การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

นางสาวพัชราภรณ์ ปานแก้ว

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

นางสาวพัชราภรณ์ ปานแก้ว

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองโครงร่างการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

โดย นางสาวพัชราภรณ์ ปานแก้ว

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยณรงค์ เย็นศิริ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา ศรีจันทร์พิยม)

..... กรรมการภายนอก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัติ อัศวานุวัตร)

ชื่อ : นางสาวพัชราภรณ์ ปานแก้ว
ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1
สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา ศรีจันทร์พิยม
ปีการศึกษา : 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินความเหมาะสม 2) หาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และ 3) ศึกษาผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติ ของรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ และใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เรื่องงานท่อและการเชื่อมประสาน กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียน ปวช. 2 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต จำนวน 15 คน เครื่องมือวิจัย ได้แก่ ใบงาน 4 โมดูล แบบทดสอบภาคปฏิบัติ และแบบประเมิน สถิติที่ใช้ คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และค่าประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการเรียนรู้และใบงานมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.62, S.D. = 0.22) โดยมีจุดเด่นด้านการเน้นลงมือปฏิบัติและประเมินตนเอง 2) ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ (E_1/E_2) เท่ากับ 94.56/91.10 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด และ 3) ผู้เรียนร้อยละ 80.00 ผ่านการทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ (ทดสอบอัดแรงดัน 150 psi โดยไม่พบรอยรั่ว) ซึ่งบรรลุตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

(มีจำนวนทั้งสิ้น 131 หน้า)

คำสำคัญ : รูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ, ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล, งานท่อและการเชื่อมประสาน, ช่างเครื่องปรับอากาศ, เกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Miss Patcharaporn Pankaew

Independent Study Title : Development of a Competency-Based Learning Model for Piping and Brazing Based on the National Skill Standards for Residential and Small Commercial Air Conditioning, Level 1

Major Field : Electrical Engineering
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Independent Study Advisor : Assistant Professor Dr. Krishda Srichanpiyom

Academic Year : 2025

ABSTRACT

This research aimed to: 1) evaluate the suitability, 2) determine the 80/80 efficiency, and 3) study practical learning outcomes of a competency-based learning model and modular worksheets for piping and brazing. The sample included 15 second-year Electrical Power students at Phuket Technical College. Tools used were four modular worksheets, a practical test, and an evaluation form. Data were analyzed using mean, standard deviation, percentage, and efficiency formulas.

The results showed that: 1) the learning model and worksheets were highly suitable ($\bar{X}$ = 4.62, S.D. = 0.22), emphasizing hands-on practice and self-evaluation; 2) the model's efficiency (E1/E2) was 94.56/91.10, exceeding the 80/80 criterion; and 3) 80.00% of the students passed the practical test (holding 150 psi without leaks), successfully meeting the National Skill Standard for Air Conditioning Technicians, Level 1.

(Total 131 Pages)

Keywords: Competency-Based Learning, Modular Worksheets, Piping and Brazing, Air Conditioning Technician, National Skill Standards

_____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง "การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต" ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี จากความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา ศรีจันทร์พิยม อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยที่สละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องอย่างเอาใจใส่จนงานวิจัยสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่อนุเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพและให้ข้อเสนอแนะจนเครื่องมือวิจัยมีความถูกต้องสมบูรณ์ ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการ คณะครูและบุคลากร แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ รวมถึง คุณครูดำรงค์ ไชยตัน ที่กรุณาเป็นพี่เลี้ยงถ่ายทอดประสบการณ์และเทคนิคการสอนให้เป็นอย่างดียิ่ง ตลอดจนขอขอบคุณนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 จำนวน 15 คน ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และสมาชิกในครอบครัว ซึ่งเปรียบเสมือนทุกสิ่งทุกอย่าง ที่มอบความรัก สนับสนุนทุนทรัพย์ และเป็นกำลังใจสำคัญให้ก้าวผ่านอุปสรรคจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วง คุณค่าและประโยชน์จากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณมารดา บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

พัชราภรณ์ ปานแก้ว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูปภาพ ..... ซ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ 4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 หลักสูตรรายวิชาเครื่องปรับอากาศ (20104-2015) 5
2.2 มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 6
2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ 11
2.4 การจัดการเรียนรู้แบบโมดูล 13
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานท่อและการเชื่อมประสาน 14
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 28
3.1 วิเคราะห์และออกแบบแผนการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยการสร้างใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล 28
3.2 การสร้างเครื่องมือและประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 29
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 33
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย 39
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย 43
4.1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดู 43

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลการประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ 45
4.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล 47
4.4 ผลการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติและการบรรลุสมรรถนะตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ 48
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 50
5.1 สรุปผลการวิจัย 50
5.2 อภิปรายผลการวิจัย 51
5.3 ข้อเสนอแนะ 52
บรรณานุกรม 53
ภาคผนวก ก 54
แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะ 55
ใบความรู้ 70
ใบฝึกทักษะภาคปฏิบัติความสามารถ 87
ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล 88
แบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ 109
ภาคผนวก ข 113
แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) 114
แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วย(IOC) 116
แบบประเมินความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล 118
ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 120
ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วย(IOC) 121
ผลการประเมินความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล 122
ภาคผนวก ค 124
เอกสารขอเชิญเป็นผู้ประเมินเครื่องมือในงานวิจัย 125
ประวัติผู้เขียน 131

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ขนาดท่อทองแดง..... 15
ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับจุดประสงค์.....
เชิงพฤติกรรม 45
ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วย 46
ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินระดับความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล 46
ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ (E_1/E_2)..... 47
ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินทักษะปฏิบัติรายโมดูลของกลุ่มตัวอย่าง (N=15) 48
ตารางที่ 4-6 ผลการประเมินแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ..... 49
ตารางที่ ข-1 การประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม .114
ตารางที่ ข-2 การประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วย.....116
ตารางที่ ข-3 การประเมินความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล.....118
ตารางที่ ข-4 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับวัตถุประสงค์เชิง ..
พฤติกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ.....120
ตารางที่ ข-5 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วยโดย
ผู้เชี่ยวชาญ..... 121
ตารางที่ ข- 6 ผลการประเมินความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูลโดยผู้เชี่ยวชาญ 122
ตารางที่ ข- 7 ผลคะแนนการประเมินทักษะปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสานของผู้เรียน .....
แต่ละโมดูล 123
ตารางที่ ค 1 รายชื่อผู้ประเมินเครื่องมือในงานวิจัย.....125

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 ท่อทองแดง 15
ภาพที่ 2-2 การคลี่ท่อทองแดง 17
ภาพที่ 2-3 การใช้คัตเตอร์ตัดท่อ 17
ภาพที่ 2-4 การใช้ตะไบตัดท่อรูเข็ม 17
ภาพที่ 2-5 การลบคมด้วยรีมเมอร์ 18
ภาพที่ 2-6 การบานแฟลร์ชั้นเดียว 18
ภาพที่ 2-7 ท่อที่บานแล้วไม่มีรอยร้าว 19
ภาพที่ 2-8 การขยายปลายท่อ 20
ภาพที่ 2-9 ขัดผิวท่อบริเวณที่จะเชื่อมด้วยกระดาษทราย 21
ภาพที่ 2-10 การเชื่อมประสาน 22
ภาพที่ 2-11 เก็บงาน เมื่อลวดเชื่อมวิ่งเต็มรอยต่อแล้ว 22
ภาพที่ 2-12 ใช้น้ำสบู่ค้นหาจุดรั่วซึม 23
ภาพที่ 3-1 วิเคราะห์และออกแบบแผนการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ 28
ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสาน 30
ภาพที่ 3-3 คู่มือการปฏิบัติงานในระบบทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ 31
ภาพที่ 3-4 แผนการจัดการเรียนรู้ 31
ภาพที่ 3-5 แบบงานท่อจากแบบการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ 31
ภาพที่ 3-6 ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล 32
ภาพที่ 3-7 เอกสารประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 32
ภาพที่ 3-8 เอกสารประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วย 32
ภาพที่ 3-9 เอกสารประเมินความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล 33
ภาพที่ 3-10 แสดงผังลำดับขั้นตอนในการดำเนินงาน 34
ภาพที่ 3-11 บรรยากาศการชี้แจ้งการลงปฏิบัติ 35
ภาพที่ 3-12 บรรยากาศการฝึกทักษะปฏิบัติโมดูลที่ 1 36
ภาพที่ 3-13 บรรยากาศการฝึกทักษะปฏิบัติโมดูลที่ 2 36
ภาพที่ 3-14 บรรยากาศการฝึกทักษะปฏิบัติโมดูลที่ 3 36
ภาพที่ 3-15 บรรยากาศการฝึกทักษะปฏิบัติโมดูลที่ 4 37

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3-16 ดำเนินการทดสอบนักเรียนด้วยแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ..... 38
ภาพที่ 3-17 เอกสารการเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงาน 38

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการเรียนรู้อาชีวศึกษามุ่งเน้นการผลิตและพัฒนากำลังคนให้มีสมรรถนะวิชาชีพสอดคล้องกับความต้องการของสถานประกอบการ โดยเฉพาะการอ้างอิงกับเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2567 จึงได้กำหนดแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ฐานสมรรถนะ (Competency-Based Education) ซึ่งครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ เพื่อเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนออกไปปฏิบัติงานได้จริง

ในรายวิชาเครื่องปรับอากาศ ทักษะปฏิบัติในหน่วยเรียนเรื่อง 'งานท่อและการเชื่อมประสาน ถือเป็นหัวใจสำคัญของสาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 เนื่องจากเป็นงานที่ต้องอาศัยความแม่นยำสูง หากการวัด ตัด ดัด หรือการเชื่อมประสานทำไม่ถูกต้องตามหลักการ จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบการทำงาน เช่น เกิดรอยรั่วหรือมีการอุดตันในระบบสารทำความเย็น ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้คอมเพรสเซอร์เสียหายและสิ้นเปลืองพลังงาน จากประสบการณ์การจัดการเรียนการสอนรายวิชาเครื่องปรับอากาศ (20104-2015) ให้กับนักเรียนระดับ ปวช. 2 วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ยังประสบปัญหาด้านทักษะปฏิบัติอย่างมีนัยสำคัญ ปัญหาที่พบเจอบ่อยครั้งได้แก่ การบานแฟลร์ที่ไม่สมบูรณ์จนเกิดรอยรั่ว การดัดท่อที่บี้แบนเกินกว่ามาตรฐานกำหนด และการเชื่อมประสานที่ยังมีเขม่าหรือเศษวัสดุตกค้างอยู่ภายในท่อทองแดง เมื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหา พบว่าส่วนหนึ่งเกิดจากรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบเดิมที่เน้นการบรรยายและการสาธิตพร้อมกันทั้งกลุ่มใหญ่ ซึ่งไม่เอื้อต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนที่เรียนรู้หรือมีพื้นฐานช้ากว่าเพื่อน ไม่สามารถฝึกปฏิบัติและทบทวนตามศักยภาพของตนเองได้ทันท่วงที ส่งผลให้ชิ้นงานขาดความประณีตและไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานที่กำหนดไว้

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว การจัดการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะและการลงมือปฏิบัติจริงจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง สอดคล้องกับแนวคิดของ ทิศนา แขมมณี (2560) ที่ระบุว่าการจัดการเรียนรู้อาชีวศึกษาต้องมุ่งเน้นสมรรถนะที่ผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้จริง ซึ่งสมรรถนะนั้นเกิดจากการบูรณาการความรู้ ทักษะ และความสามารถเข้าด้วยกันเพื่อให้พร้อมรับมือกับการทำงานจริง (บังอร เสรีรัตน์ และคณะ, 2566) ดังนั้น รูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาความแตกต่างระหว่างบุคคล คือ การใช้ "ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล (Module)" เนื่องจากเป็นการจัดโครงสร้างการเรียนรู้ที่แบ่งเนื้อหาเป็นหน่วยย่อย ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และฝึกฝนซ้ำๆ ได้ด้วยตนเอง (Self-paced

learning) สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัชดาพรรณ อินทรสุขสันติ และอัญชลี สารรัตนะ (2565) ที่ศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้โมดูลเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะนั้น มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (83.38/80.66) และช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

จากปัญหาและแนวคิดทฤษฎีดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 โดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาและพัฒนาทักษะฝีมือของนักเรียนให้มีความเชี่ยวชาญยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนมีสมรรถนะผ่านเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงาน พร้อมก้าวสู่การประกอบอาชีพอย่างมืออาชีพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะและใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เรื่องงานท่อและการเชื่อมประสาน ตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ โดยผู้เชี่ยวชาญ

1.2.2 เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เรื่องงานท่อและการเชื่อมประสาน ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

1.2.3 เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสานของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ในรายวิชาเครื่องปรับอากาศ รหัส 20104-2015 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต ได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1.3.1 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเครื่องปรับอากาศ (รหัสวิชา 20104-2015) ปีการศึกษา 2568

2) กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต ห้อง 1 กลุ่ม 2 จำนวน 15 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง

1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

1) เนื้อหาจากรายวิชาเครื่องปรับอากาศ (20104-2015) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2567 โดยมุ่งเน้นในหน่วยที่ 4 เรื่องงานท่อและการเชื่อมประสาน

2) รูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ ประกอบด้วย

- แผนการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ หน่วยที่ 4
- ใบความรู้ เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน
- ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล จำนวน 4 โมดูล (จัดทำตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ 1 (ใช้สำหรับประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการ: E1) ได้แก่
  1. โมดูลที่ 1 : งานตัดและลบคมท่อทองแดง
  2. โมดูลที่ 2 : งานบานแฟลร์และงานขยายท่อ
  3. โมดูลที่ 3 : งานท่อแคปปิลารี่
  4. โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมประสานท่อด้วยแก๊ส
- แบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ เรื่องงานทดสอบรอยรั่วและวิเคราะห์คุณภาพแนวเชื่อม (ใช้สำหรับประเมินประสิทธิภาพของผลลัพธ์: E2)

1.3.3 ขอบเขตด้านระยะเวลาและสถานที่

1) ด้านระยะเวลา

ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2568 ถึง มีนาคม 2569

2) ด้านสถานที่

ห้องปฏิบัติการ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต

1.3.4 ขอบเขตด้านตัวแปรการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ กำหนดตัวแปรการวิจัยดังนี้

ตัวแปรต้น : การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เรื่องงานท่อและการเชื่อมประสาน

ตัวแปรตาม : ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสาน (ประเมินจากชิ้นงานและแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1)

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 รูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสาน โดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูลเป็นสื่อหลัก ซึ่งผู้เรียนจะต้องผ่านเกณฑ์การประเมินในแต่ละโมดูลตามลำดับขั้น จึงจะสามารถดำเนินการฝึกปฏิบัติในโมดูลถัดไปได้

1.4.2 ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล หมายถึง ชุดคำสั่งและกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยแบ่งเนื้อหางานท่อและการเชื่อมประสานออกเป็นหน่วยย่อย จำนวน 4 หน่วยที่ต้องปฏิบัติต่อเนื่องตามลำดับขั้น โดยนำผลลัพธ์จากโมดูลก่อนหน้ามาใช้ปฏิบัติงานในโมดูลต่อไปเพื่อให้ผู้เรียนฝึกฝนจนเกิดความชำนาญตามศักยภาพของแต่ละบุคคล

1.4.3 เกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ 1 หมายถึง ข้อกำหนดทางวิชาการและทักษะฝีมือในสาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ของกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน ซึ่งผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้เป็นมาตรฐานในการสร้างแบบประเมินชิ้นงานของผู้เรียน

1.4.4 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสาน หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนที่แสดงออกผ่านกระบวนการทำงานท่อและการเชื่อมประสานอย่างเป็นระบบ ซึ่งวัดได้จากคะแนนการปฏิบัติงานระหว่างเรียน และคะแนนแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้รูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน สำหรับรายวิชาเครื่องปรับอากาศ (20104-2015) ที่มีคุณภาพและเหมาะสมตามเกณฑ์มาตรฐาน

1.5.2 นักเรียนระดับ ปวช. สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง มีทักษะการปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสานที่ถูกต้องตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

1.5.3 เป็นแนวทางสำหรับครูอาชีวศึกษาในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะเฉพาะด้าน เพื่อแก้ปัญหาความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียนในรายวิชาทักษะปฏิบัติ

1.5.4 ช่วยลดความสูญเสียของวัสดุฝึกและอุปกรณ์จากการทำงานที่ผิดขั้นตอน เนื่องจากผู้เรียนมีคู่มือการปฏิบัติงานที่เป็นลำดับขั้นตอน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ดังนี้

2.1 หลักสูตรรายวิชาเครื่องปรับอากาศ (20104-2015)

2.2 มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ

2.4 การจัดการเรียนรู้แบบโมดูล

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานท่อและการเชื่อมประสาน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรรายวิชาเครื่องปรับอากาศ (20104-2015)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ยึดถือเนื้อหาตามหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชา อุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพ พลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง รหัส 20104-2015 ชื่อวิชา เครื่องปรับอากาศ ซึ่งมีจำนวน 3 หน่วยกิต โดยโครงสร้างเวลาเรียนที่มุ่งเน้นทักษะปฏิบัติ ประกอบด้วยภาคทฤษฎี 1 ชั่วโมง/สัปดาห์ และภาคปฏิบัติ 6 ชั่วโมง/สัปดาห์ มีคำอธิบายรายวิชา ดังนี้

2.1.1 อ้างอิงมาตรฐาน

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

2.1.2 ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ประกอบ ติดตั้ง ตรวจสอบอุปกรณ์และซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศด้วยความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

2.1.3 จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงาน โครงสร้างและส่วนประกอบของระบบเครื่องปรับอากาศ

2. มีทักษะเกี่ยวกับการติดตั้ง ซ่อมบำรุงบริการ และบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ

4. มีความสามารถในการประยุกต์ใช้หลักการทำงาน การประกอบ ติดตั้ง ตรวจสอบ ซ่อมบำรุงรักษา เครื่องปรับอากาศ

2.1.4 สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

2. ประกอบ ติดตั้ง และตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องปรับอากาศ

3. ซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

4. ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงาน การประกอบ ติดตั้ง ตรวจสอบ ซ่อมบำรุงรักษา เครื่องปรับอากาศ

2.1.5 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติงานเกี่ยวกับหลักการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ โครงสร้าง ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศแบบต่าง ๆ อุปกรณ์ควบคุม การใช้อินเวอร์เตอร์ในระบบปรับอากาศ การคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ งานติดตั้ง condensing unit fan coil unit แบบติดผนังและแบบแขวน งานต่อวงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ งานตรวจวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและวงจรคอมเพรสเซอร์ งานทำสุญญากาศ งานบรรจุสารความเย็น งานตรวจวัดแรงดันและสถานะของสารความเย็นคอมเพรสเซอร์ อีวาพอเรเตอร์ งานล้างบริการเครื่องปรับอากาศแบบติดผนังและแบบแขวน งานตรวจซ่อมวงจรไฟฟ้า วงจรสารทำความเย็น

2.2 มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

2.2.1 มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 22 วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. 2545 และมาตรา 39 (3) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. 2545 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน (ฉบับที่ 2)

พ.ศ. 2557 คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงานโดยความเห็นชอบของรัฐมนตรีว่าการกระทรวงแรงงาน จึงออกประกาศไว้ ดังนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิกประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ลงวันที่ 28มิถุนายน พ.ศ. 2554

ข้อ 2 ในประกาศนี้ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก หมายถึง ผู้ที่มีความรู้ ความสามารถในการติดตั้ง รื้อถอน ย้ายเปลี่ยน บำรุงรักษา ล้างทำความสะอาด ตรวจสอบวินิจฉัย ซ่อมแซมเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ ทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคาร ให้คำแนะนำการทำงานและการควบคุมงานของระบบเครื่องปรับอากาศ โดยให้เกิดความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน การใช้งานและสิ่งแวดล้อม

ข้อ 3 กำหนดมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังต่อไปนี้

3.1 ระดับ 1 หมายถึง ผู้ที่มีความรู้ ความสามารถในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ระบไฟฟ้า 1 เฟส โดยติดตั้งคอยล์ร้อน (Condensing Unit) หรือคอยล์เย็น (Fan Coil Unit) สำหรับเครื่องปรับอากาศใหม่ เดินท่อและต่อท่อระบบสารทำความเย็น โดยใช้แฟลร์นัท เดินท่อน้ำทิ้ง ทำสูญญากาศ บรรรจุสารทำความเย็นเพิ่มเติม ต่อระบบไฟฟ้า ทดสอบการเดินเครื่องเพื่อตรวจสอบอุณหภูมิ ความดันและกระแสไฟฟ้า บำรุงรักษาเบื้องต้น ล้างทำความสะอาด หรือรื้อถอนคอยล์ร้อน (Condensing Unit) คอยล์เย็น (Fan Coll Unit) ท่อสารทำความเย็น ท่อน้ำทิ้ง หรือระบบไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่เดิม โดยปฏิบัติงานกับเครื่องปรับอากาศขนาดไม่เกิน 11 กิโลวัตต์ (36,000 บีทียูต่อชั่วโมง) โดยให้เกิดความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน การใช้งาน และสิ่งแวดล้อม

3.2 ระดับ 2 หมายถึง ผู้ที่มีความรู้ ความสามารถ ในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ระบบไฟฟ้า 1 เฟส หรือ 3 เฟส โดยติดตั้ง รื้อถอน ย้าย หรือเปลี่ยนคอยล์ร้อน (Condensing Unit) หรือคอยล์เย็น (Fan Coll Unit) ตัดต่อหรือเดินท่อระบบสารทำความเย็น เดินท่อน้ำทิ้ง ตรวจสอบรอยรั่ว ทำสูญญากาศ บรรจุสารทำความเย็น หรือดูดเก็บสารทำความเย็นออกจากระบบบปรับอากาศ ต่อระบบไฟฟ้า ทดสอบการเดินเครื่อง เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิ ความดันและกระแสไฟฟ้า บำรุงรักษา ล้างทำความสะอาด ตรวจสอบวินิจฉัย ซ่อมแซมเครื่องปรับอากาศ ให้คำแนะนำการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

โดยปฏิบัติงานกับเครื่องปรับอากาศขนาดไม่เกิน 21 กิโลวัตต์ (72,000 บีทียูต่อชั่วโมง) โดยให้เกิดความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน การใช้งาน และสิ่งแวดล้อม

3.3 ระดับ 3 หมายถึง ผู้ที่มีความรู้ ความสามารถในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศทุกชนิด ระบบไฟฟ้า 1 เฟส หรือ 3 เฟส โดยติดตั้ง รื้อถอน ย้าย เปลี่ยนคอยล์ร้อน (Condensing Unit) หรือคอยล์เย็น (Fan Coil Unit) สำหรับเครื่องปรับอากาศ ตัดต่อหรือเดินท่อระบบสารทำความเย็น ดูดเก็บสารทำความเย็นออกจากระบบปรับอากาศ ต่อวงจรไฟฟ้า ทดสอบการเดินเครื่องเพื่อตรวจสอบอุณหภูมิ ความดัน และกระแสไฟฟ้า บำรุงรักษา หรือล้างทั้งระบบไฟฟ้า 1 เฟส หรือ 3 เฟส ตรวจสอบวินิจฉัย แก้ไข ให้คำแนะนำการทำงานและการควบคุมงานของระบบเครื่องปรับอากาศ โดยปฏิบัติงานกับเครื่องปรับอากาศขนาดไม่เกิน 70 กิโลวัตต์ (240,000 ปีทียูต่อชั่วโมง) โดยให้เกิดความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน การใช้งาน และสิ่งแวดล้อม

ข้อ 4 ข้อกำหนดทางวิชาการที่ใช้เป็นเกณฑ์วัดระดับฝีมือ ความรู้ ความสามารถและทัศนคติในการทำงานของผู้ประกอบอาชีพในสาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ให้เป็นดังต่อไปนี้

4.1 มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ 1 ได้แก่

4.1.1 ความรู้ ประกอบด้วย ขอบเขตความรู้ ในเรื่องดังต่อไปนี้

4.1.1.1 หน่วยระบบเมตริก ระบบอังกฤษ และระบบเอสไอ (S.I)

4.1.1.2 การอ่านแบบทางเครื่องกลและไฟฟ้าเบื้องต้น

4.1.1.3 ใช้และดูแลรักษาเครื่องมือในงานกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศ

4.1.1.4 ระบบและวงจรเบื้องต้นของเครื่องปรับอากาศ

4.1.1.5 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในวงจรเบื้องต้นของเครื่องปรับอากาศ

4.1.1.6 ชนิดและคุณบัติของสารทำควนเย็นที่ใช้เครื่องกาศ

4.1.1.7 งานเชื่อมแก๊สและงานเชื่อมไฟฟ้า

4.1.1.8 หลักการติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศ

4.1.1.9 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานอย่างง่าย

4.1.1.10 ระบบควบคุมทางไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชนิดตอน

4.1.1.11 การเลือกใช้ขนาดของสายไฟฟ้า สายดิน ตามกฎบังคับในการเดินสายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้า การเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินและสวิตซ์ตัดตอนอัตโนมัติได้อย่างเหมาะสม

4.1.1.12 การหุ้มฉนวนท่อสารทำความเย็นและการบุฉนวนของท่อส่งลมเย็น

4.1.1.13 ความปลอดภัยในการทำงาน

4.1.2 ความสามารถ ประกอบด้วย ขอบเขตความสามารถในการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

4.1.2.1 ใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการตัด ปรับแต่ง ขยาย บานแฟลร์ และดัดท่อทองแดง

4.1.2.2 เลือกลวดเชื่อมใช้งานได้อย่างถูกต้อง

4.1.2.3 เชื่อมประสานท่อทองแดงกับท่อทองแดง โดยไม่รั่ว

4.1.2.4 ติดตั้ง รวมทั้งการเดินท่อสารทำความเย็น และท่อน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ

4.1.2.5 ตรวจหารอยรั่ว และทำสุญญากาศในเครื่องปรับอากาศ

4.1.2.6 บำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

4.1.2.7 ต่อวงจรไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

4.1.2.8 ใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า อุณหภูมิ ความดัน ขนาด และความยาวได้อย่างถูกต้อง

4.1.2.9 ทดสอบการเดินเครื่องเพื่อตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ความดัน แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า

4.1.2.1. การหุ้มฉนวนท่อสารทำความเย็น

4.1.3 ทัศนคติ ประกอบด้วย การปฏิบัติงานด้วยการจัดการชีวอนามัยและความปลอดภัย การแต่งกายเหมาะสม การปฏิบัติงานมีการวางแผนที่ดี การใช้และการดูแลรักษาเครื่องมือถูกต้องตามลักษณะงาน การคำนึงในการใช้วัสดุถูกต้องและประหยัด การรักษาเวลาในการปฏิบัติงาน ความมีวินัย ความซื่อสัตย์ การประสานงานที่ดี การรักษาความสะอาด มีจรรยาบรรณแห่งวิชาชีพ และความภูมิใจในงานอาชีพ

2.2.2 วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ

สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงวิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 22 วรรคสาม แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. 2545 และมาตรา 39 (3) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. 2545 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2557 คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงานจึงออกประกาศ ไว้ดังนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิกประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ลงวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560

ข้อ 2 กำหนดวิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ให้เป็นดังต่อไปนี้

(1) การทดสอบความรู้ เป็นการทดสอบความรู้ ที่จำเป็นจะต้องนำไปใช้ในการปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ลักษณะข้อสอบเป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ใช้เวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง คะแนนเต็ม 60 คะแนน คิดเป็นร้อยละยี่สิบของคะแนนทั้งหมด โดยผู้เข้ารับการทดสอบต้องได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละหกสิบของคะแนนภาคความรู้ จึงมีสิทธิเข้ารับการทดสอบภาคความสามารถ

(2) การทดสอบความสามารถ เป็นการทดสอบความสามารถซึ่งเกิดจากการสะสมประสบการณ์จนเกิดความชำนาญเพียงพอที่จะปฏิบัติงานได้อย่างมีคุณภาพตามข้อกำหนด ถูกขั้นตอน และเสร็จตามเวลาที่กำหนด ลักษณะแบบทดสอบเป็นการทดสอบปฏิบัติงานตามรูปแบบและกฎเกณฑ์ในรายละเอียดวิธีการทดสอบ ใช้เวลาในการทดสอบ 4 ชั่วโมง 20 นาที คะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละแปดสิบของคะแนนทั้งหมด

(3) รายละเอียดวิธีการทดสอบให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการกำหนด

ข้อ 3 การออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 จะออกให้แก่ผู้ผ่านการทดสอบ โดยผู้เข้ารับการทดสอบต้อง

ทดสอบทั้งภาคความรู้และภาคความสามารถ และต้องทดสอบได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละเจ็ดสิบของคะแนนทั้งหมด จึงถือว่าผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านฯ ระดับ 1

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ

2.3.1 แนวคิดและลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ

การจัดการเรียนการสอนฐานสมรรถนะ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการประยุกต์ใช้ความรู้ในศาสตร์ต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง โดยมุ่งเน้นที่ทักษะการปฏิบัติที่บ่งบอกถึงความชำนาญ (Mastery) และการตระหนักถึงคุณลักษณะหรือเจตคติที่เหมาะสมกับสายอาชีพนั้นๆ ทั้งนี้ สมรรถนะ (Competency) จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนสามารถนำความรู้และทักษะไปประยุกต์ใช้ในการทำงานให้เกิดผลลัพธ์ที่ประสบความสำเร็จตามมาตรฐานอย่างโดดเด่น การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบนี้จึงเป็นการผสมผสานทั้งเนื้อหา ทักษะ เจตคติ และคุณลักษณะเข้าด้วยกัน ช่วยลดทอนเนื้อหาที่ไม่จำเป็น ทำให้ผู้เรียนมีเวลาศึกษาในระดับที่ลึกซึ้งขึ้นและมีโอกาสประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง (Sereerat, 2021 อ้างถึงใน ฉัตรชัย สุขุม และ ศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย, 2566)

O’Sullivan และ Burce (2014) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า การเรียนการสอนฐานสมรรถนะเป็นการเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes) เพื่อนำไปใช้จริง โดยมุ่งให้ผู้เรียนเรียนรู้เพื่อที่จะ "ทำได้" (Can do) มากกว่าเพียงแค่ "มีความรู้" กระบวนการนี้ต้องอาศัยการจัดประสบการณ์ที่หลากหลาย การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ที่เฉพาะเจาะจงรายบุคคล และการเปิดโอกาส ให้ผู้เรียนก้าวหน้าไปตามเส้นทางการเรียนรู้ของตนเอง (Own pace) พร้อมทั้งสามารถประเมินและพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่อง

นอกจากนี้ การศึกษาฐานสมรรถนะยังเป็นการเปลี่ยนกระบวนทัศน์จากการสอนที่ยึดเนื้อหาเป็นศูนย์กลาง มาสู่การมอบอำนาจการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน (Learner Empowerment) ตามที่ Eliot และ Susan (2019) ได้กำหนดนิยามใหม่ไว้ 7 ประการ ได้แก่ 1) ผู้เรียนมีอำนาจตัดสินใจในการเรียนรู้ 2) การประเมินผลมีความหมายและอิงตามหลักฐานเชิงประจักษ์ 3) ได้รับการสนับสนุนตามความต้องการรายบุคคล 4) ความก้าวหน้าวัดจากความเชี่ยวชาญ ไม่ใช่เวลาเรียน 5) เรียนรู้อย่างตื่นตัวผ่านวิธีการที่หลากหลาย 6) มีความเท่าเทียมในระบบการศึกษา และ 7) มีความคาดหวังร่วมกันที่ชัดเจนและวัดผลได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Hong (2012) ที่ระบุว่าการเรียนรู้ฐานสมรรถนะต้องให้ความสำคัญกับรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน ให้เวลาที่เพียงพอในการแสดงพฤติกรรมตามความคาดหวัง และสร้างสภาพแวดล้อมที่สนับสนุนการเรียนรู้อย่างแท้จริง

2.3.2 หลักการออกแบบการเรียนการสอนฐานสมรรถนะ

เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะบรรลุเป้าหมาย Mkonongwa (2018 อ้างถึงใน ฉัตรชัย สุขุม และ ศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย, 2566) ได้เสนอหลักการออกแบบการเรียนการสอน 7 ประการ ดังนี้

1. บริบทที่มีความหมาย (Meaningful Context): ผู้สอนต้องสร้างหรือเลือกบริบทที่สอดคล้องกับประสบการณ์จริง เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของสมรรถนะที่จะได้รับ

2. แนวทางสหสาขาวิชาชีพ (Multidisciplinary Approach): บูรณาการศาสตร์ความรู้ต่างๆ เข้าด้วยกันอย่างเป็นองค์รวม

3. การสร้างองค์ความรู้ (Constructivist Learning): ผู้เรียนต้องมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมนำไปสู่ผลลัพธ์หรือชิ้นงานที่จับต้องได้

4. การเรียนรู้แบบร่วมมือและมีปฏิสัมพันธ์ (Cooperative and Interactive Learning): ส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนและผู้สอน เพื่อแลกเปลี่ยนและใช้ความสามารถของผู้อื่นให้เกิดประโยชน์สูงสุด

5. การเรียนรู้ด้วยการค้นพบ (Discovery Learning): กระบวนการเรียนรู้ต้องเกิดจากการที่ผู้เรียนค้นพบทฤษฎี กฎเกณฑ์ หรือรูปแบบต่างๆ ด้วยตนเอง

6. การเรียนรู้แบบไตร่ตรอง (Reflective Learning): สนับสนุนให้ผู้เรียนทบทวนความก้าวหน้า ผลลัพธ์ และวิธีการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อพัฒนาทักษะ "การเรียนรู้เพื่อเรียนรู้"

7. การเรียนรู้ส่วนบุคคล (Personalized Learning): ผู้เรียนสามารถกำหนดบริบทและเป้าหมายที่สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของตนเองได้

2.3.3 การประยุกต์ใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะในงานวิจัย

จากแนวคิด หลักการ และการเปลี่ยนกระบวนทัศน์ของการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ ที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าหัวใจสำคัญคือการลดทอนเนื้อหาภาคทฤษฎีที่ไม่จำเป็น และมุ่งเน้น ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ (Can do) ตามเส้นทางความก้าวหน้าของตนเอง (Own pace)

ผู้วิจัยจึงได้นำหลักการดังกล่าวมาเป็นกรอบแนวคิดสำคัญในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ โดยออกแบบเป็น "ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล" สำหรับงานท่อและการเชื่อมประสาน การใช้ใบงานแบบโมดูลนี้ตอบสนองต่อหลักการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะอย่างครบถ้วน กล่าวคือ เป็นการจัดบริบทการเรียนรู้ที่มีความหมายและสอดคล้องกับชีวิตจริงของช่างวิชาชีพ (Meaningful Context) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนฝึกฝนทักษะเฉพาะทางทีละขั้นตอนตามจังหวะเวลาของตนเอง ประเมินผลจากความเชี่ยวชาญตามเกณฑ์เชิงประจักษ์ (Mastery) และที่สำคัญที่สุดคือการใช้ "เกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1"

เป็นตัวกำหนดผลลัพธ์และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Learning Outcomes) ซึ่งจะช่วยสะท้อนสมรรถนะของผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม และเตรียมความพร้อมสู่การประกอบอาชีพได้อย่างสมบูรณ์

2.4 การจัดการเรียนรู้แบบโมดูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบโมดูล เพื่อนำมาเป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 ความหมายและแนวคิดพื้นฐานของหลักสูตรแบบโมดูล

หลักสูตรแบบโมดูล (Module Curriculum) เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่แบ่งเนื้อหาของรายวิชาออกเป็นหน่วยย่อยที่มีความอิสระ เรียกว่า "โมดูล" โดยมุ่งเน้นจัดการเรียนการสอนทักษะ หรือความรู้ที่มีความเฉพาะเจาะจง โมดูลมีพื้นฐานแนวคิดที่ให้ผู้เรียนเป็นผู้บริหารจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ภายใต้การชี้แนะของผู้สอน โดยให้ความสำคัญกับผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes) เป็นหลัก แต่ละโมดูลจะมีองค์ประกอบที่เป็นระบบและชัดเจน ได้แก่ เป้าประสงค์ วัตถุประสงค์การเรียน เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียน และการประเมินผล ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด

2.4.2 ประโยชน์และการนำโมดูลมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

การจัดการเรียนรู้แบบโมดูลก่อให้เกิดประโยชน์อย่างยิ่งต่อตัวผู้เรียน โดยเฉพาะความยืดหยุ่นในการเลือกเวลาเรียนและทบทวนเนื้อหาด้วยตนเอง สถาบันการศึกษาสามารถนำโมดูลมาจัดหมวดหมู่เนื้อหาสาระ หรือจัดทำเป็นเอกสารสิ่งพิมพ์และใบงานที่ง่ายต่อการปฏิบัติตามลำดับขั้นตอน นอกจากนี้ การเรียนแบบโมดูลยังเอื้อต่อการเทียบเคียงผลลัพธ์การเรียนรู้ การสะสมหน่วยกิต (Credit Bank System) หรือการมอบประกาศนียบัตรรับรองสมรรถนะเป็นรายทักษะ ซึ่งตอบสนองต่อความต้องการของตลาดแรงงานและทิศทางการเปลี่ยนแปลงของการจัดการศึกษาในปัจจุบัน

2.4.3 การประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้แบบโมดูลในงานวิจัย

จากสภาพปัญหาและบริบทการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันที่ต้องปรับตัวเพื่อตอบสนองต่อความแตกต่างของผู้เรียน การประยุกต์ใช้หลักสูตรแบบโมดูลจึงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในการจัดการเรียนการสอนสายวิชาชีพที่จำเป็นต้องอาศัยความชำนาญในทักษะปฏิบัติ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสาน ตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

ผู้วิจัยได้นำโครงสร้างของโมดูลมาออกแบบเป็น "ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล" เพื่อใช้ เป็นเครื่องมือสำคัญในการแก้ปัญหาและพัฒนาทักษะฝีมือของผู้เรียน การใช้ใบงานปฏิบัติงานในรูปแบบนี้จะช่วยแบ่งแยกทักษะที่ซับซ้อน เช่น ขั้นตอนการใช้คัตเตอร์ตัดท่อ หรือเทคนิค

การเชื่อมท่อทองแดง ออกเป็นหน่วยย่อยที่ชัดเจน ทำให้ผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติ เรียนรู้ด้วยตนเอง และรับการประเมินเป็นรายโมดูลได้อย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้ไม่เพียงแต่ช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่ยังเป็นการเตรียมความพร้อมอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อให้ผู้เรียนมีสมรรถนะทางวิชาชีพผ่านเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงาน และพร้อมก้าวสู่การประกอบอาชีพช่างเครื่องปรับอากาศอย่างมืออาชีพต่อไป

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานท่อและการเชื่อมประสาน

ในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ จะต้องมีท่อทางเดินของสารทำความเย็นเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบทางกล หรือวัฏจักรทำความเย็น เพื่อให้สารทำความเย็นสามารถไหลผ่านอุปกรณ์ ต่าง ๆ เหล่านั้นหมุนเวียนเป็นวัฏจักรได้ ในการต่อท่อนั้นเราอาจใช้การต่อได้ทั้งการเชื่อมประสาน และต่อโดยการใช้ข้อต่อเกลียวต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน

ท่อที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายชนิด หลายขนาด เพื่อสะดวกในการเลือกใช้งาน เช่น ท่อทองแดง ท่ออลูมิเนียม ท่อเหล็ก ท่อชนิดอ่อน (Soft drawn Copper) สามารถขึ้นรูป หรือโค้งงอเป็นขดลวด (Coil) ได้ หรือท่อชนิดแข็ง(Hard drawn Copper) ก็สามารถทนแรงดันได้สูง เป็นต้น

2.5.1 ชนิดของท่อที่ใช้ในระบบเครื่องปรับอากาศ

เป็นวัสดุที่นิยมใช้มากที่สุดสำหรับงานระบบทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากมีข้อได้เปรียบหลัก 5 ประการ ดังนี้

1) ทนทานต่อแรงดันสูงและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (High Pressure & Temp Resistance) ท่อทองแดงสามารถทนแรงดันได้สูงมาก (เช่น ทนแรงดันได้มากกว่าท่อพลาสติกถึง 2 เท่า) และสามารถรับความร้อนได้สูงถึง 205 °C รวมถึงอุณหภูมิติดลบ โดยที่โครงสร้างทางกายภาพไม่เปลี่ยนแปลง แตกหัก หรือยุบตัว

2) ป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและอากาศ (Impermeability) อุปกรณ์และข้อต่อทองแดงจะไม่มีรูพรุน ช่วยป้องกันไม่ให้อากาศหรือความชื้นจากภายนอกซึมผ่านเข้าสู่ระบบทำความเย็นได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งความชื้นเป็นศัตรูตัวร้ายของระบบน้ำยาแอร์

3) มีความยืดหยุ่น ทนต่อแรงดึงและแรงบีบ ท่อทองแดงชนิดอ่อนสามารถดัด โค้งงอ หรือขึ้นรูปเป็นขดลวด (Coil) ได้ง่ายโดยไม่ฉีกขาด และมีความต้านทานแรงดึงสูง

4) ทนทานต่อการผุกร่อน (Corrosion Resistance) น้ำและอากาศมักทำให้เกิดสนิมในท่อเหล็ก แต่ท่อทองแดงจะไม่เกิดสนิม ทนทานต่อการกัดกร่อนจากสารทำความเย็นและน้ำมันคอมเพรสเซอร์

5) คุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ (Economical) มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน มีอุปกรณ์ข้อต่อรองรับมากมาย ทำให้ง่ายต่อการติดตั้ง ซ่อมบำรุง และคุ้มค่าต่อการลงทุนในระยะยาว

2.5.1.1 ชนิดของท่อทองแดงในงานเครื่องทำความเย็น

ท่อทองแดงจึงนิยมเลือกใช้มากที่สุดของงานระบบท่อและเลือกใช้ในระบบทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

(1) ท่อทองแดงชนิดอ่อน ท่อชนิดนี้ลักษณะเป็นม้วนทั้งแบบบางและแบบหนา ขนาดความยาว 25 ฟุต/ม้วน และ 50 ฟุต/ม้วน มีฝาปิดด้านหัวและด้านปลายท่อเพื่อป้องกันสกปรก และความชื้นสามารถตัด บานแฟลร์ ดัด ขยายได้ง่าย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อที่นิยมใช้งานเครื่องทำความเย็นมีขนาดดังนี้ 1/4 นิ้ว 1/2 นิ้ว 5/8 นิ้ว 3/4 นิ้ว ฯลฯ ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 ท่อทองแดง

(2) ท่อทองแดงชนิดแข็ง งานเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่นิยมใช้ท่อทองแดงชนิดเส้นแข็งการต่อ การโค้ง การงอ ต้องเชื่อมประสานกับลวดเชื่อมเงินหรือลวดทองแดงโดยใช้ข้อต่อ

2.5.1.2 การอ่านขนาดท่อ: ระบบ "นิ้ว" และระบบ "หุน"

ขนาดท่อทองแดงจาก เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเป็นหลัก ซึ่งต่างจากท่อประปาที่มักวัดจากขอบใน ซึ่งภาษาช่างหน้างานในไทยนิยมเรียกขนาดเป็น "หุน" โดย 1 นิ้ว จะถูกแบ่งออกเป็น 8 ส่วน (1 นิ้ว = 8 หุน)

ตารางที่ 2-1 ขนาดท่อทองแดง

ขนาด (นิ้ว-Inch)	คำนวณเป็นหุน (x/8)	ภาษาช่างเรียก (หุน)	การใช้งานทั่วไป
1/4"	2/8	2 หุน	ท่อทางส่ง (ท่อเล็ก / Liquid line)
3/8"	3/8	3 หุน	ท่อทางส่ง หรือ ท่อทางกลับแอร์ขนาดเล็ก
1/2"	4/8	4 หุน	ท่อทางกลับ (ท่อใหญ่ / Gas line)
5/8"	5/8	5 หุน	ท่อทางกลับ (ท่อใหญ่ / Gas line)

2.5.1.3 ความหนาของท่อ

แม้ขนาดภายนอก (OD) จะเท่ากัน แต่ความหนาของผนังท่อจะแตกต่างกัน แบ่งตามรหัสตัวอักษร ดังนี้

1) Type K (หนาสุด) แถบสีเขียว ทนแรงดันได้สูงสุด เหมาะสำหรับงานฝังดิน หรืองานอุตสาหกรรมหนัก

2) Type L (หนาปานกลาง) แถบสีน้ำเงิน เป็นความหนามาตรฐานที่แนะนำให้ใช้สำหรับงานเครื่องปรับอากาศ (ACR)

3) Type M (บางสุด) แถบสีแดง ทนแรงดันได้น้อย มักใช้ในงานท่อน้ำทิ้งหรือท่อทำความร้อน ไม่แนะนำให้ใช้กับระบบน้ำยาแอร์

จุดเน้นย้ำสำหรับช่างแอร์ยุคใหม่ : สารทำความเย็นยุคใหม่ เช่น R-32 และ R-410A มีแรงดันในระบบสูงมาก (สูงกว่า R-22 ในอดีตถึง 1.6 เท่า) ดังนั้น การเลือกท่อทองแดงจะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 0.7 - 0.8 มิลลิเมตร (หรือใช้ Type L) หากใช้ท่อที่บางเกินไป อาจเกิดการฉีกขาดหรือระเบิดตามรอยบานแฟลร์ได้

2.5.1.4 ท่อแคปปิลารี่ (Capillary Tube)

อุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Device) ชนิดหนึ่ง ทำจากท่อทองแดงที่มีรูตรงกลางขนาดเล็กมาก (เส้นผ่านศูนย์กลางภายในแคบมาก) และมีความยาวที่เฉพาะเจาะจง หน้าที่หลัก คือ ลดความดันซึ่งเปลี่ยนสารทำความเย็นจากของเหลวความดันสูง ให้กลายเป็นของเหลวความดันต่ำก่อนเข้าคอยล์เย็น และควบคุมการไหล เป็นการจำกัดปริมาณสารทำความเย็นที่จะฉีดเข้าไปในคอยล์เย็นให้เหมาะสมกับขนาดของระบบ

จุดเน้นย้ำเชิงเทคนิค : เนื่องจากท่อชนิดนี้มีรูที่เล็กมากและตันได้ง่าย และในการติดตั้งจะต้องต่อร่วมกับอุปกรณ์ที่เรียกว่า สแตนเนอร์ หรือ ฟิลเตอร์ดรายเออร์ (Filter Drier) เพื่อช่วยกรองสิ่งสกปรกและความชื้น

2.5.1.5 ท่ออลูมิเนียม ในอดีตมักใช้ทำเครื่องระเหย (Evaporator) ในตู้เย็นบางรุ่น แต่ปัจจุบันผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศหลายยี่ห้อ เริ่มมาใช้แผงระบายความร้อนที่ทำจากอะลูมิเนียมล้วน เรียกว่า Microchannel Condenser Coil เพื่อลดน้ำหนักของชุดคอยล์ร้อนและลดต้นทุนการผลิต

2.5.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานท่อ

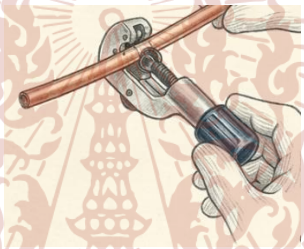
2.5.2.1 การตัดท่อทองแดง (Tube Cutting)

ก่อนตัดท่อทองแดงเป็นม้วน จะต้องการคลี่โดยวางระนาบลงกับพื้นแล้วคลี่ช้าๆ ในแนวราบตามแนวเส้นตรง จึงจะสามารถตัดได้ตามขนาดความยาวที่ต้องการคลี่ท่อ ดังภาพที่ 2-2 วิธีการตัดท่อที่นิยมใช้หน้างาน มี 3 วิธี ได้แก่



ภาพที่ 2-2 การคลี่ท่อทองแดง

1) ใช้คัตเตอร์ตัดท่อ (Tube Cutter) วางท่อทองแดงลงบนลูกกลิ้งของคัตเตอร์ หมุนรอบท่อ และค่อยๆ ปรับหมุนใบมีดให้กินเนื้อท่อทีละน้อยจนท่อขาดจากกัน ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 การใช้คัตเตอร์ตัดท่อ

2) ใช้ตะไบตัดท่อรูเข็ม (Capillary Tube) เนื่องจากท่อชนิดนี้มีรูเล็กมาก หากใช้คัตเตอร์ตัดรูจะบี้และอุดตัน ต้องเปลี่ยนมาใช้ตะไบถูรอบๆ ให้เป็นร่องแคบๆ แล้วค่อยหักออก จากนั้นใช้เข็มเย็บผ้าหรือลวดปลายแหลมแทงแต่งรูให้กว้างตามปกติ ดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 การใช้ตะไบตัดท่อรูเข็ม

3) ใช้เลื่อยตัด นิยมใช้กับท่อขนาดใหญ่ โดยควรเลือกใช้ใบเลื่อยชนิดฟันถี่ (ประมาณ 22-24 ฟันต่อนิ้ว)

2.5.2.2 การลบคมท่อ (Reaming)

หลังจากการตัดท่อ ปากท่อจะมีความคมและขรุขระ ต้องใช้เครื่องมือที่เรียกว่า รีมเมอร์ (Reamer) เพื่อแต่งและลบคมผิวด้านนอกและด้านในท่อทุกครั้ง ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 การลบคมด้วยรีมเมอร์

จุดเน้นย้ำเชิงเทคนิค : ขณะลบคมท่อ ต้องคว่ำปลายท่อชี้ลงพื้นเสมอ เพื่อป้องกันไม่ให้เศษผงทองแดงตกลงไปอุดตันในระบบ และเมื่อทำเสร็จควรนำจุกยางมาปิดปากท่อไว้ทันทีเพื่อป้องกันความชื้นและสิ่งสกปรก

2.5.2.3 การบานแฟลร์ท่อ (Flaring)

คือการบานปลายท่อให้กว้างออกเป็นรูปกรวย เพื่อใช้ต่อร่วมกับข้อต่อแบบขันเกลียว (Flare Nut) โดยไม่ต้องใช้การเชื่อมแก๊ส แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1) การบานแฟลร์ชั้นเดียว (Single Thickness Flare) ใช้จับท่อให้ปลายท่อโผล่สูงขึ้นมาประมาณ 1/3 ของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (หรือพอดีกับขอบบ่าเอียงของตัวจับแล้วใช้ตัวบานแฟลร์หมุนกดลงไป ดังภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 การบานแฟลร์ชั้นเดียว

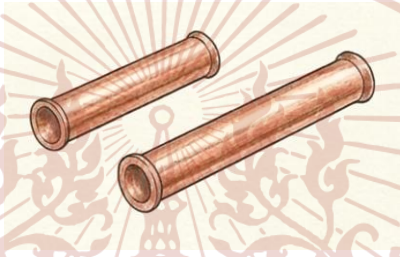
ขั้นตอนการบานแฟลร์ท่อชั้นเดียว มีขั้นตอนปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. นำท่อที่ตัดและลบคมด้านนอกและในปลายท่อไว้เรียบร้อย โดยใส่เข้าระหว่างตัวจับท่อเป็นขนาดของท่อและขนาดของรูเท่ากันพอดี ปลายท่อสูงกว่าระดับของตัวจับท่อเล็กน้อยประมาณ 1/3 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ
2. ขันหางปลายึดตัวจับให้แน่นโดยขันด้านใกล้ท่อก่อน
3. ถ้าปากท่อไม่กลม ยุบ ต้องใช้ตัวตอกขยายท่อให้กลมเสียก่อน
4. ใส่ตัวบานแฟลร์เข้าที่ตัวจับท่อ ขยับให้พอดี

5. ค่อย ๆ หมุนให้กรวยของตัวบานแฟลร์ท่อ ขณะกดลงปลายท่อให้สังเกต ปลายท่อจะบานออกแนบกับบริเวณเอียง หยดน้ำมันคอมเพรสเซอร์เล็กน้อยลงบนกรวยของตัวบานแฟลร์ท่อจะทำให้หมุนง่าย

6. ให้คลายเกลียว ถอดกรวยของตัวบานแฟลร์ท่อออกและถอดตัวบานแฟลร์ท่อออกจากตัวจับท่อ เมื่อบานแฟลร์ท่อเสร็จ หากบานไม่ดีหรือแตก

7. ท่อที่บานแล้วไม่มีรอยร้าวนำไปใช้งานร่วมกับแฟลร์นัทและข้อต่อได้ ดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 ท่อที่บานแล้วไม่มีรอยร้าว

2) การบานแฟลร์สองชั้น (Double Thickness Flare) ใช้สำหรับท่อขนาดใหญ่ที่ต้องการความแข็งแรงและทนแรงดันสูงเป็นพิเศษ จะใช้เครื่องมือเสริมที่เรียกว่า อะแดปเตอร์ (Adapter) ค่ำทับลงไปก่อนเพื่อพับเนื้อทองแดงให้ซ้อนกันเป็นสองชั้น

ขั้นตอนการบานแฟลร์ท่อสองชั้น มีดังนี้

1. นำท่อลบคมด้านนอกและด้านในใส่ในตัวจับท่อ ปลายท่อสูงพอประมาณ
2. ขันหางปลายึดตัวจับให้แน่น โดยขันด้านใกล้ท่อก่อน
3. ถ้าปากท่อไม่กลม ยุบ ต้องใช้ตัวตอกขยายท่อให้กลมเสียก่อน
4. ค่ำอะแดปเตอร์ทับลงปลายท่อ
5. สวมตัวบานแฟลร์ท่อเข้าในตัวจับท่อ ขยับให้พอดี
6. หมุนตัวบานแฟลร์ท่อกดลงบนอะแดปเตอร์ ปลายท่อจะพับซ้อนงอลง
7. ปลายท่องอพอดี ให้คลายกรวยของตัวบานแฟลร์ดึงอะแดปเตอร์ออก
8. ค่อย ๆ หมุนตัวบานแฟลร์ท่อกดลงปลายท่อจนแนบเอียง
9. ถอดกรวยของตัวบานแฟลร์ท่อออกและถอดตัวบานท่อจากตัวจับท่อ เมื่อบานท่อสองชั้นเสร็จ ถอดท่อที่บานแฟลร์สองชั้นนำไปใช้งาน

จุดเน้นย้ำเชิงเทคนิค : ก่อนทำการหมุนบานแฟลร์ แนะนำให้ หยดน้ำมันคอมเพรสเซอร์ เล็กน้อยลงบนกรวยบานแฟลร์ วิธีนี้จะช่วยให้หมุนได้ลื่นขึ้น และทำให้ผิวทองแดงที่บานออกมาเรียบเนียนไม่เกิดรอยขูดขีด ซึ่งช่วยป้องกันปัญหาน้ำยาแอร์รั่วซึมได้อย่างดีเยี่ยม

2.5.2.4 การขยายท่อ (Swaging) เป็นการขยายปลายท่อให้ใหญ่ขึ้นเป็นทรงกระบอก เพื่อให้สามารถนำท่อขนาดเดียวกันอีกเส้นมาสวมเข้าด้วยกันได้พอดีสำหรับการเชื่อมประสาน (Brazing) โดยใช้ตัวตอกขยายท่อ (Swaging Tool)

วิธีการขยายท่อต้องใช้ตัวจับท่อ วิธีการคือ ใส่ท่อที่ตัดและลบคมแล้วเข้ากับตัวจับท่อ ปลายท่อสูงเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ หมุนหางปลาแล้วขันให้แน่น ใช้ตัวขยายท่อตอกขยายท่อลงในท่อจับให้ตรง แล้วค่อย ๆ ใช้ค้อนตอก การตอกแต่ละครั้งควรหมุนตัวตอกขยายท่อเพื่อจะได้ถอดออกได้ง่าย ลำดับขั้นตอนการตอกขยายท่อ มีดังนี้



ภาพที่ 2-8 การขยายปลายท่อ

1. นำท่อที่ตัดและลบคมปลายท่อด้านนอกและด้านในเข้ากับตัวจับท่อพอดี ปลายท่อสูงเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ
2. ขันยึดตัวจับให้แน่นโดยขันด้านใกล้ท่อก่อน
3. ใส่ตัวตอกขยายท่อแล้วใช้ด้านข้างของค้อนค่อย ๆ ตอกตัวขยายเข้าไปในท่อพร้อมหมุนตัวตอก
4. สังเกตท่อที่ขยายดีแล้วให้ถอดตัวขยายท่อออก
5. ท่อที่ขยายจะสวมได้พอดี มีความแน่นเพื่อง่ายในการเชื่อมประสาน

จุดเน้นย้ำเชิงเทคนิค : ในการจับท่อเพื่อขยาย ต้องให้ปลายท่อโผล่พ้นตัวจับขึ้นมามีความสูงเท่ากับ "เส้นผ่านศูนย์กลาง" ของท่อนั้นๆ และในขณะที่ใช้ค้อนตอกขยาย ควรหมุนขยับตัวตอกซ้าย-ขวาไปด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวตอกขยายไปติดแน่นค้างอยู่ภายในท่อ

2.5.3 งานเชื่อมท่อ (Pipe Brazing)

การต่อท่อทองแดงเข้าระบบเครื่องทำความเย็น มี 2 วิธีหลักๆ คือ

1) การต่อด้วยแฟลร์นัท (Flare Nut) อาศัยการขันบีบอัด ดังภาพที่ 10 หากบานแฟลร์ไม่ดีหรือขันไม่แน่นพอดี อาจทำให้สารทำความเย็นรั่วซึมได้

2) การเชื่อมประสาน (Brazing) เป็นการให้ความร้อนละลายลวดเชื่อมเพื่อผสานรอยต่อ สำหรับท่อขนาดเล็กมักใช้วิธีบานขยายท่อแล้วสวมเข้าหากัน ส่วนท่อขนาดใหญ่นิยมใช้ข้อต่อทองแดง (เช่น ข้อต่อตรง ข้อต่อสามทาง ข้องอ) สวมทับเพื่อความสะดวกและแข็งแรง

2.5.3.1 อุปกรณ์ในงานเชื่อมท่อแก๊ส

การเชื่อมท่อทองแดงอาศัยความร้อนจากการเผาไหม้ของแก๊ส 2 ชนิดร่วมกัน ได้แก่ แก๊สออกซิเจนและแก๊สอะเซทิลีน ซึ่งเมื่อผสมกันในอัตราส่วนที่พอเหมาะจะให้เปลวไฟที่มีความร้อนสูงมาก อุปกรณ์หลักประกอบด้วย

1) ถังแก๊สอะเซทิลีน (Acetylene Cylinder) ตัวถังทำจากเหล็กไม่หนามาก มีขอบฐานตั้ง มีวาล์วปรับความดันที่หัวถัง ความดันภายในประมาณ 250 ปอนด์/ตารางนิ้ว (psi) คุณสมบัติ เป็นแก๊สเชื้อเพลิง ติดไฟได้ ไม่มีสี แต่มี "กลิ่นฉุน" ชัดเจน

2) ถังแก๊สออกซิเจน (Oxygen Cylinder) ตัวถังเหล็กหนา แข็งแรงและมีน้ำหนักมาก ทนความดันได้สูงถึง 2,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว (psi) มีวาล์วปรับลดความดันและอุปกรณ์นิรภัย คุณสมบัติ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ตัวมันเองไม่ติดไฟ แต่ "ช่วยให้ไฟติด" (เร่งการเผาไหม้ให้ร้อนจัด)

3) ชุดหัวเชื่อมแก๊ส (Welding Torch) ประกอบด้วยด้ามจับ กระบอกผสมแก๊ส สำหรับเป่าไฟ มีสายยางคู่สำหรับส่งแก๊ส โดยมาตรฐาน สายสีแดงคืออะเซทิลีน และ สายสีเขียวหรือดำคือ ออกซิเจน

จุดเน้นย้ำเชิงเทคนิค (การเลือกลวดเชื่อม)

- เชื่อมท่อทองแดง เข้ากับ ท่อทองแดง ใช้ ลวดเชื่อมเงิน (Silver Brazing)
- เชื่อมท่อทองแดง เข้ากับ ท่อเหล็ก ใช้ ลวดเชื่อมทองเหลือง และต้องทา น้ำยาประสาน (Flux) รอบผิวข้อต่อก่อนเชื่อมเสมอเพื่อให้ลวดเชื่อมเกาะติดชิ้นงาน

2.5.3.2 ขั้นตอนการเชื่อมประสาน

การเชื่อมเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้ทักษะและความระมัดระวัง ควรปฏิบัติดังนี้

1) การทำความสะอาด ลบคมทั้งด้านในและด้านนอกท่อ จากนั้นขัดผิวท่อบริเวณที่จะเชื่อมด้วยกระดาษทรายหรือใยขัดให้สะอาดปราศจากคราบน้ำมัน ดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 ขัดผิวท่อบริเวณที่จะเชื่อมด้วยกระดาษทราย

2) การปรับเปลวไฟ จุดไฟที่หัวแก๊ส ปรับวาล์วแก๊สทั้งสองให้ได้ลักษณะเปลวไฟนิวตรัล (Neutral Flame) ซึ่งจะมีลักษณะเป็นกรวย 3 ชั้น (ชั้นใน ชั้นกลาง ชั้นนอก) ปรับขนาดเปลวไฟให้เหมาะกับความหนาและขนาดของชิ้นงาน

3) การให้ความร้อน เป่าไฟให้ความร้อนบริเวณข้อต่อจนชิ้นงานเปลี่ยนเป็นสีแดงส้มทั่วถึง (ระวังอย่าแช่ไฟจุดเดียวนานเกินไปจนท่อทองแดงทะลุ) ดังภาพที่ 2-10



ภาพที่ 2-10 การเชื่อมประสาน

4) การเติมลวดเชื่อม นำปลายลวดเชื่อมแตะที่ผิวรอยต่อ ความร้อนจากชิ้นงาน (ไม่ใช่ความร้อนจากเปลวไฟโดยตรง) จะหลอมละลายลวดเชื่อมให้ไหลซึมเข้าไปในรอยต่อโดยรอบเอง

5) เก็บงาน เมื่อลวดเชื่อมวิ่งเต็มรอยต่อแล้ว ให้ใช้ไฟเป่ารอบๆ อีกครั้งอย่างรวดเร็วเพื่อให้เนื้อลวดเชื่อมเรียบเนียน แล้วดึงหัวเชื่อมออกปล่อยให้ท่อเย็นตัวลงตามธรรมชาติ ดังภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 เก็บงาน เมื่อลวดเชื่อมวิ่งเต็มรอยต่อแล้ว

จุดเน้นย้ำเชิงเทคนิค (การไล่ระบบ) : ช่างแอร์มืออาชีพจะ ปล่อยแก๊สไนโตรเจนอ่อนๆ (ประมาณ 2-5 Psig) ให้ไหลผ่านเข้าไปในท่อขณะที่ทำการเชื่อมความร้อน วิธีนี้จะช่วยไล่ออกซิเจน

ออกจากท่อ ป้องกันการเกิดเขม่าดำ (Oxidation) ที่ผนังด้านในท่อ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ระบบน้ำยาแอร์อุดตัน

ข้อควรระวังด้านความปลอดภัย (Safety First) :

- ต้องสวมแว่นตาเชื่อมแก๊ส ถุงมือ และอุปกรณ์ป้องกันทุกครั้งที่ปฏิบัติงาน
- ห้ามทำการเชื่อมท่อโดยวางแนบกับพื้นปูน/คอนกรีตโดยตรงเด็ดขาด เพราะเมื่อความร้อนจากเปลวไฟกระทบพื้นปูน ความชื้นในปูนจะขยายตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้เศษปูนระเบิดและแตกกระเด็นเข้าตาหรือโดนร่างกายได้

2.5.4 เทคนิคการตรวจสอบรอยรั่วซึม (Leak Testing)

หลังจากทำการบานแฟลร์และเชื่อมประสานท่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนที่ห้ามข้ามเด็ดขาดคือการทดสอบว่ารอยต่อนั้นอุดสนิท 100% หรือไม่ เพื่อป้องกันสารทำความเย็นรั่วไหลในอนาคต โดยมีขั้นตอนและเทคนิคที่ช่างแอร์มืออาชีพปฏิบัติ

2.5.4.1 การอัดแรงดันเพื่อทดสอบ (Pressure Testing)

1) ต้องใช้ แก๊สไนโตรเจน (Nitrogen) ในการอัดเข้าไปในระบบท่อเท่านั้น เนื่องจากไนโตรเจนเป็นแก๊สเฉื่อยที่แห้งสนิท ไม่มีความชื้น และไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันคอมเพรสเซอร์

2) อัดแรงดันเข้าไปในระบบตามเกณฑ์มาตรฐานของสารทำความเย็นแต่ละชนิด (เช่น ระบบน้ำยา R-32 หรือ R-410A มักจะอัดแรงดันทดสอบที่ประมาณ 400 - 600 PSIG)

3) ปิดวาล์วเกจแมนิโฟลด์ ทิ้งระบบไว้สักระยะ (ประมาณ 15-30 นาที หรือตามมาตรฐานกำหนด) แล้วสังเกตหน้าปัดเกจว่า "เข็มตกลงมาหรือไม่" หากเข็มตก แสดงว่ามีจุดรั่วซึมในระบบ

2.5.4.2 วิธีการค้นหาจุดรั่วซึม (Leak Detection Methods)

ในขณะที่ระบบยังมีแรงดันไนโตรเจนอัดค้างอยู่ ให้ทำการค้นหาจุดรั่วด้วยวิธีต่อไปนี้

1) การใช้น้ำสบู่ เป็นวิธีที่คลาสสิก ประหยัด และแม่นยำที่สุด ให้นำฟองน้ำชุบน้ำสบู่หรือน้ำยาล้างจานที่ตีจนขึ้นฟองหนา นำไปลูบหรือพอกไว้ตามรอยเชื่อมและข้อต่อแฟลร์ทุกจุด หากมีจุดรั่วซึม จะเห็นฟองอากาศถูกดันจนปูดขยายตัวขึ้นมาอย่างชัดเจน



ภาพที่ 2-12 ใช้น้ำสบู่ค้นหาจุดรั่วซึม

2) การใช้เครื่องตรวจจับอิเล็กทรอนิกส์ เป็นเครื่องมือที่มีเซนเซอร์ส่วนปลายไวต่อสารทำความเย็น ใช้จ่อไปตามรอยต่อต่างๆ เครื่องจะส่งเสียงร้องเตือนหรือมีไฟกะพริบเมื่อสัมผัสได้ถึงไอของน้ำยาแอร์ที่รั่วออกมา (วิธีนี้จะใช้ตรวจสอบซ้ำเมื่อมีการปล่อยสารทำความเย็นเข้าระบบแล้ว)

2.5.5 เครื่องมือทั่วไปในงานระบบทำความเย็น

อุปกรณ์พื้นฐานที่ช่างแอร์ต้องพกติดตัวไว้เสมอเพื่อใช้ในการประกอบ ติดตั้ง ซ่อมบำรุง และตรวจสอบระบบ

2.5.5.1 ชุดเกจแมนิโฟลด์ (Manifold gauge)

เครื่องมือหลักสำหรับวัดแรงดันสารทำความเย็นในระบบและใช้เติมน้ำยาแอร์ ประกอบด้วยเกจ 2 ด้าน คือ สีน้ำเงิน (Low Pressure) สำหรับวัดความดันต่ำ และ สีแดง (High Pressure) สำหรับวัดความดันสูง

2.5.5.2 ชุดเชื่อมแก๊สขนาดเล็ก (Gas Welding Set)

เหมาะสำหรับงานซ่อมนอกสถานที่หรือที่แคบเพราะเคลื่อนย้ายสะดวก น้ำหนักเบา ใช้กับงานที่ต้องการปริมาณการเชื่อมไม่มากและอุณหภูมิไม่สูงเท่าชุดถังใหญ่

2.5.5.3 ตัวตัดท่อ (Tube Bender)

เครื่องมือสำหรับตัดท่อทองแดงชนิดอ่อนให้โค้งงอได้มุมตามต้องการ (เช่น 90 หรือ 180 องศา) โดยไม่ทำให้ผนังท่อเกิดการบี้แบน พับ หรือหัก มีทั้งแบบสปริงและแบบคันโยก

2.5.5.4 ประแจเลื่อน (Adjustable Wrench)

สามารถปรับขนาดปากจับได้ ใช้สำหรับขันหรือคลายแฟลร์นัท (Flare Nut) ช่างมักใช้ 2 ตัวจับไขว้กันเพื่อป้องกันท่อบิด

2.5.5.5 กระจกส่องรอยเชื่อม (Inspection Mirror)

กระจกบานเล็กพร้อมด้ามจับยืดหดได้ ใช้สำหรับส่องดูความเรียบร้อยของรอยเชื่อมท่อในมุมอับ (เช่น ด้านหลังท่อที่ชิดผนัง) เพื่อให้แน่ใจว่าลวดเชื่อมวิ่งเต็มรอยต่อและไม่มีจุดรั่ว

2.5.5.6 คีมปากจระเข้ (Combination Pliers)

เครื่องมืออเนกประสงค์ที่ใช้สำหรับจับ ดึง ตัด หรือปอกสายไฟ ควรเลือกใช้คีมที่ด้ามจับหุ้มฉนวนกันไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานเพื่อความปลอดภัย

2.5.5.7 ค้อน (Hammer) เป็นเครื่องมือช่างอเนกประสงค์ มีความจำเป็นทั้งค้อนยางและค้อนเหล็ก

2.5.5.8 เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Caliper)

อุปกรณ์วัดความละเอียดสูง ใช้วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (OD) เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (ID) และความลึกของชิ้นงานหรือท่อได้อย่างแม่นยำ โดยอ่านค่าความละเอียดได้ถึงระดับมิลลิเมตรหรือทศนิยม

2.5.5.9 ถุงมือช่าง (Work Gloves) อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ที่สำคัญสำหรับงานช่างทุกรูปแบบ ทั้งงานก่อสร้าง ซ่อมบำรุง และอุตสาหกรรม ออกแบบมาเพื่อปกป้องมือ ช่วยเพิ่มความปลอดภัยและคล่องตัวในการทำงาน โดยต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะงานเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด

2.5.5.10 ตลับเมตร (Tape Measure) เครื่องมือวัดความยาวพื้นฐานที่ช่างทุกประเภทและครัวเรือนควรมี ประกอบด้วยสายวัดโลหะหรือไฟเบอร์กลาสที่ยืดหยุ่นได้ บรรจุในตลับพร้อมกลไกสปริงดึงกลับ ปลายมีตะขอเกี่ยวใช้วัดระยะชิ้นงาน ความกว้าง ความยาว หรือความสูง ได้อย่างสะดวกรวดเร็วและแม่นยำ

งานระบบท่อและการเชื่อมประสาน ถือเป็น "เส้นเลือดใหญ่" ของระบบทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ หากเกิดข้อผิดพลาดเพียงเล็กน้อย เช่น บานแฟลร์เอียง ลบคมไม่หมด หรือเชื่อมท่อไม่สนิท อาจส่งผลให้สารทำความเย็นรั่วซึมและระบบล้มเหลวได้ในที่สุด เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ควรยึดหลักปฏิบัติ "3 ส." ดังนี้

1. สะอาด (Clean) ความชื้นและสิ่งสกปรกคือศัตรูตัวร้าย!! ต้องลบคมท่อโดยคว่ำปลายลงเสมอ ปิดปากท่อเมื่อยังไม่ใช้งาน และที่สำคัญคือควร ไล่ระบบด้วยแก๊สไนโตรเจน ขณะเชื่อมท่อเพื่อป้องกันเขม่าดำอุดตัน

2. สมบูรณ์ (Complete) เลือกใช้ความหนาของท่อทองแดงให้เหมาะกับชนิดของน้ำยาแอร์ (เช่น R-32 ควรหนา 0.7 มม. ขึ้นไป) บานแฟลร์ให้ได้รูปกรวยที่สมบูรณ์ และเชื่อมประสานให้ลวดเชื่อมวิ่งเต็มรอยต่อไม่มีตามด

3. ใส่ใจความปลอดภัย (Safety First) สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล (แว่นตา ถุงมือ) เสมอ ตรวจเช็กอุปกรณ์เชื่อมแก๊สให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน และทำการทดสอบรอยรั่วทุกครั้งหลังปฏิบัติงานเสร็จ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฉัตรชัย สุขุม และ ศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย (2566) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ (Competency-Based Learning: CBL) ซึ่งผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การเรียนรูปแบบนี้คือการพลิกโฉมจากการสอนที่เน้นท่องทฤษฎี มาเป็นการมุ่งเน้นทักษะปฏิบัติงานจริง โดยหลอมรวมทั้งความรู้ ฝีมือช่าง และจรรยาบรรณวิชาชีพเข้าด้วยกัน การออกแบบการสอนที่เหมาะสมควรจำลองบริบทหน้างานจริง บูรณาการความรู้ข้ามสายงาน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือแก้ปัญหา สร้างองค์ความรู้ และฝึกฝนด้วยตนเอง กิจกรรมการฝึกจะต้องระบุชัดเจนว่าให้ผู้เรียน ลงมือปฏิบัติอะไร ภายใต้ ข้อจำกัดหรือสภาพแวดล้อมแบบใด เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่บรรลุ เกณฑ์มาตรฐาน ส่วนการวัดผลต้องมุ่งเน้นการประเมินจากสภาพหน้างานหรือชิ้นงานจริง เพื่อดูความชำนาญ พร้อมทั้งให้

ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อให้ผู้เรียนนำไปปรับปรุงฝีมืออย่างต่อเนื่อง จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำหลักการ ปฏิบัติ-เงื่อนไข-มาตรฐาน มาเป็นแกนหลักในการสร้าง "ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล" สำหรับช่างเครื่องปรับอากาศ โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนต้อง ลงมือปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสานจริงภายใต้ ข้อจำกัดของพื้นที่ทำงานหรือโจทย์สถานการณ์จำลอง และใช้วิธีการประเมินคุณภาพชิ้นงานจากสภาพจริง เพื่อนำไปเทียบกับ เกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 แนวทางนี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาสมรรถนะทางวิชาชีพอย่างตรงจุด และทราบถึงจุดที่ต้องปรับปรุง เพื่อนำไปฝึกปรือทักษะฝีมือของตนเองให้พร้อมสำหรับการทำงานจริงต่อไป

คุรุรัตน์ วรวณิชชา และคณะ (2567) ได้ระบุถึงความจำเป็นในการปฏิรูปการจัดการศึกษาว่า การจัดการเรียนการสอนในรูปแบบดั้งเดิม (Traditional Paradigm) ไม่เอื้อให้ผู้เรียนปรับตัวทันต่อการเปลี่ยนแปลง และไม่ตอบสนองต่อการสร้างสมรรถนะที่จำเป็นในโลกการทำงานศตวรรษที่ 21 การจัดการศึกษาจึงต้องเปลี่ยนสู่กระบวนทัศน์ใหม่ (New Paradigm) ที่เน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาและทำงานได้จริง (The Ability to Handle Knowledge Effectively) นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ยังต้องมีความยืดหยุ่นสูง เพื่อรองรับความแตกต่างและความพร้อมของผู้เรียนแต่ละบุคคล จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเห็นความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้จากรูปแบบดั้งเดิม มาใช้สื่อการเรียนรู้แบบใหม่ คือ "ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล" เนื่องจากเป็นสื่อที่มีความยืดหยุ่นสูง สามารถเข้ามาอุดช่องโหว่ของการสอนแบบเดิมที่มักเน้นการบรรยายทฤษฎีภาพรวม โครงสร้างของโมดูลจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะวิชาชีพตามความพร้อมและจังหวะการเรียนรู้ของตนเอง (Self-paced learning) โดยมุ่งเน้นที่การลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งจะช่วยเปลี่ยนผ่านผู้เรียนจากการเป็นเพียง "ผู้รับความรู้" ไปสู่การเป็น "ผู้มีสมรรถนะทางวิชาชีพ" ที่พร้อมเผชิญกับโลกของการทำงานจริงในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รัตนะ บัวสนธ์ (2566) ได้นำเสนอแนวทางการใช้หลักสูตรการจัดการศึกษาแบบโมดูล (Module) เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนและสภาพสังคมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมเริ่มไม่ตอบโจทย์โลกการทำงาน หลักสูตรแบบโมดูลจึงเข้ามาทลายข้อจำกัดนี้ด้วยความยืดหยุ่นและคล่องตัว โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อยที่เป็นอิสระจากกัน มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ความรู้และประสบการณ์ที่นำไปใช้ประกอบอาชีพหน้างานได้จริง นอกจากนี้ การจัดหลักสูตรแบบโมดูลยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกฝึกเฉพาะทักษะที่ตนเองต้องการ โดยสถาบันสามารถออกใบประกาศนียบัตรรับรองสมรรถนะให้เป็นรายโมดูลได้ทันที หรือหากผู้เรียนฝึกฝนและสะสมผลการเรียนรู้ผ่านระบบธนาคารหน่วยกิต (Credit Bank System) จนครบตามโครงสร้างหลักสูตร ก็สามารถขอรับปริญญาบัตรได้เช่นกัน จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำจุดเด่นด้านความยืดหยุ่นและการมุ่งเป้าไปที่การใช้งานจริงของระบบโมดูล มาเป็นแกนหลัก

ในการสร้าง "ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล" สำหรับช่างเครื่องปรับอากาศ โดยซอยย่อยทักษะที่ซับซ้อนอย่างงานท่อและการเชื่อมประสาน ออกเป็นชุดฝึกย่อยที่เป็นอิสระต่อกัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถฝึกและทดสอบฝีมือเฉพาะจุดให้เกิดความชำนาญ หากผู้เรียนสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานในโมดูลนั้นๆ ถือว่ามีสมรรถนะพร้อมออกไปลุยหน้างานจริงได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องให้เรียนจบครบทั้งหลักสูตรใหญ่ ซึ่งตอบโจทย์การสร้างช่างฝีมือป้อนเข้าสู่ตลาดแรงงานได้อย่างรวดเร็วและตรงจุด

รัชดาพรรณ อินทรสุขสันติ และ อัญชลี สารรัตนะ (2565) ได้ทำการพัฒนาโมดูลการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน (RBL) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านการทำวิจัยในชั้นเรียนทางการศึกษาพิเศษ สำหรับนักศึกษาครู มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ผลการวิจัยพบว่า โมดูลการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพระหว่างเรียนและหลังเรียน (E1/E2) เท่ากับ 83.38/80.66 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่า กลุ่มทดลองที่เรียนด้วยโมดูลมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมดูลการเรียนรู้ดังกล่าวมีประสิทธิผลในการเสริมสร้างสมรรถนะได้จริง จากผลการวิจัยดังกล่าว แม้ว่าบริบทจะมุ่งเน้นไปที่สมรรถนะด้านการทำวิจัย แต่ข้อค้นพบที่สำคัญซึ่งสามารถนำมาเป็นข้อสนับสนุนเชิงประจักษ์ได้คือ "การใช้โมดูลเป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้ สามารถช่วยยกระดับสมรรถนะของผู้เรียนให้สูงขึ้นได้อย่างเป็นรูปธรรมและบรรลุเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้" ผู้วิจัยจึงนำข้อค้นพบนี้มาเป็นฐานสนับสนุนความน่าเชื่อถือในการสร้าง "ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล" สำหรับช่างเครื่องปรับอากาศ โดยมุ่งหวังว่าโครงสร้างการฝึกปฏิบัติแบบโมดูลที่จัดทำขึ้นอย่างเป็นระบบ จะเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยยกระดับ "สมรรถนะฝีมือช่าง" ทั้งในด้านงานท่อและการเชื่อมประสาน ให้ผู้เรียนมีพัฒนา

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

บทนี้กล่าวถึงลำดับขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ได้ดำเนินการวิจัย ดังนี้

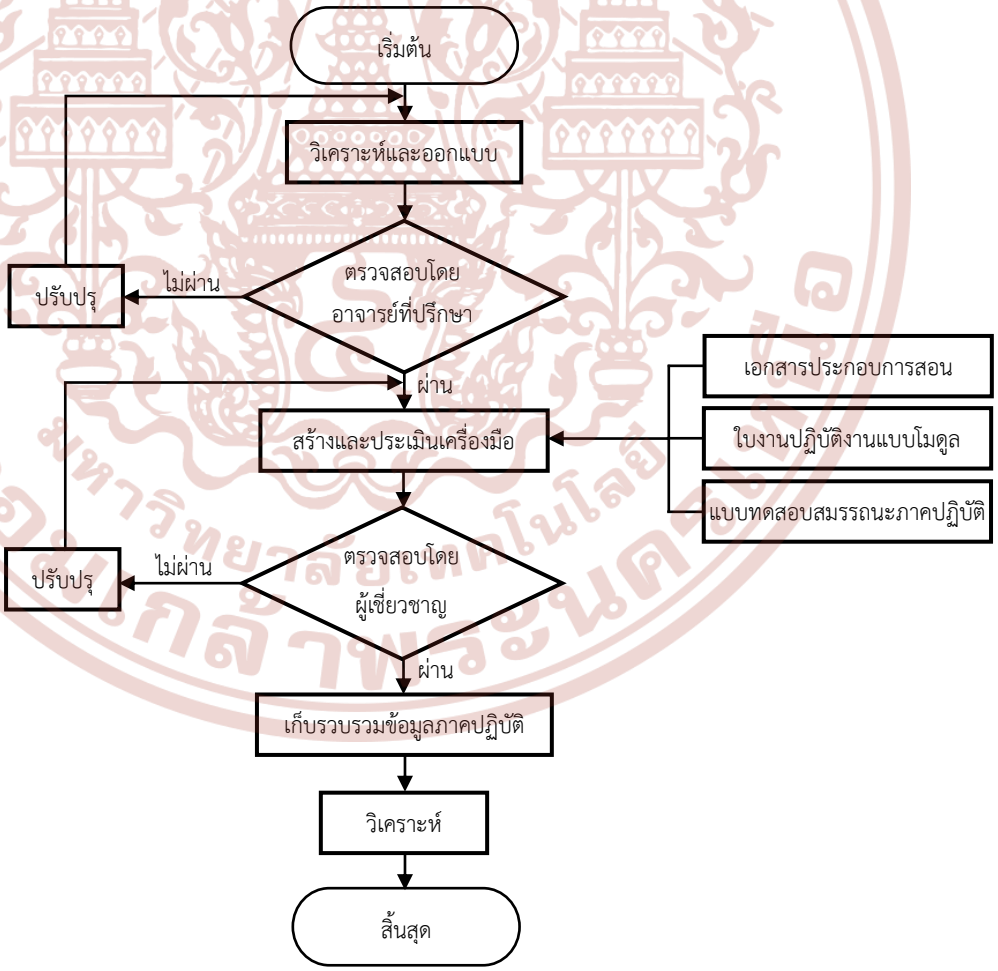
3.1 วิเคราะห์และออกแบบแผนการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยการสร้างใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล

3.2 การสร้างเครื่องมือและประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

3.1 วิเคราะห์และออกแบบแผนการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยการสร้างใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล



ภาพที่ 3-1 วิเคราะห์และออกแบบแผนการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ

ผู้วิจัยได้กำหนดลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยเพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ โดยแบ่งกระบวนการออกเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 3-1

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์และออกแบบ และตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษา ศึกษารายละเอียดจากหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ในรายวิชาเครื่องปรับอากาศ (รหัสวิชา 20104-2015) และวิเคราะห์เกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 เพื่อออกแบบโครงสร้างการเรียนรู้ จากนั้นนำร่างการออกแบบไป ตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษา หากพบข้อบกพร่องหรือไม่ผ่านเกณฑ์ ผู้วิจัยจะนำกลับไป ปรับปรุง ตามคำแนะนำจนกว่าจะผ่านเกณฑ์

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างและประเมินเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ เมื่อผ่านการอนุมัติจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้วิจัยดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 3 รายการ ได้แก่ 1) เอกสารประกอบการสอน 2) ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล (จำนวน 4 โมดูล) และ 3) แบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ จากนั้นนำเครื่องมือทั้งหมดเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อ ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญในการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และความเหมาะสม หากผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์ ผู้วิจัยจะนำกลับไป ปรับปรุง จนกว่าเครื่องมือจะมีคุณภาพสมบูรณ์ก่อนนำไปใช้จริง

ขั้นตอนที่ 3 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคปฏิบัติ นำรูปแบบการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้เรียนต้องฝึกปฏิบัติและรับการประเมินผลไปทีละโมดูล (โมดูลที่ 1-4) หากไม่ผ่านต้องได้รับการสอนซ่อมเสริมและฝึกปฏิบัติซ้ำจนกว่าจะผ่านเกณฑ์ (ใช้เป็นคะแนนประสิทธิภาพของกระบวนการ: E_1) ในขั้นตอนสุดท้าย ผู้เรียนจะต้องเข้ารับการประเมินด้วยแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติเป็นตัวตัดสิน (ใช้เป็นคะแนนประสิทธิภาพของผลลัพธ์: E_2)

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำข้อมูลคะแนนและผลการปฏิบัติงานทั้งหมดที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล มา วิเคราะห์ข้อมูล ทางสถิติ เพื่อหาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ (E_1/ E_2) และวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติ เพื่อนำไปสู่การสรุปผลการวิจัยต่อไป

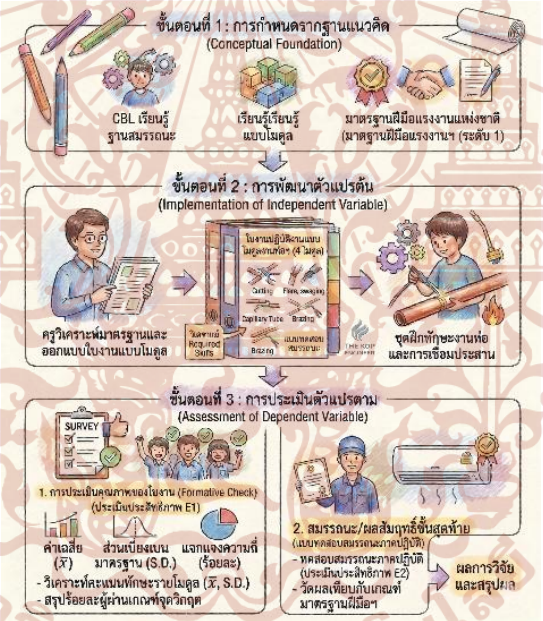
3.2 การสร้างเครื่องมือและประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีขั้นตอนการสร้างประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังภาพที่ 3-2 เป็นการแสดงกราฟฟิกขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. การกำหนดแนวคิดและรวบรวมองค์ประกอบสำคัญทั้ง 4 (ฐานสมรรถนะ, โมดูล, เกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 , E_1/E_2) เพื่อเป็นฐานความรู้

2. การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ โดยการสร้างใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล ซึ่งมีขั้นตอน ข้อควรระวังที่ผู้สอนนให้ซึ่งความสำคัญมากสำหรับช่างเครื่องปรับอากาศ เพราะความปลอดภัยและเทคนิคการเชื่อมที่ถูกต้องคือหัวใจของสมรรถนะระดับ 1

3. การประเมินตัวแปรตาม เป็นการแสดงผลลัพธ์สุดท้าย ทั้งประสิทธิภาพของสื่อ (E_1/E_2) และระดับสมรรถนะที่ผู้เรียนได้รับเมื่อเทียบกับมาตรฐาน



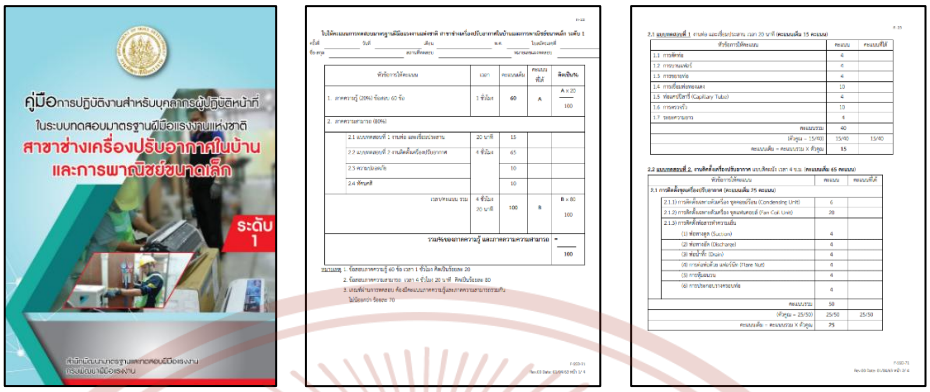
ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสาน

3.2.1 ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน

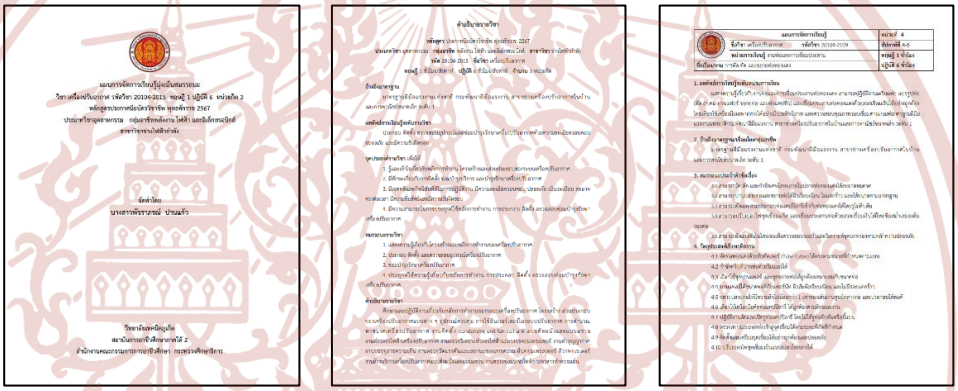
ในการสร้างใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล จำนวน 4 โมดูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นวิเคราะห์สมรรถนะและเกณฑ์มาตรฐาน

ผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์สมรรถนะรายวิชาเครื่องปรับอากาศ (20104-2015) ตามหลักสูตร ปวช. 2567 โดยมุ่งเน้นในหน่วยที่ 4 เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน พร้อมทั้งนำคู่มือการปฏิบัติงานสำหรับบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ในระบบทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 มาเป็นตัวกำหนดเกณฑ์เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะที่ตรงตามความต้องการของภาคอุตสาหกรรม



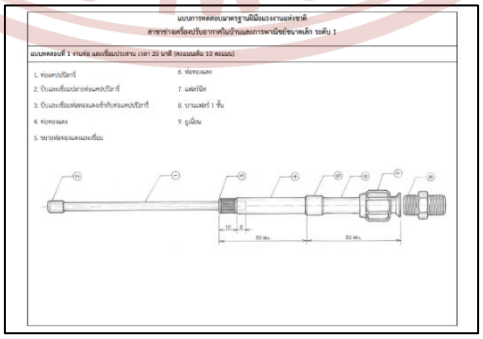
ภาพที่ 3-3 คู่มือการปฏิบัติงานในระบบทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ



ภาพที่ 3-4 แผนการจัดการเรียนรู้

2. ขั้นออกแบบและจัดทำร่างเครื่องมือ

ผู้วิจัยศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้แบบโมดูลเพื่อนำมาจัดลำดับกิจกรรม จากนั้นจึงนำแบบงานท่อจากการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานฯ มาร่างเป็นใบงานปฏิบัติงานจำนวน 4 โมดูล (ได้แก่ งานตัดและลบคม งานบานแฟลร์และขยายท่อ งานท่อแคปปิลารี่ และงานเชื่อมประสาน) พร้อมแบบประเมินทักษะระหว่างเรียนที่ครอบคลุมขั้นตอนการทำงานและจุดที่ต้องระมัดระวังเรื่องความปลอดภัย



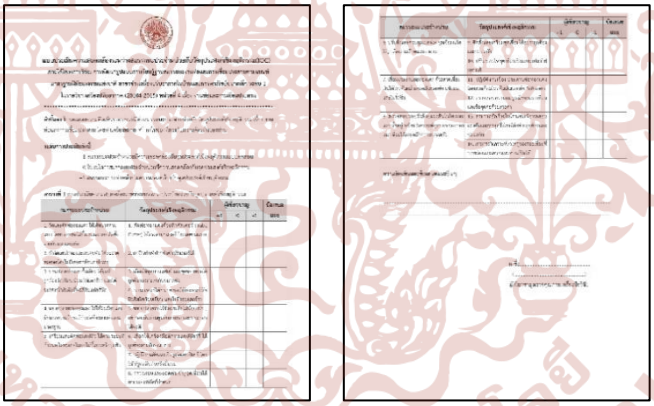
ภาพที่ 3-5 แบบงานท่อจากแบบการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ



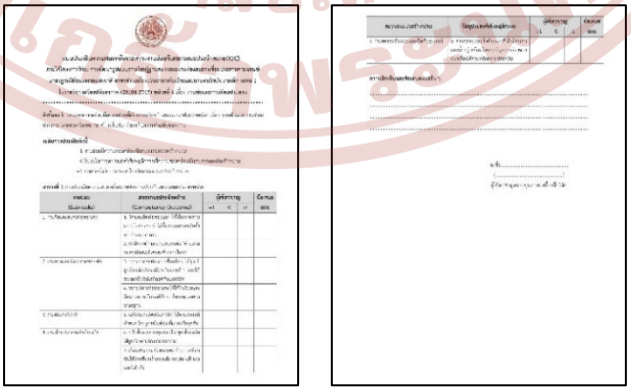
ภาพที่ 3-6 ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล

3. ขั้นประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ

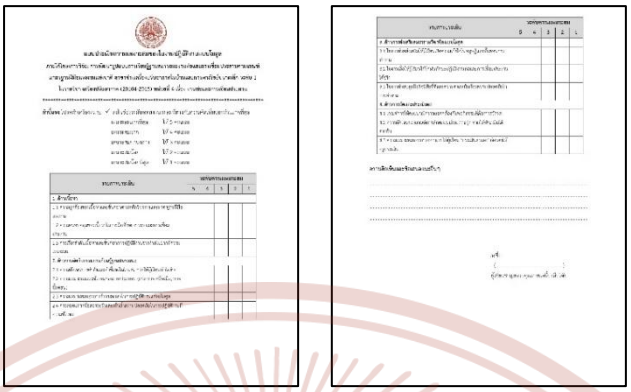
ผู้วิจัยนำร่างใบงานปฏิบัติงานเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความสอดคล้อง (IOC) และความเหมาะสม ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาและวัตถุประสงค์ หากพบข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยจะนำมาปรับปรุงแก้ไขจนได้ใบงานที่มีคุณภาพพร้อมนำไปใช้ในการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 3-7 เอกสารประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม



ภาพที่ 3-8 เอกสารประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วย



ภาพที่ 3-9 เอกสารประเมินความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล

3.2.2 แบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน

ในการสร้างแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติเพื่อประเมินผลลัพธ์ขั้นสุดท้าย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นวิเคราะห์องค์ประกอบของการทดสอบมาตรฐาน

ผู้วิจัยศึกษาคู่มือการประเมินผลจากมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ 1 โดยเจาะจงเฉพาะสมรรถนะด้าน "การอัดแรงดันเพื่อตรวจสอบรอยรั่ว" และ "การวิเคราะห์จุดบกพร่อง" เพื่อกำหนดเป็นวัตถุประสงค์ของการทดสอบ

2. ขั้นออกแบบสถานการณ์จำลองและเกณฑ์การประเมิน

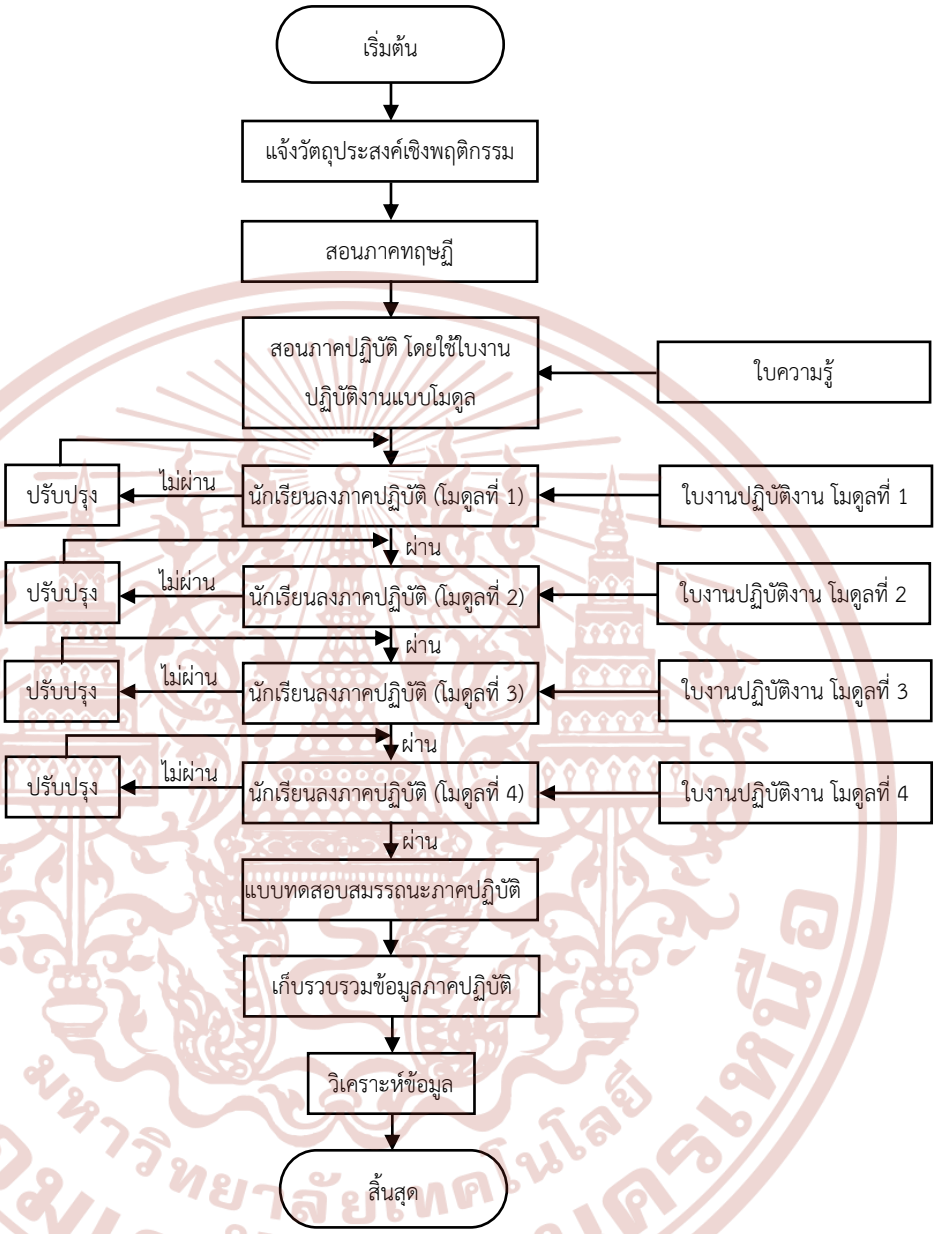
ผู้วิจัยออกแบบการทดสอบโดยให้ผู้เรียนปฏิบัติงานอัดก๊าซไนโตรเจนเพื่อตรวจสอบรอยรั่วในระบบท่อที่เชื่อมประกอบเสร็จแล้ว พร้อมสร้างแบบประเมินผล

3. ขั้นประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยนำร่างแบบทดสอบสมรรถนะและเกณฑ์การให้คะแนน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ชุดเดิมเพื่อพิจารณาตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของเกณฑ์ หากมีข้อเสนอแนะจะนำมาปรับปรุงจนได้แบบทดสอบที่สมบูรณ์พร้อมนำไปใช้เก็บข้อมูลวิจัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต ห้อง 1 กลุ่ม 2 จำนวน 15 คน ในรายวิชาเครื่องปรับอากาศ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 15 คน โดยมีผังลำดับขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังนี้



ภาพที่ 3-10 แสดงผังลำดับขั้นตอนในการดำเนินงาน

3.3.1 ขั้นเตรียมการ

ผู้วิจัยดำเนินการจัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการใช้งานภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ และทำการชี้แจงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ อธิบายระเบียบความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน แนะนำขั้นตอนการปฏิบัติงานโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล และวิธีการวัดและประเมินผลที่เน้นคุณภาพชิ้นงานตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ให้ผู้เรียนเข้าใจ พร้อมทั้งแจ้งกติกาการเรียนรู้ว่าผู้เรียนจะต้องผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 80 ในแต่ละโมดูล หากผลการปฏิบัติงานไม่ผ่านเกณฑ์ ผู้เรียน

จะต้องกลับไปศึกษาทบทวนขั้นตอนในใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูลด้วยตนเองอีกครั้ง และลงลำดับคิว เพื่อเข้ารับการทดสอบปฏิบัติงานซ้ำจนกว่าจะผ่าน จึงจะสามารถดำเนินการในโมดูลถัดไปได้



ภาพที่ 3-11 บรรยากาศการชี้แจ้งการลงปฏิบัติ

3.3.2 ขั้นดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นสาธิตและเชื่อมโยงทฤษฎี ผู้วิจัยบรรยายสรุปเนื้อหาภาคทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และทำการสาธิตขั้นตอนการปฏิบัติงานให้ผู้เรียนดูเป็นตัวอย่างอย่างละเอียด โดยอธิบายควบคู่ไปกับลำดับขั้นตอนที่ระบุไว้ในใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพรวมและเข้าใจเทคนิคการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง

2. ขั้นลงมือปฏิบัติงาน ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานด้วยตนเองตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้ในใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูลแต่ละหน่วย โดยในระหว่างที่ผู้เรียนดำเนินการทดลองและปฏิบัติงาน ผู้วิจัยจะเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก คอยสังเกตการณ์ ให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด ควบคุมเวลา และเน้นย้ำเรื่องความปลอดภัยในการปฏิบัติงานอย่างเข้มงวดโมดูล ต่อเนื่องกันตามลำดับ ดังนี้

- โมดูลที่ 1 : งานตัดและลบคมท่อทองแดง (10 นาที) ฝึกการใช้ทิวคัตเตอร์ตัดท่อตามระยะและใช้รีมเมอร์ลบคมภายในท่อให้สะอาด



ภาพที่ 3-12 บรรยากาศการฝึกทักษะปฏิบัติโมดูลที่ 1

- โมดูลที่ 2 : งานบานแฟลร์และขยายท่อ (10 นาที) ฝึกการบานแฟลร์เพื่อเตรียมสวมแฟลร์นัท และการขยายปลายท่อให้ได้ตามแบบที่กำหนด



ภาพที่ 3-13 บรรยากาศการฝึกทักษะปฏิบัติโมดูลที่ 2

- งานท่อแคปปิลารี่ (10 นาที) ฝึกการบาก หักเปิดรูท่อ และสอดท่อแคปปิลารี่เข้าสู่จุดเชื่อมตามระยะพิกัด พร้อมบีบล็อกตำแหน่งตามแบบที่กำหนด



ภาพที่ 3-14 บรรยากาศการฝึกทักษะปฏิบัติโมดูลที่ 3

- โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมประสานท่อ (15 นาที) ฝึกการติดตั้งชุดเชื่อม การปรับเปลวไฟกลาง และการให้ความร้อนเพื่อเชื่อมประสานท่อด้วยลวดเชื่อมเงินให้ไหลซึมเต็มรอยต่อ360 องศา



ภาพที่ 3-15 บรรยากาศการฝึกทักษะปฏิบัติโมดูลที่ 4

3.3.3 ขั้นวัดและประเมินผล

การวัดและประเมินผลจะดำเนินการควบคู่ไปกับการปฏิบัติงานในแต่ละโมดูล เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การประเมินตนเองของผู้เรียน เมื่อผู้เรียนปฏิบัติงานในแต่ละโมดูลเสร็จสิ้น จะต้องทำการตรวจสอบความเรียบร้อยของชิ้นงานและประเมินผลการปฏิบัติงานของตนเองเบื้องต้น ตามเกณฑ์ที่ระบุไว้ในใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล

2. การประเมินโดยครูผู้สอน หลังจากผู้เรียนประเมินตนเองเสร็จสิ้น ให้ผู้เรียนนำชิ้นงานพร้อมใบประเมินส่งให้ผู้วิจัยทำการตรวจประเมินผลและให้คะแนนตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงาน

3. การสรุปผลเพื่อดำเนินการต่อ หากผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 80 ครูผู้สอนจะทำการ "อนุมัติ" ให้ดำเนินการปฏิบัติงานในโมดูลถัดไปได้ แต่หากผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์ ผู้เรียนจะต้องกลับไปทบทวนและปฏิบัติงานในโมดูลนั้นซ้ำจนกว่าจะผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

4. ผู้วิจัยดำเนินการบันทึกคะแนนการปฏิบัติงานของนักเรียนอย่างเป็นระบบ โดยนำคะแนนที่ได้จากการประเมินผลระหว่างเรียนในโมดูลที่ 1-4 ไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับคำนวณหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)

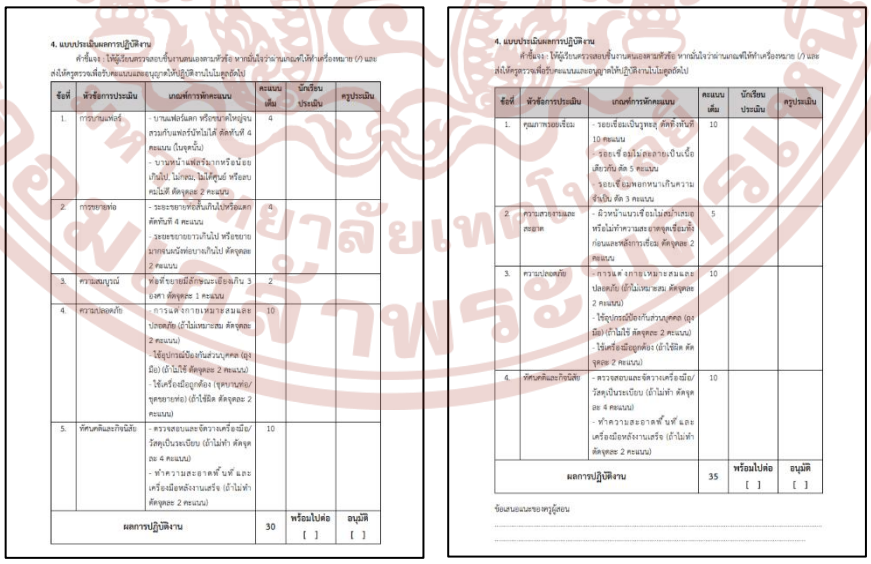
5. จากนั้น ผู้วิจัยดำเนินการประเมินผลลัพธ์ขั้นสุดท้ายด้วยแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ เรื่อง งานทดสอบรอยรั่วและวิเคราะห์คุณภาพแนวเชื่อม (15 นาที) โดยให้ผู้เรียนตรวจสอบ

แนวเชื่อมด้วยสายตา และอัดก๊าซไนโตรเจนที่แรงดัน 150 psi เพื่อทดสอบรอยรั่วไหล พร้อมทั้งวิเคราะห์หาสาเหตุในกรณีที่พบจุดบกพร่อง



ภาพที่ 3-16 ดำเนินการทดสอบนักเรียนด้วยแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ

6. นำคะแนนจากแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ ไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับคำนวณหาประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้



ภาพที่ 3-17 เอกสารการเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงาน

3.3.4 ขั้นสรุปผลและรวบรวมข้อมูล

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. ผู้วิจัยและผู้เรียนร่วมกันสรุปความรู้ เทคนิค และทักษะที่ได้จากการปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสานทั้ง 4 โมดูลและแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ พร้อมทั้งเน้นย้ำถึงความสำคัญของความปลอดภัยและแนวทางการนำไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพ

2. ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมเอกสารแบบประเมินตนเองของผู้เรียน และแบบประเมินผลการปฏิบัติงานโดยผู้สอนในทุกโมดูลและแบบทดสอบสมรรถนะโดยผู้สอนทั้งหมด เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและครบถ้วนของการให้คะแนน

3. นำคะแนนการปฏิบัติงานที่บันทึก (ทั้งคะแนนระหว่างเรียน E_1 และคะแนนทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ E_2) มาจัดหมวดหมู่และบันทึกลงในใบเก็บคะแนนใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล หน่วยที่ 4 เรื่องงานท่อและการเชื่อมประสาน เพื่อเตรียมนำไปวิเคราะห์หาค่าทางสถิติที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนต่อไป

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ นำมาวิเคราะห์โดยใช้ขั้นตอนและ วิธีการทางสถิติ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.4.1 วิเคราะห์ผลประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะและใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เรื่องงานท่อและการเชื่อมประสาน ตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ทำการวิเคราะห์โดยใช้สถิติดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยทำเป็นแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วย เมื่อสร้างแบบประเมินความสอดคล้องเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ ในการประเมินเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of item objective congruence) ของแบบประเมินทักษะเชิงปฏิบัติ ด้วยวิธีการของ Rovinelli, R. J. & Hambleton, R. K. (1976) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณา และสมการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ดังต่อไปนี้

ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน +1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าสอดคล้อง
ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน 0 หมายถึง เมื่อไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง
ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน -1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าไม่สอดคล้อง

ดังสมการต่อไปนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ คือ ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

เมื่อได้ค่าดัชนีความสอดคล้องแล้วให้นำมาเทียบกับเกณฑ์ โดยที่รายการประเมินความสอดคล้องในข้อนั้น มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50-1.00 หมายถึง รายการประเมินความสอดคล้องในข้อนั้นใช้งานได้ และถ้ารายการประเมินความสอดคล้องข้อใด มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.50 หมายถึง รายการประเมินความสอดคล้องในข้อนั้นใช้งานไม่ได้ ให้ทำการตัดรายการประเมินความสอดคล้องในข้อนั้นทิ้งในแบบประเมินความสอดคล้องผู้วิจัยได้กำหนดคุณสมบัติของผู้ที่จะมาประเมิน โดยต้องมีคุณสมบัติเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ หรือ มีประสบการณ์สอนในเรื่องดังกล่าว ไม่ต่ำกว่า 3 ปี จำนวน 5 ท่าน

2. ผู้วิจัยทำเป็นแบบประเมินความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล ได้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS สถิติที่ ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลผลคะแนนเฉลี่ยที่ ได้จากผู้เชี่ยวชาญ เป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

3.4.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เรื่องงานท่อและการเชื่อมประสาน สามารถหาได้จากสมการ E_1/E_2 โดยนำค่าประสิทธิภาพ (E_1) คือค่าประสิทธิภาพของกระบวนการจากการทำใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูลที่ 1-4 ของนักเรียนทุกคน มาเทียบกับค่าประสิทธิภาพ (E_2) คือค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ (ชิ้นงานสำเร็จ) โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของรูปแบบ

การเรียนรู้ไว้ที่ 80/80 ชวลิต ชูกำแพง (2553, น. 131 – 132) ได้กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพใช้สูตรประสิทธิภาพ ของกระบวนการ (E_1) ดังนี้

สูตร $$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนจากใบงานปฏิบัติงานโมดูลที่ 1-4ของผู้เรียนทุกคน

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

A คือ คะแนนเต็มรวมของใบงานปฏิบัติงานโมดูลที่ 1-4

และได้กล่าวถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ดังนี้

สูตร $$E_2 = \frac{\frac{\sum Y}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum Y$ คือ ผลรวมของคะแนนจากแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติของผู้เรียนทุกคน

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ

สำหรับเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ มีความหมายดังนี้

1. 80 ตัวแรก (E_1) หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยประเมินจากผลรวมของคะแนนเฉลี่ยที่ผู้เรียนทั้งหมดทำได้จากการปฏิบัติงานระหว่างเรียนในโมดูลที่ 1-4 ซึ่งต้องมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 80 ขึ้นไป

2. 80 ตัวหลัง (E_2) หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ โดยประเมินจากคะแนนเฉลี่ยที่ผู้เรียนทั้งหมดทำได้จากการทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ (ชิ้นงานสำเร็จ) ซึ่งต้องมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 80 ขึ้นไป

3.4.3 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสานของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล ทำการวิเคราะห์โดยใช้สถิติดังต่อไปนี้

1. การหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)ของคะแนนการปฏิบัติงานรายโมดูลดังสมการต่อไปนี้

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ X คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

2. การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนการปฏิบัติงานดังสมการต่อไปนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ $S.D.$ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนกลุ่มตัวอย่าง

$\sum X^2$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

$(\sum X)^2$ คือ ผลรวมของคะแนนของแต่ละตัวอย่างยกกำลังสอง

n คือ จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

3. การหาร้อยละของผู้ที่ผ่านเกณฑ์ โดยผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ความสำเร็จไว้ว่า ผู้เรียนจะต้องมีผลสัมฤทธิ์ผ่านการทดสอบภาคปฏิบัติและชิ้นงานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ร้อยละของผู้ที่ผ่านเกณฑ์} = \left(\frac{\text{จำนวนผู้ผ่านเกณฑ์}}{\text{จำนวนผู้เรียนทั้งหมด}}\right) x\ 100$$

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 และได้ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพแล้วนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปี 2 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต จำนวน 15 คน โดยผลการวิจัยสามารถนำเสนอได้ ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล

4.2 ผลการประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ

4.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ

4.4 ผลการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติและการบรรลุสมรรถนะตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ

4.1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดู

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้และชุดเครื่องมือ โดยมุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์เชิงประจักษ์ตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ซึ่งผลจากการพัฒนาได้เครื่องมือหลัก 2 ส่วน โดยทุกส่วนมีการบูรณาการประเมินด้านทัศนคติ กิจนิสัย และความตระหนักถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงานร่วมด้วย ดังนี้

4.1.1 ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน จำนวน 4 หน่วยย่อย (ใช้สำหรับการเรียนรู้และประเมินประสิทธิภาพกระบวนการ: E_1) มีรายละเอียดดังนี้

1. โมดูลที่ 1 งานตัดและลบคมท่อทองแดง ถูกออกแบบขึ้นเพื่อพัฒนาสมรรถนะหลักในการเตรียมวัสดุท่อทองแดงให้มีความเที่ยงตรงตามแบบงานและมีความสะอาดเชิงเทคนิค โดยผู้เรียนจะได้ฝึกทักษะปฏิบัติในการใช้ตัวตัดท่อ ตัดท่อขนาด 3/8 นิ้ว ให้มีความยาว 50 มม. และ 60 มม. พร้อมทั้งใช้รีมเมอร์ลบคมภายในท่อ ทั้งนี้ ชิ้นงานที่สำเร็จจะต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานงาน คือ ได้ระยะตามพิกัดโดยยอมรับความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ±2.0 มม. รอยตัดต้องมีลักษณะกลม ไม่บี้แบน และปราศจากเศษครีบภายในปากท่อ ตลอดจนประเมินกิจนิสัยในการจัดเตรียมและจัดเก็บเครื่องมือให้เป็นระเบียบเรียบร้อย

2. โมดูลที่ 2 งานบานแฟลร์และขยายท่อ มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างสมรรถนะหลักในการขึ้นรูปปลายท่อ เพื่อรองรับการต่อประกอบระบบด้วยข้อต่อและการเชื่อมชน โดยผู้เรียนจะได้

ฝึกทักษะปฏิบัติในการบานแฟลร์ด้านหนึ่งของท่อเพื่อเตรียมสวมแฟลร์นัทขนาด 3/8 นิ้ว และฝึกการขยายท่อ สำหรับเกณฑ์มาตรฐานงานที่กำหนดคือ ผิวหน้าแฟลร์ต้องไม่แตก ไม่มีรอยแตกร้าว ไม่เอียง และรอยขยายท่อต้องมีความลึกสม่ำเสมอจนสามารถสวมประกอบเข้าด้วยกันได้ตามแบบที่กำหนด โดยผู้เรียนต้องแสดงออกถึงความรอบคอบ และการรักษาความสะอาดของพื้นที่ปฏิบัติงาน

3. โมดูลที่ 3 งานท่อแคปปิลารี่ มุ่งเน้นสมรรถนะหลักด้านการจัดการอุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็นขนาดเล็กด้วยความละเอียดแม่นยำ ผู้เรียนจะได้ฝึกปฏิบัติการบากท่อด้วยตะไบสามเหลี่ยมและหักท่อเพื่อให้รูท่อเปิดสมบูรณ์ จากนั้นสอดท่อเข้าสู่ท่อขนาด 3/8 นิ้ว ตามพิกัด 15 มม. และบีบล็อกตำแหน่งรอยบีบให้มีความยาว 10 มม. ชิ้นงานจะผ่านการประเมินเมื่อได้ตามแบบงานท่อที่กำหนด คือ รูท่อแคปปิลารี่ต้องไม่ตีบตัน และมีระยะการสอดตามแบบงานก่อนนำไปสู่ขั้นตอนการเชื่อมประสาน โดยผู้เรียนต้องแสดงออกถึงความประณีต และการรักษาความสะอาด

4. โมดูลที่ 4 งานเชื่อมประสานท่อ เน้นสมรรถนะหลักในการประสานรอยต่อท่อทองแดงด้วยความร้อนและลวดเชื่อมเงินให้เป็นเนื้อเดียวกัน ผู้เรียนจะได้ฝึกทักษะการปรับเปลวไฟและการให้ความร้อนบริเวณผิวท่อจนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อให้ลวดเชื่อมเงินไหลรอบจุดต่อโดยชิ้นงานจะต้องผ่านมาตรฐานที่เข้มงวด คือ แนวเชื่อมต้องไหลเต็มรอยต่อ 360 องศา มีผิวเรียบสม่ำเสมอ รอยเชื่อมไม่เป็นรูทะลุ ทั้งนี้ ได้มุ่งเน้นเรื่องความปลอดภัยขั้นสูงสุด โดยผู้เรียนต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยในการใช้ชุดเชื่อมแก๊ส

4.1.2 แบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ เรื่อง งานทดสอบรอยรั่วและวิเคราะห์คุณภาพแนวเชื่อม เครื่องมือชุดนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ขั้นสุดท้าย (ประเมินประสิทธิภาพผลลัพธ์: E_2) โดยมุ่งเน้นการประเมินสมรรถนะหลักในการประกันคุณภาพงานเชื่อมและความสมบูรณ์ของชิ้นงาน ผู้เรียนจะต้องนำชิ้นงานที่ผ่านการประกอบและเชื่อมประสานจากโมดูลที่ 1-4 มาปฏิบัติการอัดก๊าซไนโตรเจน เพื่อทดสอบความคงทนต่อแรงดันที่พิกัด 150 psi และใช้น้ำยาล้างจานพร้อมฟองน้ำเพื่อตรวจรั่วในการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมทุกจุด เกณฑ์ของชิ้นงานต้องไม่พบรอยรั่วไหล และผู้เรียนจะต้องสามารถเขียนรายงานวิเคราะห์จุดบกพร่องและเสนอแนวทางแก้ไขได้อย่างมีเหตุผลในกรณีที่พบรอยรั่ว ทั้งนี้ ผู้เรียนต้องปฏิบัติงานภายใต้ความระมัดระวังในการใช้ก๊าซแรงดันสูงขั้นสูงสุด

4.2 ผลการประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้นำชุดเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล จำนวน 4 โมดูล และแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพและประเมินความเหมาะสม โดยมีผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างสมรรถนะกับวัตถุประสงค์และงานย่อยกับสมรรถนะ

ผู้วิจัยได้นำใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูลไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยมีผลการประเมินดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

สมรรถนะประจำหน่วย ข้อที่	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่	คะแนนรวมจากผู้เชี่ยวชาญ	ค่า IOC	สรุปผล
1.	1.	5	1	ใช้งานได้
2.	2.	5	1	ใช้งานได้
3.	3.	5	1	ใช้งานได้
	4.	5	1	ใช้งานได้
4.	5.	5	1	ใช้งานได้
5.	6.	5	1	ใช้งานได้
	7.	5	1	ใช้งานได้
	8.	4	0.80	ใช้งานได้
6.	9.	5	1	ใช้งานได้
	10.	5	1	ใช้งานได้
7.	11.	5	1	ใช้งานได้
	12.	5	1	ใช้งานได้
8.	13.	5	1	ใช้งานได้
	14.	5	1	ใช้งานได้

จากตารางที่ 4-1 พบว่า ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80 ถึง 1.00 ซึ่งทุกรายการประเมินมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ 0.50 ที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับสมรรถนะประจำหน่วย และสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วย

งานย่อย ข้อที่	สมรรถนะประจำหน่วย ข้อที่	คะแนนรวมจากผู้เชี่ยวชาญ	ค่า IOC	สรุปผล
1.	1.	5	1	ใช้งานได้
	2.	5	1	ใช้งานได้
2.	3.	5	1	ใช้งานได้
	4.	5	1	ใช้งานได้
3.	5.	5	1	ใช้งานได้
4.	6.	5	1	ใช้งานได้
	7.	5	1	ใช้งานได้

จากตารางที่ 4-2 พบว่า ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วยโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 ทุกรายการ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.50 ที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าการกำหนดงานย่อยมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสมรรถนะประจำหน่วยอย่างสมบูรณ์ และสามารถนำไปใช้งานได้

4.2.2 ผลการประเมินระดับความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล (ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ปรากฏผลดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินระดับความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. ด้านเนื้อหา			
1.1 ความถูกต้องของเนื้อหาและขั้นตอนตามหลักวิชาการและมาตรฐานฝีมือแรงงาน	4.60	0.58	มากที่สุด
1.2 ความครอบคลุมของเนื้อหาในการฝึกทักษะงานท่อและการเชื่อมประสาน	4.40	0.58	มาก
1.3 การเรียงลำดับเนื้อหาและขั้นตอนการปฏิบัติงานจากง่ายไปยากมีความเหมาะสม	4.60	0.58	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยด้านที่ 1	**4.53**	**0.58**	**มากที่สุด**
2. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ			
2.1 ความชัดเจนของคำสั่งและคำชี้แจงในใบงาน ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจง่าย	4.60	0.58	มากที่สุด
2.2 ความเหมาะสมและชัดเจนของภาพประกอบ	4.40	0.00	มาก
2.3 ความเหมาะสมของการกำหนดเวลาในการปฏิบัติงานแต่ละโมดูล	4.60	0.58	มากที่สุด
2.4 การสอดแทรกข้อควรระวังและเน้นย้ำความปลอดภัยในการปฏิบัติงานมีความชัดเจน	4.60	0.58	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยด้านที่ 2	**4.55**	**0.58**	**มากที่สุด**

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
3. ด้านการส่งเสริมสมรรถนะวิชาชีพแบบโมดูล			
3.1 ใบงานช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในทฤษฎีและขั้นตอนการทำงาน	4.80	0.58	มากที่สุด
3.2 ใบงานเอื้อให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสานได้จริง	4.60	0.58	มากที่สุด
3.3 ใบงานช่วยปลูกฝังกิจนิสัยที่ดีและความตระหนักเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน	4.60	0.58	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยด้านที่ 3	**4.67**	**0.58**	**มากที่สุด**
4. ด้านการวัดและประเมินผล			
4.1 เกณฑ์การให้คะแนนมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดผล	4.80	0.58	มากที่สุด
4.2 ความชัดเจนของเกณฑ์การหักคะแนนในแต่ละจุด ช่วยให้ประเมินได้ตรงกัน	4.60	0.58	มากที่สุด
4.3 ความเหมาะสมของการออกแบบให้ผู้เรียน "ประเมินตนเอง" ก่อนส่งให้ครูประเมิน	4.80	0.00	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยด้านที่ 4	**4.73**	**0.38**	**มากที่สุด**
รวมเฉลี่ยทุกด้าน	**4.62**	**0.22**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4-3 พบว่า ผลการประเมินระดับความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล โดยผู้เชี่ยวชาญ ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.62, S.D. = 0.22) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมสูงสุด คือ ด้านการวัดและประเมินผล ($\bar{X}$ = 4.73) รองลงมาคือ ด้านการส่งเสริมสมรรถนะวิชาชีพแบบโมดูล ($\bar{X}$ = 4.67) และด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ ($\bar{X}$ = 4.55) ตามลำดับ โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือด้านเนื้อหา แต่ก็ยังคงมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน ($\bar{X}$ = 4.53)

4.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลการปฏิบัติงานของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ (E_1/E_2) โดยเทียบกับเกณฑ์ ปรากฏผลดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ (E_1/E_2)

รายการประเมินประสิทธิภาพ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ประสิทธิภาพร้อยละ
ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)	125	118.20	8.37	94.56
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)	30	27.33	4.94	91.10
ประสิทธิภาพรวม (E_1/E_2)				94.56/91.10

จากตารางที่ 4-4 พบว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ซึ่งได้จากการประเมินผลการปฏิบัติงานระหว่างเรียนในโมดูลที่ 1-4 มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 94.56 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ซึ่งได้จากการประเมินด้วยแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ เรื่อง งานทดสอบรอยรั่วและวิเคราะห์คุณภาพแนวเชื่อม มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 91.10 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เรื่องงานท่อและการเชื่อมประสานมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 94.56/91.10 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

4.4 ผลการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติและการบรรลุสมรรถนะตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ

ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการประเมินผลการปฏิบัติงานของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และร้อยละของผู้ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ปรากฏผลดังนี้

4.4.1 ผลการประเมินทักษะปฏิบัติรายโมดูล (ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

การประเมินทักษะปฏิบัติในระหว่างการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล ทั้ง 4 โมดูล ปรากฏผลดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินทักษะปฏิบัติรายโมดูลของกลุ่มตัวอย่าง (N=15)

รายการประเมิน (ใบงานปฏิบัติงาน)	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.
โมดูลที่ 1 งานตัดและลบคมท่อทองแดง	30	28.80	1.97
โมดูลที่ 2 งานบานแฟลร์และขยายท่อ	30	28.20	2.21
โมดูลที่ 3 งานท่อแคปปิลารี่	30	28.27	2.02
โมดูลที่ 4 งานเชื่อมประสานท่อ	35	32.93	2.99
รวมคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน (E_1)	125	118.20	

จากตารางที่ 4-5 พบว่า ผลการประเมินทักษะปฏิบัติรายโมดูลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการปฏิบัติงานอยู่ในระดับสูงในทุกโมดูล โดยโมดูลที่ 4 งานเชื่อมประสานท่อ มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 32.93 (S.D. = 2.99) รองลงมาคือ โมดูลที่ 1 งานตัดและลบคมท่อทองแดง มีคะแนนเฉลี่ย 28.80 (S.D. = 1.97) โมดูลที่ 3 งานท่อแคปปิลารี่ มีคะแนนเฉลี่ย 28.27 (S.D. = 2.02) และโมดูลที่ 2 งานบานแฟลร์และขยายท่อ มีคะแนนเฉลี่ย 28.20 (S.D. = 2.21) ตามลำดับ

4.4.2 ผลการประเมินสมรรถนะขั้นสุดท้ายเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ

การประเมินการบรรลุสมรรถนะขั้นสุดท้าย พิจารณาจากความสามารถในการทำแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ เรื่อง งานทดสอบรอยรั่วและวิเคราะห์คุณภาพแนวเชื่อม ปรากฏผลดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ผลการประเมินแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ

รายการทดสอบสมรรถนะขั้นสุดท้าย	**จำนวนนักเรียนทั้งหมด**	**จำนวนผู้ผ่านเกณฑ์ (คน)**	**ร้อยละของผู้ผ่านเกณฑ์**
แบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ	15	12	80

จากตารางที่ 4-6 พบว่า ผลการประเมินสมรรถนะขั้นสุดท้ายด้วยแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ ซึ่งพิจารณาจากการปฏิบัติงานประกอบเชื่อมท่อและการทดสอบอัดแรงดันโดยไม่พบรอยรั่ว มีนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน สามารถปฏิบัติงานผ่านเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ 1 ได้จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ความสำเร็จที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะและใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน ตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ โดยผู้เชี่ยวชาญ 2) พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และ 3) ศึกษาผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสานของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต จำนวน 15 คน และได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์สรุปผล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

5.1.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้และเครื่องมือวิจัย

ผลการประเมินคุณภาพของรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล จำนวน 4 โมดูล และแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า เครื่องมือที่สร้างขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.80 ถึง 1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์ทุกรายการ และเมื่อพิจารณาระดับความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล พบว่า ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.62, S.D. = 0.22) แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีคุณภาพและมีความเหมาะสมอย่างยิ่งในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้

5.1.2 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะและหาประสิทธิภาพ (E_1/E_2)

ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน พบว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ซึ่งประเมินจากผลการปฏิบัติงานระหว่างเรียนในโมดูลที่ 1-4 มีค่าเท่ากับร้อยละ 94.56 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ซึ่งประเมินจากผลการทำแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ มีค่าเท่ากับ

ร้อยละ 91.10 ส่งผลให้รูปแบบการเรียนรู้มีประสิทธิภาพรวม (E1/E2) เท่ากับ 94.56/91.10 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

5.1.3 ผลการศึกษาผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติและการบรรลุสมรรถนะ

ผลการศึกษาทักษะปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสานขั้นสุดท้ายของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน โดยประเมินจากการทำแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ เรื่อง งานทดสอบรอยรั่วและวิเคราะห์คุณภาพแนวเชื่อม (พิจารณาจากการปฏิบัติงานประกอบเชื่อมท่อและการทดสอบอัดแรงดันไนโตรเจน 150 psi โดยไม่พบรอยรั่ว) พบว่า มีนักเรียนสามารถปฏิบัติงานผ่านเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ได้จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ความสำเร็จที่กำหนดไว้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปี 2 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต จำนวน 15 คน ผู้วิจัยสามารถนำผลการวิจัยมาอภิปรายได้ดังนี้

5.2.1 การประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้และใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล จากผลการวิจัยพบว่า ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูลมีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.62, S.D. = 0.22) ทั้งนี้เป็นเพราะผู้วิจัยได้ออกแบบใบงานโดยกำหนดเงื่อนไขการปฏิบัติงานที่ชัดเจน และมีจุดเด่นคือการให้ผู้เรียนได้ "ประเมินตนเอง" จากชิ้นงานจริงก่อนส่ง ซึ่งช่วยกระตุ้นความรับผิดชอบและมาตรฐานวิชาชีพ เหตุผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ ฉัตรชัย สุขุม และ ศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย (2566) ที่ระบุว่า การจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะที่เหมาะสม ต้องจำลองบริบทหน้างานจริง กิจกรรมต้องระบุชัดเจนว่าให้ปฏิบัติอะไรภายใต้ข้อจำกัดใด และเน้นการวัดผลจากสภาพหน้างานหรือชิ้นงานจริง เพื่อให้ข้อมูลย้อนกลับไปปรับปรุงฝีมือ

5.2.2 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เรื่องงานท่อและการเชื่อมประสาน จากผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 94.56/91.10 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ ปัจจัยความสำเร็จเกิดจากการนำงานท่อและการเชื่อมประสานที่ซับซ้อน มาซอยย่อยเป็นโมดูลที่เป็นอิสระจากกัน ทำให้ผู้เรียนสามารถฝึกฝนทักษะเฉพาะจุดตามจังหวะการเรียนรู้ของตนเอง (Self-paced learning) สอดคล้องกับ คุรุรัตน์ วรวณิชชา และคณะ (2567) ที่กล่าวว่าสื่อแบบโมดูลมีความยืดหยุ่นสูง ช่วยเปลี่ยนผู้เรียนจากผู้รับความรู้เป็นผู้มีสมรรถนะวิชาชีพ และสอดคล้องกับ รัตนะ บัวสนธ์ (2566) ที่ระบุว่าการแบ่งเนื้อหาเป็นหน่วยย่อย

ช่วยให้ผู้เรียนมุ่งเป้าฝึกปรือเฉพาะจุดได้ นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัชดาพรรณ อินทรสุขสันติ และ อัญชลี สารรัตนะ (2565) ที่ยืนยันว่าการใช้โมดูลเป็นเครื่องมือจัดการเรียนรู้สามารถช่วยยกระดับสมรรถนะของผู้เรียนให้สูงขึ้นและบรรลุเกณฑ์ E_1/E_2 ได้อย่างเป็นรูปธรรม

5.2.3 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสานของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ จากผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนร้อยละ 80 สามารถปฏิบัติงานและผ่านการทดสอบสมรรถนะขั้นสุดท้ายตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 เหตุผลสำคัญคือการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์เชิงประจักษ์และการใช้เครื่องมือจริง ภายใต้มาตรฐานความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด นอกจากนี้การที่ผู้วิจัยได้ฝึกฝนให้ผู้เรียนรู้จักตรวจสอบชิ้นงานด้วยตนเองตั้งแต่โมดูลที่ 1-4 พร้อมทั้งมีการสอดแทรกเทคนิคและเน้นย้ำข้อควรระวังเป็นพิเศษในแต่ละขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญและมีความละเอียดรอบคอบสูง ส่งผลให้สามารถผ่านการทดสอบอัดแรงดันโดยไม่พบรอยรั่วด้วยแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ ได้สำเร็จ สอดคล้องกับแนวคิดของ ฉัตรชัย สุขุม และ ศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย (2566) ที่ว่าการหลอมรวมความรู้ ฝีมือช่างและจรรยาบรรณวิชาชีพเข้าด้วยกัน จะช่วยพัฒนาสมรรถนะได้ตรงจุด และสอดคล้องกับ รัตนะ บัวสนธ์ (2566) ที่ระบุว่าหากผู้เรียนสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐานในโมดูลนั้นๆ ก็ถือว่ามีสมรรถนะพร้อมออกไปปฏิบัติงานจริงได้ทันที ตอบโจทย์การสร้างช่างฝีมือป้อนตลาดแรงงาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. เนื่องจากการเรียนด้วยใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูลเป็นการเรียนที่ผู้เรียนแต่ละคนอาจจะใช้เวลาปฏิบัติงานเสร็จไม่พร้อมกันตามความถนัด ผู้สอนจึงควรวางแผนจัดเตรียมเครื่องมือประจำสถานีฝึกให้เพียงพอ เพื่อให้การปฏิบัติงานของนักเรียนมีความต่อเนื่องและไม่เกิดการรอคอย

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรมีการพัฒนาใบงานในรูปแบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-Book) หรือการสร้าง QR Code เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสแกนดูคลิปวิดีโอสาธิตการปฏิบัติงานประกอบการเรียนได้ด้วยตนเอง

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน. (2554). มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1. กระทรวงแรงงาน.

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน. (ม.ป.ป.). คู่มือวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) สำหรับบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ในระบบการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ การบริหารการทดสอบสาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1. กระทรวงแรงงาน.

คุรุรัตน์ วรวณิชชา, ศักดิ์ชัย นิรัญทวี, อัจฉรา วัฒนาณรงค์, และ โกศล มีคุณ. (2567). การจัดการศึกษาเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. Journal of Modern Learning Development. 9(12), 721-730.

ฉัตรชัย สุขุม, และ ศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย. (2566). การออกแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ แนวคิดการออกแบบการเรียนการสอนและการประเมินผลการเรียนรู้. วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. 15(1), 65-78.

ชวลิต ชูกำแพง. (2553). การประเมินการเรียนรู้. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ทิศนา แขมมณี. (2560). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. (พิมพ์ครั้งที่ 21). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บังอร เสรีรัตน์, และคณะ. (2566). คู่มือการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาฐานสมรรถนะ. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). การวิจัยเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 8). สุวีริยาสาส์น.

รัชดาพรรณ อินทรสุขสันติ, และ อัญชลี สารรัตนะ. (2565). การพัฒนาโมดูลการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน (RBL) เพื่อการเสริมสร้างสมรรถนะวิจัยในชั้นเรียนทางการศึกษาพิเศษสำหรับนักศึกษาครู มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มจร. 10 (7) : 3129-3139.

รัตนะ บัวสนธ์. (2566). โมดูล: ทางเลือกเพื่อความอยู่รอดในการจัดการศึกษาของมหาวิทยาลัยไทย. วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย. 15 (1) : 1-13.

ภาษาอังกฤษ

Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1976). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. Tijdschrift Voor Onderwijsresearch. 1 (2) : 49–60.

ภาคผนวก ก

1. แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะ
2. ใบความรู้
3. ใบฝึกทักษะภาคปฏิบัติความสามารถ
4. ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล
5. แบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ



แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะ

วิชา เครื่องปรับอากาศ รหัสวิชา 20104-2015 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 6 หน่วยกิต 3

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

จัดทำโดย

นางสาวพัชราภรณ์ ปานแก้ว

วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต

สถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

คำอธิบายรายวิชา

หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567

ประเภทวิชา อุตสาหกรรม **กลุ่มอาชีพ** พลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ **สาขาวิชา** ช่างไฟฟ้ากำลัง

รหัส 20104-2015 **ชื่อวิชา** เครื่องปรับอากาศ

ทฤษฎี 1 ชั่วโมง/สัปดาห์ **ปฏิบัติ** 6 ชั่วโมง/สัปดาห์ **จำนวน** 3 หน่วยกิต

อ้างอิงมาตรฐาน

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ประกอบ ติดตั้ง ตรวจสอบอุปกรณ์และซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศด้วยความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงาน โครงสร้างและส่วนประกอบของระบบเครื่องปรับอากาศ
2. มีทักษะเกี่ยวกับการติดตั้ง ซ่อมบำรุงบริการ และบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ
3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบสะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
4. มีความสามารถในการประยุกต์ใช้หลักการทำงาน การประกอบ ติดตั้ง ตรวจสอบซ่อมบำรุงรักษา เครื่องปรับอากาศ

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
2. ประกอบ ติดตั้ง และตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องปรับอากาศ
3. ซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ
4. ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงาน การประกอบ ติดตั้ง ตรวจสอบซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติงานเกี่ยวกับหลักการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ โครงสร้าง ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศแบบต่าง ๆ อุปกรณ์ควบคุม การใช้อินเวอร์เตอร์ในระบบปรับอากาศ การคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ งานติดตั้ง condensing unit fan coil unit แบบติดผนังและแบบแขวนงานต่อวงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ งานตรวจวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและวงจรคอมเพรสเซอร์ งานทำสุญญากาศ งานบรรจุสารความเย็น งานตรวจวัดแรงดันและสถานะของสารความเย็นคอมเพรสเซอร์ อีวาพอเรเตอร์ งานล้างบริการเครื่องปรับอากาศแบบติดผนังและแบบแขวน งานตรวจซ่อมวงจรไฟฟ้า วงจรสารทำความเย็น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้

รหัส 20104-2015 **ชื่อวิชา** เครื่องปรับอากาศ

ทฤษฎี 1 ชั่วโมง/สัปดาห์ **ปฏิบัติ** 6 ชั่วโมง/สัปดาห์ **จำนวน** 3 หน่วยกิต

สัปดาห์ที่	หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
1	1	งานระบบปรับอากาศและเครื่องมือช่างเบื้องต้น	7
2	2	งานวัฏจักรการทำความเย็น	7
3	3	งานคำนวณภาระความเย็น (BTU)	7
4-5	4*	งานท่อและการเชื่อมประสาน	14
6	5	งานระบบไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศ	7
7-10	6	งานติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง (Wall Type)	28
11-12	7	งานระบบสุญญากาศและบรรจุสารทำความเย็น	14
13-14	8	งานบริการและล้างทำความสะอาด	14
15-17	9	งานตรวจซ่อมและวิเคราะห์อาการเสีย	21
18		สอบปลายภาค (เน้นปฏิบัติรวมสถานการณ์จำลอง)	7
รวม			**126**

* หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 งานท่อและการเชื่อมประสานท่อสารทำความเย็น นำไปพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

รหัส 20104-2015 **ชื่อวิชา** เครื่องปรับอากาศ

ทฤษฎี 1 ชั่วโมง/สัปดาห์ **ปฏิบัติ** 6 ชั่วโมง/สัปดาห์ **จำนวน** 3 หน่วยกิต

หน่วยที่	งานหลัก (Main Tasks)	งานย่อย (Sub-tasks)	สมรรถนะประจำหน่วย (Competency Outcome)
1	งานระบบปรับอากาศและเครื่องมือช่างเบื้องต้น	1. จำแนกส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ	1. จำแนกหน้าที่ของส่วนประกอเครื่องปรับอากาศได้
		2. การใช้เครื่องมือช่างและเครื่องมือวัดไฟฟ้า	2. เลือกใช้เครื่องมือช่างได้ถูกต้องตามประเภทของงาน
		3. การเตรียมอุปกรณ์ป้องกันอันตราย (PPE)	3. สวมใส่และตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ตามหลักความปลอดภัย
2	งานวัฏจักรการทำความเย็น	1. การระบุตำแหน่งอุปกรณ์หลักในวงจรน้ำยา	1. วิเคราะห์และระบุตำแหน่งอุปกรณ์หลักในวัฏจักรการทำความเย็นได้ถูกต้อง
		2. การตรวจวัดอุณหภูมิและแรงดันสารทำความเย็น	2. ตรวจวัดและอ่านค่าอุณหภูมิรวมถึงแรงดันในระบบอัดไอได้แม่นยำ
		3. การสังเกตการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารทำความเย็น	3. จำแนกสถานะของสารทำความเย็นในแต่ละจุดของระบบได้สอดคล้องกับหน้างาน
3	งานคำนวณภาระความเย็น (BTU)	1. การวัดขนาด คำนวณ และการประเมินปัจจัยภาระความเย็นพื้นที่ห้อง	1. คำนวณค่าภาระความเย็นพื้นฐานตามสภาพแวดล้อมและขนาดพื้นที่ห้องได้ถูกต้อง
		2. การเลือกขนาด BTU จากตารางมาตรฐาน	2. เลือกขนาดเครื่องปรับอากาศ (BTU) ได้เหมาะสมกับภาระความเย็นตามตารางมาตรฐาน

หน่วยที่	งานหลัก (Main Tasks)	งานย่อย (Sub-tasks)	สมรรถนะประจำหน่วย (Competency Outcome)
4	งานท่อและการเชื่อมประสาน	1. งานตัดและลบคมท่อทองแดง	1. วัดและตัดท่อทองแดง ให้ได้ขนาดตามแบบ โดยปลายท่อไม่บี้แบนและรอยตัดตั้งฉากกับแนวแกนท่อ 2. กำจัดเศษโลหะและลบคมท่อ ได้สะอาดหมดจดโดยไม่มีเศษตกค้างภายในท่อ
		2. งานบานแฟลร์และงานขยายท่อ	3. บานปลายท่อแบบชั้นเดียว ได้มุมที่ถูกต้อง ผิวเรียบเนียน ไม่แตกร้าว และได้ขนาดหน้าสัมผัสที่พอดีกับแฟลร์นัท 4. ขยายปลายท่อทองแดง ให้ได้ผิวเรียบและมีขนาดความลึกพอดีกับท่อที่จะสวมต่อตามมาตรฐาน
		3. งานท่อแคปปิลารี่	5. เตรียมและตัดท่อแคปทิว ได้ตามระยะที่กำหนด โดยรูภายในท่อไม่บี้แบนหรืออุดตัน
		4. งานเชื่อมประสานท่อด้วยแก๊ส	6. ปรับตั้งและควบคุมเปลวไฟ ชุดเชื่อมแก๊สได้ถูกต้องตามลักษณะของงาน 7. เชื่อมประสานท่อทองแดง ด้วยลวดเชื่อมเงินให้ไหลซึมสม่ำเสมอเต็มรอยต่อแข็งแรง และไม่รั่วซึม
		5. งานทดสอบรั่วระบบและจัดเก็บอุปกรณ์	8. ตรวจสอบรอยรั่วด้วยแรงดันไนโตรเจนและน้ำสบู่ พร้อมวิเคราะห์จุดบกพร่องของแนวเชื่อมได้ตามหลักความปลอดภัย
5	งานระบบไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศ	1. การต่อวงจรไฟฟ้าภายใน	1. ต่อวงจรไฟฟ้าภายในและระหว่างเครื่องปรับอากาศได้ถูกต้องตามแผนผัง
		2. การต่อสายไฟระหว่างเครื่อง	2. ตรวจเช็คสภาพคอมเพรสเซอร์และอุปกรณ์ไฟฟ้าประกอบได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน
		3. การตรวจเช็คค่าความต้านทานและกระแสไฟฟ้า	3. ใช้เครื่องมือวัดตรวจสอบแรงดันและกระแสไฟฟ้าในระบบได้อย่างปลอดภัย

หน่วยที่	งานหลัก (Main Tasks)	งานย่อย (Sub-tasks)	สมรรถนะประจำหน่วย (Competency Outcome)
6	งานติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง (Wall Type)	1. การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง (Wall Type) ตามแบบที่กำหนด	1. วางแผนและติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบติดผนังได้ตรงตามแบบและมาตรฐานทางเทคนิค
7	งานระบบสุญญากาศและบรรจุสารทำความเย็น	1. การทดสอบรอยรั่วด้วยแรงดันไนโตรเจน/ฟองสบู่	1. ตรวจสอบรอยรั่วของระบบด้วยแรงดันไนโตรเจนและน้ำสบู่ได้อย่างถี่ถ้วน
		2. การทำระบบสุญญากาศ (Vacuum)	2. ทำระบบสุญญากาศได้ลึกตามค่าไมครอนที่กำหนดเพื่อกำจัดความชื้นในระบบ
		3. การบรรจุสารทำความเย็นตามน้ำหนักและเกจ	3. บรรจุสารทำความเย็นได้ถูกต้องตามชนิดและปริมาณน้ำหนักที่ระบุข้างเครื่อง
8	งานบริการและล้างทำความสะอาด	1. การถอดประกอบชิ้นส่วนของเครื่องปรับอากาศเพื่อล้างทำความสะอาด	1. ถอดและประกอบชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศเพื่อล้างทำความสะอาดได้โดยไม่ชำรุด
		2. การตรวจสอบระบบระบายน้ำและสิ่งอุดตัน	2. ฉีดล้างและบำรุงรักษาแผงคอยล์รวมถึงระบบระบายน้ำทิ้งได้อย่างสะอาดเรียบร้อย
9	งานตรวจซ่อมและวิเคราะห์อาการเสีย	1. วิเคราะห์อาการเสียทางระบบไฟฟ้าและระบบสารทำความเย็น	1. วินิจฉัยและซ่อมบำรุงข้อบกพร่องของระบบไฟฟ้าและระบบสารทำความเย็นได้ถูกต้อง
		2. การประเมินราคาค่าวัสดุและค่าบริการ	2. จัดทำรายงานผลการตรวจซ่อมและประเมินราคาค่าบริการได้อย่างสมบูรณ์

ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้

รหัส 20104-2015 **ชื่อวิชา** เครื่องปรับอากาศ

ทฤษฎี 1 ชั่วโมง/สัปดาห์ **ปฏิบัติ** 6 ชั่วโมง/สัปดาห์ **จำนวน** 3 หน่วยกิต

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ระดับความสามารถที่คาดหวัง				จำนวนชั่วโมง ท/ป	ร้อยละประเมินผล
		พุทพิสัย	ทักษะพิสัย	จิตพิสัย	ประยุกต์ใช้		
1	งานระบบปรับอากาศและเครื่องมือช่างเบื้องต้น	K1,K2	S2	A3	Ap1	1/6	5
2	งานวัฏจักรการทำความเย็น	K2,K4	S2	A2	Ap1	1/6	5
3	งานคำนวณภาระความเย็น (BTU)	K3	S3	A3	Ap2	1/6	5
4	งานท่อและการเชื่อมประสาน	K2,K3	S2,S3	A5	Ap2	2/12	10
5	งานระบบไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศ	K2,K4	S3	A5	Ap2	1/6	5
6	งานติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง	K3,K4	S2,S3	A5	Ap3	4/24	20
7	งานระบบสุญญากาศและบรรจุสารทำความเย็น	K3,K4	S3,S4	A5	Ap3	2/12	10
8	งานบริการและล้างทำความสะอาด	K2,K3	S3,S4	A5	Ap2	2/12	10
9	งานตรวจซ่อมและวิเคราะห์อาการเสีย	K4,K5	S3,S4	A5	Ap4	3/18	10
สอบปลายภาค						**1/6**	**20**
รวม						**18/108**	**100**

ระดับความสามารถที่คาดหวัง		
พุทธพิสัย	**ทักษะพิสัย**	**จิตพิสัย**
K1 = ความรู้ความจำ K2 = ความเข้าใจ K3 = การนำไปใช้ K4 = การวิเคราะห์ K5 = การประเมินค่า K6 = การสร้างสรรค์ **หมายเหตุ** ใส่ได้มากกว่า 1 ระดับ	S1 = เลียนแบบ S2 = ทำได้ตามแบบ S3 = ทำได้ถูกต้อง S4 = ทำได้อย่างต่อเนื่อง S5 = ทำได้อย่างเป็นธรรมชาติ **หมายเหตุ** ใส่ระดับที่คาดหวังระดับเดียว	A1 = รับรู้ A2 = ตอบสนอง A3 = การสร้างคุณค่า A4 = จัดระบบคุณค่านิยม A5 = การสร้างลักษณะนิสัย **หมายเหตุ** ใส่ระดับที่คาดหวังระดับเดียว
ด้านความสามารถประยุกต์ใช้และรับผิดชอบ		
Ap1 = สามารถปฏิบัติงานตามแบบแผนที่กำหนด Ap2 = สามารถปฏิบัติงานตามแบบแผน และปรับตัวภายใต้ความเปลี่ยนแปลงที่ไม่ซับซ้อน Ap3 = สามารถวางแผนการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายและแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานที่ไม่อยู่ภายใต้การควบคุมในบางเรื่อง โดย ประยุกต์ใช้ความรู้ทักษะทางวิชาชีพ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร Ap4 = สามารถวางแผนการปฏิบัติงานที่รับผิดชอบ ปรับตัวและแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานที่ไม่คุ้นเคยหรือซับซ้อนและเป็นนามธรรม โดยประยุกต์ใช้ความรู้ทักษะทางวิชาชีพ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร Ap5 = สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทักษะทางวิชาชีพ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการวางแผนแก้ไขปัญหาและพัฒนา นวัตกรรมตามสาย อาชีพ **หมายเหตุ** ใส่ระดับที่คาดหวังระดับเดียว		

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 4
	ชื่อวิชา เครื่องปรับอากาศ รหัสวิชา 20104-2109	สัปดาห์ที่ 4-5
	หน่วยการเรียนรู้ งานท่อและการเชื่อมประสาน	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง/งาน การตัด ดัด และขยายท่อทองแดง		ปฏิบัติ 6 ชั่วโมง

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

แสดงความรู้เกี่ยวกับงานท่อและการเชื่อมประสานท่อทองแดง สามารถปฏิบัติงานเตรียมท่อ แปรรูปท่อ (ตัด ลบคม บานแฟลร์ ขยายท่อ และท่อแคปทิว) และเชื่อมประสานท่อทองแดงด้วยลวดเชื่อมเงินได้อย่างถูกต้อง โดยเลือกใช้เครื่องมือเฉพาะทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ และตรวจสอบคุณภาพรอยเชื่อมตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

3. สมรรถนะประจำหัวข้อเรื่อง

3.1 สามารถวัด ตัด และกำจัดเศษโลหะภายในปลายท่อทองแดงได้สะอาดหมดจด

3.2 สามารถบานปลายท่อและขยายท่อได้ผิวเรียบเนียน ไม่แตกร้าว และได้ขนาดตามมาตรฐาน

3.3 สามารถตัดและสวมประกอบท่อแคปปิลารี่เข้ากับท่อทองแดงได้โดยรูไม่ตีบตัน

3.4 สามารถปรับเปลวไฟชุดเชื่อมแก๊ส และเชื่อมประสานท่อด้วยลวดเชื่อมเงินให้ไหลซึมสม่ำเสมอเต็มรอยต่อ

3.5 สามารถอัดแรงดันไนโตรเจนเพื่อตรวจสอบรอยรั่วและวิเคราะห์จุดบกพร่องตามหลักความปลอดภัย

4. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ตัดท่อทองแดงด้วยทิวคัตเตอร์ (Tube Cutter) ได้ตรงตามขนาดที่กำหนดตามแบบ

4.2 กำจัดครีบที่ปากท่อด้วยรีมเมอร์ได้

4.3 เลือกใช้ชุดบานแฟลร์ และชุดขยายท่อได้ถูกต้องเหมาะสมกับขนาดท่อ

4.4 บานแฟลร์ได้ขนาดพอดีกับแฟลร์นัท ผิวสัมผัสเรียบเนียน และไม่มีรอยแตกร้าว

4.5 ขยายปลายท่อให้มีความลึกไม่น้อยกว่า 1 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ และประกอบได้พอดี

4.6 เลือกใช้เครื่องมือตัดท่อแคปปิลารี่ ได้ถูกต้องตามลักษณะงาน

4.7 ปฏิบัติงานตัดและเปิดรูท่อแคปปิลารี่ โดยไม่ให้รูท่อตีบตันหรือบี้แบน

4.8 ตรวจสอบและสอดท่อเข้าสู่จุดเชื่อมได้ตามระยะพิกัดที่กำหนด

4.9 ติดตั้งและเตรียมชุดเชื่อมได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

4.10 ปรับเปลวไฟชุดเชื่อมเป็นแบบเปลวไฟกลางได้

4.11 ปฏิบัติงานเชื่อมประสานท่อทองแดงโดยลวดเชื่อมไหลซึมเต็มรอยต่อ 360 องศา

4.12 ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมและข้อจุดต่อด้วยสายตา

4.13 สามารถอัดก๊าซไนโตรเจนเพื่อทดสอบแรงดันและหาจุดรั่วไหลได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

4.14 สามารถวิเคราะห์สาเหตุของรอยเชื่อมที่บกพร่องและเสนอแนวทางแก้ไขได้

5. สาระการเรียนรู้

5.1 ภาคทฤษฎี

1) ท่อทองแดงและท่อแคปปิลารี่(Capillary Tube) ในระบบเครื่องปรับอากาศ

2) เครื่องมือแปรรูปท่อและชุดเชื่อมแก๊ส พร้อมหลักการปรับเปลวไฟที่ถูกต้อง

3) ลวดเชื่อมและน้ำประสาน (Flux) สำหรับงานเชื่อมประสานท่อสารทำความเย็น

4) ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานท่อและงานเชื่อมแก๊ส

5.2 ภาคปฏิบัติ

1) โมดูลที่ 1 : งานตัดและลบคมท่อทองแดง

2) โมดูลที่ 2 : งานขยายท่อและบานแฟลร์

3) โมดูลที่ 3 : งานท่อแคปปิลารี่

4) โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมประสานท่อ

5) แบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ : งานตรวจสอบและวิเคราะห์จุดบกพร่อง

5.3 การบูรณาการกิจนิสัยและสมรรถนะการทำงาน

1) ความปลอดภัย : ปลูกฝังนิสัยการปฏิบัติตามหลักความปลอดภัยและอาชีวอนามัย โดยเน้นการสวมใส่ถุงมือขณะปฏิบัติงานตลอดเวลา รวมถึงการจัดระเบียบสายแก๊สและการดูแลชุดเชื่อมไม่ให้เกิดการบิดงอหรือถูกทับ เพื่อป้องกันอันตรายขณะปฏิบัติงาน

2) การจัดการทรัพยากร : ฝึกทักษะการวางแผนการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบ เริ่มจากการคำนวณและวัดระยะการตัดท่อทองแดงอย่างแม่นยำตามแบบที่กำหนด เพื่อลดความสูญเสียของเศษวัสดุเหลือใช้และใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด

3) การควบคุมคุณภาพ : สร้างความตระหนักในคุณภาพของชิ้นงานโดยเน้นการตรวจสอบชิ้นงานด้วยตนเอง (Self-Inspection) โดยอ้างอิงเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงาน

แห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1 ในทุกขั้นตอนของโมดูลการเรียนรู้

4) ความเป็นระเบียบ : ส่งเสริมเจตคติที่ดีในการปฏิบัติงาน ผ่านการดูแลรักษาเครื่องมือ การทำความสะอาดหัวเชื่อมหลังการใช้งาน และการจัดทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงานให้เรียบร้อยหลังเสร็จงาน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

สัปดาห์ที่ 4	
กิจกรรมครู	**กิจกรรมผู้เรียน**
ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรม (Motivation)	**ขั้นสนใจปัญหา**
1. เช็ครายชื่อและตรวจเครื่องแต่งกายของนักเรียน	1. รับฟังการชี้แจงและตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลตนเอง
2. ร่วมกันทบทวน พูดคุย ถาม-ตอบ ในเรื่องเนื้อหาการเรียนในสัปดาห์ที่ผ่านมา	2. ร่วมสนทนาแลกเปลี่ยนความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในสัปดาห์ที่ผ่านมา และแสดงความคิดเห็นร่วมกันในชั้นเรียน
3. นำเข้าสู่บทเรียนโดยการนำชิ้นงานท่อที่ "บานแฟลร์แตก" และ "ดัดท่อจนบี้" มาให้ผู้เรียนวิเคราะห์ผลกระทบต่อระบบสารทำความเย็น และเชื่อมโยงสู่มาตรฐานฝีมือแรงงานฯ ระดับ 1 ว่ามีผลต่อการสอบผ่าน/ไม่ผ่านอย่างไร	4. ผู้เรียนร่วมอภิปรายและวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์จำลอง เพื่อสร้างแรงจูงใจในการฝึกทักษะให้ได้ตามมาตรฐาน
ขั้นให้เนื้อหา (Information)	**ขั้นศึกษาข้อมูล**
ครูบรรยายสรุปองค์ความรู้เชิงเทคนิค เกี่ยวกับคุณสมบัติของโลหะทองแดง มาตรฐานขนาดท่อ และผลกระทบของการแปรรูปท่อที่ไม่ได้มาตรฐานต่อระบบวงจรสารทำความเย็น และก่อนเริ่มงานปฏิบัติ ครูต้องสร้างความเข้าใจในระดับ "ทำไมต้องทำ" เพื่อให้ผู้เรียนตระหนักถึงคุณภาพงาน "นักเรียนฟังงานช่างเครื่องปรับอากาศ ถ้าพื้นฐานการเตรียมท่อไม่ผ่าน เป็นจุดเริ่มต้นของงานรั่ว 80% มาจากขั้นตอนที่พวกเรากำลังจะทำ" สาธิตงานตัดและลบคมท่อทองแดง	1. ผู้เรียนร่วมวิเคราะห์ความเสียหายของระบบสารทำความเย็นที่เกิดจากการเตรียมท่อไม่ได้มาตรฐาน และทำความเข้าใจเหตุผลเชิงเทคนิค "ทำไมต้องคว่ำท่อ 45 องศา" 2. ผู้เรียนอ่าน ใบเนื้อหา เพื่อสรุปสมบัติของท่อทองแดง มาตรฐานขนาดท่อ และลำดับขั้นตอนการแปรรูปท่อก่อนสังเกตการสาธิต

กิจกรรมครู	กิจกรรมผู้เรียน
1. สาธิตโมดูล 1: การใช้ Pipe Cutter โดยเน้นการ "หมุนและขันปรับ" ทีละน้อยเพื่อไม่ให้ท่อเสียรูปทรง และการใช้อุปกรณ์ลบคม (Reamer) โดยต้อง คว่ำปลายท่อ 45 องศาลงพื้นเสมอ เพื่อป้องกันเศษโลหะร่วงเข้าระบบน้ำยา 2. สาธิตโมดูล 2: เทคนิคการใช้ Flaring Tool ตั้งระยะยื่นท่อ ให้พอดีกับระดับบ่าของได เพื่อให้ปากแฟลร์ได้ขนาดตามเกณฑ์มาตรฐาน และสาธิตการขยายท่อ (Swaging) 3. สาธิตโมดูล 3: การตัดท่อแคปทิวด้วยเทคนิค "บากแล้วหัก" โดยใช้ตะไบสามเหลี่ยมถูเบาๆ 1/3 ของความหนาแล้วใช้แรงบิดเบาๆ เพื่อให้รู้ในเปิดกว้างที่สุด	3. ผู้เรียนสังเกตการสาธิตอย่างใกล้ชิดและจดบันทึก จุดที่ต้องระวังหรือสำคัญๆ ที่ครูเน้นย้ำ ได้แก่ - การวัด : จดจำเทคนิคการทำเครื่องหมายเป็น "ตำหนิเล็กที่สุด" เพื่อรักษาความแม่นยำ - การตัด : สังเกตน้ำหนักมือและจังหวะการ "หมุนและนวด" เพื่อรักษารูปทรงความกลมของท่อไม่ให้บี้แบน - การลบคม : ฝึกสังเกตองศาการคว่ำท่อ 45 องศา และวิธีการสะบัดเศษโลหะออกจากปลายท่อ 4. ผู้เรียนศึกษา ชิ้นงานตัวอย่างและเกณฑ์การประเมินมาตรฐานฝีมือแรงงานฯ เพื่อกำหนดเป้าหมายคุณภาพงานของตนเอง
ขั้นให้แบบฝึกหัด (Application)	**ขั้นพยายาม**
ครูมอบหมายใบงานปฏิบัติงานโมดูลที่ 1-3 1. การจัดสถานีฝึก : ครูจัดเตรียมพื้นที่ปฏิบัติงานแยกเป็น 3 ส่วน คือ ฐานงานตัด, ฐานงานบานแฟลร์/ขยายท่อ และฐานงานแคปทิว 2. การมอบหมายใบงาน : มอบหมายใบงานที่ต้องปฏิบัติ 3. การโค้ชชิ่งรายบุคคล : ครูเดินสังเกตการณ์ในแต่ละฐาน โดยใช้เทคนิคการสะท้อนคิด	ผู้เรียนฝึกปฏิบัติงานตามใบงาน โดยเน้นการตรวจสอบตนเอง ในทุกขั้นตอนก่อนที่จะขยับไปสู่โมดูลถัดไป เพื่อให้มั่นใจว่าชิ้นงานได้ขนาดตามแบบ 1) โมดูลที่ 1 : งานตัดและลบคมท่อทองแดง 2) โมดูลที่ 2 : งานขยายท่อและบานแฟลร์ 3) โมดูลที่ 3 : งานท่อแคปปิลารี่
ขั้นตรวจสอบผล (Progress)	**พิจารณาผล**
ครูสุ่มเลือกชิ้นงาน "ตัวอย่างที่ดี" และ "ตัวอย่างที่ต้องแก้" มาวิเคราะห์หน้าชั้นเรียนเพื่อให้เห็นความแตกต่างของงาน	ผู้เรียนนำชิ้นงานลงตารางประเมิน บันทึกค่าความคลาดเคลื่อนที่พบ และสรุปผลการผ่านสมรรถนะรายโมดูลพื้นที่
ให้นักเรียนสอบถามข้อสงสัย	นักเรียนสอบถามครูผู้สอน
มอบหมายเวรทำความสะอาด	นักเรียนทำความสะอาดห้องเรียน

สัปดาห์ที่ 5	
กิจกรรมครู	**กิจกรรมผู้เรียน**
ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรม (Motivation)	**ขั้นสนใจปัญหา**
1. เช็ครายชื่อและตรวจเครื่องแต่งกายของนักเรียน	1. รับฟังการชี้แจงและตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลตนเอง
2. ร่วมกันทบทวน พูดคุย ถาม-ตอบ ในเรื่องเนื้อหาการเรียนในสัปดาห์ที่ผ่านมา	2. ร่วมสนทนาแลกเปลี่ยนความรู้ที่เกี่ยวข้อกับเนื้อหาในสัปดาห์ที่ผ่านมา และแสดงความคิดเห็นร่วมกันในชั้นเรียน
3. ครูทดสอบการเชื่อมที่ไม่สมบูรณ์ ให้เด็กดู แล้วใช้ประแจดัดให้รอยต่อหลุดออก เพื่อแสดงถึงอันตรายจากความดันสูง	4. สังเกตลักษณะการไหลซึมของเนื้อลวดเชื่อม และตระหนักถึงความสำคัญของอุณหภูมิผิวท่อที่เหมาะสม
ขั้นให้เนื้อหา (Information)	**ขั้นศึกษาข้อมูล**
ครูบรรยายเกี่ยวทฤษฎีกับปฏิบัติงานเชื่อมประสานท่อทองแดงด้วยลวดเชื่อมเงินได้อย่างถูกต้อง โดยเลือกใช้เครื่องมือเฉพาะทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการตรวจสอบคุณภาพรอยเชื่อมตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน	1. ศึกษาทฤษฎีการละลายของลวดเชื่อมเงิน สังเกตสีของท่อทองแดงที่เริ่ม "แดง" ซึ่งเป็นอุณหภูมิวิกฤตที่ลวดจะไหลซึมเข้าสู่รอยต่อ 2. จดบันทึกขั้นตอนการเปิดวาล์วไนโตรเจนอย่างปลอดภัย และวิธีสังเกตฟองอากาศละเอียดจากรอยรั่วขนาดเล็ก
1. สาธิตโมดูล 4: การเปิด-ปิด และปรับเปลวไฟ เน้นการสะบัดปลายหัวเชื่อมเพื่อกระจายความร้อน และเทคนิคการเชื่อมโดยใช้ความร้อนจากผิวท่อเป็นตัวละลาย	
2. แบบทดสอบ : งานตรวจสอบและวิเคราะห์จุดบกพร่อง	
ขั้นให้แบบฝึกหัด (Application)	**ขั้นพยายาม**
ครูมอบหมายใบงานปฏิบัติงานโมดูลที่ 4 และแบบทดสอบ 1. การจัดสถานีฝึก : ครูจัดเตรียมพื้นที่ปฏิบัติงาน 2. การมอบหมายใบงาน : มอบหมายใบงานที่ต้องปฏิบัติ 3. การโค้ชชิ่งรายบุคคล : ครูเดินสังเกตการณ์ในแต่ละฐานโดยใช้เทคนิคการสะท้อนคิด	ผู้เรียนฝึกปฏิบัติงานตามใบงาน โดยเน้นการตรวจสอบตนเอง ในทุกขั้นตอนก่อนที่จะขยับไปสู่โมดูลถัดไป เพื่อให้มั่นใจว่าชิ้นงานได้ขนาดตามแบบ 4) โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมประสานท่อ 5) แบบทดสอบ : งานตรวจสอบและวิเคราะห์จุดบกพร่อง
ขั้นตรวจสอบผล (Progress)	**พิจารณาผล**
ครูร่วมกับนักเรียนอัดแรงดันไนโตรเจนเข้าระบบทดสอบที่เด็กเชื่อมเสร็จ ทิ้งไว้ 15 นาทีเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของเกจ	สรุปผลการทดสอบรั่ว หากพบจุดบกพร่องต้องวิเคราะห์สาเหตุและดำเนินการแก้ไข จนกว่าระบบจะสมบูรณ์
ให้นักเรียนสอบถามข้อสงสัย	นักเรียนสอบถามครูผู้สอน
มอบหมายเวรทำความสะอาด	นักเรียนทำความสะอาดห้องเรียน

7. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อสิ่งพิมพ์:

1) หนังสือเรียนวิชาเครื่องปรับอากาศ

2) ใบความรู้เรื่องงานท่อและการเชื่อมประสาน

3) ใบงานปฏิบัติงานเรื่องงานท่อและการเชื่อมประสาน

4) แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

7.2 สื่อโสตทัศน์:

1) สื่อนำเสนอ เรื่อง "งานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ"

2) ชุดคลิปวิดีโอสาธิตการปฏิบัติงาน

- โมดูลที่ 1 : งานตัดและลบคมท่อทองแดง
- โมดูลที่ 2 : งานขยายท่อและบานแฟลร์
- โมดูลที่ 3 : งานท่อแคปปิลารี่
- โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมประสานท่อ
- แบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ : งานตรวจสอบและวิเคราะห์จุดบกพร่อง

3) แผ่นภาพแสดงขั้นตอนการทำงาน

7.3 สื่อของจริง

1) ชิ้นงานตัวอย่าง : ท่อทองแดงแบบสมบูรณ์ตามเกณฑ์มาตรฐาน และชิ้นงานตัวอย่างที่บกพร่อง

2) ชุดเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน

8. เอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้

1) คู่มือมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

2) ใบงานปฏิบัติงานเรื่องงานท่อและการเชื่อมประสานท่อสารทำความเย็น

3) แบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ

4) แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

9. การวัดและประเมินผล

ใช้การประเมินตามสภาพจริง โดยอ้างอิงเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ เพื่อวัดสมรรถนะรายบุคคลในแต่ละโมดูลการเรียนรู้

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10.2 ผลการเรียนรู้ของนักเรียน นักศึกษา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10.3 แนวทางการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้	หน่วยที่ 4
	ชื่อวิชา เครื่องปรับอากาศ รหัสวิชา 20104-2015	สัปดาห์ที่ 4-5
	หน่วยการเรียนรู้ งานท่อและการเชื่อมประสาน	ทฤษฎี 2 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง/งาน การตัด ดัด และขยายท่อทองแดง		ปฏิบัติ 12 ชั่วโมง

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

แสดงความรู้เกี่ยวกับงานท่อและการเชื่อมประสานท่อทองแดง สามารถปฏิบัติงานเตรียมท่อ แปรรูปท่อ (ตัด ลบคม บานแฟลร์ ขยายท่อ และท่อแคปทิว) และเชื่อมประสานท่อทองแดงด้วยลวดเชื่อมเงินได้อย่างถูกต้อง โดยเลือกใช้เครื่องมือเฉพาะทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ และตรวจสอบคุณภาพรอยเชื่อมตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

3. สมรรถนะประจำหัวข้อเรื่อง

3.1 สามารถวัด ตัด และกำจัดเศษโลหะภายในปลายท่อทองแดงได้สะอาดหมดจด

3.2 สามารถบานปลายท่อและขยายท่อได้ผิวเรียบเนียน ไม่แตกร้าว และได้ขนาดตามมาตรฐาน

3.3 สามารถตัดและสวมประกอบท่อแคปปิลารี่เข้ากับท่อทองแดงได้โดยรูไม่ตีบตัน

3.4 สามารถปรับเปลวไฟชุดเชื่อมแก๊ส และเชื่อมประสานท่อด้วยลวดเชื่อมเงินให้ไหลซึมสม่ำเสมอเต็มรอยต่อ

3.5 สามารถอัดแรงดันไนโตรเจนเพื่อตรวจสอบรอยรั่วและวิเคราะห์จุดบกพร่องตามหลักความปลอดภัย

4. เนื้อหาสาระ

ในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ จะต้องมีท่อทางเดินของสารทำความเย็นเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบทางกล หรือวัฏจักรทำความเย็น เพื่อให้สารทำความเย็นสามารถไหลผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านั้นหมุนเวียนเป็นวัฏจักรได้ ในการต่อท่อนั้นเราอาจใช้การต่อได้ทั้งการเชื่อมประสาน และต่อโดยการใช้ข้อต่อเกลียวต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน

ท่อที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายชนิด หลายขนาด เพื่อสะดวกในการเลือกใช้งาน เช่น ท่อทองแดง ท่ออลูมิเนียม ท่อเหล็ก ท่อชนิดอ่อน (Soft drawn Copper) สามารถขึ้นรูป หรือโค้งงอเป็นขดลวด (Coil) ได้ หรือท่อชนิดแข็ง(Hard drawn Copper) ก็สามารถทนแรงดันได้สูง เป็นต้น

1. ชนิดของท่อที่ใช้ในระบบเครื่องปรับอากาศ

เป็นวัสดุที่นิยมใช้มากที่สุดสำหรับงานระบบทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากมีข้อได้เปรียบหลัก 5 ประการ ดังนี้

1) ทนทานต่อแรงดันสูงและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (High Pressure & Temp Resistance) ท่อทองแดงสามารถทนแรงดันได้สูงมาก (เช่น ทนแรงดันได้มากกว่าท่อพลาสติกถึง 2 เท่า) และสามารถรับความร้อนได้สูงถึง 205 °C รวมถึงอุณหภูมิติดลบ โดยที่โครงสร้างทางกายภาพไม่เปลี่ยนแปลง แตกหัก หรือยุบตัว

2) ป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและอากาศ (Impermeability) อุปกรณ์และข้อต่อทองแดงจะไม่มีรูพรุน ช่วยป้องกันไม่ให้อากาศหรือความชื้นจากภายนอกซึมผ่านเข้าสู่ระบบทำความเย็นได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งความชื้นเป็นศัตรูตัวร้ายของระบบน้ำยาแอร์

3) มีความยืดหยุ่น ทนต่อแรงดึงและแรงบีบ ท่อทองแดงชนิดอ่อนสามารถดัด โค้งงอ หรือขึ้นรูปเป็นขดลวด (Coil) ได้ง่ายโดยไม่ฉีกขาด และมีความต้านทานแรงดึงสูง

4) ทนทานต่อการผุกร่อน (Corrosion Resistance) น้ำและอากาศมักทำให้เกิดสนิมในท่อเหล็ก แต่ท่อทองแดงจะไม่เกิดสนิม ทนทานต่อการกัดกร่อนจากสารทำความเย็นและน้ำมันคอมเพรสเซอร์

5) คุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ (Economical) มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน มีอุปกรณ์ข้อต่อรองรับมากมาย ทำให้ง่ายต่อการติดตั้ง ซ่อมบำรุง และคุ้มค่าต่อการลงทุนในระยะยาว

1.1 ชนิดของท่อทองแดงในงานเครื่องทำความเย็น

ท่อทองแดงจึงนิยมเลือกใช้มากที่สุดของงานระบบท่อและเลือกใช้ในระบบทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

(1) ท่อทองแดงชนิดอ่อน ท่อชนิดนี้ลักษณะเป็นม้วนทั้งแบบบางและแบบหนา ขนาดความยาว 25 ฟุต/ม้วน และ 50 ฟุต/ม้วน มีฝาปิดด้านหัวและด้านปลายท่อเพื่อป้องกันสกปรก และความชื้นสามารถตัด บานแฟลร์ ดัด ขยายได้ง่าย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ ที่นิยมใช้งานเครื่องทำความเย็นมีขนาดดังนี้ 1/4 นิ้ว 1/2 นิ้ว 5/8 นิ้ว 3/4 นิ้ว ฯลฯ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ท่อทองแดง

(2) ท่อทองแดงชนิดแข็ง งานเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่นิยมใช้ท่อทองแดงชนิดเส้นแข็งการต่อ การโค้ง การงอ ต้องเชื่อมประสานกับลวดเชื่อมเงินหรือลวดทองแดงโดยใช้ข้อต่อ

1.2 การอ่านขนาดท่อ: ระบบ "นิ้ว" และระบบ "หุน"

ขนาดท่อทองแดงจาก เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (OD - Outside Diameter) เป็นหลัก ซึ่งต่างจากท่อประปาที่มักวัดจากขอบใน ซึ่งภาษาช่างหน้างานในไทยนิยมเรียกขนาดเป็น "หุน" โดย 1 นิ้ว จะถูกแบ่งออกเป็น 8 ส่วน (1 นิ้ว = 8 หุน)

ขนาด (นิ้ว-Inch)	คำนวณเป็นหุน (x/8)	ภาษาช่างเรียก (หุน)	การใช้งานทั่วไป
1/4"	2/8	2 หุน	ท่อทางส่ง (ท่อเล็ก / Liquid line)
3/8"	3/8	3 หุน	ท่อทางส่ง หรือ ท่อทางกลับแอร์ขนาดเล็ก
1/2"	4/8	4 หุน	ท่อทางกลับ (ท่อใหญ่ / Gas line)
5/8"	5/8	5 หุน	ท่อทางกลับ (ท่อใหญ่ / Gas line)

1.3 ความหนาของท่อ

แม้ขนาดภายนอก (OD) จะเท่ากัน แต่ความหนาของผนังท่อ (Wall Thickness) จะแตกต่างกัน แบ่งตามรหัสตัวอักษร ดังนี้

1) Type K (หนาสุด) แถบสีเขียว ทนแรงดันได้สูงสุด เหมาะสำหรับงานฝังดิน หรืองานอุตสาหกรรมหนัก

2) Type L (หนาปานกลาง) แถบสีน้ำเงิน เป็นความหนามาตรฐานที่แนะนำให้ใช้สำหรับงานเครื่องปรับอากาศ (ACR)

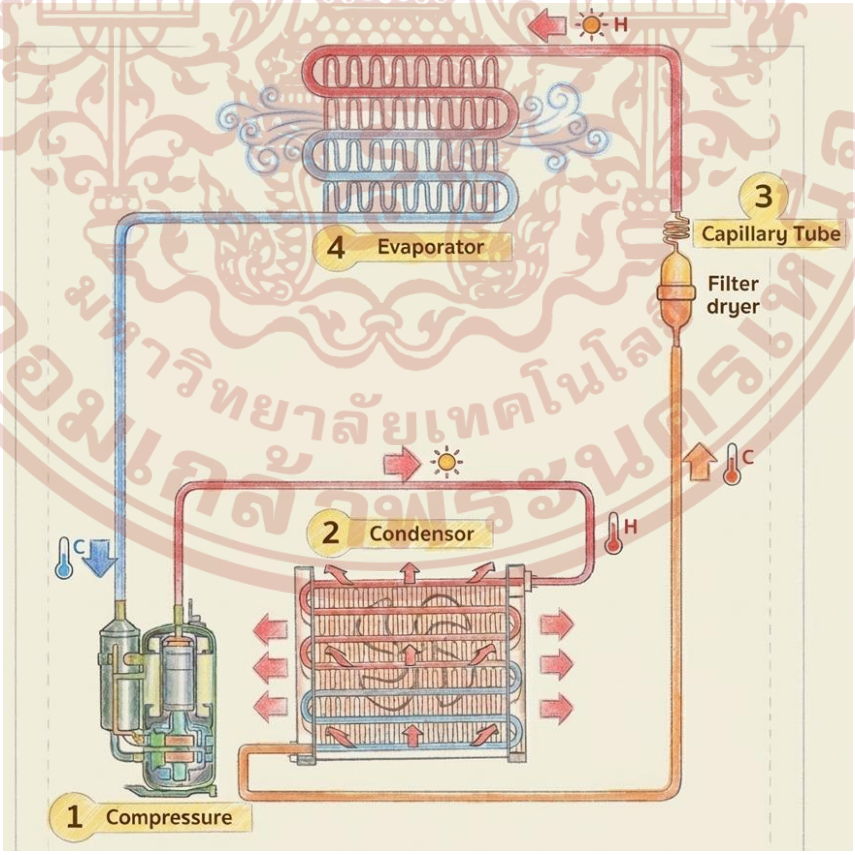
3) Type M (บางสุด) แถบสีแดง ทนแรงดันได้น้อย มักใช้ในงานท่อน้ำทิ้ง หรือท่อทำความร้อน ไม่แนะนำให้ใช้กับระบบน้ำยาแอร์

จุดเน้นย้ำสำหรับช่างแอร์ยุคใหม่ : สารทำความเย็นยุคใหม่ เช่น R-32 และ R-410A มีแรงดันในระบบสูงมาก (สูงกว่า R-22 ในอดีตถึง 1.6 เท่า) ดังนั้น การเลือกท่อทองแดง จะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 0.7 - 0.8 มิลลิเมตร (หรือใช้ Type L) หากใช้ท่อที่บางเกินไป อาจเกิดการฉีกขาดหรือระเบิดตามรอยบานแฟลร์ได้

1.4 ท่อแคปปิลารี่ (Capillary Tube)

อุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Device) ชนิดหนึ่ง ทำจากท่อทองแดงที่มีรูตรงกลางขนาดเล็กมาก (เส้นผ่านศูนย์กลางภายในแคบมาก) และมีความยาวที่เฉพาะเจาะจง หน้าที่หลัก คือ ลดความดันซึ่งเปลี่ยนสารทำความเย็นจากของเหลวความดันสูง ให้กลายเป็นของเหลวความดันต่ำก่อนเข้าคอยล์เย็น และควบคุมการไหล เป็นการจำกัดปริมาณสารทำความเย็นที่จะฉีดเข้าไปในคอยล์เย็นให้เหมาะสมกับขนาดของระบบ

จุดเน้นย้ำเชิงเทคนิค : เนื่องจากท่อชนิดนี้มีรูที่เล็กมากและตันได้ง่าย และในการติดตั้งจะต้องต่อร่วมกับอุปกรณ์ที่เรียกว่า สแตนเนอร์ หรือ ฟิลเตอร์ดรายเออร์ (Filter Drier) เพื่อช่วยกรองสิ่งสกปรกและความชื้น ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การติดตั้งท่อแคปปิลารี่ต่อร่วมกับอุปกรณ์กรองสิ่งสกปรกและความชื้น

1.5 ท่ออลูมิเนียม ในอดีตมักใช้ทำเครื่องระเหย (Evaporator) ในตู้เย็นบางรุ่น แต่ปัจจุบันผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศหลายยี่ห้อเริ่มหันมาใช้แผงระบายความร้อนที่ทำจากอะลูมิเนียมล้วน เรียกว่า Microchannel Condenser Coil เพื่อลดน้ำหนักของชุดคอยล์ร้อนและลดต้นทุนการผลิต

2. เครื่องมือที่ใช้ในงานท่อ

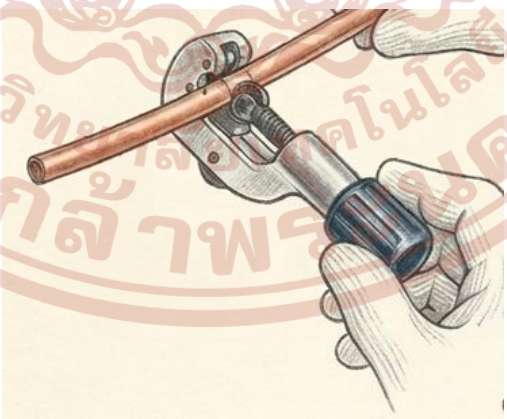
2.1 การตัดท่อทองแดง (Tube Cutting)

ก่อนตัดท่อทองแดงเป็นม้วน จะต้องการคลี่โดยวางระนาบลงกับพื้นแล้ว คลี่ช้าๆ ในแนวราบตามแนวเส้นตรง จึงจะสามารถตัดได้ตามขนาดความยาวที่ต้องการคลี่ท่อ ดังรูปที่ 3 วิธีการตัดท่อที่นิยมใช้หน้างาน มี 3 วิธี ได้แก่



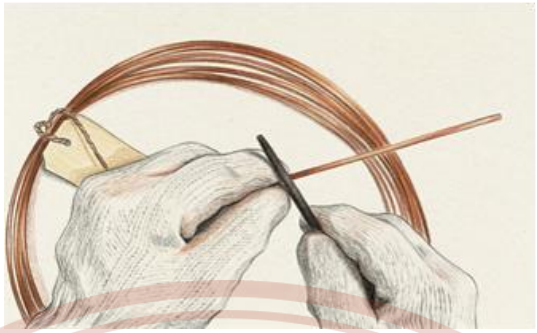
รูปที่ 3 การคลี่ท่อทองแดง

1) ใช้คัตเตอร์ตัดท่อแคปปิลารี่ (Tube Cutter) วางท่อทองแดงลงบนลูกกลิ้งของคัตเตอร์ หมุนรอบท่อ และค่อยๆ ปรับหมุนใบมีดให้กินเนื้อท่อทีละน้อยจนท่อขาดจากกัน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การใช้คัตเตอร์ตัดท่อ

2) ใช้ตะไบตัด (Capillary Tube) เนื่องจากท่อชนิดนี้มีรูเล็กมาก หากใช้คัตเตอร์ตัดรูจะบี้และอุดตัน ต้องเปลี่ยนมาใช้ตะไบถูรอบๆ ให้เป็นร่องแคบๆ แล้วค่อยหักออก จากนั้นใช้เข็มเย็บผ้าหรือลวดปลายแหลมแทงแต่งรูให้กว้างตามปกติ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การใช้ตะไบตัดท่อแคปปิลารี่

3) ใช้เลื่อยตัด นิยมใช้กับท่อขนาดใหญ่ โดยควรเลือกใช้ใบเลื่อยชนิดฟันถี่ (ประมาณ 22-24 ฟันต่อนิ้ว)

2.2 การลบคมท่อ (Reaming)

หลังจากการตัดท่อ ปากท่อจะมีความคมและขรุขระ ต้องใช้เครื่องมือที่เรียกว่า รีมเมอร์ (Reamer) เพื่อแต่งและลบคมผิวด้านนอกและด้านในท่อทุกครั้ง ดังรูปที่ 6



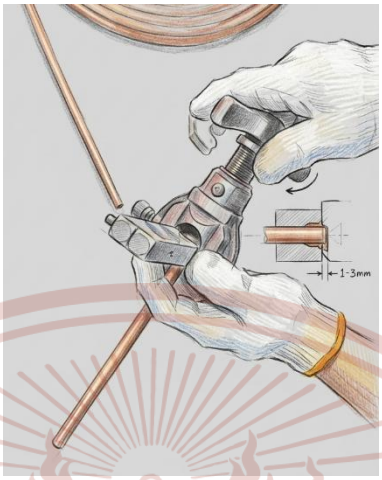
รูปที่ 6 การลบคมด้วยรีมเมอร์

💡 **จุดเน้นย้ำเชิงเทคนิค :** ขณะลบคมท่อ ต้องคว่ำปลายท่อชี้ลงพื้นเสมอ เพื่อป้องกันไม่ให้เศษผงทองแดงตกลงไปอุดตันในระบบ และเมื่อทำเสร็จควรนำจุกยางมาปิดปากท่อไว้ทันทีเพื่อป้องกันความชื้นและสิ่งสกปรก

2.3 การบานแฟลร์ท่อ (Flaring)

คือการบานปลายท่อให้กว้างออกเป็นรูปกรวย เพื่อใช้ต่อร่วมกับข้อต่อแบบขันเกลียว (Flare Nut) โดยไม่ต้องใช้การเชื่อมแก๊ส แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1) การบานแฟลร์ชั้นเดียว (Single Thickness Flare) ใช้จับท่อให้ปลายท่อโผล่สูงขึ้นมาประมาณ 1/3 ของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (หรือพอดีกับขอบบ่าเอียงของตัวจับ) แล้วใช้ตัวบานแฟลร์หมุนกด ลงไป ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การบานแฟลร์ชั้นเดียว

ขั้นตอนการบานแฟลร์ท่อชั้นเดียว มีขั้นตอนปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. นำท่อที่ตัดและลบคมด้านนอกและในปลายท่อไว้เรียบร้อย โดยใส่เข้าระหว่างตัวจับท่อ เป็นขนาดของท่อและขนาดของรูเท่ากันพอดี ปลายท่อสูงกว่าระดับของตัวจับท่อเล็กน้อยประมาณ 1/3 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ

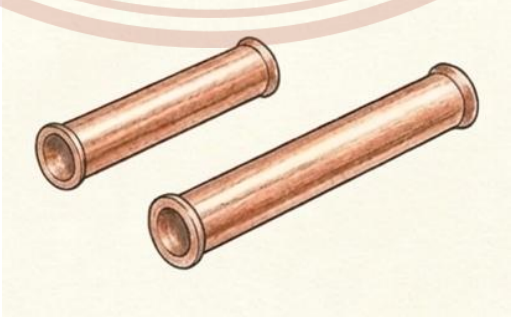
2. ขันหางปลายึดตัวจับให้แน่นโดยขันด้านใกล้ท่อก่อน

3. ถ้าปากท่อไม่กลม ยุบ ต้องใช้ตัวตอกขยายท่อให้กลมเสียก่อน

4. ใส่ตัวบานแฟลร์เข้าที่ตัวจับท่อ ขยับให้พอดี

5. ค่อย ๆ หมุนให้กรวยของตัวบานแฟลร์ท่อ ขณะกดลงปลายท่อให้สังเกต ปลายท่อจะบานออกแนบกับบริเวณเอียง หยดน้ำมันคอมเพรสเซอร์เล็กน้อยลงบนกรวยของตัวบานแฟลร์ท่อจะทำให้หมุนง่าย 6. ให้คลายเกลียว ถอดกรวยของตัวบานแฟลร์ท่อออกและถอดตัวบานแฟลร์ท่อออออกจากตัวจับท่อ เมื่อบานแฟลร์ท่อเสร็จ หากบานไม่ดีหรือแตก

7. ท่อที่บานแล้วไม่มีรอยร้าว นำไปใช้งานร่วมกับแฟลร์นัทและข้อต่อได้ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ท่อที่บานแล้วไม่มีรอยร้าว

2) การบานแฟลร์สองชั้น (Double Thickness Flare) ใช้สำหรับท่อขนาดใหญ่ที่ต้องการความแข็งแรงและทนแรงดันสูงเป็นพิเศษ จะใช้เครื่องมือเสริมที่เรียกว่า อะแดปเตอร์ (Adapter) คว่ำทับลงไปก่อนเพื่อพับเนื้อทองแดงให้ซ้อนกันเป็นสองชั้น

ขั้นตอนการบานแฟลร์ท่อสองชั้น มีดังนี้

1. นำท่อลบคมด้านนอกและด้านในใส่ในตัวจับท่อ ปลายท่อสูงพอประมาณ
2. ขันหางปลายึดตัวจับให้แน่น โดยขันด้านใกล้ท่อก่อน
3. ถ้าปากท่อไม่กลม ยุบ ต้องใช้ตัวตอกขยายท่อให้กลมเสียก่อน
4. คว่ำอะแดปเตอร์ทับลงปลายท่อ
5. สวมตัวบานแฟลร์ท่อเข้าในตัวจับท่อ ขยับให้พอดี
6. หมุนตัวบานแฟลร์ท่อกดลงบนอะแดปเตอร์ ปลายท่อจะพับซ้อนงอลง
7. ปลายท่องอพอดี ให้คลายกรวยของตัวบานแฟลร์ดึงอะแดปเตอร์ออก
8. ค่อย ๆ หมุนตัวบานแฟลร์ท่อกดลงปลายท่อจนแนบเอียง
9. ถอดกรวยของตัวบานแฟลร์ท่อออกและถอดตัวบานท่อจากตัวจับท่อ เมื่อบานท่อสองชั้นเสร็จ ถอดท่อที่บานแฟลร์สองชั้นนำไปใช้งาน

💡 **จุดเน้นย้ำเชิงเทคนิค :** ก่อนทำการหมุนบานแฟลร์ แนะนำให้ หยดน้ำมันคอมเพรสเซอร์ เล็กน้อยลงบนกรวยบานแฟลร์ วิธีนี้จะช่วยให้หมุนได้ลื่นขึ้น และทำให้ผิวทองแดงที่บานออกมาเรียบเนียน ไม่เกิดรอยขูดขีด ซึ่งช่วยป้องกันปัญหาน้ำยาแอร์รั่วซึมได้อย่างดีเยี่ยม

2.4 การขยายท่อ (Swaging) เป็นการขยายปลายท่อให้ใหญ่ขึ้นเป็นทรงกระบอก เพื่อให้สามารถนำท่อขนาดเดียวกันอีกเส้นมาสวมเข้าด้วยกันได้พอดีสำหรับการเชื่อมประสาน (Brazing) โดยใช้ ตัวตอกขยายท่อ (Swaging Tool) ดังรูปที่ 9

วิธีการขยายท่อต้องใช้ตัวจับท่อ วิธีการคือ ใส่ท่อที่ตัดและลบคมแล้วเข้ากับตัวจับท่อ ปลายท่อสูงเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ หมุนหางปลาแล้วขันให้แน่น ใช้ตัวขยายท่อตอกขยายท่อลงในท่อจับให้ตรง แล้วค่อย ๆ ใช้ค้อนตอก การตอกแต่ละครั้งควรหมุนตัวตอกขยายท่อเพื่อจะได้ถอดออกได้ง่าย ลำดับขั้นตอนการตอกขยายท่อ มีดังนี้



รูปที่ 9 การขยายปลายท่อ

1. นำท่อที่ตัดและลบคมปลายท่อด้านนอกและด้านในเข้ากับตัวจับท่อพอดี ปลายท่อสูงเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ

2. ขันยึดตัวจับให้แน่นโดยขันด้านใกล้ท่อก่อน

3. ใส่ตัวตอกขยายท่อแล้วใช้ด้านข้างของค้อนค่อย ๆ ตอกตัวขยายเข้าไปในท่อพร้อมหมุนตัวตอก

4. สังเกตท่อที่ขยายดีแล้วให้ถอดตัวขยายท่อออก

5. ท่อที่ขยายจะสวมได้พอดี มีความแน่นเพื่อง่ายในการเชื่อมประสาน

💡 **จุดเน้นย้ำเชิงเทคนิค :** ในการจับท่อเพื่อขยาย ต้องให้ปลายท่อโผล่พ้นตัวจับขึ้นมามีความสูงเท่ากับ "เส้นผ่านศูนย์กลาง" ของท่อนั้นๆ และในขณะที่ใช้ค้อนตอกขยาย ควรหมุนขยับตัวตอกซ้าย-ขวาไปด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวตอกขยายไปติดแน่นค้างอยู่ภายในท่อ

3. งานเชื่อมท่อ (Pipe Brazing)

การต่อท่อทองแดงเข้าระบบเครื่องทำความเย็น มี 2 วิธีหลักๆ คือ

1) การต่อด้วยแฟลร์นัท (Flare Nut) อาศัยการขันบีบอัด ดังรูปที่ 10 หากบานแฟลร์ไม่ดีหรือขันไม่แน่นพอดี อาจทำให้สารทำความเย็นรั่วซึมได้



รูปที่ 10 การต่อด้วยแฟลร์นัท



รูปที่ 11 ตัวแฟลร์นัท

2) การเชื่อมประสาน (Brazing) เป็นการให้ความร้อนละลายลวดเชื่อมเพื่อผสานรอยต่อ สำหรับท่อขนาดเล็กมักใช้วิธีบานขยายท่อแล้วสวมเข้าหากัน ส่วนท่อขนาดใหญ่นิยมใช้ข้อต่อทองแดง (เช่น ข้อต่อตรง ข้อต่อสามทาง ข้องอ) สวมทับเพื่อความสะดวกและแข็งแรง

3.1 อุปกรณ์ในงานเชื่อมท่อแก๊ส

การเชื่อมท่อทองแดงอาศัยความร้อนจากการเผาไหม้ของแก๊ส 2 ชนิดร่วมกัน ได้แก่ แก๊สออกซิเจนและแก๊สอะเซทิลีน ซึ่งเมื่อผสมกันในอัตราส่วนที่พอเหมาะจะให้เปลวไฟที่มีความร้อนสูงมาก อุปกรณ์หลักประกอบด้วย

1) ถังแก๊สอะเซทิลีน (Acetylene Cylinder) ตัวถังทำจากเหล็กไม่หนามาก มีขอบฐานตั้ง มีวาล์วปรับความดันที่หัวถัง ความดันภายในประมาณ 250 ปอนด์/ตารางนิ้ว (psi) คุณสมบัติ เป็นแก๊สเชื้อเพลิง ติดไฟได้ ไม่มีสี แต่มี "กลิ่นฉุน" ชัดเจน

2) ถังแก๊สออกซิเจน (Oxygen Cylinder) ตัวถังเหล็กหนา แข็งแรงและมีน้ำหนักมาก ทนความดันได้สูงถึง 2,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว (psi) มีวาล์วปรับลดความดันและอุปกรณ์นิรภัย คุณสมบัติ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ตัวมันเองไม่ติดไฟ แต่ "ช่วยให้ไฟติด" (เร่งการเผาไหม้ให้ร้อนจัด)

3) ชุดหัวเชื่อมแก๊ส (Welding Torch) ประกอบด้วยด้ามจับ กระบอกผสมแก๊ส สำหรับเป่าไฟ มีสายยางคู่สำหรับส่งแก๊ส โดยมาตรฐาน สายสีแดงคืออะเซทิลีน และ สายสีเขียวหรือดำคือออกซิเจน

💡 **จุดเน้นย้ำเชิงเทคนิค (การเลือกลวดเชื่อม)**

- เชื่อมท่อทองแดง เข้ากับ ท่อทองแดง ใช้ ลวดเชื่อมเงิน (Silver Brazing)
- เชื่อมท่อทองแดง เข้ากับ ท่อเหล็ก ใช้ ลวดเชื่อมทองเหลือง และต้องทา น้ำยาประสาน (Flux) รอบ ผิวข้อต่อก่อนเชื่อมเสมอเพื่อให้ลวดเชื่อมเกาะติดชิ้นงาน

3.2 ขั้นตอนการเชื่อมประสาน

การเชื่อมเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้ทักษะและความระมัดระวัง ควรปฏิบัติดังนี้

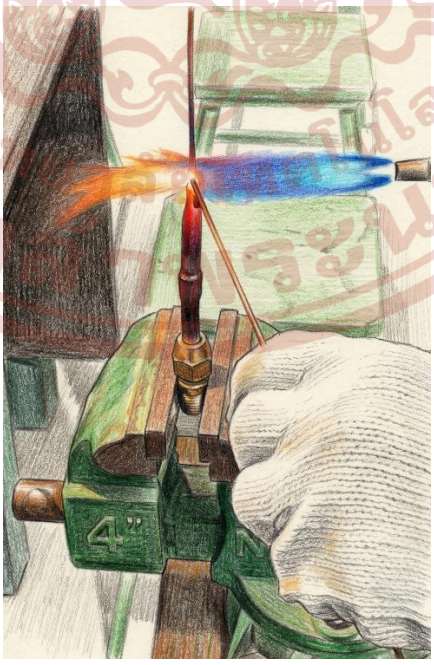
1) การทำความสะอาด ลบคมทั้งด้านในและด้านนอกท่อ จากนั้นขัดผิวท่อบริเวณที่จะเชื่อมด้วยกระดาษทรายหรือใยขัดให้สะอาดปราศจากคราบน้ำมัน ดังรูปที่ 11



รูปที่ 12 ขัดผิวท่อบริเวณที่จะเชื่อมด้วยกระดาษทราย

2) การปรับเปลวไฟ จุดไฟที่หัวแก๊ส ปรับวาล์วแก๊สทั้งสองให้ได้ลักษณะ เปลวไฟนิวตรัล (Neutral Flame) ซึ่งจะมีลักษณะเป็นกรวย 3 ชั้น (ชั้นใน ชั้นกลาง ชั้นนอก) ปรับขนาดเปลวไฟให้เหมาะกับความหนาและขนาดของชิ้นงาน

3) การให้ความร้อน เป่าไฟให้ความร้อนบริเวณข้อต่อจนชิ้นงานเปลี่ยนเป็นสีแดงส้มทั่วถึง (ระวังอย่าแช่ไฟจุดเดียวนานเกินไปจนท่อทองแดงทะลุ) ดังรูปที่ 12



รูปที่ 13 การเชื่อมประสาน

4) การเติมลวดเชื่อม นำปลายลวดเชื่อมแตะที่ผิวรอยต่อ ความร้อนจากชิ้นงาน (ไม่ใช่ความร้อนจากเปลวไฟโดยตรง) จะหลอมละลายลวดเชื่อมให้ไหลซึมเข้าตามรอยต่อโดยรอบเอง

5) เก็บงาน เมื่อลวดเชื่อมวิ่งเต็มรอยต่อแล้ว ให้ใช้ไฟเป่ารอบๆ อีกครั้งอย่างรวดเร็ว เพื่อให้เนื้อลวดเชื่อมเรียบเนียน แล้วดึงหัวเชื่อมออก ปล่อยให้ท่อเย็นตัวลงตามธรรมชาติ ดังรูปที่ 13



รูปที่ 14 เก็บงาน เมื่อลวดเชื่อมวิ่งเต็มรอยต่อแล้ว

💡 **จุดเน้นย้ำเชิงเทคนิค (การไล่ระบบ)** : ช่างแอร์มืออาชีพจะ ปล่อยแก๊สไนโตรเจน อ่อนๆ (ประมาณ 2-5 Psig) ให้ไหลผ่านเข้าไปในท่อขณะที่ทำการเชื่อมความร้อน วิธีนี้จะช่วยไล่ออกซิเจนออกจากท่อ ป้องกันการเกิดเขม่าดำ (Oxidation) ที่ผนังด้านในท่อ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ระบบน้ำยาแอร์อุดตัน

⚠️ **ข้อควรระวังด้านความปลอดภัย (Safety First) :**

- ต้องสวมแว่นตาเชื่อมแก๊ส ถุงมือ และอุปกรณ์ป้องกันทุกครั้งที่ปฏิบัติงาน
- ห้ามทำการเชื่อมท่อโดยวางแนบกับพื้นปูน/คอนกรีตโดยตรงเด็ดขาด เพราะเมื่อความร้อนจากเปลวไฟกระทบพื้นปูน ความชื้นในปูนจะขยายตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้เศษปูนระเบิดและแตกกระเด็นเข้าตาหรือโดนร่างกายได้

4. เทคนิคการตรวจสอบรอยรั่วซึม (Leak Testing)

หลังจากทำการบานแฟลร์และเชื่อมประสานท่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนที่ห้ามข้ามเด็ดขาดคือการทดสอบว่ารอยต่อนั้นอุดสนิท 100% หรือไม่ เพื่อป้องกันสารทำความเย็นรั่วไหลในอนาคต โดยมีขั้นตอนและเทคนิคที่ช่างแอร์มืออาชีพปฏิบัติ

4.1 การอัดแรงดันเพื่อทดสอบ (Pressure Testing)

1) ต้องใช้ แก๊สไนโตรเจน (Nitrogen) ในการอัดเข้าไปในระบบท่อเท่านั้น เนื่องจากไนโตรเจนเป็นแก๊สเฉื่อยที่แห้งสนิท ไม่มีความชื้น และไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันคอมเพรสเซอร์

2) อัดแรงดันเข้าไปในระบบตามเกณฑ์มาตรฐานของสารทำความเย็นแต่ละชนิด (เช่น ระบบน้ำยา R-32 หรือ R-410A มักจะอัดแรงดันทดสอบที่ประมาณ 400 - 600 PSIG)

3) ปิดวาล์วเกจแมนิโฟลด์ ทิ้งระบบไว้สักระยะ (ประมาณ 15-30 นาที หรือตามมาตรฐานกำหนด) แล้วสังเกตหน้าปัดเกจว่า "เข็มตกลงมาหรือไม่" หากเข็มตก แสดงว่ามีจุดรั่วซึมในระบบ

4.2 วิธีการค้นหาจุดรั่วซึม (Leak Detection Methods)

ในขณะที่ระบบยังมีแรงดันไนโตรเจนอัดค้างอยู่ ให้ทำการค้นหาจุดรั่วด้วยวิธีต่อไปนี้

1) การใช้น้ำสบู่ เป็นวิธีที่คลาสสิก ประหยัด และแม่นยำที่สุด ให้นำฟองน้ำชุบน้ำสบู่หรือน้ำยาล้างจานที่ตีจนขึ้นฟองหนา นำไปลูบหรือพอกไว้ตามรอยเชื่อมและข้อต่อแฟลร์ทุกจุด หากมีจุดรั่วซึม จะเห็นฟองอากาศถูกดันจนปูดขยายตัวขึ้นมาอย่างชัดเจน



รูปที่ 15 ใช้น้ำสบู่ค้นหาจุดรั่วซึม

2) การใช้เครื่องตรวจจับอิเล็กทรอนิกส์ เป็นเครื่องมือที่มีเซนเซอร์ส่วนปลายไวต่อสารทำความเย็น ใช้จ่อไปตามรอยต่อต่างๆ เครื่องจะส่งเสียงร้องเตือนหรือมีไฟกะพริบเมื่อสัมผัสได้ถึงไอของน้ำยาแอร์ที่รั่วออกมา (วิธีนี้จะใช้ตรวจสอบซ้ำเมื่อมีการปล่อยสารทำความเย็นเข้าระบบแล้ว)

5. เครื่องมือทั่วไปในงานระบบทำความเย็น

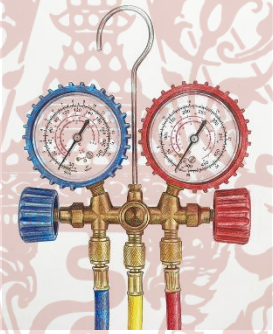
อุปกรณ์พื้นฐานที่ช่างแอร์ต้องพกติดตัวไว้เสมอเพื่อใช้ในการประกอบ ติดตั้ง ซ่อมบำรุง และตรวจสอบระบบ



รูปที่ 16 เครื่องมือทั่วไปในงานระบบทำความเย็น

5.1 ชุดเกจแมนิโฟลด์ (Manifold gauge)

เครื่องมือหลักสำหรับวัดแรงดันสารทำความเย็นในระบบและใช้เติมน้ำยาแอร์ ประกอบด้วยเกจ 2 ด้าน คือ สีน้ำเงิน (Low Pressure) สำหรับวัดความดันต่ำ และ สีแดง (High Pressure) สำหรับวัดความดันสูง



รูปที่ 17 ชุดเกจแมนิโฟลด์

5.2 ชุดเชื่อมแก๊สขนาดเล็ก (Gas Welding Set)

เหมาะสำหรับงานซ่อมนอกสถานที่หรือที่แคบเพราะเคลื่อนย้ายสะดวก น้ำหนักเบา ใช้กับงานที่ต้องการปริมาณการเชื่อมไม่มากและอุณหภูมิไม่สูงเท่าชุดถังใหญ่



รูปที่ 18 ชุดเชื่อมแก๊สขนาดเล็ก

5.3 ตัวตัดท่อ (Tube Bender)

เครื่องมือสำหรับตัดท่อทองแดงชนิดอ่อนให้โค้งงอได้มุมตามต้องการ (เช่น 90 หรือ 180 องศา) โดยไม่ทำให้ผนังท่อเกิดการบี้แบน พับ หรือหัก มีทั้งแบบสปริงและแบบคันโยก



รูปที่ 19 ตัวตัดท่อ

5.4 ประแจเลื่อน (Adjustable Wrench)

สามารถปรับขนาดปากจับได้ ใช้สำหรับขันหรือคลายแฟลร์นัท (Flare Nut) ช่างมักใช้ 2 ตัวจับไขว้กันเพื่อป้องกันท่อบิด



รูปที่ 20 ประแจเลื่อน

5.5 กระจกส่องรอยเชื่อม (Inspection Mirror)

กระจกบานเล็กพร้อมด้ามจับยืดหดได้ ใช้สำหรับส่องดูความเรียบร้อยของรอยเชื่อมท่อ ในมุมอับ (เช่น ด้านหลังท่อที่ชิดผนัง) เพื่อให้แน่ใจว่าลวดเชื่อมวิ่งเต็มรอยต่อและไม่มีจุดรั่ว

5.6 คีมปากจระเข้ (Combination Pliers)

เครื่องมืออเนกประสงค์ที่ใช้สำหรับจับ ดึง ตัด หรือปอกสายไฟ ควรเลือกใช้คีมที่ด้ามจับหุ้มฉนวนกันไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานเพื่อความปลอดภัย



รูปที่ 21 คีมปากจระเข้

5.7 ค้อน (Hammer) เป็นเครื่องมือช่างอเนกประสงค์ มีความจำเป็นทั้งค้อนยางและค้อนเหล็ก



รูปที่ 22 ค้อน

5.8 เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Caliper)

อุปกรณ์วัดความละเอียดสูง ใช้วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (OD) เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (ID) และความลึกของชิ้นงานหรือท่อได้อย่างแม่นยำ โดยอ่านค่าความละเอียดได้ถึงระดับมิลลิเมตรหรือทศนิยม



รูปที่ 23 เวอร์เนียคาลิปเปอร์

5.9 ถุงมือช่าง (Work Gloves) อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ที่สำคัญสำหรับงานช่างทุกรูปแบบ ทั้งงานก่อสร้าง ซ่อมบำรุง และอุตสาหกรรม ออกแบบมาเพื่อปกป้องมือ ช่วยเพิ่มความปลอดภัยและคล่องตัวในการทำงาน โดยต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะงานเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 24 ถุงมือช่าง

5.10 ตลับเมตร (Tape Measure) เครื่องมือวัดความยาวพื้นฐานที่ช่างทุกประเภทและครัวเรือนควรมี ประกอบด้วยสายวัดโลหะหรือไฟเบอร์กลาสที่ยืดหยุ่นได้ บรรจุในตลับพร้อมกลไกสปริงดึงกลับ ปลายมีตะขอเกี่ยวใช้วัดระยะชิ้นงาน ความกว้าง ความยาว หรือความสูง ได้อย่างสะดวกรวดเร็วและแม่นยำ



รูปที่ 25 ตลับเมตร

บทสรุป

งานระบบท่อและการเชื่อมประสาน ถือเป็น **"เส้นเลือดใหญ่"** ของระบบทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ หากเกิดข้อผิดพลาดเพียงเล็กน้อย เช่น บานแฟลร์เอียง ลบคมไม่หมด หรือเชื่อมท่อไม่สนิท อาจส่งผลให้สารทำความเย็นรั่วซึมและระบบล้มเหลวได้ในที่สุด

ดังนั้น เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ช่างแอร์มืออาชีพควรยึดหลักปฏิบัติ **"3 ส."** ดังนี้

1. สะอาด (Clean) ✨

ความชื้นและสิ่งสกปรกคือศัตรูตัวร้าย!! ต้องลบคมท่อโดยคว่ำปลายลงเสมอ ปิดปากท่อเมื่อยังไม่ใช้งาน และที่สำคัญคือควร **ไล่ระบบด้วยแก๊สไนโตรเจน** ขณะเชื่อมท่อเพื่อป้องกันเขม่าดำอุดตัน

2. สมบูรณ์ (Complete) 🔧

เลือกใช้ความหนาของท่อทองแดงให้เหมาะกับชนิดของน้ำยาแอร์ (เช่น R-32 ควรหนา 0.7 มม. ขึ้นไป) บานแฟลร์ให้ได้รูปกรวยที่สมบูรณ์ และเชื่อมประสานให้ลวดเชื่อมวิ่งเต็มรอยต่อไม่มีตามด

3. ใส่ใจความปลอดภัย (Safety First) 🛡️

สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล (แว่นตา ถุงมือ) เสมอ ตรวจเช็กอุปกรณ์เชื่อมแก๊สให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน และทำการทดสอบรอยรั่วทุกครั้งหลังปฏิบัติงานเสร็จ

ใบฝึกทักษะภาคปฏิบัติความสามารถ

สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

แบบทดสอบที่ 1 งานท่อ และเชื่อมประสาน

<u>คำสั่ง</u>

1.1 อ่านแบบและปฏิบัติงานท่อ ตามแบบที่กำหนด

1.2 เชื่อมท่อด้วยลวดเชื่อมเงิน

1.3 ขันแฟลร์นัทเข้ากับยูเนี่ยนให้แน่น

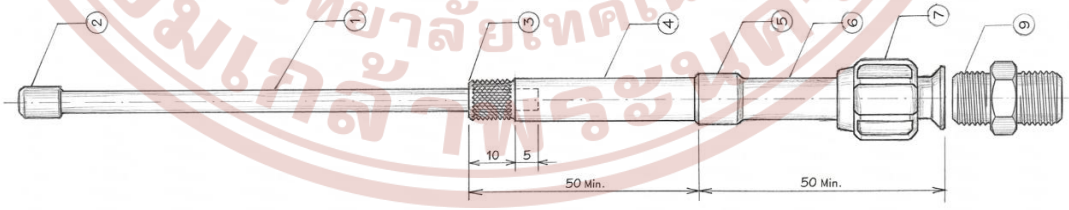
1.4 เขียนชื่อ นามสกุล รหัสนักเรียน ลงบนกระดาษกาว เพื่อติดบนชิ้นงานก่อนส่งชิ้นงาน

แบบการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ

สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

แบบทดสอบที่ 1 งานท่อ และเชื่อมประสาน เวลา 20 นาที (คะแนนเต็ม 10 คะแนน)

1. ท่อแคปปิลารี่
2. บีบและเชื่อมปลายท่อแคปปิลารี่
3. บีบและเชื่อมท่อทองแดงเข้ากับท่อแคปปิลารี่
4. ท่อทองแดง
5. ขยายท่อทองแดงและเชื่อม
6. ท่อทองแดง
7. แฟลร์นีท
8. บานแฟลร์ 1 ชั้น
9. ยูเนี่ยน



	ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล โมดูลที่ 1 : งานตัดและลบคมท่อทองแดง	หน่วยที่ 4
	ชื่อวิชา เครื่องปรับอากาศ **รหัสวิชา** 20104-2015	**การเรียนรู้ครั้งที่ 1**
	หน่วยการเรียนรู้ งานท่อและการเชื่อมประสาน	**เวลา 10 นาที**
ชื่อเรื่อง/งาน การตัด ดัด และขยายท่อทองแดง		

1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1.1 ตัดท่อทองแดงด้วยทิวคัตเตอร์ (Tube Cutter) ได้ตรงตามขนาดที่กำหนดตามแบบ

1.2 กำจัดครีบที่ปากท่อด้วยรีมเมอร์ได้

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1 ท่อทองแดงชนิดอ่อนขนาด 3/8 นิ้ว จำนวน 2 เส้น

2.2 คัตเตอร์ตัดท่อ (Tube Cutter) จำนวน 1 อัน

2.4 รีมเมอร์ (Reamer) จำนวน 1 อัน

2.5 ตลับเมตร หรือ ไม้บรรทัดเหล็ก หรือ เวอร์เนียคาลิปเปอร์ จำนวน 1 อัน

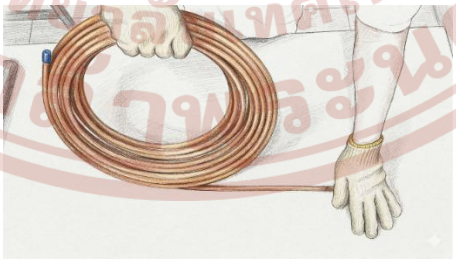
2.5 ดินสอ 2B / ปากกาหมึก จำนวน 1 อัน

2.6 ถุงมือปฏิบัติงาน จำนวน 1 คู่

2.7 ผ้าสะอาดสำหรับเช็ดทำความสะอาด จำนวน 1 ผืน

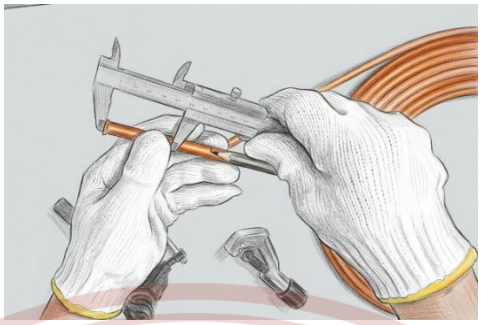
3. ขั้นตอนการปฏิบัติ

3.1 ตรวจสอบความสมบูรณ์ของท่อทองแดง 3/8 นิ้ว ต้องไม่มีรอยบุบหรือพับงอ จากนั้นดัดท่อส่วนที่จะใช้งานให้ตรงด้วยมือเพื่อความแม่นยำในการวัดระยะ



รูปที่ 1 ดัดท่อส่วนที่จะใช้งานให้ตรงด้วยมือ

3.2 ใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ หรือตลับเมตร หรือ ไม้บรรทัดเหล็ก วัดระยะตามแบบ (50 มม. และ 60 มม.) แล้วใช้ปากกาหมึกเข็มหรือดินสอขีดตำแหน่งให้เป็นเส้นบางที่สุด "ห้ามขีดเส้นหนา" เพราะจะทำให้ระยะเกิดความคลาดเคลื่อนขณะวางใบมีด



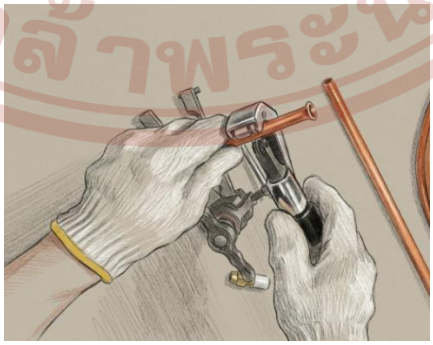
รูปที่ 2 ใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์วัดระยะท่อทองแดงตามแบบ

3.3 วางท่อทองแดงลงบนลูกกลิ้งของทิวคัตเตอร์ (Tube Cutter) ปรับใบมีดให้ลงตรงตำแหน่งเส้นที่ขีดไว้พอดี หมุนปรับใบมีดให้ "แค่พอตึงมือ" แล้วหมุนคัตเตอร์รอบท่อ 1-2 รอบเพื่อสร้างแนวร่องให้รอบวง



รูปที่ 3 การนำทิวคัตเตอร์ตัดท่อตัดตามระยะที่กำหนด

3.4 หมุนทิวคัตเตอร์ (Tube Cutter) พร้อมกับค่อยๆ หมุนปรับใบมีดครั้งละประมาณ 1/4 รอบ ในทุกครั้งที่หมุนครบรอบ "ห้ามหมุนปรับแรงเกินไป" เพราะแรงกดที่มากเกินจะทำให้ผนังท่อบี้แบนและทำให้ลูกกลิ้งกดท่อเป็นรอยลึก หมุนซ้ำจนท่อขาดออกจากกันด้วยน้ำหนักมือที่สม่ำเสมอ



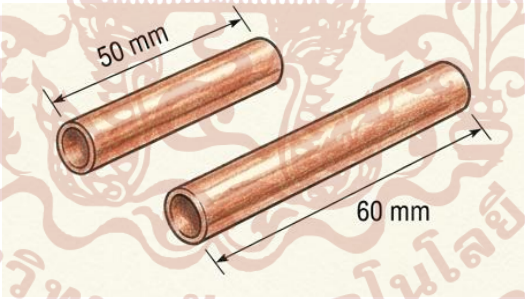
รูปที่ 4 หมุนทิวคัตเตอร์ พร้อมกับค่อยๆ หมุนปรับใบมีด

3.5 หลังจากนั้นทำการลบคม ควรถือท่อให้ "คว่ำปลายท่อลงทำมุม 45 องศา" เสมอ เพื่ออาศัยแรงโน้มถ่วงป้องกันไม่ให้เศษทองแดงร่วงเข้าไปในท่อ สอดใบมีดรีมเมอร์เข้าไปคว้านลบคมบริเวณขอบในท่อด้วยแรงกดเบาๆ จนขอบท่อเรียบมนและมีความกว้างของรูท่อกลับมาเท่าเดิมทั้งด้านในและนอกของท่อทองแดง



รูปที่ 5 ใช้รีมเมอร์ทำการลบคมของท่อทองแดง

3.6 ใช้ผ้าสะอาดเช็ดคราบน้ำมันและเศษฝุ่นที่ปลายท่อ เคาะปลายท่อเบาๆ กับพื้นไม้หรือผ้าเพื่อไล่เศษผงที่อาจค้างอยู่ จากนั้นตรวจสอบความเรียบของผิวในด้วยสายตา และวัดขนาดความยาวอีกครั้งให้ตรงตามแบบงาน



รูปที่ 6 ขนาดของท่อทองแดงตามแบบที่กำหนด

ข้อควรระวัง

1. ห้ามหงายท่อขึ้นขณะลบคม เพราะเศษทองแดงจะตกไปสะสม ทำให้ระบบน้ำยาจนเกิดการอุดตันในตัวฉีดสารทำความเย็น

2. รักษาความคมของใบมีด: หากใบมีดคัตเตอร์บิ่นจะทำให้รอยตัดขรุขระและเกิดครีบหนา ทำให้ลบคมยากและเสียเวลา

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

คำชี้แจง : ให้ผู้เรียนตรวจสอบชิ้นงานตนเองตามหัวข้อ หากมั่นใจว่าผ่านเกณฑ์ให้ทำเครื่องหมาย (/) และส่งให้ครูตรวจเพื่อรับคะแนนและอนุญาตให้ปฏิบัติงานในโมดูลถัดไป

ข้อที่	หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การหักคะแนน	คะแนนเต็ม	นักเรียนประเมิน	ครูประเมิน
1.	ระยะและขนาดชิ้นงานถูกต้องตามแบบ (50 มม.และ 60 มม.)	ชิ้นงานยาวหรือสั้นกว่าแบบ (50/60 มม.) เกิน 2 มม. แต่ไม่เกิน 3 มม. ตัดจุดละ 1 คะแนน หากเกิน 3 มม. ตัดจุดละ 2 คะแนน	4		
2.	ความสมบูรณ์ของรอยตัด	ปากท่อมีรอยควั่น หรือรอยงุ้มเข้าจนเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเล็กลง ตัดจุดละ 2 คะแนน	4		
3.	การลบคม	หากไม่ปรับแต่งปากท่อหรือลบคมไม่เกลี้ยง ตัดจุดละ 1 คะแนน	2		
4.	ความปลอดภัย	- การแต่งกายเหมาะสมและปลอดภัย (ถ้าไม่เหมาะสม ตัดจุดละ 2 คะแนน) - ใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (ถุงมือ) (ถ้าไม่ใช้ ตัดจุดละ 2 คะแนน) - ใช้เครื่องมือถูกต้อง (คัตเตอร์/รีมเมอร์) (ถ้าใช้ผิด ตัดจุดละ 2 คะแนน)	10		
5.	ทัศนคติและกิจนิสัย	- ตรวจสอบและจัดวางเครื่องมือ/วัสดุเป็นระเบียบ (ถ้าไม่ทำ ตัดจุดละ 4 คะแนน) - ทำความสะอาดพื้นที่และเครื่องมือหลังงานเสร็จ (ถ้าไม่ทำ ตัดจุดละ 2 คะแนน)	10		
ผลการปฏิบัติงาน			**30**	**พร้อมไปต่อ [ ]**	**อนุมัติ [ ]**

ข้อเสนอแนะของครูผู้สอน .....

5. คำถามท้ายใบงาน

5.1 ในขั้นตอนการลบคม หากผู้เรียนไม่ควั่นปลายท่อลงดินจะส่งผลกระทบที่รุนแรงอย่างไร

ตอบ: .....

5.2 การหมุนคัตเตอร์ตัดท่อ (Tube Cutter) โดยขันปรับใบมีดให้แน่นเกินไปในรอบเดียวส่งผลเสียต่อท่อทองแดงอย่างไร

ตอบ: .....

	ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล โมดูลที่ 2 : งานบานแฟลร์และขยายท่อ	หน่วยที่ 4
	ชื่อวิชา เครื่องปรับอากาศ **รหัสวิชา** 20104-2015	**การเรียนรู้ครั้งที่ 1**
	หน่วยการเรียนรู้ งานท่อและการเชื่อมประสาน	**เวลา 10 นาที**
ชื่อเรื่อง/งาน การตัด ดัด และขยายท่อทองแดง		

1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1.1 เลือกใช้ชุดบานแฟลร์ และชุดขยายท่อได้ถูกต้องเหมาะสมกับขนาดท่อ

1.2 บานแฟลร์ได้ขนาดพอดีกับแฟลร์นัท ผิวสัมผัสเรียบเนียน และไม่มีรอยแตกร้าว

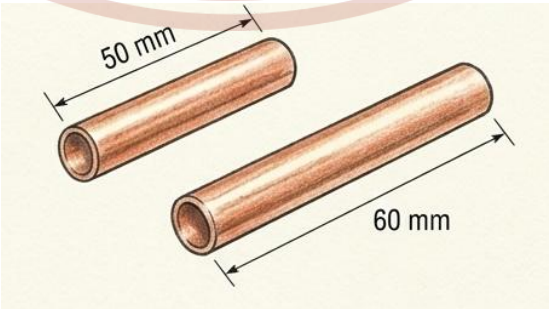
1.3 ขยายปลายท่อให้มีความลึกไม่น้อยกว่า 1 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ และประกอบได้พอดี

2. เครื่องมือและวัสดุ

2.1 ท่อทองแดงชนิดอ่อนขนาด 3/8 นิ้ว ยาว 50 มม.	จำนวน 1 ท่อน
2.2 ท่อทองแดงชนิดอ่อนขนาด 3/8 นิ้ว ยาว 60 มม.	จำนวน 1 ท่อน
2.3 แฟลร์นัท ขนาด 3/8 นิ้ว	จำนวน 1 อัน
2.4 ข้อต่อยูเนียน ขนาด 3/8 นิ้ว	จำนวน 1 อัน
2.5 ชุดบานท่อ	จำนวน 1 ชุด
2.6 ชุดขยายท่อชนิดหัวตอก (Swaging)	จำนวน 1 ชุด
2.7 ค้อน	จำนวน 1 อัน
2.8 ถุงมือปฏิบัติงาน	จำนวน 1 คู่
2.9 ผ้าสะอาดสำหรับเช็ดทำความสะอาด	จำนวน 1 ผืน

3. ขั้นตอนการปฏิบัติ

3.1 นำท่อทองแดงขนาด 50 มม. ที่ผ่านการลบคมจากโมดูล 1 มาตรวจสอบความเรียบร้อย



รูปที่ 1 เตรียมท่อท่องแดงขนาด 50 มม. ที่ผ่านการลบคมจากโมดูล 1

3.2 ตั้งระยะและการบานแฟลร์ โดยการสวมแฟลร์นัท (Flare Nut) เข้าไปในท่อก่อนเริ่มการบานท่อ โดยหมุนด้านเกลียวออกหาปลายท่อที่จะบาน



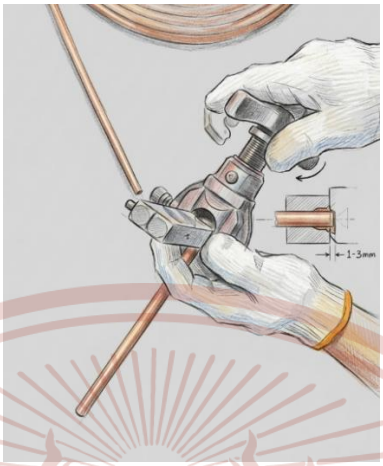
รูปที่ 2 สวมแฟลร์นัท (Flare Nut) เข้าไปในท่อก่อนเริ่มการบานท่อ

3.3 นำท่อเข้าจับยึดกับตัวจับท่อ (Flaring Block) ตามขนาด 3/8 นิ้ว โดยตั้งระยะยื่นท่อพ้นตัวจับท่อประมาณ 1 มม. หรือดันท่อให้ชนกับแผ่นตั้งระยะ กับตัวที่ติดกับตัวจับท่อ



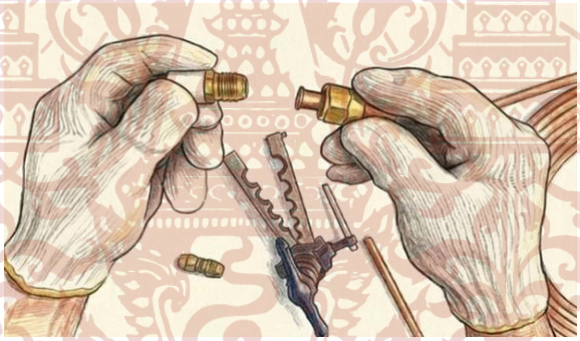
รูปที่ 3 นำท่อเข้าจับยึดกับตัวจับท่อ

3.4 ประกอบชุดบานท่อ เข้ากับตัวจับท่อ ขันอัดกรวยบานแบบเยื้องศูนย์ลงไปจนตึงมือจนได้ยินเสียง "แก๊ก" ซึ่งเป็นระบบคลัตช์ตัดการทำงานเพื่อป้องกันท่อบางเกินไป หลังบานเสร็จ ให้คลายชุดบานออกแล้วตรวจเช็คผิวหน้าแฟลร์ต้องเรียบเงา ไม่เอียง และขอบไม่แตก



รูปที่ 4 การบานแฟลร์

3.5 หลังจากนั้นนำท่อที่บานเสร็จแล้วมาประกบกับข้อต่อยูเนียน แล้วขันแฟลร์นัทพอดึงมือ



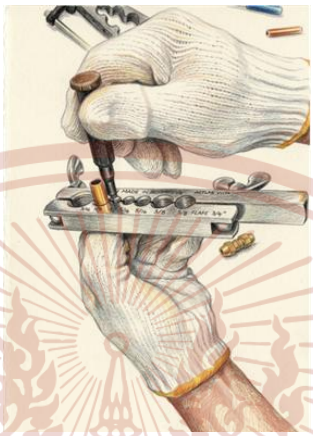
รูปที่ 5 การประกบกับข้อต่อยูเนียน แล้วขันแฟลร์นัทพอดึงมือ

3.6 ใช้ประแจปากตายจับยึดตัวยูเนียนให้แน่น และใช้ประแจอีกตัวขันแฟลร์นัทตามให้ตึงมือ



รูปที่ 6 ทำสวมแฟลร์นัท (Flare Nut) เข้ากับข้อต่อยูเนียน

3.7 ต่อไปทำงานขยายท่อด้วยชุดหัวตอก นำปลายท่ออีกด้านหนึ่งจับยึดเข้ากับตัวจับท่อ โดยให้ท่อยื่นโพล่ขึ้นมาเท่ากับ ความลึกของหัวตอก



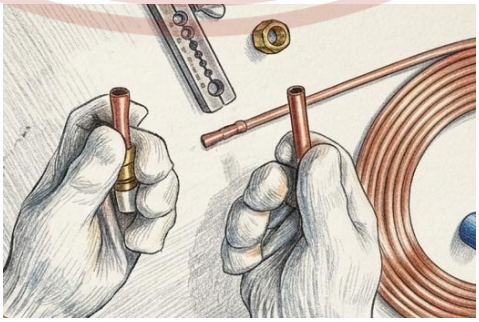
รูปที่ 7 ทำการขยายท่อทองแดง

3.8 ใช้ตัวขยายท่อสอดเข้าไปในท่อ ตั้งฉาก 90 องศา ใช้ค้อนตอกลงไปเบาๆ ในช่วงแรก เพื่อให้ศูนย์ตรง จากนั้นจึงตอกให้ลึกลงไปจนสุด



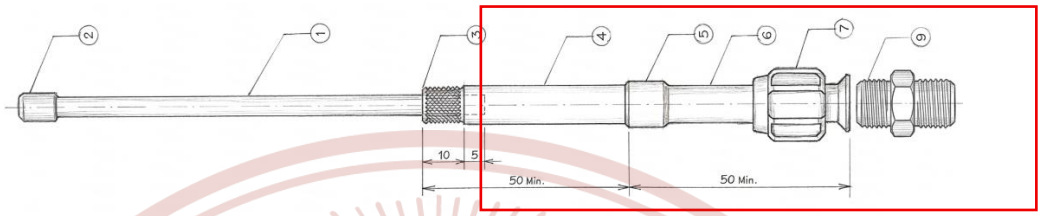
รูปที่ 8 ใช้ตัวขยายท่อสอดเข้าไปในท่อ ตั้งฉาก 90 องศา

3.9 นำท่อทองแดงขนาด 60 มม. มาลองสวมเข้ากับท่อที่ขยายเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 9 นำท่อทองแดงขนาด 60 มม. มาลองสวมเข้ากับท่อที่ขยายเรียบร้อยแล้ว

3.10 หลังจากทำการขยายท่อทองแดงเสร็จแล้ว ให้นำท่อทองแดงที่มีขนาด 60 mm. ให้นำมาประกอบให้ได้ตามแบบที่กำหนดให้



รูปที่ 10 จากแบบที่กำหนดให้



รูปที่ 11 นำมาประกอบให้ได้ตามแบบที่กำหนดให้

จุดควรระวัง

1. ระวังอย่าตอกแรงจนท่อบี้หรือเอียงเกิน 3 องศา เพราะจะทำให้สวมท่อไม่เข้าหรือเชื่อมได้ยาก

4. แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

คำชี้แจง : ให้ผู้เรียนตรวจสอบชิ้นงานตนเองตามหัวข้อ หากมั่นใจว่าผ่านเกณฑ์ให้ทำเครื่องหมาย (/) และส่งให้ครูตรวจเพื่อรับคะแนนและอนุญาตให้ปฏิบัติงานในโมดูลถัดไป

ข้อที่	หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การหักคะแนน	คะแนนเต็ม	นักเรียนประเมิน	ครูประเมิน
1.	การบานแฟลร์	- บานแฟลร์แตก หรือขนาดใหญ่จนสวมกับแฟลร์นัทไม่ได้ ตัดทันที 4 คะแนน (ในจุดนั้น) - บานหน้าแฟลร์มากหรือน้อยเกินไป, ไม่กลม, ไม่ได้ศูนย์ หรือลบคมไม่ดี ตัดจุดละ 2 คะแนน	4		
2.	การขยายท่อ	- ระยะขยายท่อสั้นเกินไปหรือแตก ตัดทันที 4 คะแนน - ระยะขยายยาวเกินไป หรือขยายมากจนผนังท่อบางเกินไป ตัดจุดละ 2 คะแนน	4		
3.	ความสมบูรณ์	ท่อที่ขยายมีลักษณะเอียงเกิน 3 องศา ตัดจุดละ 1 คะแนน	2		
4.	ความปลอดภัย	- การแต่งกายเหมาะสมและปลอดภัย (ถ้าไม่เหมาะสม ตัดจุดละ 2 คะแนน) - ใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (ถุงมือ) (ถ้าไม่ใช้ ตัดจุดละ 2 คะแนน) - ใช้เครื่องมือถูกต้อง (ชุดบานท่อ/ชุดขยายท่อ) (ถ้าใช้ผิด ตัดจุดละ 2 คะแนน)	10		
5.	ทัศนคติและกิจนิสัย	- ตรวจสอบและจัดวางเครื่องมือ/วัสดุเป็นระเบียบ (ถ้าไม่ทำ ตัดจุดละ 4 คะแนน) - ทำความสะอาดพื้นที่และเครื่องมือหลังงานเสร็จ (ถ้าไม่ทำ ตัดจุดละ 2 คะแนน)	10		
ผลการปฏิบัติงาน			**30**	**พร้อมไปต่อ** [ ]	**อนุมัติ** [ ]

ข้อเสนอแนะของครูผู้สอน..... .....

5. คำถามท้ายใบงาน

5.1 หากผิวหน้าแฟลร์มีรอยขีดข่วนหรือรอยแตก (Crack) แม้เพียงเล็กน้อย การขันแฟลร์นัทให้แน่นขึ้นจะสามารถแก้ปัญหาน้ำยารั่วซึมได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ: .....

5.2 "ระยะยื่นของท่อจากหน้าได" มีผลโดยตรงต่อคุณภาพของปากแฟลร์อย่างไร

ตอบ: .....



	ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล โมดูลที่ 3: งานท่อแคปปิลารี่	หน่วยที่ 4
	ชื่อวิชา เครื่องปรับอากาศ **รหัสวิชา** 20104-2015	**การเรียนรู้ครั้งที่ 1**
	หน่วยการเรียนรู้ งานท่อและการเชื่อมประสาน	**เวลา 10 นาที**
ชื่อเรื่อง/งาน การตัด ดัด และขยายท่อทองแดง		

1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1.1 เลือกใช้เครื่องมือตัดท่อแคปปิลารี่ ได้ถูกต้องตามลักษณะงาน

1.2 ปฏิบัติงานตัดและเปิดรูท่อแคปปิลารี่ โดยไม่ให้รูท่อตีบตันหรือบี้แบน

1.3 ตรวจสอบและสอดท่อเข้าสู่จุดเชื่อมได้ตามระยะพิกัดที่กำหนด

2. เครื่องมือและวัสดุ

2.1 ท่อแคปปิลารี่ ยาว 100 มม.	จำนวน 1 ท่อน
2.2 ตะไบสามเหลี่ยม หรือ คีมตัดท่อแคปปิลารี่	จำนวน 1 อัน
2.3 ตลับเมตร หรือ ไม้บรรทัดเหล็ก หรือ เวอร์เนียคาลิปเปอร์	จำนวน 1 อัน
2.4 ดินสอ	จำนวน 1 อัน
2.5 คีมปากแบน	จำนวน 1 อัน
2.6 ถุงมือปฏิบัติงาน	จำนวน 1 คู่
2.7 ผ้าสะอาดสำหรับเช็ดทำความสะอาด	จำนวน 1 ผืน

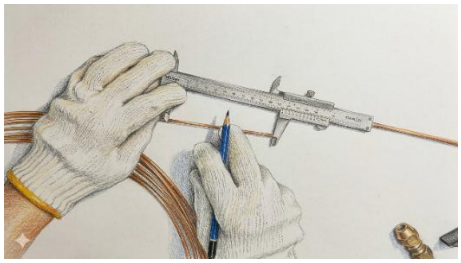
3. ขั้นตอนการปฏิบัติ

3.1 นำท่อแคปปิลารี่มายืดให้ตรงด้วยมือ (ระวังอย่าให้หักพับ)



รูปที่ 1 เตรียมท่อแคปปิลารี่ขนาด 100 mm.

3.2 ใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ หรือตลับเมตร หรือ ไม้บรรทัดเหล็ก วัดความยาว 100 มม. และใช้ดินสอขีดตำแหน่งให้ชัดเจน



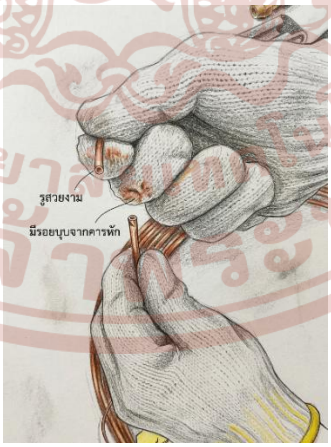
รูปที่ 2 วัดท่อแคปปิลารี่ขนาด 100 มม.

3.3 ใช้สันหรือเหลี่ยมตะไบสามเหลี่ยมถูเบาๆ รอบผิวท่อตรงตำแหน่งที่ขีดไว้ ให้เกิดรอยบากลึกประมาณ 1/3 ของความหนาผนังท่อ



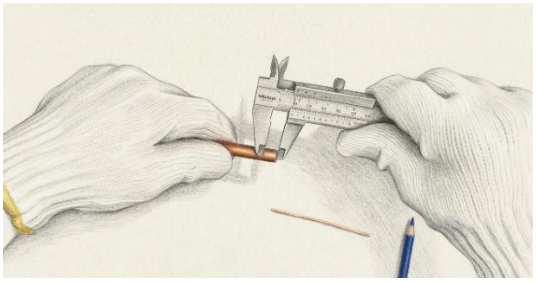
รูปที่ 3 ใช้สันตะไบสามเหลี่ยมถูเบาๆ รอบผิวท่อตรงตำแหน่งที่ขีดไว้

3.4 เมื่อหักท่อแคปปิลารี่แล้วให้ตรวจสอบรูท่อด้วยสายตา หากพบว่ามีรอยบุบจากการหักให้ใช้เหล็กแหลมหรือเข็มขนาดเล็กแหย่เข้าไปหมุนวนเบาๆ เพื่อขยายรูให้เปิดกว้าง 100%



รูปที่ 4 หักท่อแคปปิลารี่แล้วให้ตรวจสอบรูท่อด้วยสายตา

3.5 เมื่อตรวจสอบความเรียบร้อยของท่อแคปปิลารี่แล้ว ให้สอดท่อตามแบบที่กำหนดให้ โดยวัดจากปลายท่อแคปปิลารี่ที่เปิดรูแล้วลงมา 15 มม. แล้วทำเครื่องหมายไว้



รูปที่ 5 วัดจากปลายท่อแคปปิลารี่ที่เปิดรูแล้วลงมา 15 มม. แล้วทำเครื่องหมายไว้

3.6 สอดท่อแคปปิลารี่เข้าสู่ท่อ 3/8 นิ้ว ให้ตำแหน่งพิกัด 15 มม. ที่ขีดไว้ อยู่เสมอพอดีกับปากท่อ 3/8 นิ้ว โดยประคองให้อยู่ตำแหน่งกึ่งกลางท่อพอดี



รูปที่ 6 หักท่อแคปปิลารี่แล้วให้ตรวจสอบรูท่อด้วยสายตา

3.7 ใช้คีมปากแบนบีบปลายท่อ 3/8 นิ้ว ให้ยุบตัวลงมาเพื่อล็อกตำแหน่งท่อแคปปิลารี่ โดยให้มี "ระยะรอยบีบยาว 10 มม." ตามแบบที่กำหนด บีบให้ "แน่นพอประมาณ" เพื่อไม่ให้ท่อแคปปิลารี่ขยับ แต่ต้องระวัง "ห้ามบีบจนท่อแคปปิลารี่บี้แบน" เพราะจะทำให้ท่อฉีดน้ำยาตีบตันจนคอมเพรสเซอร์เสียหาย



รูปที่ 7 ใช้คีมปากแบนบีบปลายท่อ 3/8 นิ้ว ให้ยุบตัวลงมาเพื่อล็อกตำแหน่งท่อแคปปิลารี่

3.8 ตรวจชิ้นงานให้เรียบร้อย โดนที่รอยบีบต้องสม่ำเสมอและมีความยาวตรงตามพิกัด 10 มม. เพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับการเดินลวดเชื่อมในขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 8 ตรวจชิ้นงานให้เรียบร้อย

4. แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

คำชี้แจง : ให้ผู้เรียนตรวจสอบชิ้นงานตนเองตามหัวข้อ หากมั่นใจว่าผ่านเกณฑ์ให้ทำเครื่องหมาย (/) และส่งให้ครูตรวจเพื่อรับคะแนนและอนุญาตให้ปฏิบัติงานในโมดูลถัดไป

ข้อที่	หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การหักคะแนน	คะแนนเต็ม	นักเรียนประเมิน	ครูประเมิน
1.	ตัดท่อแคปปิลารี่	ท่อแคปปิลารี่บี้แบน ตัดจุดละ 1 คะแนน	2		
2.	ระยะสอดท่อ (ตามแบบ)	ระยะสอดท่อแคปทิวสั้นหรือยาวกว่าพิกัด 2.5 มม. แต่ไม่เกิน 3 มม. ตัดจุดละ 2 คะแนน หากเกิน 3 มม. ตัดจุดละ 4 คะแนน	4		
3.	การบีบปลายท่อ (ตามแบบ)	บีบปลายท่อตรงจุดสอดท่อแคปทิวมากหรือน้อยกว่าพิกัด 2.5 มม. แต่ไม่เกิน 3 มม. ตัดจุดละ 1 คะแนน หากเกิน 3 มม. ตัดจุดละ 2 คะแนน	4		
4.	ความปลอดภัย	- การแต่งกายเหมาะสมและปลอดภัย (ถ้าไม่เหมาะสม ตัดจุดละ 2 คะแนน) - ใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (ถุงมือ) (ถ้าไม่ใช้ ตัดจุดละ 2 คะแนน) - ใช้เครื่องมือถูกต้อง (ถ้าใช้ผิด ตัดจุดละ 2 คะแนน)	10		
5.	ทัศนคติและกิจนิสัย	- ตรวจสอบและจัดวางเครื่องมือ/วัสดุเป็นระเบียบ (ถ้าไม่ทำ ตัดจุดละ 4 คะแนน) - ทำความสะอาดพื้นที่และเครื่องมือหลังงานเสร็จ (ถ้าไม่ทำ ตัดจุดละ 2 คะแนน)	10		
ผลการปฏิบัติงาน			**30**	**พร้อมไปต่อ** [ ]	**อนุมัติ** [ ]

ข้อเสนอแนะของครูผู้สอน.....

5. คำถามท้ายใบงาน

5.1 ทำไมช่างมืออาชีพจึงนิยมใช้ "ตะไบสามเหลี่ยมบากแล้วหัก" แทนการใช้คีมตัดทั่วไปในกรณีที่ไม่มีคีมตัดแคปทิวโดยเฉพาะ

ตอบ: .....

5.2 ท่านจะใช้วิธีใดในการตรวจสอบว่ารูท่อแคปทิวที่ตัดเสร็จแล้วมีการอุดตัน

ตอบ: .....



	ใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมประสานท่อ	หน่วยที่ 4
	ชื่อวิชา เครื่องปรับอากาศ **รหัสวิชา** 20104-2015	**การเรียนรู้ครั้งที่ 1**
	หน่วยการเรียนรู้ งานท่อและการเชื่อมประสาน	**เวลา 10 นาที**
ชื่อเรื่อง/งาน การตัด ดัด และขยายท่อทองแดง		

1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1.1 ติดตั้งและเตรียมชุดเชื่อมได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

1.2 ปรับเปลวไฟชุดเชื่อมเป็นแบบเปลวไฟกลางได้

1.3 ปฏิบัติงานเชื่อมประสานท่อทองแดงโดยลวดเชื่อมไหลซึมเต็มรอยต่อ 360 องศา

2. เครื่องมือและวัสดุ

2.1 ชุดเชื่อมแก๊สสมบูรณ์ (ถังแก๊ส, เกจปรับความดัน, ชุดกันไฟย้อน, หัวเชื่อม) จำนวน 1 ชุด

2.2 ท่อทองแดงจากใบงาน1, 2, 3 จำนวน 1 ชุด

2.3 ลวดเชื่อมเงิน 0% จำนวน 1 อัน

2.4 กระดาษทรายเบอร์ละเอียด หรือแปรงขัดทองเหลือง จำนวน 1 ชิ้น

2.5 คีมปากแบน จำนวน 1 อัน

2.6 ถุงมือปฏิบัติงาน จำนวน 1 คู่

2.7 ผ้าสะอาดสำหรับเช็ดทำความสะอาด จำนวน 1 ผืน

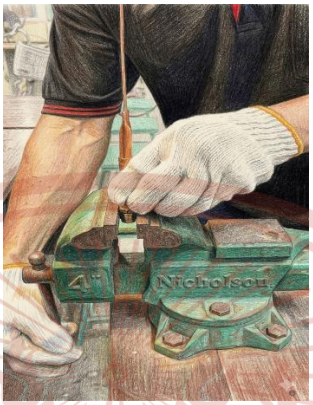
3. ขั้นตอนการปฏิบัติ

3.1 นำชิ้นงานจากโมดูล 1, 2 และ 3 มาขัดบริเวณรอยต่อด้วยกระดาษทรายให้ขึ้นเงาวาว เพื่อกำจัดคราบออกไซด์ซึ่งเป็นตัวการทำให้ลวดเชื่อมไม่เกาะผิวท่อ



รูปที่ 1 นำชิ้นงานจากโมดูล 1, 2 และ 3 มาขัดบริเวณรอยต่อด้วยกระดาษทรายให้ขึ้นเงาวาว

3.2 ประกอบชิ้นงานเข้าด้วยกันตามแบบ แล้วนำไปจับยึดด้วยปากกาจับชิ้นงานที่แฟลร์นัทให้มั่นคง โดยเน้นให้รอยต่ออยู่ในตำแหน่งที่หัวเชื่อมเพื่อเข้าถึงได้สะดวกทุกด้าน



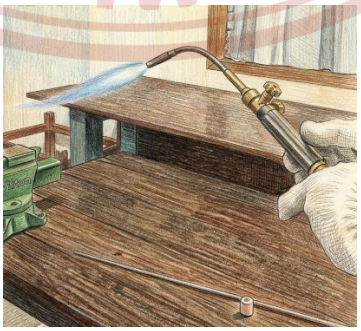
รูปที่ 2 นำไปจับยึดด้วยปากกาจับชิ้นงานที่แฟลร์นัทให้มั่นคง

3.3 เปิดวาล์วแก๊สเชื้อเพลิงเล็กน้อยแล้วใช้ปืนจุดไฟ จากนั้นปรับให้เป็นเปลวไฟรูปปีกนกที่ไม่มีเขม่าดำ



รูปที่ 3 ปรับเปลวไฟให้เป็นรูปปีกนกที่ไม่มีเขม่าดำ

3.4 ค่อยๆ เปิดวาล์วออกซิเจนตามเข้าไปจน "กรวยไฟ" ชั้นในคมชัดและมีสีฟ้าอ่อน เป็นเปลวไฟกลาง ซึ่งให้ความร้อนคงที่และไม่กัดเนื้อท่อทองแดง



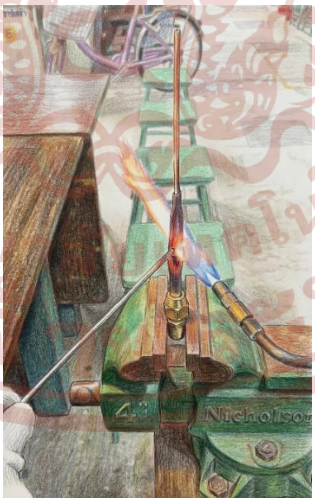
รูปที่ 4 เปิดวาล์วออกซิเจนตามเข้าไปจน "กรวยไฟ" ชั้นในคมชัดและมีสีฟ้าอ่อน

3.5 ส่ายหัวเชื่อมไปมาเพื่อกระจายความร้อนให้สม่ำเสมอ โดยเน้นให้ความร้อนไปที่ ท่อตัวนอกและตัวในพร้อมๆ กัน (ท่อที่ขยายไว้) จนท่อเริ่มเปลี่ยนเป็น "สีแดงหมากสุก"



รูปที่ 5 ส่ายหัวเชื่อมไปมาเพื่อกระจายความร้อนให้สม่ำเสมอ

3.6 เมื่อท่อร้อนได้ที่ให้แตะลวดเชื่อมเงินลงบริเวณรอยต่อ "ห้ามใช้ไฟเป่าลวดให้ละลาย" แต่ต้องใช้ความร้อนจากผิวท่อเป็นตัวละลายลวดเชื่อมให้ไหลซึมเข้าไปในรอยต่อด้วยแรงดึงดูดระหว่างผิวจนเต็มรอบวง 360 องศา



รูปที่ 6 แตะลวดเชื่อมเงินลงบริเวณรอยต่อ

3.7 จากนั้นย้ายจุดไปเชื่อมรอยต่อระหว่างท่อทองแดงกับท่อแคปปิลารี่ ต้องระวังเป็นพิเศษเพราะท่อบางและเล็กมาก ให้หมุนเปลวไฟไปทางท่อ 3/8 นิ้วเป็นหลัก เพื่อป้องกันท่อแคปปิลารี่ละลายหรือลวดไหลเข้าไปอุดรู

3.8 ป้อนลวดเชื่อมเพียงเล็กน้อยให้พอปิดรอยบีบ 10 มม. ให้มิดชิดและสวยงาม



รูปที่ 7 เชื่อมรอยต่อระหว่างท่อทองแดงกับท่อแคปปิลารี่

3.9 เชื่อมปิดปลายท่อแคปปิลารี่ที่เหลืออีกด้านให้ปิดสนิท เมื่อท่อแคปปิลารี่เริ่มเปลี่ยนเป็น สีแดงหมากสุกและแตะลวดจนปิดรูแล้ว ให้รีบถอนไฟออกทันทีเพื่อป้องกันความร้อนสะสมที่ปลายท่อ (ระวังความร้อนที่มากเกินไปจะทำให้ท่อแคปปิลารี่ละลายหายไปทั้งเส้น)



รูปที่ 8 เชื่อมปิดปลายท่อแคปปิลารี่ที่เหลืออีกด้านให้ปิดสนิท

3.9 ปิดวาล์วออกซิเจน และเก็บชุดเชื่อมแก๊สให้เรียบร้อย



รูปที่ 9 เก็บชุดเชื่อมแก๊สให้เรียบร้อย

4. แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

คำชี้แจง : ให้ผู้เรียนตรวจสอบชิ้นงานตนเองตามหัวข้อ หากมั่นใจว่าผ่านเกณฑ์ให้ทำเครื่องหมาย (/) และส่งให้ครูตรวจเพื่อรับคะแนน

ข้อที่	หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การหักคะแนน	คะแนนเต็ม	นักเรียนประเมิน	ครูประเมิน
1.	คุณภาพรอยเชื่อม	- รอยเชื่อมเป็นรูทะลุ ตัดทิ้งทันที 10 คะแนน - รอยเชื่อมไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ตัด 5 คะแนน - รอยเชื่อมพอกหนาเกินความจำเป็น ตัด 3 คะแนน	10		
2.	ความสวยงามและสะอาด	- ผิวหน้าแนวเชื่อมไม่สม่ำเสมอ หรือไม่ทำความสะอาดจุดเชื่อมทั้งก่อนและหลังการเชื่อม ตัดจุดละ 2 คะแนน	5		
3.	ความปลอดภัย	- การแต่งกายเหมาะสมและปลอดภัย (ถ้าไม่เหมาะสม ตัดจุดละ 2 คะแนน) - ใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (ถุงมือ) (ถ้าไม่ใช้ ตัดจุดละ 2 คะแนน) - ใช้เครื่องมือถูกต้อง (ถ้าใช้ผิด ตัดจุดละ 2 คะแนน)	10		
4.	ทัศนคติและกิจนิสัย	- ตรวจสอบและจัดวางเครื่องมือ/วัสดุเป็นระเบียบ (ถ้าไม่ทำ ตัดจุดละ 4 คะแนน) - ทำความสะอาดพื้นที่และเครื่องมือหลังงานเสร็จ (ถ้าไม่ทำ ตัดจุดละ 2 คะแนน)	10		
ผลการปฏิบัติงาน			**35**	**พร้อมไปต่อ [ ]**	**อนุมัติ [ ]**

ข้อเสนอแนะของครูผู้สอน.....

5. คำถามท้ายใบงาน

5.1 เปลวไฟชนิดใดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับงานเชื่อมท่อทองแดง และเพราะเหตุใด

ตอบ: .....

5.2 หากท่านป้อนลวดเชื่อมในขณะที่ท่อยังมีสีดำ (ความร้อนไม่ถึง) จะเกิดผลเสียอย่างไร

ตอบ: .....

	แบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ **งานตรวจสอบและวิเคราะห์จุดบกพร่อง**	**หน่วยที่ 4**
	ชื่อวิชา เครื่องปรับอากาศ **รหัสวิชา** 20104-2015	**การเรียนรู้ครั้งที่ 1**
	หน่วยการเรียนรู้ งานท่อและการเชื่อมประสาน	**เวลา 15 นาที**
ชื่อเรื่อง/งาน การตัด ดัด และขยายท่อทองแดง		

1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1.1 ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมและข้อจุดต่อด้วยสายตา

1.2 สามารถอัดก๊าซไนโตรเจนเพื่อทดสอบแรงดันและหาจุดรั่วไหลได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

1.3 สามารถวิเคราะห์สาเหตุของรอยเชื่อมที่บกพร่องและเสนอแนวทางแก้ไขได้

2. เครื่องมือและวัสดุ

2.1 ชุดเกจวัดความดัน จำนวน 1 ชุด

2.2 ถังแก๊สไนโตรเจน จำนวน 1 ถัง

2.3 ชิ้นงานที่เชื่อมเสร็จแล้วจากโมดูลที่ 4

2.4 น้ำยาตรวจรั่วหรือน้ำยาล้างจานพร้อมฟองน้ำ จำนวน 1 อัน

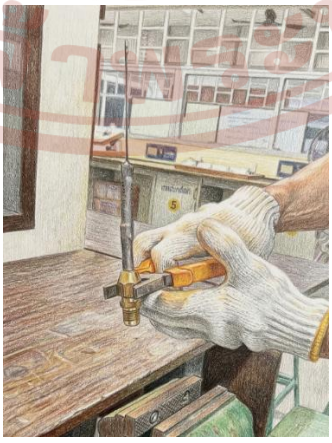
2.5 ถุงมือปฏิบัติงาน จำนวน 1 คู่

2.6 ผ้าสะอาดสำหรับเช็ดทำความสะอาด จำนวน 1 ผืน

2.7 การดาษเทปกาว 1 นิ้ว จำนวน 1 ม้วน

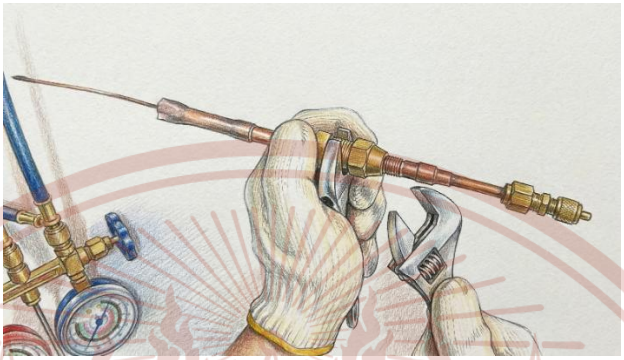
3. ขั้นตอนการปฏิบัติ

3.1 นำชิ้นงานที่เย็นตัวลงแล้วจากโมดูล 4 มาตรวจสอบรอยเชื่อมเบื้องต้นด้วยสายตา ต้องไม่มีรูพรุนหรือรอยพอกที่ดูไม่สมบูรณ์



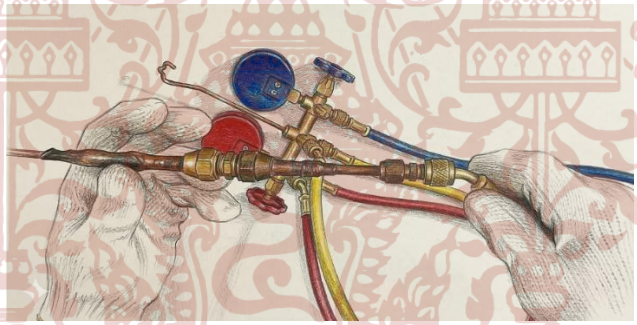
รูปที่ 1 ตรวจสอบรอยเชื่อมเบื้องต้นด้วยสายตา

3.2 นำชุดตรวจสอบรอยรั่มเชื่อมต่อฝั่งแฟลร์นัทเข้ากับข้อต่อยูเนียน โดยใช้ประแจปากตายจับยึดตัวยูเนียนให้แน่น และใช้ประแจอีกตัวขันแฟลร์นัทให้ตึงมือ เพื่อป้องกันการรั่วที่จุดต่อแฟลร์



รูปที่ 2 นำชุดตรวจสอบรอยรั่มเชื่อมต่อฝั่งแฟลร์นัทเข้ากับข้อต่อยูเนียน

3.3 ต่อสายเกจวัดความดัน เข้ากับหัวเติมก๊าซของชิ้นงาน และต่อสายกลางเข้ากับถังไนโตรเจนผ่านเกจปรับความดัน



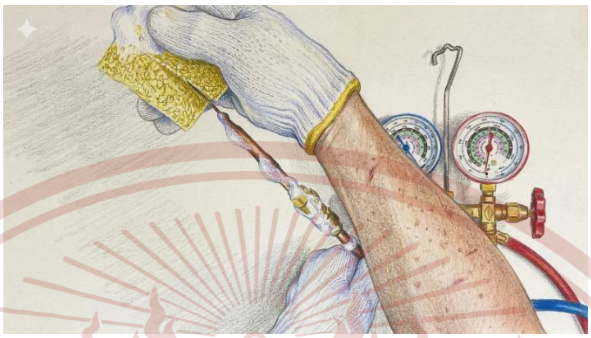
รูปที่ 3 ต่อสายเกจ เข้ากับหัวเติมก๊าซของชิ้นงาน

3.4 ค่อยๆ เปิดวาล์วถังไนโตรเจนและปรับแรงดันให้ไหลเข้าสู่ชิ้นงานจนเข็มเกจวัดความดันชี้ที่ 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) จากนั้นปิดวาล์วที่ชุดเกจให้สนิท



รูปที่ 4 เปิดวาล์วถังไนโตรเจนและปรับแรงดันให้ไหลเข้าสู่ชิ้นงาน

3.5 หลังจากนั้นใช้ฟองน้ำชุบน้ำน้ำยาตรวจรั่วหรือน้ำยาล้างจานที่เตรียมไว้ ลูบไปตามรอยเชื่อมทุกจุด โดยเฉพาะจุด "รอยต่อท่อแคปปิลารี่" และ "รอยเชื่อมปิดปลายท่อ"



รูปที่ 5 ใช้ฟองน้ำชุบน้ำยาล้างจานลูบไปตามรอยเชื่อมทุกจุด

วิธีสังเกต : หากมีรอยรั่วซึมเพียงเล็กน้อย น้ำสบู่จะเกิดเป็นฟองอากาศผุดออกมาอย่างต่อเนื่อง ให้ทำเครื่องหมายจุดนั้นไว้เพื่อวิเคราะห์สาเหตุ

3.6 วิเคราะห์และสรุปผล

- หากเข็มเกจวัดความดันไม่ลดลงและไม่พบฟองอากาศ แสดงว่างานเชื่อมสมบูรณ์ 100%
- หากพบรอยรั่ว ให้ระบายก๊าซไนโตรเจนออกให้หมดก่อน แล้วจึงทำการแก้ไขงานเชื่อมในจุดนั้น และนำกลับมาทดสอบซ้ำตามขั้นตอนเดิม

3.7 เขียน ชื่อ-นามสกุล ลงบนเทปกาวให้ชัดเจน แล้วนำไปติดไว้บนชิ้นงาน



รูปที่ 6 เขียน ชื่อ-นามสกุล ลงบนเทปกาวให้ชัดเจน

4. แบบประเมินผลการทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ

คำชี้แจง : ให้ผู้เรียนตรวจสอบชิ้นงานตนเอง หากมั่นใจว่าผ่านเกณฑ์ให้ทำเครื่องหมาย (/) และส่งให้ครูตรวจเพื่อรับคะแนนแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ

ข้อที่	หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การหักคะแนน	คะแนนเต็ม	นักเรียนประเมิน	ครูประเมิน
1.	การตรวจรั่ว	หากพบรอยรั่ว ตัด 10 คะแนน	10		
2.	ความปลอดภัย	- การแต่งกายเหมาะสมและปลอดภัย (ถ้าไม่เหมาะสม ตัดจุดละ 2 คะแนน) - ใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (ถุงมือ) (ถ้าไม่ใช้ ตัดจุดละ 2 คะแนน) - ใช้เครื่องมือถูกต้อง (ถ้าใช้ผิด ตัดจุดละ 2 คะแนน)	10		
3.	ทัศนคติและกิจนิสัย	- ตรวจสอบและจัดวางเครื่องมือ/วัสดุเป็นระเบียบ (ถ้าไม่ทำ ตัดจุดละ 4 คะแนน) - ทำความสะอาดพื้นที่และเครื่องมือหลังงานเสร็จ (ถ้าไม่ทำ ตัดจุดละ 2 คะแนน)	10		
ผลการปฏิบัติงาน			**30**	**ผ่าน [ ]**	

ข้อเสนอแนะของครูผู้สอน

.....

.....

5. คำถามท้ายใบงาน

5.1 หากพบรอยรั่วเป็นจุดเล็กๆ (Pinholes) ท่านควรแก้ไขด้วยวิธีการใดจึงจะถูกต้องตามหลักวิชาการ

ตอบ: .....

5.2 การใช้กระจกส่องตรวจแนวเชื่อม (Inspection Mirror) มีประโยชน์อย่างไรในการปฏิบัติงานจริง

ตอบ: .....

ภาคผนวก ข

1. แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วย
3. แบบประเมินความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล
4. ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
5. ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วย
6. ผลการประเมินความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล
7. ใบเก็บคะแนนใบงานปฏิบัติงานแต่ละแบบโมดูล และแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ



แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม(IOC)
ภายใต้โครงการวิจัย: การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสาน
ตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1
ในรายวิชา เครื่องปรับอากาศ (20104-2015) หน่วยที่ 4 เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน

****

<u>คำชี้แจง</u> โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อสมรรถนะประจำหน่วยกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ระดับการประเมินดังนี้

+1 สมรรถนะประจำหน่วยมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมแบบทดสอบ
0 ไม่แน่ใจว่าสมรรถนะประจำหน่วยมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
−1 สมรรถนะประจำหน่วยไม่ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ตารางที่ ข- 1การประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

สมรรถนะประจำหน่วย	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
1. วัดและตัดท่อทองแดง ให้ได้ขนาดตามแบบ โดยปลายท่อไม่บี้แบนและรอยตัดตั้งฉากกับแนวแกนท่อ	1. ตัดท่อทองแดงด้วยทิวคัตเตอร์ (Tube Cutter) ได้ตรงตามขนาดที่กำหนดตามแบบ				
2. กำจัดเศษโลหะและลบคมท่อ ได้สะอาดหมดจดโดยไม่มีเศษตกค้างภายในท่อ	2. กำจัดครีบที่ปากท่อด้วยรีมเมอร์ได้				
3. บานปลายท่อแบบชั้นเดียว ได้มุมที่ถูกต้อง ผิวเรียบเนียน ไม่แตกร้าว และได้ขนาดหน้าสัมผัสที่พอดีกับแฟลร์นัท	3. เลือกใช้ชุดบานแฟลร์ และชุดขยายท่อได้ถูกต้องเหมาะสมกับขนาดท่อ				
	4. บานแฟลร์ได้ขนาดพอดีกับแฟลร์นัท ผิวสัมผัสเรียบเนียน และไม่มีรอยแตกร้าว				
4. ขยายปลายท่อทองแดง ให้ได้ผิวเรียบและมีขนาดความลึกพอดีกับท่อที่จะสวมต่อตามมาตรฐาน	5. ขยายปลายท่อให้มีความลึกไม่น้อยกว่า 1 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ และประกอบได้พอดี				

สมรรถนะประจำหน่วย	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
5. เตรียมและตัดท่อแคปทิว ได้ตามระยะที่กำหนด โดยรูภายในท่อไม่บี้แบนหรืออุดตัน	6. เลือกใช้เครื่องมือตัดท่อแคปปิลารี่ ได้ถูกต้องตามลักษณะงาน				
	7. ปฏิบัติงานตัดและเปิดรูท่อแคปปิลารี่ โดยไม่ให้รูท่อตีบตันหรือบี้แบน				
	8. ตรวจสอบและสอดท่อเข้าสู่จุดเชื่อมได้ตามระยะพิกัดที่กำหนด				
6. ปรับตั้งและควบคุมเปลวไฟ ชุดเชื่อมแก๊สได้ถูกต้องตามลักษณะของงาน	9. ติดตั้งและเตรียมชุดเชื่อมได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย				
	10. ปรับเปลวไฟชุดเชื่อมเป็นแบบเปลวไฟกลางได้				
7. เชื่อมประสานท่อทองแดง ด้วยลวดเชื่อมเงินให้ไหลซึมสม่ำเสมอเต็มรอยต่อแข็งแรง และไม่รั่วซึม	11. ปฏิบัติงานเชื่อมประสานท่อทองแดงโดยลวดเชื่อมไหลซึมเต็มรอยต่อ 360 องศา				
	12. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมและข้อจุดต่อด้วยสายตา				
8. ตรวจสอบรอยรั่วด้วยแรงดันไนโตรเจนและน้ำสบู่ พร้อมวิเคราะห์จุดบกพร่องของแนวเชื่อมได้ตามหลักความปลอดภัย	13. สามารถอัดก๊าซไนโตรเจนเพื่อทดสอบแรงดันและหาจุดรั่วไหลได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย				
	14. สามารถวิเคราะห์สาเหตุของรอยเชื่อมที่บกพร่องและเสนอแนวทางแก้ไขได้				

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย



แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วย(IOC)

ภายใต้โครงการวิจัย: การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสาน

ตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ

สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

ในรายวิชา เครื่องปรับอากาศ (20104-2015) หน่วยที่ 4 เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน

****

<u>คำชี้แจง</u> โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่องานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วย เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ระดับการประเมินดังนี้

+1 งานย่อยมีความสอดคล้องกับสมรรถนะประจำหน่วย

0 ไม่แน่ใจว่าจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับสมรรถนะประจำหน่วย

–1 งานย่อยไม่ความสอดคล้องกับสมรรถนะประจำหน่วย

ตารางที่ ข- 2 การประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วย

งานย่อย (Sub-tasks)	สมรรถนะประจำหน่วย (Competency Outcome)	ผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
1. งานตัดและลบคมท่อทองแดง	1. วัดและตัดท่อทองแดง ให้ได้ขนาดตามแบบ โดยปลายท่อไม่บี้แบนและรอยตัดตั้งฉากกับแนวแกนท่อ				
	2. กำจัดเศษโลหะและลบคมท่อ ได้สะอาดหมดจดโดยไม่มีเศษตกค้างภายในท่อ				
2. งานบานแฟลร์และงานขยายท่อ	3. บานปลายท่อแบบชั้นเดียว ได้มุมที่ถูกต้อง ผิวเรียบเนียน ไม่แตกร้าว และได้ขนาดหน้าสัมผัสที่พอดีกับแฟลร์นัท				
	4. ขยายปลายท่อทองแดง ให้ได้ผิวเรียบและมีขนาดความลึกพอดีกับท่อที่จะสวมต่อตามมาตรฐาน				

สมรรถนะประจำหน่วย	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
3. งานท่อแคปปิลารี่	5. เตรียมและตัดท่อแคปทิว ได้ตามระยะที่กำหนด โดยรูภายในท่อไม่บี้แบนหรืออุดตัน				
4. งานเชื่อมประสานท่อด้วยแก๊ส	6. ปรับตั้งและควบคุมเปลวไฟ ชุดเชื่อมแก๊สได้ถูกต้องตามลักษณะของงาน				
	7. เชื่อมประสานท่อทองแดง ด้วยลวดเชื่อมเงินให้ไหลซึมสม่ำเสมอเต็มรอยต่อ แข็งแรงและไม่รั่วซึม				
5. งานทดสอบรั่วระบบและจัดเก็บอุปกรณ์	8. ตรวจสอบรอยรั่วด้วยแรงดันไนโตรเจนและน้ำสบู่ พร้อมวิเคราะห์จุดบกพร่องของแนวเชื่อมได้ตามหลักความปลอดภัย				

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



แบบประเมินความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล

ภายใต้โครงการวิจัย: การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสาน

ตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ

สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

ในรายวิชา เครื่องปรับอากาศ (20104-2015) หน่วยที่ 4 เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน

****

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความเหมาะสมที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

เหมาะสมมากที่สุด ให้ 5 คะแนน
เหมาะสมมาก ให้ 4 คะแนน
เหมาะสมปานกลาง ให้ 3 คะแนน
เหมาะสมน้อย ให้ 2 คะแนน
เหมาะสมน้อยที่สุด ให้ 1 คะแนน

ตารางที่ ข- 3 การประเมินความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 ความถูกต้องของเนื้อหาและขั้นตอนตามหลักวิชาการและมาตรฐานฝีมือแรงงาน					
1.2 ความครอบคลุมของเนื้อหาในการฝึกทักษะงานท่อและการเชื่อมประสาน					
1.3 การเรียงลำดับเนื้อหาและขั้นตอนการปฏิบัติงานจากง่ายไปยากมีความเหมาะสม					
2. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ					
2.1 ความชัดเจนของคำสั่งและคำชี้แจงในใบงาน ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจง่าย					
2.2 ความเหมาะสมและชัดเจนของภาพประกอบ (เช่น ภาพเครื่องมือ, ภาพขั้นตอน)					
2.3 ความเหมาะสมของการกำหนดเวลาในการปฏิบัติงานแต่ละโมดูล					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
2.4 การสอดแทรกข้อควรระวังและเน้นย้ำความปลอดภัยในการปฏิบัติงานมีความชัดเจน					
3. ด้านการส่งเสริมสมรรถนะวิชาชีพแบบโมดูล					
3.1 ใบงานช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในทฤษฎีและขั้นตอนการทำงาน					
3.2 ใบงานเอื้อให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสานได้จริง					
3.3 ใบงานช่วยปลูกฝังกิจนิสัยที่ดีและความตระหนักเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน					
4. ด้านการวัดและประเมินผล					
4.1 เกณฑ์การให้คะแนนมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดผล					
4.2 ความชัดเจนของเกณฑ์การหักคะแนนในแต่ละจุด ช่วยให้ประเมินได้ตรงกัน					
4.3 ความเหมาะสมของการออกแบบให้ผู้เรียน "ประเมินตนเอง" ก่อนส่งให้ครูประเมิน					

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
ภายใต้โครงการวิจัย: การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสาน
ตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1
ในรายวิชา เครื่องปรับอากาศ (20104-2015) หน่วยที่ 4 เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน

ตารางที่ ข- 4 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างสมรรถนะประจำหน่วยกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ

สมรรถนะประจำหน่วย	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	สรุปผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ข้อที่ 1	ข้อที่ 1	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
ข้อที่ 2	ข้อที่ 2	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
ข้อที่ 3	ข้อที่ 3	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
	ข้อที่ 4	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
ข้อที่ 5	ข้อที่	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
	ข้อที่ 7	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
	ข้อที่ 8	1	1	0	1	1	4	0.8	ใช้งานได้
ข้อที่ 6	ข้อที่ 9	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
	ข้อที่ 10	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
ข้อที่ 7	ข้อที่ 11	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
	ข้อที่ 12	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
ข้อที่ 8	ข้อที่ 13	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
	ข้อที่ 14	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้

ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วย(IOC)
ภายใต้โครงการวิจัย: การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสาน
ตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1
ในรายวิชา เครื่องปรับอากาศ (20104-2015) หน่วยที่ 4 เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน

ตารางที่ ข- 5 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างงานย่อยกับสมรรถนะประจำหน่วยโดยผู้เชี่ยวชาญ

งานย่อย	สมรรถนะประจำหน่วย	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	สรุปผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ข้อที่ 1	ข้อที่ 1	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
	ข้อที่ 2	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
	ข้อที่ 4	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
ข้อที่ 3	ข้อที่ 5	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
ข้อที่ 4	ข้อที่ 6	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
	ข้อที่ 7	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้
ข้อที่ 5	ข้อที่ 8	1	1	1	1	1	5	1	ใช้งานได้

ผลการประเมินความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูล
ภายใต้โครงการวิจัย: การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสาน
ตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1
ในรายวิชา เครื่องปรับอากาศ (20104-2015) หน่วยที่ 4 เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน

ตารางที่ ข- 6 ผลการประเมินความเหมาะสมของใบงานปฏิบัติงานแบบโมดูลโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{x}$	S.D.	สรุปผลความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. ด้านเนื้อหา								
ข้อที่ 1.1	5	5	4	4	5	4.60	0.58	มากที่สุด
ข้อที่ 1.2	5	4	5	4	4	4.40	0.58	มาก
ข้อที่ 1.3	5	4	4	5	5	4.60	0.58	มากที่สุด
						4.53	0.58	มากที่สุด
2. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ								
ข้อที่ 2.1	4	4	5	5	5	4.60	0.58	มากที่สุด
ข้อที่ 2.2	4	4	4	5	5	4.40	0.00	มาก
ข้อที่ 2.3	5	4	5	5	4	4.60	0.58	มากที่สุด
ข้อที่ 2.4	4	4	5	5	5	4.60	0.58	มากที่สุด
						4.55	0.58	มากที่สุด
3. ด้านการส่งเสริมสมรรถนะวิชาชีพแบบโมดูล								
ข้อที่ 3.1	5	4	5	5	5	4.80	0.58	มากที่สุด
ข้อที่ 3.2	5	4	5	5	4	4.60	0.58	มากที่สุด
ข้อที่ 3.3	5	4	5	5	4	4.60	0.58	มากที่สุด
						4.67	0.58	มากที่สุด
4. ด้านการวัดและประเมินผล								
ข้อที่ 4.1	5	4	5	5	5	4.80	0.58	มากที่สุด
ข้อที่ 4.2	4	4	5	5	5	4.60	0.58	มากที่สุด
ข้อที่ 4.3	5	5	5	5	4	4.80	0.00	มากที่สุด
						4.73	0.38	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม						**4.62**	**0.22**	มากที่สุด

ใบเก็บคะแนนใบงานปฏิบัติงานแต่ละแบบโมดูล และแบบทดสอบสมรรถนะภาคปฏิบัติ

ในรายวิชา เครื่องปรับอากาศ (20104-2015) หน่วยที่ 4 เรื่อง งานท่อและการเชื่อมประสาน

รหัสกลุ่มเรียน : 672010404 ภาคเรียนที่ : 2/2568 วัน/เวลาเรียน : ศ. (08:30 - 16:30)

ชื่อวิชา : เครื่องปรับอากาศ รหัสวิชา : 20104-2015

ลำดับ	รหัสประจำตัว	ชื่อ-นามสกุล	โมดูลที่ 1	โมดูลที่ 2	โมดูลที่ 3	โมดูลที่ 4	แบบทดสอบ
1	67201040066	นายวรากร มานะกิจ	30	30	30	32	30
2	67201040067	นายวิรุณ ปิ่นทองคำ	30	28	29	33	30
3	67201040069	นายศิวัฒ แสงอรุณ	30	28	30	32	28
4	67201040070	นายศุภวิชญ์ ณ ถลาง	29	30	30	35	30
5	67201040073	นายสรวิชญ์ ช่างคิด	30	30	30	35	30
6	67201040074	นายสิงหา แจ่มอินทร์	30	30	30	35	30
7	67201040075	นายสิทธิโชค รัฐกาย	25	24	23	25	16
8	67201040076	นายสิทธิพล ห้วยหล่าย	30	28	29	35	30
9	67201040078	นายอติกันต์ มีแต้ม	29	28	28	35	28
10	67201040079	นายอติกันต์ อินษาทร	30	30	28	35	30
11	67201040081	นายอภิสิทธิ์ เดียรประโคน	24	25	27	28	20
12	67201040082	นายอัธพล ไร่ใหญ่	28	30	28	32	30
13	67201040083	นายอานัส ยมโดย	30	28	29	35	30
14	67201040084	นายอิสระ เชื้อหล้า	30	30	28	35	30
15	67201040085	นายเอกกวี เพ็ญเนตร	27	24	25	32	18
ค่าเฉลี่ย			28.80	28.20	28.27	32.93	27.33
S.D.			1.97	2.21	2.02	2.99	4.94

ตารางที่ ข- 7 ผลคะแนนการประเมินทักษะปฏิบัติงานท่อและการเชื่อมประสานของผู้เรียนแต่ละโมดูล

รายการประเมิน (ใบงานปฏิบัติงาน)	คะแนนเต็ม	$\overline{x}$	S.D.
โมดูลที่ 1 งานตัดและลบคมท่อทองแดง	30	28.8.	1.97
โมดูลที่ 2 งานบานแฟลร์และขยายท่อ	30	28.20	2.21
โมดูลที่ 3 งานท่อแคปปิลารี่	30	28.27	2.02
โมดูลที่ 4 งานเชื่อมประสานท่อ	35	32.93	2.99
โมดูลที่ 5 งานตรวจสอบและวิเคราะห์จุดบกพร่อง	30	27.33	4.94

ภาคผนวก ค

เอกสารขอเชิญเป็นผู้ประเมินเครื่องมือในงานวิจัย

เอกสารขอเชิญเป็นผู้ประเมินเครื่องมือในงานวิจัย

ชื่องานวิจัย

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1

ตารางที่ ค 1 รายชื่อผู้ประเมินเครื่องมือในงานวิจัย

ที่	ชื่อ-นามสกุล	สังกัด/หน่วยงาน
1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยณรงค์ เย็นศิริ	อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2.	นางจริยา เอียบสกุล	รองผู้อำนวยการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2
3.	นายดำรงค์ ไชยตัน	ครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต
4.	นายไทยรัก อัศจันทร์	ครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต
5.	นายสุรกิจ หลีสกุล	ผู้ประเมินความรู้ ความสามารถ สาขาอาชีพไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า โทร. 3302

ที่ คฟ 53/2569 **วันที่** 3 กุมภาพันธ์ 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยณรงค์ เย็นศิริ

ด้วยนางสาวพัชราภรณ์ ปานแก้ว รหัสประจำตัว 67-020258-5606-0 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา ศรีจันทร์พิยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยในการประกอบการจัดทำการค้นคว้าอิสระในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.2/62

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

3 กุมภาพันธ์ 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน นางจริยา เอียบสกุล
รองผู้อำนวยการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2

ด้วยนางสาวพัชราภรณ์ ปานแก้ว รหัสประจำตัว 67-020258-5606-0 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา ศรีจันทร์พิยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยในการประกอบการจัดทำการค้นคว้าอิสระในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

ภานี น้อยยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255



ที่ อว 7104.2/63

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

3 กุมภาพันธ์ 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน นายดำรงค์ ไชยตัน
ครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต

ด้วยนางสาวพัชราภรณ์ ปานแก้ว รหัสประจำตัว 67-020258-5606-0 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา ศรีจันทร์พิยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยในการประกอบการจัดทำการค้นคว้าอิสระในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255



ที่ อว 7104.2/64

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

3 กุมภาพันธ์ 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน นายไทยรัก อัศจันทร์
ครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต

ด้วยนางสาวพัชราภรณ์ ปานแก้ว รหัสประจำตัว 67-020258-5606-0 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา ศรีจันทร์พิยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยในการประกอบการจัดทำการค้นคว้าอิสระในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255



ที่ อว 7104.2/65

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

3 กุมภาพันธ์ 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน นายสุรกิจ หลีสกุล
ผู้ประเมินความรู้ ความสามารถ สาขาอาชีพไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ ขนาดเล็ก ระดับ 1
สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน 21 ภูเก็ต

ด้วยนางสาวพัชราภรณ์ ปานแก้ว รหัสประจำตัว 67-020258-5606-0 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา ศรีจันทร์พิยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยในการประกอบการจัดทำการค้นคว้าอิสระในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวพัชราภรณ์ ปานแก้ว
ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฐานสมรรถนะงานท่อและการเชื่อมประสานตามเกณฑ์มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเครื่องปรับอากาศในบ้านและการพาณิชย์ขนาดเล็ก ระดับ 1
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ประวัติ	พ.ศ. 2562 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ