

การศึกษา ความเร็วที่ใช้ในการป้อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์  
(การควบคุมระยะอาร์ค) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า

ในงานเชื่อมเดินแนว งานเชื่อมต่อมุม และงานเชื่อมต่อตัวที่ท่าราบ

STUDY OF VELOCITY TO FEED ELECTRODE (ARC LENGTH CONTROL)  
FOR ARC WELDING IN STRAIGHT BEAD, CORNER JOINT AND T-JOINT  
FLAT POSITION

ดิเรก สุวรรณฤทธิ์, กันตยา ศรีสังข์ และสมภพ ดีปัญญา

Direk Suwannarit, Kantaya Srisung, Somphop Deepunya

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเร็วที่ใช้ในการป้อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (การควบคุมระยะอาร์ค) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ของงานเชื่อมเดินแนว งานเชื่อมต่อมุม และงานเชื่อมต่อตัวที่ท่าราบ กลุ่มเป้าหมายคือ ครูผู้สอนแผนกวิชาช่างเชื่อมโลหะ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์ จำนวน 4 คน และนักเรียนนักศึกษาแผนกวิชาช่างเชื่อมโลหะ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์ ที่เคยเป็นตัวแทน เข้าแข่งขันทักษะวิชาชีพ สาขางานเชื่อมโลหะ ในระดับภาคเหนือ จำนวน 4 คน ทำการเชื่อมชิ้นงาน ลงบนแผ่นเหล็กกล้า ขนาด 6 x 50 x 150 มิลลิเมตร ด้วยกระบวนการเชื่อมไฟฟ้า โดยใช้ลวดเชื่อม E 6013 ขนาด 2.6 มิลลิเมตร ตามใบงาน งานเชื่อมเดินแนว งานเชื่อมต่อมุม และงานเชื่อมต่อตัวที่ท่าราบ จดบันทึกความยาวของลวดเชื่อมที่ถูกใช้ไป และเวลาที่ใช้ในการเชื่อม ของแต่ละใบงานจากนั้น ได้นำความยาวของลวดเชื่อมที่ถูกใช้ไป หาค่าด้วยเวลาที่ใช้ในการป้อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เพื่อคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยที่เหมาะสมในการป้อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เข้าไปที่บ่อหลอมเหลว ซึ่งเปรียบเทียบ เป็นการควบคุมระยะอาร์ค ให้คงที่สม่ำเสมอ นั่นเอง

---

1 2 3 ครูผู้สอนแผนกวิชาช่างเชื่อมโลหะ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3

1 2 3 The teacher of the Welding Department in Petchabun Technical College.

\* Corresponding Author, E-mail: kantaya\_nik@hotmail.com

ผลการวิจัย พบว่า ความเร็วที่ใช้ในการป้อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (การควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ของงานเชื่อมเดินแนว ที่เหมาะสม โดยเฉลี่ย 3.88 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็ว ที่ใช้ในการป้อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (การควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ในงานเชื่อมต่อมุม ที่เหมาะสม โดยเฉลี่ย 4.30 มิลลิเมตรต่อวินาที และ ความเร็ว ที่ใช้ในการป้อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (การควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ในงานเชื่อมต่อตัวที่ท่าราบ ที่เหมาะสม โดยเฉลี่ย 5.10 มิลลิเมตรต่อวินาที

**คำสำคัญ:** ความเร็วที่ใช้ในการป้อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ การควบคุมระยะอาร์กงานเชื่อมไฟฟ้า

## Abstract

This research aimed to study of velocity to feed electrode through melting pool (arc length control) for Arc Welding in 1) straight bead 2) corner joint and 3) T-joint flat position. The target for experiment is the teacher of Welding Department in Phetchabun Technical College, 4 persons and students of Welding Department in Phetchabun Technical College who participated in skills of welding for the Northern Skill Competition, 4 persons. Weld on steel size 6 x 50 x 150 mm. with Arc Welding Process by used to E 6013 electrode 2.6 mm., Follow Job sheet in stringers bead welding, corner joint and t-joint in flat position. And record of time to suitable feed electrode (arc length control).

The found that 1) velocity to feed electrode through melting pool (arc length control) for Arc Welding in straight bead is suitable in 3.88 millimeters per second, 2) velocity to feed electrode (arc length control) for Arc Welding in corner joint is suitable in 4.23 millimeters per second and, 3) velocity to feed electrode (arc length control) for Arc Welding in T-joint flat position is suitable in 5.10 millimeters per second.

**Keywords:** Velocity to feed electrode through melting pool (arc length control)

## บทนำ

การจัดการเรียนการสอน ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่ทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องที่จะเรียนได้ ผู้สอนต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างมีประสิทธิภาพตามแนวคิด เจอโรม บรูเนอร์ (Jerome Bruner) ที่เชื่อว่า ความพร้อมเป็นเรื่องที่สอนกันได้ หากเราจัดประสบการณ์ที่เหมาะสมให้กับผู้เรียน ให้ได้รับการเรียนรู้ มีสื่อการสอนที่ดี มีวัสดุอุปกรณ์ในการฝึกปฏิบัติที่เพียงพอ จะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจลึกซึ้ง กว้างขวาง เรียนรู้ได้เร็วขึ้นและจดจำได้นานขึ้น [1]

การจัดการศึกษาด้านวิชาชีพ ให้เกิดผลสัมฤทธิ์สูงสุดแก่ผู้เรียนนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำเอานวัตกรรมหรือเทคโนโลยีทางการศึกษาเข้ามาใช้ จากผลการสำรวจ ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ ซึ่งพบว่า การจัดการสอนด้านวิชาชีพ สื่อการเรียนการสอนไม่เพียงพอ คุณภาพไม่เหมาะที่จะใช้จัดการเรียนการสอนหรือด้วยข้อจำกัดด้านงบประมาณ รวมทั้งความสามารถในการวิจัยพัฒนาและผลิตสื่อการสอน ยังมีไม่มากพอ (คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ) [1]

คณะผู้วิจัย ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัส 2100 – 1005 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ที่พบว่าครูผู้สอนจัดการเรียนการสอน ออกเป็น 3 ทักษะคือ งานเชื่อมแก๊ส งานเชื่อมไฟฟ้า และงานโลหะแผ่น ซึ่งแต่ละทักษะงาน ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอนประมาณ 6 สัปดาห์ ซึ่งมีระยะเวลาที่จำกัด การจัดการเรียนการสอนทักษะงานเชื่อมไฟฟ้า ครูผู้สอนจะสาธิตงานเชื่อมให้นักเรียนได้ดู และให้นักเรียนลงฝึกปฏิบัติตาม โดยพบว่า การใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ สิ้นเปลืองมากนักเรียน ยังขาดทักษะในการป้อนลวดเชื่อม ลงไปที่ชิ้นงานหรือการควบคุมระยะอาร์ก คณะผู้วิจัย จึงมีความคิดที่จะศึกษา ความเร็วที่ใช้ในการป้อนลวดเชื่อมไฟฟ้า ลงไปที่บ่อหลอมเหลวหรือการควบคุมระยะอาร์ก เพื่อนำผลการวิจัย ไปปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ระยะเวลาในการฝึกเชื่อม ให้น้อยลงกว่าเดิม สิ้นเปลืองวัสดุฝึกน้อยลง

กว่าเดิม และลดค่าใช้จ่ายในการฝึกงานเชื่อม รวมทั้ง ลดมลพิษ จากการเชื่อมไฟฟ้า เช่น แสงสว่างจากการเชื่อมไฟฟ้า คิวพิษจากการไหม้ของฟลักซ์ที่หุ้มลวดเชื่อมไฟฟ้า เป็นต้น

### วัตถุประสงค์การวิจัย

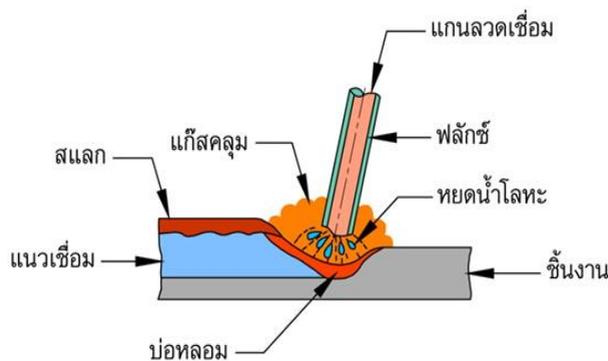
เพื่อศึกษาความเร็วที่ใช้ในการบ่อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (การควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ของงานเชื่อมดินแนว งานเชื่อมต่อมุม และงานเชื่อมต่อตัวที่ทำราบ

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับความเร็ว ที่ใช้ในการบ่อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (การควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า มีดังนี้

1. การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Shielded Metal Arc Welding: SMAW)

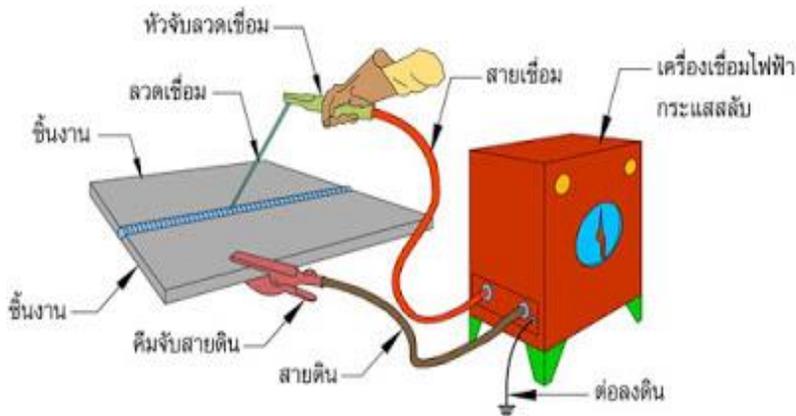
การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ชิ้นงานเชื่อมจะได้รับความร้อนจากการอาร์ก ระหว่างลวดเชื่อมไฟฟ้ากับชิ้นงาน จนเกิดเป็นบ่อหลอมเหลว สารพอกหุ้มหรือฟลักซ์บนลวดเชื่อมไฟฟ้า เมื่อถูกเผาไหม้ จะเกิดเป็นมันควัน ทำหน้าที่ป้องกันบรรยากาศจากภายนอก ไม่ให้เข้ามารวมตัวกับแนวเชื่อม ลวดเชื่อมจึงถือเป็นโลหะเติมในแนวเชื่อมด้วย สารพอกหุ้มเมื่อแข็งตัวแล้วจะกลายเป็น สแลก (Slag) [2]



ภาพที่ 1 หลักการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ [2]

## 2. เครื่องมือและอุปกรณ์ ในการเชื่อมไฟฟ้า ด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เป็นการเชื่อมที่ต้องอาศัยเครื่องเชื่อมเป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสเชื่อม เครื่องเชื่อมไฟฟ้า ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟ จากสายเชื่อมแล้วไหล ไปยังลวดเชื่อม และชิ้นงานเพื่อให้เกิดการอาร์กขึ้น เครื่องมือและอุปกรณ์เบื้องต้น ในการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ [2]



ภาพที่ 2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมไฟฟ้า ด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ [2]

3. องค์ประกอบของการเชื่อมโลหะ (Factor Involve Welding) ให้ได้ผลดี มี 5 องค์ประกอบ คือ

- 3.1 เลือกชนิดของลวดเชื่อมไฟฟ้า ถูกต้อง เหมาะกับโลหะงาน (Correct Electrode)
- 3.2 เลือกและตั้งกระแสไฟเชื่อม ถูกต้อง เหมาะสมกับงาน (Correct Current)
- 3.3 การควบคุมระยะอาร์ก ถูกต้อง เหมาะสม (Correct Arc Length)
- 3.4 การควบคุมความเร็วในการเชื่อม ถูกต้อง สม่าเสมอ (Correct Travel Speed)
- 3.5 การควบคุมมุมลวดเชื่อมกับชิ้นงาน ถูกต้อง (Correct Angle of Electrode)

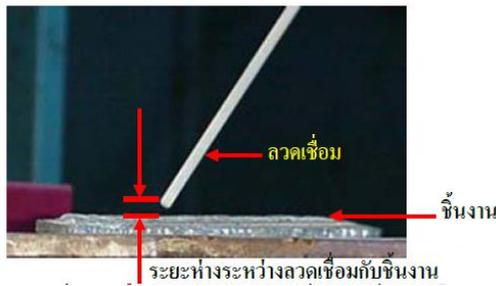
องค์ประกอบที่ 3.1 และ 3.2 ผู้ปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า สามารถดำเนินการเลือกชนิดของลวดเชื่อม และตั้งกระแสไฟเชื่อม ได้ก่อนทำการเชื่อม แต่องค์ประกอบที่ 3.3, 3.4 และ 3.5 นั้น ในขณะที่ทำการเชื่อม ผู้ทำการเชื่อม ต้องควบคุมให้ถูกต้อง เหมาะสม หากควบคุมไม่ถูกต้อง หรือไม่คงที่ จะทำให้เกิดแรงดันอาร์ก (Arc Voltage) สูง ๆ ต่ำ ๆ ส่งผลทำให้การหลอมของเนื้อโลหะเชื่อมไม่ดี แนวเชื่อมที่ได้ไม่สมบูรณ์

#### 4. การตั้งกระแสไฟเชื่อม

การปรับกระแสไฟใช้ในการเชื่อม ต้องสัมพันธ์กับขนาดของลวดเชื่อม และความหนาของชิ้นงาน การปรับกระแสไฟเชื่อมสูง ทำให้ชิ้นงานเกิดการหลอมละลายอย่างรวดเร็ว แนวเชื่อมที่ได้จะกว้าง ผู้ทำการเชื่อม ต้องเคลื่อนที่ลวดเชื่อมให้เร็วขึ้น หากใช้กระแสไฟเชื่อมต่ำ ต้องเคลื่อนที่ลวดเชื่อม ให้ช้าลง ชิ้นงานเชื่อมไฟฟ้า จะหลอมละลายมากหรือน้อย นั้น ขึ้นอยู่กับการปรับกระแสไฟเชื่อม โดยศึกษาจากคู่มือ หรือมาตรฐานลวดเชื่อม

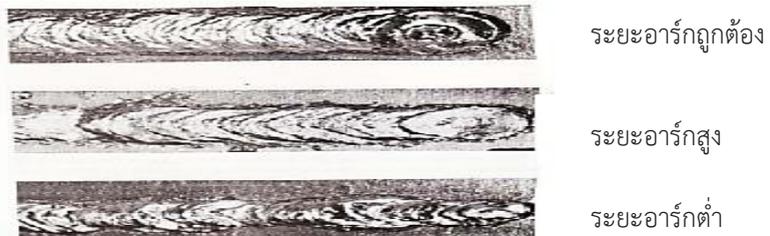
#### 5. การควบคุมระยะอาร์ก

ระยะอาร์ก หมายถึง ระยะห่างจากปลายของลวดเชื่อมไฟฟ้าจนถึงชิ้นงานขณะทำการเชื่อม ซึ่งระยะอาร์กที่เหมาะสมนั้น ขึ้นอยู่กับ การตั้งกระแสไฟเชื่อม ความหนาของชิ้นงาน ท่าเชื่อม ขนาดความโตของลวดเชื่อมที่ใช้เชื่อม รวมทั้งประสบการณ์และความชำนาญของผู้เชื่อมด้วย [3]



ภาพที่ 3 ระยะอาร์ก ระหว่างลวดเชื่อมไฟฟ้ากับชิ้นงาน [3]

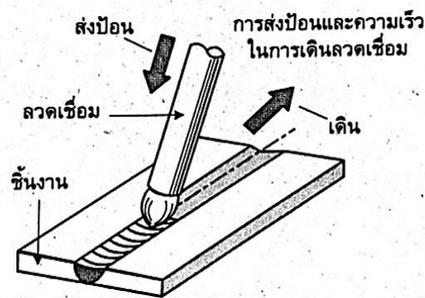
หากควบคุมระยะอาร์ก ไม่ถูกต้องไม่คงที่ ทำให้เกิดการอาร์กสูง ๆ ต่ำ ๆ ส่งผลให้การหลอมของเนื้อโลหะ ไม่สมบูรณ์ ระยะอาร์กสั้นเกินไป จะทำให้ปลายลวดเชื่อมติดกับชิ้นงาน ระยะอาร์กห่างเกินไป จะทำให้เนื้อโลหะกระเด็น ไม่เป็นแนว แนวเชื่อมจะมีลักษณะกว้าง [3]



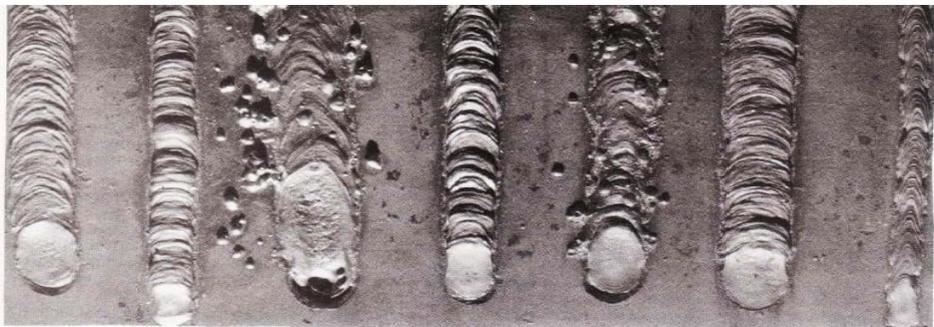
ภาพที่ 4 แนวเชื่อมที่มีผลมาจาก การควบคุมระยะอาร์ก ที่แตกต่างกัน [3]

## 6. การเคลื่อนที่ลวดเชื่อมไฟฟ้า

การควบคุมความเร็วการเคลื่อนที่ลวดเชื่อม ถูกต้องสม่ำเสมอ จะทำให้คุณภาพของแนวเชื่อมสมบูรณ์ หากเคลื่อนที่ลวดเชื่อมช้า แนวเชื่อมจะมีขนาดกว้างเกินความจำเป็น สิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าและสิ้นเปลืองลวดเชื่อม หากเคลื่อนที่ลวดเชื่อมเร็วเกินไป แนวเชื่อมจะมีขนาดเล็ก การละลายลึกลงน้อยเกินไป แนวเชื่อมไม่แข็งแรง ความเร็วในการเคลื่อนที่ลวดเชื่อม จะสัมพันธ์กับกระแสไฟ และความหนาของชิ้นงาน กล่าวคือ หากตั้งกระแสไฟเชื่อมสูง ต้องเคลื่อนที่ลวดเชื่อมให้เร็วขึ้น ถ้าเดินลวดเชื่อมช้าจะเกิดการหลอมละลายมาก แนวเชื่อมที่ได้จะมีลักษณะกว้าง ถ้าเดินลวดเชื่อมเร็ว จะได้แนวเชื่อมแคบลง [3]



ภาพที่ 5 การเคลื่อนที่ของลวดเชื่อมไฟฟ้า [3]



ก ข ค ง จ ฉ ช

- ก. การตั้งกระแสไฟเชื่อม ความเร็วในการเคลื่อนที่ลวดเชื่อม ถูกต้อง
- ข. การตั้งกระแสไฟเชื่อม ต่ำเกินไป
- ค. การตั้งกระแสไฟเชื่อม สูงเกินไป
- ง. ระยะอาร์ค สั้นเกินไป
- จ. ระยะอาร์ค ยาวเกินไป
- ฉ. การเดินลวดเชื่อม ช้าเกินไป
- ช. การเดินลวดเชื่อม เร็วเกินไป

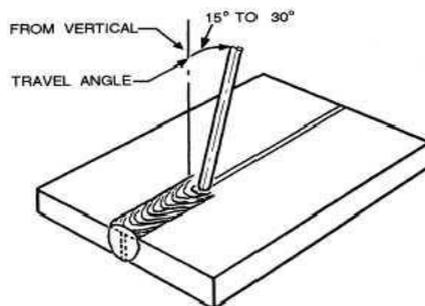
ภาพที่ 6 ลักษณะแนวเชื่อม ที่เกิดจากการตั้งค่าหรือควบคุมองค์ประกอบงานเชื่อมที่ต่างกัน

## 7. การควบคุมมุมลวดเชื่อมกับชิ้นงาน

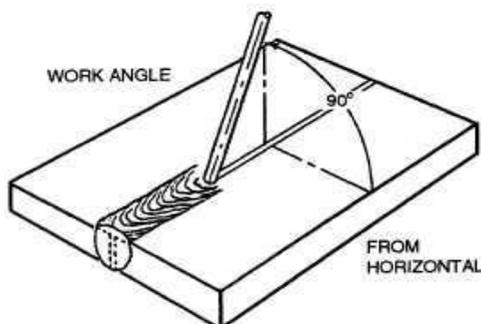
การตั้งมุมของลวดเชื่อม (Angle of Electrode) ขนาดมุมที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับลักษณะของรอยต่อ และตำแหน่งท่าเชื่อม ซึ่งจะเป็นตัวกำหนด มุมลวดเชื่อม ที่กระทำต่อชิ้นงานจะมีอิทธิพลต่อคุณภาพของแนวเชื่อม ตำแหน่งการเติมโลหะหลอมละลาย การลอยตัวของสแลก และรูปร่างลักษณะของแนวเชื่อม มุมของลวดเชื่อม มี 2 ลักษณะคือ

7.1 มุมนำ (Lead Angle) หรือมุมเดินลวด (Travel Angle ) เป็นมุมของลวดเชื่อมวัดจากแนวตั้ง 90 องศา เอียงไปในทิศทางเดียวกับ ทิศทางของการเคลื่อนที่ลวดเชื่อมไฟฟ้า ประมาณ 10 – 15 องศา [4]

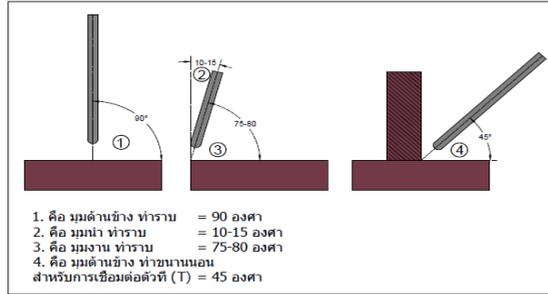
7.2 มุมงาน (Work Angle) หรือมุมด้านข้าง (Side Angle) คือ มุมของลวดเชื่อม วัดจากแนวแกนลวดเชื่อมเข้าหาตัวผู้เชื่อม โดยในการเชื่อมท่าราบและท่าเหนือศีรษะนั้น มุมข้างจะตั้งฉาก (90 องศา) กับชิ้นงาน ส่วนรอยเชื่อมต่อตัวที่นั้น มุมด้านข้างจะเอียงจะเอียง 45 องศา [4]



ภาพที่ 7 ลักษณะของมุมนำ [4]



ภาพที่ 8 ลักษณะของมุมงาน [4]



ภาพที่ 9 ลักษณะของมมด้านข้างและมุมงาน ในงานเชื่อมเดิม และงานเชื่อมต่อตัวที่ทำราบ

### วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย คือครูผู้สอน ของแผนกวิชาช่างเชื่อมโลหะ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์ จำนวน 4 คน และนักเรียนนักศึกษาแผนกวิชาช่างเชื่อมโลหะ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์ ที่เคยเข้าร่วมในการแข่งขันทักษะวิชาชีพ สาขางานเชื่อมโลหะ ในระดับภาคเหนือ จำนวน 4 คน

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ลักษณะของเครื่องมือ เป็นใบงานของ วิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัสวิชา 2100-1005
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในงานเชื่อมไฟฟ้า
  - 2.1 ชิ้นงานแผ่นเหล็กกล้า ขนาด 6 x 50 x 150 มิลลิเมตร จำนวน 5 แผ่น สำหรับใช้ในการเชื่อม งานเชื่อมเดินแนว งานเชื่อมต่อมุม และงานเชื่อมต่อตัวที่ทำราบ
  - 2.2 ลวดเชื่อมไฟฟ้า E 6013 ยี่ห้อ LONGWELL รุ่น LW-21 ขนาด 2.6 มิลลิเมตร
  - 2.3 เครื่องเชื่อมไฟฟ้า ระบบ INVERTER ยี่ห้อ LONGWELL รุ่น MMA 170 Ampere
  - 2.4 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ได้แก่ หน้ากากเชื่อม ถุงมือหนังแบบยาว ชุดหนังและรองเท้าเซฟตี้
  - 2.5 อุปกรณ์ทำความสะอาดแนวเชื่อม ได้แก่ ค้อนเคาะสแลก แปรงลวดเหล็ก
  - 2.6 นาฬิกาจับเวลา ระบบดิจิตอล และเกจวัดงานเชื่อม

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

เพื่อให้ได้ทราบ ความเร็วที่ใช้ในการบ่อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (การควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ของ งานเชื่อมเดินแนว งานเชื่อมต่อมุม และงานเชื่อมต่อตัวที่ทำราบ คณะผู้วิจัย จึงกำหนดค่าคงที่ ขององค์ประกอบในการเชื่อมโลหะ (Factor Involve Welding) ให้ได้ผลดี ใน 2 องค์ประกอบ ซึ่งได้แก่ การตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อม และการควบคุมความเร็วในเคลื่อนที่ลวดเชื่อม เพื่อให้เหลือเพียง ตัวแปรเดียว คือ ความเร็วที่ใช้ในการบ่อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ลงไปที่บ่อหลอมเหลว (การควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ดังนี้

งานเชื่อมเดินแนวทำราบ เพื่อให้ได้ขนาดของแนวเชื่อม ที่มีความกว้าง โดยเฉลี่ย 8 มิลลิเมตร และเกิดการหลอมละลายลึกสมบูรณ์ แนวเชื่อมมีความสูงสม่ำเสมอ โดยเฉลี่ย 3 มิลลิเมตร จึงกำหนดค่าคงที่ ไว้คือ

1. กระแสไฟเชื่อม ตั้งไว้ที่ 71 แอมแปร์
2. ความเร็วของการเคลื่อนที่ลวดเชื่อม กำหนดไว้ที่ 1.82 มิลลิเมตรต่อวินาที

งานเชื่อมต่อมุม เพื่อให้ได้ขนาดของแนวเชื่อม (Leg) โดยเฉลี่ยกว้าง 6 มิลลิเมตร การหลอมละลายลึกสมบูรณ์ แนวเชื่อมสม่ำเสมอ ขนาดของ Throat โดยเฉลี่ย 4.28 มิลลิเมตร จึงกำหนดค่าคงที่ ไว้คือ

1. กระแสไฟเชื่อม ตั้งไว้ที่ 75 แอมแปร์
2. ความเร็วของการเคลื่อนที่ลวดเชื่อม กำหนดไว้ที่ 1.87 มิลลิเมตรต่อวินาที

งานเชื่อมต่อตัวที่ทำราบ เพื่อให้ได้ขนาดของแนวเชื่อม (Leg) โดยเฉลี่ยกว้าง 6 มิลลิเมตร การหลอมละลายลึกสมบูรณ์ แนวเชื่อมสม่ำเสมอ ขนาดของ Throat โดยเฉลี่ย 4.28 มิลลิเมตร จึงกำหนดค่าคงที่ ไว้คือ

1. กระแสไฟเชื่อม ตั้งไว้ที่ 95 แอมแปร์
2. ความเร็วของการเคลื่อนที่ลวดเชื่อม กำหนดไว้ที่ 1.72 มิลลิเมตรต่อวินาที

คณะผู้วิจัย จึงเริ่มต้นทำการทดลองเชื่อมชิ้นงาน และเก็บรวบรวมข้อมูล ความยาวของลวดเชื่อมที่ใช้ไป และเวลาของการเชื่อม ของงานเชื่อมเดินแนว งานเชื่อมต่อมุม และงานเชื่อมต่อตัวที่ทำราบ ตามลำดับ ดังนี้

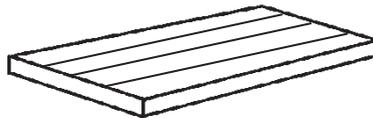
## งานเชื่อมไฟฟ้าเดินแนว

1. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ ที่ใช้ในงานเชื่อมไฟฟ้า [2]



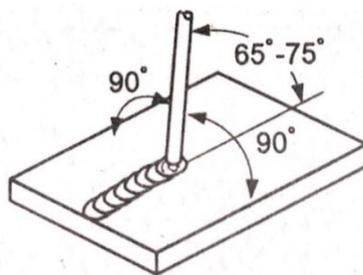
ภาพที่ 10 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานเชื่อมไฟฟ้า [2]

2. ตัดแผ่นเหล็กกล้า ความหนา 6 มิลลิเมตร ให้ได้ขนาด 50 x 150 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น และร่างแบบ โดยใช้เหล็กขีด และไม้บรรทัด บนชิ้นงาน จำนวน 3 แนว [2]



ภาพที่ 11 ชิ้นงานขนาด 50 x 150 มิลลิเมตร พร้อมที่จะทำการเชื่อม [2]

3. เริ่มต้นการเชื่อมแนวแรก โดยเริ่มอาร์ก จากจุดเริ่มต้นซ้ายมือ เดินไปจนสุดแนว แอ่งเชื่อม ด้านขวามือ จดบันทึกความยาวของลวดเชื่อมที่ใช้ไป และเวลาของการเชื่อม [12]



ภาพที่ 12 การทำมุมของลวดและชิ้นงานที่เหมาะสม [2]

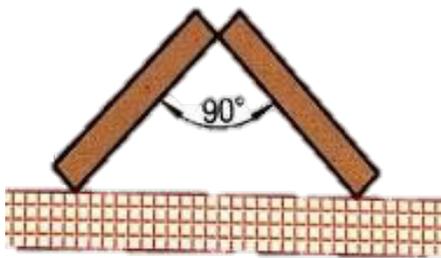
4. ทำการเชื่อมชิ้นงาน แนวที่ 2 และ แนวที่ 3 จนเสร็จ และทำความสะอาดให้เรียบร้อย [2]



ภาพที่ 13 ชิ้นงานเชื่อมเดินแนวท่าราบ ที่เสร็จแล้ว [2]

#### งานเชื่อมต่อมุม

1. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ ที่ใช้ในงานเชื่อมไฟฟ้า
2. ตัดแผ่นเหล็กกล้า ความหนา 6 มิลลิเมตร ให้ได้ขนาด 50 x 150 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น
3. นำชิ้นงานทั้ง 2 ชิ้น วางบนโต๊ะปฏิบัติงานเชื่อม ให้ขอบชิ้นงานด้านบน ตั้งฉากและแนบสนิทกัน ทำการเชื่อมยึด ที่ด้านหัวและด้านท้ายของชิ้นงาน [14]



ภาพที่ 14 ชิ้นงาน ที่เชื่อมยึดหัวท้าย พร้อมทั้งจะทำการเชื่อม [2]

4. เริ่มเชื่อมต่อมุม โดยเริ่มต้นเชื่อมจากขอบของชิ้นงานด้านซ้าย ใช้มุมเดินลวดเชื่อม ประมาณ 60-70 องศา และมุมงาน ประมาณ 90 องศา จดบันทึกความยาวของลวดเชื่อมที่ใช้ไป และเวลาของการเชื่อม เชื่อมไปจนสุดแนวเชื่อม



ภาพที่ 15 การเอียงมุมลวดเชื่อม และการเคลื่อนที่ลวดเชื่อม [2]

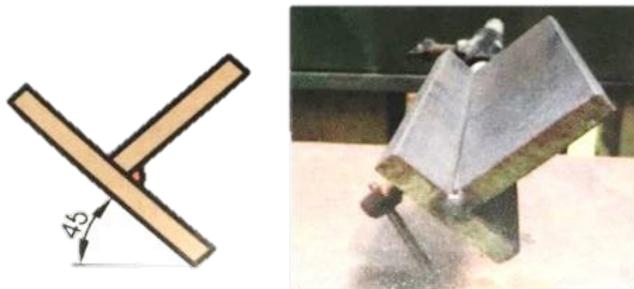
5. ตกแต่งชิ้นงาน และทำความสะอาด ให้เรียบร้อย [2]



ภาพที่ 16 ชิ้นงานเชื่อมต่อมุมุม ที่เสร็จแล้ว [2]

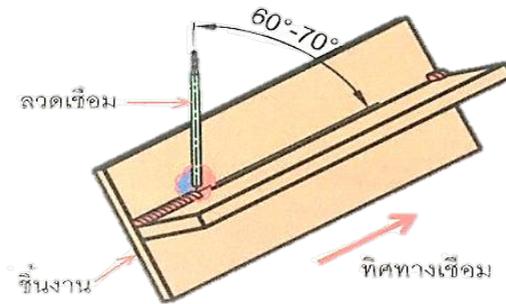
งานเชื่อมต่อตัวที่ทำราบ

1. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ ที่ใช้ในงานเชื่อมไฟฟ้า
2. ตัดแผ่นเหล็กกล้า ความหนา 6 มิลลิเมตร ให้ได้ขนาด 50 x 150 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น หลังจากนั้น นำชิ้นงานมาวางตั้งมุมงานให้ชิ้นงานทำมุม 45 องศา กับโต๊ะปฏิบัติงาน 2



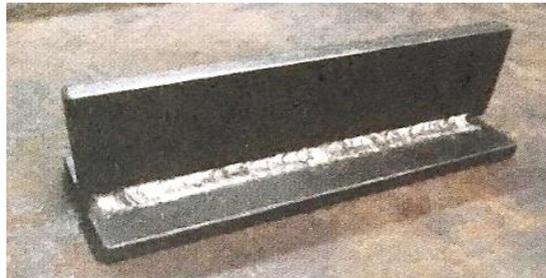
ภาพที่ 17 การมุมการวางชิ้นงาน ให้ได้ 45 องศา [2]

3. เริ่มเชื่อมเดินแนวจากขอบชิ้นงานด้านซ้ายโดยตั้งมุม เดินลวดเชื่อมประมาณ 60-70 องศา กับชิ้นงาน จดบันทึกความยาวของลวดเชื่อมที่ใช้ไป และเวลาของการเชื่อม [2]



ภาพที่ 18 การเคลื่อนที่ลวดเชื่อมในงานเชื่อมต่อตัวที่ท่าราบ [2]

4. เชื่อมชิ้นงานจนสุดความยาว และทำความสะอาดชิ้นงาน ให้เรียบร้อย [2]



ภาพที่ 19 ชิ้นงานเชื่อมต่อตัวที่ท่าราบ ที่เสร็จแล้ว [2]

### การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อทำการเก็บข้อมูลความยาวของลวดเชื่อมที่ใช้ไป หน่วยเป็นมิลลิเมตร และข้อมูลเวลาของการเชื่อม หน่วยเป็นวินาที ในการเชื่อมแต่ละใบงานแล้ว คณะผู้วิจัย ได้นำข้อมูลความยาวของลวดเชื่อมที่ใช้ไป หาดด้วย เวลาที่ใช้ในการบ่อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เพื่อคำนวณความเร็วเฉลี่ยที่เหมาะสม ในการบ่อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เข้าไปที่บ่อหลอมเหลว ซึ่งเปรียบเสมือน เป็นการควบคุมระยะอาร์ก ให้คงที่ สม่ำเสมอ นั่นเอง

### ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัย เพื่อหาค่าความเร็ว ที่ใช้ในการบ่อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เข้าไปที่บ่อหลอมเหลว (การควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า โดยจดบันทึก ความยาว

ของลวดเชื่อมที่ใช้ไป และเวลาที่ใช้ในการเชื่อม เพื่อคำนวณหาค่าความเร็วเฉลี่ย ที่เหมาะสม ในการเชื่อมลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เข้าที่บ่อหลอมเหลว (การควบคุมระยะอาร์ก) มีดังนี้

**ตารางที่ 1** ความเร็วเฉลี่ย ใช้ในการเชื่อมลวดเชื่อมไฟฟ้า เข้าไปที่บ่อหลอมเหลว (การควบคุม ระยะอาร์ก) ที่เหมาะสม สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ในงานเชื่อมดินแนว

Welder	เชื่อมครั้งที่ 1	เชื่อมครั้งที่ 2	เชื่อมครั้งที่ 3	ความเร็วเฉลี่ย ที่ใช้ในการ เชื่อมลวดเชื่อม (mm./sec)
Teacher 1	3.95	3.90	3.92	3.92
Teacher 2	3.94	3.92	3.93	3.93
Teacher 3	3.80	3.90	3.85	3.85
Teacher 4	3.86	3.80	3.90	3.85
Student 1	3.80	3.80	3.80	3.80
Student 2	3.90	3.90	3.90	3.90
Student 3	3.80	3.80	3.80	3.80
Student 4	3.95	3.95	3.95	3.95
Average				3.88

จากตารางที่ 1 พบว่า ความเร็วที่ใช้ในการเชื่อมลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เข้าไปที่บ่อ หลอมเหลว (การควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ในงานเชื่อมดินแนว ที่ เหมาะสม โดยเฉลี่ย 3.88 มิลลิเมตรต่อวินาที

**ตารางที่ 2** ความเร็วเฉลี่ย ใช้ในการเชื่อมลวดเชื่อมไฟฟ้า เข้าไปที่บ่อหลอมเหลว (การควบคุม ระยะอาร์ก) ที่เหมาะสม สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ในงานงานเชื่อมต่อมูม

Welder	เชื่อมครั้งที่ 1	เชื่อมครั้งที่ 2	เชื่อมครั้งที่ 3	ความเร็วเฉลี่ย ที่ใช้ในการ เชื่อมลวดเชื่อม (mm./sec)
Teacher 1	4.25	4.35	4.28	4.29
Teacher 2	4.20	4.28	4.35	4.28
Teacher 3	4.28	4.30	4.35	4.31
Teacher 4	4.30	4.35	4.28	4.31
Student 1	4.23	4.40	4.35	4.33
Student 2	4.30	4.35	4.30	4.32
Student 3	4.40	4.35	4.30	4.35
Student 4	4.28	4.25	4.20	4.24
Average				4.30

จากตารางที่ 2 พบว่า ความเร็ว ที่ใช้ในการบ่อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เข้าไปที่บ่อ หลอมเหลว (การควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ในงานเชื่อมต่อมุม ที่เหมาะสม โดยเฉลี่ย 4.30 มิลลิเมตรต่อวินาที

**ตารางที่ 3** ความเร็วเฉลี่ย ใช้ในการบ่อนลวดเชื่อมไฟฟ้า เข้าไปที่บ่อหลอมเหลว (การควบคุม ระยะอาร์ก) ที่เหมาะสมสำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ในงานเชื่อมต่อตัวที่ท่าราบ

Welder	เชื่อมครั้งที่ 1	เชื่อมครั้งที่ 2	เชื่อมครั้งที่ 3	ความเร็วเฉลี่ย ที่ใช้ในการ บ่อนลวดเชื่อม (mm./sec)
Teacher 1	4.95	5.10	5.10	5.05
Teacher 2	5.14	5.24	5.18	5.19
Teacher 3	4.90	4.95	5.15	5.00
Teacher 4	4.86	5.00	5.10	4.99
Student 1	4.80	4.95	5.20	4.98
Student 2	5.30	5.25	5.20	5.25
Student 3	5.10	5.15	5.18	5.14
Student 4	5.25	5.20	5.13	5.19
Average				5.10

จากตารางที่ 3 พบว่า ความเร็ว ที่ใช้ในการบ่อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เข้าไปที่บ่อ หลอมเหลว (การควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ในงานเชื่อมต่อตัวที่ท่าราบ ที่ เหมาะสม โดยเฉลี่ย 5.10 มิลลิเมตรต่อวินาที

### ผลการวิจัย

การศึกษาความเร็ว ที่ใช้ในการบ่อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เข้าไปที่บ่อหลอมเหลว (การ ควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า พบว่า ความเร็ว ที่ใช้ในการบ่อนลวดเชื่อมหุ้มฟ ลักซ์ (การควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ของงานเชื่อมเดินแนว ที่เหมาะสม โดยเฉลี่ย 3.88 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็ว ที่ใช้ในการบ่อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (การ ควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ในงานเชื่อมต่อมุม ที่เหมาะสม โดยเฉลี่ย 4.30 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็ว ที่ใช้ในการบ่อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (การควบคุมระยะ อาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ในงานเชื่อมต่อตัวที่ท่าราบ ที่เหมาะสม โดยเฉลี่ย 5.10 มิลลิเมตรต่อวินาที [5]

## การอภิปรายผลการวิจัย

1. จากข้อจำกัดด้านงบประมาณ หากใช้ผู้ทดสอบมากกว่านี้ ค่าตัวเลขที่ได้จะมีความเชื่อมั่นมากยิ่งขึ้น

2. นำผลการวิจัยนี้ ไปใช้เป็นข้อมูลในการจัดการเรียนการสอนรายวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัสวิชา 2100 - 1005

## ข้อเสนอแนะ

ผลของการวิจัย ซึ่งพบ ความเร็ว ที่ใช้ในการป้อนลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (การควบคุมระยะอาร์ก) สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า ของงานเชื่อมเดินแนว งานเชื่อมต่อมุม และงานเชื่อมต่อตัวที่ทำราบ ที่เหมาะสม โดยมีค่าเฉลี่ยที่น่าเชื่อถือได้ หากมีผู้สนใจ นำข้อมูลผลการวิจัยนี้ ไปประดิษฐ์เครื่องฝึกและทดสอบการฝึกเดินแนวเชื่อมระบบอัตโนมัติ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ต่อการจัดการเรียนการสอนด้านงานเชื่อมด้วย

## เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2558). การกำหนดวัตถุประสงค์และนโยบายของแผนการศึกษา ระยะที่ 12 (2558-2562). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองนโยบายและแผนการศึกษา.
- [2] นริศ ศรีเมฆ และพิชัย โอภาสอนันต์. (2556). งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, กรุงเทพมหานคร.
- [3] ประทีป กระจับทุกซ์. (2547). งานเชื่อมโลหะ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด.
- [4] สุชาติ กิจพิทักษ์. (2541). งานเชื่อมโลหะเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เม็ดยุทธพรรัตน์ตั้ง.
- [5] LINCOLN ELECTRIC. (1973). THE PROCEDURE HANDBOOK OF ARC WELDING, 12 th ed.,CLEVELAND, OHIO, THE LINCOLN ELECTRIC COMPANY.