

แนวคิดการออกแบบเพื่อลดของเสียในขั้นตอนการเชื่อมของ
กระบวนการผลิตคอยล์เย็นด้วยการปรับปรุงรถใส่คอยล์
กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ

CONCEPTUAL DESIGN FOR WASTE REDUCTION IN WELDING
PROCEDURE OF FAN COIL UNIT PRODUCTION
WITH DOLLY IMPROVEMENT:
A CASE STUDY OF AIR CONDITIONING FACTORY

The seal of Rajabhat Buriram University is a circular emblem. It features a central five-tiered umbrella (parasol) with a sunburst at the top. The umbrella is flanked by two smaller, similar structures. The entire emblem is surrounded by a decorative border. The Thai text 'สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง' is written around the inner edge of the seal.

นางสาวเลลानी ทองเปลว
MS. LELANEE THONGPLAEW

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

แนวคิดการออกแบบเพื่อลดของเสียในขั้นตอนการเชื่อมของ
กระบวนการผลิตคอยล์เย็นด้วยการปรับปรุงรถใส่คอยล์
กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ

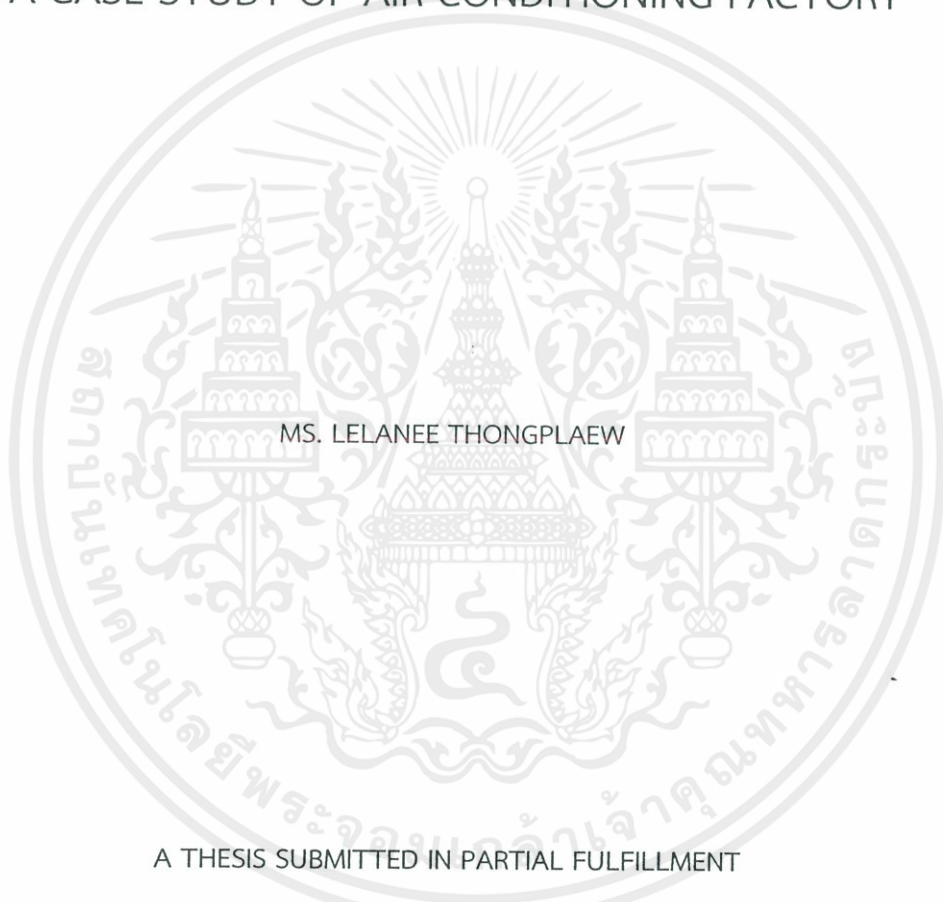
CONCEPTUAL DESIGN FOR WASTE REDUCTION IN WELDING
PROCEDURE OF FAN COIL UNIT PRODUCTION
WITH DOLLY IMPROVEMENT:
A CASE STUDY OF AIR CONDITIONING FACTORY

นางสาวเลลानी ทองเปลว
MS. LELANEE THONGPLAEW

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCEPTUAL DESIGN FOR WASTE REDUCTION IN WELDING
PROCEDURE OF FAN COIL UNIT PRODUCTION
WITH DOLLY IMPROVEMENT:
A CASE STUDY OF AIR CONDITIONING FACTORY



MS. LELANEE THONGPLAEW

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

แนวคิดการออกแบบเพื่อลดของเสียในขั้นตอนการเชื่อมของ
กระบวนการผลิตคอยล์เย็นด้วยการปรับปรุงรถใส่คอยล์ กรณีศึกษา
โรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ

CONCEPTUAL DESIGN FOR WASTE REDUCTION IN WELDING
PROCEDURE OF FAN COIL UNIT PRODUCTION WITH DOLLY
IMPROVEMENT: A CASE STUDY OF AIR CONDITIONING
FACTORY

นักศึกษา

นางสาวเลลानी ทองเปลว รหัสประจำตัว 56011039

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์


(รศ.ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|------------------------------|--|
| หัวข้อปริญญานิพนธ์ | แนวคิดการออกแบบเพื่อลดของเสียในขั้นตอนการเชื่อมของกระบวนการผลิตคอยล์เย็นด้วยการปรับปรุงรถใส่คอยล์ กรณีศึกษา โรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ |
| นักศึกษา | นางสาวเลลาณี ทองเปลว |
| หลักสูตร | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ปีการศึกษา | 2559 |
| อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ | รศ.ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต |

บทคัดย่อ

โครงการปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการลดข้อบกพร่องคอยล์เย็นในขั้นตอนการเชื่อมของโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ โดยการศึกษาเน้นไปที่คอยล์เย็นรุ่น DDV 25 ซึ่งเป็นรุ่นที่มีการผลิตมากที่สุด จากนั้นจึงใช้แผนผังเหตุและผลเป็นเครื่องมือวิเคราะห์หาสาเหตุคอยล์เย็นรั่ว ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ามูมเอียงของคอยล์เย็นระหว่างการเชื่อมเป็นสาเหตุหลักของปัญหานี้ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการไหลของลวดเชื่อมรอบรอยเชื่อมและการไหลซึมลึกของลวดเชื่อมเข้าไปในรอยเชื่อม เพื่อหามูมเอียงที่ดีที่สุดสำหรับการเชื่อมจึงวางคอยล์เย็นให้ทำมูมเอียงขนาด 60 องศา 70 องศา และ 80 องศา กับแนวระดับในขณะที่เชื่อม ผลการทดลองทำให้ทราบว่า การรั่วของคอยล์เย็นเกิดขึ้นที่มูม 60 องศา แต่ไม่พบที่มูม 70 และ 80 องศา นั่นคือมูมเอียงที่เหมาะสมของคอยล์เย็นในระหว่างการเชื่อมคือมูม 70 และ 80 องศา เนื่องจากมีการไหลที่ดีของลวดเชื่อมรอบรอยเชื่อมและการไหลซึมลึกของลวดเชื่อมเข้าไปในรอยเชื่อม เพื่อปรับปรุงคุณภาพการเชื่อมและลดการรั่วของคอยล์เย็น รถใส่คอยล์แบบใหม่จึงถูกออกแบบด้วยโปรแกรม SolidWorks 2015 เพื่อเปลี่ยนมูมเอียงของคอยล์เย็นขณะทำการเชื่อมจากมูม 0 องศา เป็นมูม 75 องศา

| | |
|----------------|---|
| Thesis Title | Conceptual Design for Waste Reduction in Welding Procedure of Fan Coil Unit Production with Dolly Improvement: A Case Study of Air Conditioning Factory |
| Student | MS. Lelanee Thongplaew |
| Degree | Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang |
| Academic Year | 2016 |
| Thesis Advisor | Assoc. Prof. Dr. Sakon Klongboonjit |

ABSTRACT

This thesis is to study how to reduce defected fan coil units in welding procedure of air conditioning factory. This study has begun to focus on the fan coil unit model DDV 25 since this is the most production model. Then, the cause and effect diagram is used as a tool to analyze the causes of leaking in fan coil units. The analyzing results show that the tilt angle of fan coil units during welding, which relate to flowing of welding fluid around welds and deep penetration of welding fluid into welds, is the root cause for this problem. To determine good tilt angle for welding, the tilt angle of fan coil units during welding of 60, 70 and 80 degrees with respect to the horizontal level is applied to welding. The experiment informs that the leaking of fan coil units is at the tilt angle of 60 degrees, but not at the tilt angle of 70 and 80 degrees. That is the proper tilt angle of fan coil unit during welding is from 70 to 80 degrees since good flowing of welding fluid around welds and deep penetration of welding fluid into welds. To improve welding quality and reduce leaking of fan coil units, new dolly model is designed with SolidWorks 2015 program to change the tilt angle of fan coil unit during welding from 0 degrees to 75 degrees.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง แนวคิดการออกแบบเพื่อลดของเสียในขั้นตอนการเชื่อมของกระบวนการผลิต คอยล์เย็นด้วยการปรับปรุงรถใส่คอยล์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความรู้จากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สกันธ์ คล่องบุญจิต ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำชี้แนะ และช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้แก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ข้อชี้แนะในการทำปริญญาานิพนธ์ และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการทำปริญญาานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบคุณผู้จัดการโรงงาน หัวหน้าวิศวกร วิศวกรแผนกฝ่ายผลิตคอยล์ บุคลากร และพนักงานทุกท่าน ของบริษัท ยูนิแอร์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้ความอนุเคราะห์แก่ข้าพเจ้าในการเข้าไปศึกษากระบวนการผลิตอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ นักศึกษาปริญญาตรีสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกคน ที่ช่วยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในเรื่องต่าง ๆ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยเป็นแรงผลักดัน ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุก ๆ เรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำปริญญาานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากปริญญาานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้แก่บิดามารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

นางสาวเลลาณี ทองเปลว

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | ข |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ค |
| สารบัญ..... | ง |
| สารบัญตาราง..... | ช |
| สารบัญรูป..... | ซ |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ความสำคัญของโครงการ..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... | 3 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 3 |
| บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | |
| 2.1 ประเภทของเครื่องปรับอากาศ..... | 4 |
| 2.1.1 เครื่องปรับอากาศแบบขึ้นเดียว..... | 5 |
| 2.1.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน..... | 6 |
| 2.2 โครงสร้างของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน..... | 9 |
| 2.2.1 อุปกรณ์หลักของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน..... | 9 |
| 2.2.2 หลักการทำงาน..... | 11 |
| 2.2.3 แผนภาพความดันเอนทัลปี..... | 12 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 2.3 หลักการเชื่อมแก๊ส..... | 14 |
| 2.3.1 ความหมายของการเชื่อมแก๊ส..... | 14 |
| 2.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊ส..... | 16 |
| 2.3.3 ชนิดของก๊าซเชื้อเพลิง..... | 18 |
| 2.3.4 ลวดเชื่อมแก๊ส..... | 22 |
| 2.3.5 การเชื่อมโลหะชนิดต่าง ๆ..... | 23 |
| 2.4 การเชื่อมโลหะด้วยแก๊สอะเซทิลีนกับแก๊สแอลพีจี..... | 29 |
| 2.5 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์..... | 30 |
| 2.5.1 ความหมายของการออกแบบ..... | 31 |
| 2.5.2 ขอบเขตของงานออกแบบผลิตภัณฑ์..... | 31 |
| 2.5.3 คุณประโยชน์ของการออกแบบผลิตภัณฑ์..... | 32 |
| 2.5.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกำหนดองค์ประกอบของงานออกแบบผลิตภัณฑ์..... | 32 |
| 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 34 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน | |
| 3.1 เก็บข้อมูลปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรื้อย้อนหลัง..... | 41 |
| 3.2 ศึกษากระบวนการการผลิตคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ..... | 45 |
| 3.3 วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาคอยล์เย็นรื้อจากขั้นตอนการผลิต..... | 46 |
| 3.4 เสนอแนวทางเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา..... | 48 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน | |
| 4.1 ผลการศึกษาข้อมูลปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั่ว ย้อนหลัง..... | 50 |
| 4.2 ผลศึกษากระบวนการการผลิตคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ..... | 54 |
| 4.3 ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาคอยล์เย็นรั่วจากขั้นตอนการผลิต..... | 65 |
| 4.4 ผลเสนอแนวทางเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา..... | 74 |
| บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ | |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย..... | 78 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ..... | 79 |
| เอกสารอ้างอิง..... | 80 |
| ภาคผนวก..... | ผ1 |

สารบัญตาราง

| | | หน้า |
|--------------|---|------|
| ตารางที่ 1.1 | ร้อยละของครัวเรือน ที่รายงานการเป็นเจ้าของเครื่องปรับอากาศ..... | 1 |
| ตารางที่ 1.2 | สถิติการผลิตเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน..... | 2 |
| ตารางที่ 1.3 | ขั้นตอนการดำเนินงาน..... | 4 |
| ตารางที่ 2.1 | กระบวนการทำงานในระบบอัดไอของเครื่องปรับอากาศ..... | 13 |
| ตารางที่ 2.2 | แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ..... | 30 |
| ตารางที่ 3.1 | แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั่ว แต่ละประเภท..... | 42 |
| ตารางที่ 3.2 | แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั่ว แต่ละรุ่น..... | 44 |
| ตารางที่ 3.3 | แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั่ว แต่ละรุ่น..... | 45 |
| ตารางที่ 3.4 | แบบฟอร์มหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกแก้ปัญหาขั้นตอนการผลิต..... | 46 |
| ตารางที่ 3.5 | แบบฟอร์มบันทึกผลการทดลองปริมาณการรั่วของคอยล์เย็น..... | 49 |
| ตารางที่ 3.6 | แบบฟอร์มบันทึกข้อดีและข้อเสียของรถใส่คอยล์แบบเดิมและแบบใหม่..... | 50 |
| ตารางที่ 4.1 | สถิติการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั่วของโรงงานกรณีศึกษา เดือน ม.ค. - ก.ค. พ.ศ. 2559..... | 51 |
| ตารางที่ 4.2 | สถิติการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั่ว ชนิดตั้ง/แขวน ทั้งหมด 6 รุ่น เดือน ม.ค. - ก.ค. พ.ศ. 2559..... | 52 |
| ตารางที่ 4.3 | สถิติการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั่ว ชนิดตั้ง/แขวน รุ่น DDV 13-40 เดือน ม.ค. - ก.ค. พ.ศ. 2559..... | 54 |
| ตารางที่ 4.4 | หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกแก้ปัญหาขั้นตอนการผลิต..... | 65 |
| ตารางที่ 4.5 | ผลการทดลองคอยล์เย็นรั่ว..... | 72 |
| ตารางที่ 4.6 | แสดงการเปรียบเทียบเวลาจากวิธีการทำงานแบบเดิมและแบบใหม่..... | 74 |
| ตารางที่ 4.7 | ข้อดีและข้อเสียของรถใส่คอยล์แบบเดิมและแบบใหม่..... | 77 |

สารบัญรูป

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.1 เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง..... | 5 |
| รูปที่ 2.2 เครื่องปรับอากาศแบบเคลื่อนที่..... | 6 |
| รูปที่ 2.3 เครื่องปรับอากาศชนิดติดตั้ง..... | 7 |
| รูปที่ 2.4 เครื่องปรับอากาศชนิดตั้ง/แขวน..... | 7 |
| รูปที่ 2.5 เครื่องปรับอากาศชนิดฝังเพดาน..... | 8 |
| รูปที่ 2.6 เครื่องปรับอากาศชนิดฝังใต้ฝ้า กระจายลม 4 ทิศทาง..... | 8 |
| รูปที่ 2.7 เครื่องปรับอากาศชนิดตู้ตั้ง..... | 9 |
| รูปที่ 2.8 คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน..... | 9 |
| รูปที่ 2.9 อุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) หรือคอยล์ร้อน..... | 10 |
| รูปที่ 2.10 วาล์วลดความดัน (Expansion Valve)..... | 10 |
| รูปที่ 2.11 อุปกรณ์ระเหย (Evaporator) หรือ คอยล์เย็น (Fan Coil Unit, FCU)..... | 11 |
| รูปที่ 2.12 แสดงวัฏจักรการทำงานแบบอัดไอของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน..... | 12 |
| รูปที่ 2.13 แผนภาพความดัน-เอนทาลปี (P-h Diagram)..... | 12 |
| รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะของเปลวคาร์บูไรซิง..... | 14 |
| รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะของเปลวนิวทริล..... | 15 |
| รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะของเปลวออกซิไดซิง..... | 16 |
| รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะของลวดเชื่อม..... | 23 |
| รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงาน..... | 40 |
| รูปที่ 3.2 กราฟแสดงปริมาณการผลิตคอยล์เย็นและปริมาณคอยล์เย็นรั่วย้อนหลังแต่ละประเภท..... | 42 |
| รูปที่ 3.3 กราฟแสดงปริมาณการผลิตคอยล์เย็นและปริมาณคอยล์เย็นรั่วย้อนหลังแต่ละรุ่น..... | 43 |
| รูปที่ 3.4 กราฟแสดงปริมาณการผลิตคอยล์เย็นและปริมาณคอยล์เย็นรั่วย้อนหลังแต่ละรุ่น..... | 44 |
| รูปที่ 3.5 โครงสร้างของแผนผังเหตุและผล..... | 47 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 4.1 กราฟแสดงปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและจำนวนคอยล์เย็นรั้วของโรงงาน กรณีศึกษา เดือน ม.ค. – ก.ค. พ.ศ. 2559..... | 51 |
| รูปที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั้ว ชนิดตั้ง/แขวน ทั้งหมด 6 รุ่น เดือน ม.ค. – ก.ค. พ.ศ. 2559..... | 52 |
| รูปที่ 4.3 กราฟแสดงปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั้ว ชนิดตั้ง/แขวน รุ่น DDV 13-40 เดือน ม.ค. – ก.ค. พ.ศ. 2559..... | 54 |
| รูปที่ 4.4 ผังการไหลของกระบวนการผลิตคอยล์เย็น..... | 55 |
| รูปที่ 4.5 แสดงขั้นตอนการตัดท่อทองแดง: ก) แสดงลักษณะการตัดท่อทองแดง และ ข) แสดงลักษณะท่อทองแดงที่ตัดแล้ว..... | 56 |
| รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะเฮดเดอร์และการเชื่อมเฮดเดอร์: ก) แสดงลักษณะการเชื่อมต่อเฮดเดอร์ และ ข) แสดงลักษณะของท่อเฮดเดอร์..... | 56 |
| รูปที่ 4.7 การปั๊มแผ่นฟิน: ก) แสดงลักษณะการปั๊มแผ่นฟิน และ ข) แสดงลักษณะฟินที่ร้อยด้วยเหล็ก..... | 57 |
| รูปที่ 4.8 แสดงเครื่องตัดข้องอและลักษณะข้องอ: ก) แสดงลักษณะของเครื่องตัดข้องออัตโนมัติ และ ข) แสดงลักษณะของข้องอ (U-Bend)..... | 57 |
| รูปที่ 4.9 แสดงการร้อยท่อ: ก) แสดงลักษณะการร้อยท่อ และ ข) แสดงลักษณะฟินที่ร้อยท่อเสร็จแล้ว..... | 58 |
| รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะการอัดคอยล์และคอยล์ที่อัดเสร็จแล้ว: ก) แสดงลักษณะการอัดคอยล์ด้วยเครื่องอัด และ ข) แสดงลักษณะคอยล์ที่อัดเสร็จแล้ว..... | 58 |
| รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะการตอกเซอร์กิต..... | 59 |
| รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะการปรับไฟแก๊ส..... | 59 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 4.13 แสดงการเปิดวาล์วและการเป่าไนโตรเจน: ก) แสดงลักษณะการเปิดไนโตรเจนวาล์ว และ ข) แสดงลักษณะการเป่าไนโตรเจนไล่เขม่าควัน..... | 60 |
| รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อ..... | 60 |
| รูปที่ 4.15 แสดงลักษณะการเชื่อมเฮดเดอร์..... | 61 |
| รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะของรอยเชื่อม..... | 61 |
| รูปที่ 4.17 แสดงลักษณะการจัดเก็บคอยล์..... | 62 |
| รูปที่ 4.18 แสดงลักษณะการตรวจสอบหารอยรั่ว..... | 62 |
| รูปที่ 4.19 แสดงลักษณะการเป่าแห้งคอยล์..... | 63 |
| รูปที่ 4.20 แสดงลักษณะการพันยางเหนียวดำ..... | 63 |
| รูปที่ 4.21 แสดงลักษณะแผนผังเหตุและผล (แผนผังกังปลา)..... | 67 |
| รูปที่ 4.22 แสดงลักษณะของรถใส่คอยล์ปัจจุบัน..... | 70 |
| รูปที่ 4.23 แสดงลักษณะทิศทางการไหลของลาวตเชื่อม..... | 70 |
| รูปที่ 4.24 แสดงกลไกการไหลของลาวตเชื่อมตามแรงโน้มถ่วงของโลก..... | 71 |
| รูปที่ 4.25 ลักษณะการวางคอยล์เย็นทำมุมเอียงกับแนวระดับ..... | 73 |
| รูปที่ 4.26 แสดงลักษณะรถใส่คอยล์แบบเดิม..... | 74 |
| รูปที่ 4.27 แสดงลักษณะของรถใส่คอยล์แบบใหม่..... | 75 |
| รูปที่ 4.28 แสดงลักษณะแท่งเหล็กกันคอยล์..... | 75 |
| รูปที่ 4.29 แสดงลักษณะการวางคอยล์ 10 เครื่อง..... | 76 |
| รูปที่ 4.30 แสดงลักษณะการวางคอยล์ซ้อนกัน 2 ชั้น..... | 76 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน สภาพอากาศโดยทั่วไปจึงร้อนอบอ้าวเกือบตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีของประเทศไทยมีค่าประมาณ 27 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามอุณหภูมิจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล โดยในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิสูงสุดในตอนบ่าย ปกติจะสูงถึงเกือบ 40 องศาเซลเซียส หรือมากกว่านั้นในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม โดยเฉพาะเดือนเมษายนจะเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนจัดที่สุดในรอบปี [1]

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้ประเทศไทยจำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศในปริมาณที่สูงมาก โดยทั้งประเทศมีปริมาณการใช้เครื่องปรับอากาศดังแสดงในตารางที่ 1.1 ซึ่งเป็นการสำรวจการใช้พลังงานของครัวเรือนโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ และตารางที่ 1.2 แสดงสถิติการผลิตเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ตารางที่ 1.1 ร้อยละของครัวเรือน ที่รายงานการเป็นเจ้าของเครื่องปรับอากาศ

| ปีที่สำรวจ | ทั่วราชอาณาจักร | กทม. และ 3 จังหวัด | กลาง | เหนือ | ตะวันออกเฉียงเหนือ | ใต้ |
|------------|-----------------|--------------------|------|-------|--------------------|------|
| พ.ศ. 2553 | 15.6 | 37.4 | 17.1 | 12.6 | 7.9 | 11.6 |
| พ.ศ. 2554 | 16.2 | 38.6 | 17.6 | 13.2 | 8.7 | 12.2 |
| พ.ศ. 2556 | 18.4 | 44.5 | 21.3 | 14.9 | 8.5 | 14.5 |
| พ.ศ. 2557 | 22.5 | 43.4 | 25.4 | 17.2 | 11.4 | 14.7 |
| พ.ศ. 2558 | 23.8 | 44.3 | 26.6 | 18.5 | 11.2 | 17.3 |

ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ [2]

ตารางที่ 1.2 สถิติการผลิตเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

| ปีที่สำรวจ | จำนวนเครื่อง |
|------------|--------------|
| พ.ศ. 2554 | 7,613,577 |
| พ.ศ. 2555 | 8,588,607 |
| พ.ศ. 2556 | 9,720,266 |
| พ.ศ. 2557 | 9,858,221 |
| พ.ศ. 2558 | 9,686,129 |

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (สคอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม [3]

จากปริมาณการใช้เครื่องปรับอากาศและปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศจะเห็นว่ามียัตราที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องควบคุมและปรับปรุงกระบวนการผลิตเครื่องปรับอากาศเพื่อลดอัตราการเกิดของเสียในการผลิตและลดการสูญเสียเวลาในการผลิต ในปฏิญญาพันธันี้จึงได้ทำการศึกษา มุ่งเน้นไปยังขั้นตอนการผลิตคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศชนิดตั้ง/แขวน (Floor & Ceiling Type) ด้วยการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานในขั้นตอนการเชื่อมคอยล์เย็นเพื่อลดการเกิดของเสียในการผลิตและลดการสูญเสียเวลาในกระบวนการผลิตคอยล์เย็น ซึ่งคอยล์เย็นเป็นส่วนที่มีน้ำยาเครื่องปรับอากาศไหลเวียนอยู่ภายในท่อเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนและส่งผ่านอากาศเย็นออกมา ในกระบวนการผลิตคอยล์เย็นของเสียที่เกิดขึ้นมักเกิดจากขั้นตอนการเชื่อมที่ทำให้เกิดรอยรั่ว ทำให้ต้องสูญเสียเวลาในการผลิตเพราะต้องนำคอยล์เย็นไปทำการเชื่อมเพื่ออุดรูรั่ว ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าควรมีการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานในขั้นตอนการเชื่อมคอยล์เย็นเพื่อลดการเกิดของเสียในการผลิตและลดการสูญเสียเวลาในกระบวนการผลิตคอยล์เย็นจึงได้จัดทำปฏิญญาพันธันี้ขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการรั่วของคอยล์เย็นจากขั้นตอนการเชื่อม

1.2.2 เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาคอยล์เย็นรั่วด้วยการเพิ่มคุณภาพรอยเชื่อมของคอยล์เย็น

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการทำงานของขั้นตอนเชื่อมในกระบวนการผลิตคอยล์เย็น ชนิดตั้ง/แขวน รุ่น DDV 25 ของโรงงานกรณีศึกษา โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะใช้ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 และใช้โปรแกรม SolidWorks 2015 ในการออกแบบอุปกรณ์ในการทำงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ลดรอยร้าวจากขั้นตอนการเชื่อมคอยล์เย็นในกระบวนการผลิตคอยล์เย็นของโรงงานกรณีศึกษา ด้วยการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการทำงานของขั้นตอนการเชื่อมคอยล์เย็น รุ่น DDV 25 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาคอยล์เย็นร้าวรุ่นอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต

ตารางที่ 1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

| ขั้นตอนการดำเนินงาน | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. |
|---|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| 1. เก็บข้อมูลปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นร้วย้อนหลัง | ↔ | | | | | | | | |
| 2. ศึกษากระบวนการผลิตคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ | | ↔ | ↔ | | | | | | |
| 3. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาคอยล์เย็นร้วจากขั้นตอนการผลิต | | | | ↔ | ↔ | | | | |
| 4. เสนอแนวทางเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา | | | | | | ↔ | ↔ | | |
| 5. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ | | | | | | | | ↔ | ↔ |
| 6. จัดทำปริญญานิพนธ์ | | | | | | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ |

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาปริญยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลและแนวทางในการวิจัย โดยนำมาสรุปและเสนอเป็นลำดับดังนี้

- 2.1 ประเภทของเครื่องปรับอากาศ
- 2.2 โครงสร้างของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
- 2.3 หลักการเชื่อมแก๊ส
- 2.4 การเชื่อมโลหะด้วยแก๊สอะเซทิลีนกับแก๊สแอลพีจี
- 2.5 หลักในการออกแบบผลิตภัณฑ์
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของเครื่องปรับอากาศ

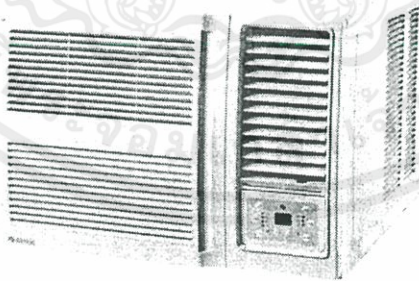
เครื่องปรับอากาศ หรือเรียกเป็นภาษาพูดว่า แอร์ (อังกฤษ: Air Conditioner, Aircon) คือ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับปรับอุณหภูมิของอากาศในเคหสถาน เพื่อให้มนุษย์ได้อาศัยอยู่ในที่ที่ไม่ร้อนหรือไม่เย็นจนเกินไป หรือใช้รักษาภาวะอากาศให้คงที่เพื่อจุดประสงค์อื่น เคหสถานในเขตศูนย์สูตรหรือเขตร้อนชื้นมักมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิให้เย็นลง ตรงข้ามกับในเขตอบอุ่นหรือเขตขั้วโลกใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น (อาจเรียกว่า เครื่องทำความร้อน) เครื่องปรับอากาศมีทั้งแบบตั้งพื้น ติดผนัง และแขวนเพดาน ทำงานด้วยหลักการการถ่ายเทความร้อน กล่าวคือ เมื่อความร้อนถ่ายเทออกไปข้างนอก อากาศภายในห้องจะมีอุณหภูมิลดลง เป็นต้น และเครื่องปรับอากาศอาจมีความสามารถในการลดความชื้นหรือการฟอกอากาศให้บริสุทธิ์ด้วย ประเภทของเครื่องปรับอากาศภายในบ้านเรือนโดยแบ่งตามลักษณะตำแหน่งของ คอยล์เย็น (ตัวพัดลมที่เป่าความร้อนออกไปภายนอก) จะแบ่งได้ 2 ประเภทหลัก และ 7 ประเภทย่อยดังนี้ [4]

2.1.1 เครื่องปรับอากาศแบบขึ้นเดี่ยว

เครื่องปรับอากาศแบบขึ้นเดี่ยว คือ เครื่องปรับอากาศที่มีอุปกรณ์ระเหยหรือคอยล์เย็น (Evaporator or Fan Coil Unit) อยู่เป็นขึ้นเดียวกับอุปกรณ์ควบแน่นหรือคอยล์ร้อน (Condenser or Condensing Unit) ภายในโครงเครื่องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศชนิดนี้สามารถทำงานได้เสริ้จสรรพ ในตัวเองบริเวณพื้นที่ที่จำกัด ข้อดีคือขนาดกะทัดรัด ติดตั้งง่ายเพราะไม่ต้องเดินท่อน้ำยาเครื่องปรับอากาศ สะดวกในการใช้งาน และสามารถตรวจสอบแก้ไขการทำงานได้ง่าย เพราะชิ้นส่วนต่าง ๆ ถูกครอบไว้อยู่ ภายใต้โครงสร้างเดียวกัน ข้อเสียคือเสียงค่อนข้างดัง ซึ่งเครื่องปรับอากาศแบบขึ้นเดี่ยวแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

2.1.1.1 เครื่องปรับอากาศชนิดติดหน้าต่าง (Window Type Units) [5]

เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างเป็นเครื่องที่เคยนิยมใช้กันมากตามบ้านพักอาศัย ในปัจจุบันก็ยังมีใช้กันอยู่เพราะง่ายต่อการติดตั้งและซ่อมบำรุง ภายในตัวเครื่องประกอบด้วยวงจรทำความเย็น และวงจรหมุนเวียนอากาศสมบูรณ์ในตัว โดยมีผนังกันระหว่างส่วนที่หมุนเวียนของอากาศภายในห้อง ทางด้านคอยล์เย็น และส่วนที่ระบายความร้อนออกภายนอกห้องทางด้านคอยล์ร้อนขนาดของ เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างนี้มีขนาดเล็ก ตั้งแต่ 6,000 บีทียู/ชั่วโมง (1,666 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง) ขึ้นไป จนถึงขนาด 36,000 บีทียู/ชั่วโมง (10,000 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง)



รูปที่ 2.1 เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง [6]

2.1.1.2 เครื่องปรับอากาศชนิดเคลื่อนที่ (Movable Type) [7]

เป็นเครื่องปรับอากาศที่ไม่ต้องทำการติดตั้ง และสามารถเคลื่อนไปใช้ได้ทุกพื้นที่ ข้อดีคือขนาดกะทัดรัด ไม่ต้องติดตั้ง สามารถเคลื่อนไปใช้ได้ทุกพื้นที่ ทั้งในห้อง และกลางแจ้ง ข้อเสียคือ ใช้ได้กับห้องที่มีขนาดใหญ่ไม่มาก ประสิทธิภาพการทำความเย็นต่ำกว่า เนื่องจากเป็นระบบเปิดเมื่อนำไปใช้กลางแจ้ง



รูปที่ 2.2 เครื่องปรับอากาศแบบเคลื่อนที่ [8]

2.1.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

เป็นเครื่องปรับอากาศที่พบเห็นได้ทั่วไปและนิยมมากที่สุด เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน คือ เครื่องปรับอากาศที่คอยล์เย็นถูกติดตั้งอยู่ในตัวอาคาร และคอยล์ร้อนถูกติดตั้งอยู่นอกอาคาร ทำให้มีข้อดีคือเงียบ และมีรูปแบบให้เลือกค่อนข้างมาก ข้อเสียคือ การติดตั้งที่ค่อนข้างเสียเวลาเพราะต้องมีการเดินท่อน้ำยาเครื่องปรับอากาศ ซึ่งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภทย่อยดังนี้

2.1.2.1 เครื่องปรับอากาศชนิดติดผนัง (Wall Type) [7]

เป็นเครื่องปรับอากาศที่มีรูปแบบเล็กกะทัดรัด เหมาะสำหรับห้องที่มีพื้นที่น้อย เช่น ห้องนอน ห้องรับแขกขนาดเล็ก นิยมขนาด 9,000-25,000 บีทียู/ชั่วโมง ข้อดีคือรูปแบบทันสมัย และมีให้เลือกหลากหลาย เงียบ และติดตั้งง่าย ข้อเสียคือไม่เหมาะกับงานหนัก เนื่องจากคอยล์เย็นมีขนาดเล็กส่งผลให้คอยล์สกปรก และอุดตันง่ายกว่าคอยล์ที่มีขนาดใหญ่กว่า



รูปที่ 2.3 เครื่องปรับอากาศชนิดติดผนัง [9]

2.1.2.2 เครื่องปรับอากาศชนิดตั้ง/แขวน (Floor & Ceiling Type) [7]

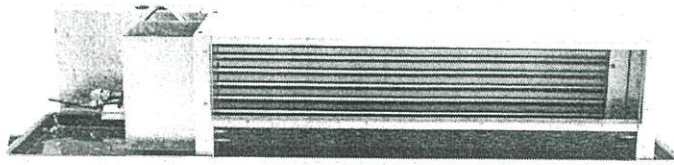
เป็นเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับห้องที่มีพื้นที่ตั้งแต่เล็ก เช่น ห้องนอน ไปจนถึงห้องที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น สำนักงาน ร้านอาหาร ห้องประชุม ข้อดีคือสามารถเลือกการติดตั้งได้ทั้งตั้งพื้นหรือแขวนเพดาน สามารถใช้งานได้หลากหลาย เข้าได้กับทุกสถานที่ และระบายลมได้ดี ข้อเสียคือไม่มีรูปแบบให้เลือกมากนัก



รูปที่ 2.4 เครื่องปรับอากาศชนิดตั้ง/แขวน [9]

2.1.2.3 เครื่องปรับอากาศชนิดฝังเพดาน (Concealed Type) [7]

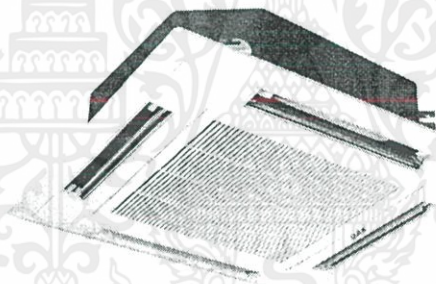
เป็นเครื่องปรับอากาศที่เน้นความสวยงามโดยการซ่อนหรือฝังอยู่ใต้ขอบของเพดานห้อง เหมาะกับห้องที่ต้องการเน้นความสวยงาม โดยที่ต้องการให้เห็นเครื่องปรับอากาศน้อยที่สุด ข้อดีคือสามารถฝังเรียบไว้ที่บริเวณขอบของบนเพดานห้อง ทำให้ห้องโปร่งโล่ง ดูกลมกลืนและสวยงาม ข้อเสียคือติดตั้งยาก เนื่องจากต้องฝังเข้าตู้หรือเพดานห้อง การดูแลรักษาทำได้ไม่ค่อยสะดวก



รูปที่ 2.5 เครื่องปรับอากาศชนิดฝังเพดาน [9]

2.1.2.4 เครื่องปรับอากาศชนิดฝังใต้ฝ้า กระจายลม 4 ทิศทาง (Cassette Type) [4]

เป็นเครื่องปรับอากาศที่เน้นความสวยงาม โดยการซ่อนหรือฝังอยู่ใต้ฝ้าหรือเพดานห้อง หูหราสวยงาม ข้อดีคือกระจายลมได้ทั้ง 4 ทิศทาง ออกแบบให้ทำงานได้ดีกว่า และเงียบกว่าเครื่องปรับอากาศประเภทอื่น ข้อเสียคือมีข้อจำกัดในการติดตั้ง เช่น ไม่สามารถติดตั้งในฝ้าบุ้มได้ มีการดูแลที่ยากและซับซ้อนกว่า



รูปที่ 2.6 เครื่องปรับอากาศชนิดฝังใต้ฝ้า กระจายลม 4 ทิศทาง [10]

2.1.2.5 เครื่องปรับอากาศชนิดตู้ตั้ง (Floor Standing Type) [4]

เป็นเครื่องปรับอากาศที่มีลักษณะคล้ายตู้ มีขนาดสูง และมีกำลังลมที่แรง เหมาะกับบริเวณที่มีคนเข้าออกอยู่ตลอดเวลา เช่น ร้านค้า ร้านอาหาร ข้อดีคือติดตั้งง่ายสามารถตั้งกับพื้นได้โดยไม่ต้องยึดผนัง ทำความเย็นได้เร็วเนื่องจากมีเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดลมใหญ่ ให้กำลังลมที่แรง การบำรุงรักษาทำได้ง่าย เพราะ ช่องบริการอยู่ทางด้านหน้าของตัวเครื่อง ข้อเสียคือเปลืองพื้นที่ใช้สอย



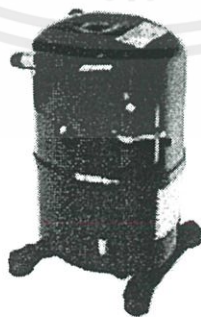
รูปที่ 2.7 เครื่องปรับอากาศชนิดตู้ตั้ง [11]

2.2 โครงสร้างของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน [12]

2.2.1 อุปกรณ์หลักของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

2.2.1.1 คอมเพรสเซอร์ (Compressor)

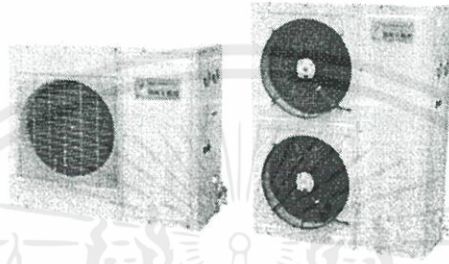
คอมเพรสเซอร์ เป็นหัวใจหลักของการทำงานในระบบอัดไอ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเพิ่มความดันของสารทำความเย็น ทำให้สารทำความเย็นสามารถไหลเวียนได้ครบวงจรของระบบอัดไอ และเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากที่สุด คือประมาณ 80% ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 2.8 คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน [13]

2.2.1.2 อุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) หรือ คอยล์ร้อน (Condensing Unit, CDU)

คอยล์ร้อน คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว โดยการใช้พัดลมดูดอากาศระบายความร้อนให้กับสารทำความเย็นในแผงคอยล์ร้อน ซึ่งอุปกรณ์นี้มีการใช้พลังงานประมาณ 10% ไปกับพัดลมระบายความร้อน



รูปที่ 2.9 อุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) หรือคอยล์ร้อน [12]

2.2.1.3 วาล์วลดความดัน (Expansion Valve)

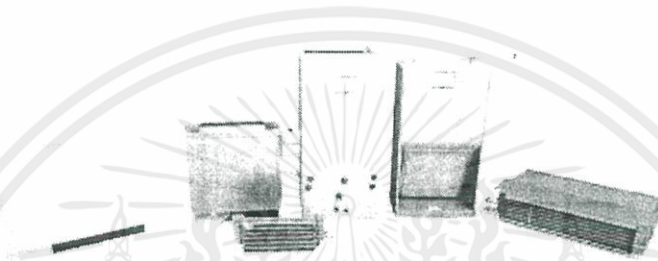
วาล์วลดความดัน เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็นหลังจากผ่านคอยล์ร้อน ซึ่งทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวความดันสูงเป็นของเหลวผสมไอ (Mixture หรือ 2-Phases) ที่มีความดันต่ำ



รูปที่ 2.10 วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) [12]

2.2.1.4 อุปกรณ์ระเหย (Evaporator) หรือ คอยล์เย็น (Fan Coil Unit, FCU)

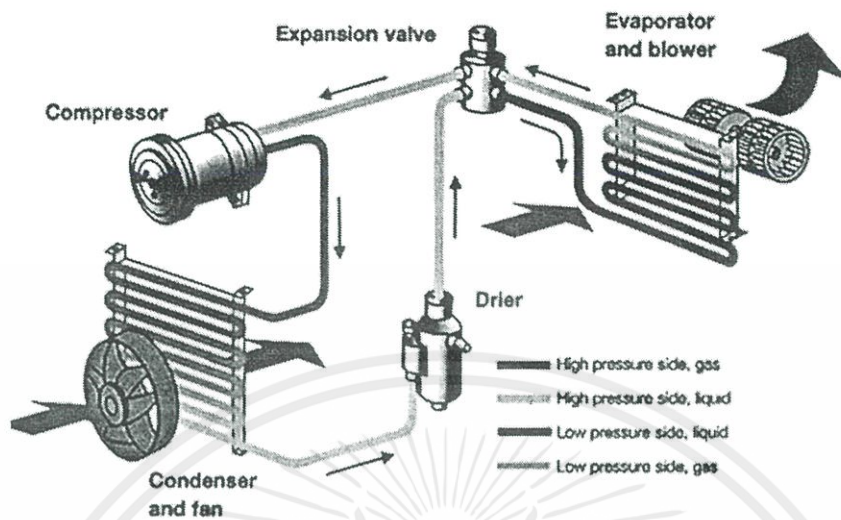
คอยล์เย็น คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวผสมไอ ให้กลายเป็นไออย่างสมบูรณ์ (ไออิ่มตัว) โดยการใช้พัดลมดูดอากาศจากภายในห้องปรับอากาศผ่านแผงคอยล์เย็น ซึ่งทำให้สารทำความเย็นรับความร้อนจากอากาศและเดือดกลายเป็นไอ ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีการใช้พลังงานประมาณ 10% ไปกับพัดลมคอยล์เย็น



รูปที่ 2.11 อุปกรณ์ระเหย (Evaporator) หรือ คอยล์เย็น (Fan Coil Unit, FCU) [12]

2.2.2 หลักการทำงาน

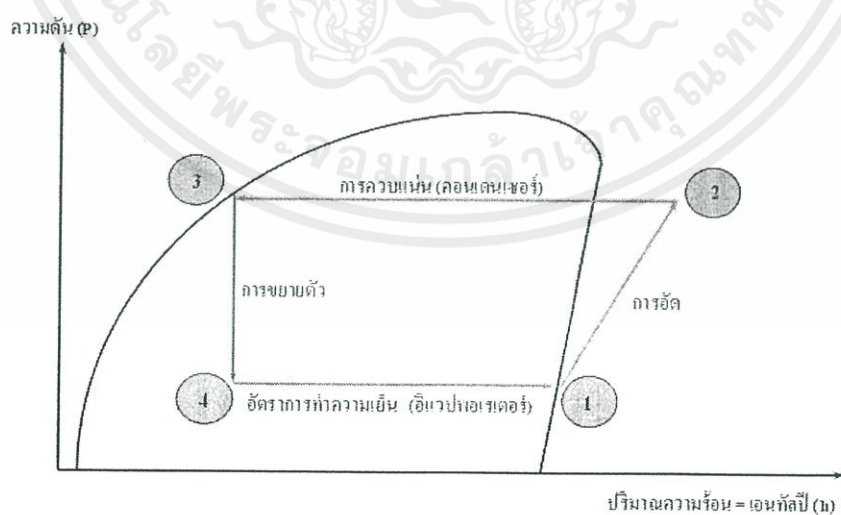
ใช้หลักการทำงานของกระบวนการอัดไอ ซึ่งมีหน้าที่หลักในการลดอุณหภูมิของอากาศในพื้นที่ โดยการใช้สารทำความเย็นหรือน้ำยาเครื่องปรับอากาศเป็นตัวกลางในการรับความร้อนจากอากาศภายในห้อง ออกไประบายทิ้งทางด้านนอกห้องปรับอากาศ ซึ่งส่งผลให้อากาศภายในห้องเย็นลง และมีความชื้นที่ลดลง โดยสามารถแสดงวัฏจักรการทำงานแบบอัดไอของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน แสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงวัฏจักรการทำงานแบบอัดไอของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน [14]

2.2.3 แผนภาพความดัน-เอนทัลปี (P-h Diagram)

เมื่อได้ทราบถึงอุปกรณ์หลักที่มีในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแล้วนั้น ในลำดับถัดไปจะกล่าวถึงหลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบอัดไอ โดยสามารถอธิบายร่วมกับ รูปที่ 2.13 แผนภาพความดัน-เอนทัลปี (P-h Diagram) ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.13 แผนภาพความดัน-เอนทัลปี (P-h Diagram) [12]

จากแผนภาพ จะเห็นได้ว่ากระบวนการทำงานในระบบอัดไอนั้นมีอยู่ทั้งสิ้น 4 กระบวนการ ซึ่งสามารถอธิบายถึงรายละเอียดของแต่ละกระบวนการในแผนภาพได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 กระบวนการทำงานในระบบอัดไอของเครื่องปรับอากาศ

| | |
|--------------------------|--|
| กระบวนการอัดเพิ่มความดัน | จุดที่ 1 สารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์เย็นในสถานะไออิ่มตัว ถูกดูดกลับเข้าไปยังคอมเพรสเซอร์เพื่ออัดสารทำความเย็นให้มีความดันสูงขึ้นตามเส้น 1-2 |
| กระบวนการควบแน่น | สารทำความเย็น จุดที่ 2 ถูกส่งเข้าไปยังแผงคอยล์ร้อนเพื่อผ่านกระบวนการควบแน่น โดยพัดลมคอยล์ร้อนจะดึงอากาศในบริเวณด้านหลังแผงคอยล์ร้อน เข้ามาผ่านแผงคอยล์ร้อน เพื่อลดอุณหภูมิ และเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็น จากไอร้อนยิ่งยวด จุดที่ 2 เป็นของเหลวอิ่มตัว จุด 3 ซึ่งภาวะความร้อนภายในห้องปรับอากาศจะถูกนำมาระบายทิ้งในกระบวนการนี้ |
| กระบวนการลดความดัน | จากนั้นสารทำความเย็น จุดที่ 3 จะถูกส่งผ่านเข้าไปยังวาล์วลดความดันเพื่อทำให้มีอุณหภูมิลดลงตามเส้น 3-4 ซึ่งสารทำความเย็น จุดที่ 3 นี้ อยู่ในสถานะของผสม คือเป็นของเหลวผสมไอ และกระบวนการนี้ไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่อย่างใด |
| กระบวนการระเหย | กระบวนการนี้เกิดขึ้นในแผงคอยล์เย็น โดยสารทำความเย็นในสถานะของผสม จุดที่ 3 จะถูกส่งเข้าไปยังแผงคอยล์เย็นเพื่อรับภาวะความร้อนจากอากาศภายในห้อง และเปลี่ยนสถานะจากของผสมกลายเป็นไออิ่มตัว ก่อนที่จะถูกดูดกลับเข้าไปยังคอมเพรสเซอร์ และเข้าสู่กระบวนการอัดเพื่อเพิ่มความดันอีกครั้ง |

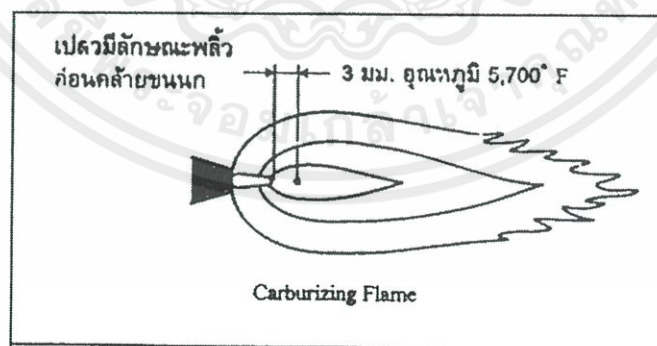
ที่มา : www.ienergyguru.com [12]

2.3 หลักการเชื่อมแก๊ส

2.3.1 ความหมายของการเชื่อมแก๊ส [15]

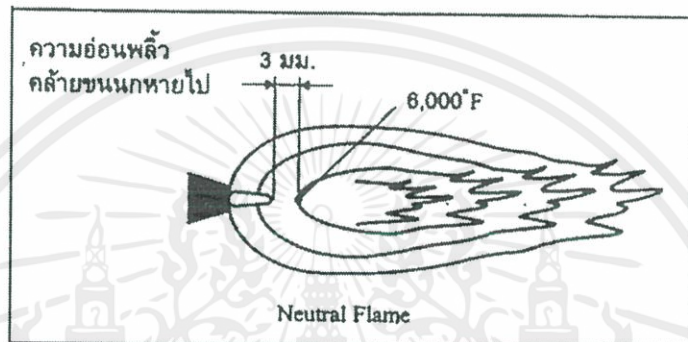
การเชื่อมแก๊ส หมายถึง เป็นกระบวนการเชื่อมแบบหลอมละลายชนิดหนึ่ง โดยอาศัยความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของแก๊สเชื้อเพลิงและออกซิเจน ทำให้โลหะงานหลอมละลายติดกัน ในการหลอมละลายติดกันของโลหะนั้นจะเติมโลหะหรือให้โลหะหลอมละลายติดกันเองได้ แก๊สเชื้อเพลิงที่สามารถใช้ในกระบวนการเชื่อมแก๊สนั้นมีหลายชนิด เช่น แก๊สอะเซทิลีน แก๊สไนโตรเจน และแก๊สแอลพีจี เป็นต้น แก๊สอะเซทิลีน นิยมนำมาใช้งานเพราะทำให้ปริมาณความร้อนสูง ในการผสมระหว่างออกซิเจนกับแก๊สอะเซทิลีนในอัตราส่วนต่าง ๆ จะได้ชนิดของเปลวไฟเชื่อมแก๊ส มี 3 ชนิด และเปลวไฟทั้ง 3 ชนิดนี้จะให้ความร้อนต่างกันคือ

1. เปลวคาร์บูไรซิง (Carburizing Flame) เป็นเปลวที่ได้จากการจุดระเบิดของแก๊สออกซิเจนและแก๊สอะเซทิลีนผสมกัน โดยมีปริมาณของแก๊สอะเซทิลีนมากกว่าแก๊สออกซิเจน เปลวชั้นนอกมีลักษณะเป็นเปลวยาวมีสีส้มล้อมรอบเปลวชั้นใน ซึ่งมีความยาวครึ่งหนึ่งของเปลวชั้นนอก เปลวชั้นในจะมีลักษณะพลั่วเหมือนขนนกในระยะที่ห่างจากกรวยไฟประมาณ 3 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิ 5,700 F (2,800 °C) การเผาไหม้จะมีแก๊สอะเซทิลีนเหลืออยู่จำนวนหนึ่ง จึงเหมาะสำหรับการเชื่อมงานที่ต้องการเติมคาร์บอนที่ผิวโลหะหรือเชื่อมโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิหลอมละลายไม่สูงมากนัก เช่น อะลูมิเนียม แมกนีเซียม และใช้ในการบัดกรีแข็ง (Brazing) ดังแสดงในรูปที่ 2.14



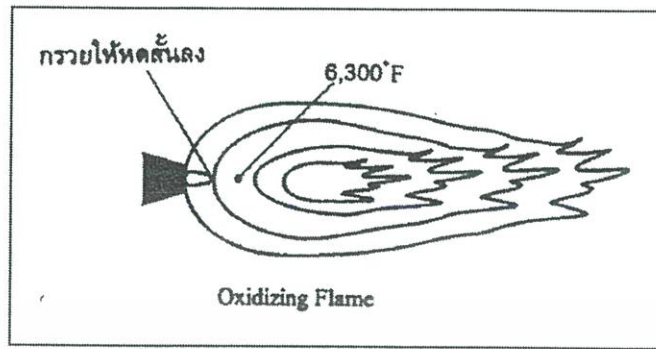
รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะของเปลวคาร์บูไรซิง [15]

2. เปลวนิวทรัล (Neutral Flame) เป็นเปลวไฟที่ได้มาจากการผสมกันระหว่างออกซิเจนกับอะเซทิลีนในอัตราส่วน 1:1 การเผาไหม้สมบูรณ์ ประกอบด้วยเปลวไฟ 2 ชั้น ชั้นในเป็นกรวยเปลวมนระยะห่างจากปลายกรวยประมาณ 3 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิประมาณ 6,000 F (3,150 °C) เมื่อนำไปเผาโลหะที่เป็นเหล็กจะหลอมละลายเป็นบ่อน้ำโลหะคล้ายน้ำเชื่อม เมื่อเย็นตัวลงจะได้แนวเชื่อมที่สะอาดมีความแข็งแรง เปลวไฟชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับการเชื่อมและตัดโลหะได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะของเปลวนิวทรัล [15]

3. เปลวออกซิไดซิ่ง (Oxidizing Flame) เป็นเปลวไฟที่ได้มาจากการผสมระหว่างก๊าซออกซิเจนกับก๊าซอะเซทิลีน โดยปรับให้ออกซิเจนมากกว่าอะเซทิลีน ลักษณะเปลวมีสองชั้น เปลวชั้นในเป็นรูปเปลวแหลมหดสั้นเปลวนี้มีอุณหภูมิสูงกว่าเปลวอีก 2 ชนิดที่กล่าวมาคือ มีอุณหภูมิสูงถึง 6,300 F (3,480 °C) เมื่อทำการเชื่อมจะเกิดประกายไฟหรือสะเก็ดไฟกระเด็นออกมาจากบ่อหลอมละลายอย่างมาก บ่อหลอมละลายมีฟองอากาศไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในงานเชื่อมเหล็ก เพราะการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะมีออกซิเจนหลงเหลืออยู่ และออกซิเจนจะเติมลงในเนื้อเหล็ก ทำให้แนวเชื่อมเปราะ ความแข็งแรงต่ำ แต่นิยมนำไปใช้ในการตัดโลหะแผ่นบาง ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะของเปลวออกซิไดซิง [15]

2.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมก๊าซ [16]

2.3.2.1 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายขณะทำงาน

1. แว่นตาเชื่อมก๊าซ (Gas Goggles) เป็นอุปกรณ์สำหรับป้องกันอันตรายจากแสงที่เกิดจากเปลวไฟขณะเชื่อม ใช้สำหรับมองลงไปในห้องลอมละลาย เพื่อให้เห็นทิศทางการไหลของน้ำโลหะในการเชื่อม และสังเกตการณ์หลอมละลายของโลหะ สามารถมองเห็นการเชื่อมอย่างชัดเจนด้วยกระจกกรองแสงที่มีความเข้มเพียงพอในการกรองแสง กระจกกรองแสงที่เหมาะสมในการเชื่อมก๊าซควรใช้เบอร์ 4 – 6 เพราะหากใช้เบอร์ที่มีความเข้มมาก เช่น ใช้เบอร์ 10 ก็เข้มเกินไปจนมองไม่เห็นแนวเชื่อมขณะเชื่อม
2. ถุงมือหนัง (Gloves) เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดในขณะทำงาน จึงได้มีอุปกรณ์ประเภทถุงมือหนัง เพื่อป้องกันความร้อนจากเปลวไฟขณะเชื่อมชิ้นงาน
3. ชุดเอี๊ยมหนัง (Apron) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ช่วยป้องกันความร้อนและเปลวไฟจากการทำงาน ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงทนและมีความยืดหยุ่นสูง และตัดเย็บด้วยกรรมวิธีที่ได้มาตรฐาน สายรัดสามารถปลดและปรับเลื่อนได้อย่างรวดเร็ว ง่ายต่อการสวมใส่ในการทำงาน ผลิตภัณฑ์เอี๊ยมหนังเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการความสะดวกสบายและความปลอดภัย สำหรับการทำงานเชื่อมในพื้นที่ที่มีสภาพอากาศร้อนสูง
4. ปกอกแขน (Leather Armband) เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดในขณะทำงาน จึงได้มีอุปกรณ์ประเภทปกอกแขนหนัง รวมถึงเอี๊ยมหนัง และอื่น ๆ เพื่อป้องกันอันตรายจากการทำงาน

2.3.2.2 อุปกรณ์ในการเชื่อมก๊าซ

1. ท่อก๊าซออกซิเจน (Oxygen Cylinder) ท่อก๊าซออกซิเจนมีลักษณะเป็นทรงกระบอกขึ้นเดียวกันตลอด ส่วนมากทำมาจากเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่มากและหนาไม่น้อยกว่า 9 มิลลิเมตร ที่นิยมใช้จะมีขนาด 9 x 54 นิ้ว หนัก 63.50 กิโลกรัม สามารถบรรจุก๊าซออกซิเจนได้ 220 ลูกบาศก์ฟุต วาล์วที่อยู่ตอนบนสุดของท่อก๊าซนั้นออกแบบเป็นพิเศษสำหรับเปิด - ปิด ป้องกันไม่ให้ก๊าซรั่ว วาล์วนี้บางที่เรียกว่า Back Seating จะต้องปิดให้แน่นเมื่อทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก๊าซออกซิเจนบริสุทธิ์ตามปกติแล้วบรรจุเข้าไปในท่อได้ความดัน 2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 140 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามปกติท่อก๊าซออกซิเจนจะทาดด้วยสีเขียวหรือสีดำ เป็นสัญลักษณ์

2. ท่อก๊าซอะเซทิลีน (Acetylene Cylinder) ท่อก๊าซออกซิเจนจะมีหลายขนาด เช่น 10 x 30 นิ้ว , 12 x 36 นิ้ว, 12 x 44 นิ้ว ท่อก๊าซอะเซทิลีนจะบรรจุก๊าซด้วยความดันที่ต่ำกว่าก๊าซออกซิเจน ตัวท่อจึงต้องสร้างขึ้นจากเหล็กแผ่นที่ม้วนตัวและเชื่อมประกอบกันเป็นตัวถัง ภายในถังก๊าซอะเซทิลีนจะบรรจุสารอะซีโตน (Acetone) ไว้ในถังเพื่อใช้ในการดูดซึมก๊าซอะเซทิลีนเพื่อรักษาเสถียรภาพของถัง สารอะซีโตนสามารถดูดซึมก๊าซอะเซทิลีนได้ถึง 24 เท่าของน้ำหนักตัวมันเอง

3. วาล์วท่อก๊าซออกซิเจน (Oxygen Cylinder Valve) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ส่วนบนสุดของท่อก๊าซออกซิเจนใช้สำหรับ เปิด - ปิด บังคับก๊าซออกซิเจนที่บรรจุภายในท่อออกไปใช้งาน หรือปิดใช้งาน

4. วาล์วท่อก๊าซอะเซทิลีน (Acetylene Cylinder Valve) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ส่วนบนสุดของท่อก๊าซอะเซทิลีนใช้สำหรับ เปิด - ปิด บังคับก๊าซอะเซทิลีนที่บรรจุภายในท่อออกไปใช้งาน หรือปิดใช้งาน

5. มาตรวัดวัดความดันก๊าซออกซิเจน (Oxygen Pressure Gauge) มาตรวัดความดันของก๊าซออกซิเจนจะมี 2 อัน คือ มาตรวัดความดันก๊าซที่อยู่ภายในท่อ (High Pressure Gauge) ซึ่งจะวัดความดันภายในท่อได้ตั้งแต่ 0 - 3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และมาตรวัดความดันออกไปใช้งาน (Low Pressure Gauge) จะวัดการปล่อยความดันออกไปใช้งานตั้งแต่ 0 - 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

6. มาตรวัดความดันก๊าซอะเซทิลีน (Acetylene Pressure Gauge) มาตรวัดความดันของก๊าซอะเซทิลีนจะมี 2 อัน คือ มาตรวัดความดันก๊าซที่อยู่ภายในท่อ (High Pressure Gauge) ซึ่งจะวัดความดันภายในท่อได้ตั้งแต่ 0 - 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และมาตรวัดความดันออกไปใช้งาน (Low Pressure Gauge) จะวัดการปล่อยความดันออกไปใช้งานตั้งแต่ 0 - 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

7. ด้ามจับมือถือเชื่อม (Torch) ด้ามจับมือถือเชื่อมก๊าซประกอบไปด้วย ด้ามจับถือเชื่อม (Body) และห้องผสมก๊าซออกซิเจนกับก๊าซอะเซทิลีน (Mixing Chamber) โดยมีวาล์วควบคุมการปิด - เปิดก๊าซ (Valves) หัวเชื่อมแก๊ส (Tip) และรูหัวแก๊ส (Nozzle)

8. หัวทิพ (Tip) เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบเข้ากับด้ามจับมือถือเชื่อม ทำหน้าที่ให้ก๊าซที่ผ่านการผสมตามอัตราส่วนของก๊าซเพื่อให้ได้เปลวไฟตามที่ต้องการ

9. สายเชื่อมก๊าซ (Gas Hose) เป็นท่อที่ยืดหยุ่นที่นำก๊าซออกจากมาตรวัดความดันไปยังด้ามจับมือถือเชื่อม ปกติจะเป็นสายคู่ สายก๊าซออกซิเจนจะมีสีเขียว หรือสีดำ สายก๊าซอะเซทิลีนจะมีสีแดง หรือสีเหลือง ทำมาจากยางสานด้วยใยผ้าชั้นดีจำนวน 3 ชั้น เพื่อให้ทนต่อความดันสูง ๆ

10. ฝาครอบหัวท่อก๊าซ (Cylinder Valve Cap) ใช้สำหรับครอบป้องกันวาล์วที่หัวท่อบรรจุก๊าซหักชำรุดขณะเคลื่อนย้าย

11. อุปกรณ์จุดก๊าซ (Spark Lighter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจุดเปลวไฟที่ปลายหัวเชื่อม หรือหัวตัดโลหะโดยเฉพาะ

12. ชุดทำความสะอาดหัวทิพ (Tip Cleaner) ใช้สำหรับทำความสะอาดหัวเชื่อมเมื่อมีสิ่งสกปรกอุดตันรูทางเดินของก๊าซ

13. ลวดเชื่อมแก๊ส (Filler Rod) ใช้สำหรับเติมเนื้อโลหะลวดเชื่อมลงไปในพื้นที่หลอมละลายเพื่อเสริมเพิ่มความแข็งแรงของรอยแนวเชื่อม

14. อุปกรณ์ป้องกันไฟย้อนกลับ (Gas Saver) ในการเชื่อมก๊าซนั้น อุปกรณ์ทุกอย่างต้องมีความปลอดภัยเป็นพิเศษต้องมีการตรวจสอบอุปกรณ์ในการใช้งานอยู่เสมอ เนื่องจากก๊าซที่ใช้ในการเชื่อมมีความไวในการลุกติดไฟได้ง่ายและอยู่ในสถานะที่มีความดันสูง ดังนั้นขณะทำการเชื่อมจึงมีโอกาสที่ก๊าซจะติดไฟและลุกติดย้อนกลับไปตามสายยางเชื่อม ถ้าไม่มีการป้องกันไฟย้อนกลับในช่วงนี้ ไฟอาจจะลุกติดไปถึงถังและเข้าไปในถัง ทำให้ถังก๊าซระเบิดได้

2.3.3 ชนิดของก๊าซเชื้อเพลิง

2.3.3.1 ก๊าซออกซิเจน [15]

ออกซิเจนเป็นก๊าซชนิดหนึ่งมีสัญลักษณ์ทางเคมีว่า O_2 เป็นแก๊สที่มีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ เป็นก๊าซที่ช่วยให้ไฟติดแต่ไม่ติดไฟ ช่วยให้ก๊าซเชื้อเพลิงติดไฟ และเมื่อมีส่วนผสมที่สมบูรณ์แล้ว จะทำให้เกิดความร้อนสูงสุดสามารถทำให้โลหะหลอมละลายได้ อากาศที่เราใช้

หายใจในทุกวันนี้มีออกซิเจนผสมอยู่ประมาณ 21% โดยปริมาตร มีไนโตรเจนประมาณ 78% อีก 1% นั้นเป็นธาตุคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนและอื่น ๆ แต่ก๊าซไนโตรเจนเป็นก๊าซที่ไม่ช่วย ในการเผาไหม้ ก๊าซออกซิเจนที่รวมตัวกับก๊าซเชื้อเพลิงและให้ความร้อนสูงนั้นต้องเป็นออกซิเจนบริสุทธิ์

คุณสมบัติของก๊าซออกซิเจน

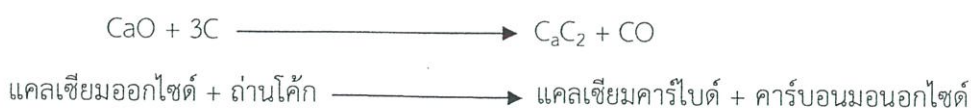
1. ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ในสภาพเป็นก๊าซ แต่ในสภาพของเหลวจะมีสีน้ำทะเลอ่อน
2. เป็นได้ทั้ง 3 สถานะ คือ ก๊าซ ของเหลว และของแข็ง
3. มีอยู่ประมาณ 21% โดยปริมาตรในบรรยากาศ
4. มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิ -183 องศาเซลเซียส และกลายเป็นของแข็งที่อุณหภูมิ -218 องศาเซลเซียส

2.3.3.2 ก๊าซอะเซทิลีน [15]

ก๊าซอะเซทิลีนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน มีลักษณะทางเคมีคือ C_2H_2 เป็นก๊าซติดไฟ เมื่อเผาไหม้รวมตัวกับออกซิเจนแล้วให้เปลวไฟที่มีความร้อนสูงการผลิตก๊าซอะเซทิลีน ทำได้โดยการนำแคลเซียมคาร์ไบด์รวมกับน้ำทำให้เกิดปฏิกิริยาขึ้น โดยคาร์บอนที่อยู่ในแคลเซียมคาร์ไบด์กับไฮโดรเจนที่อยู่ในน้ำ จะรวมตัวกันเป็นก๊าซอะเซทิลีน (C_2H_2) ดังสมการเคมี



ส่วนแคลเซียมคาร์ไบด์ผลิตได้จากการนำหินปูน (Calcium Oxide) ไปเผาพร้อมกับถ่านโค้ก (Coke) ในเตาไฟฟ้า (Electric Arc Furnaces) เมื่อหลอมละลายและเย็นตัวลงเป็นก้อนแข็ง ซึ่งก้อนแข็งคล้ายหินสีเทาที่เห็นอยู่นั้นคือ แคลเซียมคาร์ไบด์ นั่นเอง ดังสมการเคมีนี้



การเก็บรักษาก่อนแคลเซียมคาร์ไบด์นั้น ต้องเก็บรักษาไว้ในที่มืดชิดไม่ให้อากาศหรือความชื้นเข้า
ทำปฏิกิริยากับก่อนแคลเซียมคาร์ไบด์จะระเหยเป็นก๊าซลอยไปในอากาศได้

คุณสมบัติของก๊าซอะเซทิลีน

1. ติดไฟได้ และเมื่อตัวกับออกซิเจนในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วจะติดเปลวไฟที่มีความร้อนสูง
ประมาณ 5,500 – 6,000 F⁰
2. เบากว่าอากาศ
3. ไม่มีสี
4. มีกลิ่นรุนแรงคล้ายกลิ่นกระเทียม
5. สามารถละลายในของเหลวได้
6. ไม่สามารถควบคุมได้เมื่อมีความดันเกิน 30 ปอนด์/ตารางนิ้ว (30 Psi หรือเท่ากับ 2.1
kg/cm²) หรือที่อุณหภูมิที่สูงกว่า 1,435 °F (780 °C) และถ้าความดันหรืออุณหภูมิสูงถึงจุดวิกฤตก็จะ
ระเบิดได้
7. เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 92.3% และไฮโดรเจน 7.7% โดย
น้ำหนัก

2.3.3.4 แก๊สไนโตรเจน [17]

ไนโตรเจนมีคุณสมบัติเป็นก๊าซเฉื่อย ไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา จึงนิยมใช้เป็นแก๊สปกคลุม
ป้องกัน การทำปฏิกิริยากับอากาศของสารเคมีหรือชิ้นงานต่าง ๆ และยังนิยมใช้ป้องกันสิ่งสกปรก
ความชื้นในอากาศ และไนโตรเจนยังมีจุดเดือดต่ำ ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในด้านการตรวจสอบการไหล
ใช้กับระบบไฮดรอลิก เต็มลมยางเครื่องบิน และยังใช้ในการถ่ายเทก๊าซไวไฟชนิดเหลวอีกด้วย

คุณสมบัติของก๊าซไนโตรเจน

1. ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส
2. เป็นส่วนประกอบในอากาศถึง 78%
3. ไม่ติดไฟและมีน้ำหนักเบากว่าอากาศในสถานะที่เป็นก๊าซ

2.3.3.5 แก๊สแอลพีจี [18]

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีองค์ประกอบของก๊าซโพรเพน (Propane) เป็นส่วนใหญ่ จึงเป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศ โดยตัว LPG เองไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เช่นเดียวกับก๊าซธรรมชาติ แต่เนื่องจากเป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศจึงมีการสะสมและลุกไหม้ได้ง่าย ดังนั้นจึงมีข้อกำหนดให้เติมสารมีกลิ่น เพื่อเป็นการเตือนภัยหากเกิดการรั่วไหล LPG ส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและกิจการอุตสาหกรรม โดยบรรจุเป็นของเหลวใส่ถังที่ทนความดันเพื่อให้ขนถ่ายง่าย นอกจากนี้ยังนิยมใช้แทนน้ำมันเบนซินในรถยนต์เนื่องจากราคาถูกกว่าและมีค่าออกเทนสูงถึง 105 RON

คุณสมบัติของก๊าซแอลพีจี

1. สี ก๊าซ LPG จะไม่มีสี เมื่อก๊าซเกิดการรั่วจากถังเราจึงไม่สามารถที่จะมองเห็นก๊าซที่รั่วออกมาได้นอกจากก๊าซจะรั่วออกมามาก เราจึงจะเห็นเป็นละอองขาว ซึ่งละอองขาวนี้คือไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศทำการกลั่นตัวเป็นละอองเมื่อได้รับความเย็นจัดจากการระเหยตัวของก๊าซ เป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่น เนื่องจากก๊าซที่ผลิตได้นี้ไม่มีกลิ่นจึงจำเป็นต้องใส่สารที่มีกลิ่นลงลงไปเพื่อเป็นการเตือนเมื่อเกิดก๊าซรั่ว สารที่เติมในส่วนมากจะใช้เอทิลเมอร์แคปเทนหรือ Thiophane

2. น้ำหนัก เป็นก๊าซที่เบากว่าน้ำและหนักกว่าอากาศ เมื่อก๊าซอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลว ก๊าซจะมีน้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำ ดังนั้นก๊าซเหลวจะลอยเหนือน้ำ หากก๊าซรั่วลงในคูน้า ท่อน้ำ หรือแม่น้ำ มันจะลอยไปติดไฟ ณ จุดที่ห่างออกไปแล้วลุกลามมายังจุดที่แก๊สรั่วได้อย่างรวดเร็ว เมื่ออยู่ในสถานะที่เป็นไอ ก๊าซจะหนักประมาณเกือบ 2 เท่าของอากาศ ดังนั้นเมื่อก๊าซรั่ว ก๊าซจะเคลื่อนตัวไหลไปรวมตัวในที่ที่ต่ำกว่า

3. จุดเดือด จุดเดือดของก๊าซจะต่ำ มีจุดเดือดประมาณ 0 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิเฉลี่ยของภายในบ้านเกือบประมาณ 20 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อก๊าซถูกปล่อยออกจากภาชนะบรรจุก็จะเดือด โดยเปลี่ยนสถานะจากของเหลวที่ถูกกดดันอยู่จะกลายเป็นไอทันที การที่ก๊าซเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอจำเป็นต้องดึงดูความร้อนจากบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะทำให้บริเวณนั้นหรือบริเวณปลายท่อที่ปล่อยไอก๊าซออกจะมีน้ำแข็งเกาะจนทำให้ท่อเกิดการอุดตัน ซึ่งอาจมีผลทำให้ถังบรรจุระเบิดได้

4. อัตราการขยายตัว เนื่องจากก๊าซ LPG มีอัตราการขยายตัวในสถานะที่เป็นของเหลวสูง เมื่อเทียบกับน้ำ ดังนั้นในการบรรจุใส่ภาชนะ จำเป็นต้องทิ้งที่ว่างไว้ในระดับที่คงที่เพื่อการขยายตัวในกรณีที่เป็นของเหลว 1 ลิตร เกิดรั่วขึ้น ก็จะกลายเป็นก๊าซได้ประมาณ 0.25 ลูกบาศก์เมตร หากส่วนประกอบของก๊าซ LPG มีเพียงตัวเดียวความดันไอในภาชนะจะไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะมีความดันของของเหลวในถังมาก

น้อยเท่าไรก็ตามแต่โดยทั่วไป เนื่องจากก๊าซ LPG เป็นก๊าซผสม การระเหยจะเริ่มจากสารที่ระเหยได้ง่าย ดังนั้นความดันไอของก๊าซ LPG ที่เหลือจะค่อย ๆ ลดลง

5. ส่วนผสมของก๊าซกับอากาศที่ทำให้ติดไฟได้ อัตราส่วนของก๊าซในอากาศที่ทำให้ติดไฟคือ ประมาณ 1.5-9 ส่วน ในส่วนผสม 100 ส่วน จะเห็นได้ว่าหากมีอากาศน้อยหรือมากกว่าสัดส่วนดังกล่าว ก๊าซจะไม่ติดไฟ

2.3.4 ลวดเชื่อมแก๊ส [19]

โดยปกติลวดเชื่อมที่ใช้จะต้องเป็นโลหะชนิดเดียวกับชิ้นงาน ดังนั้นลวดเชื่อมที่ใช้ในโรงงาน กรณีศึกษาจึงใช้ลวดเชื่อมทองแดง ลวดเชื่อมเงิน (Copper Brazing / Silver Brazing) เป็นลวดเชื่อมที่ใช้ อุณหภูมิที่ต่ำกว่าลวดเชื่อมทั่วไปตามมาตรฐานของสมาคมช่างเชื่อมสหรัฐอเมริกา AWS (American Welding Society) A5.8 สามารถแบ่งเกรดได้ดังต่อไปนี้

2.3.4.1 ลวดเชื่อมชนิด 0%

ไม่มีส่วนผสมของเงิน เหมาะกับงานเชื่อมทองแดง ราคาประหยัด และสถานที่เชื่อมสามารถใช้ อุณหภูมิสูงได้

2.3.4.2 ลวดเชื่อมชนิด 2%

มีส่วนผสมของเงิน 2% เหมาะกับงานเชื่อมทองแดงและทองเหลือง

2.3.4.3 ลวดเชื่อมชนิด 5%

มีส่วนผสมของเงิน 5% เหมาะกับงานเชื่อมทองแดงและทองเหลือง แต่จุดเชื่อมมีความยืดหยุ่นสูงกว่า 0% และ 2% ไม่เหมาะกับการเชื่อมโลหะต่างชนิด

2.3.4.4 ลวดเชื่อมชนิดชนิด 15%

มีส่วนผสมของเงิน 15% เหมาะกับงานเชื่อมเช่นเดียวกับ 5% ในกรณีหน้าสัมผัสไม่เรียบจะช่วย รักษาอุณหภูมิของรอยต่อไม่ให้สูญเสียในรอยต่อ เหมาะกับงานแผงคอยล์เย็นที่เป็นทองแดงหรือทองเหลือง ไม่เหมาะกับการเชื่อมโลหะต่างชนิด

2.3.4.5 ลวดเชื่อมชนิด 35%

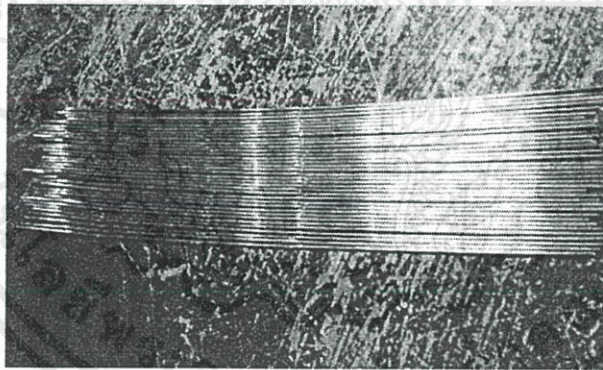
มีส่วนผสมของเงิน 35% เหมาะกับงานเชื่อมเช่นเดียวกับ 15% และสามารถเชื่อมโลหะต่างชนิดบางชนิดได้ เช่น เหล็ก กับ ทองแดง

2.3.4.6 ลวดเชื่อมชนิด 45%

มีส่วนผสมของเงิน 45% เหมาะกับงานเชื่อมโลหะต่างชนิดบางชนิด เหล็ก กับ ทองแดง หรือ ทองเหลือง ที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก

2.3.4.7 ลวดเชื่อมชนิด 56%

มีส่วนผสมของเงิน 56% เหมาะกับงานเชื่อมทุกชนิดที่ต้องการคุณภาพสูงสุด ความแข็งแรงสูงที่สุด ไม่มีส่วนผสมของสารที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตจึงได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมผลิตอาหารและยา เครื่องมือแพทย์ และด้วยคุณสมบัติความแข็งแรงและความมั่นใจของผิวจึงนิยมในอุตสาหกรรมเครื่องประดับเช่น แหวน สร้อย นาฬิกา หรืองานฝังจิวเวลรี่ต่าง ๆ



รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะของลวดเชื่อม

2.3.5 การเชื่อมโลหะชนิดต่าง ๆ (Welding of Various Metals) [20]

วัสดุที่ใช้เชื่อมในปัจจุบันมีอยู่หลายอย่าง โดยในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงวัสดุที่มีส่วนผสมส่วนใหญ่เป็นเหล็ก (Ferrous materials) เช่น เหล็กกล้าละมุน เหล็กกล้าทนแรงดึงสูง และพวกวัสดุที่ไม่ใช่เหล็ก (Non-ferrous materials) เช่น อะลูมิเนียม แมกนีเซียม ทองแดง และไทเทเนียม

2.3.5.1 เหล็กและเหล็กกล้าละมุน (Iron and Steel)

1. การเชื่อมเหล็ก (Welding of Iron) โดยทั่วไปเหล็กจะมีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ตั้งแต่ 0 ถึง 4.5% ดังนั้นจึงแบ่งเหล็กออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกันคือ เหล็ก เหล็กกล้า และเหล็กหล่อ (Cast Iron) พวกเหล็กจะมีคาร์บอนอยู่ประมาณ 0 ถึง 0.008% เหล็กกล้าละมุนจะมีอยู่ประมาณ 0.008 ถึง 2.0% และเหล็กหล่อ 2 ถึง 4.5% เนื่องจากเหล็กมีธาตุโลหะผสม (Alloy Elements) อยู่เล็กน้อย ดังนั้นจึงไม่อาจนำไปชุบแข็งได้ในอุตสาหกรรมมีการใช้เหล็กอยู่ 2 ชนิดคือ เหล็กพืด (Wrought Iron) และแท่งเหล็ก (Ingot Iron)

1.1 การเชื่อมเหล็กพืด (Welding of Wrought Iron) เหล็กพืดเชื่อมได้ง่ายเช่นเดียวกับเหล็กกล้าละมุน (Mid Steel) โดยที่โลหะรอยเชื่อม (Weld Metal) จะมีคุณสมบัติทางกลเช่นเดียวกับชิ้นงาน (Base Metal) การเชื่อมไฟฟ้าสำหรับเหล็กพืด กินกระแสไฟน้อยกว่าเหล็กกล้าละมุนเล็กน้อย ตลอดจนอัตราความเร็ว (Welding Rate) ในการเชื่อมก็ต่ำกว่าด้วย ซึ่งช่วยลดการหลอมละลายลึกเกินไปของรอยเชื่อม (over penetration) ลวดเชื่อมที่ใช้สำหรับเหล็กพืดเป็นลวดเชื่อมชนิดเดียวกับที่ใช้เชื่อมเหล็กกล้าละมุน

1.2 การเชื่อมแท่งหล่อ (Welding of Ingot) แท่งหล่อเป็นเหล็กซึ่งมีความบริสุทธิ์มาก มีขนาดเกรนสม่ำเสมอ และมีสารอื่นเจือปน (Foreign Matters) อยู่น้อยมากที่จะเป็นต้นเหตุให้เกิดก๊าซ ดังนั้นความสามารถในการนำไปเชื่อมจึงอยู่ในขั้นดีมากทีเดียว วิธีการเชื่อมจึงเหมือนกับการเชื่อมเหล็กพืด อย่างไรก็ตาม การเชื่อมแท่งหล่อต้องการอุณหภูมิค่อนข้างสูง และใช้อัตราความเร็วในการเชื่อมต่ำกว่าเหล็กกล้าละมุนเล็กน้อย การเลือกลวดเชื่อมไฟฟ้าให้ถือหลักเช่นเดียวกับการเลือกลวดเชื่อมสำหรับเหล็กกล้าละมุน

2. การเชื่อมเหล็กกล้าผสมคาร์บอน (Welding of Carbon Steel) เหล็กกล้าผสมคาร์บอนเป็นโลหะผสมอย่างหนึ่งของเหล็กกับคาร์บอน และมีส่วนผสมอื่น ๆ อีกเล็กน้อย เช่น Si, Mn, P, S และ Cu คุณสมบัติของเหล็กกล้าขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ เหล็กกล้าผสมคาร์บอนมีอยู่หลายชนิด การแบ่งชนิดได้ใช้ปริมาณคาร์บอนที่ผสมอยู่เป็นเกณฑ์ในการแบ่ง

เหล็กกล้าผสมคาร์บอนต่ำ จะมีคาร์บอนผสมอยู่น้อยกว่า 0.30% เหล็กกล้าผสมคาร์บอนปานกลางมีคาร์บอนผสมอยู่ตั้งแต่ 0.30% ถึง 0.45% และเหล็กกล้าผสมคาร์บอนสูงมีคาร์บอนผสมอยู่ตั้งแต่ 0.45% ถึง 1-7% เปอร์เซ็นต์ของธาตุคาร์บอนยิ่งเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงและความแข็งของเหล็กกล้ายิ่งเพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการยืดตัว (Elongation) จะลดลง

2.1 การเชื่อมเหล็กกล้าผสมคาร์บอนต่ำ หรือที่เรียกกันว่าเหล็กกล้าละมุน เหล็กกล้าชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับทำเป็นโครงสร้างทั่ว ๆ ไป เหล็กกล้าผสมคาร์บอนต่ำแบ่งออกเป็น

เหล็กกล้าริมด (Rimmed Steel) เหล็กกล้าเซมิคิลด์ (Semi-killed Steel) และเหล็กกล้าคิลด์ (Killed Steel) ซึ่งประเภทของเหล็กกล้าเหล่านี้แบ่งตามสภาพการไล่ऑอกซิเจนออกจากน้ำโลหะ การแข็งตัวของน้ำโลหะในขณะที่ผลิต และการกระจายของรูอากาศ (Pores) ภายในแท่งหล่อ (Ingot) การเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ สามารถเชื่อมด้วยวิธีการเชื่อมทุกแบบที่มีอยู่ในปัจจุบัน การเชื่อมก็สามารถทำได้ทั้งให้หลอมละลายตลอดความหนาหรือให้หลอมละลายตามเงื่อนไขที่ต้องการ พูดได้ว่าเหล็กกล้าผสมคาร์บอนต่ำเป็นเหล็กคาร์บอนที่เชื่อมได้ง่ายที่สุด

2.2 การเชื่อมเหล็กกล้าผสมคาร์บอนปานกลางและเหล็กกล้าผสมคาร์บอนสูง (Welding of Medium and High Carbon Steels) เหล็กกล้าทั้งสองชนิดนี้มีธาตุคาร์บอนและธาตุอื่น ๆ ผสมอยู่มาก ทำให้สามารถชุบแข็งได้ ดังนั้นเหล็กกล้าเหล่านี้จึงมีความสามารถทำให้แข็ง (Hardenability) สูงกว่า และ HAZ จะแข็งได้ง่ายกว่าของในกรณีเหล็กกล้าผสมคาร์บอนต่ำ การแตกของรอยเชื่อมเกิดขึ้นได้ง่ายเนื่องจากองค์ประกอบหลายอย่าง เช่นการกระจายของก๊าซไฮโดรเจน สภาพในการยึดเหนี่ยวกันของรอยเชื่อม และองค์ประกอบอื่น ๆ นอกจากนั้นการใช้ลวดเชื่อมไฟฟ้าซึ่งมีความแข็งแรง (Strength) เท่า ๆ กับของโลหะชิ้นงานก็จะทำให้รอยเชื่อมแตกได้ ทั้งนี้เพราะโลหะรอยเชื่อมมีความสามารถในการยึดตัวได้ต่ำ

3. การเชื่อมเหล็กกล้าหล่อ (Welding of Cast Steel) เหล็กกล้าหล่อเป็นเหล็กกล้าซึ่งเกิดขึ้นจากการหล่อหลอม ซึ่งมีส่วนผสมทางเคมีใกล้เคียงกับเหล็กกล้ารีด (Rolled Steel) มาก มีความแข็งแรง ความเหนียว (Toughness) และความสามารถในการเชื่อมดีกว่าเหล็กหล่อ เหล็กกล้าหล่อเกิดจากการเติมธาตุโลหะผสมลงไปในการหล่อซึ่งส่วนผสมจะมากเท่าใดขึ้นอยู่กับลักษณะในการใช้งาน วิธีเชื่อมเหล็กกล้าหล่อแบ่งออกเป็น (ก) การเชื่อมต่อเหล็กกล้าหล่อ (ข) การเชื่อมต่อเหล็กกล้าหลอกับเหล็กกล้ารีด (ค) การเชื่อมซ่อมแซมจุดเสียของเหล็กกล้าหล่อ (Defective Cast Steel) การเชื่อมอาจจะใช้กระบวนการเช่นเดียวกับเหล็กกล้าผสมคาร์บอน หรือเหล็กกล้าโลหะผสมต่ำ ซึ่งมีส่วนผสมเหมือนกัน

วิธีการเชื่อมที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับเหล็กกล้าหล่อ ก็คือการเชื่อมอาร์คไฟฟ้า (Arc Welding) สำหรับรอยต่อธรรมดาใช้การเชื่อมแบบอาร์คได้ฟลักซ์ ลวดเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมอาร์คเลือกให้เหมาะสมกับความแข็งแรงของโลหะชิ้นงาน โดยทั่วไปแล้ว ลวดเชื่อมไฟฟ้าชนิดไฮโดรเจนต่ำเหมาะกับการเชื่อมเหล็กกล้าหล่อ ส่วนฟลักซ์ที่ใช้ในการเชื่อมแบบอาร์คได้ฟลักซ์ จะต้องใช้แบบที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง (Neutral or Basic Flux) และลวด (Wire) ที่ใช้ก็ควรจะเป็นชนิดที่เป็นเหล็กกล้าผสมคาร์บอนต่ำ ซึ่งความแข็งแรงของรอยเชื่อมขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุแมงกานีส (Mn) ที่มีอยู่ในลวด

4. การเชื่อมเหล็กหล่อ (Welding of Cast Iron) เหล็กหล่อเป็นโลหะผสมของเหล็กกับธาตุคาร์บอน ซึ่งมีคาร์บอนผสมอยู่มากกว่า 2% ธาตุคาร์บอนเป็นส่วนผสมหลัก และยังมีธาตุอื่นอันเป็นส่วนผสมรอง เช่น Si, Mn, P, S เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีธาตุโลหะผสมอื่น ๆ อีก เช่น Ni, Cr, Mo เป็นต้น ธาตุเหล่านี้เติมเข้าไปเพื่อปรับคุณสมบัติบางอย่างของเหล็กหล่อ จุดหลอมเหลวของเหล็กหล่อต่ำกว่าเหล็กกล้า ดังนั้นการไหลตัวของเหล็กหล่อจึงดีกว่าเหล็กกล้า โดยทั่วไปแล้ว ความแข็งแรงของเหล็กหล่อจะต่ำกว่าเหล็กกล้า แต่ก็มีเหล็กหล่อบางชนิดที่มีความแข็งแรงเท่ากับเหล็กกล้า

การเชื่อมเหล็กหล่อมียหลายวิธี แต่การเชื่อมอาร์คไฟฟ้า (Arc Welding) เป็นวิธีการที่แพร่หลายที่สุด ซึ่งวิธีการนี้แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการด้วยกันคือ กระบวนการแรกเป็นกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิต่ำก่อนเชื่อมสูง (หรือเรียกว่าการเชื่อมร้อน) ชิ้นงานจะถูกบ่มจนกระทั่งมีอุณหภูมิ 500-600 องศา ก่อนที่จะนำไปเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมไฟฟ้าเหล็กหล่อ กระบวนการที่สองเป็นกระบวนการเชื่อมโดยใช้อุณหภูมิในการบ่มต่ำ ซึ่งอุณหภูมิต่ำขึ้นงานก่อนเชื่อมจะต่ำกว่ากระบวนการแรก และลวดเชื่อมไฟฟ้าเป็นชนิดโลหะผสมนิกเกิลสูง (High Ni Alloy Type) สำหรับกระบวนการที่สามเป็นกระบวนการเชื่อมเย็น (Cold Welding Process) ซึ่งการเชื่อมจะดำเนินไปโดยไม่มีการบ่มชิ้นงานก่อนเชื่อมแต่อย่างใด

5. การเชื่อมเหล็กกล้าโลหะผสมต่ำ (Welding of Low Alloy Steel) ในการเชื่อมเหล็กกล้าโลหะผสมต่ำ วิธีการเชื่อมที่ใช้กันเป็นส่วนใหญ่ก็คือ การเชื่อมไฟฟ้า การเชื่อมอาร์คใต้ฟลักซ์ และการเชื่อม MIG วัฏจักรความร้อนที่เกิดขึ้นในการเชื่อมเหล็กกล้าโลหะผสมต่ำ บางที่จะทำให้เกิดจุดเสียชั้นใน HAZ ด้วยเหตุนี้การเชื่อมจึงต้องดำเนินการภายใต้การควบคุมขั้นตอนในการเชื่อม และเงื่อนไขในการเชื่อมอย่างเพียงพอ

6. การเชื่อมเหล็กกล้าสแตนเลส (Welding of Stainless Steel) เหล็กกล้าสแตนเลสเป็นเหล็กกล้าโลหะผสมสูงชนิดหนึ่ง ซึ่งมีความต้านทานต่อการกัดกร่อน (Corrosion) และความร้อนได้ดี ขณะเดียวกันก็มีความเหนียวสูงและสามารถนำไปตัดแปรรูปได้ด้วย ปัจจุบันนี้วิธีการเชื่อมส่วนใหญ่ที่ใช้กับเหล็กกล้าสแตนเลสก็คือ การเชื่อมไฟฟ้า การเชื่อม MIG และการเชื่อม TIG นอกจากนี้แล้วยังมีวิธีการเชื่อมแบบอื่น ซึ่งบางครั้งก็นำมาใช้เชื่อมเหล็กกล้าสแตนเลสเหมือนกัน เช่น การเชื่อมแบบซิมเมอร์จอร์ค การเชื่อมแบบอิเล็กตรอน บีม (Electron Beam Welding) และการเชื่อมแบบรีซิสแตนซ์ (Resistance Welding) เป็นต้น เนื่องจากเหล็กกล้าสแตนเลสเป็นเหล็กกล้าโลหะผสมสูงอย่างหนึ่งซึ่งมีธาตุโลหะผสม (Alloy Element) อยู่หลายอย่าง ดังนั้นความร้อนจากการเชื่อมตลอดจนสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น บรรยากาศกัดกร่อน (Corrosive Atmosphere) อุณหภูมิสูง อุณหภูมิต่ำ เป็นต้น จะมีผลต่อคุณสมบัติของเหล็กกล้าสแตนเลส

2.3.5.2 อะลูมิเนียมและโลหะผสมอะลูมิเนียม (Aluminium and Aluminium Alloys)

อะลูมิเนียมและโลหะผสมอะลูมิเนียมมีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงสูง มีความหนาต้านทานต่อการกัดกร่อนดี และมีความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าได้ดี การเชื่อมอะลูมิเนียมและโลหะผสมอะลูมิเนียมทำได้หลายวิธี เช่น การเชื่อมก๊าซ การเชื่อมแบบอาร์คไฟฟ้า และการเชื่อมแบบอิล็คตรอนบีม เป็นต้น ในปัจจุบันนิยมใช้ การเชื่อมแบบก๊าซเฉื่อย (Inert Gas Welding) กับโลหะผสมชนิดนี้มากที่สุด

1. แมกนีเซียม (Mg) และโลหะผสมแมกนีเซียม แมกนีเซียมและโลหะผสมแมกนีเซียมมีน้ำหนักเบา น้ำหนักจำเพาะ (Specific Weight) อยู่ระหว่าง 1.74 ถึง 1.83 เท่านั้น โลหะชนิดนี้สามารถตัดแปรรูปได้ง่าย ขึ้นรูปง่าย มีความสามารถในการเชื่อม (Weldability) ดี และมีความแข็งแรงพอสมควร กระบวนการเชื่อมที่ใช้กับโลหะผสมแมกนีเซียมได้แก่ การเชื่อม TIG การเชื่อม MIG การเชื่อมแก๊ส และการเชื่อมจุด (Spot Welding) นอกจากนี้ยังมีการเชื่อมขอบต่อ (Seam Welding) และการทำ Brazing ซึ่งใช้กับโลหะผสมแมกนีเซียมด้วยกัน สำหรับการเชื่อมอาร์คไฟฟ้าโดยใช้ลวดเชื่อมซึ่งมีสารพอกหุ้มนั้น ไม่สามารถนำมาใช้กับโลหะผสมแมกนีเซียม เนื่องจากเกิดขี้ตะกรัน (Slag) ฝังอยู่ภายในรอยเชื่อม

การเชื่อมแบบก๊าซเฉื่อย (Inert Gas Arc Welding) เป็นวิธีการเชื่อมโลหะผสมแมกนีเซียมซึ่งนิยมกันแพร่หลายมากที่สุด เพราะว่าเป็นวิธีการที่มีข้อดีเหนือกว่าการเชื่อมด้วยก๊าซ (Gas Welding) หลายประการ เช่น ไม่ต้องใช้ฟลักซ์ (Flux) ความเร็วในการเชื่อมสูงกว่า ชิ้นงานบิดงอเล็กน้อย เป็นต้น

2. การเชื่อมทองแดง (Cu) และโลหะผสมทองแดง ทองแดงมีความสามารถในการนำความร้อนและกระแสไฟฟ้าได้ดี รองลงมาจากเงิน มีความสามารถในการต้านทานต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเลและสารเคมี คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้มีการใช้ทองแดงเป็นวัสดุสำหรับทำอุปกรณ์ไฟฟ้า หลักรถ ท่อส่งน้ำ ขวดบรรจุสารเคมี ตลอดจนอุปกรณ์และชิ้นส่วนของเรือเดินสมุทร

โลหะผสมทองแดง (Copper Alloys) มีความสามารถในการนำความร้อน และกระแสไฟฟ้าต่ำกว่าทองแดงบริสุทธิ์ นอกจากนั้นความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อนก็แตกต่างจากทองแดงบริสุทธิ์อีกด้วย แต่ความแข็งแรงของโลหะผสมทองแดงสูงกว่า ดังนั้นจึงนิยมใช้โลหะผสมทองแดงเป็นวัสดุก่อสร้างธาตุโลหะผสมของโลหะผสมทองแดงได้แก่ Zn, Sn, Si, Al, Ni เป็นต้น ทองเหลืองคือโลหะผสมทองแดง-สังกะสี และบรอนซ์ (Bronze) คือโลหะผสมทองแดง-ดีบุก สำหรับโลหะผสมทองแดงชนิดอื่น ๆ บางทีก็เรียกกันว่า บรอนซ์ เช่น ถ้าโลหะผสมมีฟอสฟอรัส (P) ผสมอยู่เล็กน้อยก็เรียกว่า ฟอสเฟอร์บรอนซ์ นอกจากนี้ก็ยังมีซิลิคอนบรอนซ์ (Cu-Si) อะลูมิเนียมบรอนซ์ (Cu-Al) คัปรอนิกเกิล (Cu-Ni) ฯลฯ

โดยทั่วไปวิธีการเชื่อมทั้งหลายที่ใช้กับเหล็กกล้าผสม สามารถนำมาใช้กับทองแดงและโลหะผสมทองแดงได้ สิ่งที่แตกต่างกันจากเหล็กกล้าผสมก็คือโลหะผสมทองแดงมีอยู่หลายชนิด ตลอดจนคุณสมบัติทางโลหะวิทยาของโลหะผสมเหล่านั้นก็แตกต่างกันมากอีกด้วย ดังนั้นในการเลือกวิธีการเชื่อมจึงควรคำนึงถึงคุณสมบัติดังกล่าวของโลหะผสม

การเชื่อมก๊าซ (Gas Welding) เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเชื่อมทองเหลือง นอกจากนั้นยังใช้ได้กับทองแดงบริสุทธิ์ ซิลิกอน บรอนซ์ และคัพรอนิกเกิล ก๊าซเชื่อมที่ใช้ได้แก่ ออกซิเจน อะเซทิลีน (Acetyline Gas) และก๊าซแอลพีจี (LPG) และควรมีหัวเชื่อมสำหรับป้อนชิ้นงาน (Preheating) การเชื่อมแบบนี้จำเป็นต้องใช้ปลั๊กซ์

การเชื่อมแบบก๊าซเฉื่อย (Inert gas Arc Welding) เป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายเช่นกันในการเชื่อมทองแดงและโลหะผสมทองแดง การเชื่อม TIG ใช้กับชิ้นงานหนาไม่เกิน 6 มิลลิเมตร การเชื่อม TIG ใช้กระแสไฟตรงและตรงขั้วตรง Straight Polarity กล่าวคือ ขั้วลบเป็นอิเล็กโตรดและขั้วบวกเป็นชิ้นงาน

การเชื่อมอาร์คไฟฟ้า (Covered Arc Welding) ในการเชื่อมทองเหลืองซึ่งมีส่วนผสมของสังกะสี (Zn) อยู่ด้วย ไม่สามารถใช้ลวดเชื่อมไฟฟ้าที่เป็นทองเหลืองได้ เพราะสังกะสีที่ผสมอยู่จะระเหยและเกิดออกไซด์ในขณะที่เชื่อมรุนแรง ลวดเชื่อมไฟฟ้าสำหรับกรณีนี้ควรเป็น ฟอสเฟอร์บรอนซ์ หรืออะลูมิเนียมบรอนซ์

3. การเชื่อมไทเทเนียม (Ti) และโลหะผสมไทเทเนียม ไทเทเนียม ไทเทเนียมบริสุทธิ์คุณสมบัติอ่อน แต่ถ้ามีวัสดุแปลกปลอมเช่น ไนโตรเจน ออกซิเจน และคาร์บอน เป็นต้น รวมอยู่ด้วยมันจะมีความแข็งแรงยิ่งขึ้น และเนื่องจากไทเทเนียมรวมตัวกับก๊าซได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิสูง ด้วยเหตุนี้ในการผลิตไทเทเนียมจึงต้องผลิตภายใต้สุญญากาศหรือภายในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย

โลหะผสมไทเทเนียม โลหะผสมไทเทเนียมแบ่งออกเป็นโลหะผสมแอลฟาถาวร (α - Stabilized Alloy) ซึ่งมีโครงสร้างอะตอม H.P.C. โลหะผสมเบต้าถาวร (β - Stabilized Alloy) ซึ่งมีโครงสร้างอะตอม B.C.C. และโลหะผสมยูเทคตอย (α - β Alloy) กรรมวิธีทางความร้อนไม่อาจทำให้คุณสมบัติทางกลของโลหะผสมแอลฟาถาวรเปลี่ยนแปลงได้ ธาตุโลหะผสมของแอลฟาถาวรได้แก่ Al, O, N และ C ส่วนธาตุโลหะผสมของโลหะผสมเบต้าถาวรได้แก่ V และ Mo สำหรับธาตุโลหะผสมของโลหะผสมยูเทคตอยได้แก่ Mn, Cr, Fe เป็นต้น

กระบวนการเชื่อมที่เหมาะสมกับไทเทเนียมและโลหะผสมไทเทเนียม ก็คือ การเชื่อมแบบก๊าซเฉื่อย นอกจากนั้นยังมีการเชื่อมแบบอื่น ๆ ซึ่งพบว่าใช้บ้างเหมือนกัน เช่น การเชื่อมแบบความดันทาน

(Resistance Welding) การเชื่อมแบบระเบิด (Explosive Welding) และการเชื่อมแบบอิลีคตรอนบีม (Electron Beam Welding) เป็นต้น

การเชื่อมแบบก๊าซเฉื่อย กระบวนการเชื่อมที่นิยมใช้กันได้แก่ การเชื่อมแบบ TIG โดยใช้กระแสไฟตรงต่อขั้วแบบตรง (D.C Straight Polarity) และการเชื่อมแบบ MIG โดยใช้กระแสไฟตรง และต่อสลับขั้ว (D.C Reverse Polarity) ในการเชื่อมทั้งสองแบบนี้ บริเวณรอยเชื่อมจะต้องปกคลุมด้วยก๊าซเฉื่อยอย่างสมบูรณ์จริง ๆ ซึ่งไม่เพียงแต่จะทำให้ก๊าซเฉื่อยปกคลุมบ่อหลอมละลายของรอยเชื่อมเท่านั้น มันยังทำให้ก๊าซเฉื่อยปกคลุมแนวเชื่อมซึ่งอยู่ทางด้านหลังของหัวเชื่อม (Touch) อีกด้วย

การเชื่อมแบบอิลีคตรอนบีม เป็นการเชื่อมภายใต้สภาพการที่เป็นสุญญากาศ ดังนั้นจึงไม่มีสิ่งเจือปนจากบรรยากาศเข้าไปในรอยเชื่อม ทำให้รอยเชื่อมที่ได้มีคุณภาพดี และมีอัตราการเชื่อมสูงกว่าการเชื่อมแบบก๊าซเฉื่อย การเชื่อมแบบนี้เหมาะกับชิ้นงานบาง ๆ ซึ่งอาจปกติไม่อาจเชื่อมได้ การเชื่อมแบบ TIG หรือ MIG ในปัจจุบันการเชื่อมแบบอิลีคตรอนบีมกำลังเป็นที่นิยมใช้ในการเชื่อมโลหะผสมไทเทเนียม

2.4 การเชื่อมโลหะด้วยก๊าซอะเซทิลีนกับก๊าซแอลพีจี [15]

ก๊าซเชื้อเพลิงที่รวมตัวกับออกซิเจนแล้วให้ความร้อนสูงนั้นมีหลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ใช้จะพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน ซึ่งอุณหภูมิแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ [15]

| ก๊าซเชื้อเพลิง | เปลวกลาง Neutral Flame อุณหภูมิ °F (°C) | เปลวปฐม Primary Flame Btu / ft ³ (kg-cal / m ³) | เปลวรอง Secondary Flame Btu / ft ³ (kg-cal / m ³) | รวมปริมาณความร้อน ทั้งหมด Btu / ft ³ (kg-cal / m ³) |
|--|--|---|--|---|
| อะเซทิลีน (Acetylene) | 5,589 (3,087) | 507 (4,510) | 963 (8,570) | 1,470 (13,090) |
| ก๊าซธรรมชาติหรือ ก๊าซแอลพีจี (Natural Gas or LPG Gas) | 4,600 (,538) | 11 (98) | 989 (8,810) | 1,000 (8,900) |

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

| ก๊าซเชื้อเพลิง | เปลวกลาง Neutral Flame อุณหภูมิ °F (°C) | เปลวปฐม Primary Flame Btu / ft ³ (kg-cal / m ³) | เปลวรอง Secondary Flame Btu / ft ³ (kg-cal / m ³) | รวมปริมาณความร้อน ทั้งหมด Btu / ft ³ (kg-cal / m ³) |
|-------------------------|--|---|--|---|
| โพรเพน (Propane) | 4,579 (2,526) | 255 (2,270) | 2,243 (19,970) | 2,498 (22,240) |
| โพรพิลีน (Propylene) | 5,193 (2,867) | 438 (3,900) | 1,962 (17,470) | 2,371 (21,110) |
| MAPP | 5,301 (2,927) | 517 (4,600) | 1,889 (16,820) | 2,406 (21,420) |

ที่มา : งานเชื่อมแก๊ส, มนูญ วินทะไชย

จากตารางจะเห็นว่า ก๊าซอะเซทิลีนกับออกซิเจนเมื่อรวมตัวกันเกิดการเผาไหม้จะให้ค่าความร้อนสูงกว่าก๊าซชนิดอื่น ดังนั้น การนำก๊าซอะเซทิลีนมาใช้ในการเชื่อมโลหะจึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่ในขณะเดียวกันก๊าซแอลพีจีก็ให้ค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกับก๊าซแอลพีจีมากกว่าก๊าซชนิดอื่น ๆ ดังนั้นจึงสามารถที่จะเลือกใช้ก๊าซแอลพีจีแทนการใช้ก๊าซอะเซทิลีนได้ เนื่องจากค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกันส่งผลให้คุณภาพในการเชื่อมไม่แตกต่างกันมากนัก ทางโรงงานกรณีศึกษาจึงได้เลือกใช้ก๊าซแอลพีจีในการเชื่อมชิ้นงาน เพราะมีราคาที่ถูกกว่าก๊าซอะเซทิลีน โดยปัจจุบันสามารถเตรียมก๊าซแอลพีจีได้ง่ายและราคาไม่แพงมากเมื่อเทียบกับก๊าซชนิดอื่น ๆ

2.5 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ [21]

เนื่องจากความต้องการของมนุษย์มีมากกว่าปัจจัยการดำรงชีวิตพื้นฐาน 4 ประการ จนเป็นแรงผลักดันให้มนุษย์พยายามทำการออกแบบ และสร้างสิ่งของเครื่องใช้ต่าง ๆ เพิ่มขึ้นเพื่อสนองความต้องการทางร่างกายและจิตใจที่ไม่สิ้นสุด จากลักษณะงานที่เรียบง่าย ค่อย ๆ เพิ่มความซับซ้อนเกี่ยวพันกันยิ่งขึ้น ระหว่างสิ่งของต่าง ๆ ด้วยกัน และระหว่างสิ่งของกับสภาพแวดล้อมรอบตัว โดยมีผลมาจากวิธีการดำรงชีวิต และวิทยาการทางเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

2.5.1 ความหมายของการออกแบบ

การออกแบบ คือกิจกรรมการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายหรือจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ (Design is A Goal-Directed Problem-Solving Activity) เป็นการกระทำของมนุษย์ ด้วยจุดประสงค์ที่ต้องการแจ้งผลเป็นสิ่งใหม่ ๆ มีทั้งที่ออกแบบเพื่อสร้างขึ้นใหม่ให้แตกต่างจากของเดิมหรือปรับปรุงตกแต่งของเดิม ความสำคัญของการออกแบบเป็นขั้นตอนเบื้องต้นที่จะทำให้กระบวนการในการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ประสบผลสำเร็จในตลาดและตรงตามเป้าหมาย

งานออกแบบ คือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นโดยการเลือกนำเอาองค์ประกอบมาจัดเรียงให้เกิดเป็นรูปทรงใหม่ที่สามารถสนองความต้องการตามจุดประสงค์ของผู้สร้างและสามารถผลิตได้ด้วยวัสดุและกรรมวิธีการผลิตที่มีอยู่ในขณะนั้น

2.5.2 ขอบเขตของงานออกแบบผลิตภัณฑ์

2.5.2.1 ผลิตภัณฑ์หัตถกรรม (Handy Crafts)

ผู้ออกแบบและผู้ผลิตมักเป็นคนเดียวกัน และได้สัมผัสกับผลิตภัณฑ์นั้นตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จ มักสอดแทรกอารมณ์ความรู้สึกนึกคิดส่วนตัวเข้าไปในผลงานที่ทำด้วย เช่น สิ่งประดิษฐ์ที่เป็นฝีมือของชาวบ้าน (Handmade) จุดประสงค์ดั้งเดิมทำขึ้นเพื่อความจำเป็นในการดำรงชีวิต เส้นผ่าของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้อยู่ที่ความไม่เหมือนกันในรายละเอียดของผลงานแต่ละชิ้น เป็นงานประดิษฐ์ที่ละเอียดอ่อนที่เครื่องจักรทำได้ยาก

2.5.2.2 ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (Industrial Products)

ผู้ออกแบบและผู้ผลิตมักแยกออกจากกัน นักออกแบบมักได้สัมผัสเพียงแบบบนกระดาษหรือหุ่นจำลอง ส่วนการผลิตผลงานในขั้นสุดท้ายนั้นเครื่องจักรจะเป็นผู้ทำหน้าที่แทน ในระบบอุตสาหกรรม การออกแบบจะทำงานกันเป็นทีม ประกอบด้วยผู้ร่วมงานหลายฝ่าย ได้แก่ นักออกแบบ เจ้าของกิจการ วิศวกร นักการตลาด ฯลฯ ข้อเด่นของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้อยู่ที่ความเหมือนกันในทุกรายละเอียดของผลงานแต่ละชิ้น สามารถผลิตได้รวดเร็วและมีราคาต่อหน่วยถูกลงเมื่อผลิตเป็นจำนวนมาก

2.5.3 คุณประโยชน์ของการออกแบบผลิตภัณฑ์

สำหรับคุณประโยชน์ที่ได้จากการออกแบบผลิตภัณฑ์มีดังนี้

1. ปรับปรุงภาพลักษณ์ขององค์กร ให้เกิดความแตกต่างอย่างชัดเจนจากคู่แข่ง สะดุดตา และง่ายต่อการจดจำ
2. สร้างเอกลักษณ์สินค้า ให้เกิดสัมผัสและการรับรู้ที่ดีต่อองค์กรผ่านการใช้ผลิตภัณฑ์
3. รูปลักษณ์ผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ และส่วนอื่นที่เกี่ยวกับการออกแบบ สามารถสื่อสารกับลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. พัฒนาผลิตภัณฑ์เดิม ให้เกิดประโยชน์ใช้สอยที่ดีขึ้นทั้งทางกายภาพและทางจิตใจ
5. เพิ่มคุณค่าผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น เพื่อนำไปสู่การเพิ่มราคาสินค้าได้
6. ลดต้นทุน เพิ่มผลกำไร เช่น ออกแบบให้ผลิตง่าย ลดขั้นตอน เลือกใช้วัสดุภายในประเทศ ฯลฯ
7. ขยายตลาดสินค้า เช่น สร้างผลิตภัณฑ์ที่สนองประโยชน์ใช้สอยใหม่ สร้างความต้องการใหม่ สร้างตลาดกลุ่มเป้าหมายใหม่

2.5.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกำหนดองค์ประกอบของงานออกแบบผลิตภัณฑ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์มีปัจจัย (Design Factors) มากมายที่นักออกแบบต้องคำนึงถึง แต่ในที่นี้จะขอกกล่าวเพียงปัจจัยพื้นฐาน 10 ประการ ที่นิยมใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาสร้างสรรค์ผลงานเชิงอุตสาหกรรม ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ และเป็นตัวกำหนดองค์ประกอบของงานออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญได้แก่

2.5.4.1 หน้าที่ใช้สอย (Function)

ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดจะต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือสามารถตอบสนองประโยชน์ใช้สอยตามที่ผู้บริโภคต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในหนึ่งผลิตภัณฑ์นั้นอาจมีหน้าที่ใช้สอยอย่างเดียวหรือหลายหน้าที่ก็ได้ แต่หน้าที่ใช้สอยจะดีหรือไม่นั้นต้องใช้งานไประยะหนึ่งถึงจะทราบข้อบกพร่อง

2.5.4.2 ความสวยงามน่าใช้ (Aesthetics of Sales Appeal)

ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมานั้นจะต้องมีรูปทรง ขนาด สี สัน สวยงาม น่าใช้ ตรงตามรสนิยมของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย เป็นวิธีการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมและได้ผลดี เพราะความสวยงามเป็นความพึงพอใจแรกที่คนเราสัมผัสได้ก่อน มักเกิดมาจากรูปร่างและสีเป็นหลัก

2.5.4.3 ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)

การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นต้องเข้าใจกายวิภาคเชิงกลเกี่ยวกับขนาด สัดส่วน ความสามารถ และขีดจำกัดที่เหมาะสมสำหรับอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของผู้ใช้ การเกิดความรู้สึกที่ดีและความสะดวกสบายในการใช้ผลิตภัณฑ์ ทั้งทางด้านจิตวิทยา (Psychology) และสรีระวิทยา (Physiology) ซึ่งแตกต่างกันไปตามลักษณะเพศ เผ่าพันธุ์ ภูมิภาค และสังคมแวดล้อมที่ใช้ผลิตภัณฑ์นั้นเป็นข้อบ่งชี้ในการออกแบบ

2.5.4.4 ความปลอดภัย (Safety)

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำรงชีพของมนุษย์ มีทั้งประโยชน์และโทษในตัว การออกแบบจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สินของผู้บริโภคเป็นสำคัญ ไม่เลือกใช้วัสดุ สี กรรมวิธีการผลิต ฯลฯ ที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้หรือทำลายสิ่งแวดล้อม ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ต้องแสดงเครื่องหมายเตือนไว้ให้เห็นชัดเจนหรือมีคำอธิบายการใช้แนบมากับผลิตภัณฑ์ด้วย

2.5.4.5 ความแข็งแรง (Construction)

ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมานั้นจะต้องมีความแข็งแรงในตัว ทนทานต่อการใช้งานตามหน้าที่และวัตถุประสงค์ที่กำหนด โครงสร้างมีความเหมาะสมตามคุณสมบัติของวัสดุ ขนาด แรงกระทำในรูปแบบต่าง ๆ จากการใช้งาน

2.5.4.6 ราคา (Cost)

ก่อนการออกแบบผลิตภัณฑ์ควรมีการกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่จะใช้ว่าเป็นกลุ่มใด อาชีพอะไรฐานะเป็นอย่างไร ซึ่งจะช่วยให้นักออกแบบสามารถกำหนดแบบผลิตภัณฑ์และประมาณราคาขายให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายได้ใกล้เคียงมากขึ้น การจะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีราคาเหมาะสมนั้น ส่วนหนึ่งอยู่ที่การเลือกใช้ชนิดหรือเกรดของวัสดุและวิธีการผลิตที่เหมาะสม ผลิตได้ง่ายและรวดเร็ว แต่ในกรณีที่

ประมาณราคาจากแบบสูงกว่าที่กำหนด ก็อาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาองค์ประกอบด้านต่าง ๆ กันใหม่เพื่อลดต้นทุน แต่ทั้งนี้ต้องคงไว้ซึ่งคุณค่าของผลิตภัณฑ์นั้น

2.5.4.7 วัสดุ (Materials)

การออกแบบควรเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความใส ผิวมันวาว ทนความร้อน ทนกรดต่าง ไม่ลื่น ฯลฯ ให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาถึงความง่ายในการดูแลรักษา ความสะดวกรวดเร็วในการผลิต สั่งซื้อและคงคลัง รวมถึงจิตสำนึกในการรณรงค์ช่วยกันพิทักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการเลือกใช้วัสดุที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ (recycle) ก็เป็นสิ่งที่นักออกแบบต้องตระหนักถึงในการออกแบบร่วมด้วย เพื่อช่วยกันลดปริมาณขยะของโลก

2.5.4.8 กรรมวิธีการผลิต (Production)

ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดควรออกแบบให้สามารถผลิตได้ง่าย รวดเร็ว ประหยัดวัสดุ ค่าแรงและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ แต่ในบางกรณีอาจต้องออกแบบให้สอดคล้องกับกรรมวิธีของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิม และควรตระหนักอยู่เสมอว่าไม่มีอะไรที่จะลดต้นทุนได้รวดเร็วอย่างมีประสิทธิภาพผลมากกว่าการประหยัดเพราะการผลิตที่ละมาก ๆ

2.5.4.9 การบำรุงรักษาและซ่อมแซม (Maintenance)

ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดควรออกแบบให้สามารถบำรุงรักษา และแก้ไขซ่อมแซมได้ง่าย ไม่ยุ่งยากเมื่อมีการชำรุดเสียหายเกิดขึ้น ง่ายและสะดวกต่อการทำความสะอาดเพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งควรมีค่าบำรุงรักษาและการสึกหรอต่ำ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติพงษ์ กิมะพงศ์, ศักดิ์ชัย จันทศรี และไพบูรณ์ แยมเผื่อน, พ.ศ. 2555 [22] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของรอยเชื่อมท่อไอเสียรถยนต์ โดยการทดแทนวัสดุชิ้นส่วนเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนิติกด้วยเหล็กหล่อเหนียว โดยงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการนำเอาเหล็กเหนียวหล่อ SC410 มาทดแทนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 ในการผลิตชิ้นส่วนท่อไอเสียของโครงสร้างรถยนต์ และทำการศึกษาอิทธิพลตัวแปรการเชื่อมที่มีผลต่อสมบัติของรอยต่อ ผลการทดลองปรากฏว่า การเพิ่มขึ้นของกระแสในการเชื่อมและความเร็วเดินเชื่อมส่งผลต่อความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมและการลดความกว้างของแนวเชื่อมและความซึม

ล็กของแนวเชื่อม สภาวะการเชื่อมที่ให้ความแข็งแรงกระแทกดีที่สุด คือกระแสในการเชื่อม 220 แอมแปร์ ความเร็วเดินเชื่อม 200 มม./นาที มีค่าประมาณ 290 J ค่าความแข็งแรงบริเวณพื้นที่กระแทกทั้งสองด้านของแนวเชื่อม และในโลหะเชื่อมทุกสภาวะนั้นมีความสูงกว่าโลหะหลักในการทดลองทั้งสองชนิด

คโลเคลีย วจนะวิชากร และเชษฐ ศรีไมตรี, พ.ศ. 2555 [23] ได้ทำการศึกษาการพัฒนาปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โรงผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด โดยทำการค้นคว้า ปรับปรุงวิธีการทำงานในสายการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดของโรงผลิตน้ำดื่ม โดยอาศัยทฤษฎีการศึกษาการทำงาน (Work Study) เทคนิคการศึกษาวิธี (Method Study) และการวัดงาน (Work Measurement) ในการศึกษาถึงกรรมวิธีหรือขั้นตอนการผลิต ตามลำดับก่อนหลัง การเคลื่อนที่ของคน การเคลื่อนที่ของชิ้นงานในกระบวนการผลิต รวมถึงระยะเวลาที่สูญเสียไปในระหว่างการดำเนินงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์ และปรับปรุงวิธีการทำงาน นำมาซึ่งการคำนวณเวลามาตรฐาน (Standard Time) และแผนภูมิการผลิตอย่างต่อเนื่อง (Flow Process Chart) โดยขจัดงานที่ไม่จำเป็นออกจากกระบวนการหรือรวบงานในบางกิจกรรมเข้าด้วยกัน เพื่อลดเวลาหรือรอบในการทำงาน (Cycle Time) ลง ผู้วิจัยได้พัฒนาอุปกรณ์จับยึด (Jig Fixture) ในกระบวนการเรียงขวดทำให้เพิ่มผลผลิต (Productivity) ต่อชั่วโมงมากขึ้น กำลังการผลิตต่อวันมากขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงวิธีการทำงานพบว่า วิธีการทำงานแบบเดิมก่อนปรับปรุง โรงผลิตน้ำดื่มมีกำลังการผลิตได้ 56.72 ขวดต่อชั่วโมง และหลังจากทำการปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่ โรงผลิตน้ำดื่มมีกำลังการผลิต 86.58 ขวดต่อชั่วโมง พบว่าหลังจากปรับปรุงวิธีการทำงาน โรงผลิตน้ำดื่มมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 52.64 เปอร์เซ็นต์ จากวิธีการผลิตแบบเดิม สรุปได้ว่าจาก การศึกษาการปรับปรุงวิธีการทำงานแบบใหม่มีกำลังการผลิตมากกว่าวิธีการทำงานแบบเดิม

จกมล ศรีธรร, พ.ศ. 2558 [24] ได้ทำการศึกษาผลกระทบของกระบวนการเชื่อมต่อสมบัติทางกลของการเชื่อมพอกผิวแข็งเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยทั้งสแตนคาร์ไบด์หลอมเหลว โดยงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของกระบวนการเชื่อมต่อสมบัติทางกลของการเชื่อมพอกผิวแข็งของเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยทั้งสแตนคาร์ไบด์หลอมเหลว โดยทำการเชื่อมพอกผิวแข็งด้วยกระบวนการเชื่อมทิกและกระบวนการเชื่อมแก๊สบนเหล็กกล้าคาร์บอน SS400 และใช้ลวดเติมทั้งสแตนคาร์ไบด์ในการพอกผิวแข็งโดยจะทำการเชื่อมชิ้นงานโดยใช้ความเร็วและกระแสไฟที่ต่างกัน เพื่อศึกษาว่า ความเร็วและกระแส มีผลต่อคุณสมบัติทางกลที่เปลี่ยนไปหรือไม่ ผลการทดลองที่ได้คือการเชื่อมชิ้นงานด้วยกระแสไฟที่ 110A ให้ลักษณะแนวเชื่อมที่สมบูรณ์และมีค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมทั้งความสูงและความกว้างของแนวเชื่อม และความเร็วในการเชื่อม 11.2 เซนติเมตรต่อนาทีที่กระแส 110 A จะให้แนวเชื่อมที่มีลักษณะการซึมลึกดี ผิว

รอยเชื่อมเป็นเกร็ดสวยงาม เหมาะสมต่อการเชื่อมที่สุด ส่วนกระแสไฟฟ้าและสูงเกินไปส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อม เนื่องจากการหลอมละลายไม่สมบูรณ์ทำให้ไม่เหมาะกับการเชื่อม จากการเชื่อมด้วยแก๊สอะเซทิลีนและการเชื่อมแบบทิกพบว่า การเชื่อมพอกผิวแข็งเต็มหน้าบนชิ้นงานเหล็กกล้า SS400 แบบการเชื่อมพอกผิวแข็งด้วยแก๊สอะเซทิลีน จะมีค่าความแข็งผิวอยู่ที่ 868.86 HV ซึ่งมากกว่าการเชื่อมพอกผิวแข็งแบบทิกที่มีความแข็งอยู่ 664.56 HV เพราะบริเวณผิวของรอยเชื่อมพอกผิวแข็งแบบแก๊สอะเซทิลีน จะมีการกระจายตัวของเม็ดทั้งสเดนคาร์ไบต์อยู่บริเวณผิวของรอยเชื่อม ส่วนการเชื่อมพอกผิวแข็งแบบทิก การกระจายตัวของเม็ดทั้งสเดนคาร์ไบต์จะอยู่บริเวณท้องของแนวเชื่อม โครงสร้างจุลภาคของโลหะเชื่อมจะประกอบด้วยเฟอร์ไรต์และเพอร์ไรต์ที่มีเกรนละเอียด ทั้งนี้ความเร็วในการเชื่อมจะส่งผลต่อคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานเชื่อมอีกด้วย

อติวุฒิ สุขสุดประเสริฐ, พลวัฒน์ ตีสิน และศานต์ กัวหา, พ.ศ. 2556 [25] ได้ทำการศึกษาการออกแบบและสร้างครนเคลื่อนย้ายแม่พิมพ์สำหรับเครื่องฉีดพลาสติก ซึ่งกระบวนการผลิตพลาสติกโดยการใช้เครื่องฉีดพลาสติก จำเป็นที่จะต้องมีการเคลื่อนย้ายแม่พิมพ์ที่มีน้ำหนักมาก โดยใช้ครนเป็นอุปกรณ์สำหรับเคลื่อนย้ายเพื่อให้เกิดความสะดวก และความปลอดภัยในการทำงาน โดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมฉีดพลาสติกจะติดตั้งครนแบบยึดติดกับพื้นหรือส่วนของโรงงาน แต่ในกรณีนี้จะเป็นการออกแบบครนเคลื่อนย้ายแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกภายในห้องปฏิบัติการเพื่อการศึกษาจากการพิจารณาพื้นที่สำหรับการติดตั้งครนภายในห้องปฏิบัติการ และจากการศึกษาเกี่ยวกับประเภทของครนพบว่า ครนที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่และใช้งานมากที่สุดคือ จีบครน จึงทำการออกแบบและสร้างจیبครนตามทฤษฎีการออกแบบเครื่องจักรกล โดยครนที่สร้างสามารถเคลื่อนที่ได้ และสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 250 กิโลกรัม ตามน้ำหนักสูงสุดของแม่พิมพ์และได้ออกแบบระบบที่จะทำให้รอกเคลื่อนที่เข้ามายังจุดที่จะทำการประกอบแม่พิมพ์ โดยอัตโนมัติ เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการสวมประกอบแม่พิมพ์ และระบบดังกล่าวยังช่วยลดโมเมนต์ของแรงสูงสุดที่จะทำให้ครนล้มได้อีกด้วย จากการทดสอบการใช้งานและการปรับปรุงแก้ไข พบว่าสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสามารถเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปยกชิ้นงานอื่น ๆ ตามความเหมาะสมได้อีกด้วย.

นคร บุตรดีเลิศ, วุฒิไกร ชัยวังสิงห์ และสุคนธวา คำสาทร, พ.ศ. 2554 [26] ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการประกอบกันชนด้านหน้าของรถยนต์ ยี่ห้อฟอร์ด รุ่นเฟียสตา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาในการทำงาน และของเสียในกระบวนการผลิต ช่วยอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานให้กับพนักงาน และเพิ่มผลผลิตให้กับบริษัท จากการศึกษาข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิต

พบว่าปัญหาคือรอยขีดข่วนกันชนด้านหน้าของรถยนต์ยี่ห้อฟอร์ด รุ่นเพียสต้า จึงได้ทำการวิเคราะห์หัวข้อของปัญหาด้วยหลักการของแผนภูมิแกงปลา และวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาด้วยเทคนิค 5W1H เพื่อแก้ไขปัญหารอยขีดข่วนของชิ้นงาน เมื่อได้ข้อสรุปจากหลักการดังกล่าว จึงทำการปรับปรุงและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน โดยการออกแบบโครงสร้างใหม่ให้มีลักษณะที่แข็งแรง สามารถหมุนกลับได้ 180 องศา เพื่อการทำงานที่ง่าย และมองเห็นชิ้นงานตรงจุดประกอบได้ทุกจุด แนวคิดการประกอบงานใหม่คือ การประกอบชิ้นงานที่มีขนาดเล็กเข้าหาชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ เพื่อแก้ไขปัญหาคารวางชิ้นงานไม่ตรงจุดประกอบ จากการทดลองและเก็บข้อมูลการประกอบ ผลปรากฏว่าอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานใช้เวลาเฉลี่ยในการประกอบเหลือเพียง 1.37 นาทีต่อชิ้น สามารถลดเวลาในการทำงานได้ คิดเป็นร้อยละ 21.14 และของเสียในกระบวนการผลิตจำนวน 100 ชิ้น พบว่าก่อนการปรับปรุง มีของเสียจำนวนทั้งสิ้น 23 ชิ้น ในขณะที่หลังการปรับปรุง มีของเสียเพียงแค่จำนวน 3 ชิ้นเท่านั้น งานวิจัยชิ้นนี้จึงสามารถลดของเสียในการผลิตคิดเป็นร้อยละ 86.95

พิททพันธ์ พิทักษ์, พ.ศ. 2552 [27] ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตเพื่อการเพิ่มผลผลิตกรณีศึกษา อุตสาหกรรมล้างขวด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราผลิตภาพในกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่าง (อุตสาหกรรมล้างขวด) ซึ่งขอบเขตของงานวิจัยนี้ครอบคลุมตั้งแต่ ขั้นตอนการรับวัตถุดิบ แยกผลิตภัณฑ์ การล้างทำความสะอาด จนกระทั่งบรรจุพร้อมส่งให้ลูกค้าต่อไป โดยการปรับปรุงงานในงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงเครื่องจักรใหม่และออกแบบวิธีการทำงานใหม่ จากผลการศึกษาพบว่า อัตราผลิตภาพรวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 36.0 อัตราผลิตภาพแรงงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 58.5 อัตราผลิตภาพวัตถุดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.38 อัตราผลิตภาพพลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.50 ซึ่งแนวทางการปรับปรุงงานที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมล้างขวดอื่น ๆ เพื่อเพิ่มอัตราผลิตภาพโดยรวมได้

เอก มณีคำ, พ.ศ. 2555 [28] ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการเชื่อมมิกสำหรับแป้นขาเบรกรถยนต์ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนรุ่นใหม่ โดยเริ่มต้นจากการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2III6-3 Fractional Factorial Design แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ เพื่อรองรับปัจจัย 6 ปัจจัย ได้แก่ กระแสไฟ แรงดันไฟเชื่อม ความเร็วเชื่อม มุมหัวเชื่อม ระยะโผล่ลวดเชื่อมและก๊าซปกคลุม ให้เหลือเฉพาะปัจจัยหลักที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าด้านแรงดึงของตะเข็บเชื่อม จากนั้นใช้การทดลองแบบ บ็อกซ์-เบนเคน (Box-Behnken) เป็นเครื่องมือออกแบบการทดลองหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม ในการวิจัยนี้ใช้หุ่นยนต์เชื่อม Panasonic VR-008 ใช้ลวดเชื่อมรหัส MG-51T (AWS A5.18 ER70S-6) เส้นผ่านศูนย์กลาง

1.2 มม. ทำการเชื่อมชิ้นงานเหล็กทดสอบ SPH270C และ เหล็ก SAPH 400 ยึดติดกันแบบ T-Joint ทดสอบหาคุณภาพทางกลด้วยการทดสอบค่าต้านแรงดึง ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่า ค่าที่เหมาะสม คือ กระแสไฟเชื่อมเท่ากับ 250 แอมป์ แรงดันไฟเชื่อม เท่ากับ 30 โวลต์ ความเร็วเชื่อม เท่ากับ 0.35 เมตรต่อนาที ปริมาณก๊าซ 20%Ar+80%Co₂ คลุมแนวเชื่อม เท่ากับ 11.3 ลิตรต่อนาที ซึ่งได้ค่าแรงดึงสูงสุด คือ 4,726.04 kgf. ส่วนปัจจัย มุมหัวเชื่อม ระยะโผล่ลวดเชื่อมไม่มีนัยสำคัญต่อค่าต้านแรงดึงของตะเข็บเชื่อม หลังจากทดลองเพื่อหาค่าต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการทำงานที่ส่งให้จำนวนของเสียจากการเตรียมการผลิตภัณฑ์ใหม่ จึงกำหนดแนวทางแก้ไขเพื่อป้องกันและหาข้อกำหนดระเบียบปฏิบัติของขั้นตอนการทำงาน ในกระบวนการเชื่อมมีสำหรับขาเบรก และขยายผลไปสู่ชิ้นงานในลักษณะเดียวกัน โดยสามารถลดต้นทุนโดยรวมขั้นตอนการเชื่อมได้ที่ประมาณ 50,061 บาท หรือประมาณ 18.8 เปอร์เซ็นต์

Amza, Groza Dragomir and Paise, ค.ศ. 2013 [29] ได้ทำการศึกษาทฤษฎีและผลการทดลองเกี่ยวกับผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมการทำงานของกระบวนการเชื่อมมิก/แมก โดยงานวิจัยฉบับนี้ นำเสนอปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมในกรณีของขั้นตอนการเชื่อม วัสดุที่ใช้ในการทดลอง คือ เหล็กกล้าไร้สนิม 8TiCr170 เป็นวัสดุพื้นฐาน และมีวัสดุเติมเต็ม 4 ชนิดที่ถูกเติมลงไปในลวดเชื่อม ถูกแบ่งตามลักษณะองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน เพื่อที่จะประเมินผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมการทำงานของกระบวนการเชื่อมปรากฏว่า ค่าสัมประสิทธิ์มลพิษ Cp ถูกกำหนดให้ขึ้นอยู่กับสมการสมดุลวัสดุ ซึ่งเป็นอัตราส่วนของมวลของวัสดุทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการเชื่อม Mt และมวลจำเพาะของรอยเชื่อม Mu

CHO, KIRAN and NA, ค.ศ. 2015 [30] ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ฟลักซ์และการโอนย้ายโลหะสำหรับกระบวนการเชื่อมอาร์คภายใต้การป้อนเงื่อนไขความร้อนที่เท่ากัน กระบวนการเชื่อมอาร์คนำมาซึ่งผลผลิตที่สูงและคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีกว่าสำหรับวัสดุที่จะทำการเชื่อม ในการศึกษานี้ได้ป้อนข้อมูลความร้อนคงที่ต่อหน่วยความยาว (2.5 กิโลจูล/มิลลิเมตร) และปริมาณการใช้ฟลักซ์ต่อหน่วยความยาวนำมาวิเคราะห์โดยใช้เงื่อนไขการเชื่อมที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์ทางกายภาพรวมทั้งปฏิสัมพันธ์ของการอาร์คและการถ่ายโอนโลหะตามค่ากระแสไฟ ได้พิจารณาเพื่อทราบถึงปริมาณการใช้ฟลักซ์ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้ฟลักซ์ต่อหน่วยความยาว การถ่ายโอนโลหะ และรูปร่างของรอยเชื่อมผลถูกวิเคราะห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพบว่าผนังของฟลักซ์มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนรูปผิวชั้นโซนในกระบวนการเชื่อมอาร์คแบบใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ

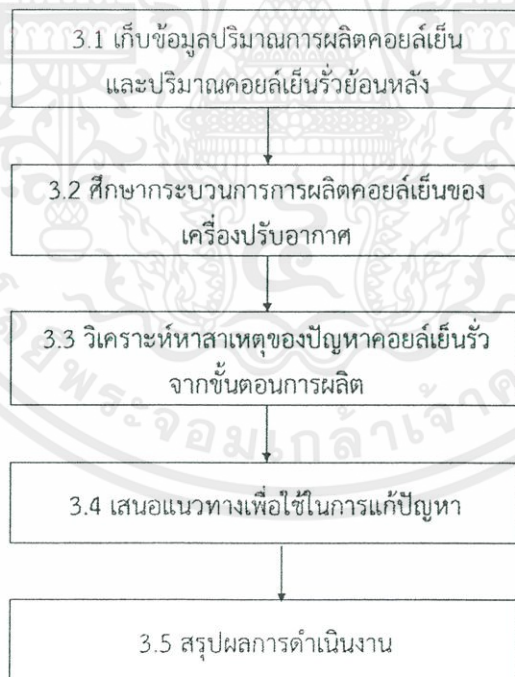
Hansen and Moller, ค.ศ. 2013 [31] ได้ทำการศึกษาวัฒนธรรมระบบการทำงาน การออกแบบปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิต งานวิจัยนี้สำรวจว่าความสามารถของระบบการทำงานสำหรับการปรับปรุงได้รับอิทธิพลจากวิธีการปรับปรุงการทำงาน อ้างอิงจากกรณีศึกษาความสะดวกรวดเร็วในการผลิตแบบลีน วิธีการแก้ไขปัญหามาตรฐานและAppreciative Inquiry ถูกเปรียบเทียบผ่านการศึกษาระดับปริญญาโทในด้านคุณภาพเป็นระยะเวลากว่า 12 เดือน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าวิธีการแก้ไขปัญหามาตรฐานนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหามาตรฐานภายในวิธีการปรับปรุงที่มีอยู่ เนื่องจากการเพิ่มความสามารถในการผลิตช่วยให้หาแนวทางแก้ไขปัญหามาตรฐานนอกเหนือจากวิธีการดังกล่าวได้ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการปรับปรุงสามารถออกแบบสำหรับความสามารถในการผลิตที่เหมาะสมซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ปฏิบัติงานที่ต้องการสร้างความเปลี่ยนแปลงของระบบ



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในโครงการปริญญาโทฉบับนี้เป็นการศึกษาแนวคิดการออกแบบเพื่อลดของเสียในขั้นตอนการเชื่อมของกระบวนการผลิตคอยล์เย็นด้วยการปรับปรุงรหัสคอยล์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการรั่วของคอยล์เย็นจากขั้นตอนการเชื่อม และเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาคอยล์เย็นรั่วด้วยการเพิ่มคุณภาพรอยเชื่อมของคอยล์เย็น โดยทำการเก็บข้อมูลปริมาณการผลิตคอยล์เย็นและปริมาณคอยล์เย็นรั่วย้อนหลัง ศึกษากระบวนการผลิตคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาคอยล์เย็นรั่วจากขั้นตอนการผลิต เสนอแนวทางเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา และสรุปผลการดำเนินงาน ซึ่งแผนผังขั้นตอนในการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงาน

3.1 เก็บข้อมูลปริมาณการผลิตคอยล์เย็นและปริมาณคอยล์เย็นรั่วย้อนหลัง

การเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการผลิตคอยล์เย็นย้อนหลัง จะทำให้ทราบถึงปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตที่ผ่านมาในอดีต ซึ่งจะดำเนินการโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการผลิตคอยล์เย็น จากการรวบรวมเอกสารใบรายงานการผลิตและใบตรวจสอบคอยล์เย็นรั่ว ตั้งแต่เดือนมกราคม - กรกฎาคม 2559 ซึ่งแบบฟอร์มที่ใช้สำหรับการบันทึกข้อมูลปริมาณการผลิตคอยล์เย็นและปริมาณคอยล์เย็นรั่วแสดงดังตารางที่ 3.1 โดยแบบฟอร์มที่ถูกออกแบบมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. ประเภทของเครื่องปรับอากาศของโรงงานกรณีศึกษา
2. ปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศแต่ละประเภทรวมทั้งสิ้น 7 เดือนของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งมีหน่วยเป็นเครื่อง
3. ปริมาณคอยล์เย็นรั่วของเครื่องปรับอากาศแต่ละประเภทรวมทั้งสิ้น 7 เดือนของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งมีหน่วยเป็นเครื่อง
4. เปอร์เซ็นต์ของเสีย คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศของโรงงานกรณีศึกษา ต่อปริมาณคอยล์เย็นรั่วของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

ตารางที่ 3.1 แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลปริมาณการผลิตคอยล์เย็นและปริมาณคอยล์เย็นรั่วแต่ละประเภท

| ประเภทของเครื่องปรับอากาศ | ปริมาณการผลิต (เครื่อง) | ปริมาณคอยล์เย็นรั่ว (เครื่อง) | เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%) |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

เมื่อทำการบันทึกข้อมูลในแบบฟอร์มที่ออกแบบแล้ว จากนั้นนำข้อมูลที่บันทึกมาสร้างกราฟแท่งเพื่อวิเคราะห์ว่าเครื่องปรับอากาศประเภทใดมีเปอร์เซ็นต์ของเสียมากที่สุด ซึ่งส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษาสูญเสียต้นทุนในการผลิตเครื่องปรับอากาศประเภทนั้น โดยกราฟที่ออกแบบมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. แกนตั้ง คือ ปริมาณการผลิตของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็นเครื่อง
2. แกนนอน คือ ประเภทของเครื่องปรับอากาศ
3. เครื่องปรับอากาศแต่ละประเภทจะมีข้อมูลแสดงอยู่ทั้งหมด 2 แห่ง คือ ปริมาณการผลิตและปริมาณคอยล์เย็นรั่ว



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงปริมาณการผลิตคอยล์เย็นและปริมาณคอยล์เย็นรั่วย้อนหลังแต่ละประเภท

จากการบันทึกข้อมูลด้วยแบบฟอร์มตารางที่ออกแบบและนำมาสร้างกราฟจะทำให้ทราบว่า เครื่องปรับอากาศประเภทใดมีเปอร์เซ็นต์ของเสียมากที่สุด ซึ่งผู้วิจัยจะเลือกศึกษาเครื่องปรับอากาศประเภทนั้น โดยการเก็บข้อมูลปริมาณการผลิตและปริมาณคอยล์เย็นรั่ว ซึ่งรายละเอียดของแบบฟอร์มบันทึกข้อมูล และกราฟจะใช้รูปแบบเดียวกับตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 ดังนี้

ตารางที่ 3.2 แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลปริมาณการผลิตคอยล์เย็นและปริมาณคอยล์เย็นรั่วแต่ละรุ่น

| รุ่นของเครื่องปรับอากาศ | ปริมาณการผลิต (เครื่อง) | ปริมาณคอยล์เย็นรั่ว (เครื่อง) | เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%) |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงปริมาณการผลิตคอยล์เย็นและปริมาณคอยล์เย็นรั่วย้อนหลังแต่ละรุ่น

จากการบันทึกข้อมูลจะทำให้ทราบว่าเครื่องปรับอากาศประเภทใดและรุ่นใด มีเปอร์เซ็นต์ของเสียมากที่สุดอันส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษาสูญเสียต้นทุนในการผลิต จึงเลือกศึกษาเครื่องปรับอากาศประเภทนั้น และรุ่นนั้น โดยทำการเก็บข้อมูลปริมาณการผลิตและปริมาณคอยล์เย็นรั่วของเครื่องปรับอากาศ ซึ่ง

รายละเอียดของแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลและกราฟจะเหมือนกับตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 ดังแสดงในตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 ดังนี้

ตารางที่ 3.3 แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลปริมาณการผลิตคอยล์เย็นและปริมาณคอยล์เย็นรั่วแต่ละรุ่น

| รุ่นของเครื่องปรับอากาศ | ปริมาณการผลิต (เครื่อง) | ปริมาณคอยล์เย็นรั่ว (เครื่อง) | เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%) |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงปริมาณการผลิตคอยล์เย็นและปริมาณคอยล์เย็นรั่วย้อนหลังแต่ละรุ่น

จากการบันทึกข้อมูลในแบบฟอร์มตารางที่ออกแบบและกราฟ จะทำให้ทราบว่าเครื่องปรับอากาศประเภทใดและรุ่นใดเป็นเครื่องปรับอากาศที่มีเปอร์เซ็นต์ของเสียมากที่สุด อันส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษาสูญเสียต้นทุนในการผลิตมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้เลือกทำการศึกษาเครื่องปรับอากาศประเภทนี้ในหัวข้อต่อไป

3.2 ศึกษากระบวนการการผลิตคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ

จากการเก็บข้อมูลปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั่วย้อนหลัง จะทำให้ทราบถึงชนิด/รุ่นของเครื่องปรับอากาศที่มีเปอร์เซ็นต์ของเสียมากที่สุด ซึ่งส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษาสูญเสียต้นทุนในการผลิต ขั้นตอนต่อไปจึงทำการศึกษาระบวนการการผลิตคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศชนิด/รุ่นนั้น เพื่อศึกษาว่า ขั้นตอนใดของกระบวนการผลิตที่ส่งผลให้เกิดการรั่วของคอยล์เย็น โดยแบบฟอร์มที่ใช้บันทึกข้อมูลแสดงดังตารางที่ 3.4 ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. ขั้นตอนการผลิตคอยล์เย็นทุกขั้นตอนทั้งกระบวนการผลิต
2. ตรวจสอบว่าขั้นตอนใดที่ส่งผลหรือไม่ส่งผลให้เกิดการรั่วของคอยล์เย็น
3. หากขั้นตอนนั้นส่งผลให้เกิดการรั่วของคอยล์เย็น แล้วส่งผลอย่างไร ให้อธิบายรายละเอียด
4. ขั้นตอนนั้นมีการควบคุมของกระบวนการหรือไม่

ตารางที่ 3.4 แบบฟอร์มหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกแก้ปัญหาขั้นตอนการผลิต

| ขั้นตอนการผลิต | ส่งผลให้เกิดการรั่วของคอยล์เย็น | | ส่งผลอย่างไร | มีการควบคุม | |
|----------------|---------------------------------|----------|--------------|-------------|--|
| | ส่งผล | ไม่ส่งผล | | ควบคุม | ยังไม่ควบคุมหรือควบคุมแล้วแต่ยังแก้ไขปัญหาไม่ได้ |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

จากการบันทึกข้อมูลลงในตารางที่ 3.4 จะทำให้ทราบว่าขั้นตอนใดของกระบวนการผลิตที่ส่งผลให้เกิดการรั่วของคอยล์เย็น และยังทำให้ทราบว่าขั้นตอนที่ส่งผลนั้นได้รับการควบคุมจากทางโรงงานแล้วหรือไม่ หากพบว่าขั้นตอนใดที่ส่งผลให้เกิดปัญหาการรั่วของคอยล์เย็นและยังไม่ได้รับการควบคุม ผู้วิจัยก็จะตัดสินใจเลือกแก้ไข้ปัญหาจากขั้นตอนนั้นเพื่อลดโอกาสการเกิดของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับทางโรงงานกรณีศึกษา โดยผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาคอยล์เย็นรั่วจากขั้นตอนการผลิตนั้นในหัวข้อถัดไป

3.3 วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาคอยล์เย็นรั่วจากขั้นตอนการผลิต

การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาคอยล์เย็นรั่วจากขั้นตอนการผลิต เป็นการวิเคราะห์เพื่อทำให้ทราบว่าปัญหาคอยล์เย็นรั่วเกิดจากสาเหตุใดของขั้นตอนการผลิต โดยใช้แผนผังเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) หรือแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา แสดงดังรูปที่ 3.2 ซึ่งแผนผังเหตุและผลนี้เป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) โดยใช้หลักการ 4M+1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาหรือหัวปลา ซึ่งหลักการ 4M+1E นี้ประกอบไปด้วย

M – Man คนงาน หรือพนักงาน หรือบุคลากร

M – Machine เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก

M – Method กระบวนการทำงาน

M – Material วัตถุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในกระบวนการ

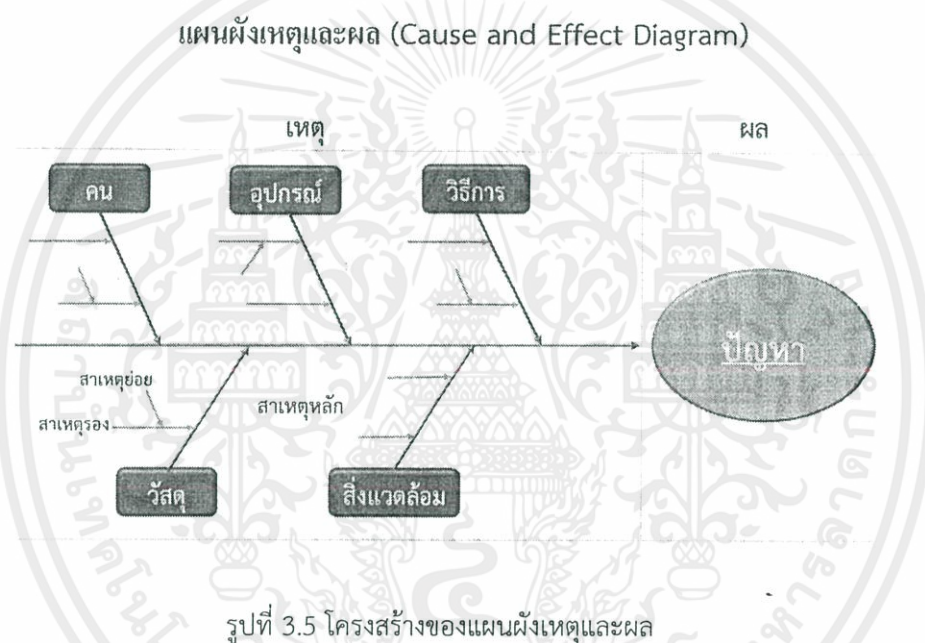
E – Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน

แผนผังเหตุและผลประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or Effect) จะแสดงอยู่ที่หัวปลา
2. ส่วนสาเหตุ (Causes) สามารถแยกย่อยออกได้อีกเป็น สาเหตุรอง และสาเหตุย่อย ซึ่งสาเหตุของปัญหาจะเขียนไว้ในก้างปลาแต่ละก้าง ก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรองและก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก เป็นต้น

วิธีการสร้างแผนผังเหตุและผลมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดปัญหาหรือผลที่หวัปลา โดยจะต้องเป็นปัญหาที่ชัดเจนและจำเพาะเจาะจง
2. กำหนดกลุ่มปัจจัยหรือสาเหตุหลักที่จะทำให้เกิดปัญหานั้น ๆ
3. พยายามหาสาเหตุรองและสาเหตุย่อยในแต่ละปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหานั้น ๆ ให้ได้มากที่สุด เพราะจะทำให้ได้สาเหตุมากมาย ทั้งที่แก้ไขได้และแก้ไขไม่ได้ โดยใช้คำถาม “ทำไม”
4. เลือกสาเหตุที่สามารถแก้ไขได้เป็นรูปธรรมมาปรับปรุง



เมื่อใช้แผนผังเหตุและผลในการวิเคราะห์จะทำให้ทราบว่า สาเหตุใดที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา และเป็นสาเหตุที่สามารถแก้ไขปรับปรุงได้ จากนั้นจึงทำการทดลอง โดยทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง ซึ่งแบบฟอร์มที่ใช้บันทึกผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3.5 มีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. มุมที่ใช้ในการทดลอง ขนาด 60 – 80 องศา อ้างอิงจากแนวระดับ
2. จำนวนคอยล์เย็นที่ใช้ทำการทดลอง มีหน่วยเป็นเครื่อง
3. ผลการทดสอบคอยล์เย็นรั่ว มีหน่วยเป็นเครื่อง
4. เปอร์เซ็นต์ของเสีย คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนคอยล์เย็นที่ใช้ทำการทดลองต่อจำนวนคอยล์เย็นรั่ว ซึ่งมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

ตารางที่ 3.5 แบบฟอร์มบันทึกผลการทดลองคอยล์เย็นเร็ว

| มุม | จำนวน (เครื่อง) | ผลการทดสอบคอยล์เย็นเร็ว (เครื่อง) | เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%) |
|-----|-----------------|--------------------------------------|------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่ามุมใดที่ส่งผลให้เกิดคอยล์เย็นเร็วที่สุด ซึ่งเป็นมุมที่เหมาะสมต่อการเชื่อมคอยล์เย็น จากนั้นทำการเปรียบเทียบเวลาในการทำงานระหว่างวิธีการทำงานแบบเดิมและแบบใหม่ เพื่อรับรองว่า วิธีการทำงานแบบใหม่ช่วยลดการรั่วของคอยล์เย็นและลดเวลาในการทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และประโยชน์ของการศึกษานี้

3.4 เสนอแนวทางเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

เมื่อทราบว่ามุมใดที่ส่งผลให้เกิดคอยล์เย็นเร็วที่สุด ซึ่งเป็นมุมที่เหมาะสมต่อการเชื่อมคอยล์เย็น ในขั้นตอนนี้จึงได้เสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาโดยใช้เทคนิคทางด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อเรียกว่า SolidWorks CAD ย่อมาจากคำว่า Computer Aided Design and Drafting เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับงาน 3 ประเภท คือ งานเขียนแบบ งานเขียนวัตถุ 3 มิติ และ งานทางด้านการสร้างภาพเหมือนจริงทั้งแบบภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว โดยจะใช้โปรแกรมนี้ออกแบบและจำลองโครงสร้างวัตถุ เพื่อลดความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นจากการออกแบบที่ไม่ได้มาตรฐานและลดต้นทุนในการสร้างชิ้นงานจริง

เมื่อทำการออกแบบแล้วจึงเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของรถใส่คอยล์แบบเดิมและแบบใหม่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจแก้ปัญหาคอยล์เย็นเร็วสำหรับโรงงานกรณีศึกษา โดยบันทึกผลในแบบฟอร์มแสดงดังตารางที่ 3.6 ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. รถใส่คอยล์แบบเดิมและแบบใหม่
2. ข้อดีของรถใส่คอยล์แบบเดิมและแบบใหม่
3. ข้อเสียของรถใส่คอยล์แบบเดิมและแบบใหม่

ตารางที่ 3.6 แบบฟอร์มบันทึกข้อดีและข้อเสียของรถใส่คอยล์แบบเดิมและแบบใหม่

| รถใส่คอยล์ | ข้อดี | ข้อเสีย |
|------------|-------|---------|
| | | |
| | | |



บทที่ 4

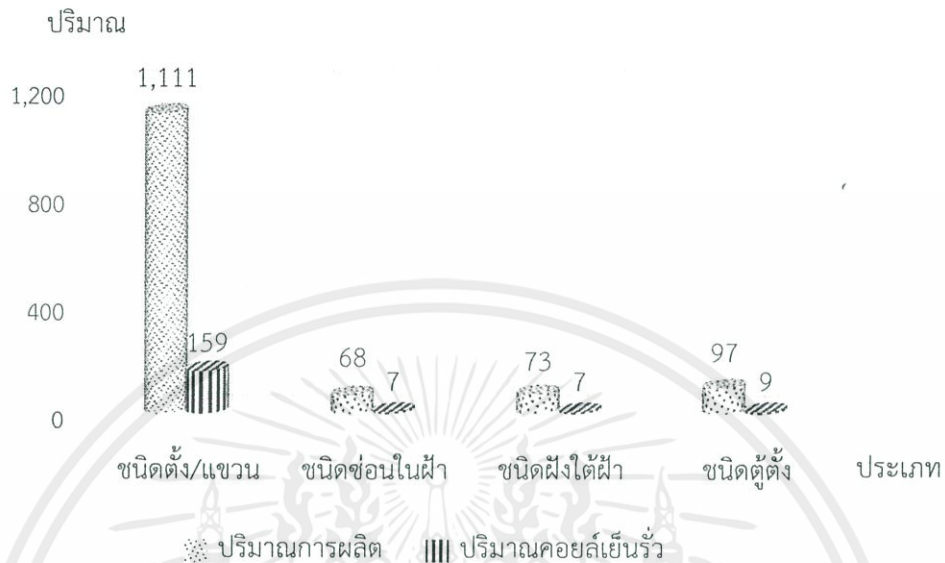
ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลปริมาณการผลิตคอยล์เย็นและปริมาณคอยล์เย็นรั่วย้อนหลัง

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการผลิตคอยล์เย็นและปริมาณคอยล์เย็นรั่วย้อนหลังจากใบรายงานการผลิตเครื่องปรับอากาศ ชนิดตั้ง/แขวน (Floor & Ceiling Type), ชนิดซ่อนในฝ้า (Concealed Type), ชนิดฝังใต้ฝ้า กระจายลม 4 ทิศทาง (Cassette Type) และชนิดตั้งตู้ (Floor Standing Type) โดยผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 สถิติการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั่วของโรงงานกรณีศึกษา
เดือน ม.ค. – ก.ค. พ.ศ. 2559

| ประเภทเครื่องปรับอากาศ | ปริมาณการผลิต (เครื่อง) | ปริมาณคอยล์เย็นรั่ว (เครื่อง) | เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%) |
|--|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Floor & Ceiling Type (เครื่องปรับอากาศ ชนิดตั้ง/แขวน) | 1111 | 159 | 14.31% |
| Concealed Type (เครื่องปรับอากาศ ชนิดซ่อนในฝ้า) | 68 | 7 | 10.29% |
| Cassette Type (เครื่องปรับอากาศ ชนิดฝังใต้ฝ้า กระจายลม4ทิศทาง) | 73 | 7 | 9.59% |
| Floor Standing Type (เครื่องปรับอากาศ ชนิดตั้งตู้) | 97 | 9 | 9.27% |

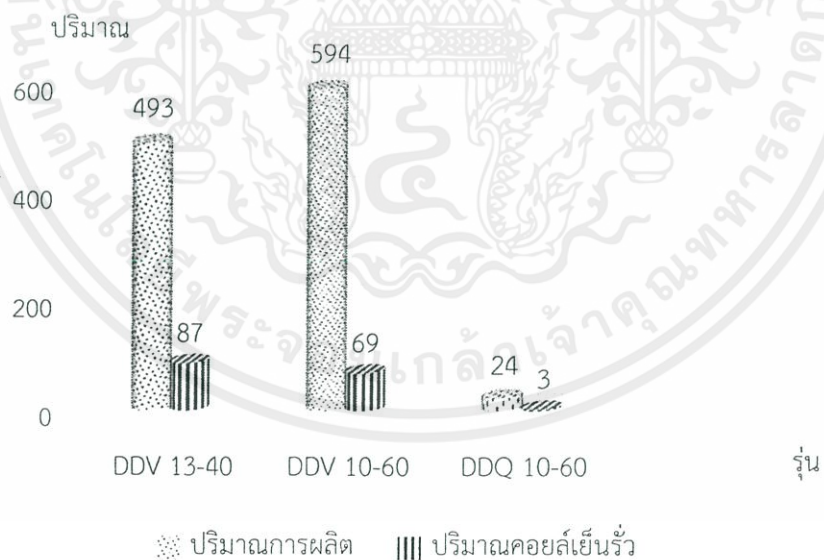


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและจำนวนคอยล์เย็นรั่วของโรงงานกรณีศึกษา
เดือน ม.ค. – ก.ค. พ.ศ. 2559

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศ ชนิดตั้ง/แขวน มีปริมาณการผลิตมากที่สุด และมีเปอร์เซ็นต์ของเสียคิดเป็น 14.3 % ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศอีก 3 ชนิด และมีปริมาณการผลิตที่มากที่สุดซึ่งสูงถึง 1,111 เครื่อง นับว่าเป็นเครื่องปรับอากาศชนิดที่ทำรายได้ให้กับทางโรงงานเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงเลือกทำการศึกษาเครื่องปรับอากาศชนิดนี้ ซึ่งเครื่องปรับอากาศประเภทนี้มีการผลิตทั้งหมด 6 รุ่น ดังแสดงในตาราง 4.2

ตารางที่ 4.2 สถิติการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั้ว ชนิดตั้ง/แขวน ทั้งหมด 6 รุ่น
เดือน ม.ค. - ก.ค. พ.ศ. 2559

| รุ่นของเครื่องปรับอากาศ ชนิดตั้ง/แขวน | ปริมาณการผลิต (เครื่อง) | ปริมาณคอยล์เย็นรั้ว (เครื่อง) | เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%) |
|--|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| DDS 30-40 | - | - | - |
| DDH 18 | - | - | - |
| DDV 13-40 | 493 | 87 | 17.65% |
| DDF 10-60 | 594 | 69 | 11.62% |
| DDN 10-60 | - | - | - |
| DDQ 10-60 | 24 | 3 | 12.50% |

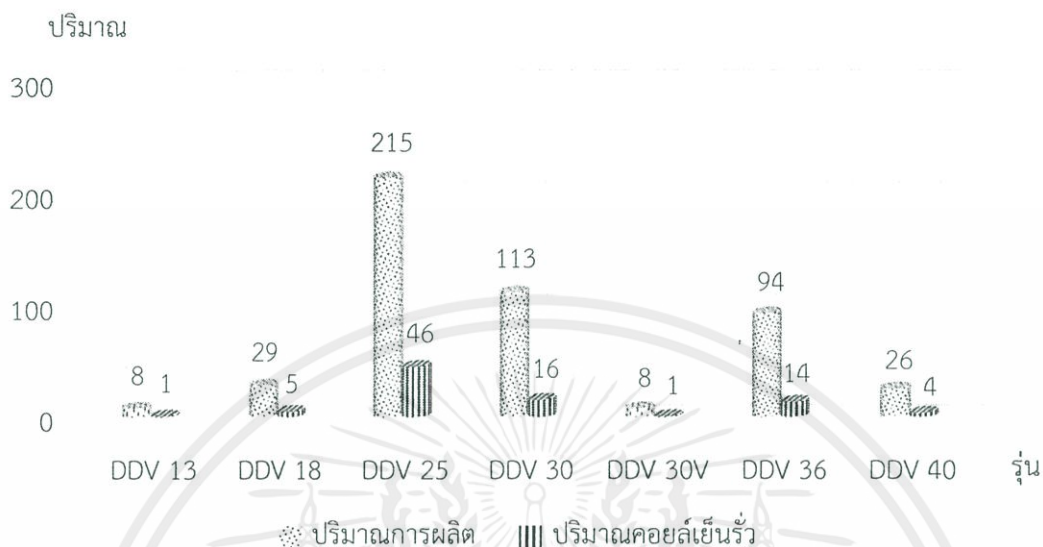


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั้ว ชนิดตั้ง/แขวน ทั้งหมด 6 รุ่น
เดือน ม.ค. - ก.ค. พ.ศ. 2559

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่า รุ่น DDV 13-40 มีปริมาณการผลิตที่น้อยกว่ารุ่น DDF 10-60 แต่เมื่อเทียบเปอร์เซ็นต์ของเสียระหว่างจำนวนที่ผลิตและจำนวนคอยล์เย็นร้วแล้ว กลับพบว่ารุ่น DDV 13-40 มีเปอร์เซ็นต์ของเสียที่สูงกว่าถึง 17.6 % และนับว่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับทั้ง 3 รุ่น ผู้วิจัยจึงได้เลือกทำการศึกษามุ่งเน้นไปยังรุ่น DDV 13-40 นี้ ซึ่งรุ่นนี้ได้มีการผลิตทั้งสิ้น 7 รุ่นด้วยกัน ดังแสดงในตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 สถิติการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นร้ว ชนิดตั้ง/แขวน รุ่น DDV 13-40
เดือน ม.ค. – ก.ค. พ.ศ. 2559

| รุ่นของเครื่องปรับอากาศ ชนิดตั้ง/แขวน | ปริมาณการผลิต (เครื่อง) | ปริมาณคอยล์เย็นร้ว (เครื่อง) | เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%) |
|--|----------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| DDV 13 | 8 | 1 | 12.50% |
| DDV 18 | 29 | 5 | 17.24% |
| DDV 25 | 215 | 46 | 21.40% |
| DDV 30 | 113 | 16 | 14.16% |
| DDV 30V | 8 | 1 | 12.50% |
| DDV 36 | 94 | 14 | 14.89% |
| DDV 40 | 26 | 4 | 15.38% |



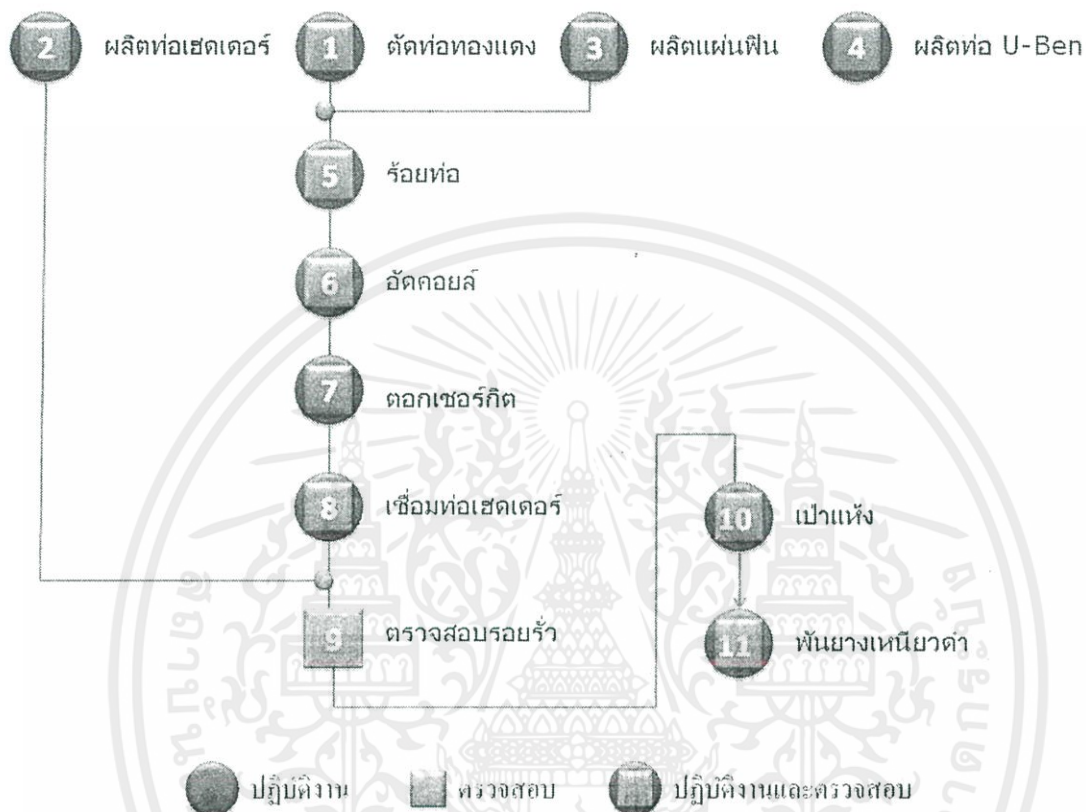
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั่ว ชนิดตั้ง/แขวน รุ่น DDV 13-40 เดือน ม.ค. – ก.ค. พ.ศ. 2559

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่ารุ่น DDV 25 มีเปอร์เซ็นต์ของเสียมากที่สุดคิดเป็น 21.40% เมื่อเทียบระหว่างปริมาณการผลิตและปริมาณคอยล์เย็นรั่ว นับว่าเป็นการสูญเสียต้นทุนในการผลิตเป็นอย่างมาก ซึ่งจากข้อมูลทั้งหมดที่เก็บรวบรวมมาทำให้เห็นว่า ปัญหาคือจำนวนคอยล์เย็นที่รั่ว ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นว่าหากสามารถลดจำนวนคอยล์เย็นที่รั่วได้ก็จะเป็นการลดของเสียให้กับโรงงานกรณีศึกษา และเมื่อลดของเสียได้แล้วก็จะช่วยลดต้นทุนในกระบวนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาได้

4.2 ผลศึกษากระบวนการการผลิตคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ

จากการเก็บข้อมูลปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั่วย้อนหลัง ทำให้ทราบถึงชนิด/รุ่นของเครื่องปรับอากาศที่มีเปอร์เซ็นต์ของเสียมากที่สุด ซึ่งส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษาสูญเสียต้นทุนในการผลิต ซึ่งก็คือเครื่องปรับอากาศชนิดตั้ง/แขวน รุ่น DDV 25 ผู้วิจัยจึงได้มุ่งเน้นทำการศึกษาระบวนการผลิตเครื่องปรับอากาศชนิดตั้ง/แขวน โดยมีผังการไหลของกระบวนการผลิตคอยล์เย็นแสดงดังรูปที่ 4.4

ผังการไหลของกระบวนการผลิตคอยล์เย็น

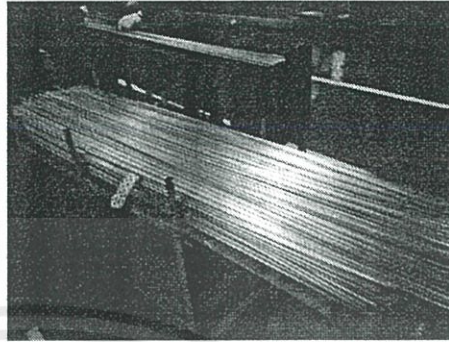


รูปที่ 4.4 ผังการไหลของกระบวนการผลิตคอยล์เย็น

โดยกระบวนการผลิตคอยล์เย็นมีวิธีการผลิตในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. ตัดท่อทองแดง (Cutting)

รีดและตัดท่อทองแดงออกมาด้วยเครื่องตัดอัตโนมัติ พร้อมทั้งตรวจเช็คขนาดความยาวของท่อ แล้วจัดเก็บในชั้นที่เตรียมไว้ให้เป็นระเบียบ ดังแสดงในรูปที่ 4.5



ก)

ข)

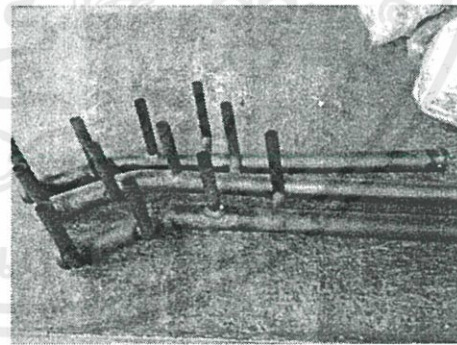
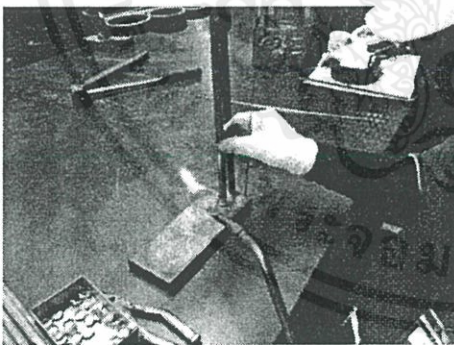
รูปที่ 4.5 แสดงขั้นตอนการตัดท่อทองแดง:

ก) แสดงลักษณะการตัดท่อทองแดง และ

ข) แสดงลักษณะท่อทองแดงที่ตัดแล้ว

2. ผลิตท่อเฮดเดอร์ (Header Production)

วัดระยะแล้วตัดท่อเฮดเดอร์ จากนั้นเจาะรูท่อแล้วนำมาตัดกับเครื่องตัดด้วยมือ และนำมาเชื่อมติดกับขาของเฮดเดอร์ นำท่อเฮดเดอร์ที่เชื่อมแล้วไปล้างในบ่อน้ำยาล้างท่อทองแดงและล้างด้วยน้ำเปล่า ดังแสดงในรูปที่ 4.6



ก)

ข)

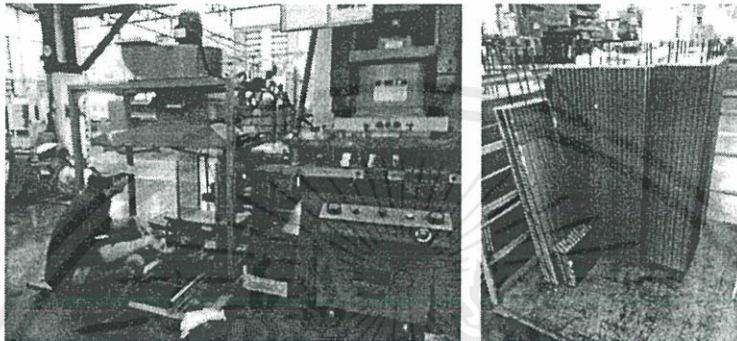
รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะเฮดเดอร์และการเชื่อมเฮดเดอร์:

ก) แสดงลักษณะการเชื่อมท่อเฮดเดอร์ และ

ข) แสดงลักษณะของท่อเฮดเดอร์

3. ผลิตแผ่นฟิน (Fin Production)

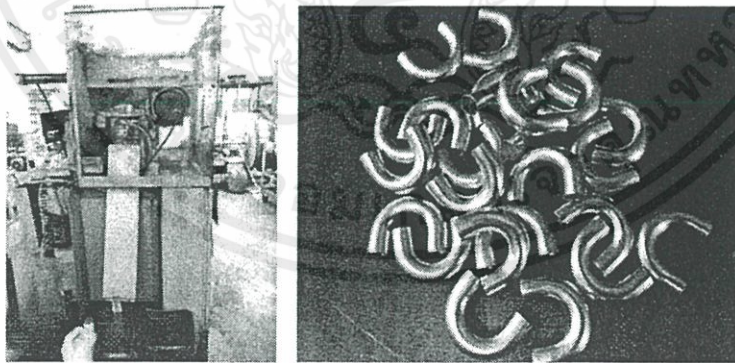
นำหัวแผ่นฟินใส่เข้าเครื่องบีบฟินแล้วเดินเครื่องบีบแผ่นฟิน พร้อมทั้งตรวจเช็คแผ่นฟินที่ออกมา จากนั้นนำเหล็กร้อยฟินมาร้อยแล้วยกฟินไปจัดเก็บไว้บนรถเข็น ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การบีบแผ่นฟิน: ก) แสดงลักษณะการบีบแผ่นฟิน และ ข) แสดงลักษณะฟินที่ร้อยด้วยเหล็ก

4. ผลิตท่อ U-Bend (U-Bend Production)

นำท่อมารีดให้ตรงด้วยเครื่องรีดอัตโนมัติ จากนั้นเครื่องจะทำการตัดท่อแล้วตัดออกมาเป็นข้องอ (U-Bend) ดังแสดงในรูปที่ 4.8

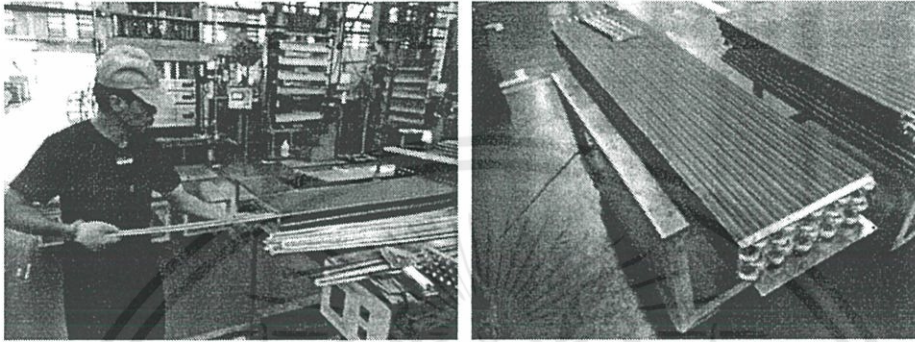


รูปที่ 4.8 แสดงเครื่องดัดข้องอและลักษณะข้องอ:

- ก) แสดงลักษณะของเครื่องดัดข้องออัตโนมัติ และ
- ข) แสดงลักษณะของข้องอ (U-Bend)

5. ร้อยท่อ (Assembling)

นำพินมาร้อยกับท่อทองแดงที่ตัดแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.9



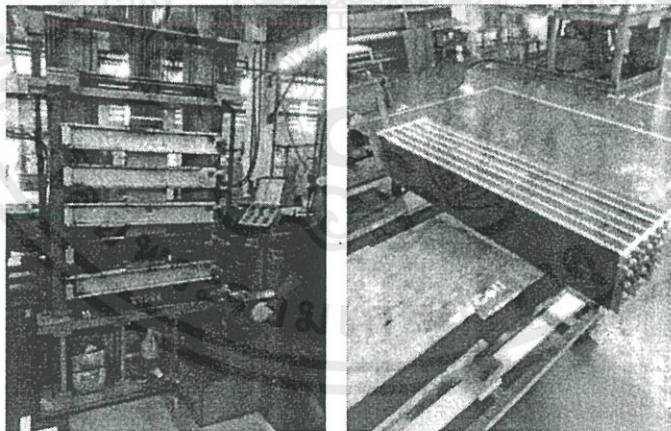
ก)

ข)

รูปที่ 4.9 แสดงการร้อยท่อ: ก) แสดงลักษณะการร้อยท่อ และ ข) แสดงลักษณะพินที่ร้อยท่อเสร็จแล้ว

6. อัดคอยล์ (Pressing)

นำพินที่ร้อยท่อแล้วมาอัดกับเครื่องอัดคอยล์ ดังแสดงในรูปที่ 4.10



ก)

ข)

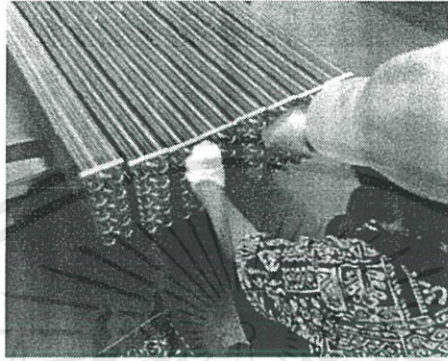
รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะการอัดคอยล์และคอยล์ที่อัดเสร็จแล้ว:

ก) แสดงลักษณะการอัดคอยล์ด้วยเครื่องอัด และ

ข) แสดงลักษณะคอยล์ที่อัดเสร็จแล้ว

7. ตอกเซอร์กิต (Circuit Assembling)

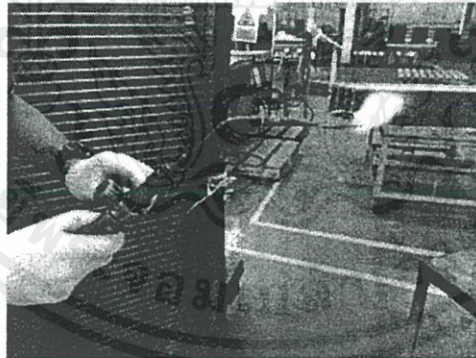
นำคอยล์ที่อัดแล้วมาตอกเซอร์กิต ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะการตอกเซอร์กิต

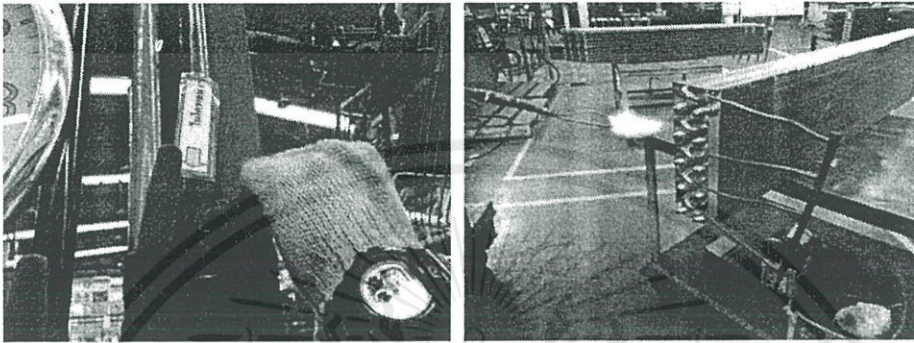
8. เชื่อมท่อเฮดเตอร์ (Welding)

8.1 ปรับไฟแก๊สให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่จะทำการเชื่อม ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะการปรับไฟแก๊ส

8.2 นำไนโตรเจนเปิดวาล์วประมาณ 10 PSI \pm 2 เป่าในตัวคอยล์ก่อนทำการเชื่อมเพื่อไล่เขม่าควัน ดังแสดงในรูปที่ 4.13



ก)

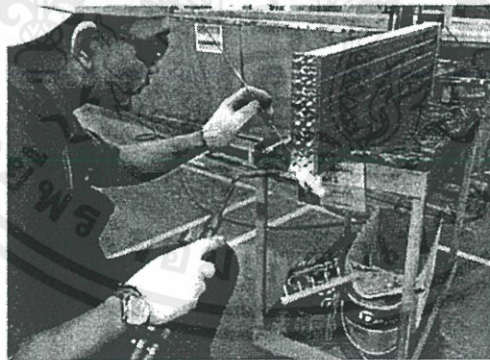
ข)

รูปที่ 4.13 แสดงการเปิดวาล์วและการเป่าไนโตรเจน:

ก) แสดงลักษณะการเปิดไนโตรเจนวาล์ว และ

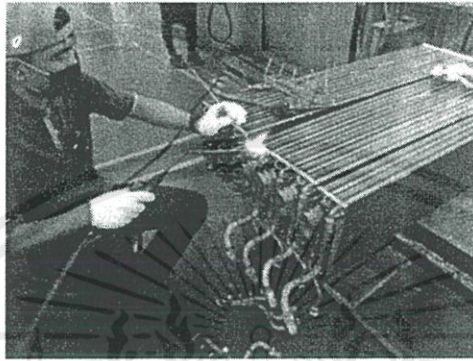
ข) แสดงลักษณะการเป่าไนโตรเจนไล่เขม่าควัน

8.3 การเชื่อมบริเวณช่องอ รอยเชื่อมต้องประสานกันสนิทและเต็มเป่า ดังแสดงในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะการเชื่อมช่องอ

8.4 การเชื่อมเฮดเดอร์ ต้องตรวจสอบเฮดเดอร์กับคอลลี่ให้ได้ตามแบบ รอยเชื่อมต้องประสานกันสนิทและเต็มเบ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.15



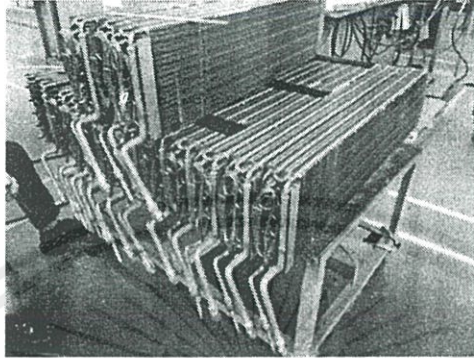
รูปที่ 4.15 แสดงลักษณะการเชื่อมเฮดเดอร์

4.16 8.5 ตรวจใช้ครอยเชื่อมด้วยสายตา รอยเชื่อมต้องประสานกันสนิทและเต็มเบ้าที่เชื่อม ดังแสดงในรูปที่



รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะของรอยเชื่อม

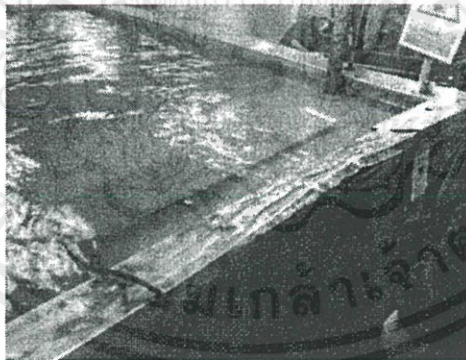
8.6 จัดเก็บคอยล์ให้เป็นระเบียบเพื่อรอส่งไปยังจุดทดสอบต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 แสดงลักษณะการจัดเก็บคอยล์

9. ตรวจสอบรอยรั่ว (Leak Testing)

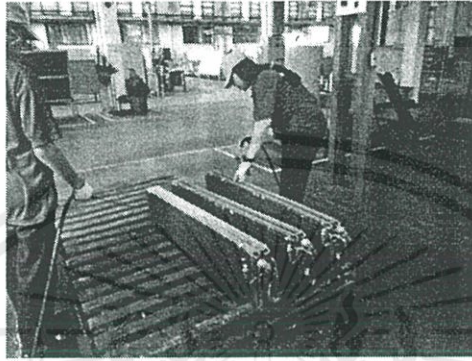
นำคอยล์ที่เชื่อมแล้วมาทดสอบหารอยรั่ว โดยการปล่อยไนโตรเจนเข้าไปในคอยล์ สังเกตฟองอากาศที่ลอยขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 แสดงลักษณะการตรวจสอบหารอยรั่ว

10. เป่าแห้ง (Drying)

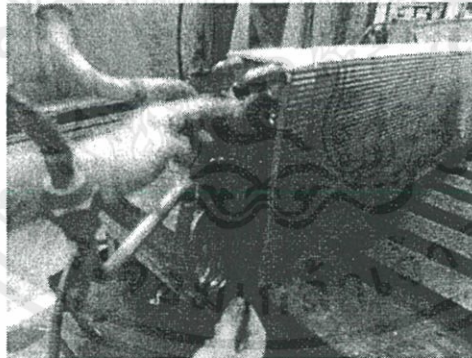
หลังจากผ่านการตรวจสอบหารอยร้าวแล้วใช้ลมเป่าไล่ น้ำออกจนคอยล์แห้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แสดงลักษณะการเป่าแห้งคอยล์

11. พันยางเหนียวดำ (Packing)

หลังจากเป่าแห้ง นำคอยล์มาพันยางเหนียวดำ แล้วจัดเก็บให้เป็นระเบียบ ดังแสดงในรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 แสดงลักษณะการพันยางเหนียวดำ

จากการศึกษากระบวนการผลิตคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศโดยใช้แบบฟอร์มบันทึกผลการศึกษา
ขั้นตอนการผลิตที่ส่งผลให้เกิดปัญหาการรั่วของคอยล์เย็นดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งเป็นหลักเกณฑ์ในการ
ตัดสินใจเลือกแก้ปัญหาขั้นตอนการผลิต โดยผลที่ได้เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.4 หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกแก้ปัญหาขั้นตอนการผลิต

| ขั้นตอนการผลิต | ส่งผลให้เกิดการรั่ว ของคอยล์เย็น | | ส่งผลอย่างไร | ได้รับการควบคุม | |
|--------------------|-------------------------------------|----------|---|-----------------|--|
| | ส่งผล | ไม่ส่งผล | | ควบคุม | ยังไม่ควบคุมหรือ ควบคุมแล้วแต่ยัง แก้ไขปัญหาไม่ได้ |
| 1. ตัดท่อทองแดง | √ | | หากความยาวของท่อทองแดง น้อยกว่าแบบที่ต้องการจะทำให้ เมื่อทำการเชื่อมเกิดช่องว่าง ระหว่างชิ้นงานมากเกินไป เป็น เหตุให้ลวดเชื่อมหลอมละลายไม่ เต็มพื้นที่ส่งผลให้เกิดคอยล์เย็นรั่ว | √ | |
| 2. ผลิตท่อเฮดเดอร์ | √ | | หากความยาวของท่อเฮดเดอร์ น้อยกว่าแบบที่ต้องการ จะทำให้ เมื่อทำการเชื่อมเกิดช่องว่าง ระหว่างชิ้นงานมากเกินไป เป็น เหตุให้ลวดเชื่อมหลอมละลายไม่ เต็มพื้นที่ส่งผลให้เกิดคอยล์เย็นรั่ว | √ | |
| 3. ผลิตแผ่นฟิน | | √ | | √ | |
| 4. ผลิตท่อ U-Bend | | √ | | √ | |

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

| ขั้นตอนการผลิต | ส่งผลให้เกิดการรั่ว ของคอยล์เย็น | | ส่งผลอย่างไร | ได้รับการควบคุม | |
|----------------------|-------------------------------------|----------|---|-----------------|--|
| | ส่งผล | ไม่ส่งผล | | ควบคุม | ยังไม่ควบคุมหรือ ควบคุมแล้วแต่ยัง แก้ไขปัญหาไม่ได้ |
| 5. ร้อยท่อ | | ✓ | | ✓ | |
| 6. อัดคอยล์ | | ✓ | | ✓ | |
| 7. ตอกเซอร์กิต | ✓ | | หากตอกเซอร์กิตไม่แน่นพอ จะ ทำให้เมื่อทำการเชื่อมเกิด ช่องว่างระหว่างชิ้นงานมาก เกินไป เป็นเหตุให้ลวดเชื่อม หลอมละลายไม่เต็มพื้นที่ส่งผลให้ เกิดคอยล์เย็นรั่ว | ✓ | |
| 8. เชื่อมท่อเฮดเดอร์ | ✓ | | 1) หากเชื่อมต่อเฮดเดอร์ไม่เต็ม รอยเชื่อมจะทำให้เกิดโพรง อากาศ และส่งผลให้เกิดคอยล์ เย็นรั่ว 2) หากเชื่อมต่อเฮดเดอร์ไม่ครบ จะส่งผลทำให้เกิดคอยล์เย็นรั่ว เช่นกัน | ✓ | ✓ |
| 9. ตรวจสอบรอยรั่ว | | ✓ | | ✓ | |
| 10. เป่าแห้ง | | ✓ | | ✓ | |
| 11. พันยางเหนียวดำ | | ✓ | | ✓ | |

จากการศึกษาขั้นตอนการผลิตโดยใช้แบบฟอร์มบันทึกผลด้วยตารางที่ 4.4 หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกแก้ปัญหาขั้นตอนการผลิตทำให้ทราบว่าขั้นตอนที่ส่งผลให้เกิดการรั่วของคอยล์เย็นได้แก่ ขั้นตอนตัดท่อทองแดง ขั้นตอนผลิตท่อเฮดเดอร์ ขั้นตอนตอกเซอร์กิต และขั้นตอนเชื่อมต่อเฮดเดอร์ ซึ่งสามขั้นตอนแรกที่ส่งผลได้รับการควบคุมกระบวนการผลิตจากทางโรงงานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยขั้นตอนตัดท่อทองแดงและขั้นตอนผลิตท่อเฮดเดอร์ส่งผลให้เกิดคอยล์เย็นรั่วจากขนาดความยาวของชิ้นงาน ซึ่งทางโรงงานได้มีการควบคุมโดยใช้อุปกรณ์ช่วยในการทำงานหรือที่เรียกว่า JIG เพื่อช่วยในการวัดขนาดของชิ้นงานให้เท่ากันทุกชิ้น ซึ่งผลที่ออกมาทำให้ได้ชิ้นงานที่มีขนาดเท่ากันหรือมีความคลาดเคลื่อนที่น้อยมาก และขั้นตอนตอกเซอร์กิตส่งผลให้เกิดคอยล์เย็นรั่วจากการที่คนงานตอกเซอร์กิตไม่แน่นพอ ซึ่งทางโรงงานได้มีการควบคุมโดยให้คนงานตรวจทานความแข็งแรงของเซอร์กิตที่ตอกก่อนจะส่งไปยังจุดทำงานขั้นตอนต่อไป โดยทั้งสามขั้นตอนนี้ถือว่าอยู่ในการควบคุมของทางโรงงานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และขั้นตอนสุดท้ายคือขั้นตอนเชื่อมต่อเฮดเดอร์ โดยขั้นตอนนี้ส่งผลให้เกิดคอยล์เย็นรั่ว 2 สาเหตุด้วยกันคือ สาเหตุแรกเกิดจากการที่คนงานเชื่อมไม่เต็มรอยเชื่อม ทำให้เกิดโพรงอากาศและส่งผลให้เกิดคอยล์เย็นรั่ว ซึ่งสาเหตุนี้ยังไม่ได้รับการควบคุมจากทางโรงงานการศึกษา และอีกหนึ่งสาเหตุคือ การที่คนงานเชื่อมต่อเฮดเดอร์ไม่ครบ ซึ่งสาเหตุนี้ได้รับการควบคุมจากทางโรงงานการศึกษาเรียบร้อยแล้ว โดยทางโรงงานได้ให้พนักงานตรวจสอบจุดที่ทำการเชื่อมชิ้นงานให้ครบทุกจุดก่อนจะส่งไปยังจุดทดสอบต่อไป ซึ่งเป็นการควบคุมที่ได้ประสิทธิภาพและให้ผลลัพธ์ที่ดี

จากการศึกษาพบว่าขั้นตอนที่ยังไม่ได้รับการควบคุมหรือแก้ไขคือ ขั้นตอนเชื่อมต่อเฮดเดอร์ ซึ่งส่งผลให้คอยล์เย็นรั่วเนื่องจากการเชื่อมไม่เต็มรอยเชื่อม จึงทำให้เกิดโพรงอากาศและส่งผลให้คอยล์เย็นรั่ว หากสามารถควบคุมหรือแก้ไขไม่ให้เกิดคอยล์เย็นรั่วจากขั้นตอนนี้ได้ จะส่งผลให้ลดโอกาสการเกิดของเสีย และยังเป็นการเพิ่มคุณภาพของรอยเชื่อมให้กับทางโรงงานการศึกษาได้อีกด้วย

4.3 ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาคอยล์เย็นรั่วจากขั้นตอนการผลิต

จากรอยเชื่อมที่ไม่ได้คุณภาพทำให้เกิดปัญหาคอยล์เย็นรั่ว ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาสาเหตุของปัญหา โดยใช้แผนผังเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) หรือแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) วิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง โดยใช้หลัก 4M+1E ซึ่งในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาคอยล์เย็นรั่วด้วยแผนผังนี้จะเลือกสาเหตุที่สามารถแก้ไขได้มาปรับปรุง โดยผลการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 4.21 ดังนี้

จะเห็นได้ว่าสาเหตุที่เกิดจากคนที่อาจส่งผลให้คอยล์เย็นรั่วนี้ เป็นสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้ หรือ อาจจะควบคุมได้ในส่วนของอายุหรือเพศของคนงานก่อนเข้าปฏิบัติงานแต่ยังไม่ใช่สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา คอยล์เย็นรั่วนี้

2. อุปกรณ์ (Machine)

สาเหตุจากอุปกรณ์ในขั้นตอนเชื่อมที่อาจส่งผลให้คอยล์เย็นรั่วคือ รถใส่คอยล์ เนื่องจากรถใส่คอยล์ ปัจจุบันที่ทางโรงงานกรณีศึกษาได้ใช้นั้นมีการวางคอยล์ในลักษณะแนวระนาบ เมื่อคนงานทำการเชื่อมทำให้ ลวดเชื่อมหลอมละลายไหลตกลงตามแรงโน้มถ่วงของโลก โดยไม่ซึมลึกเข้าสู่ช่องว่างระหว่างชิ้นงาน เกิดเป็น โพรงอากาศและส่งผลทำให้เกิดคอยล์เย็นรั่ว

จะเห็นได้ว่าสาเหตุที่เกิดจากรถใส่คอยล์ในขั้นตอนเชื่อมนี้ เป็นสาเหตุที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อ ขั้นตอนการเชื่อม และเป็นสาเหตุที่สามารถควบคุมหรือแก้ไขเพื่อลดปริมาณคอยล์เย็นรั่วลงได้

3. วิธีการ (Methods)

สาเหตุที่เกิดจากวิธีการทำงานที่อาจส่งผลให้คอยล์เย็นรั่วในขั้นตอนเชื่อมนี้ มี 3 สาเหตุด้วยกันคือ การปรับระดับเปลวไฟ ความเร็วในการเชื่อม และระยะห่างระหว่างเปลวไฟและคอยล์ โดยการปรับระดับเปลวไฟของหัวเชื่อมไม่มีการบอกระดับเปลวไฟที่เหมาะสม ทำให้ในการปรับเปลวไฟแต่ละครั้งอาจไม่คงที่ ส่งผลให้ ความร้อนที่ใช้ในการเชื่อมไม่เหมาะสมต่อการหลอมละลายของลวดเชื่อมและชิ้นงาน และเป็นเหตุที่อาจทำให้เกิดคอยล์เย็นรั่วได้ อีกหนึ่งสาเหตุที่อาจส่งผลให้เกิดคอยล์เย็นรั่วคือ ความเร็วในการเชื่อม ซึ่งในการเชื่อมแต่ละครั้ง คนงานอาจจะใช้หัวเชื่อมจี้ลวดเชื่อมกับชิ้นงานเร็วเกินไป ทำให้ลวดเชื่อมยังไม่หลอมละลายดี จึงไม่สามารถไหลไปปกคลุมชิ้นงานได้เต็มพื้นที่ เกิดเป็นลักษณะแบบรอยเชื่อมไม่เต็ม ซึ่งส่งผลให้เกิดคอยล์เย็นรั่ว และสาเหตุสุดท้ายที่เกิดจากวิธีการทำงานคือ ระยะห่างระหว่างเปลวไฟและคอยล์ โดยในการเชื่อมหากคนงาน เว้นระยะห่างระหว่างเปลวไฟและคอยล์ได้ไม่เหมาะสมนั้นก็ส่งผลถึงความร้อนที่ใช้ในการเชื่อม คือ หาก ระยะห่างระหว่างเปลวไฟและคอยล์มากเกินไป ความร้อนที่เกิดขึ้นขณะทำการเชื่อมอาจไม่เพียงพอหรือเหมาะสมที่จะหลอมละลายลวดเชื่อม เป็นเหตุให้ลวดเชื่อมไม่สามารถไหลไปปกคลุมพื้นที่ที่ทำการเชื่อม ทั้งหมดได้

จากสาเหตุที่เกิดจากวิธีการข้างต้นจะเห็นได้ว่า การปรับระดับเปลวไฟ ความเร็วในการเชื่อม และ ระยะห่างระหว่างเปลวไฟและคอยล์นั้น ต้องอาศัยทักษะ ความชำนาญ และประสบการณ์ของคนงานในการ เชื่อม เนื่องจากในทางปฏิบัติเราไม่สามารถปรับระดับเปลวไฟให้เหมาะสมและเท่ากันได้ทุกครั้งในการเชื่อม ความเร็วที่ใช้ในการจี้ลวดเชื่อมกับชิ้นงานก็ไม่สามารถทำให้คงที่สม่ำเสมอได้ทุกครั้ง และการเว้นระยะห่าง

ระหว่างเปลวไฟและคอยล์ก็ไม่สามารถเว้นระยะให้เท่ากันได้ทุกครั้งเสมอไป ซึ่งสาเหตุทั้งหมดที่กล่าวมานี้ชี้ให้เห็นว่า เป็นสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้นั่นเอง

4. วัสดุ (Materials)

สาเหตุจากวัสดุที่อาจส่งผลในขั้นตอนเชื่อมคือ ลวดเชื่อม เพราะหากลวดเชื่อมที่ใช้มีคุณภาพต่ำก็จะส่งผลต่อคุณภาพของรอยเชื่อมในงานนั้น ๆ ด้วย ลวดเชื่อมจะมีคุณภาพสูงหรือคุณภาพต่ำขึ้นอยู่กับส่วนผสมของลวดเชื่อมชนิดนั้น ๆ ในโรงงานกรณีศึกษาเครื่องปรับอากาศนี้ใช้ลวดเชื่อมชนิด 0% ซึ่งไม่มีส่วนผสมของเงิน ทำให้ได้คุณภาพของรอยเชื่อมที่ต่ำ เนื่องจากลวดเชื่อมที่มีส่วนผสมของเงินในปริมาณที่สูงจะให้คุณสมบัติด้านความแข็งแรงของรอยเชื่อมสูงตามไปด้วย แต่ในขณะเดียวกันลวดเชื่อมที่มีส่วนผสมของเงินอยู่ในปริมาณมาก ๆ ก็มีราคาสูง ทำให้เป็นการเพิ่มต้นทุนในสายการผลิตของโรงงาน ทางโรงงานจึงเลือกที่จะใช้ลวดเชื่อมชนิด 0% ที่มีราคาต่ำ เพราะลวดเชื่อมชนิดนี้ก็มีความเหมาะสมกับงานเชื่อมทองแดง และที่สำคัญคือราคาประหยัด ทำให้โรงงานสามารถลดต้นทุนในสายการผลิตได้

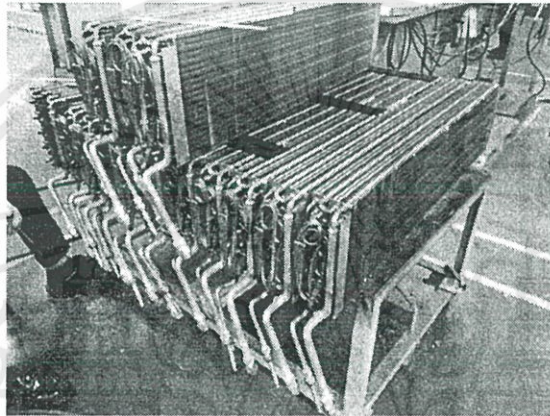
จากสาเหตุที่เกิดจากวัสดุในขั้นตอนเชื่อมข้างต้น ชี้ให้เห็นว่าเป็นสาเหตุที่เราสามารถควบคุมได้ โดยการเปลี่ยนชนิดของลวดเชื่อมที่ใช้ให้มีคุณภาพที่สูงกว่าชนิดที่โรงงานใช้อยู่ แต่ในทางปฏิบัติแล้วเราไม่สามารถไปปรับเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ในขั้นตอนเชื่อมนี้ได้ เนื่องจากเป็นการเพิ่มต้นทุนในสายการผลิตให้กับทางโรงงาน ซึ่งไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการทำปฏิญญาพันธันนี้ ผู้วิจัยจึงเห็นว่าสาเหตุจากวัสดุในขั้นตอนเชื่อมนี้เป็นสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมหรือเปลี่ยนแปลงได้นั่นเอง

5. สิ่งแวดล้อม (Environment)

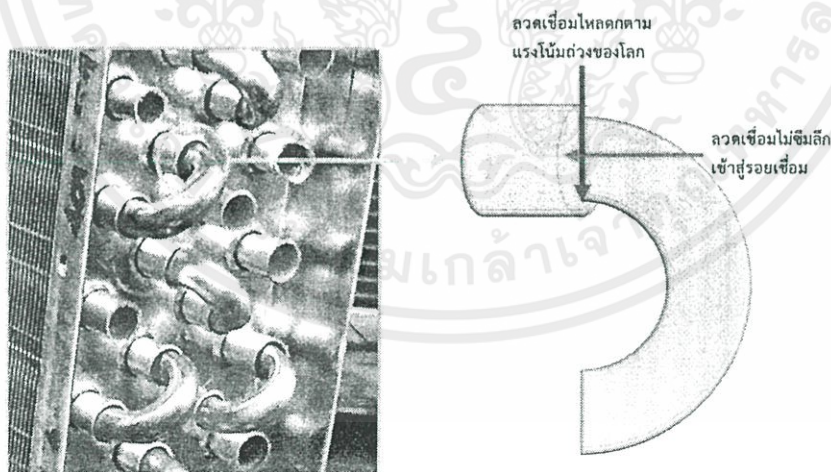
สาเหตุจากสิ่งแวดล้อมที่อาจส่งผลในขั้นตอนเชื่อมคือ แสงสว่าง อากาศ และเสียง โดยในขณะที่ปฏิบัติงานแสงสว่างที่ใช้ในบริเวณนั้นอาจไม่เพียงพอส่งผลต่อการมองเห็นขณะทำการเชื่อม หรือด้วยสภาพอากาศที่ร้อนของประเทศไทยทำให้นักงานต้องเปิดพัดลมขณะทำงาน ลมจากพัดลมที่พัดอาจผ่านเข้าสู่ชิ้นงานขณะทำการเชื่อมจึงส่งผลทำให้รอยเชื่อมมีคุณภาพที่ต่ำลงก็เป็นได้ หรือด้วยอีกสาเหตุหนึ่งที่เกิดจากเสียงดังอีกทีก็ของเครื่องจักรในโรงงานซึ่งอาจรบกวนสมาธิของพนักงานขณะทำการเชื่อม ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเชื่อมลดลง จึงเป็นเหตุให้เกิดคอยล์เย็นรั่วก็เป็นได้

จากสาเหตุของสิ่งแวดล้อมที่อาจส่งผลในขั้นตอนเชื่อมข้างต้น จะเห็นว่าเราสามารถควบคุมสาเหตุนี้ได้ โดยการปรับแสงสว่างให้เหมาะสมในบริเวณปฏิบัติงาน และสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียงเพื่อลดระดับความดังของเสียงที่ได้ยิน ซึ่งสาเหตุของสิ่งแวดล้อมดังกล่าวนี้ไม่ใช่สาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อขั้นตอนเชื่อม แต่อาจส่งผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

จากการวิเคราะห์ด้วยแผนผังเหตุและผล ชี้ให้เห็นว่าสาเหตุที่สามารถแก้ไขและปรับปรุงได้คือ สาเหตุที่เกิดจากอุปกรณ์หรือรถไถคอยล์ เนื่องจากลักษณะของรถไถคอยล์ปัจจุบันดังแสดงในรูปที่ 4.22 ทำให้คอยล์ถูกวางในแนวระดับ และส่งผลให้เมื่อทำการเชื่อมลวดเชื่อมหลอมละลายและไหลตกลงตามแรงโน้มถ่วงของโลก โดยไม่สามารถซึมลึกเข้าสู่รอยเชื่อมได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.23 ซึ่งแสดงลักษณะทิศทางการไหลของลวดเชื่อมตามแรงโน้มถ่วงของโลกของรถไถคอยล์ปัจจุบัน



รูปที่ 4.22 แสดงลักษณะของรถไถคอยล์ปัจจุบัน



รูปที่ 4.23 แสดงลักษณะทิศทางการไหลของลวดเชื่อม

จากสาเหตุดังกล่าวจึงเกิดเป็นแนวคิดว่า หากมุมที่ใช้ในการเชื่อม 90 องศาทำให้ลวดเชื่อมไหลอาบได้เพียงรอบรอยเชื่อม แต่ไม่สามารถซึมลึกเข้าสู่รอยเชื่อมได้ จึงสันนิษฐานว่าหากปรับเปลี่ยนลักษณะการวางคอยล์จากมุม 0 องศา กับแนวระดับให้วางคอยล์ทำมุมเอียงกับแนวระดับจะช่วยลดโอกาสการเกิดคอยล์เย็นร้าวได้ โดยมีแนวคิดคือ แรงโน้มถ่วงของโลกมีผลช่วยให้ลวดเชื่อมที่หลอมละลายแล้วไหลอาบได้ทั่วตลอดแนวเชื่อม (ลูกศรทิศ $g\sin\theta$) และแรงโน้มถ่วงของโลกยังช่วยให้ลวดเชื่อมที่หลอมละลายแล้วไหลซึมลึกเข้าไปในรอยเชื่อมได้เป็นอย่างดี (ลูกศรทิศ $g\cos\theta$) ทำให้ไม่เกิดปัญหาการร้าวที่รอยเชื่อมดังแสดงในรูปที่ 4.24 ซึ่งแสดงลักษณะกลไกการไหลของลวดเชื่อมเข้าสู่รอยเชื่อมในกรณีที่รอยเชื่อมสมบูรณ์ โดย g คือแรงโน้มถ่วงของโลก



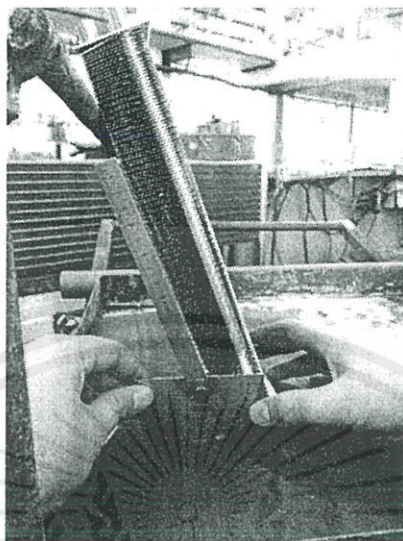
รูปที่ 4.24 แสดงกลไกการไหลของลวดเชื่อมตามแรงโน้มถ่วงของโลก

จากแนวคิดและข้อสันนิษฐานนี้จึงนำมาสู่การทดลองโดยนำคอยล์เย็นวางทำมุมเอียงขนาด 60 องศา 70 องศา และ 80 องศา กับแนวระดับดังแสดงในรูปที่ 4.25 จากนั้นให้คนงานทำการเชื่อมคอยล์เย็นและนำไปทดสอบคอยล์ร้าวเพื่อทำการทดลองว่า มุมใดที่เหมาะสมต่อการเชื่อมคอยล์เย็น โดยทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง ในแต่ละครั้งใช้คอยล์จำนวน 30 เครื่อง แบ่งเป็นมุม 60 องศา 70 องศา และ 80 องศา มุมละ 10 เครื่องตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองซ้ำทั้ง 3 ครั้งเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองคอยล์เย็นรั่ว

| ผลรวมการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง | | | |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| มูม (อ้างอิงกับแนวระดับ) | จำนวน (เครื่อง) | ผลการทดสอบคอยล์เย็น รั่ว (เครื่อง) | เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%) |
| 60 องศา | 30 | 6 | 20% |
| 70 องศา | 30 | 1 | 3.33% |
| 80 องศา | 30 | 1 | 3.33% |

จากการทดลองผลปรากฏว่าคอยล์เย็นที่ทำมูมขนาด 60 องศาที่แนวระดับ ทำให้เกิดคอยล์เย็นรั่วจำนวน 6 เครื่อง จากจำนวน 30 เครื่องที่นำมาทดสอบ หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสีย 20% ส่วนมูม 70 องศา และ 80 องศา ทำให้เกิดคอยล์เย็นรั่วจำนวน 1 เครื่อง หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสีย 3.33% จากการทดลองดังกล่าวจึงพบว่า ขนาดของมูมมีผลกับการไหลของลวดเชื่อม โดยมูม 60 องศาส่งผลให้เกิดคอยล์เย็นรั่วถึง 20% ซึ่งมากกว่ามูม 70 องศาและ 80 องศา เนื่องมาจากการทำมูมที่เข้าใกล้กับแนวระดับทำให้ทิศทางการไหลอาบไม่ครอบคลุมรอบรอยเชื่อม และทิศทางการไหลซึมลึกตามแรงโน้มถ่วงของโลกอาจจะซึมลึกไม่ตีมากนักจึงทำให้คอยล์เย็นรั่ว ส่วนมูม 70 องศาและ 80 องศาทำให้เกิดคอยล์เย็นรั่วเช่นกันแต่พบว่ามีจำนวนที่น้อยมาก ซึ่งสันนิษฐานว่าอาจจะเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น วันที่ทำการทดลองคนงานอาจจะเกิดความเมื่อยล้าทำให้ทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ หรือด้วยสภาพอากาศที่ร้อนทำให้คนงานรู้สึกไม่มีสมาธิในการทำงาน เป็นต้น ซึ่งจากข้อสันนิษฐานข้างต้นมีความเป็นไปได้สูง เพราะมูม 70 องศาและ 80 องศา มีขนาดที่ทำให้แรงโน้มถ่วงของโลกช่วยให้ลวดเชื่อมไหลอาบได้ทั่วตลอดแนวเชื่อม และแรงโน้มถ่วงของโลกยังช่วยให้ลวดเชื่อมที่หลอมละลายแล้วไหลซึมลึกเข้าไปในรอยเชื่อมได้เป็นอย่างดี จึงทำให้อรอยเชื่อมมีประสิทธิภาพและเกิดการรั่วของคอยล์เย็นในปริมาณที่น้อยมาก



รูปที่ 4.25 ลักษณะการวางคอยล์เย็นทำมุมเอียงกับแนวระดับ

จากการทดลองทำให้ทราบว่ามุมเอียงที่เหมาะสมในการเชื่อมคอยล์ควรอยู่ระหว่างมุม 70 และ 80 องศา กับแนวระดับ จึงมีแนวคิดที่จะออกแบบรถใส่คอยล์ให้มุมในการเชื่อมคอยล์อยู่ที่ประมาณ 75 องศา เพื่อลดความกว้างของตัวรถ ทำให้ประหยัดพื้นที่ในการทำงานและเคลื่อนย้ายรถได้สะดวกมากขึ้น จากแนวคิดนี้จึงได้ทำการทดลองเชื่อมคอยล์เย็นที่มุม 75 องศา เพื่อตรวจสอบว่าทำให้เกิดคอยล์เย็นรั่วหรือไม่ โดยทำการทดลองเชื่อมคอยล์เย็นจำนวน 5 เครื่อง ผลปรากฏว่า ไม่พบการรั่วไหลของคอยล์เย็น และทำการเปรียบเทียบเวลาในการทำงานระหว่างวิธีการทำงานแบบเดิมและแบบใหม่ โดยทำการจับเวลาวิธีการทำงานแบบเดิมจำนวน 5 ครั้ง และวิธีการทำงานแบบใหม่ 5 ครั้ง ค่าเฉลี่ยจากการจับเวลาแสดงดังตารางที่ 4.6 ดังนี้

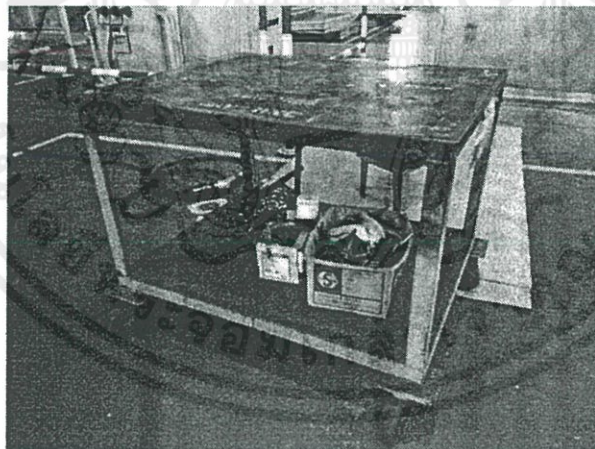
ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบเวลาจากวิธีการทำงานแบบเดิมและแบบใหม่

| วิธีการทำงาน | เวลา (นาที) |
|--------------|-------------|
| 1. แบบเดิม | 4.07 |
| 2. แบบใหม่ | 3.53 |

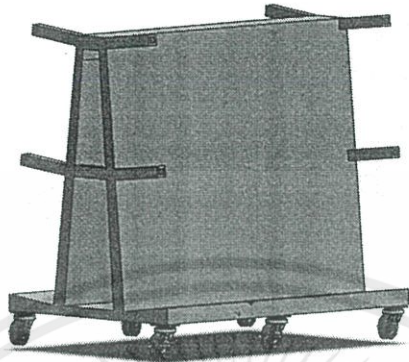
จากตารางผลปรากฏว่า วิธีการทำงานแบบใหม่ใช้เวลาเฉลี่ยทั้งสิ้น 3.53 นาทีต่อคอยล์เย็นหนึ่งชิ้น และวิธีการทำงานแบบเดิมใช้เวลาเฉลี่ยทั้งสิ้น 4.07 นาทีต่อคอยล์หนึ่งชิ้น ซึ่งวิธีการทำงานแบบใหม่สามารถลดเวลาจากวิธีการทำงานแบบเดิมไปได้ถึง 0.14 นาที หรือ 14 วินาที ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากวิธีการทำงานแบบใหม่ช่วยให้คนงานสามารถมองเห็นรอยเชื่อมได้อย่างชัดเจนจึงเชื่อมได้รวดเร็วกว่าวิธีเดิม ดังนั้นจากผลการทดลองเชื่อมคอยล์เย็นที่มุม 75 องศา และผลจากการจับเวลาสามารถสรุปได้ว่า วิธีการทำงานแบบใหม่ด้วยการออกแบบรัดใส่คอยล์ที่มุม 75 องศา ช่วยลดการเกิดคอยล์เย็นรั่วและยังช่วยลดเวลาในการทำงานได้อีกด้วย

4.4 ผลการเสนอแนวทางเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

จากลักษณะของรัดใส่คอยล์แบบเดิมก่อนทำการปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 4.26 ส่งผลให้เกิดปัญหาคอยล์เย็นรั่ว เนื่องจากลวดเชื่อมไม่สามารถไหลซึมลึกเข้าสู่รอยเชื่อมได้ ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางในการปรับปรุงรัดใส่คอยล์แบบใหม่ โดยใช้โปรแกรม SOLIDWORKS 2015 ออกแบบให้มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.27



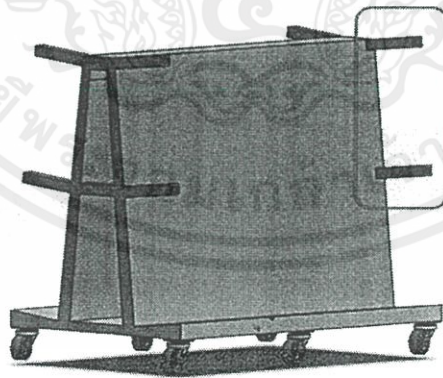
รูปที่ 4.26 แสดงลักษณะรัดใส่คอยล์แบบเดิม



รูปที่ 4.27 แสดงลักษณะของรถใส่คอยล์แบบใหม่

โดยรถใส่คอยล์แบบใหม่ที่ออกแบบมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. รถใส่คอยล์ถูกออกแบบมาให้วางคอยล์ในแนวตั้งด้วยมุม 75 องศา กับแนวระดับเพื่อเปลี่ยนทิศทางการไหลของลาวดเชื่อมให้ซึมลึกเข้าสู่รอยเชื่อมได้มากขึ้น
2. มีล้อเพื่อให้เคลื่อนย้ายรถได้สะดวกมากขึ้น
3. มีแท่งเหล็กกั้นกันคอยล์ตกจากตัวรถดังแสดงในรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 แสดงลักษณะแท่งเหล็กกั้นคอยล์

4. รถใส่คอยล์แบบใหม่วางคอยล์ได้ทั้งสิ้น 20 ตัว แบ่งเป็นวางคอยล์ข้างละ 10 เครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.29 และวางคอยล์ซ้อนกันได้ 2 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.29 แสดงลักษณะการวางคอยล์ 10 เครื่อง รูปที่ 4.30 แสดงลักษณะการวางคอยล์ซ้อนกัน 2 ชั้น

จากการออกแบบรถใส่คอยล์ได้มีการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียระหว่างรถใส่คอยล์แบบเดิมและรถใส่คอยล์แบบใหม่ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ข้อดีและข้อเสียของรถใส่คอยล์แบบเดิมและแบบใหม่

| รถใส่คอยล์ | ข้อดี | ข้อเสีย |
|---------------------------------|--|--|
| แบบเดิม (Conventional Model) | <ol style="list-style-type: none"> 1. วางคอยล์ซ้อนกันได้ 18 เครื่อง 2. รถมีความแข็งแรง เคลื่อนย้ายได้ง่าย | <ol style="list-style-type: none"> 1. ทำให้ครีประบายความเย็นเสียหาย เนื่องจากชั้นล่างสุดถูกกดทับด้วยน้ำหนักที่มากเกินไป 2. ดอกเฮดเดอร์ยาก 3. ส่งผลให้เกิดปัญหาคอยล์เย็นเร็ว |
| แบบใหม่ (New Model) | <ol style="list-style-type: none"> 1. วางคอยล์ซ้อนกันได้ 20 เครื่อง 2. ทำให้ครีประบายความเย็นไม่ได้รับความเสียหายเนื่องจากไม่ต้องรับน้ำหนักที่มากเกินไป 3. ช่วยให้คนงานดอกเฮดเดอร์ได้ง่ายขึ้น 4. รถมีความแข็งแรง เคลื่อนย้ายได้ง่าย 5. ช่วยลดปัญหาคอยล์เย็นเร็ว ทำให้มีประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเพิ่มมากขึ้น | <p>*หมายเหตุ: ยังไม่พบข้อเสียเนื่องจากการศึกษานี้เป็นเพียงแนวทางแก้ปัญหา ยังไม่มีการนำไปใช้จริง</p> |

จากตารางเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของรถใส่คอยล์แบบเดิมและแบบใหม่ ทำให้ทราบว่ารถใส่คอยล์แบบใหม่สามารถช่วยแก้ปัญหาคอยล์เย็นเร็วได้ ทั้งยังช่วยให้ครีประบายความเย็นไม่ได้รับความเสียหาย แต่ข้อเสียที่อาจเกิดขึ้นยังไม่ทราบแน่ชัด เนื่องจากการศึกษานี้เป็นเพียงแนวทางแก้ปัญหา ยังไม่มีการนำไปใช้จริง โดยตารางนี้เป็นเพียงแนวทางในการตัดสินใจแก้ปัญหาสำหรับโรงงานกรณีศึกษาเท่านั้น ซึ่งสุดท้ายแล้วก็ขึ้นอยู่กับทางโรงงานว่าจะตัดสินใจแก้ปัญหาด้วยวิธีใด

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาข้อมูลปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศและปริมาณคอยล์เย็นรั่วย้อนหลัง โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม - กรกฎาคม 2559 สรุปได้ว่า เครื่องปรับอากาศชนิดตั้ง/แขวน รุ่น DDV 25 มีปริมาณการผลิต 215 เครื่อง และปริมาณคอยล์เย็นรั่ว 46 เครื่อง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสีย 21.4% ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียที่มากที่สุด เมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของเสียของคอยล์เย็นรุ่นอื่น ๆ และจากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาขั้นตอนการผลิตที่ส่งผลให้เกิดการรั่วของคอยล์เย็นและยังไม่ได้รับการควบคุมหรือแก้ไข พบว่า ขั้นตอนเชื่อมท่อเฮดเดอร์เป็นขั้นตอนที่ส่งผลให้คอยล์เย็นรั่วเนื่องจากลวดเชื่อมไหลไม่เต็มรอยเชื่อมและไม่ซึมลึกเข้าไปในรอยเชื่อมจึงทำให้เกิดโพรงอากาศและส่งผลให้คอยล์เย็นรั่ว

หลังจากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาคอยล์เย็นรั่วจากขั้นตอนการผลิต โดยใช้แผนผังเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) หรือแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) วิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง สรุปได้ว่า สาเหตุที่สามารถแก้ไขและปรับปรุงได้คือ สาเหตุที่เกิดจากอุปกรณ์หรือวัสดุคอยล์ เนื่องจากลักษณะของวัสดุคอยล์ปัจจุบันทำให้คอยล์ถูกวางในแนวระดับ ส่งผลให้เมื่อทำการเชื่อมลวดเชื่อมหลอมละลายแล้วไหลตกลงตามแรงโน้มถ่วงของโลกทำให้ลวดเชื่อมหลอมละลายไม่สามารถซึมลึกและปกคลุมเข้าสู่รอยเชื่อมได้ จากสาเหตุดังกล่าวจึงเกิดเป็นแนวคิดว่า หากมุมที่ใช้ในการเชื่อมในแนวระดับทำให้ลวดเชื่อมไหลอาบได้เพียงรอบรอยเชื่อม แต่ไม่สามารถซึมลึกเข้าสู่รอยเชื่อมได้ จึงสันนิษฐานว่าหากปรับเปลี่ยนลักษณะการวางคอยล์ในแนวระดับให้วางคอยล์ทำมุมเอียงกับแนวระดับจะช่วยลดโอกาสการเกิดคอยล์เย็นรั่วได้ โดยมีแนวคิดคือ แรงโน้มถ่วงของโลกมีผลช่วยให้ลวดเชื่อมที่หลอมละลายแล้วไหลอาบได้ทั่วตลอดแนวเชื่อม และแรงโน้มถ่วงของโลกยังช่วยให้ลวดเชื่อมที่หลอมละลายแล้วไหลซึมลึกเข้าไปในรอยเชื่อมได้เป็นอย่างดี ทำให้ไม่เกิดปัญหาการรั่วที่รอยเชื่อม จากแนวคิดและข้อสันนิษฐานนี้จึงนำมาสู่การทดลองโดยนำคอยล์เย็นวางทำมุมเอียง 60 องศา 70 องศา และ 80 องศากับแนวระดับ ผลการทดลองปรากฏว่าชิ้นงานที่ทำมุมขนาด 60 องศากับแนวระดับยังมีผลให้เกิดคอยล์เย็นรั่ว ส่วนมุมขนาด 70 และ 80 องศา ไม่ทำให้เกิดการรั่วของคอยล์เย็น จึงสรุปได้ว่ามุมเอียงที่เหมาะสมในการเชื่อมคอยล์ควรอยู่ระหว่างมุม 70 และ 80 องศากับแนวระดับ จึงมีแนวคิดที่จะออกแบบบรรจุ

ใส่คอล์ยล์ใหม่ในการเชื่อมคอล์ยล์อยู่ที่ประมาณ 75 องศา หลังการทดสอบการเชื่อมคอล์ยล์เย็นที่มุมเอียง 75 องศา พบว่า คอล์ยล์เย็นไม่ร้าว และยังสามารถลดเวลาการทำงานของการเชื่อมคอล์ยล์เย็นจาก 4.07 นาที เหลือ 3.53 นาที

จากข้อมูลการวิเคราะห์และทดลองจึงนำมาสู่การเสนอแนวทางเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ด้วยการออกแบบและปรับปรุงรถใส่คอล์ยล์แบบใหม่โดยใช้โปรแกรม SolidWorks 2015 ออกแบบให้วางคอล์ยล์ด้วยมุม 75 องศา กับแนวระดับเพื่อเปลี่ยนทิศทางการไหลของลวดเชื่อมให้ซึมลึกเข้าสู่รอยเชื่อมได้มากขึ้นและไหลอาบได้เต็มรอยเชื่อม อีกทั้งรถใส่คอล์ยล์แบบใหม่หนึ่งคันสามารถวางคอล์ยล์ได้ทั้งสิ้น 20 ตัว ช่วยให้ครีบบรรบายความเย็นไม่ได้รับความเสียหายเนื่องจากการซ้อนทับกันของคอล์ยล์เย็นในรถใส่คอล์ยล์แบบเดิม ช่วยให้คนงานตอกเฮดเตอร์ได้ง่ายขึ้น รถมีความแข็งแรง เคลื่อนย้ายได้ง่าย และช่วยลดปัญหาคอล์ยล์เย็นร้าวทำให้มีประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเพิ่มมากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ด้วยแผนผังเหตุและผล เพื่อหาสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดการร้าวของคอล์ยล์เย็น พบว่ามีอยู่หลายสาเหตุด้วยกัน แต่สาเหตุที่สามารถแก้ไขและปรับปรุงได้รองลงมาจากสาเหตุของรถใส่คอล์ยล์คือ วิธีการปรับระดับเปลวไฟ เนื่องจากวิธีปัจจุบันที่ทางโรงงานใช้อยู่ไม่มีมาตรวัดบอกระดับความร้อนที่เหมาะสมในการปรับระดับเปลวไฟ อาศัยเพียงความชำนาญของคนงานในการปรับระดับเปลวไฟเท่านั้น ทำให้ในการเชื่อมคอล์ยล์แต่ละครั้งความร้อนที่ใช้อาจไม่คงที่ทำให้ระดับเปลวไฟมีความร้อนมากเกินไปหรือน้อยเกินไป ส่งผลให้ลวดเชื่อมหลอมละลายและไหลได้ไม่เต็มประสิทธิภาพและทำให้เกิดคอล์ยล์ร้าว เพื่อให้ได้ความร้อนที่คงที่และเหมาะสมต่อการเชื่อมคอล์ยล์ ทางโรงงานจึงควรมีการทำมาตรวัดบอกระดับความร้อนที่เหมาะสมติดไว้ที่วาล์วปรับระดับเปลวไฟ เพื่อลดปัจจัยที่อาจทำให้เกิดคอล์ยล์เย็นร้าวได้ ทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้กับสายการผลิตได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมอุตุนิยมวิทยา, ภูมิอากาศของประเทศไทย. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
http://www.tmd.go.th/info/climate_of_thailand-2524-2553.pdf. 2553.
- [2] สำนักงานสถิติแห่งชาติ, ร้อยละของครัวเรือน ที่รายงานการเป็นเจ้าของเครื่องปรับอากาศ. [Online].
เข้าถึงได้จาก : http://service.nso.go.th/nso/nso_center/project/search_center/23project-th.htm.
- [3] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (สคอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม, สถิติอุตสาหกรรม. [Online].
เข้าถึงได้จาก : <http://www.oie.go.th/academic/statistics>.
- [4] ประเภทของเครื่องปรับอากาศและวิธีใช้อย่างประหยัด. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.bkairsupply.com>.
- [5] เครื่องปรับอากาศชนิดติดผนัง ขึ้นเดียว. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.air-mitsubishi.com/wall-aircondition.html>. 2554.
- [6] Window Type Air Conditioner. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
http://airconditioner.tech-details.com/Gree_GJC05BJ-K3MND1A/.
- [7] ประเภท (Type) ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้กันทั่วไปมีกี่ประเภท. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.daikin.co.th/service-knowledge/ประเภท-type-ของเครื่องปรับอ/>. 2558.
- [8] Movable Type Hand Held Air Conditioner 18000BTU A002K. [Online] เข้าถึงได้จาก :
https://www.alibaba.com/product-detail/movable-type-hand-held-air-conditioner_767214324.html.
- [9] เครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง (Wall Type Air Conditioner). [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.pac.co.th/pac-ecoaire-wall-type.php>.
- [10] ประเภทของเครื่องปรับอากาศ แบ่งโดยประโยชน์ใช้สอย. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.thaiaircare.com/article/1463/>.

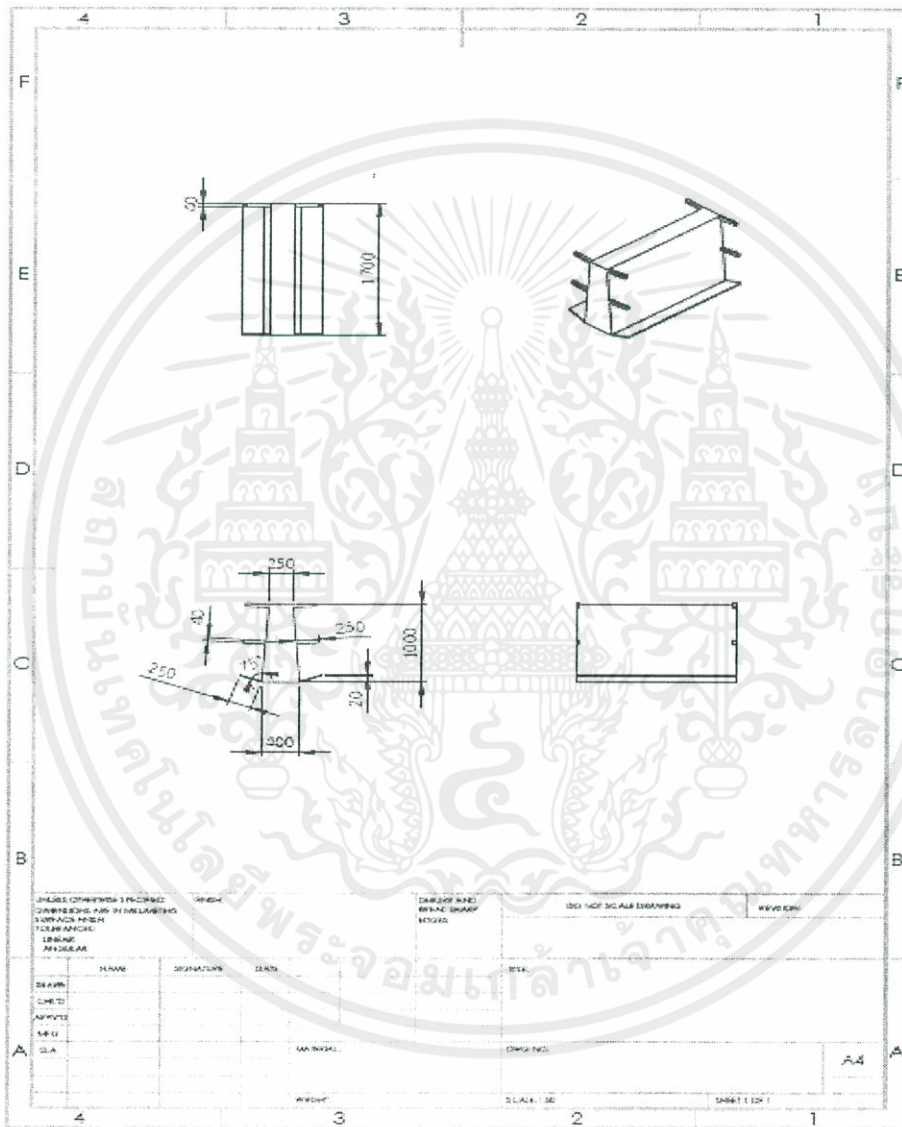
- [11] Floor Standing Type Air Conditioner. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://yonanac99.en.made-in-china.com/product-group/ZeYnpdlEbRWX/Floor-Standing-Type-Air-Conditioner-catalog-1.html>.
- [12] ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (split type). [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://ienergyguru.com/2015/01/>.
- [13] คอมเพรสเซอร์ เครื่องปรับอากาศ. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
www.cmrefrig-acpart.com/.
- [14] Air Conditioning การปรับอากาศ. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://ienergyguru.com/2015/09/air-conditioning/>.
- [15] มนูญ วินทะไชย, งานเชื่อมแก๊ส. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
http://www.pattayatech.ac.th/files/150511088525213_15051111115244.pdf.
- [16] การเชื่อมแก๊ส. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
http://www.pcat.ac.th/_files_school/00000831/data/00000831_1_20141106-121955.pdf.
- [17] เจริญนครเวตต์ตั้ง, ไนโตรเจน กับเรื่องที่เราควรรู้ก่อนใช้งาน. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://oxygenthai.blogspot.com/2012/08/Nitrogen-regulator.html>.
- [18] งานเชื่อมแก๊ส. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
http://www.pattayatech.ac.th/files/150511088442145_15060218184631.pdf.
- [19] ชนิดของลวดเชื่อมเงิน แบ่งตาม เปอร์เซนต์ของเงินที่ผสมอยู่. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
<http://2013.gun.in.th/index.php?topic=46258.0>.
- [20] เขิตเชลง ชิตชวนกิจ และคณะ, 2524. วิศวกรรมกรรมการเชื่อม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- [21] วัชรินทร์ จรุงจิตสุนทร, 2548. หลักการและแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : แอ๊ปเปิ้ล พรินท์ติ้ง กรุ๊ป จำกัด.
- [22] กิตติพงษ์ กิมะพงศ์ และคณะ, 2555. ทำการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของรอยเชื่อมท่อไอเสียรถยนต์: การทดแทนวัสดุชิ้นส่วนเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนิติกด้วยเหล็กหล่อเหนียว. โครงการวิจัย สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

- [23] คลอเคลีย์ วจนะวิชากร และคณะ, 2555. การพัฒนาปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โรงผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. ปรินิพนธ์เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- [24] จงกล ศรีธรร, 2558. การศึกษาผลกระทบของกระบวนการเชื่อมต่อสมบัดทางกลของการเชื่อมพอกผิวแข็งเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยทั้งสเดนคาร์ไบด์หลอมเหลว. รายงานการวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [25] ธิติวดี สุขสุดประเสริฐ และคณะ, 2556. การออกแบบและสร้างเครนเคลื่อนย้ายแม่พิมพ์สำหรับเครื่องฉีดพลาสติก. ปรินิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [26] นคร บุตรดีเลิศ และคณะ, 2554. การปรับปรุงและพัฒนากระบวนการประกอภกันขนด้านหน้าของรถยนต์ ยี่ห้อฟอร์ด รุ่นเพียส์ต้า. ปรินิพนธ์เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [27] พิทธพนธ์ พิทักษ์, 2552. การศึกษากระบวนการผลิตเพื่อการเพิ่มผลผลิต กรณีศึกษา อุตสาหกรรมล้างขวด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและระบบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [28] เอก มณีคำ, 2555. การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเชื่อมมิก สำหรับขาเบรกรถยนต์โดยการออกแบบการทดลอง กรณีศึกษาในโรงงานอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [29] Amza Gh., Groza Dragomir M., Paise S., 2013. Theoretical and Experimental Contributions Regarding the Impact on Work Environment of Welding Processes in Mig / Mag Protective Gas Medium. B.Eng. Thesis of University of Bucharest.
- [30] CHO D.-W., KIRAN D.V., NA S.-J., vol.94 2015. PP. 396-401. Analysis of the Flux Consumption and Metal Transfer for Tandem Submerged Arc Welding Process under Iso-Heat Input Conditions. Welding Research.
- [31] Hansen David, Møller Niels, 2013. Work System Innovation: Designing Improvement Methods for Generative Capability. B.Eng. Thesis of Technical University of Denmark.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบโครงสร้างรถไฟใต้ดินคยล์เย็น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้