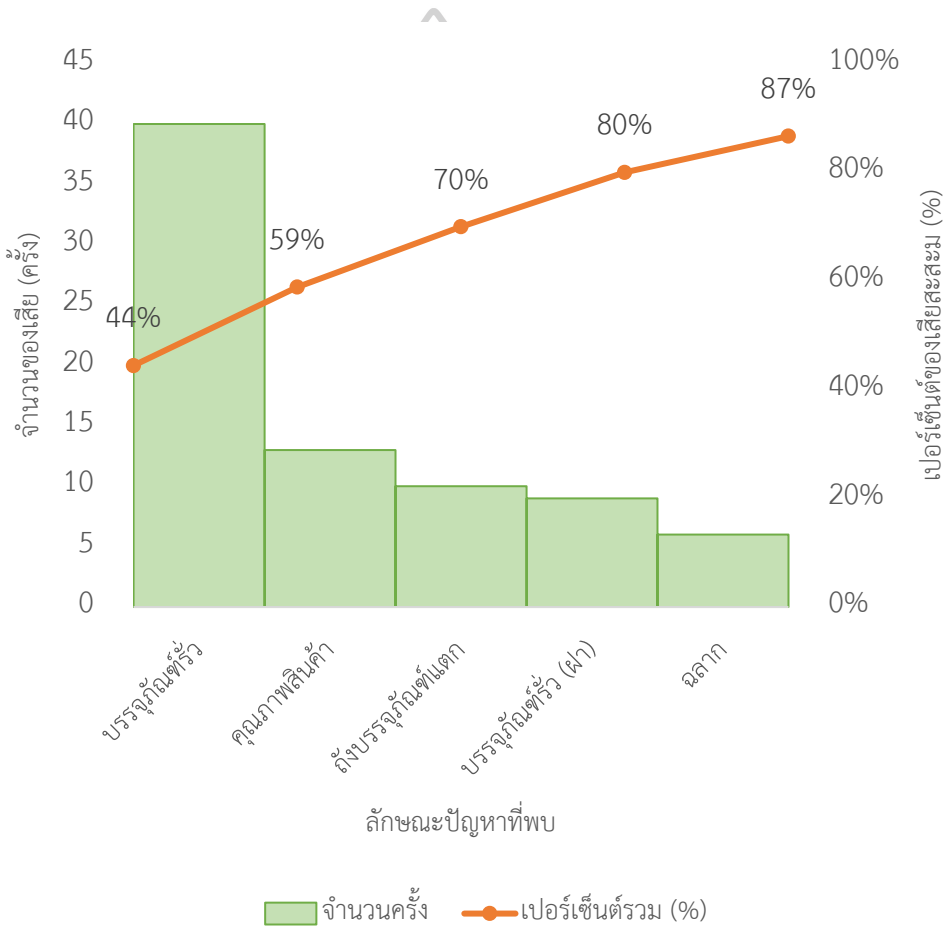
ปัญหา	จำนวน(ครั้ง)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย(%)
ถัง 20L.	33	83%
แกลลอน5L.	4	10%
ขวด500 ML.	1	3%
แกลลอน3.8L.	2	5%
รวม	40	100%

สรุปปัญหาของเสียที่พบมากที่สุด คือ ถังขนาด 20 ลิตร พบจำนวนการแจ้งข้อร้องเรียน 33 ครั้ง คิดเป็น 83 % ของรายการบรรจุภัณฑ์รั่วทั้งหมด

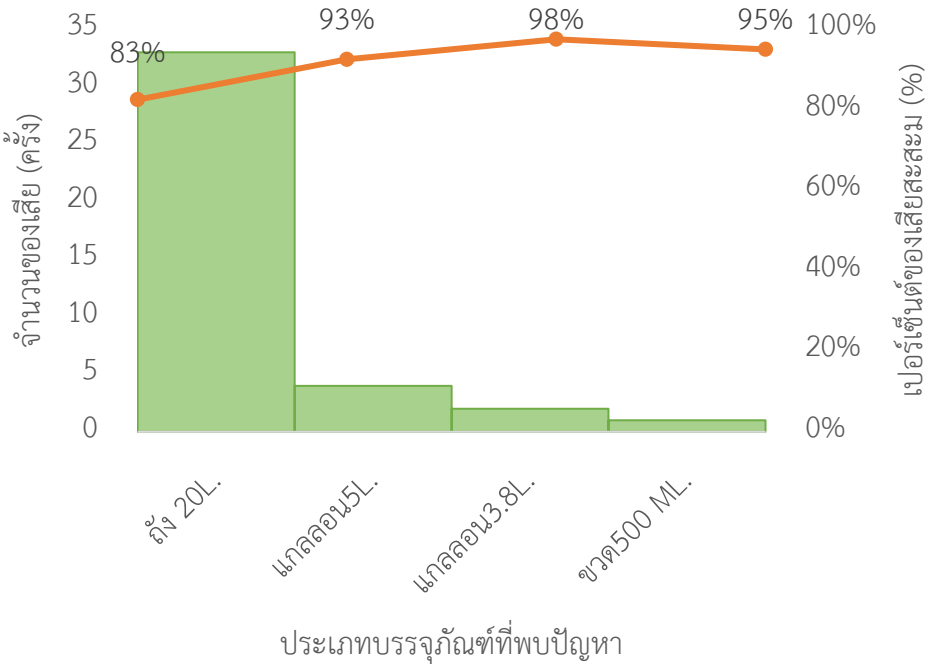
3.3 วิเคราะห์ข้อมูลและสาเหตุของปัญหาการผลิตบรรจุภัณฑ์

3.3.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟพาเรโต้

จากข้อมูลเบื้องต้น จะนำมาใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาด้วยเทคนิคพาเรโต้ โดยใช้หลักการของ กฎ 80/20 ซึ่งหมายถึง 80 เปอร์เซ็นต์ของผลลัพธ์มาจาก 20 เปอร์เซ็นต์ของสาเหตุ โดยปัญหาที่มีผลกระทบมากที่สุดจะมีความสำคัญมากที่สุดและควรให้ความสำคัญในการแก้ไขก่อน ดังภาพที่ 38 แผนภูมิพาเรโต้แยกประเภทของเสียที่รวบรวมจากข้อมูลการร้องเรียน และ ภาพที่ 39 แสดงประเภทของเสียจากปัญหาบรรจุภัณฑ์รั่ว ตามลำดับ

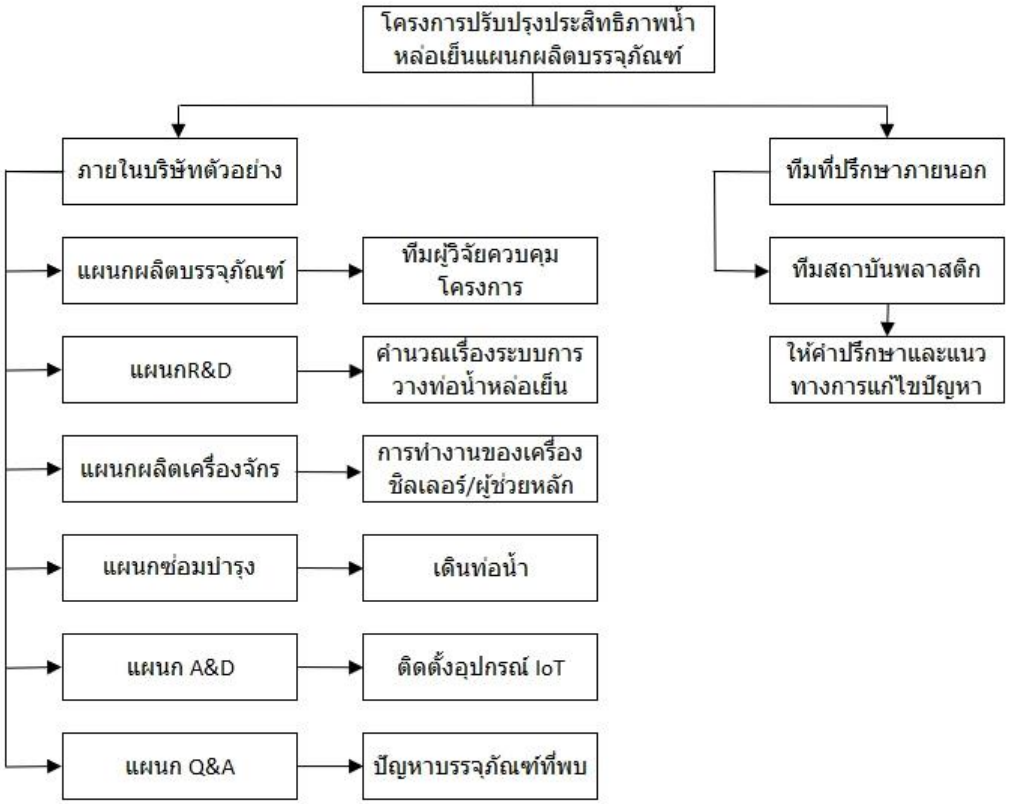


ภาพที่ 38 แสดงประเภทของเสียที่รวบรวมจากข้อมูลการร้องเรียน



ภาพที่ 39 แสดงประเภทของเสียจากปัญหาบรรจุภัณฑ์รั่ว

จากการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาเรโต้ปัญหาส่วนใหญ่คือ บรรจุภัณฑ์รั่วควรให้ความสำคัญและได้รับการแก้ไขเป็นอันดับแรก ตามด้วยปัญหาถังบรรจุภัณฑ์แตกและปัญหาบรรจุภัณฑ์รั่วที่ฝาตามลำดับ ซึ่งเป็นปัญหาที่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้จากแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ เมื่อปรับปรุงแล้วจะช่วยให้มีผลลัพธ์ที่ดีขึ้น โดยมีการระดมความคิดจากทางทีมผู้วิจัยและทีมสถาบันพลาสติกเพื่อหาสาเหตุและแนวทางแก้ปัญหา โดยมีผังหน้าที่การทำงาน ดังแผนภาพที่ 40

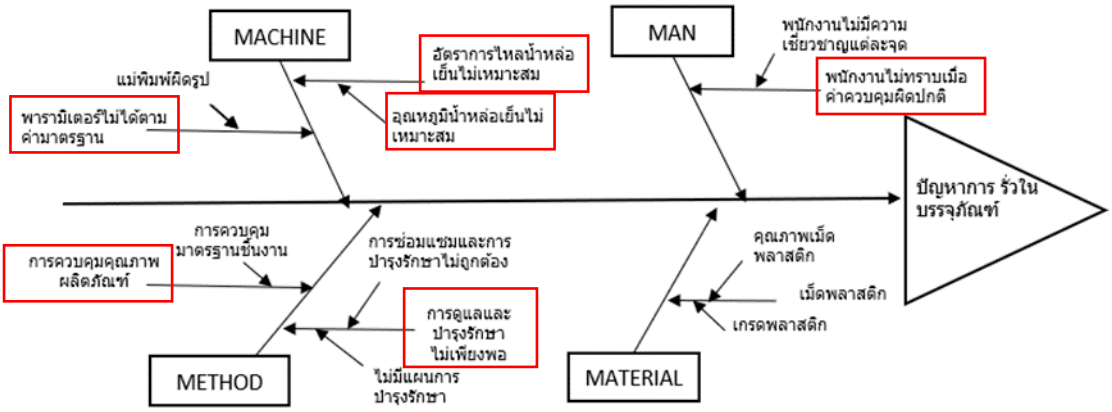


ภาพที่ 40 ผังหน้าที่การระดมความคิดจากทางทีมผู้วิจัยและทีมสถาบันพลาสติก

3.3.2 วิเคราะห์สาเหตุโดยผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

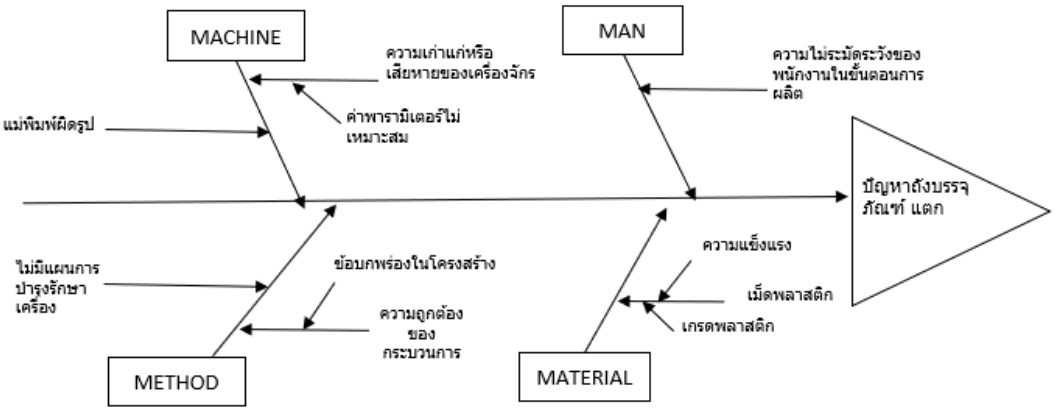
การพิจารณาปัญหาที่เกิดจากบรรจุภัณฑ์และพบว่าปัญหาที่พบมากที่สุดประกอบด้วยปัญหาบรรจุภัณฑ์รั่ว, ปัญหาถังบรรจุภัณฑ์แตก และปัญหาบรรจุภัณฑ์รั่วที่ฝา จากนั้นผู้วิจัยได้ร่วมกับทีมผู้ชำนาญการในการหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยนำผังก้างปลา (Fishbone Diagram) โดยระบุสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยที่อาจทำให้เกิดปัญหามาประยุกต์ใช้กับการระดมความคิดจากผู้ชำนาญการ เพื่อให้สามารถหาสาเหตุของปัญหาเพื่อนำไปสู่การพัฒนาแผนการแก้ไขเพื่อปรับปรุงปัญหาให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดยการวิเคราะห์ผังก้างปลาในภาพ ดังต่อไปนี้

ปัญหาบรรจุภัณฑ์รั่ว



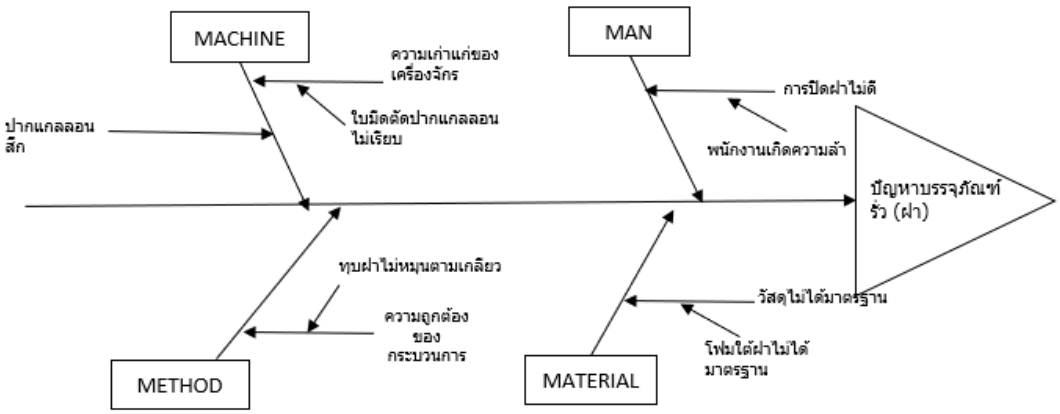
ภาพที่ 41 ตัวอย่างแผนผังก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุการรั่วในถังบรรจุภัณฑ์

ปัญหาถังบรรจุภัณฑ์แตก



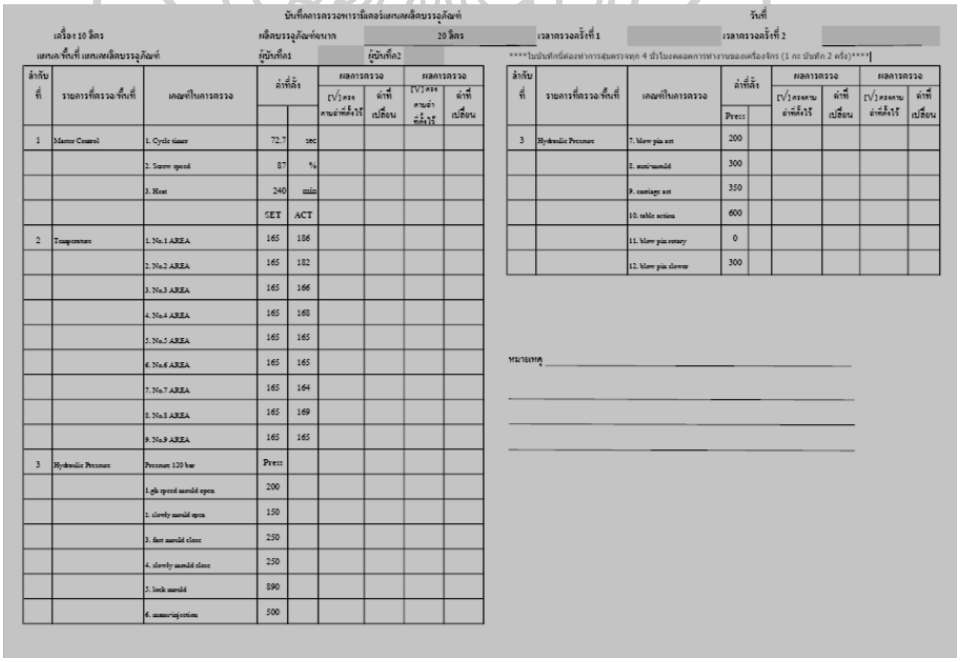
ภาพที่ 42 ตัวอย่างแผนผังก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุการแตกในถังบรรจุภัณฑ์

ปัญหาบรรจุภัณฑ์รั่ว (ฝา)



ภาพที่ 43 ตัวอย่างแผนผังก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุปัญหาบรรจุภัณฑ์รั่ว (ฝา)

จากการหาสาเหตุโดยใช้แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) ภาพที่ 40 แสดงแผนผังก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุการรั่วในถังบรรจุภัณฑ์ และคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญโดยหาสาเหตุหลักอาจจะเกิดจากค่าพารามิเตอร์ของเครื่องที่ไม่ได้ตามมาตรฐานหรือการดูแลบำรุงรักษาเครื่องจักรไม่เพียงพอ จึงได้ทำการออกแบบใบตรวจสอบ (Check Sheet) เพื่อบันทึกค่าพารามิเตอร์ และสำรวจเครื่องจักร



บันทึกการตรวจพารามิเตอร์แผนผลิตบรรจุภัณฑ์ วันที่

เครื่อง 10 ลิตร ผลิตบรรจุภัณฑ์จนาก 20 ลิตร เวลาตรวจครั้งที่ 1 เวลาตรวจครั้งที่ 2

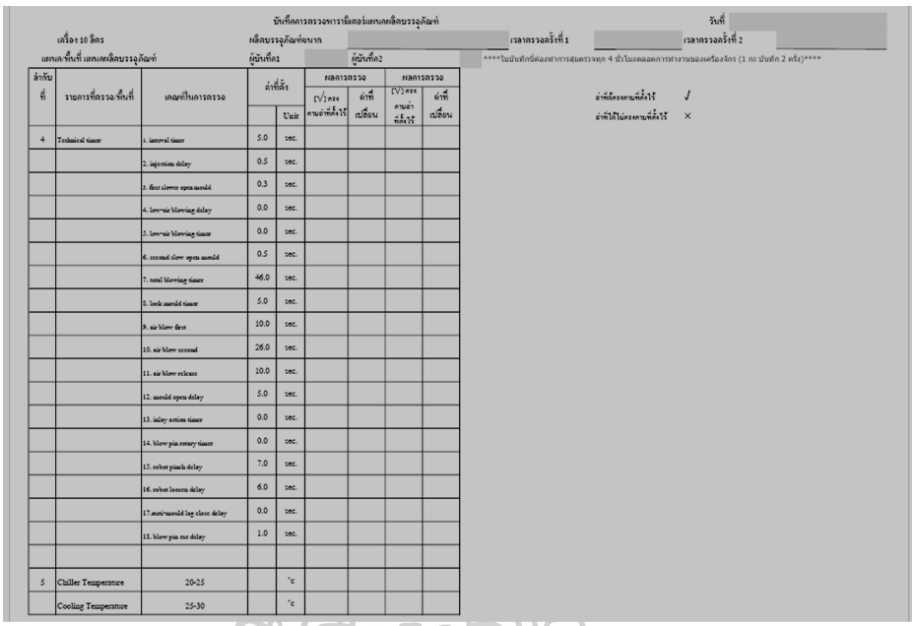
แผนผลิตพื้นที่ แผนผลิตบรรจุภัณฑ์ ผู้บันทึก1 ผู้บันทึก2 ****ไม่บันทึกที่ต้องทำการสุ่มตรวจทุก 4 ชั่วโมงตลอดการทำงานของเครื่องจักร (1 กะ บันทึก 2 ครั้ง)****

ลำดับที่	รายการที่ตรวจ/พื้นที่	เกณฑ์ในการตรวจ	ค่าที่ตั้ง		ผลการตรวจ [V] ตรงตามค่าที่ตั้งไว้	ผลการตรวจ ค่าที่เปลี่ยน	ผลการตรวจ [V] ตรงตามค่าที่ตั้งไว้	ผลการตรวจ ค่าที่เปลี่ยน
1	Master Control	1. Cycle timer	72.7	sec				
		2. Screw speed	87	%				
		3. Heat	240	min				
			SET	ACT				
2	Temperature	1. No.1 AREA	165	186				
		2. No.2 AREA	165	182				
		3. No.3 AREA	165	166				
		4. No.4 AREA	165	168				
		5. No.5 AREA	165	165				
		6. No.6 AREA	165	165				
		7. No.7 AREA	165	164				
		8. No.8 AREA	165	169				
		9. No.9 AREA	165	165				
3	Hydraulic Pressure	Pressure 120 bar	Press					
		1.qk speed mould open	200					
		2. slowly mould open	150					
		3. fast mould close	250					
		4. slowly mould close	250					
		5. lock mould	890					
		6. nozzle injection	500					

ลำดับที่	รายการที่ตรวจ/พื้นที่	เกณฑ์ในการตรวจ	ค่าที่ตั้ง		ผลการตรวจ [V] ตรงตามค่าที่ตั้งไว้	ผลการตรวจ ค่าที่เปลี่ยน	ผลการตรวจ [V] ตรงตามค่าที่ตั้งไว้	ผลการตรวจ ค่าที่เปลี่ยน
3	Hydraulic Pressure	7. blow pin set	Press 200					
		8. mould	300					
		9. carriage set	350					
		10. table action	600					
		11. blow pin rotary	0					
		12. blow pin slower	300					

หมายเหตุ

ภาพที่ 44 ใบรายงานการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ประจำวันส่วนที่ 1



บันทึกการตรวจพารามิเตอร์แสนเลผลิตบรรจุภัณฑ์ วันที่

เครื่อง 10 ลิตร ผลิตบรรจุภัณฑ์จนาก เวลาตรวจครั้งที่ 1 เวลาตรวจครั้งที่ 2

แสนเล/พื้นที่ แสนเลผลิตบรรจุภัณฑ์ ผู้บันทึก1 ผู้บันทึก2 ****ในบันทึกนี้ต้องทำการสุ่มตรวจทุก 4 ชั่วโมงตลอดการทำงานของเครื่องจักร (1 กะ บันทึก 2 ครั้ง)****

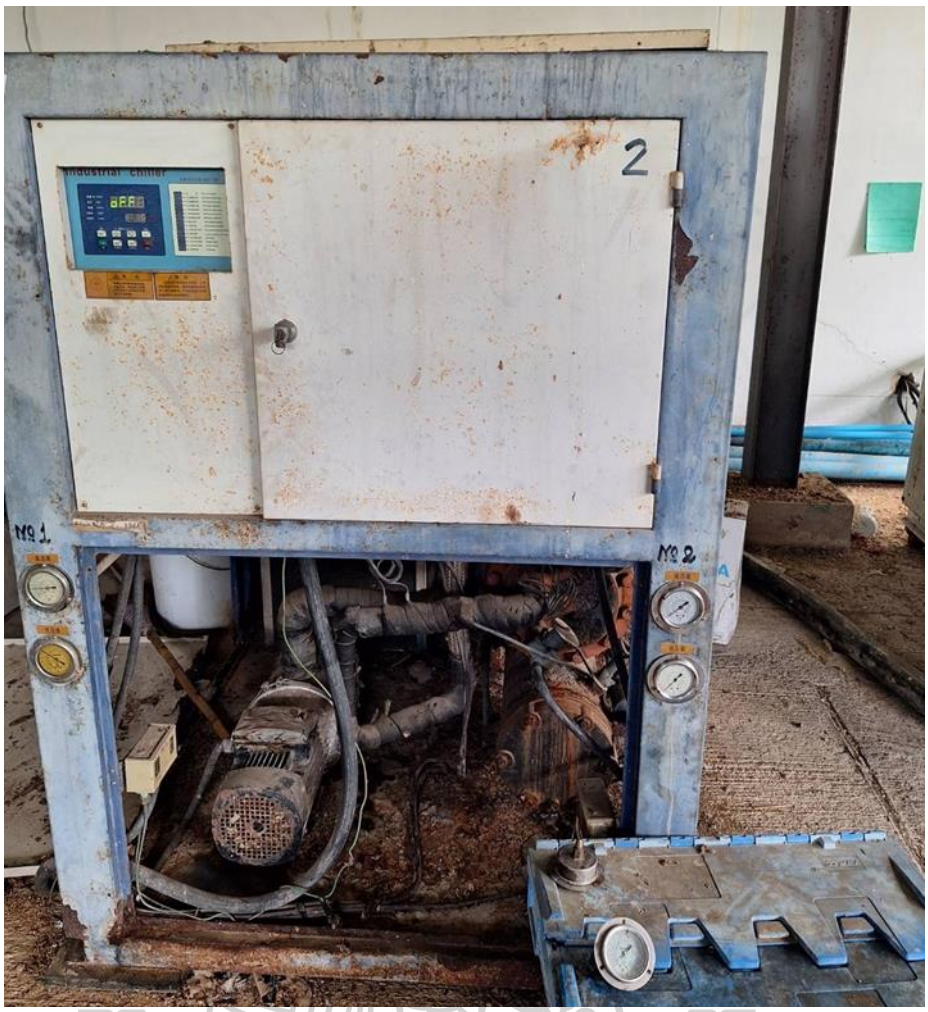
ลำดับที่	รายการที่ตรวจ/พื้นที่	แสนเลที่ในการตรวจ	ค่าที่ตั้ง		ผลการตรวจ		ผลการตรวจ	
					[√] ตรง ตามค่าที่ตั้งไว้	ค่าที่เปลี่ยน	[√] ตรง ตามค่าที่ตั้งไว้	ค่าที่เปลี่ยน
				Unit				
4	Technical timer	1. interval timer	5.0	sec.				
		2. injections delay	0.5	sec.				
		3. first clevor open mould	0.3	sec.				
		4. low-air blowing delay	0.0	sec.				
		5. low-air blowing timer	0.0	sec.				
		6. second clevr open mould	0.5	sec.				
		7. total blowing timer	46.0	sec.				
		8. lock mould timer	5.0	sec.				
		9. air blow first	10.0	sec.				
		10. air blow second	26.0	sec.				
		11. air blow release	10.0	sec.				
		12. mould open delay	5.0	sec.				
		13. inlay action timer	0.0	sec.				
		14. blow pin rotary timer	0.0	sec.				
		15. robot pinch delay	7.0	sec.				
		16. robot loosen delay	6.0	sec.				
		17.moti/mould lag close delay	0.0	sec.				
		18. blow pin out delay	1.0	sec.				
5	Chiller Temperature	20-25		°c				
	Cooling Temperature	25-30		°c				

ค่าที่ต้องตามที่ตั้งไว้ √

ค่าที่ไม่ได้ตรงตามที่ตั้งไว้ ×

ภาพที่ 45 ใบรายงานการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ประจำวันส่วนที่ 2

ภาพที่ 46 หน้าจอเครื่องชิลเลอร์แจ้งเตือนความผิดปกติ



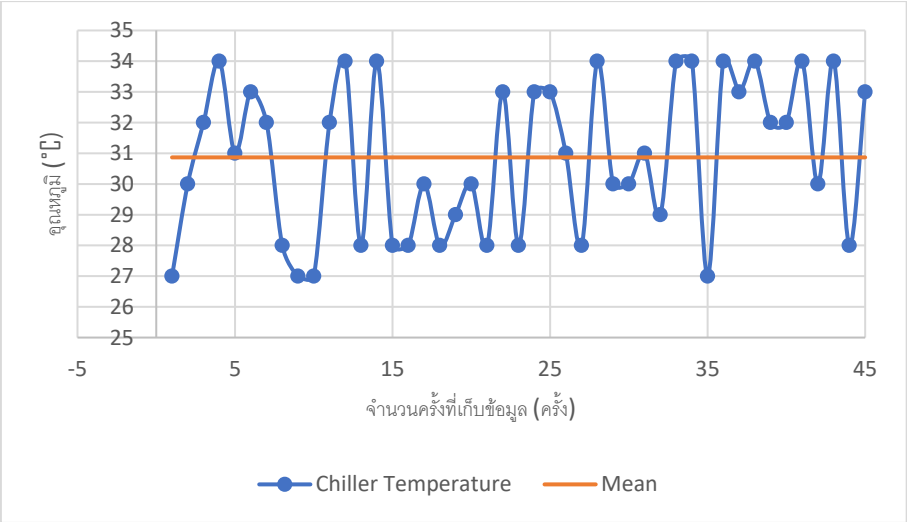
ภาพที่ 47 เครื่องชิลเลอร์ที่ขาดการดูแลและบำรุงรักษา

จากการสำรวจพื้นที่หน้างานเครื่องชิลเลอร์พบว่ามีเครื่องผลิตน้ำหล่อเย็นทั้งหมด 4 เครื่องขาดการดูแลและบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างรุนแรง เครื่องจักรเสียหายและชำรุด เครื่องจักรยังทำงานแต่ไม่สามารถทำความเย็นได้ตามอุณหภูมิมาตรฐานที่กำหนด ท่อการเดินน้ำระบบน้ำหล่อเย็นมีการต่อท่อพ่วงกันในหลายจุด ขาดการดูแลรักษาทำความสะอาดระบบน้ำหล่อเย็นเป็นผลให้อัตราการไหลน้ำได้ไม่ดี และทำการวิเคราะห์กระบวนการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์น้ำหล่อเย็นชิลเลอร์ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ โดยการสร้างแผนภาพ Flow Process Chart เพื่อแสดงกระบวนการป้อนข้อมูลพารามิเตอร์น้ำหล่อเย็นที่เกิดขึ้นในแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ รวมถึงขั้นตอนที่เกี่ยวข้อง และการตรวจสอบข้อมูล ซึ่งทำให้เข้าใจถึงปัญหาหรือความยุ่งยากที่เกิดขึ้นก่อนปรับปรุง และการเปลี่ยนแปลงหลังการปรับปรุงกระบวนการป้อนข้อมูลโดยใช้หลักการ ECRS เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการและการพัฒนากระบวนการผลิตให้ดีขึ้น ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Flow Process Chart ปรับปรุงขั้นตอนการป้อนข้อมูลในแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ (ก่อนการปรับปรุง)

Flow Process Chart										
✓ คน (Man Type)		(Material Type)		เครื่องจักร (Machine Type)				อื่นๆ (Other)		
ชื่อขบวนการ (Subject Charted)		ปรับปรุงขั้นตอนการป้อนข้อมูลในแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์				วันที่ (Date)		5-ก.ย.-66		
						จัดทำโดย (Chart By)		อนัญญา มะโนวงค์		
ฝ่าย (Department)		ผลิตบรรจุภัณฑ์				หมายเลขเอกสาร (Chart No.)				
สถานะ (Method)		ก่อนปรับปรุง				หน้าที่ (Sheet No.)				
ขั้นตอน	ชื่อขบวนการ	จำนวน (Lot)	ระยะ (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
1	พิมพ์ใบจดบันทึกข้อมูล			2	●	⇨	D	□	▽	***ผ่านคอมพิวเตอร์สำหนักงาน
2	นำไปหน้างานแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์		50		○	➡	D	□	▽	
3	บันทึกข้อมูลลงกระดาษ 6 ครั้ง/วัน	6		18	●	⇨	D	□	▽	***พนักงานเก็บข้อมูลหน้าเครื่องชิลเลอร์กะละ2ครั้ง
4	รอการเก็บข้อมูลทุก4 ชั่วโมง/ครั้ง			1440	○	⇨	■	□	▽	
5	นำข้อมูลมาบันทึกลงคอมพิวเตอร์		50		○	➡	D	□	▽	
6	บันทึกข้อมูลลงคอมพิวเตอร์			5	●	⇨	D	□	▽	
7	ตรวจสอบข้อมูลความถูกต้องของการเก็บข้อมูล			5	○	⇨	D	■	▽	
8	จัดเก็บใบบันทึกข้อมูล			1	○	⇨	D	□	▼	
9	ทำการวิเคราะห์และสร้างรายงาน			30	●	⇨	D	□	▽	
10	ประเมินผลและวางแผนซ่อมบำรุง			60	●	⇨	D	□	▽	
11	การตรวจสอบและปรับปรุง			30	○	⇨	D	■	▽	
12	ทำการซ่อมบำรุง			60	●	⇨	D	□	▽	
รวม		6	100	1651	6	2	1	2	1	
*หมายเหตุ ○ = การปฏิบัติงาน ⇨ = การเดินทาง D = การรอคอย □ = การตรวจสอบ ▽ = การจัดเก็บ										

การวิเคราะห์โดยแผนภาพ Flow Process Chart มีขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 12 ขั้นตอนมีระยะทางที่ต้องเดินทาง 50 เมตร จากกระบวนการนำใบจดบันทึกข้อมูลบันทึกที่แผนกและกลับมาบันทึกลงบนคอมพิวเตอร์ มีระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการรวมอยู่ที่ 1,651 นาที กระบวนการปฏิบัติงาน 6 ขั้นตอน เดินทาง 2 ขั้นตอน รอคอย 1 ขั้นตอน ตรวจสอบ 2 ขั้นตอน จัดเก็บ 1 ขั้นตอน กระบวนการที่ใช้เวลามากที่สุดคือการรอเก็บข้อมูลทุก 4 ชั่วโมงเก็บถึง 6 ครั้งจึงจะได้ข้อมูลครบ 24 ชั่วโมงเป็นการสุ่มเก็บข้อมูลเพื่อทราบอุณหภูมิของเครื่องชิลเลอร์หน้าเครื่องจักรแต่ละช่วงเวลาและจากการเก็บข้อมูลใบตรวจสอบ (Check Sheet) พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ไม่ตรงตามมาตรฐาน คือค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น จากเครื่องชิลเลอร์มีอุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐานโดยมาตรฐานที่กำหนดคือ 20 – 25 องศาเซลเซียส และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ดังภาพที่ 48 ข้อมูลอุณหภูมิที่เก็บรวบรวมจากใบตรวจสอบพารามิเตอร์



ภาพที่ 48 ข้อมูลกราฟอุณหภูมิที่เก็บรวบรวมจากใบตรวจสอบพารามิเตอร์

จากกราฟวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นพบว่า อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงกว่าค่ามาตรฐานกำหนด โดยค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเก็บข้อมูลอยู่ที่ 31 องศาเซลเซียส และนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุ ตามตารางที่ 4 วิเคราะห์ Why Why ของปัญหาอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นไม่เป็นไปตามมาตรฐาน

ตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ Why Why ของปัญหาอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นไม่เป็นไปตามมาตรฐาน

Why Why Analysis	
สาเหตุอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงกว่าค่ามาตรฐานกำหนด	
คำถาม	คำตอบ
ทำไมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงกว่าค่ามาตรฐานกำหนด	เพราะระบบทำความเย็นทำงานอย่างไม่เหมาะสม
ทำไมระบบทำความเย็นทำงานอย่างไม่เหมาะสม	เพราะมีการสูญเสียความเย็นที่ไม่ต้องการเช่น อัตราการไหลของน้ำไม่เต็มประสิทธิภาพ
ทำไมมีการสูญเสียความเย็นที่ไม่ต้องการ	เพราะการซ่อมบำรุงรักษาไม่เพียงพอ
ทำไมการซ่อมบำรุงรักษาไม่เพียงพอ	ขาดการตรวจสอบและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ
ทำไมขาดการตรวจสอบและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ	เพราะขาดการวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาและการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์

การวิเคราะห์ Why Why เพื่อหาสาเหตุของปัญหาในการผลิตน้ำหล่อเย็นและการคำนวณอัตราการผลิตน้ำหล่อเย็นของเครื่อง พร้อมทั้งการวางเส้นทางการเดินน้ำ สามารถนำไปสู่การคำนวณวางผังการเดินท่อใหม่ และการติดตั้งระบบ IoT เพื่อเก็บข้อมูลอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น เพื่อให้การใช้น้ำหล่อเย็นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีการควบคุมตามมาตรฐานการผลิตบรรจุภัณฑ์ได้

3.3.3 การคำนวณอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นเพื่อวางแผนการเดินระบบน้ำหล่อเย็น

ตารางที่ 5 คำนวณประสิทธิภาพต้นกำลังของเครื่องชิลเลอร์

ลำดับ	เครื่องชิลเลอร์	พลังงาน (kW)	ปริมาณของถังน้ำ (L)	Tin (°C)	Tout (°C)	อัตราการไหล (L/min)
1	เสีย	0	0	0	0	0
2	60kw	60	420	20	25	172
3	15AD	52.3	270	20	25	150
4	30AD	94.78	420	20	25	272
5	20AD	64.48	350	20	25	185
รวม		271.56	kW			779

สูตรคำนวณอัตราการไหล ดังสมการที่ 1

คำนวณอัตราการไหล $\left(\frac{L}{min}\right) = \frac{\text{ค่าพลังงาน}(\mathbf{kW})}{(4.184)\mathrm{x}(\mathrm{Tin}\ (^{\circ}\mathrm{C}) - \mathrm{Tout}\ (^{\circ}\mathrm{C}))\mathrm{x}60\mathrm{x}0.0002777778}$ (1)

ค่าพลังงาน (kW) คือพลังงานที่ใช้ในหน่วยกิโลวัตต์

4.184 คือค่าคงที่สำหรับการแปลงพลังงานเป็น BTU (British Thermal Units)

Tin (°C) และ Tout (°C) คืออุณหภูมิสารที่ไหลเข้าและออกจากอุปกรณ์ที่ใช้ในหน่วยองศาเซลเซียส

60 คือการแปลงเวลาจากนาทีเป็นวินาที

0.0002777778 คือการแปลงค่าเวลาจากชั่วโมงเป็นวินาที

ตารางที่ 6 แสดงอัตราการไหลน้ำหล่อเย็น ที่วัดโดยโฟล์วมิเตอร์ ทีท่อขนาด 1 นิ้ว

เครื่อง	น้ำเข้า แม่พิมพ์ (kg/min)	น้ำออก แม่พิมพ์ (kg/min)	น้ำเข้า น้ำมัน (kg/min)	น้ำออก น้ำมัน (kg/min)	น้ำเข้า ฮอปเปอร์ (kg/min)	น้ำออก ฮอปเปอร์ (kg/min)
GAM-05	60	30	60	30	0	0
GAM-01	60	21	0	0	60	2
GAM-04	60	20	60	30	60	2
GAM-03	60	30	60	30	60	30
GAM-02	60	18	60	30	0	0
รวม	300	119	240	120	180	34

ตารางที่ 7 แสดงอัตราการไหลคำนวณกำลังจากการใช้งานกับเครื่องเป่าแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า

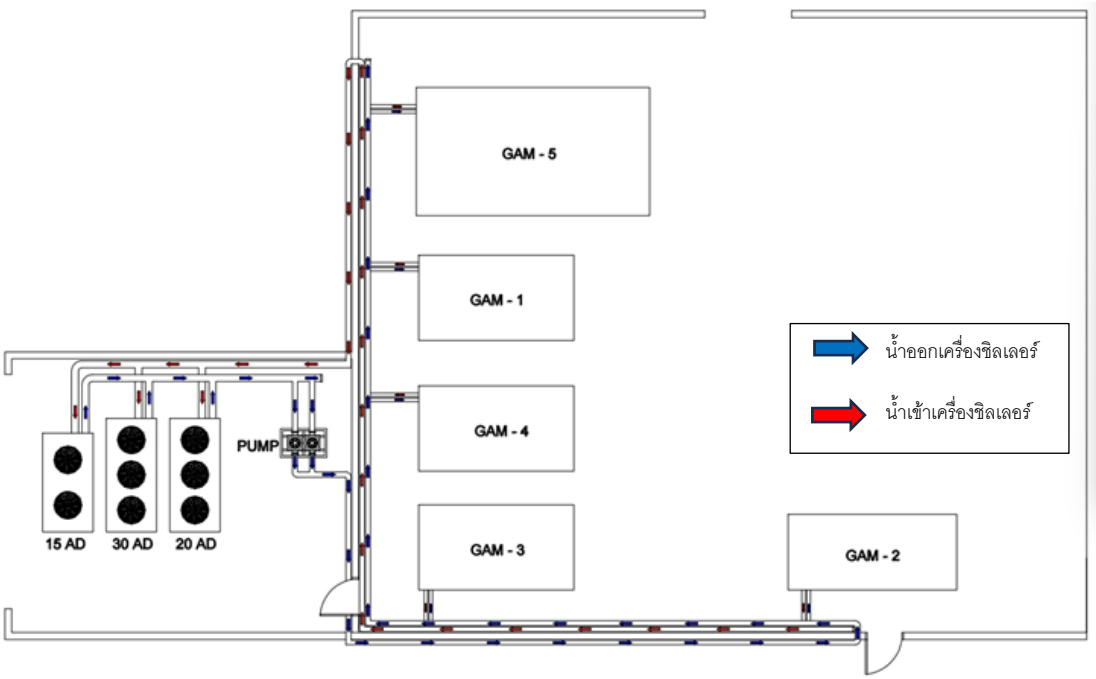
รายการ	อัตราการไหล (kg/min)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (kw)
น้ำเข้าทั้งหมด	720	251.04
น้ำออกทั้งหมด	273	95.18601
น้ำที่ใช้	447	155.854

ตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบน้ำหล่อเย็นกับค่าพลังงานที่เครื่องในระบบผลิตได้

รายการ	ค่าพลังงานความร้อน	วิธีประมาณจากท่อและการตวง (kW)	Option 3 เครื่อง (kW)
รวมน้ำเข้าทั้งหมด	ค่าพลังงานความร้อน	251.0400201	211.56
รวมน้ำออกทั้งหมด	ค่าพลังงานความร้อน	95.18600761	
รวมน้ำที่ใช้ในระบบ	ค่าพลังงานความร้อน	155.8540125	เครื่อง 15AD,30AD,20AD

สรุปจากการคำนวณการเปรียบเทียบจากอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นเข้าออกที่ใช้กับเครื่องเป่าโดยคำนวณอัตราการไหลน้ำที่ท่อ 1 นิ้ว แปลงเป็นค่าพลังงานที่ใช้จริงทั้งระบบน้ำหล่อเย็นและคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่เครื่องชิลเลอร์ผลิตได้ ค่าพลังงานที่คำนวณจากอัตราการไหลน้ำ 155.85 kW คำนวณจากต้นกำลังใช้เครื่อง 3เครื่อง(15 AD, 30 AD และ 20 AD) มีค่าพลังงานรวมอยู่ที่ 211.56 kW ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานระบบน้ำเย็นทั้งระบบ จึงออกแบบการใช้งานและการ

เดินท่อจากเครื่องชิลเลอร์เข้าเครื่องเป่าใหม่ และมีการติดตั้ง IoT เก็บข้อมูลอัตราการไหลน้ำเข้าเครื่องและอุณหภูมิน้ำเข้าออก เพื่อสามารถให้พลังงานที่เพียงพอต่อการใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพและควบคุมคุณภาพของถังบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 49 การวางผังและการเดินท่อระบบน้ำหล่อเย็นใหม่

3.3 การติดตั้ง IoT เก็บข้อมูลอัตราการไหลน้ำเข้าเครื่องและอุณหภูมิน้ำเข้าออก

การใช้ IoT เพื่อเก็บข้อมูลและควบคุมอุณหภูมิ และอัตราการไหลในงานวิจัยนี้มีความสำคัญเพราะสามารถช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบสถานะและควบคุมการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถตรวจสอบข้อมูลและปรับปรุงกระบวนการได้ทันทีหากมีปัญหาเกิดขึ้น นอกจากนี้ การเก็บข้อมูลเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะช่วยในการวิเคราะห์และปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานได้ การนำเทคโนโลยี IoT ร่วมกับ TPM ช่วยให้สามารถปรับปรุงกระบวนการการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และลดการเสียเวลาและทรัพยากรในการดูแลรักษาอุปกรณ์ เช่น การเปลี่ยนน้ำเวลาที่เหมาะสมและการปรับความถี่ของการบำรุงรักษาให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและการใช้งานจริงในโรงงาน โดยระบบ IoT ในวิจัยนี้แยกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. โค้ด Arduino ด้านล่างนี้ใช้ในการติดตั้งระบบ IoT เพื่อเก็บข้อมูลอัตราการไหลของน้ำเข้าและน้ำออกจากเครื่อง พร้อมทั้งเก็บข้อมูลอุณหภูมิของน้ำที่เข้าและน้ำที่ออก โดยมีการใช้

Arduino Uno เป็นตัวควบคุม ร่วมกับ Raspberry Pi 4 เพื่อการสื่อสารและประมวลผลข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต

Code Arduino

```
const int sensorPin1 = A0;    // กำหนดขา A0 เป็นขารับสัญญาณ sensor TP100 Chiller in
const int sensorPin2 = A1;   // กำหนดขา A0 เป็นขารับสัญญาณ sensor TP100 Chiller out
const int sensorPin3 = A2; // กำหนดขา A0 เป็นขารับสัญญาณ sensor TP100 Cooling
Tower in
const int sensorPin4 = A3; // กำหนดขา A0 เป็นขารับสัญญาณ sensor TP100 Cooling
Tower out
const float referenceResistor = 10000.0;  // กำหนดค่า ความต้านทาน Resistor TP100
const int sensor1Pin = 2; //กำหนดขา 2  เป็นขารับสัญญาณ sensor flow meter  Chiller
const int sensor2Pin = 3; //กำหนดขา 3  เป็นขารับสัญญาณ sensor flow meter  Cooling
Tower
unsigned int pulseCount1; //ตัวแปรเก็บค่า pulse flow meter  Chiller
unsigned int pulseCount2; //ตัวแปรเก็บค่า pulse flow meter  Cooling Tower
float flowRate1; //ตัวแปรเก็บค่า flowRate
float flowRate2; //ตัวแปรเก็บค่า flowRate
unsigned long currentTime; //เก็บค่าของเวลาหรือช่วงเวลา
unsigned long previousTime; //แปรที่ใช้เก็บค่าเวลาปัจจุบัน
const int interval = 1000; //ลูปการทำงานของเซ็นเซอร์ที่ต้องการอ่านค่าทุกๆ 1000 มิลลิวินาที
void setup() {
  Serial.begin(9600);  // เริ่มต้นการสื่อสารผ่าน Serial port ที่อัตรา 9600 bps
  pinMode(sensor1Pin, INPUT);
  pinMode(sensor2Pin, INPUT);
  pulseCount1 = 0;
  pulseCount2 = 0;
  flowRate1 = 0.0;
  flowRate2 = 0.0;
  currentTime = 0;
  previousTime = 0;
```

```
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor1Pin), pulseCounter1,
RISING); // สร้าง interrupt เมื่อเกิดพัลส์จาก sensor 1

  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor2Pin), pulseCounter2,
RISING); // สร้าง interrupt เมื่อเกิดพัลส์จาก sensor 2


}



void loop() {

  int sensorValue1 = analogRead(sensorPin1); // อ่านค่า Analog Input ของเซ็นเซอร์ที่
1

  int sensorValue2 = analogRead(sensorPin2); // อ่านค่า Analog Input ของเซ็นเซอร์ที่
2

  int sensorValue3 = analogRead(sensorPin3); // อ่านค่า Analog Input ของเซ็นเซอร์ที่
3

  int sensorValue4 = analogRead(sensorPin4); // อ่านค่า Analog Input ของเซ็นเซอร์ที่
4


  // แปลงค่า Analog ที่ได้เป็นค่าความต้านทาน (Resistance)

  float resistance1 = referenceResistor / (1023.0 / sensorValue1 - 1);

  float resistance2 = referenceResistor / (1023.0 / sensorValue2 - 1);

  float resistance3 = referenceResistor / (1023.0 / sensorValue3 - 1);

  float resistance4 = referenceResistor / (1023.0 / sensorValue4 - 1);


  // แปลงค่าความต้านทานเป็นอุณหภูมิ (Temperature) โดยใช้สมการที่เซ็นเซอร์ Thermistor จัดส่ง

  float temperature1 = 1.0 / ((log(resistance1 / 10000.0) / 3950.0) +
(1.0 / (25 + 273.15)));

  float temperature2 = 1.0 / ((log(resistance2 / 10000.0) / 3950.0) +
(1.0 / (25 + 273.15)));

  float temperature3 = 1.0 / ((log(resistance3 / 10000.0) / 3950.0) +
(1.0 / (25 + 273.15)));

  float temperature4 = 1.0 / ((log(resistance4 / 10000.0) / 3950.0) +
(1.0 / (25 + 273.15)));

  //

currentTime = millis();

  // คำนวณอัตราการไหลของ sensor 1 และ sensor 2 ทุก 1 วินาที
```

```
  if (currentTime - previousTime >= interval) {
    detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor1Pin)); // ปิด interrupt
ของ sensor 1
    detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor2Pin)); // ปิด interrupt
ของ sensor 2


    flowRate1 = (pulseCount1 / 7.5) * 60.0;  // คำนวณอัตราการไหลของ sensor 1
(สูงต่อพัลส์ที่ได้ 7.5)
    flowRate2 = (pulseCount2 / 7.5) * 60.0;  // คำนวณอัตราการไหลของ sensor 2
(สูงต่อพัลส์ที่ได้ 7.5)



    pulseCount1 = 0;
    pulseCount2 = 0;
    previousTime = currentTime;
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor1Pin), pulseCounter1,
RISING); // เปิด interrupt ของ sensor 1 อีกครั้ง
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor2Pin), pulseCounter2,
RISING); // เปิด interrupt ของ sensor 2 อีกครั้ง
  }
    String temp1Str = String(temperature1 - 274.25) + "," +
String(temperature2 - 274.25) + "," + String(temperature3 - 274.25) +
"," + String(temperature4 - 274.25) + "," + String(flowRate1) + "," +
String(flowRate2);
    Serial.println(temp1Str);


  delay(1000); // รอ 1 วินาทีก่อนที่จะทำการวนลูปอ่านค่าอีกครั้ง
}
void pulseCounter1() {
  pulseCount1++;
}


void pulseCounter2() {
  pulseCount2++;
}
```

NOED-RED JavaScript รับข้อมูล

```
var t = msg.payload.split(',');

var temperature1 = { payload: parseFloat(t[0]).toFixed(2) };
var temperature2 = { payload: parseFloat(t[1]).toFixed(2) };
var temperature3 = { payload: parseFloat(t[2]).toFixed(2) };
var temperature4 = { payload: parseFloat(t[3]).toFixed(2) };

var temperature5 = { payload: (parseFloat(t[1]) -
parseFloat(t[0])).toFixed(2) };
var temperature6 = { payload: (parseFloat(t[3]) -
parseFloat(t[2])).toFixed(2) };
var flowRate1 = { payload: parseFloat(t[4]) };
var flowRate2 = { payload: parseFloat(t[5]) };

if (flowRate1.payload <= 0) {
    flowRate1.payload = 0;
}

if (flowRate2.payload <= 0) {
    flowRate2.payload = 0;
}
return [temperature1, temperature2, temperature3, temperature4,
flowRate1, flowRate2, temperature5, temperature6];
```

NOED-RED JavaScript ส่งข้อมูล google sheets

```
var t = msg.payload.split(',');

msg.payload = {
    a: t[0],
    b: t[1],
    c: t[2],
    d: t[3],
    e: t[4],
    f: t[5]
};
if (msg.payload.e <= 0) {
    msg.payload.e = 0;
}
if (msg.payload.f <= 0) {
    msg.payload.f = 0;
}// ส่งข้อความที่ปรับแต่งแล้วออกไป
return msg;
```

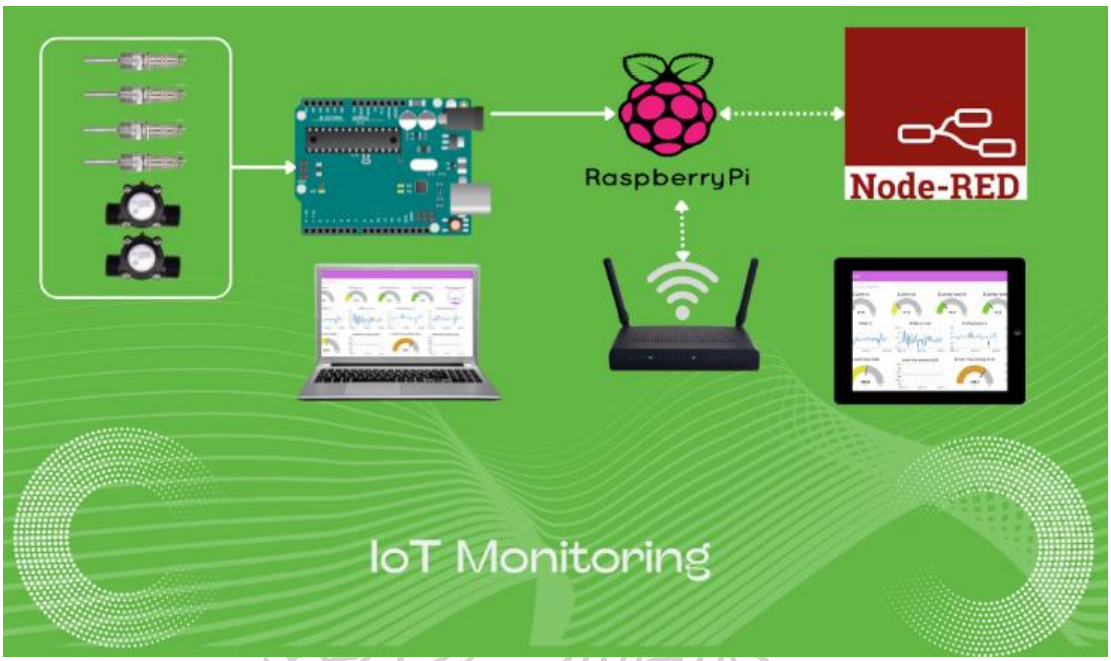
NOED-RED JavaScript แสดงสถานะเครื่อง

```
var t = msg.payload.split(',');


msg.payload = {

    e: t[4],
    f: t[5]
};

var a = parseFloat(t[0])+0.5;
var b = parseFloat(t[1]);

var payload = b >= a ? '<i class="fa fa-cog fa-spin fa-2x fa-
fw"></i>on' : '<i class="fa fa-power-off" aria-hidden="true"></i>off';
msg.payload = payload;

return msg;
```

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งระบบ IoT เพื่อการเก็บข้อมูลและควบคุมอุณหภูมิ และอัตราการไหลของน้ำเข้าและน้ำออก ในวิจัยนี้ประกอบด้วย

- Raspberry Pi 4: เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มีความสามารถในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IoT และใช้เป็นเซิร์ฟเวอร์หรือระบบควบคุมอื่น ๆ สำหรับการจัดการข้อมูลและการสื่อสารกับเซนเซอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบ
- Arduino Uno: เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการควบคุมและเชื่อมต่อกับเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโปรเจค IoT นี้ เพื่อการควบคุมและการส่งข้อมูลไปยัง Raspberry Pi หรือเซิร์ฟเวอร์อื่น ๆ
- Power Supply 5V 5A: เป็นแหล่งจ่ายไฟที่ใช้ในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับ Raspberry Pi และ Arduino Uno เพื่อให้เครื่องทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- Flow Meter YF-S201: เป็นเซนเซอร์ที่ใช้วัดและตรวจสอบอัตราการไหลของน้ำ โดยสามารถเชื่อมต่อกับ Arduino Uno เพื่อการวัดและเก็บข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์และควบคุม

- Sensor Probe PT100: เป็นเซนเซอร์อุณหภูมิที่ใช้ในการวัดและตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำหรือสิ่งอื่น ๆ โดยสามารถเชื่อมต่อกับ Arduino Uno เพื่อการควบคุมและการเก็บข้อมูลอุณหภูมิในระบบ IoT



ภาพที่ 50 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งระบบ IoT น้ำหล่อเย็น

ลักษณะการทำงาน

1. บอร์ด Arduino Uno

- ติดตั้ง NTC 10 K เพื่ออ่านค่าอุณหภูมิ Chillier และ cooling Towerจำนวน 4 ตัว

- ติดตั้ง Flow Meter เพื่ออ่านค่าอัตราการไหลของน้ำจำนวน 2 ตัว

2. ส่งค่าที่อ่านได้จากบอร์ด Arduino Uno จำนวน 5 ชุดผ่าน Serial port 9600 bps เพื่อประมวลผลบนบอร์ด raspberry pi 4

3. นำข้อมูลเข้า NODE-RED เพื่อจากการแยกชุดข้อมูลทำ Dashboard สำหรับใช้ควบคุมจัดการปรับเครื่องให้เหมาะสมกับเครื่องเป่าบรรจุภัณฑ์แต่ละเครื่อง ผ่านทาง PC หรือโทรศัพท์ผ่านทางการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ขอบริษัทตัวอย่าง

4. การจัดเก็บค่าข้อมูลผ่าน google sheets

3.4 การสร้างแผนการนำแผนการบำรุงรักษาแบบทวีผลทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance)

ในกระบวนการสร้างแผนการ TPM ที่มีการมุ่งหวังให้ทุกคนมีส่วนร่วม เริ่มต้นด้วยการเข้าใจและพูดถึงความสำคัญของ TPM ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานและการบำรุงรักษา เริ่มต้นด้วยการเรียกประชุมทีมหรือการประชุมทั่วไปเพื่อสร้างความเข้าใจและความตระหนักเกี่ยวกับ TPM และประโยชน์ที่มาพร้อมกับการทำ TPM ในองค์กรโดยการทำ IoT ร่วมกับการทำ TPM ในกระบวนการผลิตน้ำหล่อเย็นซิลเลอร์เป็นต้นแบบในการพัฒนาในส่วนย่อยของกระบวนการทำงานในโรงงาน โดยมีการกำหนดขั้นตอนและแผนการดำเนินงานในแต่ละหัวข้อของเสา 3 ต้นคือ เสาที่ 1 การติดตั้งเครื่องมือและการปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Equipment and improvement) เสาที่ 2 การดูแลเครื่องจักรด้วยตนเอง (Autonomous maintenance) และเสาที่ 3 การบำรุงรักษาตามแผน (Planned maintenance) ตามภาพที่ 51 52 และ53 ตามลำดับ

ลำดับ	รายละเอียด	ก.ค 66	ส.ค 66	ก.ย 66	ต.ค 66	พ.ย 66	ธ.ค 66	ม.ค 67
1	เลือกการปรับปรุงระบบน้ำหล่อเย็นซิลเลอร์	↔						
2	แต่งตั้งทีมงาน	↔						
3	ศึกษาข้อมูลเครื่องซิลเลอร์ระบบน้ำหล่อเย็น	↔	↔	↔				
4	กำหนดหัวข้อเรื่องการปรับปรุง KAIZEN และกำหนดเป้าหมาย			↔				
5	วิเคราะห์และวางระบบเดินท่อน้ำให้เหมาะสมพร้อมติดตั้งอุปกรณ์IoT				↔			
6	นำ KAIZEN มาดำเนินการ				↔	↔	↔	
7	ประเมินผลที่ได้							↔
8	ปรับปรุงการทำงานให้มีการควบคุมตามมาตรฐาน							↔
9	สรุปผลและขยายไปสู่กระบวนการอื่นในการผลิต							↔

ภาพที่ 51 แผนการกำหนดการติดตั้งเครื่องมือและการปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Equipment and improvement)

ลำดับ	รายละเอียด	ก.ค 66	ส.ค 66	ก.ย 66	ต.ค 66	พ.ย 66	ธ.ค 66	ม.ค 67
1	เลือกการปรับปรุงระบบน้ำหล่อเย็นชิลเลอร์	↔						
2	แต่งตั้งทีมงาน	↔						
3	กำหนดหัวข้อเรื่องการปรับปรุง 3.1 จัดทำ Work Instructions(WI) ทำความสะอาดดูแลเครื่องชิลเลอร์ 3.2 จัดทำ Work Instructions(WI) ทำความสะอาดท่อน้ำหล่อเย็น 3.3 จัดทำ Work Instructions(WI) การเข้าถึงข้อมูล Dashboard และGoogle Sheets		↔	↔	↔			
4	การวิเคราะห์และออกแบบการจัดทำเอกสารที่เหมาะสม					↔		
5	จัดทำเอกสารการทำงาน					↔		
6	พนักงานนำ Work Instructions(WI) ไปใช้งานได้					↔	↔	↔
7	ปรับปรุงการทำงานให้มีการควบคุมตามมาตรฐาน							↔
8	สรุปผลและขยายไปสู่กระบวนการอื่นในการผลิต							↔

ภาพที่ 52 แผนการดำเนินการเสาที่ 2 การดูแลเครื่องจักรด้วยตนเอง (Autonomous maintenance)

ลำดับ	รายละเอียด	ก.ค 66	ส.ค 66	ก.ย 66	ต.ค 66	พ.ย 66	ธ.ค 66	ม.ค 67
1	เลือกการปรับปรุงระบบน้ำหล่อเย็นชิลเลอร์	↔						
2	แต่งตั้งทีมงาน	↔						
3	กำหนดหัวข้อเรื่องการปรับปรุงและการกำหนดเป้าหมาย 3.1 ตรวจเช็คและบำรุงรักษาเครื่องจักร 3.2 การตรวจเช็คระบบ IoT 3.3 สำรองอะไหล่เครื่องชิลเลอร์ (Chiller)				↔	↔		
4	การวิเคราะห์เพื่อกำหนดวิธีการดำเนินการ						↔	
5	ดำเนินการปรับปรุง						↔	
6	ตรวจสอบหลังการปรับปรุง							↔
7	ปรับปรุงการทำงานให้มีการควบคุมตามมาตรฐาน							↔
8	สรุปผลและขยายไปสู่กระบวนการอื่นในการผลิต							↔

ภาพที่ 53 แผนการดำเนินการเสาที่ 3 การบำรุงรักษาตามแผน (Planned maintenance)

บทที่ 4
ผลการดำเนินการ

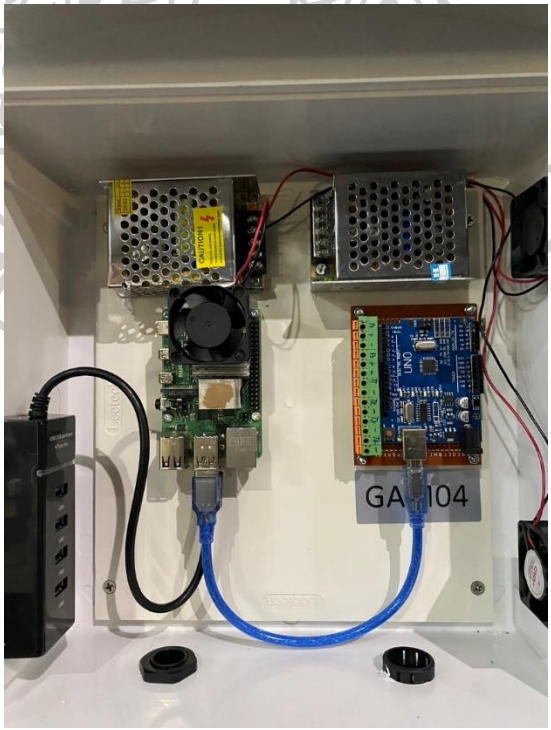
จากการศึกษาข้อมูลและหาปัญหาของแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ โรงงานตัวอย่างซึ่งได้ศึกษาข้อมูลสถิติของเสียจากข้อร้องเรียนโดยปัญหาที่พบมากที่สุดคือปัญหาถังบรรจุภัณฑ์รั่ว จึงนำเครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิดและการระดมความคิดกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องนำไปสู่สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาเกิดจากพารามิเตอร์น้ำหล่อเย็นผิดปกติไม่ตรงตามค่าที่กำหนด เมื่อทราบสาเหตุของปัญหาแล้วได้นำเอา Internet of Things (IoT) ร่วมกับ Total Productive Maintenance (TPM) มาช่วยในการกระบวนการเก็บข้อมูลและควบคุมการผลิตบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยทั้ง 3 ประการตามที่ได้เขียนวัตถุประสงค์ไว้เบื้องต้น โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลและวิธีการทำงานของการผลิตบรรจุภัณฑ์
2. เก็บข้อมูลและรวบรวมปัญหาของการผลิตบรรจุภัณฑ์
3. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการผลิตบรรจุภัณฑ์
4. นำ Internet of Thing (IoT) มาใช้เพื่อช่วยแก้ปัญหา
5. กำหนดแผนการบำรุงรักษาแบบทวีผล (TPM)

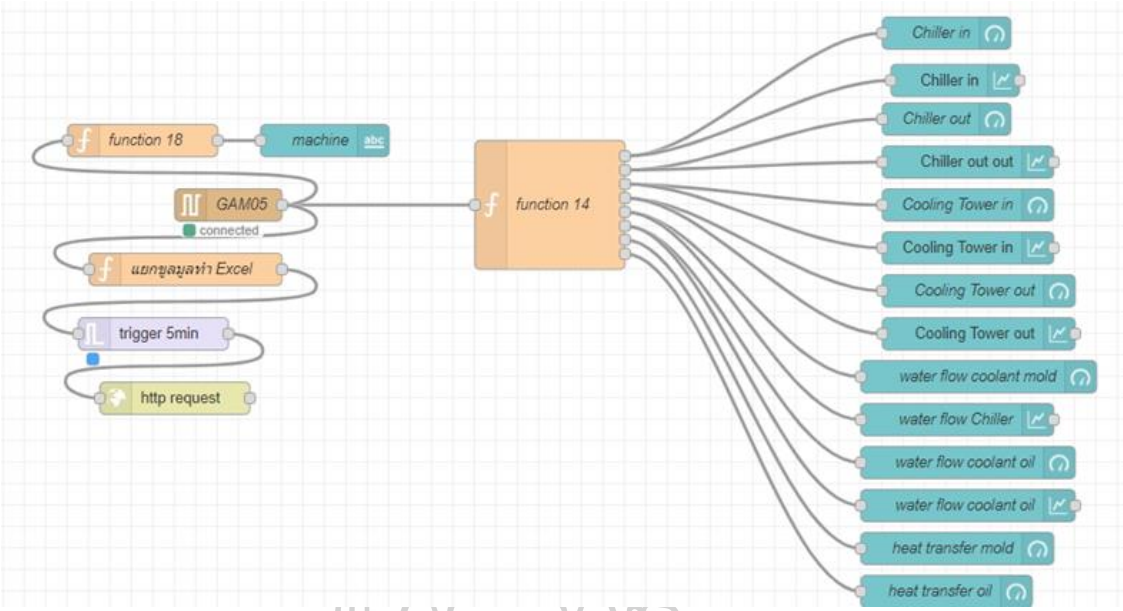
4.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยนำ Internet of Thing (IoT) มาใช้เพื่อช่วยแก้ปัญหา

เนื่องจากปัญหาที่พบเกี่ยวกับระบบน้ำหล่อเย็นชิลเลอร์ จึงมีการวางผังเดินท่อในระบบใหม่และมีการติดตั้ง Flow Meter YF-S201 และ Sensor Probe PT100 ที่ท่อน้ำเข้า น้ำออกในการเก็บข้อมูลอัตราการไหลและอุณหภูมิ ดังภาพที่ 54 เพื่อนำเข้า บอร์ด Arduino Uno ผ่าน Serial port 9600 bps ดังภาพที่ 55 เพื่อประมวนผลบนบอร์ด raspberry pi 4 จากนั้นนำข้อมูลเข้า NODE-RED ทำ Dashboard สำหรับใช้ Monitor ผ่านทางการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดังภาพที่ 56 และ 57 ของบริษัทตัวอย่าง และการจัดเก็บค่าข้อมูลผ่าน google sheets ดังภาพที่ 58

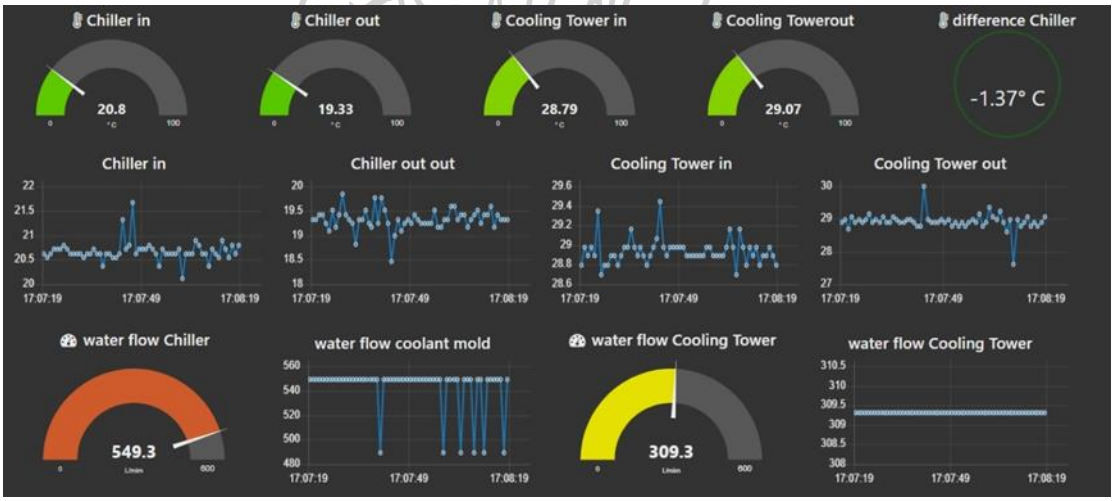
ภาพที่ 54 ท่อน้ำเข้าน้ำออกที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ IoTและตู้ควบคุม



ภาพที่ 55 ภายในตู้ควบคุมที่นำไปควบคุมและเก็บข้อมูลจากเซนเซอร์



ภาพที่ 56 Node-Red Flow เครื่อง GAM-05เครื่องเป่าถัง 20 ลิตรสองแม่พิมพ์



ภาพที่ 57 Node-Red Dash Board

1	ประทับเวลา	เวลา	Chiller in	Chiller ou	Cooling Tower i	Cooling Tower ou	water flow Chiller	water flow Cooling Tower
2	11/13/2023 0:00:00	00:01:59	21.06	21.93	25.98	25.98	489.3	429.3
3	11/14/2023 0:00:00	00:03:59	21.06	22.98	25.72	25.98	489.3	429.3
4	11/15/2023 0:00:00	00:06:00	21.5	22.11	25.81	26.07	489.3	429.3
5	11/16/2023 0:00:00	00:08:01	21.5	22.11	25.81	25.81	489.3	429.3
6	11/17/2023 0:00:00	00:10:01	21.76	22.28	25.54	25.81	489.3	429.3
7	11/18/2023 0:00:00	00:12:02	21.24	22.28	25.54	25.81	489.3	429.3
8	11/19/2023 0:00:00	00:14:03	21.06	21.84	25.63	25.98	489.3	429.3
9	11/20/2023 0:00:00	00:16:03	20.89	21.84	25.63	25.98	489.3	429.3
10	11/21/2023 0:00:00	00:18:04	21.06	21.84	25.54	25.98	489.3	429.3
11	11/22/2023 0:00:00	00:20:05	21.32	22.02	25.54	25.89	489.3	429.3
12	11/23/2023 0:00:00	00:22:05	21.5	22.02	25.63	25.89	489.3	429.3
13	11/24/2023 0:00:00	00:24:06	21.06	22.19	25.72	25.72	489.3	429.3
14	11/25/2023 0:00:00	00:26:07	21.32	21.84	25.63	25.89	489.3	429.3
15	11/26/2023 0:00:00	00:28:07	20.8	22.28	25.63	25.98	369.3	429.3
16	11/27/2023 0:00:00	00:30:08	20.8	21.93	25.63	25.89	369.3	429.3
17	11/28/2023 0:00:00	00:32:09	21.15	21.67	25.63	25.98	369.3	429.3
18	11/29/2023 0:00:00	00:34:10	20.89	21.93	24.92	27.24	369.3	429.3
19	11/30/2023 0:00:00	00:36:10	21.41	22.28	25.72	25.89	369.3	429.3
20	12/1/2023 0:00:00	00:38:11	22.11	21.15	25.54	25	369.3	429.3
21	12/2/2023 0:00:00	00:40:11	21.32	22.37	24.83	25.89	369.3	429.3
22	12/3/2023 0:00:00	00:42:12	20.8	22.02	24.38	25.45	369.3	429.3

ภาพที่ 58 การจัดเก็บข้อมูลที่บันทึกลงใน Google Sheets

จากการติดตั้งระบบ IoT จะช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นได้ทุกเวลาผ่านอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถควบคุมและปรับปรุงการทำงานของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเกิดปัญหาหรือค่าอุณหภูมิหรืออัตราการไหลของน้ำไม่ได้ตามมาตรฐาน จึงสามารถแก้ไขปัญหาทันทีก่อนที่จะเกิดผลกระทบต่อคุณภาพสินค้า และการตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของระบบทุกวัน จะช่วยในการวางแผนการบำรุงรักษาและการดูแลรักษาเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเสถียรภาพ

4.2 ผลจากการนำหลักการบำรุงรักษาทวีผลทุกคนมีส่วนร่วมมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในระบบน้ำหล่อเย็นและระบบควบคุม IoT ในโรงผลิตบรรจุภัณฑ์

การติดตั้งเครื่องมือและการปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Equipment and Improvement) การปรับปรุงระบบน้ำหล่อเย็นเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและคุณภาพในการผลิตบรรจุภัณฑ์ และการนำเสนอแนวทางและการปฏิบัติของการทำ Kaizen สามารถร่วมมือกันได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยการวางผังระบบน้ำหล่อเย็นใหม่และการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อเก็บข้อมูลอัตราการไหลและอุณหภูมิน้ำเข้าออกเครื่องเป่าถังช่วยแก้ไขปัญหาการรั่วของถังบรรจุภัณฑ์ และควบคุมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นให้เหมาะสมกับการทำงาน ดังภาพที่ 59 ถึง 62

ภาพที่ 59 การเดินท่อน้ำชิลเลอร์ก่อนปรับปรุง

ภาพที่ 60 การเดินท่อน้ำชิลเลอร์หลังปรับปรุง

ภาพที่ 61 พนักงานในการวางแผนการบำรุงรักษาแบบทวีผลทุกคนมีส่วนร่วมและติดตั้งระบบ

ภาพที่ 62 สภาพแวดล้อมบริเวณห้องชิลเลอร์หลังการปรับปรุงและบำรุงรักษา

การดูแลเครื่องจักรด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance)

กำหนดหัวข้อเรื่องการปรับปรุง 3 หัวข้อได้แก่

1. จัดทำ Work Instructions(WI) การดูแลเครื่องชิลเลอร์ ดังภาพตารางที่ 63

รายการ	ภาพประกอบ	อธิบาย
1. ล้างคอยร้อนเครื่องชิลเลอร์		ล้างทำความสะอาดแผงคอยร้อนด้วยน้ำและเครื่องฉีดแรงดันเพื่อไล่น้ำทำความสะอาด
2. ตรวจสอบเกจวัดระดับน้ำยา R22		ตรวจสอบระดับน้ำยาเกจความดันแต่ละเข็มวัดหน้าปัดชี้ไปในทิศทางและความดันใกล้เคียงกันหรือไม่
3. ตรวจสอบการทำงานของปั๊มน้ำ		จากช่องสีแดงทางซ้าย เป็นช่องทางสำหรับการเลือกดูข้อมูลระบบน้ำหล่อเย็นเครื่องเป่าแต่ละเครื่อง
4. ตรวจสอบการทำงานของคอมเพรสเซอร์และพัดลม		ตรวจสอบหน้าจอเครื่องชิลเลอร์ว่ามีกระแสไฟในคอมเพรสเซอร์และพัดลม ฟังเสียงเครื่องไม่มีเสียงดังผิดปกติ
5. ทำความสะอาดสภาพแวดล้อมห้องชิลเลอร์		ดูแลรักษาความสะอาดไม่มีสิ่งสกปรก สภาพพร้อมใช้งาน

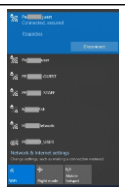
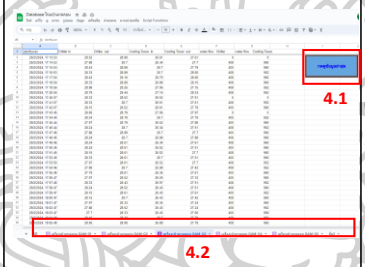
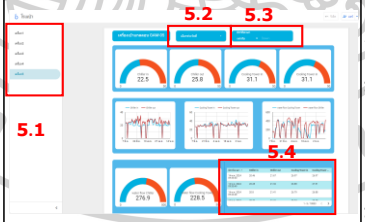
ภาพที่ 63 Work Instructions(WI) การดูแลเครื่องชิลเลอร์และสภาพแวดล้อม

2. จัดทำ Work Instructions (WI) ดูแลท่อน้ำระบบหล่อเย็น ดังภาพตารางที่ 64

รายการ	ภาพประกอบ	อธิบาย
1. ตรวจสอบการรั่วแตกบริเวณท่อ		ตรวจสอบการรั่วของน้ำตามท่อลำเลียง และทำการแก้ไข
2. ตรวจสอบการรั่วตามข้อต่อ ,วาล์ว		ตรวจสอบการรั่วของน้ำตามข้อต่อ วาล์ว ทำการแก้ไข
3. ตรวจสอบอัตราการไหลและอุณหภูมิ		สามารถเข้าดูอุณหภูมิและอัตราการไหลน้ำเข้าเครื่องจากระบบIoT เพื่อตรวจสอบ
4. ล้างตะกรันในท่อระบบน้ำ		Block valve ที่จะจ่ายน้ำออกไปยังอุปกรณ์อื่นก่อน แล้วผสมน้ำยาล้างตะกรัน SC-KLEAN ตามอัตราส่วนในน้ำระบบของชิลเลอร์ และทำการหมุนเวียน (Circulate) และนำน้ำยาออก เติมน้ำเข้าระบบใหม่

ภาพที่ 64 Work Instructions (WI) ดูแลท่อน้ำระบบหล่อเย็น

3. จัดทำ Work Instructions(WI) การเข้าถึงข้อมูล Dashboard และ Google Sheets ดังภาพตารางที่ 65

รายการ	ภาพประกอบ	อธิบาย
1. เข้าเครือข่ายอินเทอร์เน็ตวงของบริษัทตัวอย่าง		เข้าผ่านทาง PC หรือโทรศัพท์ผ่านทางการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ของบริษัทตัวอย่าง
2. เข้าลิ้งค์ที่เข้าถึงข้อมูล		Node-RED Dashboard Database โรงเป่าแกลลอน - Google Sheets https://lookerstudio.google.com/reporting/
3. เข้าถึงข้อมูล Dashboard Node-Red		จากช่องสีแดงทางซ้าย(3.1) เป็นช่องทางสำหรับการเลือกดูข้อมูลระบบน้ำหล่อเย็นเครื่องเป่าแต่ละเครื่องเป็นเวลาปัจจุบัน
4. เข้าถึงข้อมูล Google Sheets		Google Sheets เก็บข้อมูลที่อ่านได้จากช่องสีแดง(4.1) ปุ่มสำหรับดูข้อมูลล่าสุด (4.2)Sheetสำหรับดูข้อมูลระบบน้ำหล่อเย็นแต่ละเครื่อง
5. เข้าถึงการวิเคราะห์ข้อมูล Lookerstudio		แดชบอร์ด จาก Lookerstudio ช่องสีแดง(5.1) สำหรับดูข้อมูลเครื่องจักรแต่ละเครื่อง (5.2) สารมารถเลือกช่วงวันที่ในการดูข้อมูล (5.3) สามารถเลือกค่าอุณหภูมิที่ไม่ได้ตามมาตรฐานและจะแสดงเวลาและวันที่ที่ข้อมูลอุณหภูมิไม่ได้ตามมาตรฐานที่ช่อง (5.4)

ภาพที่ 65 Work Instructions(WI) การเข้าถึงข้อมูลที่เก็บจากระบบIoT

การบำรุงรักษาตามแผน (Planned Maintenance) กำหนดหัวข้อการปรับปรุงเครื่องชิลเลอร์และระบบ IoT เพื่อรักษาความสมรรถภาพและป้องกันความเสียหายของเครื่องชิลเลอร์ การสำรวจและสำรองอะไหล่เป็นกิจกรรมที่สำคัญในการรักษาสมรรถภาพและป้องกันความเสียหายของเครื่องชิลเลอร์ มีส่วนร่วมช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและการชำระค่าตรวจสอบ ซึ่งส่งผลให้ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานโรงงานทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

1. ตรวจเช็คและบำรุงรักษาเครื่องจักร เพื่อตรวจเช็คช่วยให้สามารถตรวจสอบคุณภาพของเครื่องชิลเลอร์ ระบุปัญหาและปรับปรุงความสามารถในการทำงานของเครื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ช่วยลดความเสียหายและค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ดังภาพตารางที่ 66

แผนการการตรวจเช็คและบำรุงรักษาเครื่องชิลเลอร์ ประจำปี 2567

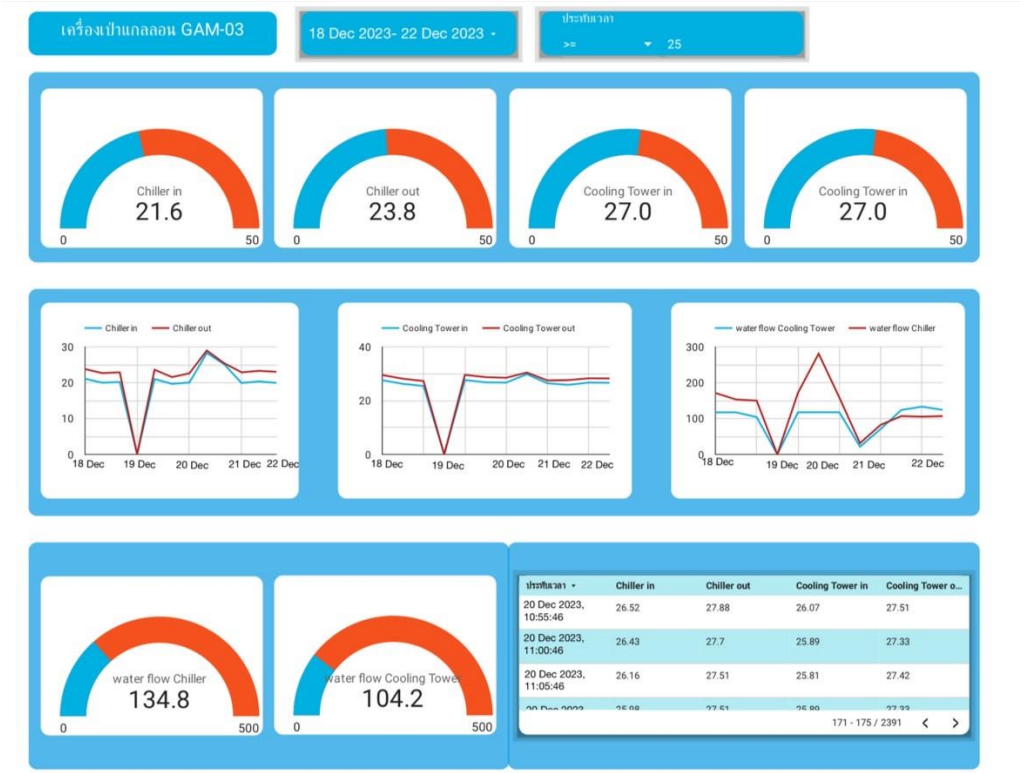
ลำดับ	รายการบำรุงรักษา	ความถี่	เดือน											ผู้รับผิดชอบ
			ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ย	พ.ย	ธ.ค	
1	ตรวจสอบการรั่วของท่อน้ำ	4 ครั้ง/เดือน												
2	ตรวจสภาพจุดต่อข้อต่อท่อน้ำ	4 ครั้ง/เดือน												
3	ทำความสะอาดคอยล์ร้อน	4 ครั้ง/เดือน												
4	ตรวจสอบเกจวัดความดันหน้าเครื่อง	4 ครั้ง/เดือน												
5	ตรวจเช็คคุณภาพน้ำหล่อเย็น	4 ครั้ง/เดือน												
6	ตรวจเช็คสายไฟและสัญญาณการเชื่อมต่อ	1 ครั้ง/เดือน												
7	เช็คเซนเซอร์และอัตราการไหลน้ำ	1 ครั้ง/เดือน												
8	ล้างท่อกำจัดคราบตะกรัน	4 ครั้ง/ปี												
9	ตรวจเช็คน้ำยาทำความเย็น	4 ครั้ง/ปี												
10	ตรวจสอบคอมเพลสเซอร์	4 ครั้ง/ปี												
11	ตรวจสอบคอนแดนซ์เซอร์	4 ครั้ง/ปี												
12	ตรวจสอบดรายเออร์	4 ครั้ง/ปี												
13	ตรวจสอบไซต์กลาส	4 ครั้ง/ปี												
14	ตรวจสอบชุดอีเวปโปเรเตอร์	4 ครั้ง/ปี												
15	ตรวจสอบปั๊มน้ำ	4 ครั้ง/ปี												
16	เปลี่ยนตัวกรอง	1 ครั้ง/ปี												
17	ตรวจเช็คกระแสมอเตอร์และเครื่องจักรทั้งหมด	1 ครั้ง/ปี												
18	เปลี่ยนสายข้อต่ออ่อนน้ำหล่อเย็น	1 ครั้ง/ปี												

จัดทำโดย _____ อนุมัติโดย _____ ตรวจสอบโดย _____

วันที่ วันที่ วันที่

ภาพที่ 66 ตารางการตรวจเช็ค และบำรุงรักษาเครื่องชิลเลอร์

2. การตรวจเช็คระบบ IoT ที่ติดตั้งเซนเซอร์และอัตราการไหลน้ำเข้าออกให้มีความเสถียรและการเก็บข้อมูลนำมาประมวลผลโดยโปรแแกรม lookerstudio สร้างแดชบอร์ดที่สามารถเลือกดูช่วงวัน ค่าน้ำที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิ เกจอัตราการไหลของน้ำโดยเฉลี่ย ดังภาพตารางที่ 67



ภาพที่ 67 แดชบอร์ดจากโปรแแกรม lookerstudio

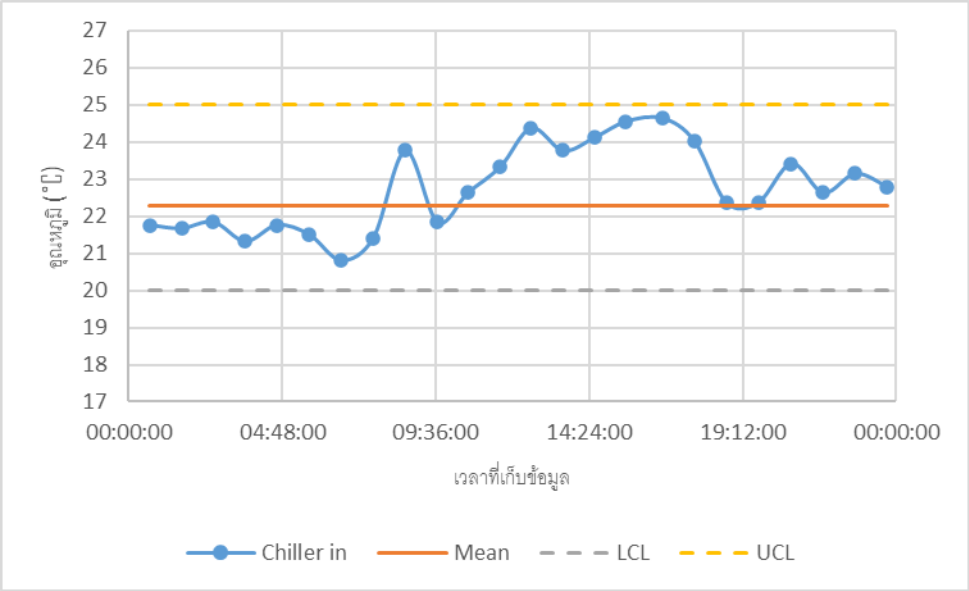
3. สำรองอะไหล่เป็นส่วนสำคัญของการบำรุงรักษาเครื่องชิลเลอร์ (Chiller) เพื่อให้มีอะไหล่พร้อมใช้งานเมื่อมีความจำเป็น การสำรวจและสำรองอะไหล่เป็นกิจกรรมที่สำคัญในการรักษาสมรรถภาพและป้องกันความเสียหายของเครื่องชิลเลอร์ และควรตรวจสอบเป็นประจำเพื่อรักษาความเสถียรและอายุการใช้งานของเครื่องจักร จากการเก็บข้อมูลของระบบ IoT ติดตั้งแสดงบนแดชบอร์ด เมื่ออุณหภูมิที่ผิดปกติได้ทำการซ่อมเปลี่ยนอะไหล่ และได้ทำการสำรวจอะไหล่สำรองเพื่อให้สามารถแก้ไขได้ทันทีเมื่อเครื่องจักรผิดปกติโดยได้ทำรายการอะไหล่สำรองตามภาพที่ 68

อะไหล่สำรองเครื่องชิลเลอร์			
ลำดับ	รูปภาพ	รายการ	จำนวน
1		Compressor	2 ตัว
2		Filter-Dryer	2 ตัว
3		Expansion Valve	3 ตัว
4		น้ำยา R22	2 ถัง
5		เกจ	4 ตัว

ภาพที่ 68 รายการอะไหล่สำรองเครื่องชิลเลอร์

4.3 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์จากระบบ IoT

จากการเก็บข้อมูลโดยใช้ระบบ IoT ในการตรวจสอบความเป็นไปตามมาตรฐานของกระบวนการผลิตและการทำงานของเครื่อง แสดงดังภาพที่ 69



ภาพที่ 69 ข้อมูลที่ได้จากระบบ IoT มาวิเคราะห์ Control chart หลังการปรับปรุง

การวิเคราะห์ Control Chart หลังจากการปรับปรุงแสดงให้เห็นว่าค่าอุณหภูมิของน้ำเข้าเครื่องเป่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 25 องศาเซลเซียส ซึ่งตรงกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยที่ถ้ามีค่าที่ผิดปกติหรือค่าที่อยู่นอกเหนือจากค่ามาตรฐานที่กำหนด พนักงานสามารถตรวจสอบสถานะปัจจุบันของอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นได้ โดยไม่ปล่อยให้เครื่องจักรชำรุดหรือผิดปกตินาน ซึ่งสามารถช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาและวางแผนการบำรุงรักษาแบบทันที

หลังจากการปรับปรุงโดยการติดตั้งอุปกรณ์ IoT และการใช้ ECRS เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้อนข้อมูลในแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ ขั้นตอนการป้อนข้อมูลสามารถปรับปรุงได้โดยการลดขั้นตอน Flow Process Chart ด้วยการลดขั้นตอนและการใช้เทคโนโลยี IoT ร่วมกับ ECRS จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดเวลาในการป้อนข้อมูลในแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ ระบบสามารถบันทึกการทำงานของเครื่องจักรได้เป็นปัจจุบัน ขั้นตอนการป้อนข้อมูลของพารามิเตอร์น้ำหล่อเย็นหลังปรับปรุงสามารถลดขั้นตอนได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 Flow Process Chart ปรับปรุงขั้นตอนการป้อนข้อมูลในแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ (หลังการปรับปรุง)

Flow Process Chart										
✓ คน (Man Type)		วัสดุ (Material Type)		เครื่องจักร (Machine Type)				อื่นๆ (Other)		
ชื่อขบวนการ (Subject Charted)		ปรับปรุงขั้นตอนการป้อนข้อมูลในแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์				วันที่ (Date)		30-ม.ค.-67		
						จัดทำโดย (Chart By)		อนัญญา มะโนวงค์		
ฝ่าย (Department)		ผลิตบรรจุภัณฑ์				หมายเลขเอกสาร (Chart No.)				
สถานะ (Method)		หลังปรับปรุง				หน้าที่ (Sheet No.)				
ขั้นตอน	ชื่อขบวนการ	จำนวน (Lot)	ระยะ (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
1	ดูข้อมูลและการทำงานของเครื่อง			1	●	⇨	⊃	□	▽	
2	ตรวจสอบข้อมูลและความถูกต้องของการเก็บข้อมูล			3	○	⇨	⊃	■	▽	
3	ทำการวิเคราะห์และสร้างรายงาน			30	●	⇨	⊃	□	▽	
4	ประเมินผลและวางแผนซ่อมบำรุง			60	●	⇨	⊃	□	▽	
5	การตรวจสอบและปรับปรุง			30	○	⇨	⊃	■	▽	
6	ทำการซ่อมบำรุง			60	●	⇨	⊃	□	▽	
รวม		0	0	184	4	0	0	2	0	
*หมายเหตุ ○ = การปฏิบัติงาน ⇨ = การเดินทาง ⊃ = การรอคอย □ = การตรวจสอบ ▽ = การจัดเก็บ										

จากการวิเคราะห์ขั้นตอนการป้อนข้อมูลในแผนกผลิตบรรจุภัณฑ์ โดยFlow Process Chart จะนำเอา IoT เข้ามาติดตั้งลดขั้นตอนการทำงานการป้อนข้อมูลลงจาก 12 ขั้นตอนเหลือ 6 ขั้นตอน ระยะทางการทำงานลดลงจาก 100 เมตร เหลือ 0 เมตร การรอคอย 1,440 นาที เหลือ 0 นาที เพราะพนักงานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ตลอดเวลา และระบบสามารถบันทึกการทำงานของเครื่องซิลเลอร์ได้เป็นปัจจุบัน โดยการนำหลักการ ECRS มาใช้ร่วมในกระบวนการนี้ Eliminate (การกำจัด) การกำจัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออกคือขั้นตอนที่ 1,2,3,4,5,6 และ 8 ก่อนกระบวนการปรับปรุง โดยขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากกระดาษลงสู่คอมพิวเตอร์ถูกแทนที่ด้วยการดึงข้อมูลจากเซนเซอร์ลงระบบ IoT Combine (การรวมกัน) รวมขั้นตอนที่ 1-6 ของกระบวนการก่อนปรับปรุง ให้สามารถเป็นขั้นตอนที่ 1 ของ Flow Process Chart หลังการปรับปรุง Simplify (การทำให้ง่ายขึ้น) จากกระบวนการติดตั้งระบบ IoT ทำให้กระบวนการทำงานง่ายขึ้น ขั้นตอนในการทำงานมีความซับซ้อนเกินความจำเป็นอาจทำให้องค์กรสูญเสียทรัพยากรที่มากเกินไปโดยเฉพาะด้านเวลา การปรับปรุงวิธีการทำงานให้ง่ายขึ้นจะช่วยลดระยะเวลาการทำงานที่ยืดเยื้อและลดโอกาสการเกิดความผิดพลาดจากการทำงานการจดบันทึกโดยพนักงาน เมื่อการเข้าถึงข้อมูลง่ายขึ้น และนำมาวางแผน TPM

(Total Productive Maintenance) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความพร้อมในการทำงานของเครื่องเป่าถัง โดยการดูแลรักษาและบำรุงรักษาเครื่องเป่าถังให้มีสภาพพร้อมทำงานตลอดเวลา เพื่อลดระยะเวลาที่เสียไปในการซ่อมแซมหรือการหยุดการผลิต

4.4 สถิติของเสียหลังจากการปรับปรุง

ตามตารางที่ 10 รวบรวมข้อมูลที่ได้รับร้องเรียน ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 – เดือน มกราคม พ.ศ. 2567 ตารางที่ 11 รวบรวมข้อมูลขนาดบรรจุภัณฑ์ที่พบของเสียมากที่สุด โดยทั้งสองตารางแสดงข้อมูลเป็นจำนวนครั้งละเปอร์เซ็นต์รวมความเสียหาย และตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบข้อร้องเรียนก่อนและหลังปรับปรุงระบบน้ำหล่อเย็น และกราฟเปรียบเทียบก่อน-หลังปรับปรุง ดังภาพที่ 70

ตารางที่ 10 แสดงลักษณะข้อร้องเรียนที่พบปัญหา ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 – เดือน มกราคม พ.ศ. 2567

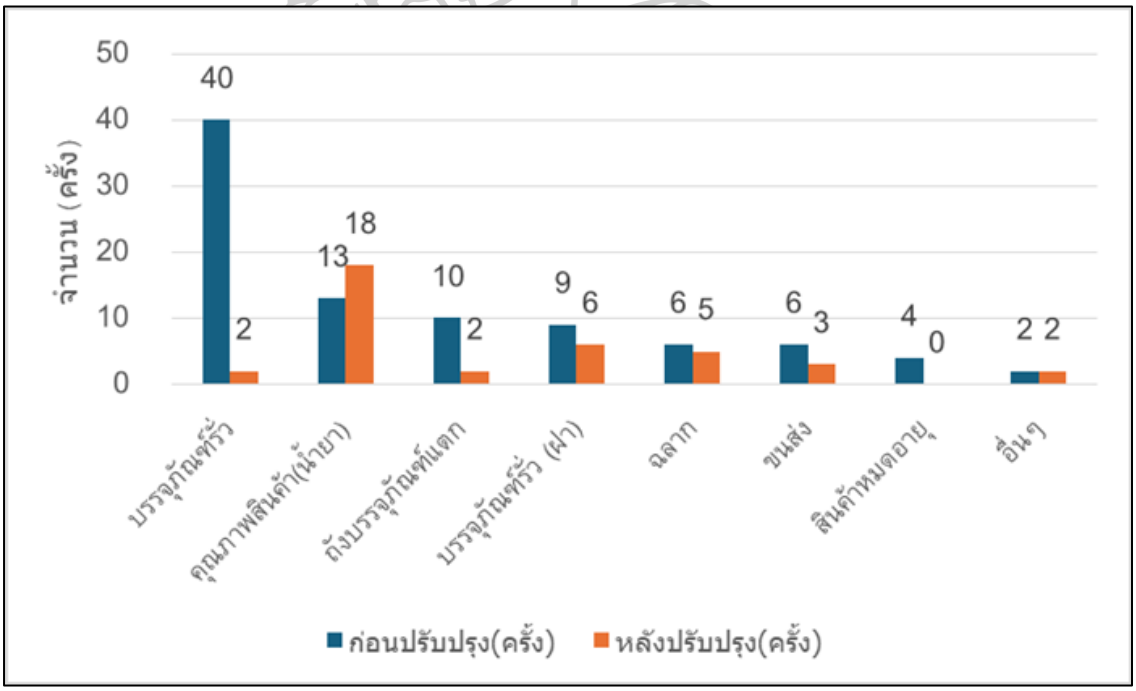
ปัญหา	จำนวน(ครั้ง)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%)
คุณภาพสินค้า	18	47%
บรรจุภัณฑ์รั่ว (ฝา)	6	16%
ฉลาก	5	13%
ขนส่ง	3	8%
ถังบรรจุภัณฑ์แตก	2	5%
บรรจุภัณฑ์รั่ว	2	5%
อื่นๆ	2	5%
รวม	38	100%

ตารางที่ 11 แสดงข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่พบของเสีย ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2566 – เดือน มกราคม พ.ศ. 2567

ปัญหา	จำนวน(ครั้ง)	เปอร์เซ็นต์รวม (%)
ถัง 20 ลิตร	1	50%
แกลลอน 5 ลิตร	1	100%
รวม	2	

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบข้อร้องเรียนก่อนและหลังปรับปรุงระบบน้ำหล่อเย็น

ปัญหา	ก่อน(ครั้ง)	หลัง(ครั้ง)	%เปรียบเทียบ
บรรจุภัณฑ์รั่ว	40	2	ลดลง 95%
คุณภาพสินค้า	13	18	เพิ่มขึ้น 28%
ถังบรรจุภัณฑ์แตก	10	2	ลดลง 80%
บรรจุภัณฑ์รั่ว (ฝา)	9	6	ลดลง 33%
ฉลาก	6	5	ลดลง 17%
ขนส่ง	6	3	ลดลง 50%
สินค้าหมดอายุ	4	0	ลดลง 100%
อื่นๆ	2	2	เท่าเดิม
รวม	90	38	ลดลง 58%



ภาพที่ 70 กราฟเปรียบเทียบข้อร้องเรียนก่อนและหลังปรับปรุง

การลดจำนวนรายการบรรจุภัณฑ์รั่วจาก 40 รายการก่อนการปรับปรุงเป็น 2 รายการหลังการปรับปรุงเป็นการลดลงถึง 95% หมายความว่าจำนวนรายการรั่วลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนหน้าการปรับปรุง การลดลงของรายการรั่วของถังบรรจุภัณฑ์สื่อถึงการปรับปรุงคุณภาพและประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ยังสะท้อนถึงการใช้เทคโนโลยีใหม่ เช่น ระบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT) และ การบำรุงรักษาแบบทวีผลทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) เพื่อควบคุมและตรวจสอบระบบน้ำหล่อเย็นอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การเก็บข้อมูลพารามิเตอร์น้ำหล่อเย็นก่อนติดตั้งระบบ IoT เริ่มต้นต้องอาศัยการจดบันทึกด้วยมือ ทำให้ข้อมูลไม่แม่นยำและล่าช้า หลังการติดตั้งระบบ IoT ขั้นตอนการป้อนข้อมูลลดจาก 12 ขั้นตอนเหลือ 6 ขั้นตอน ระยะทางการทำงานลดจาก 100 เมตรเหลือ 0 เมตร และเวลารอคอยจาก 1,440 นาทีเหลือ 0 นาที ทำให้พนักงานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทันทีและแม่นยำมากขึ้น โดยการใช้ Arduino Uno และ Raspberry Pi 4 รวบรวมข้อมูลและส่งไปยัง NODE-RED เพื่อสร้าง Dashboard ควบคุมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ข้อมูลถูกส่งไปยัง Google Sheets เพื่อการวิเคราะห์และวางแผนซ่อมบำรุงรักษาแบบทวีผลทุกคนมีส่วนร่วม ผลลัพธ์คือจำนวนถังบรรจุภัณฑ์ที่รั่วลดลงจาก 40 รายการเหลือเพียง 2 รายการ คิดเป็นการลดลง 95% และระบบ IoT ช่วยให้พนักงานตรวจสอบสถานะอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแบบเรียลไทม์ ทำให้สามารถวางแผนการบำรุงรักษาได้ทันทีเมื่อพบค่าที่ผิดปกติ ป้องกันปัญหาก่อนที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ การใช้เทคโนโลยี IoT ในการตรวจสอบและควบคุมระบบน้ำหล่อเย็นมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ทำให้การผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและลดปัญหาการรั่วของบรรจุภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย

เบื้องต้นต้องการนำระบบIoT มาติดตั้งในการควบคุมพารามิเตอร์ในส่วนของ PLC ที่ควบคุมเครื่องจักร แต่การเปลี่ยนแปลงหรือการเข้าถึงระบบ PLC ที่มีการรหัสสองชั้นอาจมีความซับซ้อนและเสี่ยงต่อความเสียหายในอุปกรณ์หรือระบบเมื่อมีการดัดแปลงหรือการติดตั้งระบบ IoT อาจจะทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบหรือการทำงานของ PLC ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ควบคุม ทางบริษัทตัวอย่างจึงพิจารณาให้นำระบบ IoT มาติดตั้งในส่วนอื่นก่อนที่มีความเสี่ยงต่ำกว่าและสามารถแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีขึ้นหลังจากการติดตั้งระบบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาและปรับปรุงปัจจัยอื่น ๆ เพิ่มเติมที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

5.2.2 งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงเฉพาะในส่วนของระบบน้ำหล่อเย็นชิลเลอร์เท่านั้น เนื่องจากเป็นสาเหตุของปัญหาการร้องเรียนที่พบมากที่สุด ซึ่งหากจะนำเครื่องมืออุปกรณ์ IoT ไปประยุกต์ใช้กับส่วนอื่น อาจจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเห็นต้นเหตุของปัญหาที่แท้จริง

5.2.3 พารามิเตอร์ที่ควบคุมได้จาก PLC ของเครื่องจักรมีความหลากหลาย หากนำมาติดตั้งระบบ IoT จะสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์และควบคุมปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตบรรจุภัณฑ์ได้ดียิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก ก

Specification เครื่องชิลเลอร์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

HTI-12AD - HTI-60AF

Model			12AD	15AD	20AD	25AD	30AD	40AF	50AF	60AF
Nominal cooling capacity	7	kilocalories/hr	28620	36756	46629	54025	68146	93258	108050	136310
		kW	33.28	42.74	54.22	62.82	79.24	108.4	125.6	158.5
	12	kilocalories/hr	35070	45046	55452	64500	81510	110854	129000	163021
		kW	40.78	52.38	64.48	75	94.78	128.9	150	189.6
Power input		kW	11.02	15.3	18.6	20.82	28.64	36.9	41.34	53.58
Power source			3PH 380V - 415V 50Hz/60Hz							
refrigerant	print		R22/R407							
	control		thermostatic expansion valve							
compressor	print		Hermetic-sliding							
	energy	kW	4.31*2	5.95*2	7.4*2	8.51*2	11.27*2	7.4*4	8.51*4	11.27*4
condenser	print		High efficiency aluminum fin coil + large volume low noise axial fan.							
	Air volump	cubic merter/hour	12000	15000	20000	25000	30000	40000	50000	60000
	Fan power	kW	0.45*2	0.6*2	0.8*2	0.8*2	0.6*4	0.6*6	0.6*6	0.8*6
Evaporator	print		Tank with copper coil/shell and tube							
	Cold water quantity	cubic merter/hour	5.03	7.1	8.84	10.06	13.6	17.75	21.9	25.9
	Tank volume	liter	200	270	350	350	420	580	580	-
	pipe connection	finger	2	2	2 1/2	2 1/2	3	3	3	3
pump	energy	kW	1.5	2.2	2.2	2.2	3.7	3.7	3.7	4
	Maximum lift	m	20	20	20	20	20	20	20	20

ก่อนทำการปรับปรุงมีเครื่องชิลเลอร์ทั้งหมด 4 เครื่องประกอบไปด้วย 15AD, 20AD, 30AD และ 60 kW (ไม่ทราบสเปกเครื่อง60 kW เนื่องจากเป็นเครื่องที่มีอายุการใช้งานมาอย่างยาวนานและประสิทธิภาพเครื่องจักรค่อนข้างต่ำจากสภาพเครื่องจักร)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก ข

ค่าที่บันทึกที่ได้จากระบบ IOT โดยดึงข้อมูลเป็น google sheets

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 1 ค่าที่บันทึกได้จากระบบ IOTน้ำหล่อเย็น ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่	ประทับเวลา	Chiller In	Chiller Out	Cooling Tower In	Cooling Tower Out	Water Flow Chiller	water flow Cooling Tower
08/02/67	00:00:45	23.59	25.72	24.74	25.09	249.3	129.3
08/02/67	00:05:46	23.68	25.18	24.47	25	249.3	129.3
08/02/67	00:10:47	23.33	25.72	24.74	25.36	249.3	129.3
08/02/67	00:15:47	23.42	25.45	24.74	25	249.3	129.3
08/02/67	00:20:48	23.59	25.72	24.74	25.09	249.3	129.3
08/02/67	00:25:48	23.5	25.45	24.65	25.09	249.3	129.3
08/02/67	00:30:49	23.68	26.07	24.65	25.45	249.3	129.3
08/02/67	00:35:50	23.33	25.72	24.74	24.92	249.3	129.3
08/02/67	00:40:50	23.68	25.63	24.83	25.18	249.3	129.3
08/02/67	00:45:51	23.5	25.81	24.3	25.09	249.3	129.3
08/02/67	00:50:52	23.42	25.36	24.65	25.09	249.3	129.3
08/02/67	00:55:52	23.77	25.72	25.09	25.72	249.3	129.3
08/02/67	01:00:45	23.42	25.45	24.38	25.45	249.3	129.3
08/02/67	01:05:46	23.68	25.98	24.21	24.92	249.3	129.3
08/02/67	01:10:46	23.59	25.72	24.56	25.18	249.3	129.3
08/02/67	01:15:47	23.68	25.36	24.65	25.09	249.3	129.3
08/02/67	01:20:47	24.03	25.89	24.47	24.38	249.3	189.3
08/02/67	01:25:48	23.42	25.54	24.56	25.09	249.3	129.3
08/02/67	01:30:49	23.24	25.72	24.74	25.36	249.3	129.3
08/02/67	01:35:49	23.33	25.18	24.56	24.83	249.3	129.3
08/02/67	01:40:50	23.68	25.63	24.47	25.09	249.3	129.3
08/02/67	01:45:50	23.15	25	24.56	25.89	249.3	129.3
08/02/67	01:50:51	23.59	25.54	24.56	25.81	249.3	129.3
08/02/67	01:55:52	23.5	25.81	24.56	25.27	249.3	129.3
08/02/67	02:00:44	23.15	24.92	24.47	24.92	249.3	129.3
08/02/67	02:05:43	23.5	25.09	24.65	25.27	249.3	129.3
08/02/67	02:10:44	23.24	25.36	24.56	24.92	249.3	129.3

ตารางที่ 2 ค่าที่บันทึกได้จากระบบ IOTน้ำหล่อเย็น ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่	ประทับเวลา	Chiller In	Chiller Out	Cooling Tower In	Cooling Tower Out	Water Flow Chiller	water flow Cooling Tower
08/02/67	02:15:45	23.77	25.54	24.65	25	249.3	129.3
08/02/67	02:20:45	23.24	26.16	24.3	24.92	249.3	129.3
08/02/67	02:25:46	23.15	25.54	24.56	23.07	249.3	129.3
08/02/67	02:30:47	23.33	25.18	24.56	24.92	249.3	129.3
08/02/67	02:35:47	23.59	25.72	24.56	24.03	249.3	129.3
08/02/67	02:40:48	23.33	25.72	24.47	24.74	249.3	129.3
08/02/67	02:45:48	23.68	25.63	24.47	24.92	249.3	129.3
08/02/67	02:50:49	23.33	25.54	24.47	24.92	249.3	129.3
08/02/67	02:55:50	23.33	25.36	25.18	24.83	249.3	129.3
08/02/67	03:00:43	23.33	25.18	249.3	129.3	249.3	129.3
08/02/67	03:05:43	23.24	25.45	24.74	24.38	249.3	129.3
08/02/67	03:10:43	23.24	25.36	24.65	24.92	249.3	129.3
08/02/67	03:15:44	23.77	25.63	24.83	25.09	249.3	129.3
08/02/67	03:20:44	23.15	25.54	24.65	25.27	249.3	129.3
08/02/67	03:25:45	24.3	25.45	25.36	25.18	249.3	129.3
08/02/67	03:30:46	23.33	24.65	24.83	25.18	249.3	129.3
08/02/67	03:35:46	23.5	25.72	24.74	25.36	249.3	129.3
08/02/67	03:40:47	22.98	25.36	24.92	25.18	249.3	129.3
08/02/67	03:45:48	23.15	25.18	24.74	24.83	249.3	129.3
08/02/67	03:50:48	23.24	24.83	24.3	25.18	249.3	129.3
08/02/67	03:55:49	24.03	25.89	24.65	23.86	249.3	129.3
08/02/67	04:00:45	22.8	25.27	24.47	24.83	249.3	129.3
08/02/67	04:05:45	23.42	25.36	24.74	25	249.3	129.3
08/02/67	04:10:46	23.33	25.72	24.92	24.92	249.3	129.3
08/02/67	04:15:46	22.98	24.92	24.65	25.09	249.3	129.3
08/02/67	04:20:47	23.68	25.54	24.65	25	249.3	129.3
08/02/67	04:25:47	23.15	25.36	24.56	25	249.3	129.3

ตารางที่ 3 ค่าที่บันทึกได้จากระบบ IOTน้ำหล่อเย็น ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่	ประทับเวลา	Chiller In	Chiller Out	Cooling Tower In	Cooling Tower Out	Water Flow Chiller	water flow Cooling Tower
08/02/67	04:30:48	23.24	25.54	24.56	24.83	249.3	129.3
08/02/67	04:35:49	23.68	25.36	24.83	24.83	249.3	129.3
08/02/67	04:40:49	23.07	25	24.3	24.21	249.3	129.3
08/02/67	04:45:50	23.59	25.54	24.56	24.83	249.3	129.3
08/02/67	04:50:50	23.42	25.45	24.56	24.92	249.3	129.3
08/02/67	04:55:51	23.42	25.18	24.74	24.83	249.3	129.3
08/02/67	05:00:46	23.42	25.72	24.65	24.83	249.3	129.3
08/02/67	05:05:46	23.15	25.18	24.65	24.92	249.3	129.3
08/02/67	05:10:47	23.5	25.54	24.47	24.92	249.3	129.3
08/02/67	05:15:47	23.68	25.09	23.94	24.92	249.3	129.3
08/02/67	05:20:48	23.33	25.27	24.56	24.83	249.3	129.3
08/02/67	05:25:49	23.59	25.63	24.74	24.83	249.3	129.3
08/02/67	05:30:49	23.07	25.36	24.56	25	249.3	129.3
08/02/67	05:35:50	23.24	25.18	24.56	24.83	309.3	129.3
08/02/67	05:40:50	23.59	25.54	24.56	24.47	309.3	189.3
08/02/67	05:45:51	22.72	24.83	24.47	24.92	309.3	189.3
08/02/67	05:50:52	23.59	23.94	24.47	24.47	369.3	249.3
08/02/67	05:55:52	23.33	369.3	249.3	24.47	369.3	249.3
08/02/67	06:00:45	23.33	23.33	24.38	24.3	369.3	249.3
08/02/67	06:05:45	23.42	23.33	24.38	24.3	369.3	249.3
08/02/67	06:10:45	22.72	22.89	24.38	24.21	369.3	249.3
08/02/67	06:15:46	22.72	22.8	24.47	24.38	369.3	249.3
08/02/67	06:20:47	22.8	22.89	24.65	24.38	369.3	249.3
08/02/67	06:25:47	22.98	23.07	24.47	24.03	369.3	249.3
08/02/67	06:30:48	22.8	22.89	24.03	24.3	369.3	249.3
08/02/67	06:35:48	23.15	23.33	24.38	24.38	369.3	249.3
08/02/67	06:40:49	23.33	23.33	24.47	24.38	369.3	249.3

ตารางที่ 4 ค่าที่บันทึกได้จากระบบ IOTน้ำหล่อเย็น ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่	ประทับเวลา	Chiller In	Chiller Out	Cooling Tower In	Cooling Tower Out	Water Flow Chiller	water flow Cooling Tower
08/02/67	06:45:50	22.89	23.5	24.38	24.47	369.3	249.3
08/02/67	06:50:50	22.63	22.63	24.56	24.47	369.3	249.3
08/02/67	06:55:51	22.54	22.89	24.56	24.56	369.3	249.3
08/02/67	07:00:44	23.07	23.24	24.65	24.56	369.3	249.3
08/02/67	07:05:44	23.24	23.15	24.65	24.65	369.3	249.3
08/02/67	07:10:44	23.42	23.5	24.74	24.65	369.3	249.3
08/02/67	07:15:45	23.5	23.33	24.83	24.38	369.3	249.3
08/02/67	07:20:46	22.63	23.86	24.74	25	369.3	249.3
08/02/67	07:25:46	23.59	24.47	24.12	25.54	369.3	249.3
08/02/67	07:30:47	23.5	24.47	25.27	25.18	369.3	249.3
08/02/67	07:35:47	22.89	23.94	25	24.65	369.3	249.3
08/02/67	07:40:48	23.42	24.38	25.09	25.18	369.3	249.3
08/02/67	07:45:49	23.24	24.3	25.18	25.18	369.3	249.3
08/02/67	07:50:49	22.98	24.21	25	25.63	369.3	249.3
08/02/67	07:55:50	23.42	23.77	25.54	25.18	369.3	249.3
08/02/67	08:00:45	23.5	24.38	25.18	25.36	369.3	249.3
08/02/67	08:05:45	22.8	24.03	25.18	25.36	369.3	249.3
08/02/67	08:10:45	23.24	24.38	25.18	25.45	369.3	249.3
08/02/67	08:15:46	23.59	24.74	25.27	25.63	369.3	249.3
08/02/67	08:20:46	23.07	24.03	25.54	26.34	369.3	249.3
08/02/67	08:25:47	23.5	24.12	25.89	25.72	369.3	249.3
08/02/67	08:30:47	23.5	24.56	25.45	25.36	369.3	249.3
08/02/67	08:35:48	22.98	24.12	25.27	25.89	369.3	249.3
08/02/67	08:40:49	23.59	24.47	25.63	25.81	369.3	249.3
08/02/67	08:45:49	23.42	24.3	25.72	25.98	369.3	249.3
08/02/67	08:50:50	22.98	24.12	25.27	25.63	369.3	249.3
08/02/67	08:55:51	23.42	249.3	25.45	25.98	369.3	249.3

ตารางที่ 5 ค่าที่บันทึกได้จากระบบ IOTน้ำหล่อเย็น ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่	ประทับเวลา	Chiller In	Chiller Out	Cooling Tower In	Cooling Tower Out	Water Flow Chiller	water flow Cooling Tower
08/02/67	09:00:44	23.33	24.47	25.89	25.98	369.3	249.3
08/02/67	09:05:44	23.07	23.77	25.45	25.98	369.3	249.3
08/02/67	09:10:45	23.5	24.12	25.81	27.15	369.3	249.3
08/02/67	09:15:46	23.5	24.65	25.98	26.07	369.3	249.3
08/02/67	09:20:46	23.24	24.47	25.89	26.07	369.3	249.3
08/02/67	09:25:47	23.86	24.92	26.25	26.34	369.3	249.3
08/02/67	09:30:47	23.24	24.65	26.25	26.7	369.3	249.3
08/02/67	09:35:48	23.5	24.3	26.43	26.61	369.3	249.3
08/02/67	09:40:49	24.21	24.92	26.43	26.61	369.3	249.3
08/02/67	09:45:50	23.33	24.74	26.61	27.97	369.3	249.3
08/02/67	09:50:50	23.33	24.65	26.43	26.7	369.3	249.3
08/02/67	09:55:51	23.15	23.5	26.79	26.52	369.3	249.3
08/02/67	10:00:47	23.15	22.98	26.61	26.7	369.3	249.3
08/02/67	10:05:47	23.33	23.07	26.79	26.7	369.3	249.3
08/02/67	10:10:48	23.59	23.42	26.7	26.34	369.3	249.3
08/02/67	10:15:48	23.68	23.68	26.7	26.52	369.3	249.3
08/02/67	10:20:49	23.86	23.77	26.88	26.7	369.3	249.3
08/02/67	10:25:49	23.42	23.42	26.79	26.7	369.3	249.3
08/02/67	10:30:50	23.15	22.98	26.79	26.7	369.3	249.3
08/02/67	10:35:51	23.33	23.33	26.79	26.61	369.3	249.3
08/02/67	10:40:51	23.77	23.68	26.79	26.7	369.3	249.3
08/02/67	10:45:52	23.77	23.94	27.06	26.61	369.3	249.3
08/02/67	10:50:53	23.68	22.19	26.79	26.52	369.3	249.3
08/02/67	10:55:53	23.68	26.61	369.3	249.3	369.3	249.3
08/02/67	11:00:44	23.5	23.33	26.88	26.43	369.3	249.3
08/02/67	11:05:45	23.86	23.86	26.61	26.52	369.3	249.3
08/02/67	11:10:45	23.86	23.33	27.15	26.16	369.3	249.3

ตารางที่ 6 ค่าที่บันทึกได้จากระบบ IOTน้ำหล่อเย็น ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่	ประทับเวลา	Chiller In	Chiller Out	Cooling Tower In	Cooling Tower Out	Water Flow Chiller	water flow Cooling Tower
08/02/67	11:15:46	22.8	22.8	26.61	26.34	369.3	249.3
08/02/67	11:20:47	22.98	22.89	26.7	26.52	369.3	249.3
08/02/67	11:25:47	23.07	23.15	26.34	26.34	369.3	249.3
08/02/67	11:30:48	23.33	23.42	26.43	26.25	369.3	249.3
08/02/67	11:35:49	23.59	23.68	26.43	26.25	369.3	249.3
08/02/67	11:40:49	23.07	23.42	26.43	26.25	369.3	249.3
08/02/67	11:45:50	22.45	22.63	26.34	26.25	369.3	249.3
08/02/67	11:50:51	22.72	22.89	26.25	25.98	369.3	249.3
08/02/67	11:55:51	22.72	26.61	26.43	369.3	249.3	249.3
08/02/67	12:00:47	23.15	23.42	26.16	25.98	369.3	249.3
08/02/67	12:05:47	23.42	23.59	26.07	25.98	369.3	249.3
08/02/67	12:10:48	23.42	23.59	26.07	26.07	369.3	249.3
08/02/67	12:15:48	22.45	22.54	26.34	25.89	369.3	249.3
08/02/67	12:20:49	22.72	22.89	26.34	26.16	369.3	249.3
08/02/67	12:25:50	23.15	23.33	26.61	26.43	369.3	249.3
08/02/67	12:30:50	23.77	23.59	27.15	26.43	369.3	249.3
08/02/67	12:35:51	23.68	23.86	26.61	26.43	369.3	249.3
08/02/67	12:40:52	23.42	23.86	26.61	26.16	369.3	249.3
08/02/67	12:45:52	22.89	27.33	26.61	26.97	309.3	249.3
08/02/67	12:50:53	24.12	26.25	26.79	27.06	249.3	249.3
08/02/67	12:55:53	23.5	25.81	26.43	26.97	309.3	249.3
08/02/67	13:00:44	23.15	25.63	26.79	26.79	249.3	249.3
08/02/67	13:05:45	24.03	25.81	26.97	27.15	249.3	249.3
08/02/67	13:10:45	23.86	25.89	26.79	26.43	309.3	249.3
08/02/67	13:15:46	23.07	25.45	26.97	27.33	249.3	249.3
08/02/67	13:20:46	22.63	23.59	27.06	27.06	309.3	249.3
08/02/67	13:25:47	24.12	25.36	26.25	25.89	309.3	249.3

ตารางที่ 7 ค่าที่บันทึกได้จากระบบ IOTน้ำหล่อเย็น ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่	ประทับเวลา	Chiller In	Chiller Out	Cooling Tower In	Cooling Tower Out	Water Flow Chiller	water flow Cooling Tower
08/02/67	13:30:48	23.68	26.07	26.88	27.24	249.3	69.3
08/02/67	13:35:48	22.8	25.27	26.07	27.51	249.3	69.3
08/02/67	13:40:49	22.72	24.92	26.79	27.42	249.3	69.3
08/02/67	13:45:49	23.07	25.18	26.79	27.51	249.3	69.3
08/02/67	13:50:50	22.54	24.21	26.7	26.97	249.3	69.3
08/02/67	13:55:51	22.54	24.74	26.52	27.42	249.3	69.3
08/02/67	14:00:49	23.15	25.54	26.79	26.16	249.3	69.3
08/02/67	14:05:46	22.63	25.09	26.7	27.33	249.3	69.3
08/02/67	14:10:47	22.28	24.47	26.61	27.24	249.3	69.3
08/02/67	14:15:47	22.89	24.38	26.79	27.24	249.3	69.3
08/02/67	14:20:48	23.5	25.27	26.61	27.42	249.3	69.3
08/02/67	14:25:49	22.63	25.18	26.34	27.61	249.3	69.3
08/02/67	14:30:49	22.72	25	26.79	27.24	249.3	69.3
08/02/67	14:35:50	23.33	25.63	27.24	27.24	249.3	69.3
08/02/67	14:40:51	22.63	24.74	26.7	27.24	249.3	69.3
08/02/67	14:45:51	22.89	24.92	26.34	27.61	249.3	69.3
08/02/67	14:50:52	22.8	25.09	26.79	27.06	249.3	69.3
08/02/67	14:55:52	22.8	24.92	26.43	27.33	249.3	69.3
08/02/67	15:00:44	22.89	25	26.7	27.33	249.3	69.3
08/02/67	15:05:44	22.89	25.27	26.79	27.33	249.3	69.3
08/02/67	15:10:45	22.72	24.74	26.7	27.06	249.3	69.3
08/02/67	15:15:45	22.45	24.74	26.79	27.15	249.3	69.3
08/02/67	15:20:46	22.98	25.27	26.7	27.97	249.3	69.3
08/02/67	15:25:47	22.54	25.27	26.7	27.24	249.3	69.3
08/02/67	15:30:47	22.63	25	26.88	27.06	249.3	69.3
08/02/67	15:34:11	23.15	25.81	26.43	27.06	249.3	69.3
08/02/67	15:39:12	22.28	24.92	26.52	26.79	249.3	69.3

ตารางที่ 8 ค่าที่บันทึกได้จากระบบ IOTน้ำหล่อเย็น ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่	ประทับเวลา	Chiller In	Chiller Out	Cooling Tower In	Cooling Tower Out	Water Flow Chiller	water flow Cooling Tower
08/02/67	15:44:12	22.72	24.74	26.43	27.06	249.3	69.3
08/02/67	15:49:13	23.07	25.36	26.61	27.06	249.3	69.3
08/02/67	15:54:14	27.06	249.3	69.3	28.43	249.3	69.3
08/02/67	15:59:14	22.28	24.65	26.34	26.97	249.3	69.3
08/02/67	16:00:43	22.98	24.92	26.52	26.97	249.3	69.3
08/02/67	16:05:43	22.98	24.74	25.98	27.06	249.3	69.3
08/02/67	16:10:43	22.28	24.56	26.61	28.43	249.3	69.3
08/02/67	16:15:44	23.07	25.09	26.61	27.06	249.3	69.3
08/02/67	16:20:44	22.72	25.27	26.79	27.15	249.3	69.3
08/02/67	16:25:45	22.63	24.65	26.88	27.24	249.3	69.3
08/02/67	16:30:46	22.89	25	26.7	27.33	249.3	69.3
08/02/67	16:35:47	22.72	25.36	26.7	27.24	249.3	69.3
08/02/67	16:40:47	21.5	24.92	26.61	27.51	249.3	69.3
08/02/67	16:45:48	22.28	24.83	26.61	27.88	249.3	69.3
08/02/67	16:50:48	27.79	249.3	69.3	27.88	249.3	69.3
08/02/67	16:55:49	22.19	25.36	27.24	26.61	249.3	69.3
08/02/67	17:00:45	22.28	24.65	26.52	27.24	249.3	69.3
08/02/67	17:05:45	23.33	25.36	26.7	27.79	249.3	69.3
08/02/67	17:10:45	22.19	25.45	26.61	27.42	249.3	69.3
08/02/67	17:15:46	22.54	24.83	26.7	27.42	249.3	69.3
08/02/67	17:20:47	22.8	25.36	26.34	27.15	249.3	69.3
08/02/67	17:25:47	22.28	24.56	26.25	26.88	249.3	69.3
08/02/67	17:30:48	22.11	24.65	26.43	26.97	249.3	69.3
08/02/67	17:35:49	22.02	24.47	26.16	26.52	249.3	69.3
08/02/67	17:40:49	22.89	24.65	26.25	26.34	249.3	69.3
08/02/67	17:45:50	22.37	25.09	26.25	26.97	249.3	69.3
08/02/67	17:50:50	22.89	23.94	25.81	27.51	249.3	69.3

ตารางที่ 9 ค่าที่บันทึกได้จากระบบ IOTน้ำหล่อเย็น ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่	ประทับเวลา	Chiller In	Chiller Out	Cooling Tower In	Cooling Tower Out	Water Flow Chiller	water flow Cooling Tower
08/02/67	17:55:51	22.8	25	26.25	26.97	249.3	69.3
08/02/67	18:00:46	22.37	25.09	26.43	26.7	249.3	69.3
08/02/67	18:05:47	22.63	24.47	26.25	26.7	249.3	69.3
08/02/67	18:10:47	22.98	25.27	25.98	26.61	249.3	69.3
08/02/67	18:15:48	22.19	25	25.98	26.52	249.3	69.3
08/02/67	18:20:48	22.54	24.65	25.98	26.25	249.3	69.3
08/02/67	18:25:49	23.07	25.36	25.89	26.34	249.3	69.3
08/02/67	18:30:50	22.19	24.74	25.89	26.43	249.3	69.3
08/02/67	18:35:51	22.11	24.56	25.27	27.06	249.3	69.3
08/02/67	18:40:51	22.8	24.92	25.81	26.7	249.3	69.3
08/02/67	18:45:52	22.72	25.36	25.89	26.34	249.3	69.3
08/02/67	18:50:52	26.34	249.3	69.3	26.34	249.3	69.3
08/02/67	18:55:53	22.54	24.92	25.98	26.7	249.3	69.3
08/02/67	19:00:46	22.72	24.83	25.72	26.07	309.3	69.3
08/02/67	19:05:47	22.11	24.56	26.07	26.79	309.3	69.3
08/02/67	19:10:50	22.72	24.74	26.16	26.7	309.3	69.3
08/02/67	19:15:48	22.54	24.74	26.16	26.7	369.3	69.3
08/02/67	19:20:49	22.45	23.86	26.97	26.61	369.3	69.3
08/02/67	19:25:49	22.28	24.47	26.16	26.7	369.3	69.3
08/02/67	19:30:50	22.54	24.74	26.52	26.25	309.3	69.3
08/02/67	19:35:50	22.8	25.27	26.07	27.33	309.3	69.3
08/02/67	19:40:51	22.19	23.42	26.34	26.79	429.3	69.3
08/02/67	19:45:52	22.37	23.42	26.34	26.79	429.3	69.3
08/02/67	19:50:52	22.37	23.5	26.25	26.79	429.3	69.3
08/02/67	19:55:53	22.19	23.5	26.25	26.61	429.3	69.3
08/02/67	20:00:44	22.89	24.3	26.7	26.7	429.3	69.3
08/02/67	20:05:44	22.37	23.68	26.25	26.88	429.3	69.3

ตารางที่ 10 ค่าที่บันทึกได้จากระบบ IOTน้ำหล่อเย็น ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่	ประทับเวลา	Chiller In	Chiller Out	Cooling Tower In	Cooling Tower Out	Water Flow Chiller	water flow Cooling Tower
08/02/67	20:10:45	22.45	23.86	26.16	26.52	429.3	69.3
08/02/67	20:15:45	22.45	23.86	26.25	26.43	429.3	69.3
08/02/67	20:20:46	22.11	23.68	25.81	26.34	369.3	69.3
08/02/67	20:25:46	22.02	23.42	26.25	26.79	369.3	69.3
08/02/67	20:30:47	21.58	23.33	26.16	26.25	369.3	69.3
08/02/67	20:35:48	21.5	23.15	25.54	26.79	369.3	69.3
08/02/67	20:40:48	21.41	23.07	26.52	27.06	369.3	69.3
08/02/67	20:45:49	21.24	22.89	25.98	26.61	369.3	69.3
08/02/67	20:50:50	26.52	369.3	69.3	26.97	249.3	189.3
08/02/67	20:55:50	21.15	23.77	25.89	26.43	249.3	189.3
08/02/67	21:00:44	21.32	24.47	25.89	26.16	249.3	189.3
08/02/67	21:05:44	21.67	24.38	26.07	25.98	249.3	189.3
08/02/67	21:10:45	21.58	24.3	25.89	26.07	249.3	189.3
08/02/67	21:15:45	21.5	24.38	25.98	26.07	249.3	189.3
08/02/67	21:20:46	21.84	24.38	26.52	27.88	249.3	189.3
08/02/67	21:25:46	21.67	24.3	25.63	26.97	249.3	189.3
08/02/67	21:30:47	21.58	24.3	25.98	26.07	249.3	189.3
08/02/67	21:35:48	21.06	23.94	26.43	26.34	249.3	189.3
08/02/67	21:40:48	21.58	24.03	26.07	26.25	249.3	189.3
08/02/67	21:45:49	21.5	24.12	25.98	26.43	249.3	189.3
08/02/67	21:50:50	21.32	23.94	26.07	26.16	249.3	189.3
08/02/67	21:55:50	21.41	23.86	25.36	26.16	249.3	189.3
08/02/67	22:00:43	21.41	23.86	25.89	26.07	249.3	189.3
08/02/67	22:05:44	21.41	24.03	25.18	26.7	249.3	189.3
08/02/67	22:10:44	21.41	24.03	25.89	26.07	249.3	189.3
08/02/67	22:15:45	21.41	23.86	25.54	26.34	249.3	189.3
08/02/67	22:20:45	21.24	24.12	25.72	26.07	249.3	189.3

ตารางที่ 11 ค่าที่บันทึกได้จากระบบ IOTน้ำหล่อเย็น ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่	ประทับเวลา	Chiller In	Chiller Out	Cooling Tower In	Cooling Tower Out	Water Flow Chiller	water flow Cooling Tower
08/02/67	22:25:46	21.41	23.94	25.72	26.25	249.3	189.3
08/02/67	22:30:47	21.5	24.12	25.81	25.89	249.3	189.3
08/02/67	22:35:47	21.41	23.86	25.81	26.07	249.3	189.3
08/02/67	22:40:48	21.32	23.94	25.81	25.89	249.3	189.3
08/02/67	22:45:48	21.24	23.77	25.72	25.89	249.3	189.3
08/02/67	22:50:49	21.58	23.86	25.27	26.25	129.3	189.3
08/02/67	22:55:50	21.32	24.74	25.63	25.98	249.3	189.3
08/02/67	23:00:46	22.02	24.47	25.72	25.98	249.3	189.3
08/02/67	23:05:47	21.93	24.65	25.63	24.74	249.3	189.3
08/02/67	23:10:47	22.37	24.56	25.72	25.27	249.3	189.3
08/02/67	23:15:48	22.37	24.56	25.72	25.98	249.3	189.3
08/02/67	23:20:49	22.19	24.74	26.34	25.45	249.3	189.3
08/02/67	23:25:49	21.76	24.56	25.89	26.16	249.3	189.3
08/02/67	23:30:50	22.19	24.47	25.89	26.16	249.3	189.3
08/02/67	23:35:51	22.37	24.92	25.98	26.25	249.3	189.3
08/02/67	23:40:51	22.11	24.74	25.98	26.16	249.3	189.3
08/02/67	23:45:52	21.41	23.94	25.72	26.25	249.3	189.3
08/02/67	23:50:53	21.58	23.86	25.27	26.25	129.3	189.3
08/02/67	23:55:53	21.32	24.74	25.63	25.98	249.3	189.3

รายการอ้างอิง

[1] "IoT สู่ IIoT เมื่อโลกดิจิทัลเข้าเปลี่ยนแปลงอุตสาหกรรม." Sumipol Agile Technology. https://www.sumipol.com/knowledge/transformation-iot/ (สืบค้นเมื่อ 20 เดือน มีนาคม 2023).

[2] สุภัตรา ทรัพย์อุปการ."มารู้จัก ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS) ให้มากขึ้นกันดีกว่า." https://www.scimath.org/article-technology/item/10477-mis (สืบค้นเมื่อ 20 เดือน มิถุนายน 2023).

[3] "PLC คืออะไร." ADVANCE ELECTRONIC TRAINNING CENTER. http://www.advanceelectronic.com/blog/detail/113/th/PLC- (สืบค้นเมื่อ 27 เดือน มิถุนายน 2023).

[4] Chanitkasem Sanguanwit."TPM (Total Productive Maintenance) – การบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม." https://factorium.tech/article-tpm/ (สืบค้นเมื่อ 27 เดือน มิถุนายน 2023).

[5] ธมนพัชร์ หมัดง๊ะ, "การบำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance)," โครงงานการสหกิจศึกษา, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, พ.ศ. 2559. https://library.tni.ac.th/thesis/upload/files/CRT%20IE%202016/Thamonphat%20Madnga%20CRT%20IE%202016.pdf (สืบค้นเมื่อ 27 เดือน มิถุนายน 2023).

[6] "ฉีดพลาสติก,แม่พิมพ์พลาสติก,โรงงานผลิตแม่พิมพ์พลาสติกคุณภาพ." บริษัท เอ็กซ์เพอร์ เทคเนีย (ประเทศไทย) จำกัด. https://www.xn---uwf3d8aabrb3b0c5esai4o5d0c.com/%E0%B9%81%E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B8%9E%E0%B8%B4%E0%B8%A1%E0%B8%9E%E0%B9%8C%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%81%E0%B8%A1%E0%B8%B5%E0%B8%81%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A/ (สืบค้นเมื่อ 26 เดือน มีนาคม 2023).

[7] บุญชัย แซ่สิ้ว."7 Qc Tools." https://logisticbasic.blogspot.com/2014/07/7-qc-tools.html (สืบค้นเมื่อ 26 เดือน มีนาคม 2023).

[8] ศศิมา สุขสว่าง."การระดมความคิด (Brainstorm) เทคนิคความคิดสร้างสรรค์และพัฒนา

นวัตกรรม." https://www.sasimasuk.com/15842591/brainstorm- (สืบค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2023).

[9] "การวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาด้วย (Why Why Analysis/5 Why)." HermesDigital MarketingThailand. https://www.hrodthai.com/single-post/-why-why-analysis-5-why (สืบค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2023).

[10] "Chiller หรือ ชิลเลอร์ (เครื่องทำความเย็น) คือ อะไร หลักการทำงานเป็นอย่างไร."บริษัท พีที จำกัด. https://www.2pt3q.com/about-us/ (สืบค้นเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2024).

[11] อติกานต์ ม่วงเงิน, "การประยุกต์ใช้เทคนิคแบบลีน (ECRS+IT) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ ทำงานระบบตู้รับคืนหนังสืออัตโนมัติ," สำนักบรรณสารการพัฒนา สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, vol. 12, pp. 16-19, 2019.

[12] A. Jayaram, "Lean six sigma approach for global supply chain management using industry 4.0 and IIoT," in *2016 2nd international conference on contemporary computing and informatics (IC3I)*, 2016: IEEE, pp. 89-94.

[13] W. Amer, U. Ansari, and A. Ghafoor, "Industrial automation using embedded systems and machine-to-machine, man-to-machine (m2m) connectivity for improved overall equipment effectiveness (oee)," in *2009 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2009: IEEE, pp. 4450-4454.

[14] ธนกร มาณะวิท, "การลดของเสียในการผลิตขวดพลาสติกชนิดเป่าขึ้นรูป," วิทยานิพนธ์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์, 2010.

[15] O. Joochim and J. Meekaew, "Application of TPM in production process of aluminium stranded conductors," in *2016 International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application (ICIMSA)*, 2016: IEEE, pp. 1-5.

[16] R. Mohan, J. P. Roselyn, and R. A. Uthra, "LSTM based artificial intelligence predictive maintenance technique for availability rate and OEE improvement in a TPM implementing plant through Industry 4.0 transformation," *Journal of Quality in Maintenance Engineering,* no. ahead-of-print, 2023.

[17] T. R. Mohan, J. P. Roselyn, and R. A. Uthra, "Digital Smart Kaizen To Improve Quality Rate Through Total Productive Maintenance Implemented Industry 4.0," in *2022 IEEE 3rd Global Conference for Advancement in Technology (GCAT)*, 2022: IEEE, pp. 1-6.

[18] S. Barbieri-Silva, A. Flores-Perez, and J. C. Alvarez, "TPM, SMED and 5S model to

increase efficiency in an automated production line for a company in the food sector," in *2022 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)*, 2022: IEEE, pp. 1-5.

[19] ไตรภพ คำวิเศษณ์, "การจัดการและการอนุรักษ์พลังงานโดยการปรับปรุงระบบระบายความร้อนของเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่ (Chiller)," [TUH Journal online Volume 7 No. 3 September –December 2022], 2022.

[20] พิชิต อ่อนปรางค์, "การวิเคราะห์อิทธิพลของการหล่อเย็นที่มีผลต่อการหดตัวของชิ้นงานฉีดพลาสติก Investigate the Effect of Cooling on the Shrinkage of Plastic Injection Part," วารสารเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการปีที่*1*ฉบับที่*2* กรกฎาคม – ธันวาคม 2022.

[21] จันทร์ทา นาควรตระกูล, "การเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาของระบบผลิตน้ำเย็นด้วยระบบการบำรุงรักษาที่มุ่งเน้นความน่าเชื่อถือได้เป็นสำคัญ : กรณีศึกษาระบบผลิตน้ำเย็นสำหรับการขึ้นรูปพลาสติก Maintenance efficiency improvement for chilled water system by reliability centered maintenance: A case study of chilled water system for plastic injection molding " วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย ปีที่ *1* ฉบับที่ *2* 2015.

[22] P. Samnuk, *Fundamental Knowledge of Extrusion Blow Molding (EBM) Bottles*. Training document for Plastic Training Course, Plastic Institute, 2023.

[23] "Blow Molding as one of the Polymer Processing type." POLYFILL JOINT STOCK COMPANY. https://polyfill.com.vn/blow-molding-as-one-of-the-polymer-processing-type/ (สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2023).

[24] "ฮีทเตอร์รัดท่อ นาโนอินฟาเรด ประหยัดพลังงาน."บริษัท ไฮ-เด็น ฮีตเทค จำกัด. http://www.hi-den.co.th/heater-new/206-band-heater-nano-infrared.html (สืบค้นเมื่อ 2 สิงหาคม 2023).

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	อนัญญา มะโนวงค์
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2560 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษา โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี พ.ศ. 2564 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยศิลปากร อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม พ.ศ. 2566 ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม

มหาวิทยาลัยศิลปากร