หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556
ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

รหัสวิชา 2100-1005

ได้ผ่านการตรวจประเมินคุณภาพจากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 ครั้งที่ 2
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาทักษะวิชาชีพพื้นฐาน ลำดับที่ 88

# ชื่อวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น

SE-ED
inspiration starts here

ผู้แต่ง อำนาจ ทองแสน

190.-

ซีเอ็ด

# งานเชื่อมโลหะแผ่นเบื้องต้น

โดย อำนาจ ทองแสน

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย © พ.ศ. 2558 โดย อำนาจ ทองแสน
ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ นอกจากจะได้รับอนุญาต

**ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ**

อำนาจ ทองแสน.
งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น. -- กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2558.
1. โลหะ--การเชื่อม. 2. งานโลหะ. 3. งานเชื่อม.
I. ชื่อเรื่อง.
671.52

Barcode (e-book) : 9786160841110

SE-ED
inspiration starts here

*ผลิตและจัดจำหน่ายโดย*

**บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)**
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

เลขที่ 1858/87-90 ถนนบางนา-ตราด แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260
โทรศัพท์ 0-2739-8000

**หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ comment@se-ed.com**

## 2100-1005 งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น 1-3-2

**จุดประสงค์รายวิชา** เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กระบวนการเชื่อมแก๊ส การเชื่อมไฟฟ้าและงานโลหะแผ่น
2. มีทักษะเกี่ยวกับการปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส เชื่อมไฟฟ้า และการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในงานเชื่อม
3. มีทักษะเกี่ยวกับการปฏิบัติงานขึ้นรูปโลหะแผ่น รูปทรงเรขาคณิต และใช้เครื่องมืออุปกรณ์โลหะแผ่น
4. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการทำงานด้วยความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ และรักษาสภาพแวดล้อม

**สมรรถนะรายวิชา**

1. แสดงความรู้ หลักการกระบวนการเชื่อมแก๊สและการเชื่อมไฟฟ้า
2. เชื่อมแล่นประสานและตัดแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส
3. เชื่อมอาร์กลวดหุ้มฟลักซ์แผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน
4. เขียนแบบแผ่นคลี่ลงแผ่นงานตามแบบ
5. ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะแผ่นตามแบบ

SE-ED
inspiration starts here

**คำอธิบายรายวิชา**

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการเบื้องต้นของกระบวนการเชื่อมและโลหะแผ่น หลักความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน การเลือกใช้วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์งานเชื่อม ท่าเชื่อม รอยต่อที่ใช้ในงานเชื่อมและการแล่นประสาน การประกอบติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมแก๊ส การแล่นประสาน (Brazing) และเชื่อมไฟฟ้า การเริ่มต้นอาร์ก การเชื่อมเดินแนว ต่อมุม ต่อตัวที เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในงานโลหะแผ่น การเขียนแบบแผ่นคลี่ การถ่ายแบบ การเข้าขอบ การทำตะเข็บ การย้ำหมุด การบัดกรี (Soldering) การขึ้นรูปด้วยการพับ ดัด ม้วน เคาะ และประกอบชิ้นงาน

# แผนการจัดการเรียนรู้รายสัปดาห์

SE-ED
inspiration starts here

| สัปดาห์ที่ | บทที่ | หัวข้อเรื่อง/งาน | จำนวนคาบ (ชั่วโมง) | | รวม (ชั่วโมง) | เวลาเรียนรวม (ชั่วโมง) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ทฤษฎี | ปฏิบัติ | | |
| 1 | | • ปฐมนิเทศ<br>• แนะนำหลักสูตรรายวิชา<br>• เนื้อหาวิชา<br>• การวัดและประเมินผลการเรียน | 1.00 | – | 1.00 | 1.00 |
| | 1 | **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเชื่อมโลหะ**<br>1.1 ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ<br>1.2 กรรมวิธีการเชื่อมโลหะ<br>1.3 บทสรุป<br>1.4 แบบทดสอบท้ายบทเรียน | 1.00 | – | 1.00 | 2.00 |
| | 2 | **รอยต่อ รอยเชื่อม และตำแหน่งท่าเชื่อม**<br>2.1 ชนิดของรอยต่องานเชื่อม<br>2.2 ชนิดของรอยเชื่อม<br>2.3 ตำแหน่งท่าเชื่อม<br>2.4 ส่วนประกอบของรอยเชื่อม<br>2.5 บทสรุป<br>2.6 แบบทดสอบท้ายบทเรียน | 1.00 | – | 1.00 | 3.00<br>4.00 |
| 2 | 3 | **การเชื่อมออกซีอะเซทิลีน**<br>3.1 ความหมายของการเชื่อมออกซีอะเซทิลีน<br>3.2 อุปกรณ์ในการเชื่อมออกซีอะเซทิลีน | 1.00 | – | 1.00 | 5.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 3.1 งานประกอบ ปรับ ติดตั้ง และถอดอุปกรณ์การเชื่อมออกซีอะเซทิลีน | – | 3.00 | 3.00 | 8.00 |

SE-ED
inspiration starts here

| สัปดาห์ที่ | บทที่ | หัวข้อเรื่อง/งาน | จำนวนคาบ (ชั่วโมง) | | รวม (ชั่วโมง) | เวลาเรียนรวม (ชั่วโมง) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ทฤษฎี | ปฏิบัติ | | |
| 3 | 3 | 3.3 อุปกรณ์ประกอบในงานเชื่อมออกซีอะเซทิลีน | | | | |
| | | 3.4 แก๊สเชื้อเพลิงในการเชื่อมออกซีอะเซทิลีน | 0.50 | – | 0.50 | 8.50 |
| | | ใบสั่งงานที่ 3.2 งานปรับเปลวไฟเชื่อมออกซีอะเซทิลีน | – | 0.50 | 0.50 | 9.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 3.3 งานสร้างบ่อหลอมและเดินแนวเชื่อมท่าราบ (ไม่เติมลวดเชื่อม) | – | 1.50 | 1.50 | 10.50 |
| | | ใบสั่งงานที่ 3.4 งานเชื่อมเดินแนวท่าราบ (เติมลวดเชื่อม) | – | 1.50 | 1.50 | 12.00 |
| 4 | 3 | 3.5 ชนิดของเปลวไฟเชื่อมออกซีอะเซทิลีน | | | | |
| | | 3.6 ลวดเชื่อมแก๊ส | | | | |
| | | 3.7 ตำแหน่งท่าเชื่อมออกซีอะเซทิลีน | 1.00 | – | 1.00 | 13.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 3.5 งานเชื่อมต่อมุมท่าราบ (ไม่เติมลวดเชื่อม) | – | 1.50 | 1.50 | 14.50 |
| | | ใบสั่งงานที่ 3.6 งานเชื่อมต่อเกยท่าราบ | – | 1.50 | 1.50 | 16.00 |
| 5 | 3 | 3.8 การเดินเชื่อมออกซีอะเซทิลีน | | | | |
| | | 3.9 ความปลอดภัยในการเชื่อมออกซีอะเซทิลีน | | | | |
| | | 3.10 บทสรุป | | | | |
| | | 3.11 แบบทดสอบท้ายบทเรียน | 1.00 | – | 1.00 | 17.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 3.7 งานเชื่อมต่อตัวทีท่าราบ | – | 3.00 | 3.00 | 20.00 |

SE-ED inspiration starts here

| สัปดาห์ที่ | บทที่ | หัวข้อเรื่อง/งาน | จำนวนคาบ (ชั่วโมง) | | รวม (ชั่วโมง) | เวลาเรียนรวม (ชั่วโมง) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ทฤษฎี | ปฏิบัติ | | |
| 6 | 4 | **การตัดโลหะด้วยแก๊ส** | | | | |
| | | 4.1 หลักการตัดโลหะด้วยแก๊ส | | | | |
| | | 4.2 แก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้ในการตัดโลหะด้วยแก๊ส | | | | |
| | | 4.3 เครื่องมือ อุปกรณ์ในการตัดโลหะด้วยแก๊ส | | | | |
| | | 4.4 คุณลักษณะและคุณภาพของรอยตัด | | | | |
| | | 4.5 การตัดแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยมือ | | | | |
| | | 4.6 ความปลอดภัยในการตัดโลหะด้วยแก๊ส | | | | |
| | | 4.7 บทสรุป | | | | |
| | | 4.8 แบบทดสอบท้ายบทเรียน | 1.50 | – | 1.50 | 21.50 |
| | 5 | **การแล่นประสาน** | | | | |
| | | 5.1 หลักการแล่นประสาน | | | | |
| | | 5.2 การแล่นประสานด้วยหัวเชื่อมแก๊ส | | | | |
| | | 5.3 รอยต่อในงานแล่นประสาน | | | | |
| | | 5.4 การเว้นช่องว่างของรอยต่อในงานแล่นประสาน | | | | |
| | | 5.5 ข้อดีของการแล่นประสาน | | | | |
| | | 5.6 ความปลอดภัยในการแล่นประสาน | | | | |
| | | 5.7 บทสรุป | | | | |
| | | 5.8 แบบทดสอบท้ายบทเรียน | 0.50 | – | 0.50 | 22.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 5.1 งานแล่นประสานต่อเกยท่าราบ | – | 2.00 | 2.00 | 24.00 |

SE-ED
inspiration starts here

| สัปดาห์ที่ | บทที่ | หัวข้อเรื่อง/งาน | จำนวนคาบ (ชั่วโมง) | | รวม (ชั่วโมง) | เวลาเรียนรวม (ชั่วโมง) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ทฤษฎี | ปฏิบัติ | | |
| 7 | 6 | **การเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์**<br>6.1 หลักการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | | | | |
| | | 6.2 วงจรพื้นฐานของการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | 0.50 | – | 0.50 | 24.50 |
| | | ใบสั่งงานที่ 6.1 งานประกอบ ปรับ และติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ในการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | – | 3.50 | 3.50 | 28.00 |
| 8 | 6 | 6.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | 0.50 | – | 0.50 | 28.50 |
| | | ใบสั่งงานที่ 6.2 งานฝึกเริ่มต้นการอาร์ก ควบคุมการอาร์ก และเดินแนวเชื่อมท่าราบ | – | 3.50 | 3.50 | 32.00 |
| 9 | 6 | 6.4 การต่อวงจรไฟฟ้าของการเชื่อมและผลของการเชื่อม | | | | |
| | | 6.5 ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | 1.00 | – | 1.00 | 33.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 6.3 งานเชื่อมต่อเกยท่าราบ | – | 3.00 | 3.00 | 36.00 |
| 10 | 6 | 6.6 ตำแหน่งท่าเชื่อม | | | | |
| | | 6.7 องค์ประกอบที่มีผลต่อแนวเชื่อม | 1.00 | – | 1.00 | 37.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 6.4 งานเชื่อมต่อมุมท่าราบ | – | 3.00 | 3.00 | 40.00 |

SE-ED
inspiration starts here

| สัปดาห์ที่ | บทที่ | หัวข้อเรื่อง/งาน | จำนวนคาบ (ชั่วโมง) | | รวม (ชั่วโมง) | เวลาเรียนรวม (ชั่วโมง) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ทฤษฎี | ปฏิบัติ | | |
| 11 | 9 | 6.8 ความปลอดภัยในการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | | | | |
| | | 6.9 บทสรุป | | | | |
| | | 6.10 แบบทดสอบท้ายบทเรียน | 1.00 | – | 1.00 | 41.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 6.5 งานเชื่อมต่อตัวทีท่าราบ | – | 3.00 | 3.00 | 44.00 |
| 12 | 7 | **งานโลหะแผ่นเบื้องต้น** | | | | |
| | | 7.1 เครื่องจักรในงานโลหะแผ่น | | | | |
| | | 7.2 เครื่องมือในงานโลหะแผ่น | | | | |
| | | 7.3 แบบทดสอบท้ายบทเรียน (สอบย่อย 1) | 1.00 | – | 1.00 | 45.00 |
| | | 7.4 วัสดุในงานโลหะแผ่น | | | | |
| | | 7.5 ความปลอดภัยในงานโลหะแผ่น | | | | |
| | | 7.6 บทสรุป | | | | |
| | | 7.7 แบบทดสอบท้ายบทเรียน (สอบย่อย 2) | 1.00 | – | 1.00 | 46.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 7.1 งานตัดตรง | – | 1.00 | 1.00 | 47.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 7.2 งานตัดโค้ง | – | 1.00 | 1.00 | 48.00 |

SE-ED
inspiration starts here

| สัปดาห์ที่ | บทที่ | หัวข้อเรื่อง/งาน | จำนวนคาบ (ชั่วโมง) | | รวม (ชั่วโมง) | เวลาเรียนรวม (ชั่วโมง) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ทฤษฎี | ปฏิบัติ | | |
| 13 | 8 | **หลักการเขียนแบบแผ่นคลี่** | | | | |
| | | 8.1 การเขียนแบบแผ่นคลี่อย่างง่าย | | | | |
| | | 8.2 การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นขนาน | 1.00 | – | 1.00 | 49.00 |
| | | 8.3 การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นรัศมี | | | | |
| | | 8.4 บทสรุป | | | | |
| | | 8.5 แบบทดสอบท้ายบทเรียน | 1.00 | – | 1.00 | 50.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 8.1 งานเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นขนาน | – | 1.00 | 1.00 | 51.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 8.2 งานเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นรัศมี | – | 1.00 | 1.00 | 52.00 |
| 14 | 9 | **การประกอบงานโลหะแผ่น** | | | | |
| | | 9.1 การพับขอบ | | | | |
| | | 9.2 การพับตะเข็บ | 0.50 | – | 0.50 | 52.50 |
| | | ใบสั่งงานที่ 9.1 งานพับขอบชั้นเดียว พับขอบงาน 2 ชั้น และพับตะเข็บล็อค | – | 3.50 | 3.50 | 56.00 |
| 15 | 9 | 9.3 การย้ำหมุด | 1.00 | – | 1.00 | 57.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 9.2 งานเข้าขอบลวดและตะเข็บ 2 ชั้น | – | 1.00 | 1.00 | 58.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 9.3 งานตัด พับขึ้นรูป ประกอบและย้ำหมุด ผลิตภัณฑ์โลหะแผ่น | – | 2.00 | 2.00 | 60.00 |

SE-ED
inspiration starts here

| สัปดาห์ที่ | บทที่ | หัวข้อเรื่อง/งาน | จำนวนคาบ (ชั่วโมง) | | รวม (ชั่วโมง) | เวลาเรียนรวม (ชั่วโมง) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ทฤษฎี | ปฏิบัติ | | |
| 16 | 9 | 9.4 บทสรุป | | | | |
| | | 9.5 แบบทดสอบท้ายบทเรียน | 0.50 | – | 0.50 | 60.50 |
| | | ใบสั่งงานที่ 9.3 งานตัด พับขึ้นรูป ประกอบและย้ำหมุด ผลิตภัณฑ์โลหะแผ่น | – | 3.50 | 3.50 | 64.00 |
| 17 | 10 | **การบัดกรี** | | | | |
| | | 10.1 หลักการบัดกรีด้วยหัวบัดกรี | | | | |
| | | 10.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการบักรีด้วยหัวบัดกรี | | | | |
| | | 10.3 รอยต่อในการบัดกรี | 0.50 | – | 0.50 | 64.50 |
| | | 10.4 ขั้นตอนการบัดกรีด้วยหัวบัดกรี | | | | |
| | | 10.5 ความปลอดภัยในการบัดกรีด้วยหัวบัดกรี | | | | |
| | | 10.6 บทสรุป | | | | |
| | | 10.7 แบบทดสอบท้ายบทเรียน | 0.50 | – | 0.50 | 65.00 |
| | | ใบสั่งงานที่ 10.1 งานบัดกรีต่อเกยท่าราบ | – | 3.00 | 3.00 | 68.00 |
| 18 | | • ทบทวนเนื้อหาวิชา | 1.50 | – | 1.50 | 69.50 |
| | | • ปัจฉิมนิเทศ | 0.50 | – | 0.50 | 70.00 |
| | | • ทดสอบปลายภาคเรียน | 2.00 | – | 2.00 | 72.00 |
| **วิชา** | | | **2.00** | **–** | **2.00** | **72.00** |

SE-ED
inspiration starts here

# คำนำ

ความมุ่งหมายของการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้คือ เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน **วิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัสวิชา 2100–1005** ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เนื้อหาแบ่งออกเป็น 10 บทเรียน ประกอบด้วย ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเชื่อม รอยต่อ รอยเชื่อมและตำแหน่งท่าเชื่อม การเชื่อมออกซีอะเซทิลีน การตัดโลหะด้วยแก๊ส การแล่นประสาน การเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ งานโลหะแผ่นเบื้องต้น การเขียนแบบแผ่นคลี่ การประกอบงานโลหะแผ่น และการบัดกรี

SE-ED
inspiration starts here

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนไม่มากก็น้อย หากพบเห็นข้อบกพร่องประการใด โปรดแจ้งให้ผู้เขียนทราบเพื่อประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไข ในโอกาสต่อไป

**อำนาจ ทองแสน**

# สารบัญ


**บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเชื่อม.....17**

1.1 ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ.....18

1.2 กรรมวิธีเชื่อมโลหะ.....19

1.3 บทสรุป.....29

แบบทดสอบท้ายบทเรียน.....30

**บทที่ 2 รอยต่อ รอยเชื่อม และตำแหน่งท่าเชื่อม.....33**

2.1 ชนิดของรอยต่องานเชื่อม.....34

2.2 ชนิดของรอยเชื่อม.....35

2.3 ตำแหน่งท่าเชื่อม.....37

2.4 ส่วนประกอบของรอยเชื่อม.....38

2.5 บทสรุป.....39

แบบทดสอบท้ายบทเรียน.....40



SE-ED
inspiration starts here

**บทที่ 3 การเชื่อมออกซีอะเซทิลีน.....46**

3.1 ความหมายของการเชื่อมออกซีอะเซทิลีน.....47
3.2 อุปกรณ์ในการเชื่อมออกซีอะเซทิลีน.....47
3.3 อุปกรณ์ประกอบในการเชื่อมออกซีอะเซทิลีน.....56
3.4 แก๊สเชื้อเพลิงในการเชื่อมออกซีอะเซทิลีน.....58
3.5 ชนิดของเปลวไฟเชื่อมออกซีอะเซทิลีน.....59
3.6 ลวดเชื่อมแก๊ส.....61
3.7 ตำแหน่งท่าเชื่อมออกซีอะเซทิลีน.....65
3.8 การเดินเชื่อมออกซีอะเซทิลีน.....67
3.9 ความปลอดภัยในการเชื่อมออกซีอะเซทิลีน.....68
3.10 บทสรุป.....75
แบบทดสอบท้ายบทเรียน.....76
ใบงาน.....97

**บทที่ 4 การตัดโลหะด้วยแก๊ส.....141**

4.1 หลักการตัดโลหะด้วยแก๊ส.....142
4.2 แก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้ในการตัดโลหะด้วยแก๊ส.....143
4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตัดโลหะด้วยแก๊ส.....143
4.4 คุณลักษณะและคุณภาพของรอยตัด.....151
4.5 การตัดแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยมือ.....155
4.6 ความปลอดภัยในการตัดโลหะด้วยแก๊ส.....161
4.7 บทสรุป.....161
แบบทดสอบท้ายบทเรียน.....162

**บทที่ 5 การแล่นประสาน.....170**

5.1 หลักการแล่นประสาน.....171
5.2 การแล่นประสานด้วยหัวเชื่อมแก๊ส.....171
5.3 รอยต่อในงานแล่นประสาน.....176

SE-ED
inspiration starts here

5.4 การเว้นช่องว่างของรอยต่อในงานประสาน.....177
5.5 ข้อดีของการแล่นประสาน.....178
5.6 ความปลอดภัยในการแล่นประสาน.....179
5.7 บทสรุป.....180
แบบทดสอบท้ายบทเรียน.....181
ใบงาน.....186

**บทที่ 6 การเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์.....192**
6.1 หลักการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์.....193
6.2 วงจรพื้นฐานของการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์.....193
6.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์.....194
6.4 การต่อวงจรไฟฟ้าของการเชื่อมและผลของการเชื่อม.....204
6.5 ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์.....207
6.6 ตำแหน่งท่าเชื่อม.....211
6.7 องค์ประกอบที่มีผลต่อแนวเชื่อม.....213
6.8 ความปลอดภัยในการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์.....220
6.9 บทสรุป.....229
แบบทดสอบท้ายบทเรียน.....230
ใบงาน.....245

**บทที่ 7 งานโลหะแผ่นเบื้องต้น.....270**
7.1 เครื่องจักรในงานโลหะแผ่น.....271
7.2 เครื่องมือในงานโลหะแผ่น.....280
7.3 วัสดุในงานโลหะแผ่น.....293
7.4 ความปลอดภัยในงานโลหะแผ่น.....295
7.5 บทสรุป.....305
แบบทดสอบท้ายบทเรียน.....306
ใบงาน.....314

SE-ED
inspiration starts here

**บทที่ 8 การเขียนแบบแผ่นคลี่.....323**

8.1 หลักการเขียนแบบแผ่นคลี่.....324

8.2 การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีอย่างง่าย.....325

8.3 การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นขนาน.....327

8.4 การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นรัศมี.....340

8.5 บทสรุป.....353

แบบทดสอบท้ายบทเรียน.....354

ใบงาน.....359

**บทที่ 9 การประกอบงานโลหะแผ่น.....366**

9.1 การพับขอบ.....367

9.2 การพับตะเข็บ.....370

9.3 งานย้ำหมุด.....374

9.4 บทสรุป.....382

แบบทดสอบท้ายบทเรียน.....383

ใบงาน.....390

**บทที่ 10 การบัดกรี.....411**

10.1 หลักการบัดกรีด้วยหัวแร้งบัดกรี.....412

10.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการบัดกรีด้วยหัวแร้งบัดกรี.....413

10.3 รอยต่อในการบัดกรี.....418

10.4 ขั้นตอนการบัดกรีด้วยหัวแร้งบัดกรี.....419

10.5 ความปลอดภัยในการบัดกรีด้วยหัวแร้งบัดกรี.....424

10.5 บทสรุป.....424

แบบทดสอบท้ายบทเรียน.....425

ใบงาน.....425

**บรรณานุกรม.....437**

SE-ED
inspiration starts here

# 1

# ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเชื่อม

## สาระสำคัญ

การเชื่อม (Welding) เป็นกรรมวิธีการทำให้โลหะตั้งแต่สองชิ้นขึ้นไป ติดกันอย่างแข็งแรง สมบูรณ์ และสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันการเชื่อมนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรมต่างๆ ที่สำคัญ ได้แก่ อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ งานเครื่องจักรกลการเกษตร งานก่อสร้าง โยธา ปิโตรเลียม อุตสาหกรรมเครื่องประดับ และอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม ฯลฯ จะเห็นได้ว่าการเชื่อมนั้น มีบทบาทอย่างยิ่งต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมในประเทศเกือบทุกด้าน ดังนั้นในปัจจุบันจึงยังมีความต้องการบุคลากรที่มีความรู้ ความสามารถในด้านนี้เป็นอย่างมาก

SE-ED
inspiration starts here

## เนื้อหา

1. ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ
2. กรรมวิธีการเชื่อมโลหะ

## ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. บอกประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะได้
2. จำแนกวิธีการแบ่งกรรมวิธีการเชื่อมโลหะ และกรรมวิธีที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อม ตามสมาคมการเชื่อมของอเมริกา (American Welding Society; AWS) ได้

## 1.1 ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมที่สำคัญ มีดังนี้

ค.ศ. 1836 (พ.ศ. 2379) Edmund Davy ได้ค้นพบแก๊สอะเซทิลีนและได้นำมาผลิตใช้กับการเชื่อมและตัดโลหะด้วยออกซีอะเซทิลีน

ค.ศ. 1881 (พ.ศ. 2424) Auguste De Meritens ชาวฝรั่งเศสได้ทำการบันทึกเกี่ยวกับการเชื่อมโลหะแบบหลอมละลายเป็นคนแรก โดยทำการเชื่อมแผ่นตะกั่วที่ใช้ในแบตเตอรี่เข้าด้วยกัน และใช้แท่งคาร์บอนอาร์กให้ความร้อน

ค.ศ. 1885 (พ.ศ. 2428) Bernardos N. และ Olszewski ชาวรัสเซีย ได้พัฒนาเครื่องเชื่อมขึ้นแทนแบตเตอรี่ โดยใช้แท่งคาร์บอนอาร์กให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน

ค.ศ. 1888 (พ.ศ. 2431) N.G. Slavianoff ชาวรัสเซีย ได้ทำการเชื่อมโลหะด้วยแท่งลวดเชื่อมเปลือยที่ไม่มีสารพอกหุ้มเป็นครั้งแรก

ค.ศ. 1890 (พ.ศ. 2433) C.L. Coffin ชาวสหรัฐอเมริกา ได้ทำการเชื่อมโลหะแบบขั้วเชื่อมโลหะที่ไม่มีสารพอกเป็นครั้งแรก

SE-ED
inspiration starts here

ค.ศ. 1907 (พ.ศ. 2450) O. Kjellberg ชาวสวีเดน ได้จดสิทธิบัตรกรรมวิธีการเชื่อมแบบขั้วเชื่อมที่มีสารพอกหุ้มหนา ทำจากแอสเบสตอส โดยมีโซเดียมซิลิเกตเป็นตัวประสาน ทำให้การอาร์กสม่ำเสมอ และได้เนื้อโลหะที่มีความบริสุทธิ์ดีกว่าใช้ลวดเชื่อมเปลือย

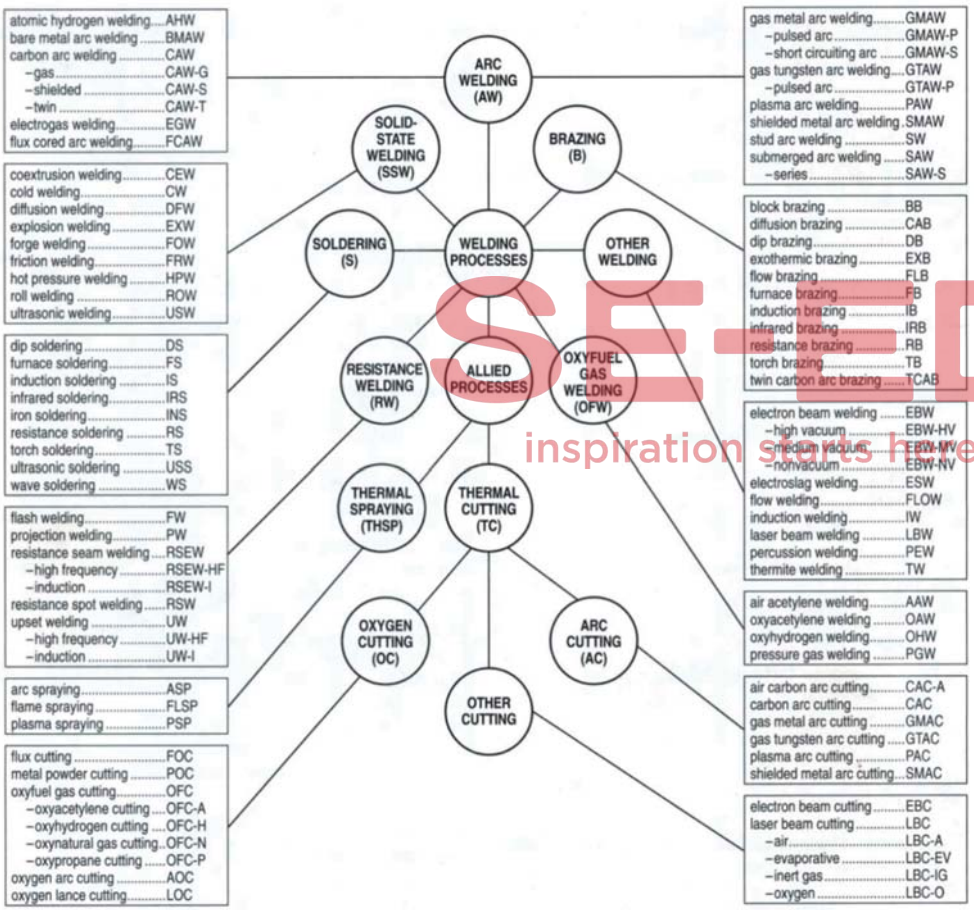
ค.ศ. 1930 (พ.ศ. 2473) หลังช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 Gobart และ Devers ได้นำกรรมวิธีการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมหรือการเชื่อมมิก (MIG) ออกมาเผยแพร่ ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อมที่มีประสิทธิภาพสูง การหลอมละลายลึกสูง แนวเชื่อมแคบ และเชื่อมได้ด้วยความเร็วสูง

ค.ศ. 1935 (พ.ศ. 2485) The Linde Air Products Co. (สหรัฐอเมริกา) ได้พัฒนาวิธีการเชื่อมอาร์กใต้ฟลักซ์ (Submerged Arc Welding) เป็นครั้งแรก

ค.ศ. 1941 (พ.ศ. 2484) ได้มีการพัฒนากรรมวิธีการเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม (Gas Tungsten Arc Welding) หรือการเชื่อมทิก (TIG) โดย Meredith สหรัฐอเมริกา

## 1.2 กรรมวิธีเชื่อมโลหะ

ปัจจุบันกรรมวิธีการเชื่อมได้พัฒนาขึ้นมาใช้งานอย่างมากมายหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีได้รับการออกแบบตามความต้องการเฉพาะด้าน สมาคมการเชื่อมของอเมริกา (American Welding Society; AWS) ได้แบ่งกลุ่มของกรรมวิธีการเชื่อมและกรรมวิธีการที่เกี่ยวข้องทั้งหมดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเฉพาะกรรมวิธีการเชื่อมที่สำคัญและใช้งานอย่างแพร่หลาย ดังนี้




**รูปที่ 1.1** การแบ่งกลุ่มของกระบวนการเชื่อมและอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

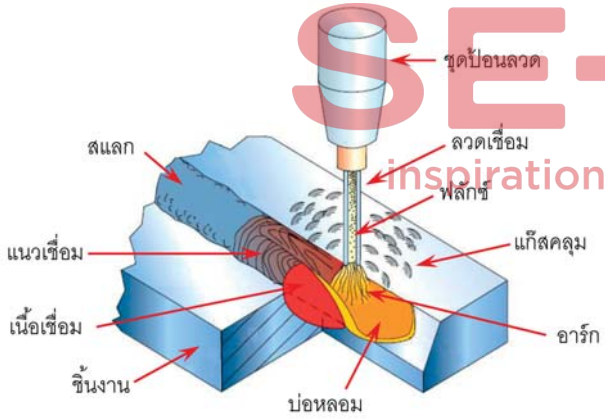
(*ที่มา* : Jefferson's, 1997, หน้า 634)

### 1.2.1 การเชื่อมอาร์ก (Arc Welding; AW)

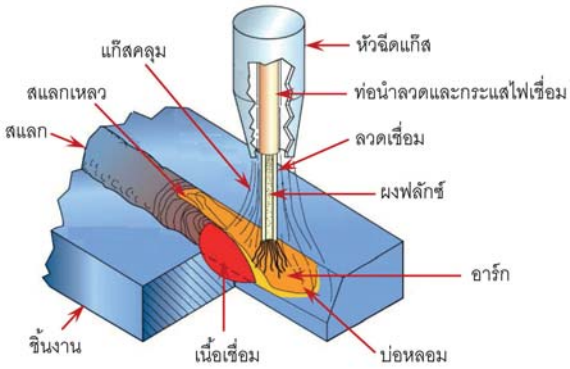
เป็นกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างอิเล็กโทรดกับชิ้นงานบริเวณที่ต้องการเชื่อมหรือรอยต่อ ความร้อนที่ได้จากการอาร์กนี้มีอุณหภูมิสูงมากคือ ประมาณ 5,500 องศาเซลเซียส หรือ 10,000 องศาฟาเรนไฮต์ ทำให้โลหะชิ้นงานหลอมละลายติดกัน ขณะที่ชิ้นงานกำลังหลอมละลาย ก็อาจเติมลวดเชื่อมเป็นตัวประสานบริเวณรอยต่อหรือไม่ก็ได้ การเชื่อมอาร์กที่สำคัญและใช้งานกันอย่างแพร่หลายมีดังนี้

**1. การเชื่อมด้วยลวดเชื่อมแกนฟลักซ์ (Flux Core Arc Welding; FCAW)** เป็นกระบวนการเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมที่มีฟลักซ์เป็นแกนอยู่ตรงกลาง และลวดเชื่อมมีความยาวต่อเนื่อง การเชื่อมชนิดนี้แบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ การเชื่อมโดยใช้ฟลักซ์ในแกนลวดเชื่อมทำให้เกิดแก๊สปกคลุมบ่อหลอม และการเชื่อมโดยใช้แก๊สเฉื่อยจากภายนอกร่วมในการปกคลุมบ่อหลอม ดังแสดงในรูปที่ 1.2–1.3

SE-ED
inspiration starts here



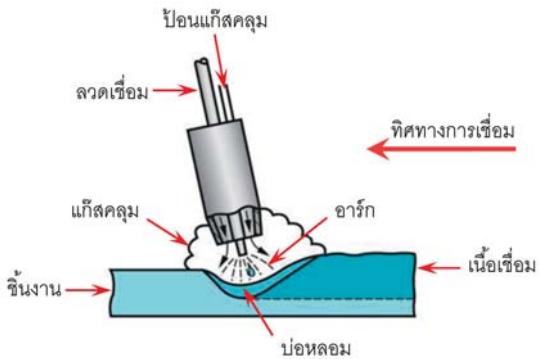

**รูปที่ 1.2** การเชื่อมด้วยลวดเชื่อมแกนฟลักซ์ใช้ฟลักซ์ในแกนลวดเชื่อมทำให้เกิดแก๊สปกคลุมบ่อหลอม
(*ที่มา* : Larry Jeffus, 2004, หน้า 115)




**รูปที่ 1.3** การเชื่อมด้วยลวดเชื่อมแกนฟลักซ์ ใช้แก๊สเฉื่อยจากภายนอกร่วมในการปกคลุมบ่อหลอม
(*ที่มา* : Larry Jeffus, 2004, หน้า 115)

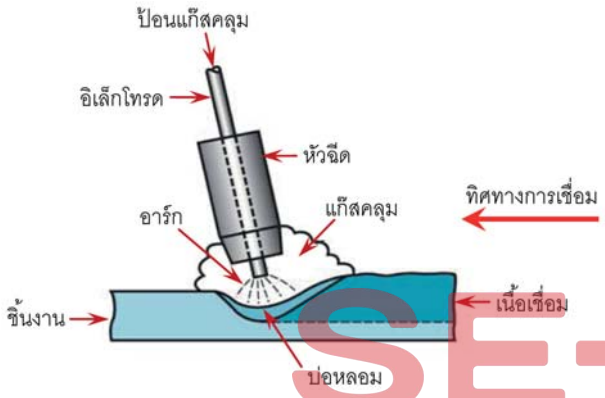
**2. การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (Gas Metal Arc Welding; GMAW)** หรือการเชื่อมมิก (Metal Inert Gas; MIG) เป็นกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมเปลือยที่ถูกป้อนอย่างต่อเนื่องกับโลหะชิ้นงาน ความร้อนจากการอาร์กจะหลอมลวดเชื่อมกับชิ้นงานเข้าด้วยกัน แล้วเติมลงไปในรอยต่อเป็นแนวเชื่อม ขณะเดียวกัน แก๊สคลุมจะไหลผ่านหัวเชื่อมออกมาปกคลุมบ่อหลอมและบริเวณอาร์ก เพื่อทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ออกซิเจนหรือแก๊สอื่นๆ ในบรรยากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับโลหะที่กำลังหลอมเหลว สำหรับแก๊สที่ใช้ ได้แก่ อาร์กอน และฮีเลียม เป็นต้น

SE-ED
inspiration starts here




**รูปที่ 1.4** การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม
(*ที่มา* : Mikell P. Groover, 2010, หน้า 714)

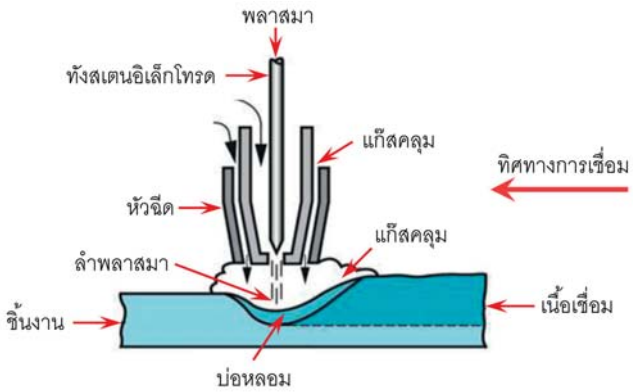
**3. การเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม (Gas Tungsten Arc Welding; GTAW)** หรือการเชื่อมทิก (Tungsten Inert Gas; TIG) เป็นกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างแท่งทังสเตนอิเล็กโทรดกับชิ้นงาน และใช้แก๊สเฉื่อยซึ่งพ่นออกมาจากหัวเชื่อมปกคลุมบ่อหลอม ในกรณีที่ต้องการเติมลวดเชื่อม ต้องนำลวดเชื่อมจากภายนอกมาเติมในบ่อหลอม ในบางครั้งกระบวนการเชื่อมนี้เรียกว่า “การเชื่อมอาร์กอน” เพราะส่วนใหญ่ใช้แก๊สอาร์กอนเป็นแก๊สเฉื่อยในการปกคลุมแนวเชื่อม




**รูปที่ 1.5** การเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม
(ที่มา : Mikell P. Groover, 2010, หน้า 717)

SE-ED
inspiration starts here

**4. การเชื่อมอาร์กพลาสมา (Plasma Arc Welding; PAW)** เป็นกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าที่มีลักษณะคล้ายการเชื่อมทิก (GTAW) คือชิ้นงานได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างแท่งทังสเตนอิเล็กโทรดกับชิ้นงาน และใช้แก๊สเฉื่อยซึ่งพ่นออกมาจากหัวเชื่อมปกคลุมบ่อหลอม แต่มีความแตกต่างกันที่แท่งทังสเตนอิเล็กโทรดของการเชื่อมอาร์กพลาสมาถูกบรรจุไว้ในหัวฉีด (Nozzle) ซึ่งมีรูเล็กๆ ที่ปลาย ขณะที่เกิดการอาร์กลำพลาสมาจะถูกบีบให้เล็กและบังคับให้เคลื่อนที่ผ่านรูของหัวฉีดด้วยความเร็วสูง

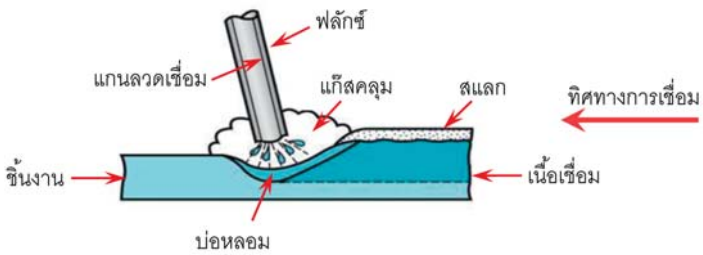



**รูปที่ 1.6** การเชื่อมอาร์กพลาสมา

(*ที่มา* : Mikell P. Groover, 2010, หน้า 728)

**5. การเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Shielded Metal Arc welding; SMAW)** หรือการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เป็นกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าที่ได้รับความร้อนจากอาร์กระหว่างลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์กับชิ้นงาน โดยแกนลวดเชื่อมทำหน้าที่เป็นอิเล็กโทรดแบบสิ้นเปลือง และเป็นโลหะเติมลงไปในแนวเชื่อมด้วย ส่วนฟลักซ์ที่ห่อหุ้มแกนลวดเชื่อมเมื่อได้รับความร้อน ฟลักซ์บางส่วนจะกลายเป็นแก๊สคลุมบ่อหลอมละลายไม่ให้อากาศภายนอกเข้าไปทำปฏิกิริยากับน้ำโลหะที่บ่อหลอม และฟลักซ์บางส่วนจะหลอมละลายปกคลุมแนวเชื่อม ช่วยลดอัตราการเย็นตัวของแนวเชื่อม และฟลักซ์ที่หลอมละลายปกคลุมแนวเชื่อมเมื่อเย็นตัวลงจะกลายเป็นของแข็งและเปราะ เรียกว่า “สแลก (Slag)”

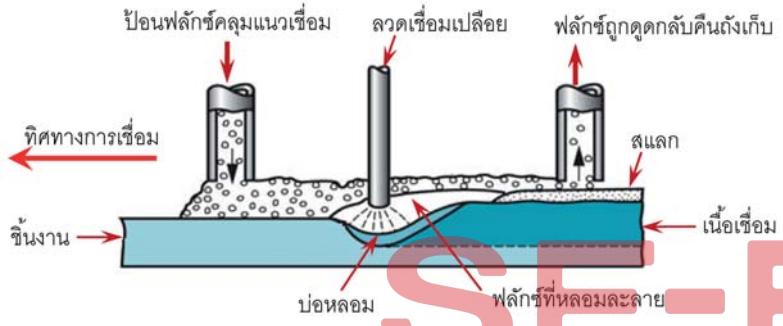
SEED
inspiration starts here




**รูปที่ 1.7** การเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

(*ที่มา* : Mikell P. Groover, 2010, หน้า 723)

**6. การเชื่อมอาร์กใต้ฟลักซ์ (Submerged Arc Welding; SAW)** เป็นกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าที่ได้รับความร้อนจากอาร์กระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงาน โดยลวดเชื่อมเป็นลวดเปลือยปล่อยออกมาอย่างต่อเนื่องจากม้วน ลวดเชื่อมนี้ทำหน้าที่เป็นอิเล็กโทรดแบบสิ้นเปลืองและเป็นโลหะเติมลงไปในแนวเชื่อม โดยมีฟลักซ์ชนิดเม็ด (Granular Flux) ปล่อยออกมาในบริเวณของการอาร์ก ฟลักซ์ส่วนที่อยู่ใกล้กับการอาร์กจะหลอมละลายปกคลุมบ่อหลอมละลาย และเมื่อแนวเชื่อมเย็นตัวลง ฟลักซ์ก็จะแข็งตัวเป็นสแลกคลุมแนวเชื่อม ส่วนฟลักซ์ที่อยู่ด้านบนซึ่งได้รับความร้อนน้อยจะไม่หลอมละลาย และสามารถนำกลับมาใช้งานได้



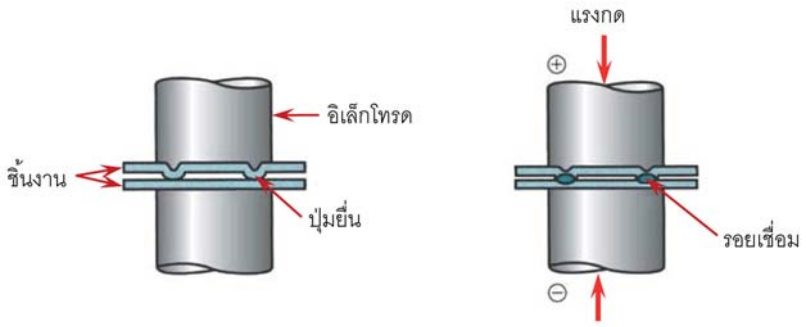

**รูปที่ 1.8** การเชื่อมอาร์กใต้ฟลักซ์
*(ที่มา* : Mikell P. Groover, 2010, หน้า 717)

SE-ED
Inspiration starts here

## 1.2.2 การเชื่อมความต้านทาน

การเชื่อมความต้านทาน (Resistance Welding; RW) เป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้ความต้านทานของไฟฟ้า โดยมีอิเล็กโทรดขั้วบวกและขั้วลบเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าผ่านชิ้นงาน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโลหะแผ่นบาง (Sheet Metal) ความร้อนที่เกิดขึ้นเพียงพอที่จะทำให้ผิวชิ้นงานเกิดการหลอมละลายเฉพาะที่เล็กๆ จากนั้นใช้แรงกดเพื่อให้ผิวงานนั้นเชื่อมติดกัน การเชื่อมความต้านทานที่นิยมใช้งานโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็นหลายชนิด ดังนี้

**1. การเชื่อมปุ่มยื่น (Projection Welding; PW)** เป็นกระบวนการเชื่อมโดยการขึ้นรูปงานชิ้นบนให้เป็นปุ่มยื่นเล็กๆ (Projection) ยื่นออกมาแล้วให้ความร้อน จากนั้นใช้แรงกดเพื่อให้ปุ่มยื่นนั้นเกิดความร้อนและหลอมติดกัน




(ก) ก่อนเชื่อม (ข) ขณะเชื่อม

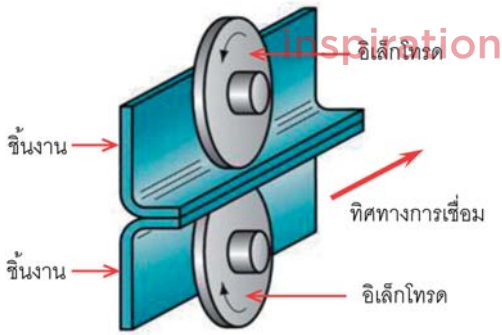
**รูปที่ 1.9** การเชื่อมปุ่มยื่น

(*ที่มา* : Mikell P. Groover, 2010, หน้า 723)

**2. การเชื่อมตะเข็บความต้านทาน (Resistance Seam Welding; RSEW)**

เป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้อิเล็กโทรดที่มีรูปร่างลักษณะเป็นวงล้อหมุนรอบตัวเอง ทำให้การเชื่อมมีความต่อเนื่อง กระบวนการเชื่อมชนิดนี้ เหมาะสำหรับเชื่อมถังบรรจุของเหลวหรือภาชนะบรรจุภัณฑ์ต่างๆ

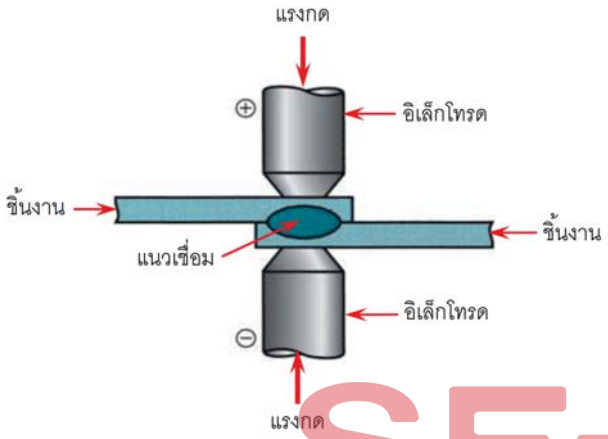
SE-ED
inspiration starts here




**รูปที่ 1.10** การเชื่อมตะเข็บความต้านทาน

(*ที่มา*: Mikell P. Groover, 2010, หน้า 723)

**3. การเชื่อมจุดความต้านทาน (Resistance Spot Welding; RSW)** เป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้เชื่อมชิ้นงานเป็นจุดๆ โดยใช้ไฟฟ้ากระแสสูงไหลผ่านชิ้นงานบริเวณที่ต้องการเชื่อม จนได้รับความร้อนและหลอมเหลวเป็นจุดกลมๆ จากนั้นใช้แรงกดเพื่อให้ชิ้นงานหลอมละลายติดกัน

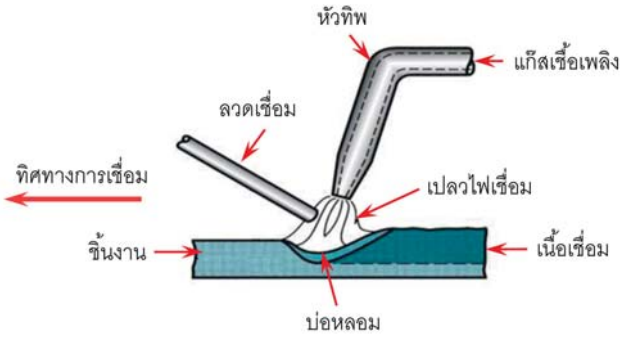



**รูปที่ 1.11** การเชื่อมจุดความต้านทาน
(*ที่มา* : Mikell P. Groover, 2010, p. 723)

SE-ED
inspiration starts here

## 1.2.3 การเชื่อมแก๊ส

การเชื่อมแก๊ส (Oxyfuel Gas Welding; OFW) เป็นกระบวนการเชื่อมโลหะโดยใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ระหว่างแก๊สเชื้อเพลิงกับออกซิเจน เพื่อหลอมละลายให้ชิ้นงานติด โดยอาจใช้เนื้อของชิ้นงานเป็นตัวประสานกันเอง หรือเติมลวดเชื่อมประสานก็ได้ การเชื่อมแก๊สแบ่งออกได้เป็นหลายกรรมวิธีตามชนิดของแก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้ เช่น การเชื่อมอะเซทิลีน–อากาศ (Air Acetylene Welding; AAW) การเชื่อมออกซีอะเซทิลีน (Oxy–Acetylene Welding; OAW) การเชื่อมออกซีไฮโดรเจน (Oxy–Hydrogen Welding; OHW) และการเชื่อมแก๊สกด (Pressure Gas Welding; PGW) สำหรับการเชื่อมแก๊สที่นิยมใช้งานโดยทั่วไปคือ การเชื่อมออกซีอะเซทิลีน ดังแสดงในรูปที่ 1.12

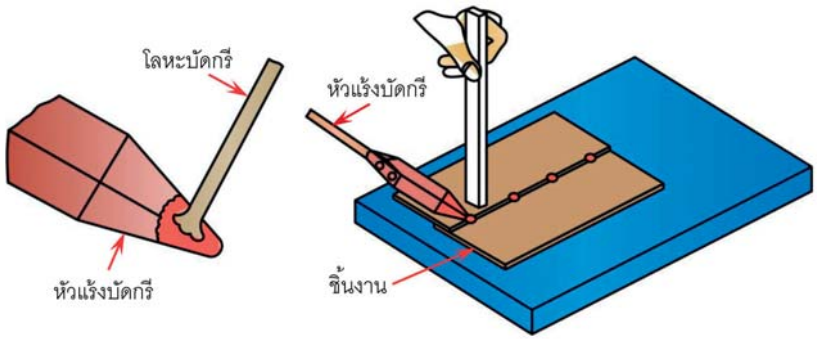



**รูปที่ 1.12** การเชื่อมออกซีอะเซทิลีน
*(ที่มา :* Mikell P. Groover, 2010, หน้า 722)

## 1.2.4 การบัดกรี

การบัดกรี (Soldering) เป็นกรรมวิธีการทำให้ชิ้นงานติดกัน โดยอาศัยความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 450 องศาเซลเซียส (840 องศาฟาเรนไฮต์) ความร้อนนี้ไม่ทำให้โลหะชิ้นงานหลอมละลาย แต่ทำให้โลหะบัดกรีหลอมละลาย โลหะบัดกรีที่หลอมละลายนี้ จะไหลเข้าไปในรอยต่อของชิ้นงาน เมื่อโลหะบัดกรีเย็นตัวจะทำให้ชิ้นงานและโลหะบัดกรีเกิดการจับยึดกันแน่น การบัดกรีแบ่งออกได้เป็นหลายชนิดที่สำคัญ ได้แก่ การบัดกรีแบบจุ่ม (Dip Soldering; DS) การบัดกรีในเตา (Furnace Soldering; FS) การบัดกรีเหนี่ยวนำ (Induction Soldering; IS) การบัดกรีอินฟาเรด (Infrared Soldering; IRS) การบัดกรีด้วยหัวแร้งบัดกรี (Iron Soldering; INS) การบัดกรีความต้านทาน (Resistance Soldering; RS) การบัดกรีด้วยหัวเชื่อม (Torch Soldering; TS) การบัดกรีอัลตราโซนิก (Ultrasonic Soldering; US) และการบัดกรีด้วยคลื่น (Wave Soldering; WS) ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.13

SE-ED inspiration starts here

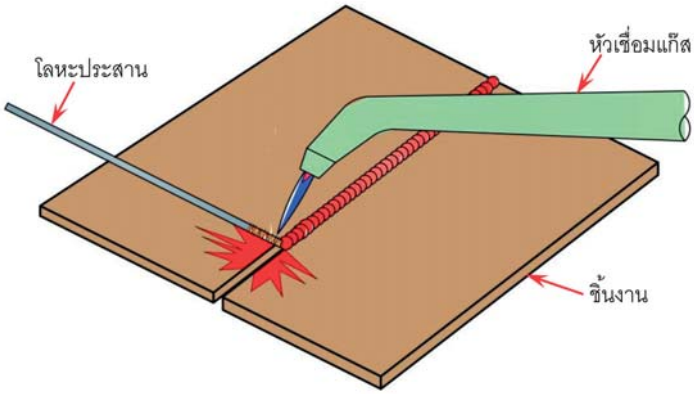



**รูปที่ 1.13** การบัดกรีด้วยหัวแร้งบัดกรี

### 1.2.5 การแล่นประสาน

การแล่นประสาน (Brazing) เป็นกรรมวิธีการเชื่อมโดยอาศัยความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 450 องศาเซลเซียส (840 องศาฟาเรนไฮต์) แต่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานไม่หลอมเหลว แต่ทำให้โลหะประสานหลอมเหลวและไหลเข้าไปในรอยต่อของชิ้นงาน เมื่อโลหะประสานเย็นตัวจะทำให้ชิ้นงานและโลหะประสานเกิดการจับยึดกันแน่น การแล่นประสานแบ่งออกได้เป็นหลายชนิด ได้แก่ การแล่นประสานแบบแพร่ (Diffusion Brazing; CAB) การแล่นประสานแบบจุ่ม (Dip Brazing; DB) การแล่นประสานในเตา (Furnace Brazing; FB) การแล่นประสานเหนี่ยวนำ (Induction Brazing; IB) การแล่นประสานอินฟราเรด (Infrared Brazing; IRB) การแล่นประสานความต้านทาน (Resistance Brazing; RB) และการแล่นประสานด้วยหัวเชื่อม (Torch Brazing; TB) ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.14

SE-ED
inspiration starts here




**รูปที่ 1.14** การแล่นประสานด้วยหัวเชื่อม

## 1.3 บทสรุป

วิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะได้เริ่มขึ้นตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 19 จวบจนกระทั่งปัจจุบันเกือบ 200 ปี ได้มีการพัฒนากระบวนการเชื่อม เทคนิควิธีการเชื่อม เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีการเชื่อมจึงมีความจำเป็นสำหรับผู้ปฏิบัติงานด้านนี้ ทั้งนี้ เพื่อให้เข้าใจถึงเทคนิค วิธีการที่จะทำให้โลหะเชื่อมยึดและติดกันอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ

SE-ED
inspiration starts here

## แบบทดสอบท้ายบทเรียน

**คำชี้แจง :** จงเลือกคำตอบข้อที่ถูกต้องที่สุด (12 คะแนน)

**1.** บุคคลในข้อใดที่ทำการเชื่อมโลหะแบบหลอมละลายครั้งแรก

ก. Edmund Davy
ข. Auguste De Meritens
ค. Olszewski
ง. N.G. Slavianoff

**2.** การเชื่อมโลหะแบบหลอมละลายครั้งแรก ได้นำมาใช้กับการเชื่อมอะไร

ก. การเชื่อมแผ่นตะกั่วที่ใช้ในแบตเตอรี่
ข. การเชื่อมโลหะด้วยแท่งลวดเชื่อมเปลือย
ค. การเชื่อมโลหะด้วยแท่งลวดที่มีสารพอกหุ้ม
ง. การเชื่อมโลหะโดยใช้แท่งคาร์บอนอาร์ก

**3.** ใครคือผู้ค้นพบแก๊สอะเซทิลีนที่ใช้กับการเชื่อมและตัดโลหะด้วยออกซีอะเซทิลีน

ก. O. Kjellberg
ข. Edmund Davy
ค. Olszewski
ง. Auguste De Meritens

SE-ED
inspiration starts here

**4.** บริษัท Linde Air Products Company Limited มีบทบาทอย่างไรเกี่ยวกับการเชื่อม

ก. ค้นพบแก๊สอะเซทิลีน
ข. พัฒนาเครื่องเชื่อมขึ้นแทนแบตเตอรี่
ค. พัฒนาวิธีการเชื่อมอาร์กใต้ฟลักซ์
ง. ทำการเชื่อมโลหะแบบขั้วเชื่อมโลหะที่ไม่มีสารพอกเป็นครั้งแรก

**5.** ผู้จดสิทธิบัตรกรรมวิธีการเชื่อมแบบขั้วเชื่อมที่มีสารพอกหุ้มหรือลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลักซ์ คือใคร

ก. O. Kjellberg
ข. Auguste De Meritens
ค. N.G. Slavianoff
ง. Edmund Davy

**6.** ข้อใดอยู่ในกลุ่มกรรมวิธีการเชื่อมเดียวกัน

ก. การเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ และการเชื่อมอาร์กใต้ฟลักซ์

ข. การเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม การเชื่อมอาร์กพลาสมา และการบัดกรี

ค. การแล่นประสาน การบัดกรี และการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

ง. การเชื่อมแก๊ส และการเชื่อมด้วยความต้านทาน

**7.** ข้อใด **ไม่จัด** อยู่ในกระบวนการเชื่อมอาร์ก (Arc Welding)

ก. การเชื่อมทิก

ข. การเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

ค. การเชื่อมด้วยลวดเชื่อมแกนฟลักซ์

ง. การเชื่อมแก๊ส

**8.** การเชื่อมอาร์กใต้ฟลักซ์ เหมาะสำหรับการเชื่อมท่าใด

ก. ท่าราบ

ข. ท่าขนาน

ค. ท่าตั้งเชื่อมขึ้น

ง. ท่าเหนือศีรษะ

**9.** กระบวนการเชื่อมใดที่ใช้แก๊ส $C_2H_2$ เป็นแก๊สเชื้อเพลิง

ก. การเชื่อมออกซีไฮโดรเจน

ข. การเชื่อมอะเซทิลีน–อากาศ

ข. การเชื่อมออกซีอะเซทิลีน

ง. การเชื่อมแก๊สกด

SE-ED
inspiration starts here

**10.** จากรูปคือกรรมวิธีการเชื่อมที่เรียกว่าอะไร

ก. การเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

ข. การเชื่อมด้วยลวดเชื่อมแกนฟลักซ์

ค. การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม

ง. การเชื่อมอาร์กพลาสมา

**11.** อุณหภูมิที่ใช้ในการแล่นประสานคือ

ก. ต่ำกว่า 450 องศาเซลเซียส โลหะประสานไม่หลอมละลาย แต่ชิ้นงานหลอมเหลว

ข. ต่ำกว่า 450 องศาเซลเซียส โลหะประสานหลอมละลาย แต่ชิ้นงานไม่หลอมเหลว

ค. สูงกว่า 450 องศาเซลเซียส โลหะประสานหลอมละลาย แต่ชิ้นงานไม่หลอมเหลว

ง. อุณหภูมิสูงกว่า 450 องศาเซลเซียส โลหะประสานและชิ้นงานหลอมเหลว

**12.** ข้อใดคือหลักการบัดกรี

ก. การทำให้ชิ้นงานติดกันโดยใช้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 840 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ชิ้นงานและโลหะประสานหลอมเหลวแล้วไหลเข้าไปในรอยต่อ

ข. การทำให้ชิ้นงานติดกันโดยใช้อุณหภูมิไม่เกิน 840 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่ทำให้ชิ้นงานหลอมเหลว แต่ทำให้โลหะประสานหลอมเหลวแล้วไหลเข้าไปในรอยต่อ

ค. การทำให้ชิ้นงานติดกัน โดยใช้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 450 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ชิ้นงานและโลหะประสานหลอมเหลวแล้วไหลเข้าไปในรอยต่อ

ง. การทำให้ชิ้นงานติดกันโดยใช้อุณหภูมิไม่เกิน 450 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่ทำให้ชิ้นงานหลอมเหลว แต่ทำให้โลหะประสานหลอมเหลวแล้วไหลเข้าไปในรอยต่อ

SE-ED
inspiration starts here

# 2

# รอยต่อ รอยเชื่อม และตำแหน่งท่าเชื่อม

## สาระสำคัญ

ในการเชื่อมโลหะนอกจากการเลือกกรรมวิธีการเชื่อมที่เหมาะสมแล้ว ช่างเชื่อมจะต้องมีความรู้และทักษะเกี่ยวกับเตรียมรอยต่อ รอยเชื่อม และตำแหน่งท่าเชื่อมด้วย โดยการเตรียมรอยต่องานเชื่อมนี้ สามารถแบ่งออกเป็นหลายชนิด ขึ้นอยู่กับการออกแบบ ชนิดของวัสดุ ความแข็งแรง และความหนาของชิ้นงาน ฯลฯ ส่วนตำแหน่งท่าเชื่อมก็มีหลายลักษณะ เช่น ท่าราบ ท่าขนาน ท่าตั้ง และท่าเหนือศีรษะ เป็นต้น

SE-ED
inspiration starts here

## เนื้อหา

1. ชนิดของรอยต่องานเชื่อม
2. ชนิดของรอยเชื่อม
3. ตำแหน่งท่าเชื่อม
4. ส่วนประกอบของรอยเชื่อม

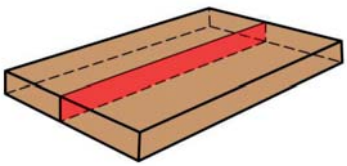
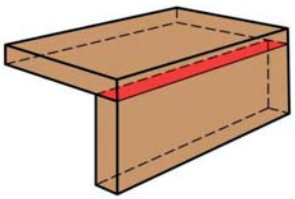
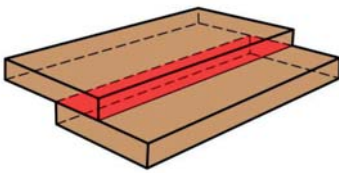
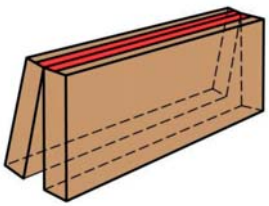
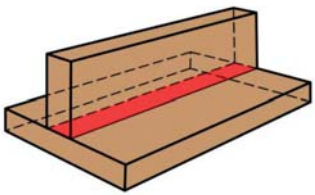
## ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. ระบุชนิดของรอยต่องานเชื่อมได้
2. ระบุชนิดของรอยเชื่อม
3. ระบุตำแหน่งท่าเชื่อมได้
4. ระบุส่วนประกอบรอยเชื่อมมุมผิวนูนได้

## 2.1 ชนิดของรอยต่องานเชื่อม

รอยต่องานเชื่อม (Weld Joints) แบ่งออกเป็น 5 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** ชนิดของรอยต่องานเชื่อม

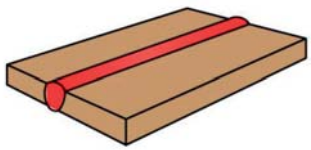
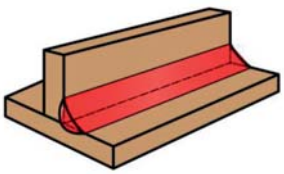
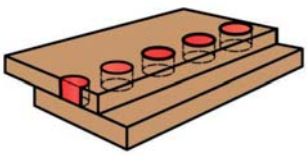
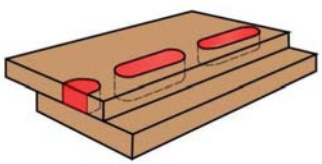
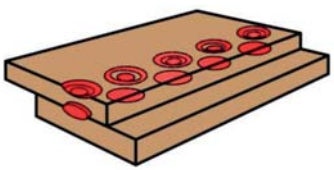
| ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|
|  | **1. รอยต่อชน (Butt Joint)** คือรอยต่อที่นำขอบของชิ้นงานสองชิ้นมาชนกัน โดยให้ผิวงานทั้งสองอยู่ในระดับเดียวกัน ซึ่งอาจเว้นช่องว่างหรือไม่เว้นช่องว่างก็ได้ |
|  | **2. รอยต่อมุม (Corner Joint)** คือรอยต่อที่นำขอบของชิ้นงานสองชิ้นมาชนกัน และทำมุม 90 องศา |
|  | **3. รอยต่อเกย (Lap Joint)** คือรอยต่อที่นำชิ้นงานสองชิ้นมาวางทับกัน |
|  | **4. รอยต่อขอบ (Edge Joint)** คือรอยต่อที่นำขอบของชิ้นงานสองชิ้นมาทาบหรือประกบกัน |
|  | **5. รอยต่อตัวที (T–Joint)** คือรอยต่อที่นำชิ้นงานชิ้นหนึ่งมาวางบนอีกชิ้นหนึ่งให้เป็นรูปตัวที |

SE-ED
inspiration starts here

## 2.2 ชนิดของรอยเชื่อม

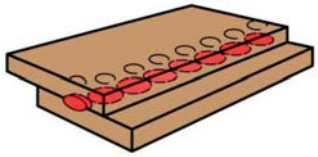
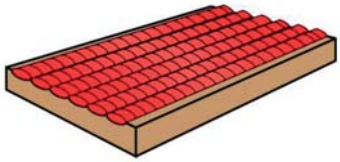
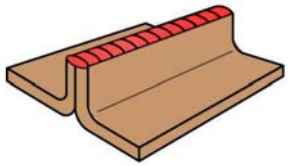
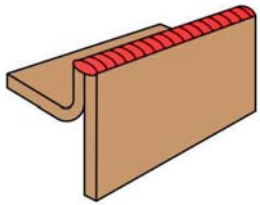
รอยเชื่อม (Weld Types) แบ่งออกเป็น 8 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.2

**ตารางที่ 2.2** ชนิดของรอยเชื่อม

| ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|
|  | **1. รอยเชื่อมร่อง (Groove Weld)** คือรอยเชื่อมที่เกิดจากการเชื่อมในร่องระหว่างชิ้นงานทั้งสองชิ้นที่วางชนกัน โดยร่องที่เตรียมนี้มีหลายแบบ ได้แก่ ร่องรูปตัววี ร่องรูปตัวยู และร่องรูปตัวเจ เป็นต้น |
|  | **2. รอยเชื่อมมุม (Fillet Weld)** คือรอยเชื่อมที่ภาคตัดขวางของรอยเชื่อม มีรูปคล้ายสามเหลี่ยม ในการเตรียมชิ้นงานส่วนใหญ่จะไม่บากหน้างานเหมือนรอยเชื่อมร่อง เช่น รอยต่อตัวที เป็นต้น |
|  | **3. รอยเชื่อมอุด (Plug Weld)** คือรอยเชื่อมที่ภาคตัดขวางของรอยเชื่อม มีรูปคล้ายรูกลม |
|  | **4. รอยเชื่อมรอบช่อง (Slot Weld)** คือรอยเชื่อมที่ภาคตัดขวางของรอยเชื่อม มีรูปคล้ายรูกลมยาว คล้ายช่องเจาะเป็นรูแคบและยาว |
|  | **5. รอยเชื่อมปุ่มยื่น (Projection Weld)** คือรอยเชื่อมที่เกิดจากการใช้ความร้อนและแรงกด เพื่ออัดให้ชิ้นงานหลอมเหลวติดกัน ซึ่งชิ้นงานที่นำมาเชื่อมนี้ต้องมีการขึ้นรูปมาก่อน |

SE-ED
inspiration starts here

**ตารางที่ 2.2** (ต่อ) ชนิดของรอยเชื่อม

| ภาพประกอบ | คำอธิบาย |
|---|---|
|  | **6. รอยเชื่อมตะเข็บ (Seam Weld)** คือรอยเชื่อมที่เกิดจากการใช้ความร้อนและแรงกด เพื่ออัดให้ชิ้นงานหลอมเหลวติดกัน รอยเชื่อมชนิดนี้นิยมใช้เชื่อมชิ้นงานที่เป็นโลหะแผ่น (Sheet Metal) |
|  | **7. รอยเชื่อมพอกผิว (Surface Weld)** คือรอยเชื่อมที่เชื่อมบนผิวของชิ้นงาน เพื่อเพิ่มขนาดหรือความหนาให้กับชิ้นงานหรือให้เกิดความแข็งที่ผิว |
|  <br>(ก) รอยเชื่อมที่ขอบ<br>  <br>(ข) รอยเชื่อมที่มุม | **8. รอยเชื่อมขอบ (Flange Weld)** คือรอยเชื่อมที่ขอบ (Edge–Flange Weld) หรือรอยเชื่อมที่มุม (Corner–Flange Weld) ของชิ้นงาน |

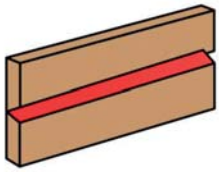
SE-ED
inspiration starts here

## 2.3 ตำแหน่งท่าเชื่อม

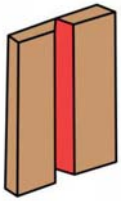
ตำแหน่งท่าเชื่อมที่ใช้ในการทดสอบ (Welding Test Position) มีดังนี้

### 2.3.1 รอยเชื่อมบากร่อง (Groove Welds)

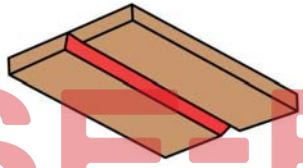
(ก) ท่าราบ (Flat : 1G)



(ข) ท่าระดับ (Horizontal : 2G)



(ค) ท่าตั้ง (Vertical : 3G)

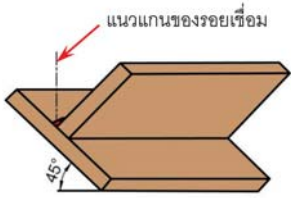


(ง) ท่าเหนือศีรษะ (Overhead : 4G)

**รูปที่ 2.1** ตำแหน่งท่าเชื่อมของรอยต่อชนบากร่อง

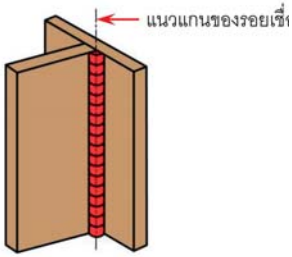
SEED
inspiration starts here

### 2.3.2 รอยเชื่อมมุม (Fillet Welds)

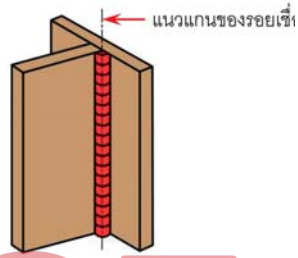



(ก) ท่าราบ (Flat Position : 1F)

(ข) ท่าระดับ (Horizontal Position : 2F)




(ค) ท่าตั้ง (Vertical Position : 3F)



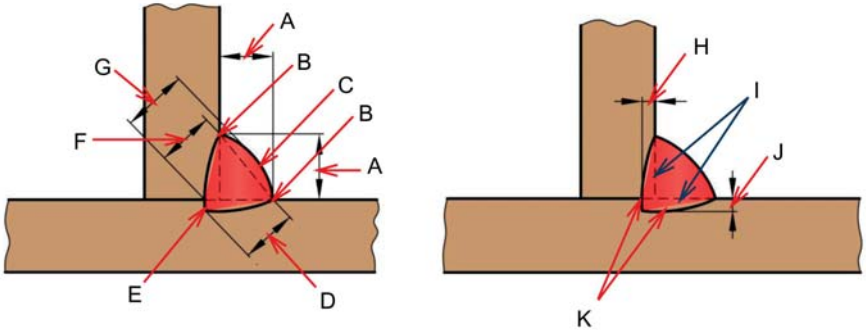

(ง) ท่าเหนือศีรษะ (Overhead Position : 4F)

**รูปที่ 2.2** ตำแหน่งท่าเชื่อมของรอยเชื่อมมุม

SE-ED
inspiration starts here

## 2.4 ส่วนประกอบของรอยเชื่อม

ส่วนประกอบรอยเชื่อม (Weld Nomenclature) ที่จะกล่าวถึงในหัวข้อนี้คือ รอยเชื่อมมุมผิวนูน ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 2.3




**รูปที่ 2.3** ส่วนประกอบของรอยเชื่อมฉากผิวนูน

จากรูปที่ 2.3 รอยเชื่อมมุมผิวนูน ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

A คือขาแนวเชื่อม (Weld Leg) หรือขนาดแนวเชื่อม (Weld Size)

B คือขอบรอยเชื่อม (Weld Toe)

C คือผิวหน้ารอยเชื่อม (Weld Face)

D คือระยะคอรอยเชื่อมในทางทฤษฎี (Theoretical Throat)

E คือรากแนวเชื่อม (Weld Root)

F คือระยะคอแนวเชื่อมที่มีผลต่อการรับแรง (Effective Throat)

G คือระยะคอรอยเชื่อมตามความจริง (Actual Throat)

H คือระยะหลอมลึก (Depth of Fusion)

I คือผิวหน้าบ่อหลอม (Fusion Face)

J คือผิวหน้าร่วมระหว่างรอยเชื่อมกับเนื้อโลหะงาน (Weld Interface)

SE-ED

## 2.5 บทสรุป

ชนิดของรอยต่อ รอยเชื่อม และตำแหน่งท่าเชื่อม เป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อความแข็งแรง คุณภาพของรอยต่อ รวมถึงค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการเชื่อมอีกด้วย ดังนั้นผู้ปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อมต้องคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ให้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานเชื่อมโครงสร้าง เช่น โครงสร้างอาคารสูงและสะพาน ฯลฯ เพราะหากเกิดความเสียหายจะกระทบกับผู้คนและสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง

## แบบทดสอบท้ายบทเรียน

**ตอนที่ 1** จงตอบคำถามต่อไปนี้ (31 คะแนน)

**1.** จงบอกชื่อชนิดของรอยต่องานเชื่อม ดังต่อไปนี้ (5 คะแนน)

..... 2.1 รอยต่อมุม

..... 2.2 รอยต่อขอบ

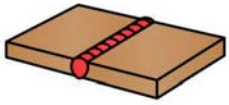
..... 2.3 รอยต่อเกย

..... 2.4 รอยต่อตัวที

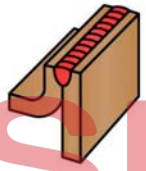
..... 2.5 รอยต่อชน

(ก)

(ค)



(จ)



SE-ED
inspiration starts here

**2.** จงบอกชื่อชนิดของรอยเชื่อม ดังต่อไปนี้ (8 คะแนน)

..... 2.1 รอยเชื่อมร่อง

..... 2.2 รอยเชื่อมมุม

..... 2.3 รอยเชื่อมอุด

..... 2.4 รอยเชื่อมรอบช่อง

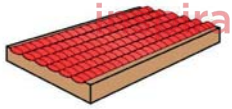
..... 2.5 รอยเชื่อมปุ่มยื่น

..... 2.6 รอยเชื่อมตะเข็บ

..... 2.7 รอยเชื่อมพอกผิว

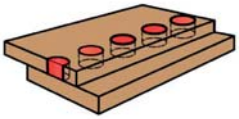
..... 2.8 รอยเชื่อมขอบ

(ก)

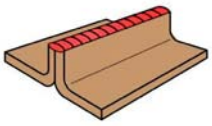


(ข)

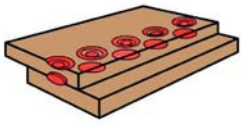
(ค)



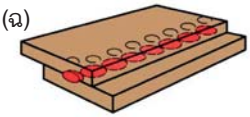
(ง)



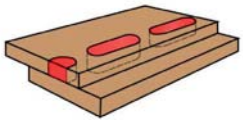
(จ)



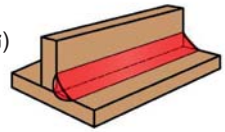
(ฉ)



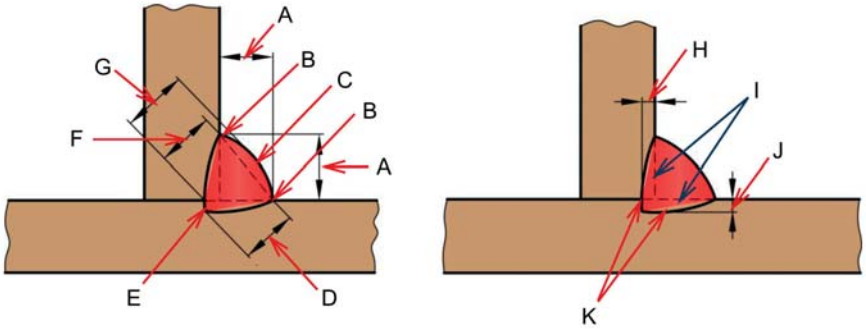
(ช)



(ซ)



**3.** จงบอกชื่อส่วนประกอบของรอยเชื่อม ดังต่อไปนี้ (10 คะแนน)




3.1 A .....

3.2 B .....

3.3 C .....

3.4 D .....

4.5 E .....

3.6 F .....

3.7 G .....

3.8 H .....

3.9 I .....

3.10 J .....

SE-ED
inspiration starts here

**4.** จงบอกชื่อชนิดของรอยต่องานเชื่อมและตำแหน่งท่าเชื่อม ดังต่อไปนี้ (8 คะแนน)

4.1 ก .....

4.2 ข .....

4.3 ค .....

4.4 ง .....

4.5 จ .....

4.6 ฉ .....

4.7 ช .....

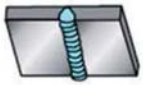
4.8 ซ .....

(ก)

(ข)

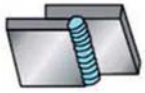
(ค)

(ง)

(จ) 

(ฉ)

(ช)

(ซ) 

SE-ED
inspiration starts here

**ตอนที่ 2** จงเลือกคำตอบข้อที่ถูกต้องที่สุด (15 คะแนน)

**1.** รอยต่อชนิดใดที่นำขอบของชิ้นงานสองชิ้นมาทาบกัน

ก. รอยต่อมุม ข. รอยต่อขอบ

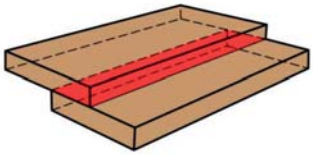
ค. รอยต่อเกย ง. รอยต่อชน

**2.** รอยต่อชนิดใดที่นำขอบของชิ้นงานสองชิ้นมาชนกันและทำมุม 90 องศา

ก. รอยต่อชน ข. รอยต่อตัวที

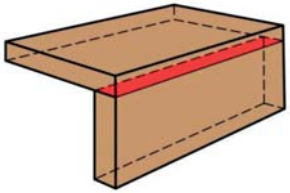
ค. รอยต่อเกย ง. รอยต่อมุม

**3.** จากรูปคือรอยต่อชนิดใด



ก. รอยต่อชน
ข. รอยต่อตัวที
ค. รอยต่อเกย
ง. รอยต่อมุม

**4.** จากรูปคือรอยต่อชนิดใด



ก. รอยต่อมุม
ข. รอยต่อเกย
ค. รอยต่อตัวที
ง. รอยต่อชน

**5.** รอยเชื่อมชนิดใดที่มีรูปร่างพื้นที่หน้าตัดของแนวเชื่อมหลังจากการเชื่อมแล้วเป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก

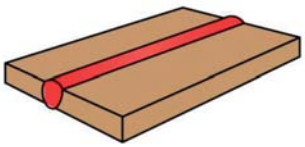
ก. รอยเชื่อมฉาก
ข. รอยเชื่อมอุด
ค. รอยเชื่อมร่อง
ง. รอยเชื่อมรอบช่อง

SE-ED
inspiration starts here

**6.** รอยเชื่อมชนิดใดที่เกิดจากการเชื่อมในร่องระหว่างชิ้นงานสองชิ้นที่วางชนกัน

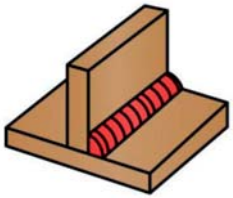
ก. รอยเชื่อมมุม
ข. รอยเชื่อมอุด
ค. รอยเชื่อมร่อง
ง. รอยเชื่อมรอบช่อง

**7.** จากรูปคือรอยเชื่อมชนิดใด



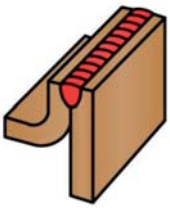
ก. รอยเชื่อมฉาก
ข. รอยเชื่อมร่อง
ค. รอยเชื่อมขอบ
ง. รอยเชื่อมปุ่มยื่น

**8.** จากรูปคือรอยเชื่อมชนิดใด



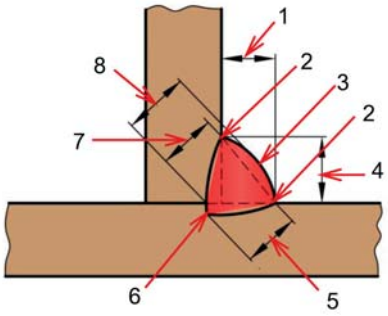
ก. รอยเชื่อมร่อง
ข. รอยเชื่อมฉาก
ค. รอยเชื่อมขอบ
ง. รอยเชื่อมตะเข็บ

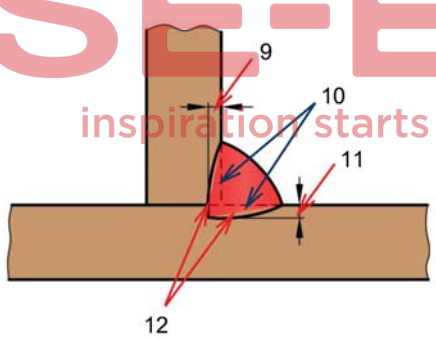
**9.** จากรูปคือรอยเชื่อมชนิดใด



ก. รอยเชื่อมอุด
ข. รอยเชื่อมร่อง
ค. รอยเชื่อมขอบ
ง. รอยเชื่อมฉาก

จากรูป จงใช้ตอบคำถามข้อที่ 10–12




SE-ED
inspiration starts here

**10.** หมายเลข 4 คือ

ก. ขาแนวเชื่อมหรือขนาดแนวเชื่อม
ข. ขอบรอยเชื่อม
ข. ผิวหน้ารอยเชื่อม
ง. ระยะคอรอยเชื่อมในทางทฤษฎี

ปัจจุบันเทคโนโลยีและวิทยาการด้านการเชื่อมและโลหะแผ่นได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือ อุปกรณ์ เทคนิควิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน และเป็นที่ยอมรับ ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องก็ตาม แต่พื้นฐานของการทำงานด้านนี้ก็ยังมีความจำเป็นสำหรับผู้ปฏิบัติงานในด้านนี้ หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงขึ้นตามหลักสูตรรายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เนื้อหามีทั้งหมด 10 บทเรียน ประกอบด้วย ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเชื่อมรอยต่อ รอยเชื่อมและตำแหน่งท่าเชื่อม การเชื่อมออกซีอะเซทิลีน การตัดโลหะด้วยแก๊ส การแล่นประสาน การเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ งานโลหะแผ่นเบื้องต้น การเขียนแบบแผ่นคลี่ การประกอบงานโลหะแผ่นและการบัดกรี นอกจากนี้ ยังมีแบบทดสอบท้ายบทเรียนและใบสั่งงานที่อธิบายขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างละเอียด พร้อมทั้งใบประเมินผลการปฏิบัติงานและภาพประกอบสีตลอดทั้งเล่ม

## ประวัติผู้เขียน อำนาจ ทองแสน

**ประวัติการศึกษา**

- พ.ศ. 2549 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ทุนเพชรพระจอมเกล้า)
- พ.ศ. 2534 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ (เกียรตินิยม อันดับ 2) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น

**ผลงานทางวิชาการ**

มีผลงานทางวิชาการหลายเล่ม ได้แก่ งานฝึกฝีมือ 1, เขียนแบบเทคนิคเบื้องต้น, งานเครื่องมือกลเบื้องต้น, โปรแกรมเอ็นซีพื้นฐาน, เขียนแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และ งานเชื่อมและโลหะแผ่น

**ปัจจุบัน**

- ดำรงตำแหน่ง ครูเชี่ยวชาญ วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี สถาบันการอาชีวศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1
- กรรมการสภา สถาบันการอาชีวศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1

SE-ED
Inspiration starts here


| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| หนังสือ | ❑ 1 สี | จำนวน | | หน้า |
| | ❑ 2 สี | จำนวน | | หน้า |
| | ☑ 4 สี | จำนวน | 440 | หน้า |
| กระดาษ | ❑ ปรู๊ฟ | ☑ ปอนด์ | ❑ ถนอมสายตา | |
| ความหนา | กระดาษปก | | 260 | แกรม |
| | กระดาษเนื้อใน | | 80 | แกรม |

ISBN 978-616-08-4111-0

9 786160 841110

190 บาท

คู่มือเรียน-สอบ/อาชีวศึกษา-โลหะ-การเชื่อม,งานเชื่อม


www.se-ed.com

sbc.fans