

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 สร้างชุดฝึกทักษะการเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊สเบื้องต้น เพื่อใช้ในรายวิชาการเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005)

3.2 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนวิชาการเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) โดยใช้ชุดฝึก ฯ

3.3 ประเมินรับรองคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ของชุดฝึก ฯ เพื่อใช้ในรายวิชาการเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005)

รายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 สร้างชุดฝึกทักษะการเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊สเบื้องต้น เพื่อใช้ในรายวิชาการเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005)

3.1.1 วัตถุประสงค์

สร้างชุดฝึกทักษะการเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊สเบื้องต้น เพื่อใช้ในรายวิชาการเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) ทั้งนี้เพื่อ

3.1.1.1 ประเมินความเหมาะสมของชุดฝึก ฯ

3.1.1.2 ทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึก ฯ

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

3.1.2.1 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

กลุ่มตัวอย่างเพื่อประเมินความเหมาะสมของชุดฝึก ฯ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิจากสถานศึกษาในระดับอุดมศึกษา สถาบันการอาชีวศึกษา และสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน จำนวน 5 คน คัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีเฉพาะเจาะจง (รายละเอียดของผู้เชี่ยวชาญ แสดงในภาคผนวก ข - 1 หน้า 181 - 185)

3.1.2.2 กลุ่มนักเรียน

กลุ่มตัวอย่างเพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึก ฯ ได้แก่

1) การทดสอบประสิทธิภาพแบบรายบุคคล (1 : 1) ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชา ช่างกลโรงงาน ชั้นปีที่ 2 กลุ่ม 9 คัดเลือกนักเรียน

กลุ่มเก่ง 1 คน ปานกลาง 1 คน และอ่อน 1 คน รวมทั้งสิ้นจำนวน 3 คน (รายละเอียดของกลุ่มตัวอย่าง แสดงในภาคผนวก ข - 2.1 หน้า 186)

2) การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็ก (1 : 10) ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชา ช่างกลโรงงาน ชั้นปีที่ 2 กลุ่ม 2 คัดเลือกนักเรียนกลุ่มเก่ง 3 คน ปานกลาง 4 คน และอ่อน 3 คน รวมทั้งสิ้นจำนวน 10 คน (รายละเอียดของกลุ่มตัวอย่าง แสดงในภาคผนวก ข - 2.2 หน้า 187)

3) การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มใหญ่ (1 : 100) ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชา ช่างกลโรงงาน ชั้นปีที่ 2 กลุ่ม 7 - 8 จัดกลุ่มนักเรียนโดยใช้เทคนิค 27% คำนวณค่าได้ 6 คน จากนั้น ผู้วิจัยได้นำคะแนนของนักเรียนทุกคนมาเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คัดเลือกกลุ่มเก่งจากคะแนนนักเรียนคนที่ 1 นับลงไปอีก 6 ลำดับ กลุ่มอ่อนจากนักเรียนคนสุดท้ายนับขึ้นมา 6 ลำดับ นักเรียนที่เหลือตรงกลางจัดเป็นกลุ่มปานกลาง รวมทั้งสิ้นจำนวน 24 คน (รายละเอียดของกลุ่มตัวอย่าง แสดงในภาคผนวก ข - 2.3 หน้า 188 - 189)

3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการสร้าง

3.1.3.1 ชุดฝึกทักษะการเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊สเบื้องต้น

ผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการสร้างชุดฝึก ฯ เพื่อใช้ในรายวิชาการเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) ตามลำดับ ดังนี้

1) ศึกษาปัญหาการปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า งานเชื่อมแก๊ส ในรายวิชาการเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005)

2) ศึกษาหลักสูตรรายวิชาการเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005)

3) ออกแบบ เขียนแบบ กำหนดวัสดุและอุปกรณ์

4) สร้างชุดฝึก ฯ

5) การประเมินความเหมาะสมของชุดฝึก ฯ

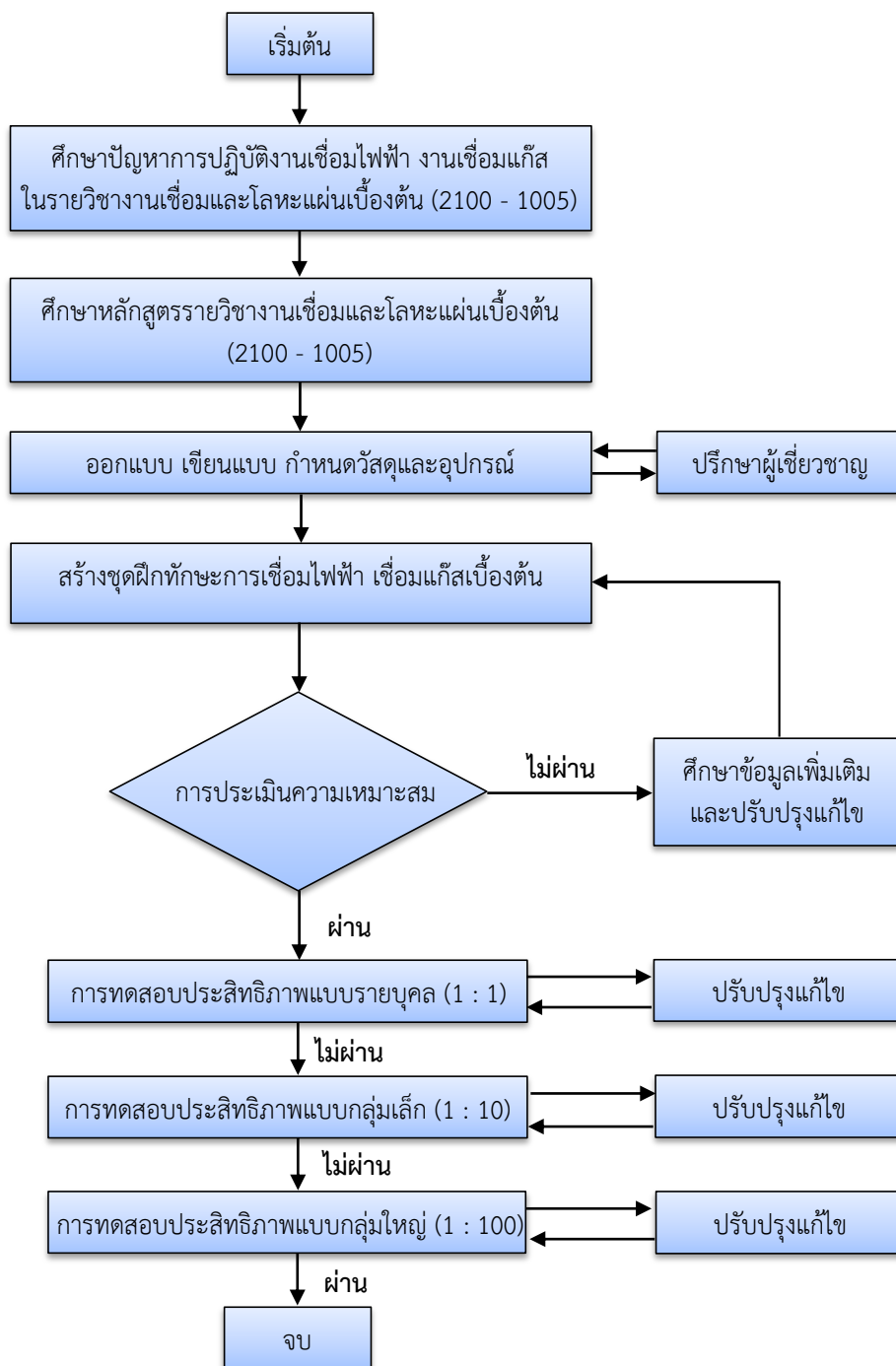
6) การทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึก ฯ ดังนี้

(1) การทดสอบประสิทธิภาพแบบรายบุคคล (1 : 1)

(2) การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็ก (1 : 10)

(3) การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มใหญ่ (1 : 100)

โดยมีแผนผังการดำเนินงาน ดังนี้



ภาพที่ 3.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการสร้างชุดฝึก ฯ

รายละเอียดการดำเนินการสร้างชุดฝึก ฯ ดังนี้

1) ศึกษาปัญหาการปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า งานเชื่อมแก๊ส ในรายวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาสภาพและปัญหาการปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า และงานเชื่อมแก๊ส ของนักเรียนตามองค์ประกอบของการเชื่อม ในรายวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) ดังรายงานการวิจัยในชั้นเรียน เรื่อง การสังเกตพฤติกรรมการทำงานเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW) และงานเชื่อมแก๊สออกซิอะเซทิลีน (OAW) ของนักเรียนตามองค์ประกอบของการเชื่อม ในรายวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) ผลการวิจัยในชั้นเรียน พบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมการทำงานเชื่อมไฟฟ้า (SMAW) และงานเชื่อมแก๊สออกซิอะเซทิลีน (OAW) ถูกต้องตามองค์ประกอบของการเชื่อมโดยรวมทุกด้าน ร้อยละ 52.66 และ 55.98 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ ร้อยละ 80 ขึ้นไป (รายละเอียดแสดงในเอกสารประกอบ) และจากรายงานการวิจัยในชั้นเรียนดังกล่าว ได้มีข้อเสนอแนะจากนักเรียนส่วนใหญ่ เห็นสมควรให้ผู้วิจัยสร้างชุดฝึกทักษะการเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊สขึ้นมา เพื่อใช้ในการฝึกทักษะการเชื่อมในการเรียนการสอนวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตัดสินใจดำเนินการสร้างชุดฝึกทักษะการเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊สเบื้องต้นขึ้น จากข้อมูลที่ได้จากการวิจัยในชั้นเรียน ที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา

2) ศึกษาหลักสูตรรายวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005)

ผู้วิจัยได้ศึกษาจากหลักสูตรรายวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างชุดฝึก ฯ ซึ่งชุดฝึกที่จะสร้างขึ้นจะต้องสามารถปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า งานเชื่อมแก๊สได้ หลักการทำงานของชุดฝึก ฯ จะต้องสามารถเชื่อมชิ้นงานในตำแหน่งท่าเชื่อมต่าง ๆ ได้ และมีความสอดคล้องกับหลักสูตรรายวิชาที่กำหนดไว้

3) ออกแบบ เขียนแบบ กำหนดวัสดุและอุปกรณ์

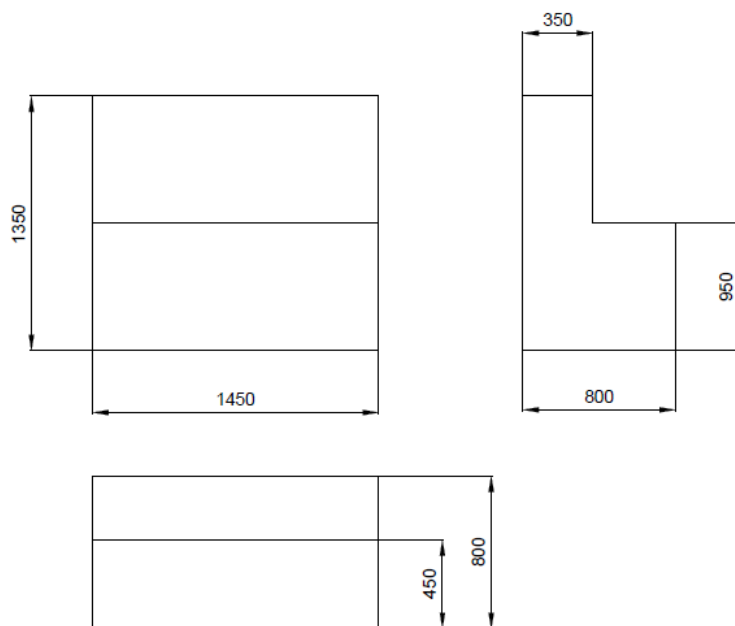
ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบ เขียนแบบ กำหนดวัสดุ และอุปกรณ์สำหรับการสร้างชุดฝึก ฯ กำหนดการใช้วัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ จากนั้น นำเสนอปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ เพื่อขอคำแนะนำ ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ สำหรับวัสดุและอุปกรณ์ผู้วิจัยได้ใช้วัสดุที่หาง่าย ราคาถูก มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป และเหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน

4) สร้างชุดฝึก ฯ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างชุดฝึก ฯ ดังนี้

(1) เขียนแบบโครงสร้างของชุดฝึก ฯ

แบบของชุดฝึกทักษะการเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊สเบื้องต้น เพื่อใช้ในรายวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แสดงแบบโครงสร้างของชุดฝึก ฯ

(2) ตัดเหล็กตามแบบ เชื่อมประกอบขึ้นโครง

ผู้วิจัยดำเนินการตัดเหล็กขึ้นส่วนของโครงสร้างชุดฝึก ฯ ตามแบบโครงสร้างของชุดฝึก ฯ ใช้เหล็กกล่องขนาด $1\frac{1}{4} \times 1\frac{1}{4}$ นิ้ว หนา 2.3 มม. จากนั้นทำการเชื่อมประกอบขึ้นโครงจนสำเร็จเป็นรูปร่างของชุดฝึก ฯ ตามขนาด $800 \times 1,450 \times 1,350$ มม. โดยได้ให้นักเรียนช่วยจัดทำ ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 แสดงภาพการตัดเหล็กตามแบบ และการเชื่อมประกอบขึ้นโครงชุดฝึก ฯ

(3) เจียรระไนตกแต่งรอยเชื่อม

เมื่อเชื่อมประกอบขึ้นโครงชุดฝึก ฯ เสร็จเรียบร้อย ลำดับต่อไป คือ การเจียรระไนตกแต่งรอยเชื่อม เพื่อความเรียบร้อยของโครงชุดฝึก ฯ โดยได้ให้นักเรียนช่วยจัดทำ ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 แสดงภาพการเจียระไนตกแต่งรอยเชื่อมโครงชุดฝึก ฯ

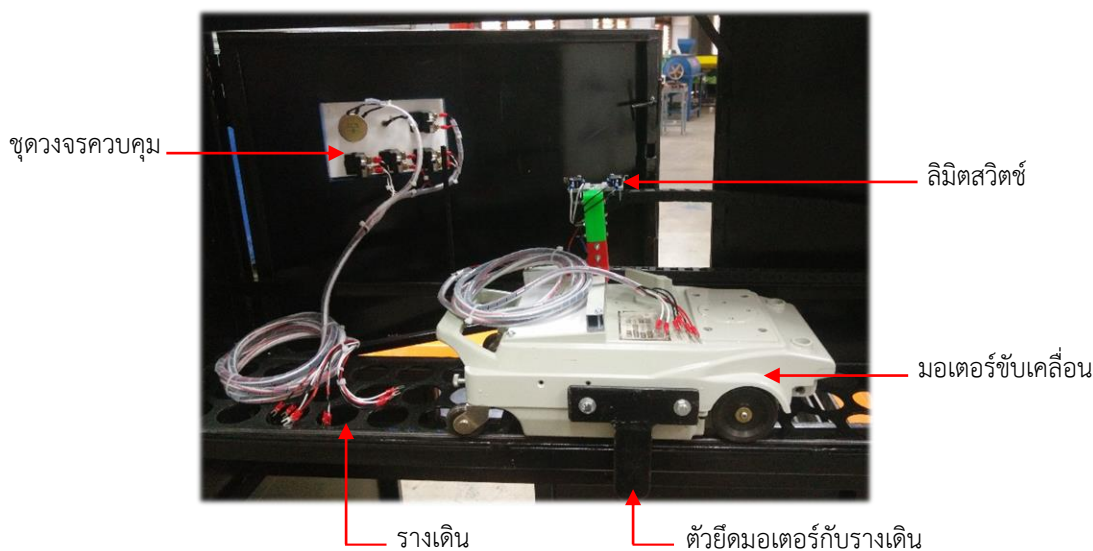
(4) เตรียมผิวงานและการทำสี

เมื่อผู้วิจัยได้ประกอบโครงชุดฝึก ฯ และเจียระไนตกแต่งรอยเชื่อมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไป คือ กระบวนการของการทำความสะอาดผิวของงาน กำจัดสนิมเหล็ก เม็ดโลหะกระเด็น ชัดสีโป้ว และสิ่งสกปรกอื่น ๆ ออกให้หมด และพร้อมที่จะทำสีในขั้นตอนต่อไป โดยได้ให้นักเรียนช่วยจัดทำ ดังภาพที่ 3.5

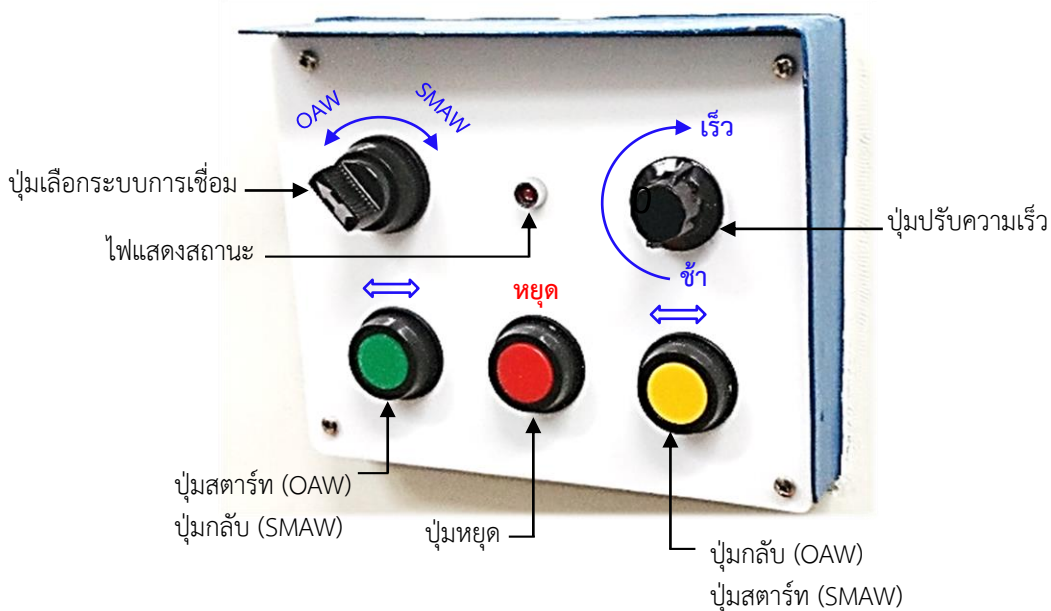


ภาพที่ 3.5 แสดงภาพการเตรียมผิวงานและการทำสี

(5) การประกอบชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนและวงจรควบคุมการทำงาน
 ชุดขับเคลื่อนผู้วิจัยได้ใช้เครื่องตัดแก้สตามรางมาดัดแปลง เพื่อทำ
 หน้าที่พาตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์และตัวประกอบหัวเชื่อมแก๊สเคลื่อนที่ สามารถกำหนด
 ความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ตามต้องการ โดยต่อวงจรควบคุมการทำงานของชุดขับเคลื่อนออกมาไว้
 ภายนอก ประกอบเข้ากับตัวโครงของชุดฝึก ฯ ยึดชุดขับเคลื่อนเข้ากับรางเดินด้วยอุปกรณ์ เพื่อป้องกัน
 การตกราง และการกระดกของชุดมอเตอร์ขับเคลื่อน ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 แสดงภาพการประกอบมอเตอร์เข้ากับตัวโครงของชุดฝึก ฯ



ภาพที่ 3.7 แสดงภาพอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของชุดฝึก ฯ บนแผงควบคุม

การเชื่อมไฟฟ้า (SMAW) ผู้วิจัยได้ออกแบบให้ชุดฝึก ฯ เดินเชื่อม จากซ้ายไปขวา ซึ่งวงจรถูกการทำงานมีดังนี้

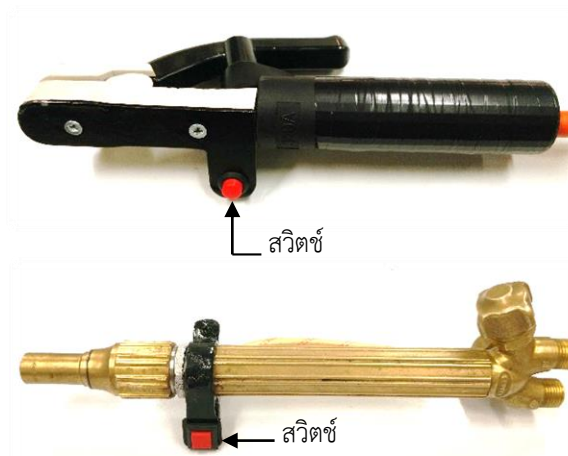
- ก. ปรับปุ่มเลือกระบบการเชื่อมเป็น SMAW
- ข. ปรับระดับความเร็วการเดินทางของชุดมอเตอร์ขับเคลื่อน
- ค. สวิตช์เริ่มต้น (Start) จะเป็นสวิตช์แบบกดสีเหลือง หรือใช้สวิตช์แบบกดที่ต่อไปควบคุมที่ตัวจับหัวลวดเชื่อมก็ได้
- ง. สวิตช์หยุดการทำงาน (Stop) ของชุดมอเตอร์ขับเคลื่อน เป็นสวิตช์แบบกดสีแดง (หากต้องการหยุด) หรือปล่อยให้ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนเดินไปชนลิ้มิตสวิตช์
- จ. สวิตช์แบบกดสีเขียวเป็นสวิตช์สั่งการ เพื่อให้ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนกลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้เดินกลับมาด้วยความเร็วสูงสุดของการทำงานของมอเตอร์

การเชื่อมแก๊ส (OAW) ผู้วิจัยได้ออกแบบให้ชุดฝึก ฯ เดินเชื่อม จากขวาไปซ้าย ซึ่งวงจรถูกการทำงานมีดังนี้

- ก. ปรับปุ่มเลือกระบบการเชื่อมเป็น OAW
- ข. ปรับระดับความเร็วการเดินทางของชุดมอเตอร์ขับเคลื่อน
- ค. สวิตช์เริ่มต้น (Start) จะเป็นสวิตช์แบบกดสีเขียว หรือใช้สวิตช์แบบกดที่ต่อไปควบคุมที่หัวเชื่อมก็ได้
- ง. สวิตช์หยุดการทำงาน (Stop) ของชุดมอเตอร์ขับเคลื่อน เป็นสวิตช์แบบกดสีแดง (หากต้องการหยุด) หรือปล่อยให้ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนเดินไปชนลิ้มิตสวิตช์
- จ. สวิตช์แบบกดสีเหลืองเป็นสวิตช์สั่งการ เพื่อให้ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนกลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้เดินกลับมาด้วยความเร็วสูงสุดของการทำงานของมอเตอร์



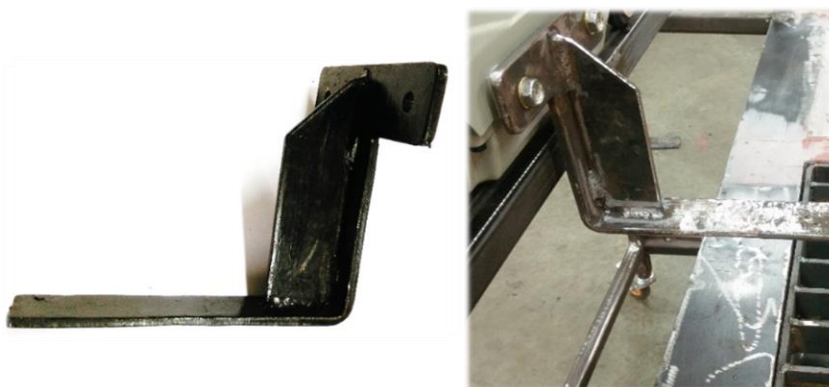
ภาพที่ 3.8 แสดงภาพการต่อวงจรชุดฝึก ฯ



ภาพที่ 3.9 แสดงภาพสวิตช์ควบคุมการเปิด - ปิด มอเตอร์ที่ตัวจับลวดเชื่อม และหัวเชื่อมแก๊ส

(6) จัดทำชุดแขนยื่นจากมอเตอร์ เพื่อยึดตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ และหัวเชื่อมแก๊ส

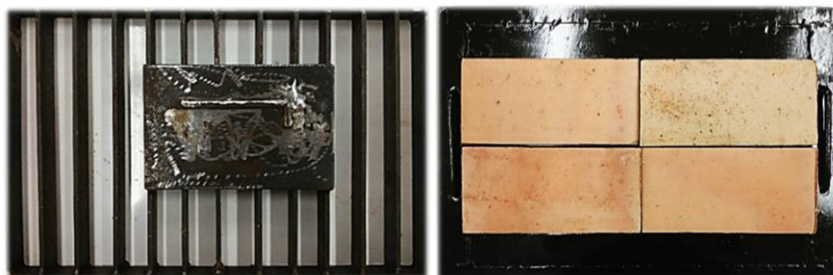
แขนยื่นจากมอเตอร์จะใช้ทำหน้าที่ยึดเข้ากับมอเตอร์ อีกด้านหนึ่งจะใช้ยึดเข้ากับตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์และตัวประกอบหัวเชื่อมแก๊ส เพื่อให้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ และหัวเชื่อมแก๊สได้เคลื่อนที่ไปตามทิศทางของการเชื่อม ผลิตภัณฑ์จากเหล็กกล้ามีความมั่นคง และแข็งแรง ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 แสดงภาพชุดแขนยื่นจากมอเตอร์ เพื่อยึดกับตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ หัวเชื่อมแก๊ส

(7) จัดทำที่วางชิ้นงานเชื่อม

ที่วางชิ้นงานเชื่อมไฟฟ้า ทำขึ้นจากเหล็กกล้าเชื่อมประกอบ ขึ้นเป็นตะแกรง ส่วนที่วางชิ้นงานเชื่อมแก๊ส ตัวโครงทำจากเหล็กกล้า เพื่อให้มีความแข็งแรงเพียงพอ ในการรองรับอิฐทนไฟ ลักษณะของที่วางชิ้นงานเชื่อมไฟฟ้าและที่วางชิ้นงานเชื่อมแก๊ส ดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 แสดงที่วางชิ้นงานเชื่อมไฟฟ้า (ซ้าย) ที่วางชิ้นงานเชื่อมแก๊ส (ขวา)

(8) การจัดทำตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ และตัวประกอบหัวเชื่อมแก๊ส

ตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ในแต่ละใบงาน ทำขึ้นจากเหล็กกล้า ขึ้นรูปให้มีความเหมาะสมตามลักษณะของการเชื่อมในแต่ละใบงาน สำหรับวัสดุที่ต้องใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์แทงผ่านทำจากเซรามิกชนิดทนความร้อนและมีสมบัติเป็นฉนวน สวมเข้ากับตัวโครงของตัวประกอบลวดเชื่อมด้วยสกรู ดังภาพที่ 3.12 (ซ้าย)

ตัวประกอบหัวเชื่อมแก๊สทำขึ้นจากเหล็กกล้า ออกแบบให้เหมาะสมกับลักษณะของการเชื่อมในแต่ละใบงาน ส่วนปลายทำเป็นท่อขนาดเหมาะสมกับขนาดของหัวทิฟเชื่อมสำหรับสวมหัวทิฟเชื่อมยึดด้วยสกรูให้แน่น ดังภาพที่ 3.12 (ขวา)



ภาพที่ 3.12 แสดงตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (ซ้าย) หัวเชื่อมแก๊ส (ขวา)

5) การประเมินความเหมาะสมของชุดฝึก ฯ

การประเมินความเหมาะสมของชุดฝึก ฯ มีขั้นตอน ดังนี้

(1) สร้างแบบประเมินความเหมาะสมของชุดฝึก ฯ

แบบประเมินความเหมาะสมของชุดฝึก ฯ มีขั้นตอนการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

ก. ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารอื่น ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการตั้งประเด็นคำถาม

ข. ร่างแบบประเมินความเหมาะสมของชุดฝึก ๆ กำหนดหัวข้อหลักที่จะถาม กำหนดรายละเอียดของแบบประเมินความเหมาะสม และสร้างแบบประเมินมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (รายละเอียดของแบบประเมินความเหมาะสมของชุดฝึก ๆ แสดงในภาคผนวก ข - 3 หน้า 190 - 205)

ค. นำร่างแบบประเมินความเหมาะสมของชุดฝึก ๆ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เพื่อขอคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไขในประเด็นคำถาม

ง. ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินความเหมาะสมของชุดฝึก ๆ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และนำแบบประเมินความเหมาะสมของชุดฝึก ๆ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญอีกครั้ง เพื่อประเมินความสอดคล้องโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IOC) เป็นการให้คะแนนการตอบประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ให้คะแนน +1 เห็นว่าสอดคล้อง

ให้คะแนน 0 ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง

ให้คะแนน -1 เห็นว่าไม่สอดคล้อง

การวิเคราะห์ข้อมูลความสอดคล้อง (Index of Consistency : IOC) คำนวณค่าตามสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 248 - 249)

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

เมื่อ $\sum R$ คือ ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

นำข้อมูลที่รวบรวมจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าความสอดคล้อง โดยมีค่า $IOC = 0.99$ (รายละเอียดของแบบประเมินความสอดคล้อง แสดงในภาคผนวก ข - 4 หน้า 206 - 221 และรายละเอียดของค่าความสอดคล้อง แสดงในภาคผนวก ข - 5 หน้า 222 - 227)

(2) สถิติวิเคราะห์ความเหมาะสมของชุดฝึก ๆ

สถิติสำหรับวิเคราะห์ความเหมาะสมของชุดฝึก ๆ ได้แก่

ก. ค่าเฉลี่ย (Mean) คำนวณค่าตามสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 73)

$$\text{สูตร } \bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ \bar{x} คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ คือ ผลรวมของคะแนน

N คือ จำนวนผู้ตอบแบบประเมินทั้งหมด

ข. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คำนวณค่าตามสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 79)

$$\text{สูตร S.D.} = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x^2$ คือ ผลรวมของคะแนนยกกำลังสอง

$(\sum x)^2$ คือ กำลังสองของคะแนนรวม

n คือ จำนวนผู้ตอบแบบประเมินทั้งหมด

การวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมของชุดฝึก ๆ เป็นการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายในแต่ละข้อคำถาม ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2540 : 229)

4.50 - 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

3.50 - 4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2.50 - 3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

1.50 - 2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

1.00 - 1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

(รายละเอียดการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึก ๆ

ของผู้เชี่ยวชาญ แสดงในภาคผนวก ข - 6 หน้า 228 - 307)

6) การทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึก ๆ

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึก ๆ โดยใช้กลุ่มนักเรียนที่ผ่านการเรียนในรายวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) มาแล้ว ในภาคเรียนที่ 2/2559 และใช้ผลคะแนนของวิชาดังกล่าวในการจัดกลุ่มนักเรียน โดยใช้เกณฑ์การพิจารณา ดังนี้ กลุ่มเก่ง มีระดับคะแนน 70 ขึ้นไป กลุ่มปานกลาง มีระดับคะแนน 60 - 69 และกลุ่มอ่อน มีระดับคะแนน 0 - 59

1) ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

(1) การทดสอบประสิทธิภาพแบบรายบุคคล (1 : 1)

กลุ่มตัวอย่างในการทดสอบประสิทธิภาพแบบรายบุคคล (1 : 1)

ได้แก่ นักเรียน สาขาวิชา ช่างกลโรงงาน ระดับชั้น ปวช. 2 กลุ่มที่ 9 ผู้วิจัยได้เรียกนักเรียนมาทดสอบ โดยได้บันทึกข้อความขออนุญาตวิทยาลัย ฯ เพื่อขอดำเนินการนอกเวลาเรียน ในวันที่ 4 - 6 กันยายน 2560 (รายละเอียดของบันทึกข้อความ แสดงในภาคผนวก ข - 7 หน้า 308) คัดเลือกนักเรียน กลุ่มเก่ง 1 คน ปานกลาง 1 คน และอ่อน 1 คน (รายละเอียดของกลุ่มตัวอย่าง แสดงในภาคผนวก ข - 2.1 หน้า 186) เกณฑ์ประสิทธิภาพ คือ 80/80

ก. วิธีดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพ

ในแต่ละใบงานมีวิธีการดำเนินงานเป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ให้กับกลุ่มตัวอย่างให้พร้อม
2. อธิบายการทำงานของชุดฝึก ฯ (ตามคู่มือการใช้งาน ดังแสดงในภาคผนวก ง - 1 หน้า 384 - 392) พร้อมทั้งสาธิตวิธีการเชื่อมแบบไม่อาร์ก การเชื่อมแบบอาร์ก การเชื่อมแบบไม่ติดเปลวแก๊สและการเชื่อมแบบติดเปลวแก๊ส
3. กลุ่มตัวอย่างฝึกปฏิบัติการเชื่อมแบบไม่อาร์ก ปฏิบัติการเชื่อมแก๊สแบบไม่ติดเปลวไฟแก๊ส เพื่อเป็นการฝึกความคุ้นเคยกับมุมงาน (Work Angle) มุมเดิน (Travel Angle) และความเร็วในการเคลื่อนมือ
4. กลุ่มตัวอย่างเริ่มฝึกปฏิบัติการเชื่อมแบบอาร์ก และการเชื่อมแก๊สแบบติดเปลวไฟแก๊ส ได้ผลงานรอยเชื่อมในแต่ละใบงาน เชื่อมเสร็จทำความสะอาด รอยเชื่อม ส่งตรวจบันทึกข้อมูลเก็บไว้วิเคราะห์ประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1)
5. กลุ่มตัวอย่างทดสอบเชื่อมนอกชุดฝึก ฯ ด้วยมือเปล่า ได้ผลงานรอยเชื่อมในแต่ละใบงาน เชื่อมเสร็จทำความสะอาด รอยเชื่อม ส่งตรวจบันทึกข้อมูลเก็บไว้วิเคราะห์ประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2)
6. วิเคราะห์ประสิทธิภาพ E_1/E_2

ข. การปรับปรุงชุดฝึก ฯ

การทดสอบประสิทธิภาพแบบรายบุคคล (1 : 1) ของชุดฝึก ฯ ทำให้ผู้วิจัยพบข้อบกพร่องต่าง ๆ และได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ในระหว่างวันที่ 7 - 10 กันยายน 2560 ให้เรียบร้อยก่อนที่จะทำการทดสอบประสิทธิภาพในขั้นตอนต่อไป เช่น

1. ชุดแขนยื่นจากมอเตอร์ที่ยึดเข้ากับตัวประคอง ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ตัวประคองหัวเชื่อมแก๊สไม่แข็งแรง เกิดการโยกไปมาในระหว่างของการเชื่อม

ทำให้รอยเชื่อมที่ได้ไม่เป็นเส้นตรง ผู้วิจัยได้แก้ไขโดยการสร้างขึ้นมาใหม่ให้มีความแข็งแรงขึ้นกว่าเดิม
ดังภาพที่ 3.13 - 15



ภาพที่ 3.13 แสดงภาพทิศทางการโยกของตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ตัวประกอบหัวเชื่อมแก๊ส
ที่ยึดเข้ากับชุดแขนยื่นจากมอเตอร์ที่ไม่แข็งแรง



ภาพที่ 3.14 แสดงภาพลักษณะของรอยเชื่อมที่ไม่เป็นแนวตรง ซึ่งเกิดจากสาเหตุของตัวประกอบ
ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ตัวประกอบหัวเชื่อมแก๊สที่ยึดเข้ากับชุดแขนยื่นจากมอเตอร์ที่ไม่แข็งแรง



ภาพที่ 3.15 แสดงชุดแขนยื่นจากมอเตอร์ที่ยึดเข้ากับตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
และตัวประกอบหัวเชื่อมแก๊ส ที่สร้างขึ้นใหม่

2. ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์เกิดการอาร์กกับตัวประกอบ ลวดเชื่อม ในขณะที่แทงลวดเชื่อมเข้าไปในรูของตัวประกอบลวดเชื่อมเพื่อทำการเชื่อม เนื่องจาก ตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ทำมาจากโลหะจึงสามารถนำไฟฟ้าได้ ดังภาพที่ 3.16 ผู้วิจัยได้แก้ไข โดยการเปลี่ยนมาใช้ตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ที่ทำจากเซรามิกซึ่งเป็นฉนวนไม่นำไฟฟ้า ดังภาพที่ 3.17



ตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ที่ทำจากโลหะ

ภาพที่ 3.16 แสดงภาพตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ที่ทำจากโลหะ

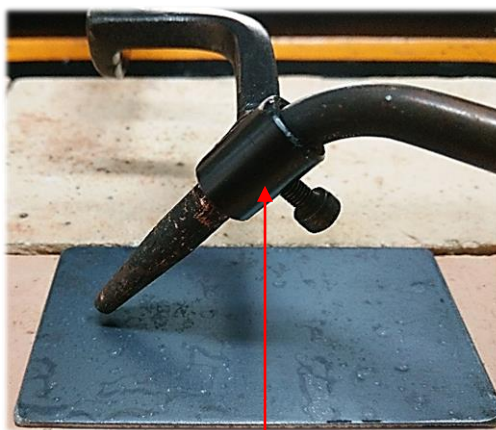


ตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ที่ทำจากเซรามิก

ภาพที่ 3.17 แสดงภาพตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ที่เปลี่ยนมาเป็นเซรามิก

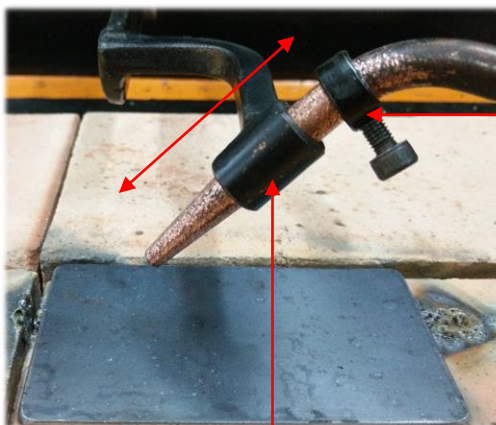
3. ตัวประกอบหัวเชื่อมแก๊สมีปัญหา กล่าวคือ ตัวประกอบ หัวเชื่อมแก๊สผู้วิจัยสร้างขึ้นจากเหล็กเพลลา ตรงกลางเจาะรูให้พอดีกับขนาดของหัวทิพเชื่อมสำหรับใช้ สวมหัวทิพเชื่อมแล้วยึดหัวทิพเชื่อมให้แน่นด้วยสกรู แต่ในระหว่างการเชื่อมจะเกิดปัญหาเวลา

ยกหัวเชื่อมแก๊สเข้า - ออกจากตัวประกอบ ซึ่งจะต้องคลายสกรูทุกครั้ง มักจะเกิดปัญหาจากความร้อนที่สะสมอยู่ และในกรณีที่ติดเปลวไฟเชื่อมได้แล้วเวลาเอาหัวเชื่อมสวมเข้ารูของตัวประกอบ เพื่อทำการเชื่อม การปรับระยะห่างของกรวยไฟกับชิ้นงานก็ทำได้ยาก เพราะมีความร้อนจากเปลวไฟเชื่อมอยู่ ดังภาพที่ 3.18 ผู้วิจัยได้แก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยทำตัวล็อคที่หัวทิวเชื่อมยึดให้แน่นด้วยสกรู โดยปรับตำแหน่งให้พอดีกับระยะห่างของกรวยไฟเชื่อมกับชิ้นงาน ดังภาพที่ 3.19



ตัวประกอบหัวเชื่อมแก๊สยึดด้วยสกรู

ภาพที่ 3.18 แสดงภาพตัวประกอบหัวเชื่อมแก๊สแบบเดิม



ตัวปรับระยะห่างของกรวยไฟกับชิ้นงานยึดด้วยสกรู

ตัวประกอบหัวเชื่อมแก๊ส

ภาพที่ 3.19 แสดงภาพตัวประกอบหัวเชื่อมแก๊สแบบที่ได้ปรับปรุงแล้ว

หลังจากผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขจุดฝึก ๆ จากปัญหาที่พบในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพแบบรายบุคคล (1 : 1) เสร็จเรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไปจึงนำชุดฝึก ๆ ไปทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึกแบบกลุ่มเล็ก (1 : 10) เป็นลำดับต่อไป

(2) การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็ก (1 : 10)

กลุ่มตัวอย่างในการทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็ก (1 : 10) ได้แก่ นักเรียน สาขาวิชา ช่างกลโรงงาน ระดับชั้น ปวช. 2 กลุ่มที่ 2 ผู้วิจัยได้เรียกนักเรียนมาทดสอบ โดยได้บันทึกข้อความขออนุญาตวิทยาลัย ฯ เพื่อขอดำเนินการนอกเวลาเรียน ในวันที่ 11 - 14 กันยายน 2560 (รายละเอียดของบันทึกข้อความ แสดงในภาคผนวก ข - 7 หน้า 308) คัดเลือกนักเรียนกลุ่มเก่ง 3 คน ปานกลาง 4 คน และอ่อน 3 คน (รายละเอียดของกลุ่มตัวอย่างแสดงในภาคผนวก ข - 2.2 หน้า 187) เกณฑ์ประสิทธิภาพ คือ 80/80

ก. วิธีดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพ

ในแต่ละใบงานมีวิธีการดำเนินงานเป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ให้กับกลุ่มตัวอย่างให้พร้อม
2. อธิบายการทำงานของชุดฝึก ฯ (ตามคู่มือการใช้งาน ดังแสดงในภาคผนวก ง - 1 หน้า 384 - 392) พร้อมทั้งสาธิตวิธีการเชื่อมแบบไม่อาร์ก การเชื่อมแบบอาร์ก การเชื่อมแบบไม่ติดเปลวแก๊ส และการเชื่อมแบบติดเปลวแก๊ส
3. กลุ่มตัวอย่างฝึกปฏิบัติการเชื่อมแบบไม่อาร์ก ปฏิบัติการเชื่อมแก๊สแบบไม่ติดเปลวไฟแก๊ส เพื่อเป็นการฝึกความคุ้นเคยกับมุมงาน (Work Angle) มุมเดิน (Travel Angle) และความเร็วในการเคลื่อนมือ
4. กลุ่มตัวอย่างเริ่มฝึกปฏิบัติการเชื่อมแบบอาร์ก และการเชื่อมแก๊สแบบติดเปลวไฟแก๊ส ได้ผลงานรอยเชื่อมในแต่ละใบงาน เชื่อมเสร็จทำความสะอาด รอยเชื่อม ส่งตรวจบันทึกข้อมูลเก็บไว้วิเคราะห์ประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1)
5. กลุ่มตัวอย่างทดสอบเชื่อมนอกชุดฝึกด้วยมือเปล่า ได้ผลงานรอยเชื่อมในแต่ละใบงาน เชื่อมเสร็จทำความสะอาดรอยเชื่อม ส่งตรวจบันทึกข้อมูลเก็บไว้วิเคราะห์ประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2)
6. วิเคราะห์ประสิทธิภาพ E_1/E_2

ข. การปรับปรุงชุดฝึก ฯ

การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็ก (1 : 10) ของชุดฝึก ฯ ทำให้ผู้วิจัยยังพบข้อบกพร่องต่าง ๆ และได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในระหว่างวันที่ 15 - 17 กันยายน 2560 ให้เรียบร้อยก่อนที่จะทำการทดสอบประสิทธิภาพในขั้นตอนต่อไป เช่น

1. ตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ยังมีข้อบกพร่องอยู่ คือ รูสำหรับแทงลวดเชื่อมมีขนาดเล็ก ทำให้การแทงลวดเชื่อมต้องใช้แรงกดมาก ไม่ราบรื่นสม่ำเสมอ ผู้วิจัยได้แก้ไขโดยการเพิ่มขนาดของตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ให้มีขนาดของรูโตขึ้นและเพิ่มองศาของมุมเดิน เพื่อลดแรงเสียดทานในระหว่างการป้อนลวดเชื่อม ดังภาพที่ 3.20



ภาพที่ 3.20 แสดงภาพตัวประกอบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ที่มีขนาดของรูแทงลวดเชื่อมที่โตขึ้น

2. การเกิดอาร์กติดในขณะที่เริ่มต้นเชื่อม (ในกรณีเชื่อมไฟฟ้า) ซึ่งในขณะที่ปลายลวดเชื่อมไฟฟ้าติดอยู่กับชิ้นงานอยู่นั้น เครื่องเชื่อมและชุดขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้ายังทำงานอยู่ ผู้วิจัยได้แก้ไขปัญหาโดยการติดตั้งปุ่มฉุกเฉินเพิ่มเติมขึ้นมา เพื่อหากเกิดปัญหาดังกล่าว ผู้ใช้งานจะสามารถใช้ปุ่มฉุกเฉินได้ทันทีเมื่อเกิดปัญหาดังกล่าวขึ้น เพื่อตัดวงจรการทำงานของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า และตัดกระแสไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับเครื่องเชื่อมได้ทันที ดังภาพที่ 3.21

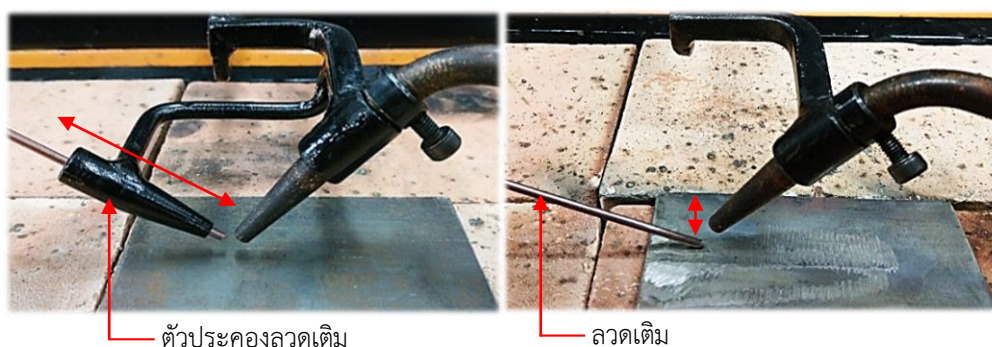


ภาพที่ 3.21 แสดงภาพปุ่มฉุกเฉิน เพื่อตัดวงจรการทำงาน of ชุดขับเคลื่อน และกระแสไฟฟ้าเข้าเครื่องเชื่อม

3. สำหรับการเชื่อมแก๊สจากการทดสอบยังพบปัญหา ดังนี้

1. การป้อนลวดเติมลงในแอ่งหลอมเหลวผ่าน

ตัวประกอบลวดเติมมักพบปัญหา คือ เมื่อแทงลวดเติมผ่านรูของตัวประกอบลวดเติมลงไปยังแอ่งหลอมเหลวมักเกิดปัญหาปลายของลวดเติมหลอมเป็นปมคล้ายหัวไม้ขีดไฟ ทั้งนี้ เนื่องจากกรวยไฟเชื่อมได้หลอมปลายลวดเติมก่อนที่จะถึงแอ่งหลอมเหลว ดังภาพที่ 3.22 (ซ้าย) ดังนั้น ผู้วิจัยได้แก้ไขโดยการเอาตัวประกอบลวดเติมออก และใช้วิธีการป้อนลวดเติมด้วยมือเปล่าเข้ามาแทน เพราะสามารถยกปลายของลวดเติมขึ้น - ลงแตะกับแอ่งหลอมเหลวได้ ซึ่งเป็นเทคนิคการป้อนเติมลวดโดยทั่ว ๆ ไปของงานเชื่อมแก๊ส ดังภาพที่ 3.22 (ขวา)



ภาพที่ 3.22 แสดงภาพตัวประกอบลวดเติม (ซ้าย) ภาพการป้อนลวดเติมด้วยมือ (ขวา)

2. เรื่องการปรับเปลวไฟเชื่อม ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่

ยังไม่สามารถปรับเปลวไฟเชื่อมให้เหมาะสมกับการเชื่อมได้ จึงทำให้ได้รอยเชื่อมไม่ดี มีข้อบกพร่องอยู่บ้าง เพราะนักเรียนยังขาดความชำนาญ ผู้วิจัยได้แก้ไขปัญหาโดยการกำหนดตำแหน่งการเปิดแก๊สไว้ที่วาล์วทั้งสองของหัวเชื่อมแก๊สไว้เป็นสัญลักษณ์ โดยกำหนดเป็นเปลวกลางในการเชื่อม

(3) การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มใหญ่ (1 : 100)

กลุ่มตัวอย่างในการทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มใหญ่ (1 : 100)

ได้แก่ นักเรียน สาขาวิชา ช่างกลโรงงาน ระดับชั้น ปวช. 2 กลุ่มที่ 7 - 8 ผู้วิจัยได้เรียกนักเรียนมาทดสอบโดยได้บันทึกข้อความขออนุญาตวิทยาลัย ๆ เพื่อขอดำเนินการนอกเวลาเรียน ในวันที่ 18 - 22 กันยายน 2560 (รายละเอียดของบันทึกข้อความ แสดงในภาคผนวก ข - 7 หน้า 308) จัดกลุ่มนักเรียนโดยใช้เทคนิค 27% คำนวณค่าได้ 6 คน จากนั้น ผู้วิจัยได้นำคะแนนของนักเรียนทุกคนมาเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คัดเลือกกลุ่มเก่งจากคะแนนนักเรียนคนที่ 1 นับลงไปอีก 6 ลำดับ กลุ่มอ่อนจากนักเรียนคนสุดท้ายนับขึ้นมา 6 ลำดับ นักเรียนที่เหลือตรงกลางจัดเป็นกลุ่มปานกลาง (รายละเอียดของกลุ่มตัวอย่าง แสดงในภาคผนวก ข - 2.3 หน้า 188 - 189) เกณฑ์ประสิทธิภาพ คือ 80/80

ก. วิธีดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพ

ในแต่ละใบงานมีวิธีการดำเนินงานเป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ให้กับกลุ่มตัวอย่างให้พร้อม
2. อธิบายการทำงานของชุดฝึก ฯ (ตามคู่มือการใช้งาน ดังแสดงในภาคผนวก ง - 1 หน้า 384 - 392) พร้อมทั้งสาธิตวิธีการเชื่อมแบบไม่อาร์ก การเชื่อมแบบอาร์ก การเชื่อมแบบไม่ติดเปลวไฟแก๊ส และการเชื่อมแบบติดเปลวไฟแก๊ส
3. กลุ่มตัวอย่างฝึกปฏิบัติการเชื่อมแบบไม่อาร์ก ปฏิบัติการเชื่อมแก๊สแบบไม่ติดเปลวไฟแก๊ส เพื่อเป็นการฝึกความคุ้นเคยกับมุมงาน (Work Angle) มุมเดิน (Travel Angle) และความเร็วในการเคลื่อนมือ
4. กลุ่มตัวอย่างเริ่มฝึกปฏิบัติการเชื่อมแบบอาร์ก และการเชื่อมแก๊สแบบติดเปลวไฟแก๊ส ได้ผลงานรอยเชื่อมในแต่ละใบงาน เชื่อมเสร็จทำความสะอาด รอยเชื่อม ส่งตรวจบันทึกข้อมูลเก็บไว้วิเคราะห์ประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1)
5. กลุ่มตัวอย่างทดสอบเชื่อมนอกชุดฝึกด้วยมือเปล่า ได้ผลงานรอยเชื่อมในแต่ละใบงาน เชื่อมเสร็จทำความสะอาด รอยเชื่อม ส่งตรวจบันทึกข้อมูลเก็บไว้วิเคราะห์ประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2)

6. วิเคราะห์ประสิทธิภาพ E_1/E_2

ข. การปรับปรุงชุดฝึก ฯ

การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มใหญ่ (1 : 100) ของชุดฝึก ฯ ไม่พบข้อบกพร่องใด ๆ และจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพก็ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 82.15/84.20 จากผลการทดสอบประสิทธิภาพทำให้ทราบว่าชุดฝึกดังกล่าวได้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80 ดังนั้น จึงสามารถนำชุดฝึก ฯ ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน (ฝึกเชื่อม) ในรายวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) ต่อไป



ภาพที่ 3.23 แสดงชุดฝึก ฯ ที่ผ่านการแก้ไขปรับปรุงจนสมบูรณ์

2) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึก ฯ

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึก ฯ คำนวณค่าตามสูตร ดังนี้
(ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556)

(1) ประสิทธิภาพกระบวนการ

$$\text{สูตร } E_1 = \frac{\sum X_1}{N \times A} \times 100$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X_1$ คือ คะแนนรวมจากการปฏิบัติงานฝึกเชื่อมด้วยชุดฝึก ฯ

A คือ คะแนนเต็มที่ได้จากการปฏิบัติงานฝึกเชื่อมด้วยชุดฝึก ฯ

N คือ จำนวนนักเรียน

(2) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$$\text{สูตร } E_2 = \frac{\sum X_2}{N \times B} \times 100$$

เมื่อ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

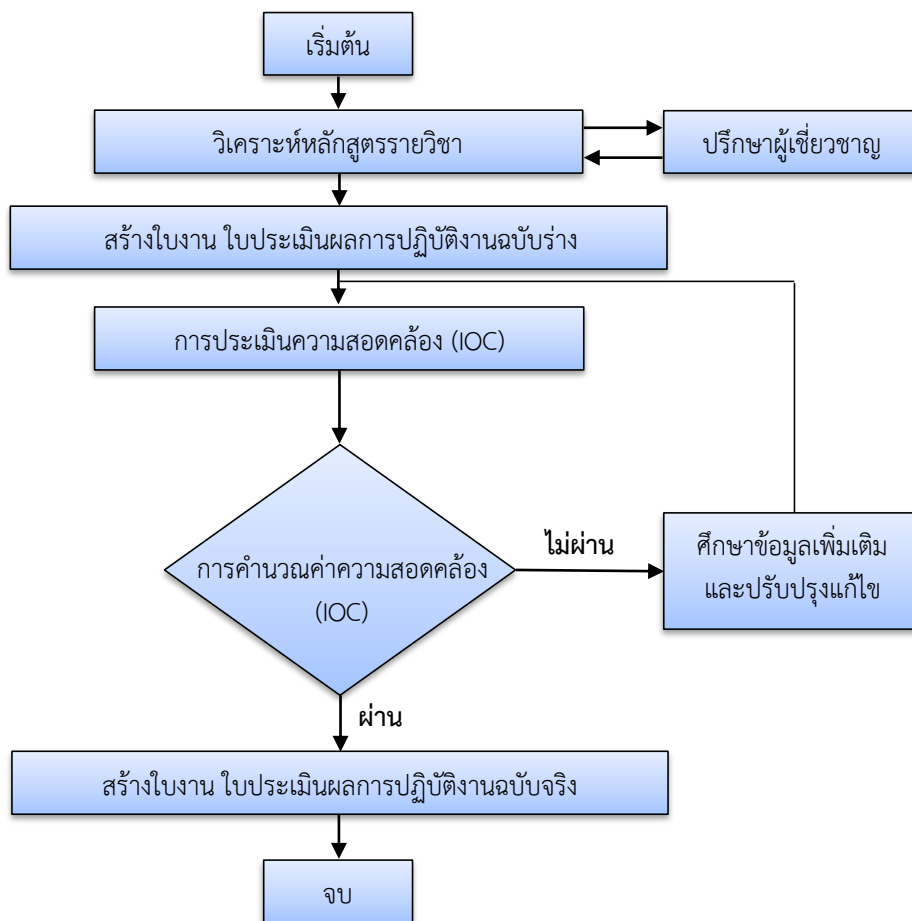
$\sum X_2$ คือ คะแนนรวมจากการปฏิบัติงานเชื่อมด้วยมือเปล่านอกชุดฝึก ฯ

B คือ คะแนนเต็มที่ได้จากการปฏิบัติเชื่อมด้วยมือเปล่านอกชุดฝึก ฯ

N คือ จำนวนนักเรียน

3.1.3.2 ไบงาน ไบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ไบงาน คือ เอกสารสั่งงานที่กำหนดรายละเอียดของงาน ลำดับขั้นการปฏิบัติงานตั้งแต่ขั้นแรกจนถึงขั้นสุดท้าย ส่วนไบประเมินผลการปฏิบัติงาน คือ เอกสารที่ใช้ประเมินผลการปฏิบัติงานของนักเรียน ผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการสร้างพร้อมทั้งตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้
โดยมีแผนผังการดำเนินงาน ดังนี้



ภาพที่ 3.24 แสดงแผนผังขั้นตอนการสร้างใบงาน ใบประเมินผลการปฏิบัติงาน

รายละเอียดของการสร้างใบงาน ใบประเมินผลการปฏิบัติงาน ดังนี้

1) วิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา ผู้วิจัยได้พิจารณาจากจุดประสงค์ รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา เพื่อออกแบบและกำหนดใบงาน ใบงานจะต้องมีความสอดคล้องกับหลักสูตรรายวิชาที่กำหนด

2) สร้างใบงาน ใบประเมินผลการปฏิบัติงานฉบับร่าง

(1) ใบงาน ประกอบด้วย ชื่องาน จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เวลาในการปฏิบัติงาน รูปภาพงาน วัสดุ เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานตั้งแต่ขั้นแรก จนถึงขั้นสุดท้าย ที่อยู่ในรูปของเอกสารเพียงหน้าเดียว ใบงานจะใช้เป็นเครื่องมือในการทดลอง คือ ใช้ประกอบกับชุดฝึก ๆ และใช้ฝึกเชื่อมสำหรับวิธีการสอนแบบปกติ

(2) ใบประเมินผลการปฏิบัติงาน เป็นเอกสารที่ผู้วิจัยใช้สำหรับตรวจงาน การประเมินผลการปฏิบัติงาน มีเกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน ดังนี้

- 10 คะแนน ผลการปฏิบัติ/ผลงานดีมาก
- 7 คะแนน ผลการปฏิบัติ/ผลงานดี
- 5 คะแนน ผลการปฏิบัติ/ผลงานพอใช้
- 3 คะแนน ผลการปฏิบัติ/ผลงานต้องปรับปรุง
- 0 คะแนน ไม่มีผลการปฏิบัติ/ไม่มีผลงานออกมา

3) การประเมินความสอดคล้อง (IOC)

การประเมินความสอดคล้อง (IOC) เป็นการตรวจสอบคุณภาพของใบงาน ใบประเมินผลการปฏิบัติงานโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน (รายละเอียดของผู้เชี่ยวชาญ แสดงในภาคผนวก ข - 1 หน้า 181 - 185) โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IOC) เป็นการให้คะแนนการประเมิน ดังนี้

- ให้คะแนน +1 เห็นว่าสอดคล้อง
- ให้คะแนน 0 ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง
- ให้คะแนน -1 เห็นว่าไม่สอดคล้อง

4) การคำนวณค่าความสอดคล้อง

นำข้อมูลที่รวบรวมจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณ หาค่าความสอดคล้อง คำนวณค่าตามสูตร (ลัคน สหายศ และอังคณา สหายศ, 2538 : 248 - 249)

$$\text{สูตร} \quad \text{IOC} = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ $\sum R$ คือ ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยมีค่า IOC = 1.00 และ 1.00 (รายละเอียดของแบบประเมิน ความสอดคล้องของใบงาน ใบประเมินผลการปฏิบัติงาน แสดงในภาคผนวก ข - 8 หน้า 309 - 310 และรายละเอียดของค่าความสอดคล้อง แสดงในภาคผนวก ข - 9.1 หน้า 311, ข - 9.2 หน้า 312)

5) สร้างใบงาน ใบประเมินผลการปฏิบัติงานฉบับจริง

เป็นการนำค่าความสอดคล้องที่ได้จากการคำนวณมาวิเคราะห์ผล ว่าอยู่ในเกณฑ์หรือไม่ ถ้าไม่อยู่ในเกณฑ์ผู้วิจัยจะได้ปรับปรุงแก้ไขและเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญอีกครั้ง เพื่อประเมินความสอดคล้อง แต่ถ้าหากอยู่ในเกณฑ์ผู้วิจัยจะได้ดำเนินการสร้างใบงาน ใบประเมินผลการปฏิบัติงานฉบับจริง เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการดำเนินการวิจัยต่อไป (รายละเอียดของใบงาน แสดงในภาคผนวก ข - 10 หน้า 313 - 322 และใบประเมินผลการปฏิบัติงาน แสดงในภาคผนวก ข - 11 หน้า 323 - 332)

3.2 ดำเนินการทดลองจัดการเรียนการสอนวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) โดยใช้ชุดฝึกทักษะการเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊สเบื้องต้น

3.2.1 วัตถุประสงค์

ดำเนินการทดลองจัดการเรียนการสอน วิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) โดยใช้ชุดฝึกทักษะการเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊สเบื้องต้น ทั้งนี้เพื่อ

3.2.1.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ด้านทักษะการเชื่อม) ระหว่างการฝึกเชื่อมด้วยชุดฝึก ๆ กับการฝึกเชื่อมแบบปกติ

3.2.1.2 ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึก ๆ

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ในการทดลองจัดการเรียนการสอน วิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) คือ นักเรียน สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา จำนวน 4 กลุ่ม ซึ่งผู้วิจัยเป็นครูผู้สอนนักเรียนทั้ง 4 กลุ่ม ตามตารางสอน ภาคเรียนที่ 2/2560 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข - 12 หน้า 333) โดยได้แบ่งกลุ่มนักเรียน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ซึ่งก่อนการแบ่งกลุ่มนักเรียน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบพื้นฐานความรู้ (ด้านทักษะการเชื่อม) กับนักเรียนทั้งหมด จำนวน 4 กลุ่ม โดยให้นักเรียนทุกคนทดสอบงานเชื่อม 2 ใบงาน คือ งานเชื่อมไฟฟ้าเดินแนวตำแหน่งท่าราบ และงานเชื่อมแก๊สเดินแนวตำแหน่งท่าราบ เพื่อให้เกิดความมั่นใจในพื้นฐานความรู้ของนักเรียน จากนั้น ผู้วิจัยนำผลคะแนน มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติ t - test แบบ Independent ซึ่งปรากฏว่า พื้นฐานความรู้ (ด้านทักษะการเชื่อม) ของนักเรียนไม่มีความแตกต่างกัน (รายละเอียดของการทดสอบพื้นฐานความรู้ แสดงในภาคผนวก ข - 13 หน้า 334) จากนั้น จึงได้กำหนดกลุ่มตัวอย่าง ออกเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ดังนี้

3.2.2.1 กลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลอง ได้แก่ นักเรียน สาขาวิชา เมคคาทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 กลุ่ม 1 - 2 จำนวน 37 คน (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ ข - 14 หน้า 335 - 336)

3.2.2.2 กลุ่มควบคุม

กลุ่มควบคุม ได้แก่ นักเรียน สาขาวิชา เมคคาทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 กลุ่ม 3 - 4 จำนวน 37 คน (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ ข - 15 หน้า 337 - 338)

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจัดการเรียนการสอนวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) ได้แก่

3.2.3.1 ชุดฝึก ฯ

3.2.3.2 ใบงาน

3.2.3.3 ใบประเมินผลการปฏิบัติงาน

3.2.3.4 แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึก ฯ

3.2.4 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.4.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ด้านทักษะการเชื่อม) ระหว่างการฝึกเชื่อมด้วยชุดฝึก ฯ กับการฝึกเชื่อมแบบปกติ

1) แบบแผนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลองแท้จริง (True Experimental Design) โดยมีแผนการทดลองแบบสองกลุ่มวัดหลังการทดลอง (Posttest - Only Control Group Design) ดังนี้ (กาญจนา วัฒนอายุ, 2548 : 188)

ตารางที่ 3.1 แสดงแบบแผนการทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง	การทดลอง	ทดสอบเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊ส
E	X	O2
C	-	O2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดลอง

E คือ กลุ่มทดลอง (Experimental Group)

C คือ กลุ่มควบคุม (Control Group)

X คือ การฝึกเชื่อมด้วยชุดฝึก ฯ

- คือ การฝึกเชื่อมแบบปกติ

O2 คือ การทดสอบเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊สหลังทดลอง (นอกชุดฝึก ฯ)

วิธีการทดลองจัดการเรียนการสอน วิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) กับนักเรียนในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

(1) กลุ่มทดลอง จัดการเรียนการสอนวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) โดยใช้ชุดฝึกทักษะการเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊สเบื้องต้น มีขั้นตอนในทดลอง ดังนี้

ก. จัดเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ในการฝึก รวมทั้งชุดฝึก ฯ ทั้งงานเชื่อมไฟฟ้า และงานเชื่อมแก๊ส ให้กับกลุ่มทดลองในแต่ละใบงานให้พร้อม

ข. อธิบายขั้นตอนการใช้เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และอธิบายความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

ค. อธิบายขั้นตอนการทำงานของชุดฝึก ฯ (ตามคู่มือการใช้งาน ดังแสดงในภาคผนวก ง - 1 หน้า 384 - 392) พร้อมทั้งสาธิตวิธีการเชื่อมแบบไม่อาร์ก การเชื่อมแบบอาร์ก การเชื่อมแบบไม่ติดเปลวแก๊ส และการเชื่อมแบบติดเปลวแก๊ส ในแต่ละใบงาน ให้กลุ่มทดลองดูจนเข้าใจ

ง. กลุ่มทดลองฝึกเชื่อมแบบไม่อาร์ก เชื่อมแก๊สแบบไม่ติดเปลวไฟ เชื่อมด้วยชุดฝึก ฯ เพื่อเป็นการฝึกความคุ้นเคยกับมุมงาน (Work Angle) มุมเดิน (Travel Angle) และความเร็วในการเคลื่อนมือ ในระหว่างที่กลุ่มทดลองฝึกเชื่อมในแต่ละใบงานนั้น ผู้วิจัยจะอยู่ควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา

จ. กลุ่มทดลองเริ่มฝึกเชื่อมแบบอาร์ก และการเชื่อมแก๊สแบบติดเปลวไฟเชื่อมด้วยชุดฝึก ฯ ในแต่ละใบงาน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองฝึกเชื่อม ผู้วิจัยได้ควบคุม ดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา เมื่อเชื่อมเสร็จกลุ่มทดลองแต่ละคนทำความสะอาดรอยเชื่อมของตนเอง นำผลงานรอยเชื่อมส่งตรวจ เพื่อให้ผู้วิจัยชี้แนะ และปรับปรุงแก้ไข

ฉ. กลุ่มทดลองทดสอบเชื่อมนอกชุดฝึก ฯ ด้วยมือเปล่า โดยใช้ทักษะการเชื่อมที่เกิดจากการฝึกเชื่อมด้วยชุดฝึก ฯ ในระหว่างการทดสอบ ผู้วิจัยจะสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า และงานเชื่อมแก๊ส ตามองค์ประกอบของการเชื่อมของกลุ่มทดลองทุกคน โดยไม่ให้นักเรียนรู้ตัว จากนั้น บันทึกผลลงในแบบสังเกต ฯ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ ค - 5 หน้า 381) เมื่อเชื่อมเสร็จจะได้ผลงานรอยเชื่อมในแต่ละใบงาน จากนั้น ทำความสะอาดรอยเชื่อมเพื่อส่งตรวจ

ช. ผู้วิจัยทำการตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธีพินิจ บันทึกผลการตรวจสอบลงในแบบประเมินผลการปฏิบัติงานในแต่ละใบงาน

ชุดฝึกทักษะการเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊สเบื้องต้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นต้นแบบมีเพียง 1 เครื่อง ดังนั้น ในการดำเนินการทดลองจัดการเรียนการสอนวิชางานเชื่อม

และโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) กับกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยจึงได้แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่มย่อย โดยใช้วิธีการสลับกลุ่มเข้าฝึก ซึ่งกลุ่มทดลองลำดับที่ 1 - 19 จัดอยู่ในกลุ่มย่อยที่ 1 จะดำเนินการทดลองตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 - 9 และกลุ่มทดลองลำดับที่ 20 - 37 จัดอยู่ในกลุ่มย่อยที่ 2 จะดำเนินการทดลองตั้งแต่สัปดาห์ที่ 10 - 18 (รายละเอียดแสดงในกำหนดการทดลอง) ซึ่งในขณะที่กลุ่มทดลองกลุ่มย่อยสลับไปปฏิบัติงานอื่นนั้น จะมีครูผู้สอนที่ได้รับมอบหมายในตารางสอนในช่วงเวลาเดียวกันกับผู้วิจัย เป็นผู้ช่วยควบคุมดูแล ซึ่งจากการได้แบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่มย่อย สลับกลุ่มเข้าฝึกเชื่อมด้วยชุดฝึก ๆ เป็นผลทำให้นักเรียนแต่ละคนไม่ต้องเสียเวลาในการรอเข้าฝึกนาน จึงทำให้นักเรียนสามารถฝึกปฏิบัติการเชื่อมด้วยชุดฝึก ๆ ได้อย่างเต็มที่ และมีเวลามากพอที่จะสามารถกลับมาฝึกใหม่ในหลาย ๆ รอบ

(2) กลุ่มควบคุม จัดการเรียนการสอนวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) ฝึกเชื่อมแบบปกติ มีขั้นตอนในแต่ละใบงาน ดังนี้

ก. จัดเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ในการฝึก ทั้งงานเชื่อมไฟฟ้า และงานเชื่อมแก๊ส ให้กับกลุ่มควบคุมในแต่ละใบงานให้พร้อม

ข. อธิบายขั้นตอนการใช้เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และอธิบายความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

ค. กลุ่มควบคุมดูการสาธิตการเชื่อมชิ้นงานในแต่ละใบงานจากผู้วิจัย

ง. กลุ่มควบคุมฝึกเชื่อมชิ้นงานตามใบงาน ซึ่งเป็นการฝึกเชื่อมแบบปกติ ในระหว่างที่กลุ่มควบคุมปฏิบัติงานผู้วิจัยได้ควบคุม ดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา

จ. กลุ่มควบคุมทดสอบเชื่อม ได้ผลงานรอยเชื่อมในแต่ละใบงาน ในระหว่างการทดสอบ ผู้วิจัยจะสังเกตพฤติกรรมการทำงานเชื่อมไฟฟ้า และงานเชื่อมแก๊ส ตามองค์ประกอบของการเชื่อมของกลุ่มควบคุมทุกคน โดยไม่ให้นักเรียนรู้ตัว จากนั้น บันทึกผลลงในแบบสังเกต ๆ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ ค - 6 หน้า 382) เมื่อเชื่อมเสร็จกลุ่มควบคุมแต่ละคนทำความสะอาดรอยเชื่อมเพื่อส่งตรวจ

ฉ. ผู้วิจัยทำการตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธีพินิจ บันทึกผลการตรวจสอบลงในแบบประเมินผลการปฏิบัติงานในแต่ละใบงาน

2) กำหนดการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองจัดการเรียนการสอนวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) กับกลุ่มทดลอง โดยใช้ชุดฝึก ๆ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ด้านทักษะการเชื่อม) และการศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึก ๆ และกลุ่มควบคุม โดยมีกำหนดการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ตั้งแต่วันที่ 24 ตุลาคม พ.ศ. 2560 จนถึงวันที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงกำหนดการจัดการเรียนการสอน (ฝึกเชื่อม) งานเชื่อมไฟฟ้า งานเชื่อมแก๊ส
ในรายวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005)

ที่	กิจกรรม	วัน/เวลา	หมายเหตุ
1	ปฐมนิเทศ 1 ชั่วโมง ปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า (SMAW) 3 ชั่วโมง - ทดสอบพื้นฐานความรู้ (ด้านทักษะ การเชื่อม) - งานฝึกเริ่มต้นอาร์ก (นอกขอบเขตการวิจัย)	24 ต.ค. 2560/08.30-12.30 น. 27 ต.ค. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 37 คน
	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า (SMAW) 3 ชั่วโมง - งานเชื่อมไฟฟ้าเดินแนวตำแหน่งท่าราบ	31 ต.ค. 2560/08.30-12.30 น. 3 พ.ย. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน
2	ปฏิบัติงานโลหะแผ่น 3 ชั่วโมง - งานตัดตรง - งานตัดโค้ง (นอกขอบเขตการวิจัย)	3 พ.ย. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า (SMAW) 3 ชั่วโมง - งานเชื่อมไฟฟ้าทับแนวตำแหน่งท่าราบ	7 พ.ย. 2560/08.30-12.30 น. 10 พ.ย. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน
3	ปฏิบัติงานโลหะแผ่น 3 ชั่วโมง - งานพับขอบ - งานเข้าตะเข็บขอกว้าง (นอกขอบเขตการวิจัย)	10 พ.ย. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า (SMAW) 3 ชั่วโมง - งานเชื่อมไฟฟ้าต่อเกลยตำแหน่งท่าระดับ	14 พ.ย. 2560 08.30-12.30 น. 17 พ.ย. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน
4	ปฏิบัติงานโลหะแผ่น 3 ชั่วโมง - งานเข้าขอบลวด - งานพับตะเข็บสองชั้น (นอกขอบเขตการวิจัย)	17 พ.ย. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า (SMAW) 3 ชั่วโมง - งานเชื่อมไฟฟ้าต่อมุมตำแหน่งท่าราบ - งานเชื่อมไฟฟ้าต่อตัวที่ตำแหน่งท่าระดับ	21 พ.ย. 2560/08.30-12.30 น. 24 พ.ย. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน
5	ปฏิบัติงานโลหะแผ่น 3 ชั่วโมง - งานเขียนแบบแผ่นคลี่ (นอกขอบเขตการวิจัย)	24 พ.ย. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ที่	กิจกรรม	วัน/เวลา	หมายเหตุ
6	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง		
	ปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส (OAW) 3 ชั่วโมง - งานสร้างและควบคุมแอ่งหลอมเหลว	28 พ.ย. 2560/08.30-12.30 น. 1 ธ.ค. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน
	ปฏิบัติงานโลหะแผ่น 3 ชั่วโมง - งานกลึงสี่เหลี่ยม (นอกขอบเขตการวิจัย)	1 ธ.ค. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
7	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง		
	ปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส (OAW) 3 ชั่วโมง - งานเชื่อมแก๊สเดินแนวตำแหน่งทำราบ	12 ธ.ค. 2560/08.30-12.30 น. 8 ธ.ค. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน
	ปฏิบัติงานโลหะแผ่น 3 ชั่วโมง - งานย้ำหมุด - งานบัดกรี (นอกขอบเขตการวิจัย)	8 ธ.ค. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
8	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง		
	ปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส (OAW) 3 ชั่วโมง - งานเชื่อมแก๊สต่อเกยตำแหน่งทำราบ	19 ธ.ค. 2560/08.30-12.30 น. 15 ธ.ค. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน
	ปฏิบัติงาน 3 ชั่วโมง - งานแล่นประสาน (นอกขอบเขตการวิจัย)	15 ธ.ค. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
9	สอบกลางภาค 1 ชั่วโมง		
	ปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส (OAW) 3 ชั่วโมง - งานเชื่อมแก๊สต่อมุมตำแหน่งทำราบ - งานเชื่อมแก๊สต่อตัวที่ตำแหน่งทำราบ	26 ธ.ค. 2560 08.30-12.30 น. 22 ธ.ค. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน
	ปฏิบัติงาน 3 ชั่วโมง - งานตัดโลหะด้วยแก๊ส (นอกขอบเขตการวิจัย)	22 ธ.ค. 2560/13.30-17.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
10	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง		
	ปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า (SMAW) 3 ชั่วโมง - งานเชื่อมไฟฟ้าเดินแนวตำแหน่งทำราบ	29 ธ.ค. 2560/08.30-12.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
	ปฏิบัติงานโลหะแผ่น 3 ชั่วโมง - งานตัดตรง - งานตัดโค้ง (นอกขอบเขตการวิจัย)	9 ม.ค. 2561/08.30-12.30 น. 29 ธ.ค. 2560/08.30-12.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ที่	กิจกรรม	วัน/เวลา	หมายเหตุ
11	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า (SMAW) 3 ชั่วโมง - งานเชื่อมไฟฟ้าทับแนวตำแหน่งทำราบ	5 ม.ค. 2561/08.30-12.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
	ปฏิบัติงานโลหะแผ่น 3 ชั่วโมง - งานพับขอบ - งานเข้าตะเข็บขอกเกี่ยว (นอกขอบเขตการวิจัย)	16 ม.ค. 2561/08.30-12.30 น. 5 ม.ค. 2561/08.30-12.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน
12	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า (SMAW) 3 ชั่วโมง - งานเชื่อมไฟฟ้าต่อเกยตำแหน่งทำระดับ	12 ม.ค. 2561/08.30-12.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
	ปฏิบัติงานโลหะแผ่น 3 ชั่วโมง - งานเข้าขอบลาด - งานพับตะเข็บสองชั้น (นอกขอบเขตการวิจัย)	23 ม.ค. 2561/13.30-17.30 น. 12 ม.ค. 2561/08.30-12.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน
13	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า (SMAW) 3 ชั่วโมง - งานเชื่อมไฟฟ้าต่อมุมตำแหน่งทำราบ - งานเชื่อมไฟฟ้าต่อตัวที่ตำแหน่งทำระดับ	19 ม.ค. 2561/13.30-17.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
	ปฏิบัติงานโลหะแผ่น 3 ชั่วโมง - งานเขียนแบบแผ่นคลี่ (นอกขอบเขตการวิจัย)	30 ม.ค. 2561/08.30-12.30 น. 19 ม.ค. 2561/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน
14	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส (OAW) 3 ชั่วโมง - งานสร้างและควบคุมแอ่งหลอมเหลว	26 ม.ค. 2561/13.30-17.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
	ปฏิบัติงานโลหะแผ่น 3 ชั่วโมง - งานกลึงสี่เหลี่ยม (นอกขอบเขตการวิจัย)	26 ม.ค. 2561/08.30-12.30 น. 6 ก.พ. 2561/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน
15	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส (OAW) 3 ชั่วโมง - งานเชื่อมแก๊สเดินแนวตำแหน่งทำราบ	2 ก.พ. 2561/13.30-17.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
	ปฏิบัติงาน 3 ชั่วโมง - งานย้ำหมุด - งานบัดกรี (นอกขอบเขตการวิจัย)	13 ก.พ. 2561/08.30-12.30 น. 2 ก.พ. 2561/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ที่	กิจกรรม	วัน/เวลา	หมายเหตุ
16	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส (OAW) 3 ชั่วโมง - งานเชื่อมแก๊สต่อเกยตำแหน่งท่าราบ	9 ก.พ. 2561/13.30-17.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
	ปฏิบัติงาน 3 ชั่วโมง - งานเล่นประสาน (นอกขอบเขตการวิจัย)	20 ก.พ. 2561/08.30-12.30 น. 9 ก.พ. 2561/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน
	ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส (OAW) 3 ชั่วโมง - งานเชื่อมแก๊สต่อมุดตำแหน่งท่าราบ - งานเชื่อมแก๊สต่อตัวที่ตำแหน่งท่าราบ	16 ก.พ. 2561/13.30-17.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
17	ปฏิบัติงาน 3 ชั่วโมง - งานตัดโลหะด้วยแก๊ส (นอกขอบเขตการวิจัย)	26 ก.พ. 2561/08.30-12.30 น. (นัดชัดเจนที่ตรงกับวันหยุด) 16 ก.พ. 2561/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน
	สอบปลายภาค 1 ชั่วโมง ปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส (OAW) 3 ชั่วโมง - สรุปผลการเรียน	23 ก.พ. 2561/13.30-17.30 น.	กลุ่มทดลอง 18 คน
18	สอบปลายภาค 1 ชั่วโมง ปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส (OAW) 3 ชั่วโมง - สรุปผลการเรียน	27 ก.พ. 2561/08.30-12.30 น. (นัดชัดเจนที่ตรงกับวันหยุด) 23 ก.พ. 2561/13.30-17.30 น.	กลุ่มควบคุม 37 คน กลุ่มทดลอง 19 คน

3) สถิติที่ใช้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ด้านทักษะการเชื่อม)

สถิติที่ใช้วิเคราะห์การเปรียบเทียบผลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ด้านทักษะการเชื่อม) คือ ใช้การทดสอบค่าวิกฤตที่ (t - test) แบบ Independent คำนวณค่าตามสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 73)

$$\text{สูตร } t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

$$\text{โดยที่ } df = n_1 + n_2 - 2$$

$$\text{เมื่อ } \bar{X}_1 = \text{คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1}$$

$$\bar{X}_2 = \text{คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 2}$$

s_1^2 = ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 1

s_2^2 = ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

n_1 = จำนวนผู้เรียนของกลุ่มตัวอย่างที่ 1

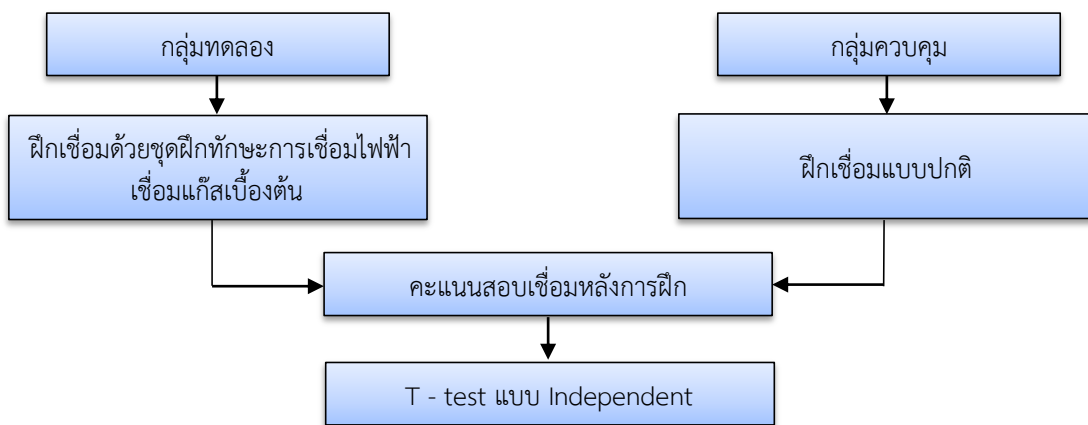
n_2 = จำนวนผู้เรียนของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

การหาค่าความแปรปรวน

$$S^2 = \frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

4) วิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล คือ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ด้านทักษะการเชื่อม) ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยการทดสอบค่าวิกฤตที่ (t - test) แบบ Independent (รายละเอียดคะแนนการทดสอบเชื่อมงานไฟฟ้า และงานเชื่อมแก๊ส ในแต่ละใบงานของกลุ่มทดลอง แสดงในภาคผนวกที่ ค - 1 หน้า 375 และกลุ่มควบคุม แสดงในภาคผนวกที่ ค - 3 หน้า 378)



รูปที่ 3.27 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ด้านทักษะการเชื่อม)

3.2.4.2 ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึก ฯ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึก ฯ ดังนี้

1) การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

(1) ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยเกี่ยวและเอกสารอื่น ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการตั้งประเด็นคำถาม

(2) ร่างแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึก ฯ กำหนดหัวข้อหลักที่จะถาม กำหนดรายละเอียดของแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึก ฯ และสร้างแบบประเมินมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (รายละเอียดของแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึก ฯ แสดงในภาคผนวก ข - 16 หน้า 339 - 340)

(3) นำร่างแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึก ฯ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เพื่อขอคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไขในประเด็นคำถาม

(4) ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึก ฯ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และนำแบบประเมินความพึงพอใจเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญอีกครั้ง เพื่อประเมินความสอดคล้องโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IOC) เป็นการให้คะแนนการตอบประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ให้คะแนน	+1	เห็นว่าสอดคล้อง
ให้คะแนน	0	ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง
ให้คะแนน	-1	เห็นว่าไม่สอดคล้อง

การวิเคราะห์ข้อมูลความสอดคล้อง (Index of Consistency : IOC) คำนวณค่าตามสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 248-249)

$$\text{สูตร} \quad \text{IOC} = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ $\sum R$ คือ ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

นำข้อมูลที่รวบรวมจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าความสอดคล้อง โดยมีค่า $\text{IOC} = 0.96$ (รายละเอียดของแบบประเมินความสอดคล้อง แสดงในภาคผนวก ข - 17 หน้า 341 - 343 และรายละเอียดของค่าความสอดคล้อง แสดงในภาคผนวก ข - 18 หน้า 344 - 345)

2) สถิติวิเคราะห์ความความพึงพอใจ

สถิติสำหรับวิเคราะห์ความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึก ฯ ได้แก่

(1) ค่าเฉลี่ย (Mean) คำนวณค่าตามสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 73)

$$\text{สูตร} \quad \bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนน

n คือ จำนวนผู้ตอบแบบประเมินทั้งหมด

(2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คำนวณค่าตามสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 79)

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

เมื่อ S.D. คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 $\sum X^2$ คือ ผลรวมของคะแนนยกกำลังสอง
 $(\sum X)^2$ คือ กำลังสองของคะแนนรวม
 n คือ จำนวนผู้ตอบแบบประเมินทั้งหมด

การวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึก ๆ เป็นการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายในแต่ละข้อคำถาม (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2540 : 229) ดังนี้

4.50 - 5.00	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
3.50 - 4.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
1.00 - 1.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3.3 ประเมินรับรองคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ของชุดฝึกทักษะ การเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊สเบื้องต้น เพื่อใช้ในรายวิชาการเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005)

3.3.1 วัตถุประสงค์

ประเมินรับรองคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ของชุดฝึกทักษะ การเชื่อมไฟฟ้า เชื่อมแก๊สเบื้องต้น เพื่อใช้ในรายวิชาการเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005)

3.3.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเพื่อประเมินรับรองคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ของชุดฝึก ๆ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิจากสถานศึกษาในระดับอุดมศึกษา สถาบัน การอาชีวศึกษา และสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน จำนวน 5 คน คัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีเฉพาะเจาะจง (รายละเอียดของผู้เชี่ยวชาญ แสดงในภาคผนวก ข - 19 หน้า 346 - 350)

3.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการสร้าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินรับรองคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ของชุดฝึก ๆ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.3.3.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยเกี่ยวและเอกสารอื่น ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการตั้งประเด็นคำถาม

3.3.3.2 ร่างแบบประเมินรับรองคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ของชุดฝึก ๆ กำหนดหัวข้อหลักที่จะถาม กำหนดรายละเอียดของแบบประเมินรับรองคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ สร้างแบบประเมินมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (รายละเอียดของแบบประเมินรับรองคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ของชุดฝึก ๆ แสดงในภาคผนวก ข - 20 หน้า 351 - 353)

3.3.3.3 นำร่างแบบประเมินรับรองคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ของชุดฝึก ๆ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เพื่อขอคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไขในประเด็นคำถาม

3.3.3.4 ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินรับรองคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ของชุดฝึก ๆ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และนำแบบประเมินรับรองความเป็นไปได้ ความเป็นประโยชน์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญอีกครั้ง เพื่อประเมินความสอดคล้องโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IOC) เป็นการให้คะแนนการตอบประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ให้คะแนน	+1	เห็นว่าสอดคล้อง
ให้คะแนน	0	ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง
ให้คะแนน	-1	เห็นว่าไม่สอดคล้อง

การวิเคราะห์ข้อมูลความสอดคล้อง (Index of Consistency : IOC) คำนวณค่าตามสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 248-249)

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

เมื่อ $\sum R$ คือ ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

นำข้อมูลที่รวบรวมจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าความสอดคล้อง โดยมีค่า IOC = 0.97 (รายละเอียดของแบบประเมินความสอดคล้อง แสดงในภาคผนวก ข - 21 หน้า 354 - 356 และรายละเอียดของค่าความสอดคล้อง แสดงในภาคผนวก ข - 22 หน้า 357 - 358)

3.3.4 สถิติวิเคราะห์การรับรองคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์

สถิติสำหรับวิเคราะห์การประเมินรับรองคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ของชุดฝึก ๆ ได้แก่

3.3.4.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) คำนวณค่าตามสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 73)

$$\text{สูตร } \bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ \bar{x} คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ คือ ผลรวมของคะแนน

n คือ จำนวนผู้ตอบแบบประเมินทั้งหมด

3.3.4.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คำนวณค่าตามสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 79)

$$\text{สูตร S.D.} = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x^2$ คือ ผลรวมของคะแนนยกกำลังสอง

$(\sum x)^2$ คือ กำลังสองของคะแนนรวม

n คือ จำนวนผู้ตอบแบบประเมินทั้งหมด

การวิเคราะห์ข้อมูลการรับรองคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ของชุดฝึก ๆ เป็นการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายในแต่ละข้อคำถาม (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2540 : 229) ดังนี้

4.50 - 5.00 หมายถึง มีคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์อยู่ในระดับมากที่สุด

3.50 - 4.49 หมายถึง มีคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์อยู่ในระดับมาก

2.50 - 3.49 หมายถึง มีคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง

1.50 - 2.49 หมายถึง มีคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์อยู่ในระดับน้อย

1.00 - 1.49 หมายถึง มีคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์อยู่ในระดับน้อยที่สุด

(รายละเอียดการประเมินรับรองคุณภาพ ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ของผู้เชี่ยวชาญ แสดงในภาคผนวก ข - 23 หน้า 359 - 373)