บทเรียนที่ 2

การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

สาระสำคัญ

การเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้าเป็นกระบวนการเชื่อมที่เก่าแก่ และเป็นที่นิยมกันมากอย่างแพร่หลาย ใช้สำหรับเชื่อมซ่อมแซมชิ้นส่วนโลหะที่ชำรุดหรือประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน ซึ่งในระยะแรกนั้นคุณภาพแนวเชื่อมยังไม่ดีนัก ปัจจุบันเทคโนโลยีการเชื่อมได้ก้าวหน้าไปมาก มีการปรับปรุงทั้งด้านกรรมวิธีการเชื่อมและคุณภาพของแนวเชื่อม นอกจากนั้นยังมีการคิดค้นกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าเพิ่มเติมอีกมากมาย เช่น การเชื่อมแบบมิก (MIG) การเชื่อมแบบทิก (TIG) การเชื่อมแบบใต้ฟลักซ์ (SAW) การเชื่อมแบบพลาสมา (PAW) และอื่น ๆ ในบทเรียนนี้จะกล่าวเฉพาะการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดหุ้มฟลักซ์เท่านั้น

สาระการเรียนรู้

1. หลักการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
2. การเริ่มต้นอาร์ก
3. องค์ประกอบในการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
4. ตำแหน่งท่าเชื่อมและชนิดของรอยต่อ
5. เทคนิคการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับบทเรียน

ประยุกต์ใช้หลักการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ด้วยความถูกต้อง รอบคอบ และปลอดภัย

สมรรถนะประจำบทเรียน

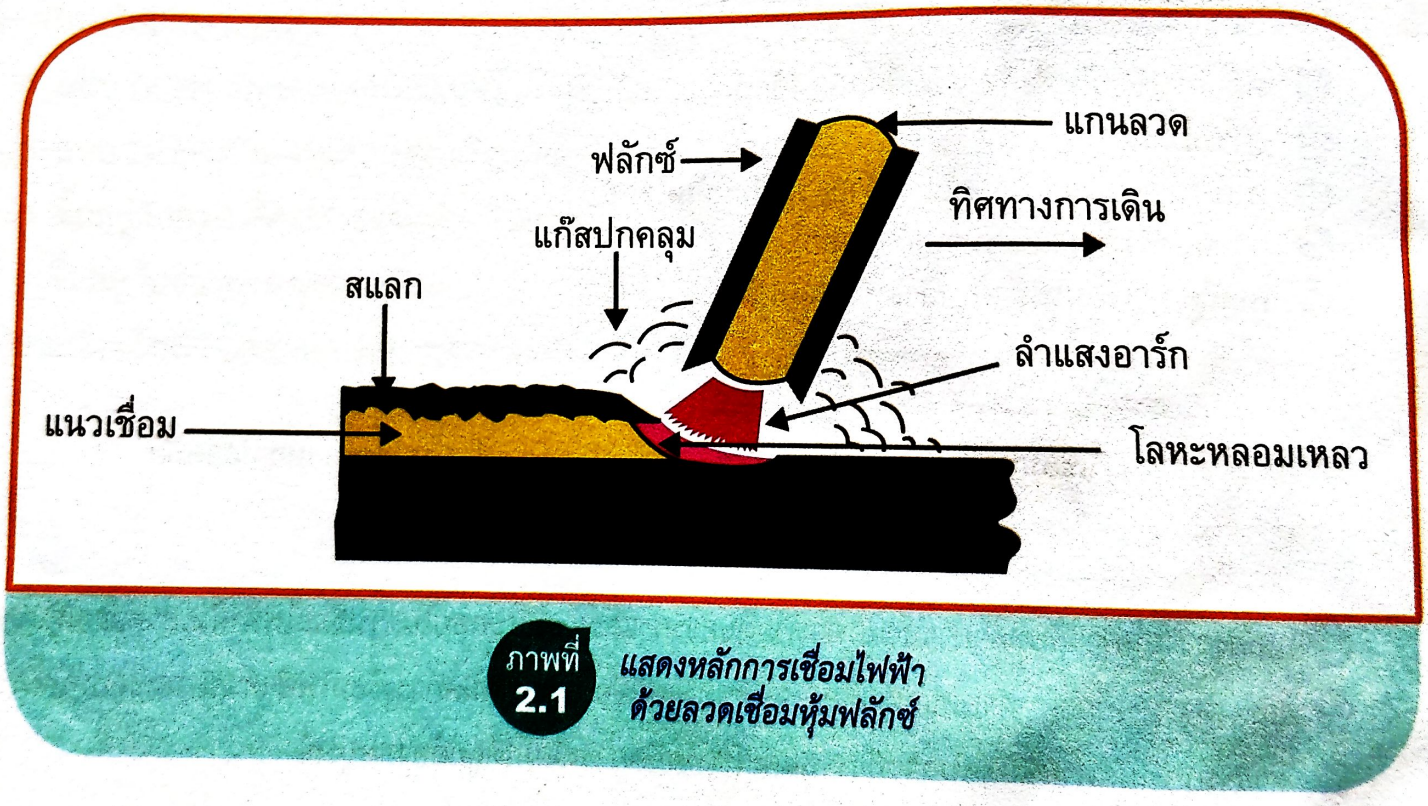
1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการเชื่อม การเริ่มต้นอาร์ก และองค์ประกอบในการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
2. แสดงความรู้เกี่ยวกับตำแหน่งท่าเชื่อม ชนิดของรอยต่อ และเทคนิคการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
3. สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานและใช้เทคนิคการเชื่อมได้ถูกต้องสมบูรณ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายเกี่ยวกับการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ได้
2. มีทักษะเกี่ยวกับการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
3. มีเจตคติที่ดีต่องานอาชีพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซื่อสัตย์สุจริต มีระเบียบวินัย ปฏิบัติตนตามแบบแผนหรือข้อบังคับที่สอดคล้องกับมาตรฐานในการปฏิบัติที่ดีของคนในสังคม มีความรับผิดชอบต่องานอาชีพ
4. ประยุกต์ใช้หลักการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ที่เหมาะสมและถูกต้อง

หลักการเชื่อมไฟฟ้า ด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์เป็นกระบวนการเชื่อมที่นิยมอย่างแพร่หลายและเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เป็นการเชื่อมที่เกิดจากการอาร์กระหว่างผิวหน้าโลหะชิ้นงานกับปลายลวดเชื่อม ความร้อนเกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดเชื่อมไปยังชิ้นงาน ทำให้ลวดเชื่อมหลอมละลายรวมตัวกับชิ้นงาน โดยมีฟลักซ์เป็นตัวปกคลุมแนวเชื่อมเพื่อป้องกันไม่ให้ออกซิเจนในอากาศรวมตัวกับแนวเชื่อม ดังแสดงในภาพที่ 2.1

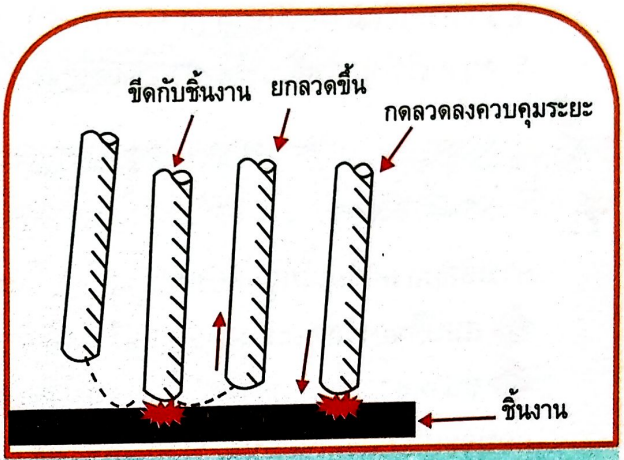


ภาพที่ 2.1 แสดงหลักการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

การเริ่มต้นอาร์ก

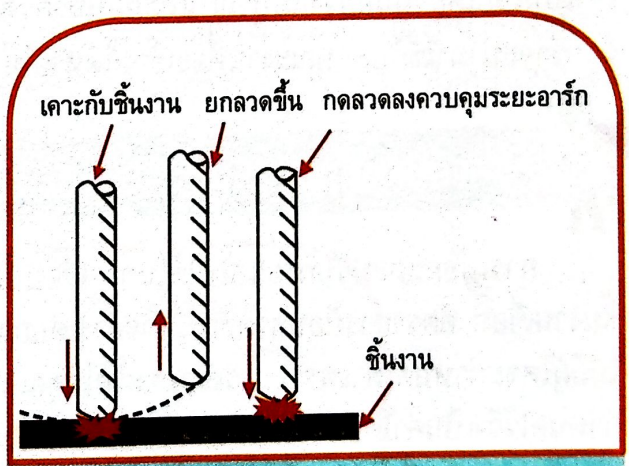
การเริ่มต้นอาร์ก (Strike the Arc) เป็นขั้นตอนที่มีความยุ่งยากสำหรับผู้เริ่มฝึกปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า ซึ่งมักทำให้ลวดเชื่อมติดกับชิ้นงาน ต้องมีการฝึกปฏิบัติในการเริ่มต้นอาร์กให้เกิดความชำนาญเสียก่อน ดังนั้น ผู้ฝึกเชื่อมควรต้องรู้วิธีการอาร์กเสียก่อน ซึ่งการเริ่มต้นอาร์กโดยทั่วไปนิยมใช้กัน 2 วิธี ดังนี้

1 วิธีขีดหรือเขี่ย (Scratch Method) เป็นวิธีเริ่มต้นอาร์กโดยใช้ปลายลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ขีดลงบนชิ้นงานที่จะเชื่อม ซึ่งมีลักษณะเดียวกับที่เราจุดไม้ขีดไฟ เมื่อปลายลวดเชื่อมสัมผัสกับชิ้นงาน กระแสไฟจะไหลผ่านจากลวดเชื่อมไปยังชิ้นงาน จากนั้นทำการยกลวดเชื่อมขึ้นให้ห่างจากชิ้นงาน เพื่อให้เกิดการอาร์กแล้วค่อยลดลวดเชื่อมลงรักษาระยะอาร์ก โดยให้ระยะห่างไม่เกินขนาดความโตของแกนลวดเชื่อม วิธีนี้เหมาะสำหรับผู้ฝึกเชื่อมมือใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แสดงการเริ่มต้นอาร์กวิธีขีดหรือเขี่ย

2 วิธีเคาะหรือแตะ (Tapping Method) เป็นวิธีการอาร์กโดยใช้ปลายลวดเชื่อมเคาะลงบนชิ้นงานที่จะทำการเชื่อม เมื่อปลายลวดเชื่อมสัมผัสกับชิ้นงานกระแสไฟจะไหลผ่านจากลวดเชื่อมไปยังชิ้นงาน จากนั้นทำการยกลวดเชื่อมขึ้นให้ห่างจากชิ้นงานเพื่อให้เกิดการอาร์กแล้วค่อยลดลวดเชื่อมลง โดยให้ระยะห่างไม่เกินขนาดความโตของแกนลวดเชื่อม เหมาะสำหรับช่างเชื่อมที่มีความชำนาญแล้ว ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงการเริ่มต้นอาร์กวิธีเคาะหรือแตะ

องค์ประกอบในการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

การควบคุมคุณภาพแนวเชื่อมให้มีประสิทธิภาพมีองค์ประกอบต่าง ๆ หลายประการแต่อย่างน้อยต้องมีพื้นฐาน 5 องค์ประกอบ (CCA - AT) ดังนี้

1. การเลือกลวดเชื่อม (C: Correct Electrode)
2. การเลือกและปรับกระแสไฟ (C: Correct Current)
3. ระยะอาร์ก (A: Arc Length)
4. มุมลวดเชื่อม (A: Angle of Electrode)
5. ความเร็วในการเดินลวด (T: Travel Speed)

องค์ประกอบที่ 1 การเลือกลวดเชื่อม (C: Correct Electrode)

การเลือกลวดเชื่อมให้ถูกต้องเหมาะสมกับโลหะงาน มีสิ่งที่ต้องพิจารณา ดังนี้

1. สมบัติของวัสดุจะต้องเหมือนหรือใกล้เคียงกับชิ้นงาน
2. ขนาดลวดเชื่อมและสมบัติเฉพาะของลวดเชื่อม ลักษณะรอยต่อที่ใช้ ชนิดกระแสไฟที่ใช้

ก่อนจะเลือกลวดเชื่อมนั้น จะต้องพิจารณาและตรวจสอบส่วนผสมของโลหะที่จะนำมาเชื่อมก่อน เมื่อทราบว่าโลหะที่นำมาเชื่อมนั้นเป็นโลหะอะไร ใช้ทำงานอะไรอยู่มีส่วนผสมของธาตุอะไรบ้าง ถ้าไม่ทราบข้อมูลอาจต้องเจียระไนเพื่อวิเคราะห์ประกายไฟว่าเป็นเหล็กชนิดใด จากนั้นจึงพิจารณาเลือกลวดเชื่อมมาใช้ซึ่งลวดเชื่อมที่เติมลงไปจะต้องมีส่วนผสมของธาตุเช่นเดียวกับชิ้นงานจึงจะสามารถหลอมละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกันอย่างสมบูรณ์ และก่อนนำลวดเชื่อมมาใช้จะต้องพิจารณาการใช้ลวดเชื่อมจากคู่มือด้วยว่าจะนำมาใช้กับลักษณะงานที่จะเชื่อมได้หรือไม่

องค์ประกอบที่ 2 การเลือกและปรับกระแสไฟ (C: Correct Current)

การเลือกและปรับกระแสไฟใช้ในการเชื่อมนั้นต้องสัมพันธ์กับขนาดของลวดเชื่อม ความหนาของชิ้นงานเชื่อม อัตราการป้อนลวดเชื่อมและการเดินลวดเชื่อมด้วยกระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อมที่เหมาะสมที่สุดไม่มีผู้ใดจะกำหนดได้ เพราะการเชื่อมจะให้ได้คุณภาพนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง ดังนั้นค่าที่กำหนดไว้จึงเป็นค่าโดยประมาณ เช่น ลวดเชื่อมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มิลลิเมตร ควรใช้กระแสไฟตั้งแต่ 80-120 แอมป์ เพื่อให้ช่างเชื่อมเลือกใช้ตามความเหมาะสม ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

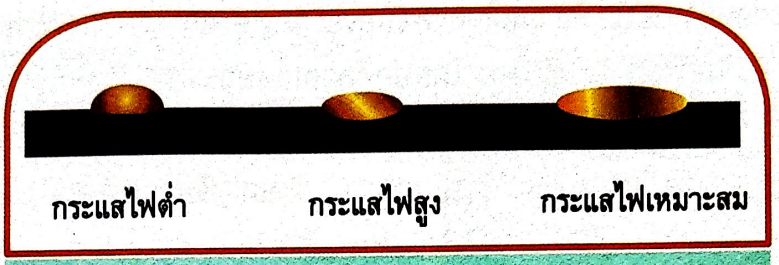
1. **ชนิดของกระแสไฟ** ขึ้นอยู่กับชนิดของลวดเชื่อม ขนาดของชิ้นงาน ประเภทของชิ้นงานที่ใช้ว่ากำหนดให้ใช้กระแสไฟชนิดใด ถ้าใช้ผิดประเภทคุณภาพแนวเชื่อมจะไม่ดีเท่าที่ควร เช่น DCEP และ DCEN ทำให้ผลของการหลอมละลายลึกต่างกัน

2 ปริมาณกระแสไฟ ขึ้นอยู่กับขนาดความหนาของชิ้นงาน และขนาดของลวดเชื่อม ถ้าปรับกระแสสูงเกินไป บ่อหลอมละลายจะกว้างและควบคุมยาก ถ้าปรับต่ำเกินไป ชิ้นงานอาจไม่หลอมละลาย ผลจากการตั้งกระแสไฟในการเริ่มต้นอาร์ก แบ่งได้ 3 ระดับ คือ

2.1 **การตั้งกระแสไฟสูง** ผลที่เกิดคือ เริ่มต้นอาร์กง่าย อาร์กรุนแรง มีเม็ดโลหะมาก มีเสียงดัง แนวเชื่อมแบน มีอัตราการสิ้นเปลืองลวดเชื่อมมาก ลวดเชื่อมและชิ้นงานมีความร้อนสูงมาก ทำให้เกิดรอยกัดแหว่งที่ขอบของชิ้นงาน (Undercut)

2.2 **การตั้งกระแสไฟต่ำ** ผลที่เกิดคือ เริ่มต้นอาร์กยาก แนวเชื่อมนูนมาก เชื่อมได้ช้า การอาร์กไม่สม่ำเสมอ ชิ้นงานมีความร้อนต่ำ ทำให้การหลอมละลายของชิ้นงานไม่ดี

2.3 **การตั้งกระแสไฟเหมาะสม** ผลที่เกิดคือ อาร์กง่าย เกิดเม็ดโลหะน้อย แนวเชื่อมสม่ำเสมอ ไม่กว้างหรือนูนเกินไป การอาร์กสม่ำเสมอ ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 *แสดงการเปรียบเทียบผลของการตั้งกระแสไฟเชื่อม*

องค์ประกอบที่ 3 ระยะอาร์ก (A: Arc Length)

ระยะอาร์ก หมายถึง ระยะห่างระหว่างปลายลวดเชื่อมกับผิวหน้าของชิ้นงาน ระยะอาร์กที่นิยมใช้เท่ากับความโตของเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนลวดเชื่อม ทั้งนี้ขณะทำการเชื่อมผู้ปฏิบัติการเชื่อมไม่สามารถวัดระยะได้ ผู้ที่ฝึกเชื่อมจนกระทั่งชำนาญแล้วจะควบคุมระยะอาร์ก โดยการดูน้ำโลหะเหลว ฟังเสียงและการกระเด็นของเม็ดโลหะ ระยะอาร์กมีผลต่อคุณภาพของแนวเชื่อม ดังนี้

1 ระยะอาร์กสูงเกินไป มีผลทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นจะแผ่กระจายไปบนผิวหน้าชิ้นงานมาก และแก๊สที่ปกคลุมแนวเชื่อมอาจไม่เพียงพอ แนวเชื่อมจะมีลักษณะกว้าง แบนราบ แนวไม่สม่ำเสมอหรือไม่เป็นแนว เม็ดโลหะกระเด็นมาก การอาร์กรุนแรง ความแข็งแรงของแนวเชื่อมน้อยลง ควบคุมแนวเชื่อมได้ยาก ดังแสดงในภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.5 *แสดงการเชื่อมที่เกิดจากการใช้ระยะอาร์กยาวเกินไป*

2 ระยะอาร์กต่ำเกินไป จะทำให้ความร้อนจากการอาร์กต่ำเกินไปแนวเชื่อมจะมีลักษณะแคบนูนสูง การหลอมละลายน้อย การอาร์กไม่สม่ำเสมอ การหลอมละลายของชิ้นงานน้อย ความแข็งแรงของแนวเชื่อมน้อยลง และปลายลวดเชื่อมอาจติดกับชิ้นงานได้ง่าย

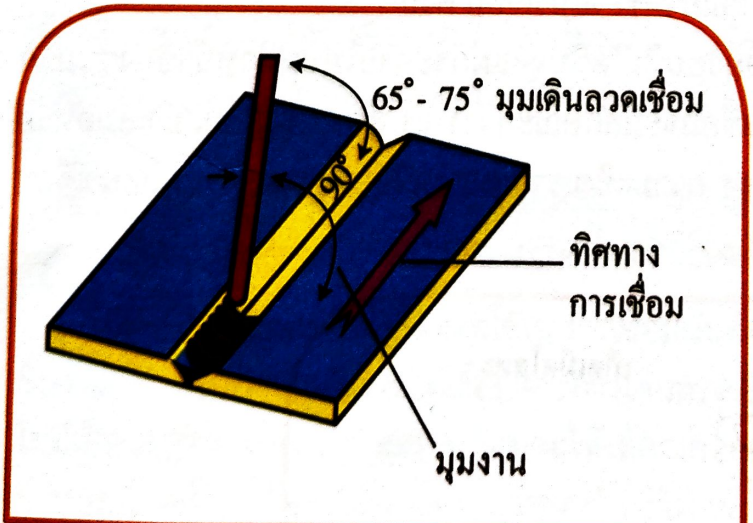
3 ระยะอาร์กที่เหมาะสม มีผลทำให้การรวมตัวของอากาศภายนอกกับโลหะหลอมละลายได้ยาก มีการอาร์กที่สม่ำเสมอเกิดเม็ดโลหะน้อยแนวเชื่อมมีขนาดความกว้างและนูนเหมาะสมแนวเชื่อมมีความแข็งแรงสูง

องค์ประกอบที่ 4 มุมลวดเชื่อม (A: Angle of Electrode)

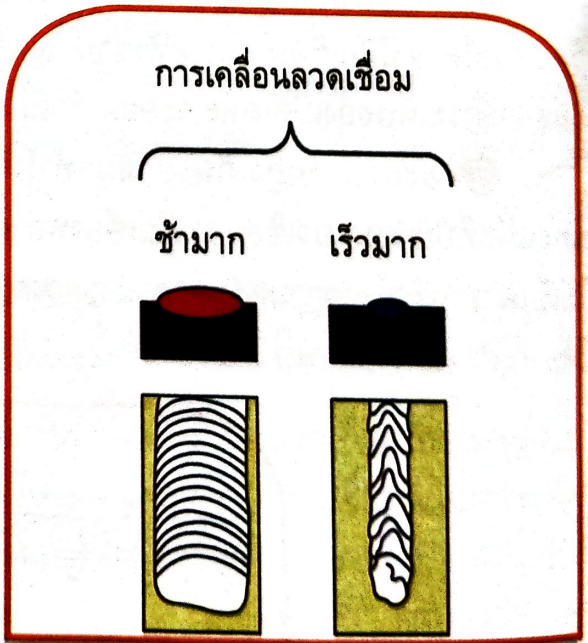
มุมของลวดเชื่อมมีผลทำให้การควบคุมแนวเชื่อมให้เป็นไปตามความต้องการและแนวเชื่อมมีคุณภาพ มุมในการเชื่อมจะประกอบด้วย 2 มุม คือ มุมเดินลวด (Travel Angle) และมุมงาน (Work Angle) มุมเดินลวดจะมีทิศทางไปทางเดียวกับการเดินแนวเชื่อม โดยปกติลวดเชื่อมจะทำมุมกับชิ้นงานประมาณ 65°-75° ในการเชื่อมท่าราบ มุมงานจะมีทิศทางขวางกับการเดินแนวเชื่อม หรือมุมที่ลวดทำมุมกับชิ้นงานโดยมองจากด้านข้าง เช่น กรณีท่าราบลวดเชื่อมจะทำมุมกับชิ้นงาน 90° ดังแสดงในภาพที่ 2.6

องค์ประกอบที่ 5 ความเร็วในการเดินลวด (T: Travel Speed)

ในการเดินลวดเชื่อมต้องสังเกตน้ำโลหะที่กำลังหลอมละลายติดต่อกันอย่างเป็นระเบียบและต่อเนื่อง ความเร็วในการเดินเร็วเกินไปจะทำให้บ่อหลอมละลายแคบหรือตื้นเกินไป สารมลทินและแก๊สต่าง ๆ จะรวมตัวในแนวเชื่อมได้ง่าย ส่วนการเดินช้าเกินไปแนวเชื่อมจะกว้างนูนมากเกินไป และความร้อนสะสมในชิ้นงานมาก ดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.6 แสดงมุมระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงานในการเชื่อมท่าราบ



ภาพที่ 2.7 แสดงผลการใช้ความเร็วในการเดินลวด

ตำแหน่งท่าเชื่อมและชนิดของรอยต่อ

ตำแหน่งท่าเชื่อมที่สามารถทำการเชื่อมได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ การเชื่อมท่าราบ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถเลือกท่าเชื่อมได้ขึ้นอยู่กับสภาพของงานที่ทำอยู่ ตำแหน่งท่าเชื่อมแบ่งได้ ดังนี้

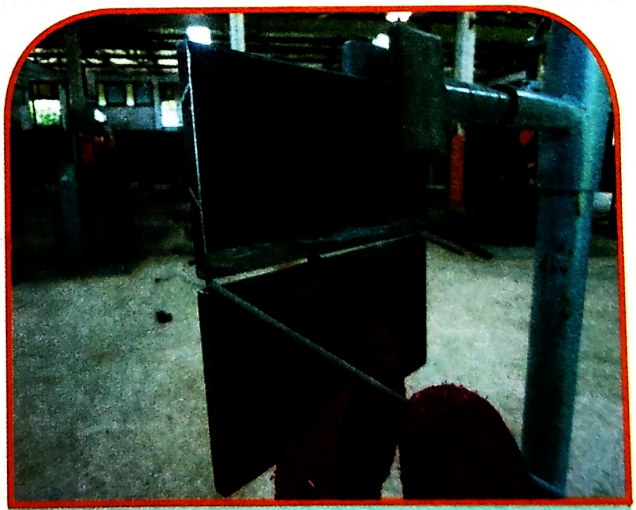
ตำแหน่งท่าเชื่อม

ประกอบด้วย 4 ตำแหน่งท่าเชื่อม ดังนี้

1 **ท่าราบ (Flat Position)** เป็นท่าที่เชื่อมง่าย เพราะสามารถควบคุมบ่อหลอมละลายได้ง่าย แรงดึงดูดของโลกไม่มีผลต่อน้ำโลหะมากนักเนื่องจากบ่อหลอมละลายอยู่บนรอยต่อของงาน ดังแสดงในภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8 *แสดงการเชื่อมท่าราบ*

2 **ท่าขนานนอน (Horizontal Position)** การเชื่อมท่าขนานนอนแรงดึงดูดของโลกจะทำให้น้ำโลหะไหลย้อยลงมาด้านล่าง ซึ่งผู้ฝึกเชื่อมต้องควบคุมเป็นพิเศษ ดังแสดงในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 *แสดงการเชื่อมท่าขนานนอน*

3 ท่าตั้ง (Vertical Position) การเชื่อมท่านี้รอยเชื่อมจะอยู่ในแนวดิ่ง ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ การเชื่อมจากล่างขึ้นไปข้างบนเรียกว่า การเชื่อมท่าตั้งเชื่อมขึ้น (Vertical Up) และการเชื่อมจากข้างบนลงมาข้างล่าง เรียกว่า การเชื่อมท่าตั้งเชื่อมลง (Vertical Down) ดังแสดงในภาพที่ 2.10

ภาพที่ 2.10 แสดงการเชื่อมท่าตั้งเชื่อมขึ้น

4 ท่าเหนือศีรษะ (Overhead Position) เป็นการเชื่อมที่แนวเชื่อมอยู่ด้านล่างของรอยต่อ ลวดเชื่อมจะอยู่ใต้ชิ้นงานที่จะเชื่อมเป็นท่าเชื่อมที่ยากที่สุดจะทำให้เกิดการหลอมละลายลึกที่ดีได้ยาก เนื่องจากแรงดึงดูดของโลกมีผลทำให้น้ำโลหะหยดลงมา และผู้เชื่อมก็อาจจะได้รับอันตรายจากการเชื่อม อันเนื่องมาจากสะเก็ดไฟและน้ำโลหะที่จะย้อยลงมา ผู้เชื่อมจะต้องมีการเตรียมตัวที่ดีและสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายให้ครบ ดังแสดงในภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11 แสดงการเชื่อมท่าเหนือศีรษะ

ชนิดของรอยต่อ

ชนิดของรอยต่อ ประกอบด้วย 5 ชนิดรอยต่อ ดังนี้

1 **รอยต่อชน (Butt Joint)** เป็นการนำขอบงานทั้งสองชิ้นมาวางให้ขอบชนกัน ซึ่งจะมีการเว้นช่องว่างหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับความหนาของงาน ดังแสดงในภาพที่ 2.12

2 **รอยต่อเกย (Lap Joint)** ลักษณะการต่อเป็นการนำชิ้นงานสองชิ้นมาซ้อนเกยกัน ซึ่งมีข้อดีคือไม่ต้องเสียเวลาในการเตรียมงานมาก การต่อเกยที่ดีนั้นควรให้ชิ้นงานทั้งสองชิ้นวางซ้อนกันแนบสนิทตลอดความยาว ดังแสดงในภาพที่ 2.13

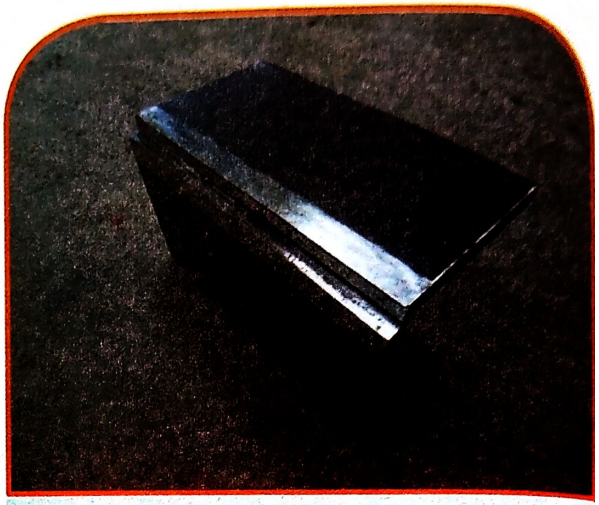
ภาพที่ 2.12 *แสดงรอยต่อชน*

ภาพที่ 2.13 *แสดงรอยต่อเกย*

3 **รอยต่อขอบ (Edge Joint)** โดยทั่วไปใช้ออกแบบสำหรับงานบาง ๆ การต่องานลักษณะนี้สามารถกระทำได้ง่าย รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก ดังแสดงในภาพที่ 2.14

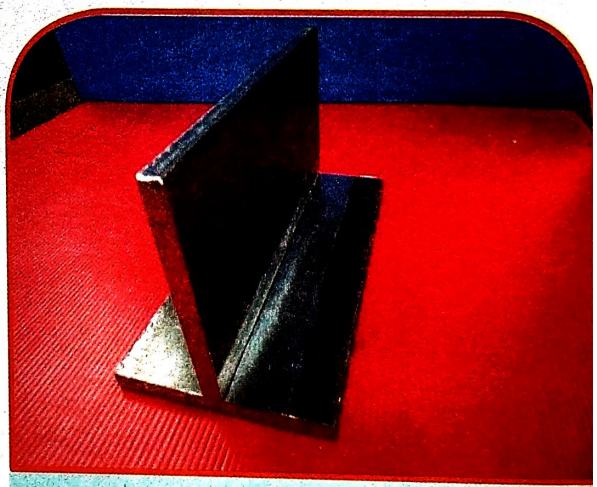
ภาพที่ 2.14 *แสดงรอยต่อขอบ*

4 รอยต่อมุม (Corner Joint) การต่อมุมนี้มีลักษณะการต่อคล้ายกับการเชื่อมรอยต่อตัวที (T-Joint) แตกต่างกันที่การวางรอยต่อมุมนั้น จะวางตั้งฉากกับบริเวณขอบของชิ้นงานทั้งสอง การเชื่อมต่อมุมจึงสามารถเชื่อมได้ทั้งรอยต่อมุมภายในและรอยต่อมุมภายนอก (Inside and Outside Corner Joint Weld) ดังแสดงในภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 *แสดงรอยต่อมุม*

5 รอยต่อตัวที (T-Joint) การต่อจะวางชิ้นงานตั้งฉากกันบนความกว้างของงานอีกแผ่นหนึ่ง การต่อลักษณะนี้จะมีหน้าตัดแนวเชื่อมแบบสามเหลี่ยมและมีการเติมลวดเชื่อมเพื่อให้งานมีความแข็งแรง นิยมใช้กันมากในการประกอบโครงสร้างของการสร้างอาคาร ดังแสดงในภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 *แสดงรอยต่อตัวที*

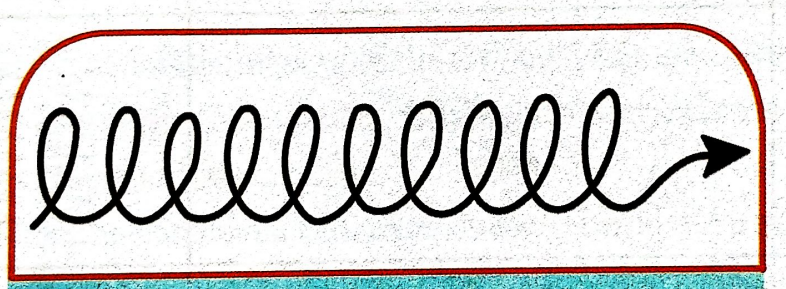
เทคนิคการเชื่อมไฟฟ้า ด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

ในการเชื่อมไฟฟ้า จะมีเทคนิคการเชื่อมที่แตกต่างกันตามตำแหน่งการเชื่อมและรอยต่อ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานเชื่อมจำเป็นจะต้องศึกษาและฝึกให้มีความชำนาญ เพื่อให้ได้งานเชื่อมที่มีคุณภาพ

การเคลื่อนที่และการส่ายลวดเชื่อม

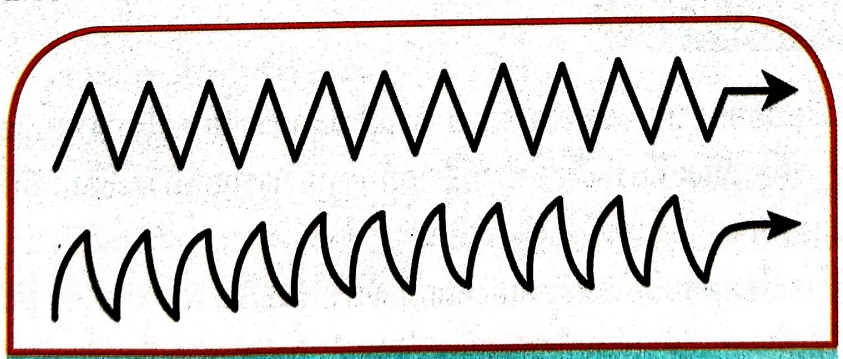
การเชื่อมเพื่อให้ได้แนวเชื่อมที่สมบูรณ์ ทั้งแนวกว้างและแนวแคบต้องอาศัยการหลอมละลายลึกที่ดี ซึ่งมีเทคนิควิธีการเคลื่อนที่และการส่ายลวดเชื่อม ดังนี้

1. **การเคลื่อนที่เพื่อป้อนลวดโดยไม่ส่ายลวด** ถ้าเป็นการฝึกใหม่ ๆ มือจะสั่นเล็กน้อยก็เหมือนกับการส่ายแนวเป็นวงกลมเล็ก ๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 *แสดงการเคลื่อนที่เพื่อป้อนลวดโดยไม่ส่ายลวด*

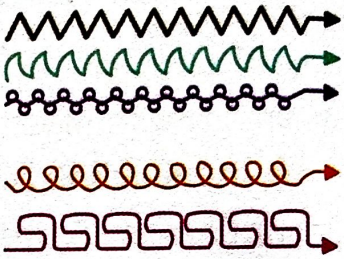
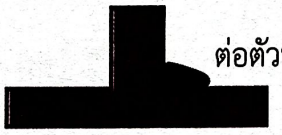
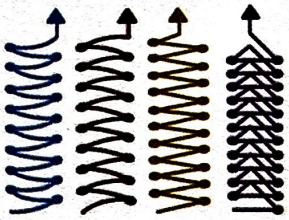
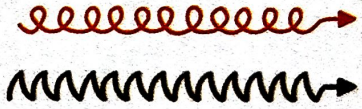
2. **การเคลื่อนที่และการส่ายสลับไขว้ไปทางซ้ายและทางขวา** โดยไม่ต้องหยุดตรงกลางแนวเชื่อม ดังแสดงในภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 *แสดงการเคลื่อนที่และการส่ายสลับไขว้ไปทางซ้ายและทางขวา*

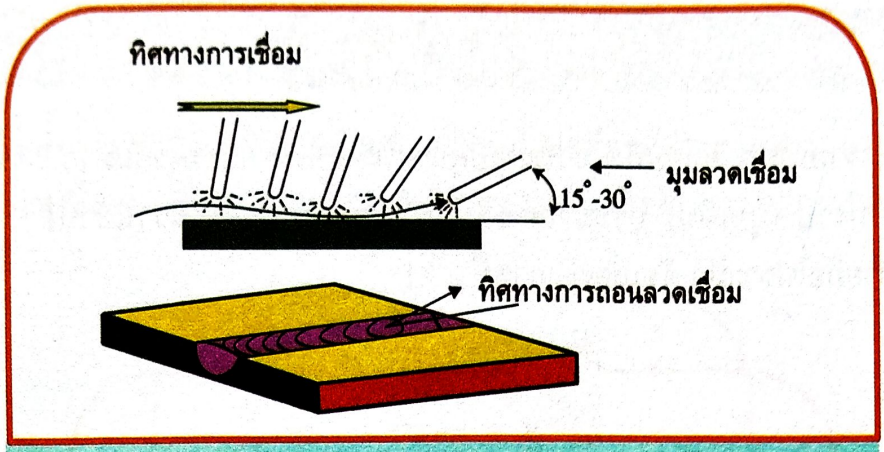
3 การเคลื่อนที่เดินหน้าถอยหลังตามแนวยาว วิธีนี้มักจะนิยมใช้กับการเชื่อมต่อชนแนวหลอมละลายลึกแนวแรก การเดินหน้า คือ การให้ความร้อนชิ้นงาน การถอยหลัง คือ การเติมแนวเชื่อม เพื่อควบคุมรูกุญแจ (Key Hole) การเคลื่อนที่และการส่ายลวดเชื่อมเป็นอีกเทคนิควิธีหนึ่งที่ผู้ฝึกเชื่อมใหม่จะต้องเรียนรู้ในเบื้องต้น เพื่อเป็นแนวทางในการฝึกปฏิบัติ เพราะการเคลื่อนและการส่ายลวดเชื่อมจะเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งท่าเชื่อม ขนาดของชิ้นงาน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงตำแหน่งท่าเชื่อมและการเคลื่อนและส่ายลวดเชื่อม

ตำแหน่งการเชื่อม	ลักษณะรอยต่อ	การเคลื่อนเพื่อป้อนและการส่ายลวดเชื่อม	
ท่าราบ	ต่อชน	เชื่อมแนวแรก	
		เชื่อมแนวสุดท้าย	
ท่าขนานนอน	ต่อตัวที 		
ท่าตั้ง	- ต่อชน - ต่อตัวที		
ท่าเหนือศีรษะ	- ต่อตัวที - ต่อชน		

การถอนลวดเชื่อม

การถอนลวดเชื่อมออกจากบ่อหลอมละลาย กรณีสิ้นสุดการเชื่อม ในการถอนลวดเชื่อมออกจากบ่อหลอมละลายไม่ควรถอนขณะที่ลวดเชื่อมทำมุมฉากกับงาน การถอนลวดเชื่อมที่ดีได้บ่อหลอมละลายครั้งสุดท้ายที่สมบูรณ์ไม่เป็นแอ่งลึกและกว้าง ควรเอนลวดเชื่อมให้นอนลงทำมุมกับงานประมาณ 15°-30° และควรหยุดเดินให้ลวดเชื่อมเติมเนื้อโลหะในแอ่งหลอมละลายชั่วขณะหนึ่ง เพื่อให้ลวดเชื่อมเติมเนื้อโลหะในแอ่งหลอมละลายให้เพียงพอ แล้วให้สะบัดลวดเชื่อมย้อนกลับจึงถอนลวดเชื่อมขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 *แสดงการถอนลวดเชื่อมจากแอ่งหลอมละลาย*

การเชื่อมต่อแนว

ลวดเชื่อมไฟฟ้าที่มีสารพอกหุ้ม เมื่อเชื่อมจนปลายลวดเชื่อมเหลือประมาณ 1½ นิ้ว จะต้องมีการเปลี่ยนลวดเชื่อมและการเปลี่ยนลวดเชื่อมใหม่ จะต้องใช้ลวดเชื่อมที่มีสมบัติเท่ากับลวดเชื่อมเดิม ซึ่งการต่อแนวเชื่อมมีวิธีการปฏิบัติ ดังนี้

1. **ต่อแนวเชื่อมในกรณีที่แอ่งปลายแนวเชื่อมยังร้อนอยู่** ให้เชื่อมต่อได้ทันทีไม่ต้องเคาะสแลกทำความสะอาด โดยเริ่มอาร์กห่างจากแอ่งหลอมละลายในลักษณะอาร์กห่างหรืออาร์กยาว แล้วจึงเคลื่อนลวดเชื่อมกลับไปตรงแอ่งหลอมละลายของแนวเชื่อม
2. **การต่อแนวเชื่อมในกรณีที่แอ่งปลายแนวเชื่อมเย็นลงแล้ว** ให้ทำการเคาะสแลกออกแล้วทำความสะอาดแนวเชื่อมก่อน หลังจากนั้นให้เริ่มอาร์กเหมือนเดิม เมื่ออาร์กแล้วจึงเดินลวดย้อนมาเชื่อมบริเวณปลายสุดของแนวเชื่อม และควรหยุดให้ลวดเชื่อมอาร์กอยู่ชั่วขณะหนึ่ง เมื่อแน่ใจว่ามีการเติมเนื้อโลหะเพียงพอแล้วจึงเดินลวดเชื่อมต่อไปจนกระทั่งสิ้นสุดการเชื่อม วิธีการต่อแนวเชื่อมแบบนี้จะช่วยให้ได้แนวเชื่อมที่แข็งแรงและมีรอยต่อที่มองดูแล้วเหมือนการเชื่อมแนวเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.20

ภาพที่ 2.20 *แสดงบ่อหลอมละลายสุดท้ายของแนวเชื่อมและการต่อแนวเชื่อม*

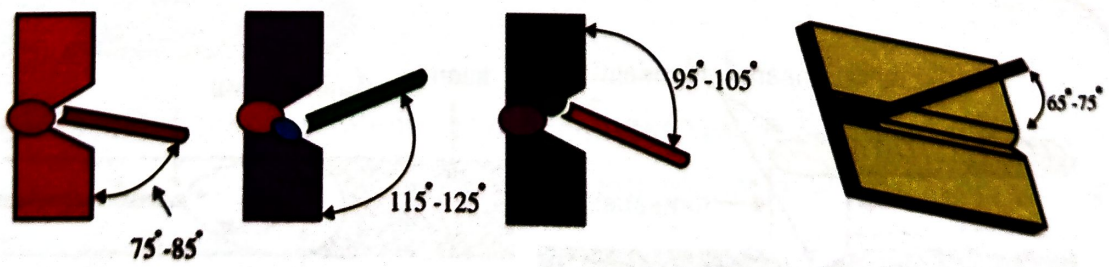
การเชื่อมต่อชนท่าราบ (Flat Butt Joint)

การเชื่อมท่าราบเป็นการเชื่อมที่สามารถควบคุมการเชื่อมได้ง่ายนิยมใช้กันมาก การเชื่อมท่าราบนั้น ลวดเชื่อมทำมุมกับงาน (มุมเดิน) ประมาณ 65°-75° และทำมุมกับชิ้นงานด้านข้าง (มุมงาน) 90° ทำการเชื่อมทางซ้ายมือไปขวามือ ดังแสดงในภาพที่ 2.21

ภาพที่ 2.21 แสดงมุมและทิศทางของการเชื่อมต่อชนท่าราบ

การเชื่อมต่อชนท่าขนานนอน (Horizontal Butt Joint)

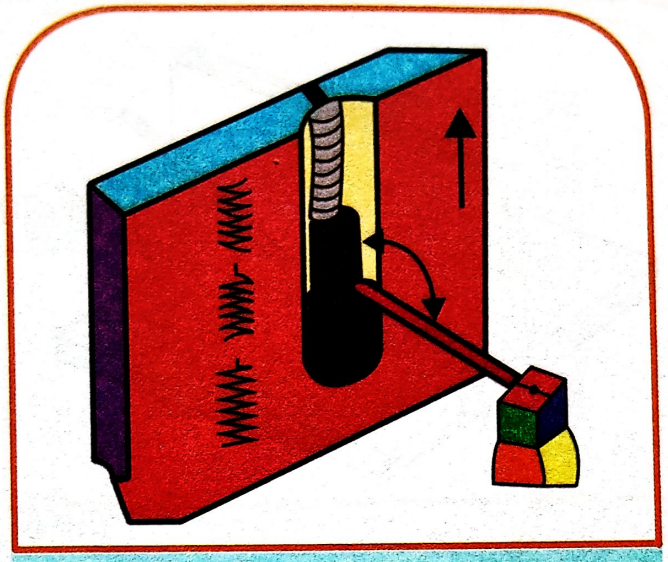
สำหรับผู้ฝึกเชื่อมใหม่ ๆ เนื่องจากน้ำโลหะจะไหลย้อนลงมาอันเนื่องมาจากแรงดึงดูดของโลก ทำให้แนวเชื่อมไม่แข็งแรงเท่าที่ควร แต่ก็สามารถเชื่อมได้ดี ถ้ามีการฝึกเชื่อมจนกระทั่งชำนาญ การหลอมละลายลึกสามารถควบคุมได้ด้วยระยะอาร์ก และมุมในการเชื่อม ดังแสดงในภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 แสดงภาพด้านข้างของการเชื่อมต่อชนท่าขนานนอนแนวที่ 1, 2 และ 3 และแสดงมุมด้านหน้า

การเชื่อมต่อชนท่าตั้ง (Vertical Butt Joint)

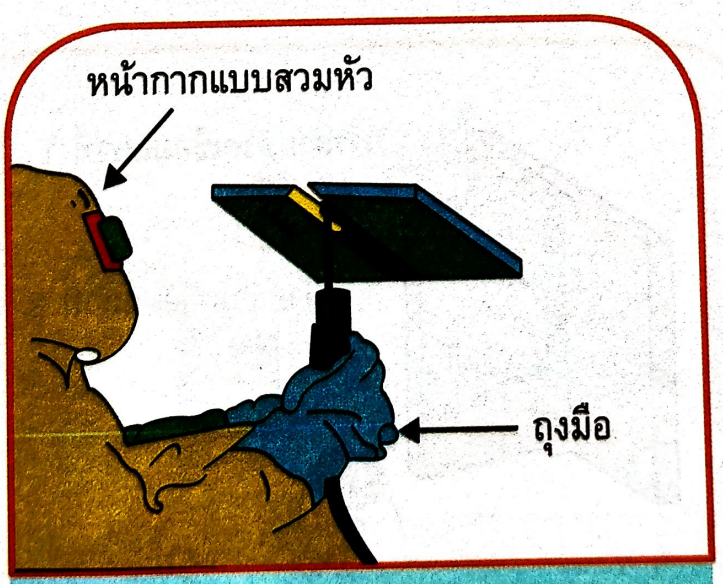
เทคนิควิธีการที่จะทำให้น้ำโลหะไหลย้อยน้อยก็คือ เมื่อเคลื่อนที่ส่ายลวดเชื่อม ควรหยุดบริเวณขอบของรอยต่อชั่วขณะหนึ่ง ซึ่งจะเปิดโอกาสให้แนวเชื่อมตรงกลางแข็งตัว และลดการย้อยของน้ำโลหะได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 แสดงเทคนิควิธีในการเชื่อมต่อชนท่าตั้งเชื่อมขึ้น

การเชื่อมต่อชนท่าเหนือศีรษะ (Overhead Butt Joint)

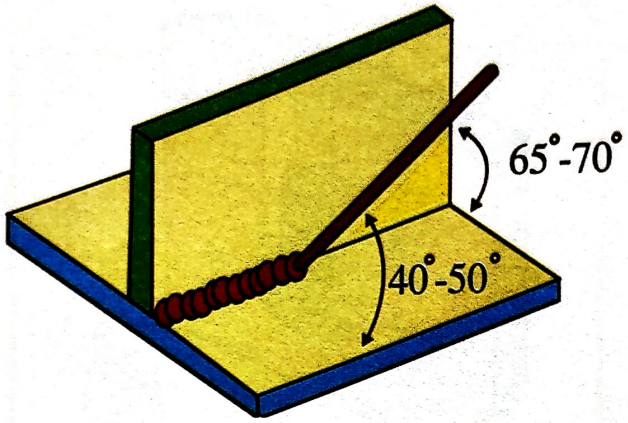
การเชื่อมท่าเหนือศีรษะนี้ ผู้เชื่อมต้องใส่ชุดป้องกันอันตรายเป็นอย่างดี มุมเดินและมุมงานของลวดเชื่อมที่กระทำกับงาน เหมือนกับการเชื่อมท่าราบ แต่เพียงเชื่อมงานในลักษณะคว่ำลงเท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.24 แสดงการเชื่อมต่อชนท่าเหนือศีรษะ

การเชื่อมต่อตัวทีท่าขนานนอน (Horizontal T-Joint)

การเชื่อมแนวแรก ลวดเชื่อมทำมุมประมาณ 65°-70° และมีมุมงานประมาณ 40°-50° กับชิ้นงาน ดังแสดงในภาพที่ 2.25



ภาพที่ 2.25 แสดงการเชื่อมต่อตัวทีท่าขนานนอน

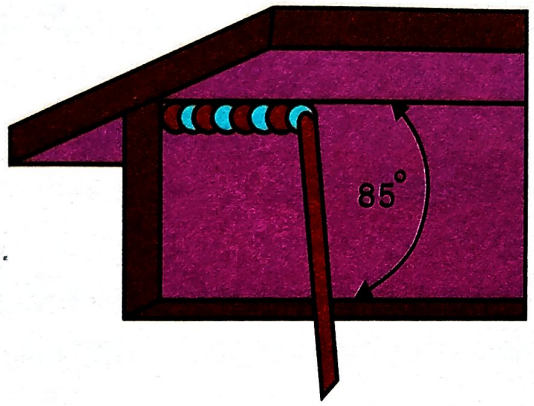
การเชื่อมต่อตัวทีท่าตั้ง (Vertical T-Joint)

การเชื่อมแนวแรก ลวดเชื่อมมีมุมเดินประมาณ 100°-110° มีมุมงานประมาณ 45° เพื่อไม่ให้น้ำโลหะไหลย้อนมากขณะเคลื่อนส่าย ควรหยุดบริเวณขอบของแนวเชื่อมชั่วขณะหนึ่ง เพื่อเปิดโอกาสให้แนวเชื่อมบริเวณตรงกลางและที่ขอบอีกข้างหนึ่งเย็นตัวลง ดังแสดงในภาพที่ 2.26

ภาพที่ 2.26 แสดงการเชื่อมต่อตัวทีท่าตั้งเชื่อมชั้น

การเชื่อมต่อตัวทีท่าเหนือศีรษะ (Overhead T-Joint)

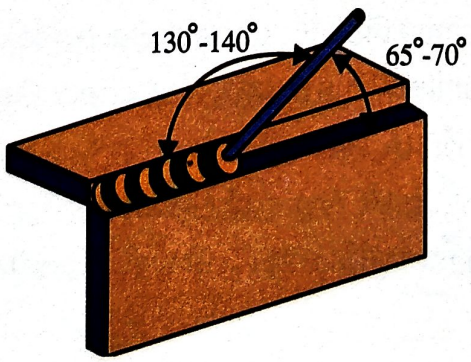
การเชื่อมต่อตัวทีและการเชื่อมต่อมุมภายใน (Inside Corner Weld) ท่าเหนือศีรษะ ลวดเชื่อมทำมุมกับงานมีมุมเดินประมาณ 85° มีมุมงานประมาณ 45° ดังแสดงในภาพที่ 2.27



ภาพที่ 2.27 *แสดงการเชื่อมต่อตัวทีท่าเหนือศีรษะ*

การเชื่อมต่อมุมภายนอกท่าขนานนอน (Horizontal Outside Corner Weld)

ลวดเชื่อมทำมุมกับชิ้นงานโดยมีมุมเดินประมาณ 65°-70° และมีมุมงาน 130°-140° ดังแสดงในภาพที่ 2.28



ภาพที่ 2.28 *แสดงการเชื่อมต่อมุมภายนอกท่าขนานนอน*

สรุป

การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากต้นทุนต่ำ งานที่เชื่อมด้วยกระบวนการนี้ ได้แก่ ท่อส่งแก๊ส ท่อส่งน้ำมัน งานโครงสร้าง งานช่างกลเกษตร และงานอื่น ๆ ข้อดีของกระบวนการเชื่อมแบบนี้ คือ สามารถเชื่อมได้ทั้งโลหะที่เป็นเหล็กและไม่ใช่เหล็ก และสามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม

1 หลักการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

เป็นกระบวนการที่ทำให้โลหะหลอมละลายโดยใช้ลวดเชื่อมเป็นตัวเติมน้ำโลหะลงในชิ้นงาน เพื่อให้ติดกันหรือให้งานหนาขึ้น โดยใช้ความร้อนที่ได้จากการอาร์กระหว่างปลายลวดเชื่อมกับผิวหน้าโลหะชิ้นงาน

2 การเริ่มต้นอาร์ก (Strike the Arc)

การเริ่มต้นอาร์ก เป็นขั้นตอนที่มีความยุ่งยากสำหรับผู้เริ่มฝึกปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า ซึ่งมักจะทำให้ลวดเชื่อมติดกับชิ้นงาน ต้องมีการฝึกปฏิบัติ

3 องค์ประกอบในการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

ในการควบคุมคุณภาพแนวเชื่อมให้ได้ประสิทธิภาพที่สมบูรณ์นั้นจะต้องมีการควบคุมองค์ประกอบต่าง ๆ หลายอย่าง แต่ที่สำคัญและควบคุมได้ง่ายเป็นพื้นฐาน 5 องค์ประกอบ (CCA - AT) ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การเลือกลวดเชื่อม (C: Correct Electrode)
องค์ประกอบที่ 2 การเลือกและปรับกระแสไฟ (C: Correct Current)
องค์ประกอบที่ 3 ระยะอาร์ก (A: Arc Length)
องค์ประกอบที่ 4 มุมลวดเชื่อม (A: Angle of Electrode)
องค์ประกอบที่ 5 ความเร็วในการเดินลวด (T: Travel Speed)

4 ตำแหน่งท่าเชื่อมและชนิดของรอยต่อ

(Welding Position and Joint of Type) ตำแหน่งท่าเชื่อมที่สามารถทำการเชื่อมได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ การเชื่อมท่าราบ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถเลือกท่าเชื่อมได้ ขึ้นอยู่กับสภาพของงานที่ทำอยู่ ตำแหน่งท่าเชื่อมแบ่งได้ ดังนี้

4.1 ตำแหน่งท่าเชื่อม (Welding Position) ประกอบด้วย 4 ตำแหน่งท่าเชื่อม ดังนี้

1) ท่าราบ (Flat Position)
2) ท่าขนานนอน (Horizontal Position)
3) ท่าตั้ง (Vertical Position)
4) ท่าเหนือศีรษะ (Overhead Position)

4.2 ชนิดของรอยต่อ (Joint of Type) ประกอบด้วย 5 ชนิดรอยต่อ ดังนี้

1) รอยต่อชน (Butt Joint)
2) รอยต่อเกย (Lap Joint)
3) รอยต่อขอบ (Edge Joint)
4) รอยต่อมุม (Corner Joint)
5) รอยต่อตัวที (T-Joint)

5 เทคนิคการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

จะมีเทคนิควิธีการเชื่อมที่แตกต่างกันตามตำแหน่งการเชื่อมและรอยต่อ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานเชื่อมจำเป็นจะต้องศึกษาและฝึกให้มีความชำนาญ เพื่อให้ได้งานเชื่อมที่มีคุณภาพ ดังนี้

5.1 การเคลื่อนที่และการส่ายลวดเชื่อม
5.2 การถอนลวดเชื่อม
5.3 การเชื่อมต่อแนว
5.4 การเชื่อมต่อชนท่าราบ (Flat Butt Joint)
5.5 การเชื่อมต่อชนท่าขนานนอน (Horizontal Butt Joint)
5.6 การเชื่อมต่อชนท่าตั้ง (Vertical Butt Joint)
5.7 การเชื่อมต่อชนท่าเหนือศีรษะ (Overhead Butt Joint)
5.8 การเชื่อมต่อตัวทีท่าขนานนอน (Horizontal T-Joint)
5.9 การเชื่อมต่อตัวทีท่าตั้ง (Vertical T-Joint)
5.10 การเชื่อมต่อตัวทีท่าเหนือศีรษะ (Overhead T-Joint)
5.11 การเชื่อมต่อมุมภายนอกท่าขนานนอน (Horizontal Outside Corner Weld)

คำถามท้ายบทเรียนที่ 2

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ถ้าปรับกระแสไฟสูงเกินไปแนวเชื่อมจะมีลักษณะอย่างไร
   ก. แนวเชื่อมจะแคบและแบน
   ข. แนวเชื่อมจะนูน
   ค. แนวเชื่อมจะกว้างและแบน
   ง. แนวเชื่อมไม่ตรง
2. รังสีที่เกิดจากการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์มีผลอย่างไรกับสายตา
   ก. ตาลาย
   ข. ทำให้ตาบอด
   ค. ทำให้สายตาสั้น
   ง. ทำให้เกิดความระคายเคือง
3. ถ้าใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ลวดเชื่อมเร็วเกินไปแนวเชื่อมจะมีลักษณะอย่างไร
   ก. แนวนูนเล็ก ข. แนวกว้าง ค. แนวเชื่อมดี ง. เกิดเม็ดโลหะมาก
4. ถ้าใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ลวดเชื่อมช้าเกินไปแนวเชื่อมจะมีลักษณะอย่างไร
   ก. แนวนูนเล็ก ข. แนวกว้าง ค. แนวเชื่อมดี ง. เกิดเม็ดโลหะมาก
5. แนวเชื่อมที่ต้องการความกว้างของแนวสม่ำเสมอตลอด ต้องควบคุมจุดใด
   ก. รักษาความเร็วในการเดินและเติมลวดให้สม่ำเสมอ
   ข. ควบคุมระยะอาร์กให้เที่ยงตรงตลอดการเชื่อม
   ค. ควบคุมบ่อหลอมละลายให้คงที่
   ง. ควบคุมมุมงานและมุมเดินให้ถูกต้อง
6. กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ คือข้อใด
   ก. GMAW ข. GAS ค. GTAW ง. SMAW
7. ผู้เริ่มฝึกปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ควรฝึกเชื่อมในท่าเชื่อมแบบใด
   ก. ท่าราบ ข. ท่าขนานนอน ค. ท่าตั้ง ง. ท่าเหนือศีรษะ
8. รอยต่อชนิดใดที่มีหน้าตัดแนวเชื่อมเป็นสามเหลี่ยม
   ก. รอยต่อชน ข. รอยต่อขอบ ค. รอยต่อมุม ง. รอยต่อตัวที
9. องค์ประกอบของการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ คือข้อใด
   ก. การเลือกลวดเชื่อม ข. ระยะอาร์ก ค. การปรับกระแสไฟ ง. ถูกทุกข้อ
10. การเริ่มต้นอาร์กมีกี่วิธี
    ก. 1 วิธี ข. 2 วิธี ค. 3 วิธี ง. 4 วิธี

11 วิธีการส่ายลวดเชื่อมสำหรับการเชื่อมรอยต่อชนบากหน้างานแนวแรกควรใช้เทคนิคการส่ายแบบใด

ก. เดินตรงไม่ส่ายลวด
ข. เคลื่อนที่เดินหน้า-ถอยหลัง
ค. เดินส่ายสลับฟันปลา
ง. ถูกทั้งข้อ ก. และ ค.

12 วิธีการส่ายลวดเชื่อมสำหรับการเชื่อมรอยต่อชนบากหน้างานแนวทับหน้าควรใช้เทคนิคการส่ายแบบใด

ก. เดินตรงไม่ส่ายลวด
ข. เคลื่อนที่เดินหน้า-ถอยหลัง
ค. เดินส่ายสลับฟันปลา
ง. แบบใดก็ได้

13 ข้อใด**ไม่ใช่**องค์ประกอบของการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ให้ได้แนวเชื่อมที่ดี

ก. ลวดเชื่อมถูกต้อง
ข. ระยะอาร์กถูกต้อง
ค. กระแสไฟถูกต้อง
ง. อุปกรณ์ถูกต้อง

14 การเคาะสแลก ควรกระทำเมื่อใด

ก. เมื่อเชื่อมเสร็จควรรีบเคาะทันที
ข. ปล่อยให้เย็นตัวลงเป็นสีดำก่อนจึงเคาะ
ค. เชื่อมไปเคาะไปจนกระทั่งสิ้นสุดแนวเชื่อม
ง. ถูกทุกข้อ

15 แนวเชื่อมก่อนสิ้นสุดการเชื่อมจะมีการยุบตัวมากกว่าแนวเชื่อมเริ่มต้นเชื่อมเพราะเหตุใด

ก. เพราะเดินป้อนลวดเชื่อมเร็วและมากเกินไป
ข. เพราะตอนท้าย ๆ ลวดเชื่อมมีความร้อนสูง
ค. เพราะความร้อนที่ชิ้นงานได้สะสมไว้มาก
ง. เดินลวดเชื่อมช้าเกินไป

16 การถอนลวดเชื่อมออกจากบ่อหลอมละลายกรณีสิ้นสุดแนวเชื่อมควรเอียงมุมลวดเชื่อมเท่าไร

ก. 10°-15°
ข. 15°-30°
ค. 45°-55°
ง. 65°-75°

17 การเชื่อมเดินแนวท่าราบลวดเชื่อมทำมุมกับชิ้นงาน (มุมด้านหน้า) ประมาณเท่าไร

ก. 30°-45°
ข. 45°-60°
ค. 65°-75°
ง. 75°-85°

18 เครื่องเชื่อมกระแสตรง (DC) แบบ DCEN และแบบ DCEP แบบใดสามารถหลอมละลายลึก ได้มากกว่า

ก. DCEN (Direct Current Electrode Negative) หลอมละลายลึกได้ดีกว่า
ข. DCEP (Direct Current Electrode Positive) หลอมละลายลึกได้ดีกว่า
ค. หลอมละลายลึกได้ดีทั้งสองแบบ
ง. ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้และลักษณะงาน

19 ระยะอาร์กที่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ คือข้อใด

ก. 1 มิลลิเมตร
ข. 2 มิลลิเมตร
ค. 3 มิลลิเมตร
ง. เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางลวดเชื่อม

20 ถ้าเลือกลวดเชื่อมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มิลลิเมตร ควรปรับกระแสไฟประมาณเท่าไร

ก. 60-90 Amp
ข. 70-100 Amp
ค. 70-120 Amp
ง. 80-120 Amp