

ได้ผ่านการตรวจประเมินคุณภาพหนังสือเรียนอาชีวศึกษา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562  
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ประกาศลำดับที่ 479



**รหัสวิชา 20100-1004**

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ  
พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

# **งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น** **Basic Welding and Sheet metal**



**ณรงค์ มากชม**

**109.-**

# งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (Basic Welding and Sheet Metal)

รหัสวิชา 20100 - 1004

หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพพื้นฐาน  
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม  
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562  
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ

เรียบเรียงโดย  
ณรงค์ มากชม

# งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (Basic Welding and Sheet Metal)

ISBN 978-616-495-200-3

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย...



บริษัท วังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293-5 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile 08-8585-1521

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

www.wangaksorn.com

ID Line : wangaksorn



พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2565

จำนวนที่พิมพ์ 5,000 เล่ม

## สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2561

โดยบริษัทวังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ  
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต

เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น

ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้

เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย

โดยบริษัทวังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

# งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (Basic Welding and Sheet Metal)

รหัสวิชา 20100-1004

ท-ป-น 1-3-2



## จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กระบวนการเชื่อมแก๊ส การเชื่อมไฟฟ้าและงานโลหะแผ่น
2. มีทักษะเกี่ยวกับการปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส เชื่อมไฟฟ้าและการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในงานเชื่อม
3. มีทักษะเกี่ยวกับการปฏิบัติงานขึ้นรูปโลหะแผ่น รูปทรงเรขาคณิตและใช้เครื่องมืออุปกรณ์โลหะแผ่น
4. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการทำงานด้วยความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลามีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ และรักษาสภาพแวดล้อม



## สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้ หลักการกระบวนการเชื่อมแก๊ส และการเชื่อมไฟฟ้า
2. เชื่อมแผ่นประสานและตัดแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส
3. เชื่อมอาร์กกลวดหุ้มฟลักซ์แผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน
4. เขียนแบบแผ่นคลี่ลงแผ่นงานตามแบบ
5. ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะแผ่นตามแบบ



## คำอธิบายรายวิชา

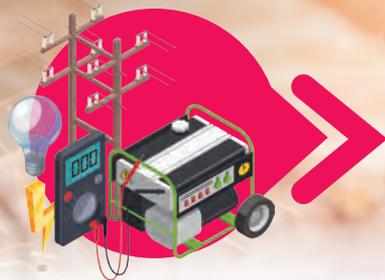
ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการเบื้องต้นของกระบวนการเชื่อมและโลหะแผ่น หลักความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน การเลือกใช้วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์งานเชื่อม ทำเชื่อม รอยต่อที่ใช้ในงานเชื่อม และการแผ่นประสาน การประกอบติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมแก๊ส การแผ่นประสาน (Brazing) และเชื่อมไฟฟ้า การเริ่มต้นอาร์ก การเชื่อมเดินแนว ต่อมุม ต่อตัวที่ เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในงานโลหะแผ่น การเขียนแบบแผ่นคลี่ การถ่ายแบบ การเข้าขอบ การทำตะเข็บ การย้ำหมุด การบัดกรี (Soldering) การขึ้นรูปด้วยการพับ ตัด ม้วน เคาะ และประกอบชิ้นงาน

## ตารางวิเคราะห์สมรรถนะรายวิชา

วิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัสวิชา 20100 - 1004

ท - ป - น 1 - 3 - 2 จำนวน 4 คาบ/สัปดาห์ รวม 72 คาบ

หน่วยที่	สมรรถนะรายวิชา				
	1. แสดงความรู้ หลักการ กระบวนการเชื่อมแก๊สการเชื่อมไฟฟ้า	2. เชื่อมเล่นประสาน และตัดแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส	3. เชื่อมอาร์กลดอุณหภูมิเหล็กแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน	4. เขียนแบบแผ่นคลึงแผ่นงานตามแบบ	5. ชี้นำรูปผลิตภัณฑ์โลหะแผ่นตามแบบ
1. หลักการเบื้องต้นของวิธีการเชื่อมและตัดโลหะ	✓	✓	✓	-	-
2. แก๊สสำหรับงานเชื่อมและการประกอบติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมแก๊ส	✓	✓	✓	-	✓
3. การเชื่อมโลหะด้วยแก๊ส	✓	✓	✓	-	✓
4. เทคนิคการเชื่อมโลหะด้วยแก๊สและตัดแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส	✓	✓	✓	✓	✓
5. การเชื่อมรอยต่อชิ้นงานโลหะด้วยวิธีเชื่อมแก๊ส	✓	✓	✓	✓	✓
6. การเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า	✓	✓	✓	✓	✓
7. การเดินแนวเชื่อมและรอยต่อเชื่อมในงานไฟฟ้า	✓	✓	✓	✓	✓
8. การเล่นประสาน	✓	✓	✓	✓	✓
9. งานโลหะแผ่นขั้นพื้นฐาน	✓	✓	✓	✓	✓
10. หลักการเขียนแบบแผ่นคลึง	-	-	-	✓	✓
11. การประกอบรูปโลหะแผ่น	✓	✓	✓	✓	✓



# คำนำ

**วิชาการเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัสวิชา 20100 - 1004** จัดอยู่ในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพพื้นฐาน ประเภทวิชาอุตสาหกรรม ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 11 บทเรียน ได้จัดแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated) ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ และส่วนที่เป็นทักษะประสบการณ์ เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer) เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้จัดการชี้แนะ (Teacher Roles) จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปทำงานได้ (Competency) สอนความรัก ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพอันยังประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใดเป็นคนดี ทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

ส่งเสริมสนับสนุนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (Vocational Qualification System) ให้สอดคล้องตามมาตรฐานอาชีพ (Occupational Standard) เพื่อสร้างภูมิคุ้มกัน เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ กำลังแรงงาน การพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานระดับชาติ (National Benchmarking) และการวิเคราะห์หน้าที่การงาน (Functional Analysis) เพื่อให้เกิดผลสำเร็จในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม และทุกสาขาอาชีพ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนเข้าสู่สนามการแข่งขันในประชาคมอาเซียน

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสาวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบในการเรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

**ณรงค์ มากชม**

# สารบัญ

## บทที่ 1 หลักการเบื้องต้นของวิธีการเชื่อมและการตัดโลหะ 1

วิธีการเชื่อมและการตัดโลหะ	2
กรรมวิธีการเชื่อม	6
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	13

## บทที่ 2 แก๊สสำหรับงานเชื่อมและประกอบติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์งานเชื่อมแก๊ส 16

บทนำ	17
แก๊สสำหรับงานเชื่อม	17
ท่อออกซิเจน	17
ท่ออะเซทิลีน	20
การผลิตแก๊สอะเซทิลีน	21
การประกอบ ติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์งานเชื่อมแก๊ส	22
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	24
ใบงานที่ 2.1 ติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์งานเชื่อมแก๊ส	27

## บทที่ 3 การเชื่อมโลหะด้วยแก๊ส 28

การเชื่อมโลหะด้วยแก๊ส	29
อุปกรณ์สำหรับการเชื่อมแก๊ส	30
ลวดเชื่อมแก๊สและฟลักซ์สำหรับลวดเชื่อมแก๊ส	34
เปลวไฟในการเชื่อมแก๊ส	35
ทิศทางการเชื่อมแก๊ส (Direction of Welding)	36
แบบของรอยต่อ	37
ท่าเชื่อม (Welding Position)	39
ความปลอดภัยในการเชื่อมแก๊ส	40
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	42
ใบงานที่ 3.1 การปรับเปลวไฟ	45
ใบงานที่ 3.2 การควบคุมบ่อหลอมละลาย	48

## **บทที่ 4** เทคนิคการเชื่อมโลหะด้วยแก๊ส และการตัดแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส 51

บทนำ	52
การปรับระดับมุมของหัวเชื่อมแก๊ส	52
การเชื่อมเดินแนวเต็มลวดเชื่อม	53
มุมของหัวเชื่อมที่สัมพันธ์กับลวดเชื่อม	55
การตัดแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส	56
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	60
ใบงานที่ 4.1 การเชื่อมเดินแนวเต็มลวดเชื่อม	63

## **บทที่ 5** การเชื่อมรอยต่อชิ้นงานโลหะด้วยวิธีการเชื่อมแก๊ส 66

บทนำ	67
การเชื่อมยึดชิ้นงานต่อชนด้วยท่าราบ	68
การเชื่อมยึดชิ้นงานละลายขอบด้วยท่าราบ	70
การเชื่อมต่อมุมฉากด้วยท่าราบ	71
การเชื่อมต่อตัวที่ด้วยท่าราบ	73
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	75
ใบงานที่ 5.1 การเชื่อมเดินแนวท่าตั้ง	78
ใบงานที่ 5.2 การเชื่อมต่อชนท่าราบ	81
ใบงานที่ 5.3 การเชื่อมต่อตัวที่ท่าราบ	84

## **บทที่ 6** การเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า 87

การเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า	88
หลักการเชื่อมไฟฟ้าแบบอาร์กด้วยลวดเชื่อมชนิดสารพอกหุ้ม	89
กระแสไฟฟ้าสำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า	89
อุปกรณ์ในการเชื่อมไฟฟ้า	90
ลวดเชื่อมไฟฟ้า	94
เทคนิคการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า	96
ความปลอดภัยในการเชื่อมไฟฟ้า	98
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	99
ใบงานที่ 6.1 การเริ่มต้นอาร์กและเดินแนวช่วงสั้น ๆ	101
ใบงานที่ 6.2 การต่อแนวเชื่อม	104

**บทที่ 7 การเดินแนวเชื่อมและรอยต่อในงานเชื่อมไฟฟ้า 107**

บทนำ	108
การเชื่อมเดินแนวท่าราบ	108
การเดินแนวเชื่อมและการต่อเส้นแนวเชื่อม	109
การปรับมุมลวดเชื่อมและการเดินแนวเชื่อมพอกผิว	111
รอยต่อเชื่อมในงานเชื่อมไฟฟ้า	112
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	119
ใบงานที่ 7.1 ฝึกการเชื่อมพอกทับแนวเดิม	122
ใบงานที่ 7.2 การเชื่อมเดินแนว	125
ใบงานที่ 7.3 การเชื่อมเดินแนวทำตั้งเชื่อมขึ้น	128
ใบงานที่ 7.4 การเชื่อมต่อชนท่าราบ	131
ใบงานที่ 7.5 การเชื่อมต่อเกยท่าขนานนอน	134
ใบงานที่ 7.6 การเชื่อมต่อตัวที่ทำตั้งเชื่อมขึ้น	137

**บทที่ 8 การแล่นประสาน (Blaze Welding) 140**

บทนำ	141
กระบวนการแล่นประสาน	142
ปัจจัยสำคัญในกระบวนการแล่นประสาน	146
ข้อดี-ข้อเสียของการแล่นประสาน	147
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	148

**บทที่ 9 งานโลหะแผ่นขั้นพื้นฐาน 149**

ความปลอดภัยในงานโลหะแผ่น	150
โลหะแผ่นในงานอุตสาหกรรม	152
เครื่องมือวัดในงานโลหะแผ่น	155
เครื่องมือร่างแบบ	157
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	158

**บทที่ 10** หลักการเขียนแบบแผ่นคลี **160**

บทนำ	161
การเขียนแบบแผ่นคลีอย่างง่าย	162
การเขียนแบบแผ่นคลีวิธีเส้นขนาน	162
การเขียนแบบแผ่นคลีวิธีเส้นรัศมี	164
การเขียนแบบแผ่นคลีวิธีเส้นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก	166
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	169

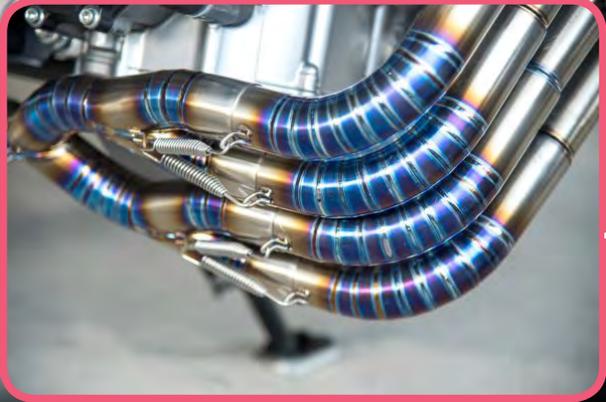
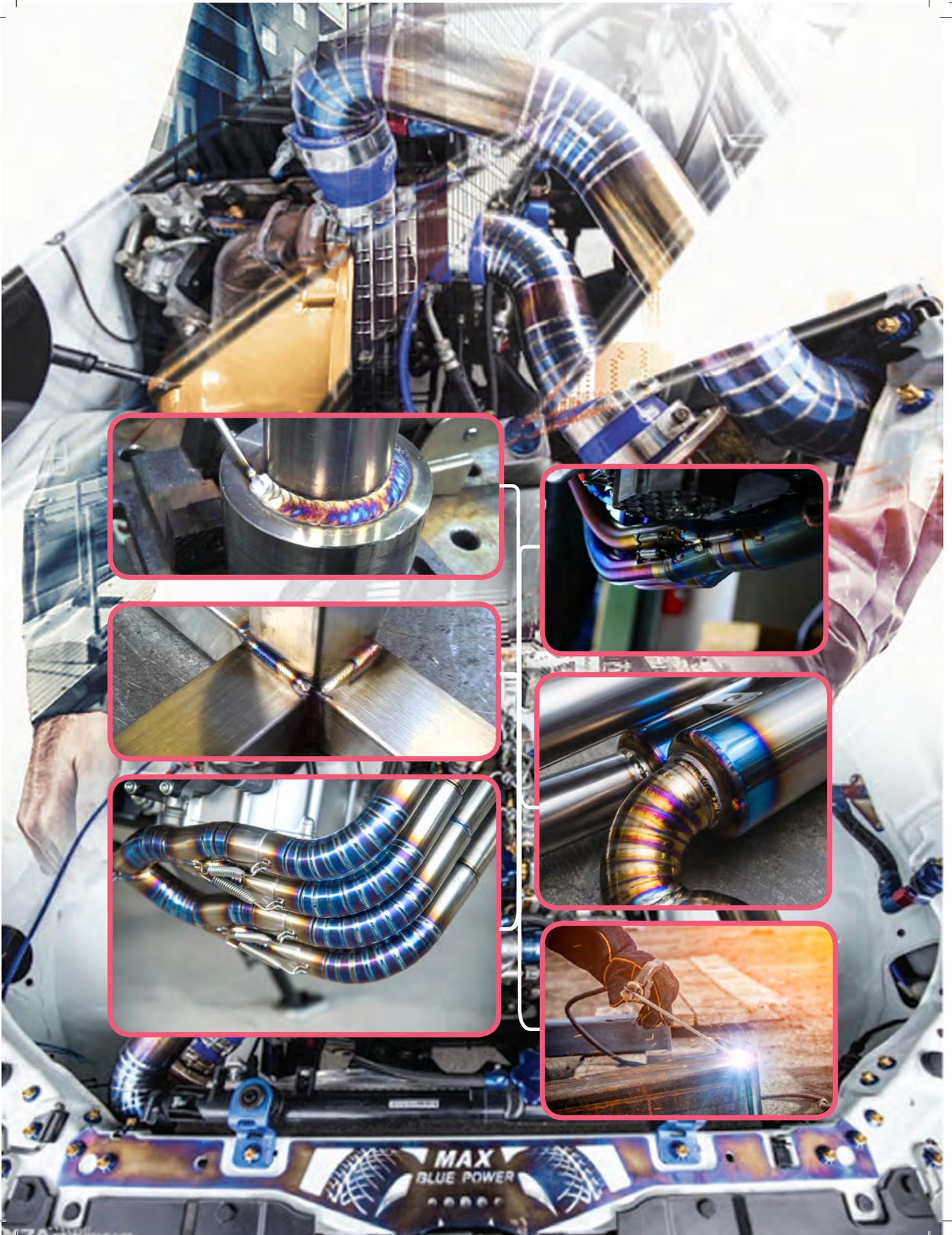
**บทที่ 11** การประกอบชิ้นรูปโลหะแผ่น **170**

บทนำ	171
การตัดโลหะแผ่น	171
เครื่องมือเคาะและขึ้นรูป	175
เครื่องมือจับยึดและเครื่องมืออื่น ๆ	178
เครื่องจักรที่ใช้ในงานโลหะแผ่น	179
ขอบงานและตะเข็บ (Seams and Edges)	183
การย้ำหมุด (Riveting)	186
การบัดกรีอ่อน (Soft Soldering)	187
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	190
ใบงานที่ 11.1 การตัดตรงด้วยกรรไกร	192
ใบงานที่ 11.2 การตัดโค้งด้วยกรรไกร	195
ใบงานที่ 11.3 การขึ้นรูปงานโลหะแผ่นทรงเหลี่ยม	198

**คำถามเพื่อการทบทวน** **202**

**คำศัพท์** **208**

**บรรณานุกรม** **213**



บทที่

1

## หลักการเบื้องต้น ของวิธีการเชื่อมและการตัดโลหะ



### แนวคิด

**การเชื่อม** หมายถึง การทำให้ประสานติดกันของโลหะทางโลหะวิทยา หรือการเกิดโลหะผสม ภายใต้การหลอมละลายที่รอยต่อ ซึ่งวิธีการเชื่อมมีรูปแบบหลากหลาย เช่น การเชื่อมโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้า การเชื่อมโดยใช้แรงเชิงกล เป็นต้น

**การตัดโลหะ** หมายถึง การทำให้โลหะถูกแบ่งออกเป็นส่วน มีกระบวนการคล้ายกับการเชื่อม

### สาระการเรียนรู้

1. วิธีการเชื่อม และการตัดโลหะ
2. กรรมวิธีการเชื่อม

### สมรรถนะประจำบท

1. จำแนกกรรมวิธีการเชื่อมแบบต่าง ๆ

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. บอกความหมายของการเชื่อมและการตัดโลหะได้
2. จำแนกวิธีการเชื่อมโลหะได้อย่างถูกต้อง
3. ระบุการตัดโลหะด้วยวิธีต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง
4. อธิบายวิธีการเชื่อมแก๊ส และการเชื่อมไฟฟ้าแบบอาร์กด้วยลวดเชื่อมชนิดสารพอกหุ้มให้เข้าใจได้
5. บอกหลักการพื้นฐานของการเชื่อมมิกได้ถูกต้อง
6. จำแนกกระบวนการเชื่อมทิกได้อย่างถูกต้อง
7. ระบุชิ้นงานที่ใช้กับการเชื่อมไฟฟ้าแบบอาร์กได้ฟลักซ์ได้
8. บอกหลักการพื้นฐานของการเชื่อมสปอตได้ถูกต้อง

บทที่



## หลักการเบื้องต้น ของวิธีการเชื่อมและการตัดโลหะ



### วิธีการเชื่อมและตัดโลหะ

#### บทนำ

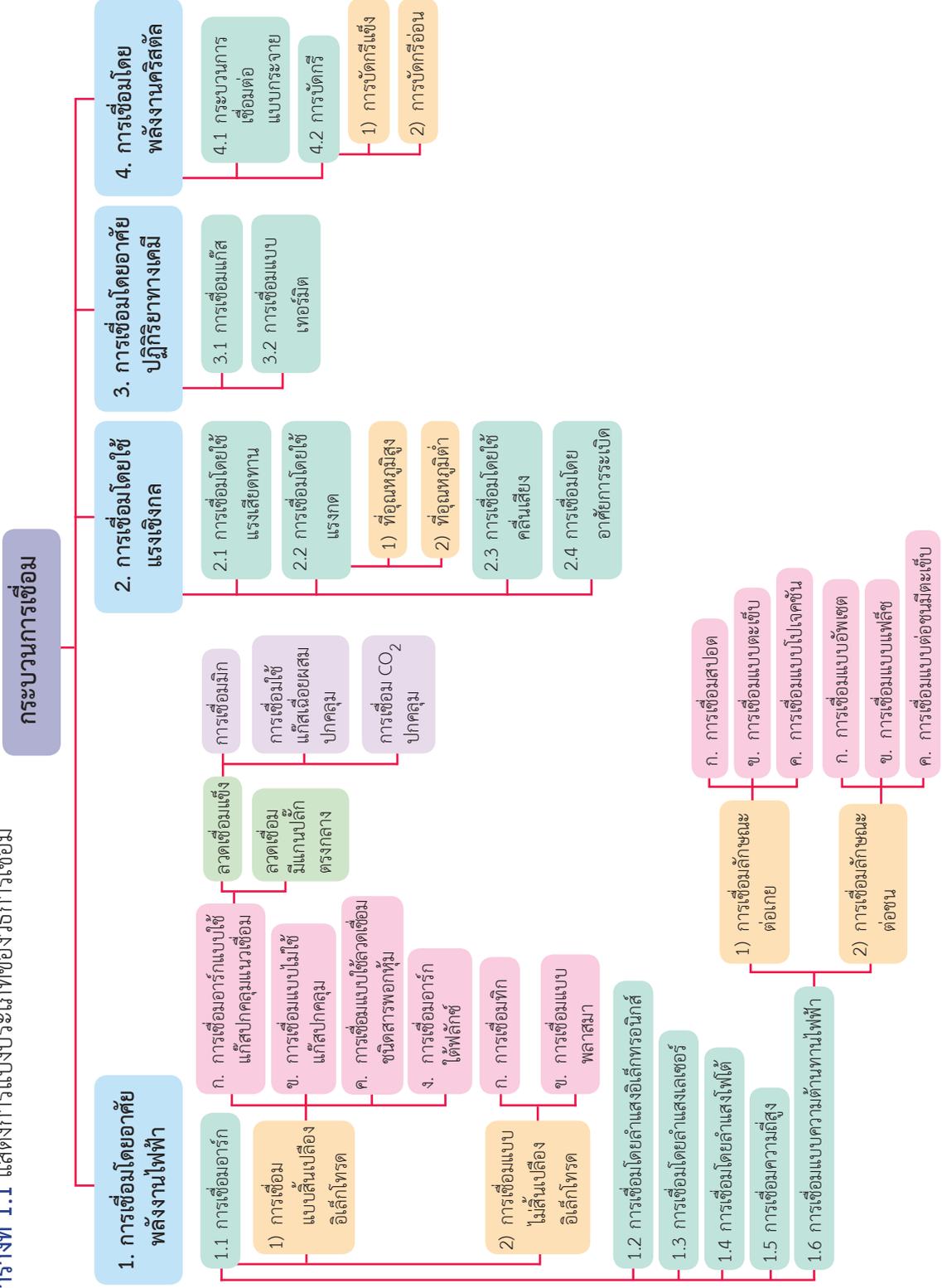
มนุษย์ได้รู้จักกรรมวิธีการเชื่อมมาเป็นเวลานานตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ การเชื่อมเป็นเทคนิคที่ใช้วัสดุ 2 ชนิดขึ้นไปติดกัน เช่น การเชื่อมระหว่างเหล็กกล้าเหล็ก ไยโลหะผสมกับทองแดง เป็นต้น การเชื่อมเป็นความรู้พื้นฐานของเทคนิคและวิศวกรรมที่นำไปประยุกต์ใช้กับงานทางด้านช่างและวิศวกรรมมากมาย เช่น การต่อเรือ การสร้างสะพานโครงเหล็ก การสร้างอาคารโครงเหล็ก ถังรับแรงดัน ถึงบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิง ท่อส่งน้ำ ท่อส่งน้ำมัน ท่อส่งลมอัด เครื่องจักรกล ตู้คอนเทนเนอร์ ตู้โดยสารรถไฟ รถมอเตอร์ไซด์ รถยนต์ เครื่องบิน นอกจากนี้ ยังนำไปใช้ในการซ่อมบำรุง เช่น การเชื่อมพอก รานรถไฟ การเชื่อมพอกแม่พิมพ์ การเชื่อมในการซ่อม ต่อท่อไอเสียยานพาหนะต่าง ๆ เป็นต้น

**ความหมายของการเชื่อม** ตามคำจำกัดความของมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย การเชื่อม คือ การทำให้ประสานติดกันของโลหะวิทยา หรือการเกิดโลหะผสมภายใต้การหลอมละลายที่รอยต่อ

#### วิธีการเชื่อม (Welding)

วิธีการเชื่อม แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ ตามตารางที่ 1.1 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 แสดงการแบ่งประเภทของวิธีการเชื่อม



## 1. การเชื่อมโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้า

### 1.1 การเชื่อมอาร์ก (Arc Welding)

- 1) การเชื่อมแบบสั่นเปลืองอิเล็กโทรด (Electrod)
  - ก. การเชื่อมอาร์กแบบใช้แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม
    - ลวดเชื่อมแข็ง
      - การเชื่อมมิก (Mig Welding)
      - การเชื่อมใช้แก๊ซเฉื่อยผสมปกคลุม
      - การเชื่อม CO<sub>2</sub> ปกคลุม
    - ลวดเชื่อมมีแกนปลั๊กตรงกลาง
  - ข. การเชื่อมแบบไม่ใช้แก๊สปกคลุม
  - ค. การเชื่อมแบบใช้ลวดเชื่อมชนิดสารพอกหุ้ม
  - ง. การเชื่อมอาร์กใต้ฟลักซ์ (Submerged Arc Welding)
- 2) การเชื่อมแบบไม่สั่นเปลืองอิเล็กโทรด
  - ก. การเชื่อมทิก (Tungsten Inert Gas Welding : TIG)
  - ข. การเชื่อมแบบพลาสมา (Plasma Arc Welding)

### 1.2 การเชื่อมโดยลำแสงอิเล็กตรอน

### 1.3 การเชื่อมโดยลำแสงเลเซอร์

### 1.4 การเชื่อมความถี่สูง

### 1.5 การเชื่อมแบบความต้านทานไฟฟ้า

- 1) การเชื่อมลักษณะต่อเกย
  - ก. การเชื่อมสปอต
  - ข. การเชื่อมแบบตะเข็บ
  - ค. การเชื่อมแบบโปรเจคชัน
- 2) การเชื่อมลักษณะต่อชน
  - ก. การเชื่อมแบบอ็อปเซต
  - ข. การเชื่อมแบบแฟลชีซ
  - ค. การเชื่อมแบบต่อชนมีตะเข็บ

## 2. การเชื่อมโดยใช้แรงเชิงกล

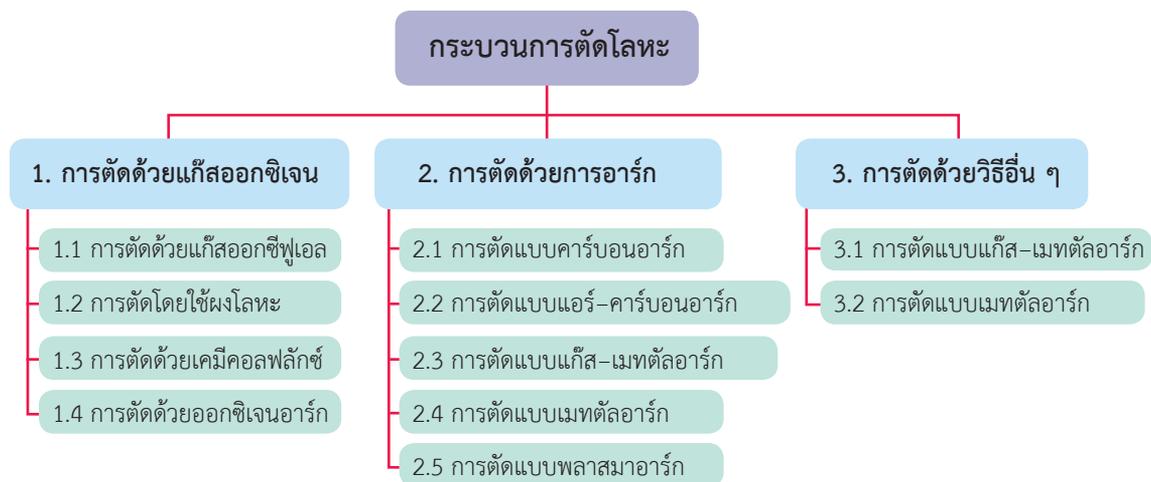
### 2.1 การเชื่อมโดยใช้แรงเสียดทาน

- 2.2 การเชื่อมโดยใช้แรงกด
  - 1) ที่อุณหภูมิสูง
  - 2) ที่อุณหภูมิต่ำ
- 2.3 การเชื่อมโดยใช้คลื่นเสียง
- 2.4 การเชื่อมโดยอาศัยการระเบิด
- 3. การเชื่อมโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี
  - 3.1 การเชื่อมแก๊ส
  - 3.2 การเชื่อมแบบเทอร์มิต
- 4. การเชื่อมโดยพลังงานคริสตัล
  - 4.1 กระบวนการเชื่อมต่อแบบกระจาย (Diffused Junction Process)
  - 4.2 การบัดกรี
    - 1) การบัดกรีแข็ง
    - 2) การบัดกรีอ่อน

## วิธีการตัดโลหะ

**วิธีการตัดโลหะ** หมายถึง การแบ่งโลหะเป็นส่วน ๆ ซึ่งมีกระบวนการคล้ายการเชื่อม สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี ตามตารางที่ 1.2 ดังนี้

**ตารางที่ 1.2** แสดงการแบ่งประเภทของวิธีการตัดโลหะ



### 1. การตัดด้วยแก๊สออกซิเจน

- 1.1 การตัดด้วยแก๊สออกซิฟิวเอล (Oxy Fuel)
- 1.2 การตัดโดยใช้ผงโลหะ
- 1.3 การตัดด้วยเคมีคอลฟลักซ์
- 1.4 การตัดด้วยออกซิเจนอาร์ก

### 2. การตัดด้วยการอาร์ก

- 2.1 การตัดแบบคาร์บอนอาร์ก
- 2.2 การตัดแบบแอร์-คาร์บอนอาร์ก
- 2.3 การตัดแบบแก๊ส-เมทัลลอาร์ก
- 2.4 การตัดแบบเมทัลลอาร์ก
- 2.5 การตัดแบบพลาสมาอาร์ก

### 3. การตัดด้วยวิธีอื่น ๆ

- 3.1 การตัดแบบแก๊ส-เมทัลลอาร์ก
- 3.2 การตัดแบบเมทัลลอาร์ก



## กรรมวิธีการเชื่อม

จากการแบ่งประเภทวิธีการเชื่อมและการตัดโลหะ จะเห็นว่ามกรรมวิธีการเชื่อมแบบต่าง ๆ รวมถึงการตัดโลหะหลายแบบด้วยกัน ในหัวข้อนี้นำเสนอกรรมวิธีการเชื่อมที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง มีรายละเอียดดังนี้

### วิธีการเชื่อมแก๊ส

**การเชื่อมแก๊ส** หมายถึง การเชื่อมออกซิ-อะเซทิลีน (Oxy-Acetylene) เป็นการเชื่อมที่นำความร้อนจากการเผาไหม้ระหว่างแก๊สออกซิเจนกับแก๊สอะเซทิลีน ให้ความร้อนกับชิ้นงานจนบริเวณที่จะทำการเชื่อมหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งจะเชื่อมโดยวิธีเติมลวดเชื่อมหรือไม่เติมลวดเชื่อมก็ได้

การเชื่อมแก๊สสามารถเชื่อมได้ทุกท่า ทั้งท่าราบ ท่าขนานนอน ท่าตั้ง และท่าเหนือศีรษะ อุณหภูมิเปลวไฟเชื่อมประมาณ  $3,000^{\circ}\text{C}$  เหมาะกับการเชื่อมโลหะบาง การเชื่อมท่อ การเชื่อมพอกและงานซ่อมสร้างทั่วไป ชนิดของโลหะที่ใช้กับการเชื่อมแก๊ส ได้แก่ เหล็กเหนียว เหล็กหล่อ และเหล็กผสมต่ำ

ความหนาของชิ้นงานที่เหมาะสมกับการเชื่อมแก๊ส ควรเชื่อมโดยใช้ความหนาของชิ้นงานไม่เกิน 6 มม. ถ้าชิ้นงานมีความหนามากกว่านี้จะต้องพิจารณาเลือกใช้การเชื่อมไฟฟ้าแทน ถ้าชิ้นงานมีความหนาไม่เกิน 3 มม. ควรใช้การเชื่อมแก๊สแบบจากซ้ายไปขวา (Forehand Gas Welding) ถ้าชิ้นงานมีความหนามากกว่าหรือเท่ากับ 3 มม. และควรใช้การเชื่อมแก๊สแบบจากขวาไปซ้าย (Backhand Gas Welding) เพื่อให้ได้รอยเชื่อมที่มีความแข็งแรงตามความต้องการ



รูปที่ 1.1 กระบวนการเชื่อมแก๊สออกซิ-อะเซทิลีน

### การเชื่อมไฟฟ้าแบบอาร์กด้วยลวดเชื่อมชนิดสารพอกหุ้ม

**การเชื่อมไฟฟ้าแบบอาร์กด้วยลวดเชื่อมชนิดสารพอกหุ้ม** หมายถึง การเชื่อมไฟฟ้าโดยเกิดการอาร์ก ระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงานเกิดความร้อนจนชิ้นงานบริเวณที่เชื่อมและลวดเชื่อมหลอมละลายกลายเป็นแนวเชื่อมและเป็นเนื้อเดียวกัน ลวดเชื่อมจะทำหน้าที่เติมโลหะลงไปบนแนวเชื่อม สารพอกหุ้มจะทำหน้าที่ปกคลุมแนวเชื่อมไม่ให้แก๊สออกซิเจนรวมตัวกับชิ้นงานเชื่อม

โดยจะมีอุณหภูมิในช่วงอาร์กอยู่ที่ช่วง 6,000-9,000 ฟาเรนไฮต์ (3,315-4,928 °C) อาจทำให้ชิ้นงานมีการบิดตัวได้ (ซึ่งก็มีวิธีแก้ไขโดยจะได้ศึกษาในชั้นสูงขึ้นไป) การทำให้ชิ้นงานเชื่อมเย็นตัวลงมีหลายวิธี เช่น การปล่อยทิ้งไว้ในอากาศซึ่งจะเสียเวลานาน ถ้าต้องการให้ชิ้นงานเย็นตัวลงในเวลาสั้น ก็อาจจะใช้วิธีนำชิ้นงานไปจุ่มน้ำ เมื่อชิ้นงานเย็นตัวลงก็จะต้องมีการเคาะสลัก (Slag) ออกให้หมดและทำความสะอาด



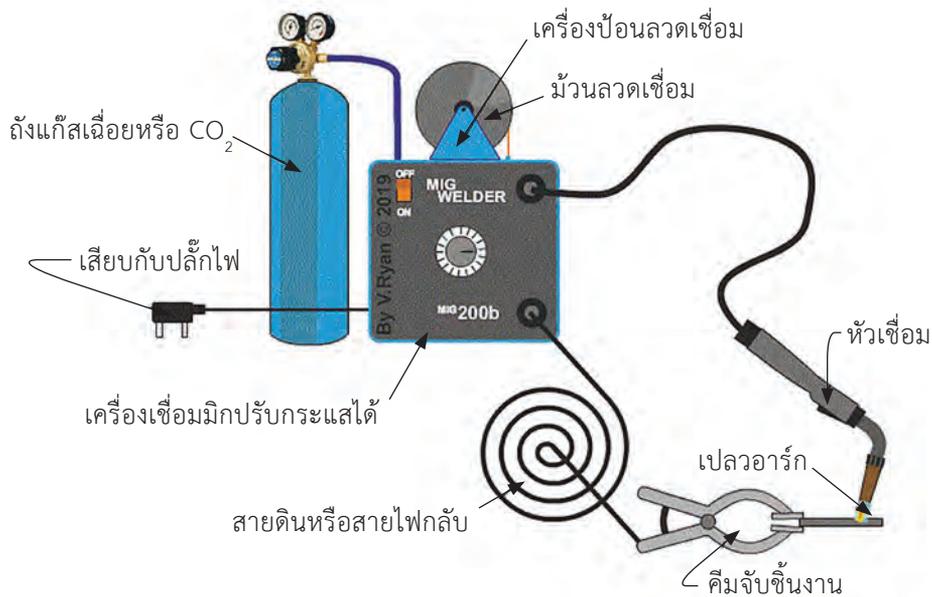
### การเชื่อมมิก (Mig : Metal Inert Gas)

**การเชื่อมมิก** หมายถึง การเชื่อมไฟฟ้า โดยเกิดการอาร์กกระหว่างลวดเชื่อมเปลือยกับชิ้นงาน เกิดความร้อนบริเวณชิ้นงานที่เชื่อมและลวดเชื่อมหลอมละลายกลายเป็นแนวเชื่อม และเป็นเนื้อเดียวกัน ขณะเดียวกันก็มีแก๊สเฉื่อยหรือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้ามาทำหน้าที่ปกคลุมแนวเชื่อมไม่ให้มีออกซิเจนเข้าไปรวมตัวกับโลหะแนวเชื่อม แก๊สเฉื่อยที่นำมาใช้ปกคลุมแนวเชื่อม คือ แก๊สอาร์กอน หรือฮีเลียม

การเชื่อมแบบนี้สามารถทำได้ทุกท่าเชื่อม สามารถนำไปใช้ได้กับงานเชื่อมชิ้นส่วนรถยนต์ งานเชื่อมชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ งานโครงสร้างอาคาร สะพาน งานต่อเรือ เป็นต้น ชนิดของโลหะที่ใช้ในการเชื่อมแบบนี้ ได้แก่ เหล็กเหนียว เหล็กผสมต่ำ เหล็กผสมสูง ทองแดง และอะลูมิเนียม

สำหรับเหล็กที่ใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สปกคลุมแนวเชื่อม สำหรับโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม ใช้แก๊สเฉื่อยเป็นแก๊สปกคลุมแนวเชื่อม

การเชื่อมมิก มีอุปกรณ์และองค์ประกอบแสดงไว้ในรูปที่ 1.3 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1.3 กระบวนการเชื่อมมิก

### การเชื่อมทิก (Tig : Tungsten Inert Gas)

**การเชื่อมทิก** หมายถึง การเชื่อมไฟฟ้าโดยเกิดการอาร์กกระหว่างแท่งทังสเตนที่ไม่หลอมละลายกับโลหะชิ้นงาน การอาร์กทำให้โลหะชิ้นงานหลอมละลายติดกัน การเชื่อมแบบนี้จะเติมลวดเชื่อมหรือไม่เติมลวดเชื่อมก็ได้ ขณะเดียวกันแก๊สเฉื่อยเข้ามาทำหน้าที่ปกคลุมแนวเชื่อมไม่ให้มีแก๊สออกซิเจนเข้าไปรวมตัวกับโลหะแนวเชื่อม แก๊สเฉื่อยที่นำมาใช้ปกคลุมแนวเชื่อม คือ แก๊สอาร์กอน ฮีเลียม หรือแก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับฮีเลียม