



การจัดการเรียนรู้แบบโมดูล (Module)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

รายวิชา งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ

รหัสวิชา 30103-2021

โดย

นายนิวัฒน์ วิฑูรย์พันธ์

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

อาชีวศึกษาจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ



หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

รายวิชา งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ

รหัสวิชา 30103-2021

บทเรียนโมดูลที่ 1

เรื่อง หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

อาชีวศึกษาจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ



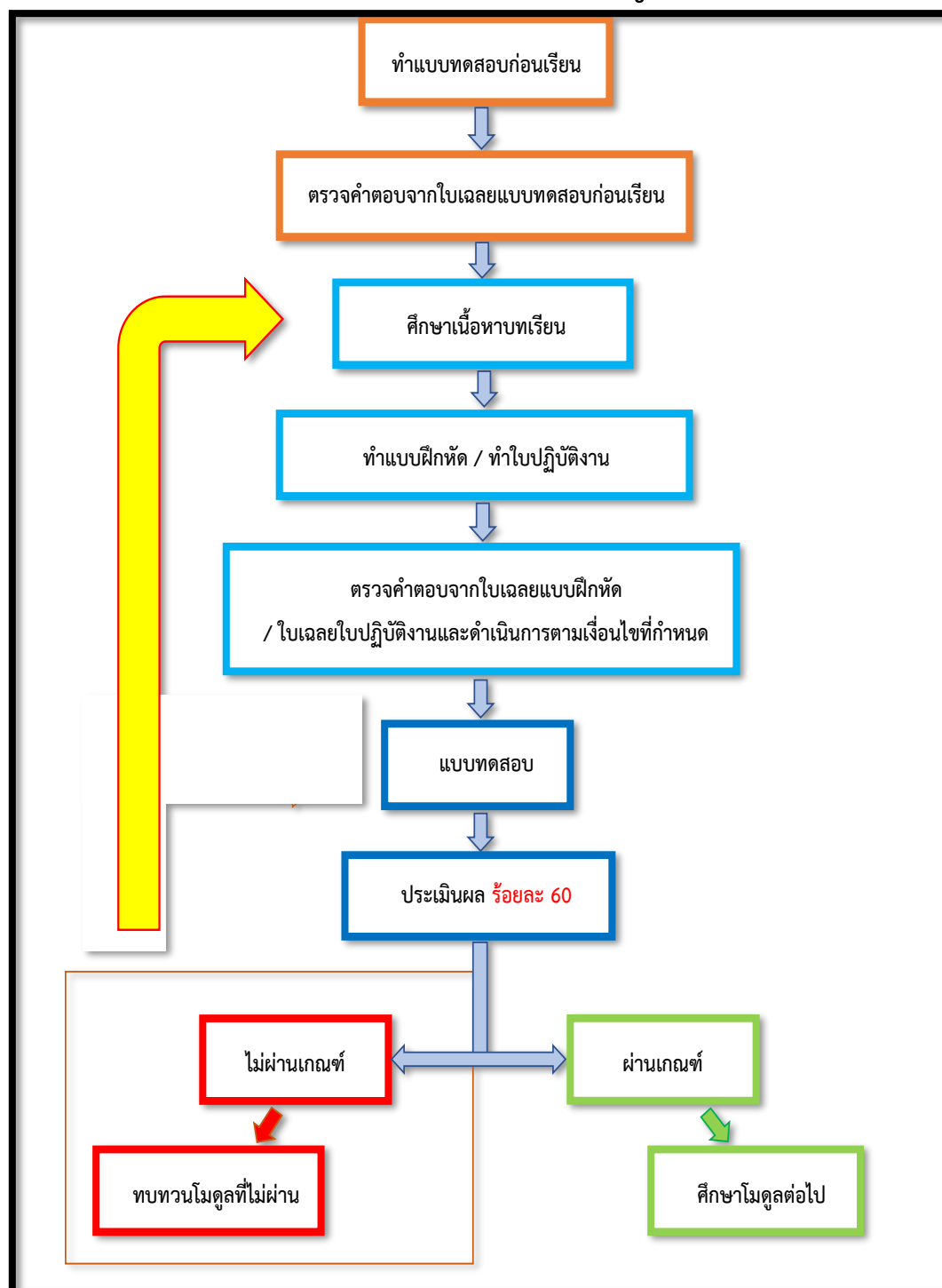
หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ
โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง

หน่วยที่ 1

สอนครั้งที่ 1

ชั่วโมงรวม 12

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 1

คำแนะนำสำหรับผู้เรียน

ก่อนที่จะเริ่มต้นศึกษาวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ ควรจะศึกษารายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชา งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ เพื่อจะได้มีแนวคิดในการปฏิบัติงานโดยทั่วไป จะสามารถให้ความรู้และเกิดประโยชน์แก่ผู้สอน ผู้เรียน ตลอดจนผู้สนใจศึกษาทั่วไปเป็นอย่างดี

ส่วนประกอบบทเรียนโมดูลประกอบด้วย

1. ใบแบบทดสอบก่อนเรียนและใบกระดาษคำตอบ
2. ใบเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน
3. ใบจุดประสงค์
4. ใบความรู้
5. ใบแบบฝึกหัด
6. ใบเฉลยแบบฝึกหัด
7. ใบปฏิบัติงาน
8. ใบแบบทดสอบหลังเรียนและใบกระดาษคำตอบ
9. ใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 1

คำแนะนำในการใช้บทเรียนโมดูล

1. ให้ผู้เรียนศึกษาหลักการและเหตุผล (Prospectus) และจุดมุ่งหมาย (Objectives) ของบทเรียนโมดูลให้เข้าใจ
2. ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามคำแนะนำและขั้นตอนการใช้อย่างเคร่งครัด
3. ผู้เรียนต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง โดยไม่เปิดดูใบเฉลยคำตอบก่อนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบฝึกหัด/ใบปฏิบัติงาน และแบบทดสอบหลังเรียนเพราะจะทำให้ผู้เรียนขาดความมั่นใจในการเรียนด้วยตนเองและไม่เกิดความเข้าใจที่แท้จริง
4. บทเรียนโมดูลนี้ ผู้เรียนสามารถใช้เรียนได้ตามความต้องการ ความพร้อมและความสะดวกโดยไม่จำกัดเวลาเรียน และสถานที่เรียน

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล

1. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนโดยทำเฉพาะข้อที่ผู้เรียนมีความรู้แท้จริง โปรดอย่าเดาคำตอบ ถ้าข้อใดไม่มีความรู้ให้ข้ามข้อนั้นไป โดยทำลงในกระดาษคำตอบ
2. ดูเฉลยใบแบบทดสอบก่อนเรียนแล้วประเมินผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียน เป็นการวัดพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนโดยไม่มีผลใด ๆ ต่อคะแนนในการเรียนบทเรียนโมดูลนี้
3. ให้ผู้เรียนศึกษาจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. ให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาบทเรียนจากใบเนื้อหาให้มีความรู้ความเข้าใจ
5. เมื่อศึกษาเนื้อหาบทเรียนเข้าใจดีแล้ว ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด/ใบปฏิบัติงานในบทเรียนนั้น ๆ ลงในใบแบบฝึกหัด / ใบปฏิบัติงาน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 1

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล (ต่อ)

- เมื่อทำแบบฝึกหัด/ปฏิบัติงานแล้วให้ตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบฝึกหัด/ใบเฉลยการปฏิบัติงาน
- ถ้าผ่านเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน แต่ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินให้กลับไปเรียนเนื้อหาเดิม และทำแบบฝึกหัด/ปฏิบัติงานใหม่อีกครั้ง
- เมื่อผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินแล้ว ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียนโดยทำลงในกระดาษคำตอบ
- ตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียน
- ถ้าผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดผู้เรียนต้องเรียนซ่อมเสริมทบทวนเนื้อหาของบทเรียนโมดูลนี้ จนกว่าจะผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนด

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 1

หลักการและเหตุผล (Prospectus)

ก่อนที่จะเริ่มต้นศึกษาวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะนี้ ควรจะศึกษารายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะเสียก่อน เพื่อจะได้มีแนวคิดเกี่ยวกับวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะและเป็นการเตรียมพร้อมที่จะศึกษาวิชานี้ รวมทั้งแนวทางการศึกษาต่อ ซึ่งเนื้อหาที่จะนำมาศึกษาในโมดูลนี้ จะมีเนื้อหาเกี่ยวกับ หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง

จุดมุ่งหมาย (Objective)

เมื่อผู้เรียนได้ศึกษาและทดสอบผ่านบทเรียนโมดูลนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความรู้ในเรื่องหลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง

ความรู้พื้นฐาน (Prerequisites)

ในการเรียนบทเรียนโมดูลนี้ให้ได้ผลดีนั้น ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานด้านหลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

แบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 1

- คำชี้แจง :**
- แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ
 - ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
 - เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
- ข้อใดคือจุดประสงค์หลักของการเชื่อมซ่อมบำรุง
 - เพื่อเพิ่มมูลค่าทางการตลาดให้กับเครื่องจักร
 - เพื่อปรับปรุงระบบไฟฟ้าในโรงงาน
 - เพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรหรือโครงสร้าง
 - เพื่อเปลี่ยนรูปลักษณะของผลิตภัณฑ์
 - ข้อใด ไม่ใช่ หลักการสำคัญในการเชื่อมซ่อมบำรุง
 - เลือกวัสดุที่เหมาะสมกับชิ้นงาน
 - วิเคราะห์ปัญหาก่อนทำการซ่อม
 - เชื่อมซ่อมโดยไม่ต้องเตรียมพื้นผิว
 - ตรวจสอบความแข็งแรงหลังการเชื่อม
 - การเชื่อมซ่อมบำรุงมีความสำคัญอย่างไรต่อภาคอุตสาหกรรม
 - ช่วยเพิ่มความเร็วในการผลิตโดยไม่ต้องหยุดซ่อม
 - ลดต้นทุนจากการเปลี่ยนอะไหล่ใหม่
 - ช่วยให้สามารถเปลี่ยนรูปแบบผลิตภัณฑ์ได้บ่อย
 - ส่งผลให้เครื่องจักรมีขนาดเล็กลง
 - ก่อนทำการเชื่อมซ่อมบำรุงควรทำขั้นตอนใดเป็นอันดับแรก
 - พ่นสีป้องกันสนิม
 - วิเคราะห์รอยร้าวหรือความเสียหายของชิ้นงาน
 - ทดสอบความแข็งแรงของโลหะ
 - เชื่อมทันทีเพื่อความเร็ว
 - ข้อใดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของช่างเชื่อมในงานซ่อมบำรุง
 - เชื่อมเร็วและไม่จำเป็นต้องตรวจสอบ
 - มีความรู้เรื่องการออกแบบเครื่องจักร
 - เข้าใจการประเมินสภาพความเสียหายและเลือกเทคนิคการเชื่อมได้ถูกต้อง
 - เชี่ยวชาญในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 1

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				



คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้คะแนน คะแนน
สรุปผล () ผ่านเกณฑ์
() ไม่ผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ ผู้ตรวจ
(.....)

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 1

ข้อที่	คำตอบ
1.	ค
2.	ค
3.	ข
4.	ข
5.	ค

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

หลังจากที่ผู้เรียนได้ศึกษาเรื่องนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายหลักการ ความสำคัญ ประโยชน์ และข้อบ่งชี้ของการเชื่อมซ่อมบำรุงได้อย่างถูกต้องและชัดเจน
2. สามารถวิเคราะห์การเสียหาย เตรียมเครื่องมือ และจัดเตรียมสถานที่ทำงานได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย
3. แสดงความรับผิดชอบ ความละเอียดรอบคอบ และความตระหนักในความสำคัญของการซ่อมบำรุงเพื่อความยั่งยืน
4. สามารถนำความรู้พื้นฐานไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการซ่อมบำรุงและการแก้ปัญหาเบื้องต้นได้

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

ใบความรู้

หน่วยที่ 1 หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง

การเชื่อมซ่อมบำรุงคือกระบวนการเชื่อมชิ้นส่วนโดยใช้ความร้อนและแรงกดเพื่อหลอมละลายวัสดุ ก่อนที่วัสดุหลอมรวมกันเป็นรอยต่อที่แข็งแรง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการใช้งาน เพิ่มความปลอดภัย ลดต้นทุนการผลิต และขอบเขตการซ่อมแซมครอบคลุมการต่อเติม ประกอบ และการดัดแปลงชิ้นส่วนในกระบวนการผลิต และหลักการทำงานประกอบด้วยการหลอมละลาย การเติมวัสดุ และการหลอมรวมเมื่อเย็นตัวลง ความสำคัญอยู่ที่การยืดอายุการใช้งาน เพิ่มความน่าเชื่อถือ ลดความเสี่ยงอุบัติเหตุจากการพังเสียหาย และลดต้นทุนจากการหยุดสายการผลิต

คีย์พอยต์

- ความหมายของการเชื่อมซ่อมบำรุงคือการเชื่อมชิ้นส่วนที่เสียหายหรือสึกหรอด้วยความร้อนและแรงกดเพื่อคืนสภาพการใช้งาน
- ประโยชน์หลักประกอบด้วยยืดอายุการใช้งาน เพิ่มความปลอดภัย ลดต้นทุนการผลิตจากการหยุดงาน
- ขอบข่ายของการเชื่อมซ่อมบำรุงครอบคลุมการซ่อมชิ้นส่วน การต่อเติม การประกอบ และการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง
- หลักการหลอมละลายใช้แหล่งความร้อนต่าง ๆ เพื่อหลอมวัสดุโลหะให้หลอมละลาย
- การเติมวัสดุอาจมีการเติมลวดเชื่อมเพื่อเสริมความแข็งแรงของรอยต่อ
- การหลอมรวมหมายถึงวัสดุฐานและวัสดุเชื่อมหลอมรวมกันเป็นเนื้อเดียวเมื่อเย็นตัวลง
- ความสำคัญด้านประโยชน์รวมถึงการยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรและลดการเสียหายระหว่างใช้งาน
- การลดความเสี่ยงและการลดต้นทุนถือเป็นประเด็นสำคัญที่การเชื่อมซ่อมบำรุงช่วยได้
- ขอบข่ายการเชื่อมซ่อมบำรุงยังรวมถึงการต่อเติม ยึดชิ้นส่วน และปรับปรุงเพื่อคุณภาพการผลิตที่ดีขึ้น

ประโยชน์เพิ่มเติมคือการลดเวลาหยุดทำงาน และเพิ่มความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร

การเชื่อมซ่อมสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

- การเชื่อมปรับปรุง (ชิ้นงานผลิตใหม่ ซึ่งยังไม่ได้ผ่านการใช้งาน)
- การเชื่อมซ่อม (ชิ้นงานที่ใช้งานแล้ว และชำรุดเสียหาย นำมาเชื่อมซ่อมให้ใกล้เคียงกับของเดิม)

การเชื่อมปรับปรุง หมายถึง การขจัดข้อผิดพลาดจากการหล่อ การตี การรีด หรือการเชื่อมที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานใหม่ ดังนั้น จึงสามารถทำการผลิตชิ้นงานที่ตรงกับความต้องการของชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์นั้น สำหรับจุดมุ่งหมายในการนำไปใช้งานต่อไปได้โดยไม่มีข้อจำกัด

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

สำหรับการเชื่อมซ่อมเป็นการจัดรอยร้าว รอยแตกหักรอยสึกเสียหายหรือการเสียหายเนื่องจากการกัดกร่อนที่ชิ้นงาน ในช่วงระหว่างการใช้งานรวมทั้งยังสามารถจัดปัญหาการสึกหรอของเนื้อวัสดุที่หายไป ระหว่างการใช้งานโดยการเชื่อมพอก ซึ่งสามารถสร้างสมรรถภาพการใช้งานขึ้นมาใหม่ได้ ดังนั้น การเชื่อมซ่อมจึงเป็นงานที่อยู่ในเขตของการซ่อมบำรุง

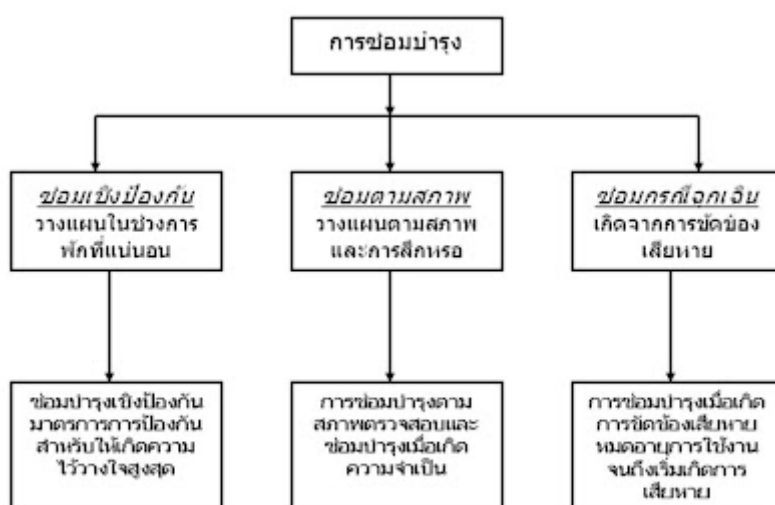
ยุทธวิธีการบำรุงรักษา

ยุทธวิธีการบำรุงรักษาที่ปฏิบัติกันในปัจจุบันที่สำคัญๆ คือ

- การซ่อมบำรุงเมื่อเกิดการเสียหายหรือการขัดข้อง : ซ่อมเมื่อเกิดการขัดข้องหรือเสียหาย (brake down maintenance)
 - การซ่อมบำรุงตามเวลา : เป็นการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่สึกหรอก่อนมีผลเสียหายหรือขัดข้องตามช่วงระยะเวลาที่กำหนดไว้ (preventive maintenance)
 - การซ่อมบำรุงรักษาตามสภาพ : เป็นการตรวจและทำการซ่อมบำรุงตามสภาพของแต่ละจุด
- ค่าที่ให้ผลดีที่สุดในระหว่างเศรษฐศาสตร์และความปลอดภัยก็คือการผสมผสานของระหว่างยุทธวิธีการซ่อมบำรุงทั้งสาม

เกณฑ์สำหรับการเลือก ยุทธวิธีการซ่อมบำรุงต้องระมัดระวัง

- กฎข้อบังคับ ระเบียบในการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (preventive maintenance)
- เมื่อเป็นชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ที่เน้นความสำคัญเรื่องความปลอดภัย
- ผลของการที่อุปกรณ์ขัดข้องและอาจส่งผลกระทบต่อการผลิต
- เป็นอุปกรณ์ประเภทคอขวดหรือประเภทที่ยังใช้สมรรถภาพไม่เต็มที่หรือไม่ ?
- เป็นชิ้นส่วนที่สามารถกำหนดพฤติกรรมการขัดข้องเสียหายได้ล่วงหน้าหรือไม่ ?
- เป็นระบบที่ซ้ำๆ กัน (redundant) หรือไม่ ?



รูปแบบการซ่อมบำรุง

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเชื่อมปรับปรุงและการเชื่อมซ่อมด้วยกันแล้ว จะเห็นว่าการเชื่อมปรับปรุง โดยทั่วไปกระทำได้ง่ายกว่าเพราะสามารถหาข้อมูลและมาตรการทางเทคโนโลยีที่จำเป็นได้จากแบบตารางชิ้นส่วน เอกสารของโรงงานและเอกสารการผลิตอื่นๆ สำหรับกำหนดการเชื่อมปรับปรุงได้ ซึ่งข้อเด่นข้อนี้ สำหรับการเชื่อมซ่อมแล้วไม่มี ส่วนใหญ่แล้วต้องหาข้อมูลที่จำเป็นของชิ้นส่วนที่เสียหายเสียก่อน

ในทางปฏิบัติแล้วในระยะเวลาอันสั้นหลังจากเกิดการเสียหายจะมีการประเมินผลว่า

- ชิ้นส่วนที่เสียหายสามารถทำการเชื่อมซ่อมได้หรือไม่ ?

สามารถทำการเชื่อมซ่อมในสภาพที่ประกอบกันอยู่ได้หรือไม่ หรือต้องทำการถอดประกอบชิ้นส่วนนั้นเสียก่อน

- จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีและใช้เวลาเท่าใดในการเชื่อมซ่อม
- ชิ้นส่วนที่ถูกเชื่อมซ่อมจะมีความสามารถในการเชื่อมซ่อมเพียงใด

- นอกจากการเชื่อมซ่อมแล้วยังมีวิธีการใดที่สามารถใช้ในการซ่อมบำรุงได้อีก (ที่ทำให้คุณภาพของชิ้นส่วนที่เสียหายเหมือนเดิมมากที่สุด) ที่ทำได้ง่ายกว่าเร็วกว่าและ/หรือ เสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมน้อยกว่า

จากภาพการณ์แล้ว การเชื่อมซ่อมให้ความเชื่อถือทางวิชาการที่จำเป็นโดยไม่มีการสูญเสียเวลาและการวิ่งตัวเปล่าเมื่อ

- มีการเตรียมการที่จำเป็นและการทำงานตามแผนการอย่างสม่ำเสมอ
- ความสัมพันธ์ทางวิชาการต่างๆ ที่ยุ่งเกี่ยวมีความกระฉับและถูกต้องหรือมีการประเมิลขจัดความเสียหาย ตามลำดับขั้นตอนที่ถูกต้อง
- การเตรียมการและปฏิบัติงานเป็นไปตามที่กำหนด

ลำดับขั้นตอนการเชื่อมซ่อม

การเชื่อมซ่อมมีลำดับขั้นตอน 4 ขั้น ดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นส่วนที่เสียหาย หรือ เกิดการสึกหรอ
2. ประเมิลและทำการคาดคะเนข้อมูล
3. กำหนดกรรมวิธีการเชื่อมซ่อม
4. วิธีการปฏิบัติการเชื่อมซ่อม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

ใบแบบฝึกหัดโมดูลย่อยที่ 1

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. อธิบายความหมายของ "การเชื่อมซ่อมบำรุง" และยกตัวอย่างสถานการณ์ที่อาจต้องใช้การเชื่อมซ่อมบำรุง

.....

.....

.....

2. เพราะเหตุใดการเชื่อมซ่อมบำรุงจึงมีความสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรมหรือเครื่องจักรในโรงงาน

.....

.....

.....

3. นักเรียนคิดว่า ก่อนจะทำการเชื่อมซ่อมบำรุงควรมีการเตรียมตัวอย่างไรบ้าง? ให้ตอบอย่างน้อย 3 ข้อ

.....

.....

.....

4. หากพบรอยร้าวบนโครงสร้างเหล็ก นักเรียนจะมีวิธีดำเนินการเบื้องต้นอย่างไร? อธิบายขั้นตอนอย่างย่อ

.....

.....

.....

5. จรรยาบรรณหรือคุณธรรมใดบ้างที่ช่างเชื่อมควรมีในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุง? และมีผลดีต่อการทำงานอย่างไร?

.....

.....

.....

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

ใบเฉลยแบบฝึกหัดโมดูลที่ 1

1. อธิบายความหมายของ "การเชื่อมซ่อมบำรุง" และยกตัวอย่างสถานการณ์ที่อาจต้องใช้การเชื่อมซ่อมบำรุง

คำตอบ การเชื่อมซ่อมบำรุง คือ กระบวนการใช้เทคนิคการเชื่อมในการซ่อมแซมส่วนที่ชำรุดหรือเสียหายของเครื่องจักร อุปกรณ์ หรือโครงสร้างโลหะ เพื่อให้สามารถกลับมาใช้งานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

2. เพราะเหตุใดการเชื่อมซ่อมบำรุงจึงมีความสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรมหรือเครื่องจักรในโรงงาน?

คำตอบ

1. ช่วยลดต้นทุนในการเปลี่ยนอะไหล่หรือเครื่องจักรใหม่
2. ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์และโครงสร้าง
3. ลดเวลาหยุดการผลิตจากการเสียหายของเครื่องจักร
4. เพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานอุปกรณ์

3. นักเรียนคิดว่า ก่อนจะทำการเชื่อมซ่อมบำรุงควรมีการเตรียมตัวอย่างไรบ้าง? ให้ตอบอย่างน้อย 3 ข้อ

คำตอบ

1. ตรวจสอบและวิเคราะห์รอยเสียหายอย่างละเอียด
2. เลือกวิธีการเชื่อมและวัสดุเชื่อมให้เหมาะสมกับชิ้นงาน
3. เตรียมพื้นผิวที่ต้องเชื่อมให้สะอาด ปราศจากสนิม น้ำมัน หรือสิ่งสกปรก
4. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัย เช่น หน้ากากเชื่อม ถุงมือ เสื้อหนัง

4. หากพบรอยร้าวบนโครงสร้างเหล็ก นักเรียนจะมีวิธีดำเนินการเบื้องต้นอย่างไร? อธิบายขั้นตอนอย่างย่อ

คำตอบ

1. ตรวจสอบรอยร้าวว่าเป็นแบบใด (ร้าวผิว ร้าวทะลุ ร้าวโครงสร้าง)
2. ทำความสะอาดบริเวณรอยร้าว (ขัดสนิม ขจัดคราบน้ำมัน)
3. เลือกวิธีการเชื่อมที่เหมาะสม เช่น SMAW, MIG, TIG
4. เชื่อมซ่อมตามแนวรอยร้าว โดยอาจใช้เทคนิคเชื่อมแบบหลายชั้นเพื่อความแข็งแรง
5. ตรวจสอบความแข็งแรงของรอยเชื่อมหลังซ่อม

5. จรรยาบรรณหรือคุณธรรมใดบ้างที่ช่างเชื่อมควรมีในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุง? และมีผลดีต่อการทำงานอย่างไร?

คำตอบ ความรับผิดชอบ: ทำงานตามมาตรฐาน ไม่ละเลยจุดสำคัญ

1. ความซื่อสัตย์: ไม่ปิดบังปัญหาที่พบในการซ่อม
2. มีวินัย: ปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัย
3. ใฝ่รู้: อัปเดตความรู้ด้านเทคนิคใหม่ ๆ

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

ใบปฏิบัติงานโมดูลที่ 1

เรื่อง หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง

คำชี้แจง: ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนอธิบายถึงความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

แบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 1

- คำชี้แจง :**
- แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ
 - ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
 - เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
- ข้อใดคือจุดประสงค์หลักของการเชื่อมซ่อมบำรุง
 - เพื่อเพิ่มมูลค่าทางการตลาดให้กับเครื่องจักร
 - เพื่อปรับปรุงระบบไฟฟ้าในโรงงาน
 - เพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรหรือโครงสร้าง
 - เพื่อเปลี่ยนรูปลักษณะของผลิตภัณฑ์
 - ข้อใด ไม่ใช่ หลักการสำคัญในการเชื่อมซ่อมบำรุง
 - เลือกวัสดุที่เหมาะสมกับชิ้นงาน
 - วิเคราะห์ปัญหาก่อนทำการซ่อม
 - เชื่อมซ่อมโดยไม่ต้องเตรียมพื้นผิว
 - ตรวจสอบความแข็งแรงหลังการเชื่อม
 - การเชื่อมซ่อมบำรุงมีความสำคัญอย่างไรต่อภาคอุตสาหกรรม
 - ช่วยเพิ่มความเร็วในการผลิตโดยไม่ต้องหยุดซ่อม
 - ลดต้นทุนจากการเปลี่ยนอะไหล่ใหม่
 - ช่วยให้สามารถเปลี่ยนรูปแบบผลิตภัณฑ์ได้บ่อย
 - ส่งผลให้เครื่องจักรมีขนาดเล็กลง
 - ก่อนทำการเชื่อมซ่อมบำรุงควรทำขั้นตอนใดเป็นอันดับแรก
 - พ่นสีป้องกันสนิม
 - วิเคราะห์รอยร้าวหรือความเสียหายของชิ้นงาน
 - ทดสอบความแข็งแรงของโลหะ
 - เชื่อมทันทีเพื่อความเร็ว
 - ข้อใดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของช่างเชื่อมในงานซ่อมบำรุง
 - เชื่อมเร็วและไม่จำเป็นต้องตรวจสอบ
 - มีความรู้เรื่องการออกแบบเครื่องจักร
 - เข้าใจการประเมินสภาพความเสียหายและเลือกเทคนิคการเชื่อมได้ถูกต้อง
 - เชี่ยวชาญในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 1

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				



คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้คะแนน คะแนน
 สรุปผล () ผ่านเกณฑ์
 () ไม่ผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ ผู้ตรวจ
 (.....)

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 1 : หลักการและความสำคัญของการเชื่อมซ่อมบำรุง	หน่วยที่ 1
		สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 12

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 1

ข้อที่	คำตอบ
1.	ค
2.	ค
3.	ข
4.	ข
5.	ค



หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

รายวิชา งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ

รหัสวิชา 30103-2021

บทเรียนโมดูลที่ 2

เรื่อง งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

อาชีวศึกษาจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ



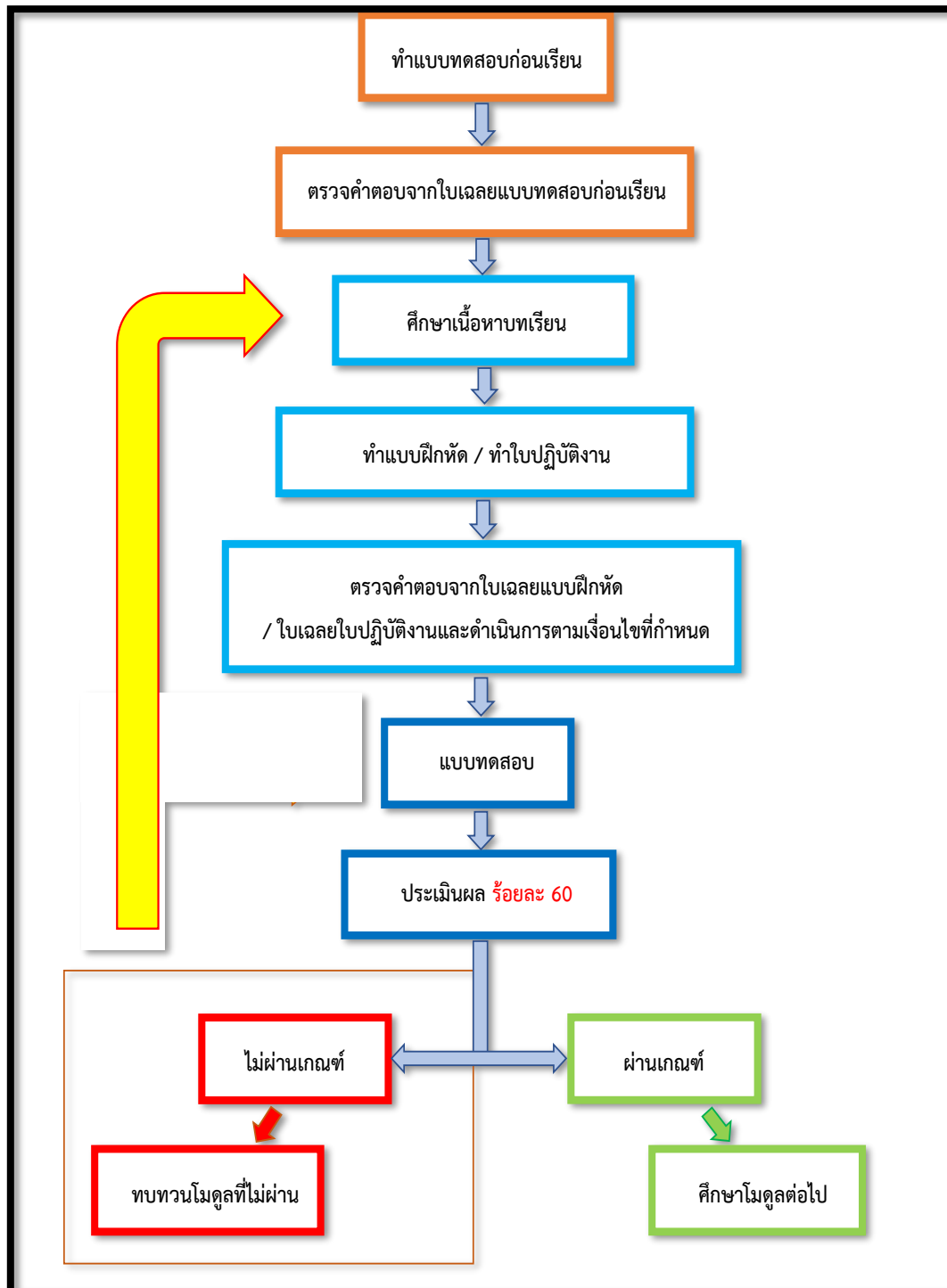
หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ
โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง

หน่วยที่ 2

สอนครั้งที่ 3-4

ชั่วโมงรวม 8

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 2

คำแนะนำสำหรับผู้เรียน

ก่อนที่จะเริ่มต้นศึกษาวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ ควรจะศึกษารายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชา งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ เพื่อจะได้มีแนวคิดในการปฏิบัติงานโดยทั่วไป จะสามารถให้ความรู้และเกิดประโยชน์แก่ผู้สอน ผู้เรียน ตลอดจนผู้สนใจศึกษาทั่วไปเป็นอย่างดี

ส่วนประกอบบทเรียนโมดูลประกอบด้วย

1. ใบแบบทดสอบก่อนเรียนและใบกระดาษคำตอบ
2. ใบเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน
3. ใบจุดประสงค์
4. ใบความรู้
5. ใบแบบฝึกหัด
6. ใบเฉลยแบบฝึกหัด
7. ใบปฏิบัติงาน
8. ใบแบบทดสอบหลังเรียนและใบกระดาษคำตอบ
9. ใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 2

คำแนะนำในการใช้บทเรียนโมดูล

1. ให้ผู้เรียนศึกษาหลักการและเหตุผล (Prospectus) และจุดมุ่งหมาย (Objectives) ของบทเรียนโมดูลให้เข้าใจ
2. ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามคำแนะนำและขั้นตอนการใช้อย่างเคร่งครัด
3. ผู้เรียนต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง โดยไม่เปิดดูใบเฉลยคำตอบก่อนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบฝึกหัด/ใบปฏิบัติงาน และแบบทดสอบหลังเรียนเพราะจะทำให้ผู้เรียนขาดความมั่นใจในการเรียนด้วยตนเองและไม่เกิดความเข้าใจที่แท้จริง
4. บทเรียนโมดูลนี้ ผู้เรียนสามารถใช้เรียนได้ตามความต้องการ ความพร้อมและความสะดวกโดยไม่จำกัดเวลาเรียน และสถานที่เรียน

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล

1. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนโดยทำเฉพาะข้อที่ผู้เรียนมีความรู้แท้จริง โปรดอย่าเดาคำตอบ ถ้าข้อใดไม่มีความรู้ให้ข้ามข้อนั้นไป โดยทำลงในกระดาษคำตอบ
2. ดูเฉลยใบแบบทดสอบก่อนเรียนแล้วประเมินผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียน เป็นการวัดพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนโดยไม่มีผลใด ๆ ต่อคะแนนในการเรียนบทเรียนโมดูลนี้
3. ให้ผู้เรียนศึกษาจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. ให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาบทเรียนจากใบเนื้อหาให้มีความรู้ความเข้าใจ
5. เมื่อศึกษาเนื้อหาบทเรียนเข้าใจดีแล้ว ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด/ใบปฏิบัติงานในบทเรียนนั้น ๆ ลงในใบแบบฝึกหัด / ใบปฏิบัติงาน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 2

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล (ต่อ)

- เมื่อทำแบบฝึกหัด/ปฏิบัติงานแล้วให้ตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบฝึกหัด/ใบเฉลยการปฏิบัติงาน
- ถ้าผ่านเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน แต่ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินให้กลับไปเรียนเนื้อหาเดิม และทำแบบฝึกหัด/ปฏิบัติงานใหม่อีกครั้ง
- เมื่อผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินแล้ว ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียนโดยทำลงในกระดาษคำตอบ
- ตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียน
- ถ้าผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดผู้เรียนต้องเรียนซ่อมเสริมทบทวนเนื้อหาของบทเรียนโมดูลนี้ จนกว่าจะผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนด

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 2

หลักการและเหตุผล (Prospectus)

ก่อนที่จะเริ่มต้นศึกษาวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ ควรจะศึกษารายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชา งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ เพื่อจะได้มีแนวคิดในการปฏิบัติงานโดยทั่วไป จะสามารถให้ความรู้และเกิดประโยชน์แก่ผู้สอน ผู้เรียน ตลอดจนผู้สนใจศึกษาทั่วไปเป็นอย่างดี

จุดมุ่งหมาย (Objective)

เมื่อผู้เรียนได้ศึกษาและทดสอบผ่านบทเรียนโมดูลนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความรู้ในเรื่องงานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง

ความรู้พื้นฐาน (Prerequisites)

ในการเรียนบทเรียนโมดูลนี้ให้ได้ผลดีนั้น ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานด้านงานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

แบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 2

- คำชี้แจง :**
1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ
 2. ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
 3. เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 30 นาที

1. ข้อใดคือคุณสมบัติเด่นของเหล็กกล้าแรงดึงสูง (High Strength Steel)
 - ก. ทนต่อการกัดกร่อนได้ดีมาก
 - ข. มีความเหนียวและยืดหยุ่นสูง
 - ค. สามารถรับแรงดึงและแรงกระแทกได้มาก
 - ง. เชื่อมได้ง่ายโดยไม่ต้องควบคุมอุณหภูมิ
2. ข้อใดคือปัญหาสำคัญที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเชื่อมเหล็กกล้าแรงดึงสูงผิดวิธี
 - ก. การเกิดสนิมทันทีหลังเชื่อม
 - ข. การแอ่นตัวของชิ้นงาน
 - ค. การสูญเสียความเงาของผิวชิ้นงาน
 - ง. การแตกร้าวจากความเค้นสะสม (Cracking from residual stress)
3. ขั้นตอนใดมีความสำคัญมากที่สุดในการเตรียมชิ้นงานก่อนเชื่อมเหล็กกล้าแรงดึงสูง
 - ก. ทาสีรองพื้น
 - ข. การเจาะรูระบายแรงดัน
 - ค. การอุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อม (Preheat)
 - ง. การขัดผิวให้เงา
4. ข้อใดคือเหตุผลที่ต้องเลือกลวดเชื่อมให้เหมาะกับเหล็กกล้าแรงดึงสูง
 - ก. เพื่อให้แนวเชื่อมติดสีได้ง่าย
 - ข. เพื่อให้แนวเชื่อมมีความสวยงาม
 - ค. เพื่อให้แนวเชื่อมมีความแข็งแรงเทียบเท่าวัสดุแม่
 - ง. เพื่อให้เชื่อมได้โดยไม่ต้องใช้หน้ากากเชื่อม
5. หลังจากเชื่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง ควรตรวจสอบชิ้นงานด้วยวิธีใดเพื่อความปลอดภัย
 - ก. ตรวจสอบด้วยสายตาเท่านั้น
 - ข. ใช้ค้อนเคาะแนวเชื่อม
 - ค. ตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) เช่น UT หรือ MT
 - ง. ทาสีปิดแนวเชื่อมเพื่อป้องกันรอยรั่ว

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 2

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				



คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้คะแนน คะแนน
สรุปผล () ผ่านเกณฑ์
() ไม่ผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ ผู้ตรวจ
(.....)

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 2

ข้อที่	คำตอบ
1.	ค
2.	ง
3.	ค
4.	ค
5.	ค

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

หลังจากที่ผู้เรียนได้ศึกษาเรื่องนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายคุณสมบัติและพฤติกรรมของเหล็กกล้าแรงดึงสูง หลักการเลือกใช้วิธีการเชื่อม และการควบคุมความร้อนได้อย่างถูกต้อง
2. ปฏิบัติงานเชื่อมซ่อมเหล็กกล้าแรงดึงสูงด้วยเทคนิคต่างๆ ได้อย่างชำนาญ และควบคุมพารามิเตอร์การเชื่อมได้อย่างแม่นยำ
3. แสดงความระมัดระวัง ความอดทน และความรับผิดชอบในการทำงานกับวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษ รวมทั้งตระหนักถึงความปลอดภัย
4. สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาการซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง ในสถานการณ์จริงได้อย่างเหมาะสม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

ใบความรู้

หน่วยที่ 2 งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง

การเชื่อม (อังกฤษ: **Welding**) เป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับต่อวัสดุ ส่วนใหญ่เป็นโลหะและเทอร์โมพลาสติก โดยให้รวมตัวเข้าด้วยกัน ปกติใช้วิธีทำให้ชิ้นงานหลอมละลาย และการเพิ่มเนื้อโลหะเติมลงในบ่อหลอมละลายของวัสดุที่หลอมเหลว เมื่อเย็นตัวรอยต่อจะมีความแข็งแรง บางครั้งใช้แรงดันร่วมกับความร้อนหรืออย่างเดียว เพื่อให้เกิดรอยเชื่อม ซึ่งแตกต่างกับการบัดกรีอ่อน และการบัดกรีแข็ง ซึ่งไม่มีการหลอมละลายของชิ้นงาน มีแหล่งพลังงานหลายอย่างสำหรับนำมาใช้ในการเชื่อม เช่น การใช้เปลวไฟแก๊สอ็อกซิเจน, การอาร์กโดยใช้กระแสไฟฟ้า, ลำแสงเลเซอร์, การใช้ไอเล็คตรอนบีม, การเสียดสี, การใช้คลื่นเสียง เป็นต้น ในอุตสาหกรรมมีการเชื่อมในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่นการเชื่อมในพื้นที่โล่ง, พื้นที่อับอากาศ, การเชื่อมใต้น้ำ, การเชื่อมในพื้นที่อันตราย เช่น ถังเก็บน้ำมันขนาดใหญ่, ภายในโรงงานผลิตสารเคมี และวัตถุไวไฟ การเชื่อมมีอันตรายเกิดขึ้นได้ง่าย จึงควรมีความระมัดระวังเพื่อป้องกันอันตราย เช่น เกิดจากกระแสไฟฟ้า, ความร้อน, สะเก็ดไฟ, คิว้นเชื่อม, แก๊สพิษ, รังสีอาร์ค, ชิ้นงานร้อน, ฝุ่นละออง



ในยุคเริ่มแรกจนถึงศตวรรษที่ 19 มีการใช้งานเฉพาะการเชื่อมทุบ (Forge welding) เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อโลหะ เช่นการทำดาบในสมัยโบราณ วิธีนี้การเชื่อมที่ได้มีความแข็งแรงสูง และโครงสร้างของเหล็กมีคุณภาพอยู่ในระดับสูง แต่มีความล่าช้าในการนำมาใช้งานในเชิงอุตสาหกรรม หลังจากนั้นได้มีการพัฒนามาสู่การเชื่อมอาร์ค และการเชื่อมโดยใช้เปลวไฟแก๊สอ็อกซิเจน และหลังจากนั้นมีการ เชื่อมแบบความต้านทานตามมา

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

เทคโนโลยีการเชื่อมได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วในศตวรรษที่ 20 ซึ่งอยู่ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 และสงครามโลกครั้งที่ 2 เทคโนโลยีการเชื่อมแบบใหม่ ได้มีการเร่งพัฒนาเพื่อรองรับต่อการสู้รบในช่วงเวลานั้น เพื่อทดแทนการต่อโลหะแบบเดิม เช่นการใช้หมุดย้ำซึ่งมีความล่าช้าอย่างมาก กระบวนการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW) เป็นกระบวนการหนึ่งที่เกิดขึ้นมาในช่วงนั้นและกระทั่งปัจจุบัน ยังคงเป็นกรรมวิธีที่ใช้กันมากที่สุดในประเทศไทย และประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลาย

นอกจากโลหะแล้ว ยังมีการเชื่อมวัสดุประเภทอื่นอีก เช่น การเชื่อมพลาสติก การเชื่อมกระจกหรือแก้ว เป็นต้น

กระบวนการการเชื่อม

การเชื่อมอาร์ค

การเชื่อมอาร์คเป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าในการสร้างอาร์คระหว่างอิเล็กโทรดกับชิ้นงานโลหะที่จะเชื่อม กระบวนการเชื่อมอาร์คนี้สามารถแบ่งแยกย่อย ได้อีกหลายกระบวนการ ซึ่งแต่ละกระบวนการมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น การกระแสไฟฟ้าที่ใช้มีการใช้ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ อิเล็กโทรดที่ใช้มีทั้งแบบเส้นเปลือย (หมดไปขณะเชื่อม) และไม่เส้นเปลือย (ไม่หมดไปขณะเชื่อม) แนวเชื่อมอาจมีการปกคลุมด้วยแก๊สปกคลุม ที่มีคุณสมบัติเฉื่อยหรือกึ่งเฉื่อย หรืออาจปกคลุมด้วยวัสดุอื่นๆ เช่น แสลงและฟลักซ์ ซึ่งตัวอย่างกระบวนการเชื่อมอาร์คที่เป็นที่รู้จักกันทั่วไปได้แก่:-

- **Shielded metal arc welding (SMAW)**

การเชื่อม SMAW หรือรู้จักในชื่อทั่วไปว่า การเชื่อมไฟฟ้า (stick welding or electric welding) ใช้แท่งอิเล็กโทรดหรือรูปเชื่อมที่มีฟลักซ์ (flux) หุ้มอยู่ ฟลักซ์เมื่อแตกตัวและหลอมจะกลายเป็นแสลง (slag) ทำหน้าที่ปกคลุมแนวเชื่อม ป้องกันการเกิดปฏิกิริยากับอากาศและความชื้นรายรอบแนวเชื่อม ซึ่งจะทำให้เกิดการปนเปื้อน และส่งผลให้คุณสมบัติของแนวเชื่อมไม่ตามที่ต้องการหรือไม่ได้ตามมาตรฐาน

การเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW) หรือที่เราเรียกกันว่า ก้านเชื่อมรูป บางตำราเรียกว่า Manual Metal Arc (MMA) หรือ Stick Welding การเชื่อมแบบนี้ลวดเชื่อมจะมีฟลักซ์หุ้มภายนอกแกนลวด และกระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านแกนลวดเชื่อมไปยังส่วนปลาย กระแสไฟฟ้าที่มีทั้งชนิดกระแสตรง (DC) และชนิดกระแสสลับ (AC) การเลือกใช้งานควรเป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิตลวดเชื่อม โดยปกติจะมีพิมพ์ไว้ข้างกล่องลวด โดยจะมีการชี้บ่ง เช่น ยี่ห้อ, เกรดของลวดเชื่อม, ขนาด x ความยาวลวด, ชนิดกระแสไฟที่แนะนำให้ใช้งานในแต่ละท่าเชื่อม, ชนิดฟลักซ์หุ้ม เป็นต้น กระแสไฟจะถูกส่งผ่านแหล่งจ่าย โดยทั่วไปจะเป็นเครื่องเชื่อม การเริ่มต้นเชื่อมสำหรับลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ทำได้ 2 วิธี คือการเขี่ยอาร์คและการแตะปลายลวดกับผิวชิ้นงาน แล้วยกขึ้นในระยะที่เหมาะสมเพื่อคงการอาร์คไว้ ขณะอาร์คจะมีความต้านทานระหว่างปลายลวดกับผิวชิ้นงานเกิดเป็นความร้อนที่สูง ซึ่งสูงพอที่จะหลอมละลายได้ทั้งผิวชิ้นงานและปลายลวดเชื่อมให้เกิดการหลอมรวมตัวกันเป็นเนื้อโลหะรอยเชื่อม



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

- Gas tungsten arc welding (GTAW)

การเชื่อม GTAW หรือการเชื่อมทิก ดูเพิ่มเติมที่ การเชื่อมทิก

การเชื่อมทิกสามารถให้คุณภาพงานเชื่อมที่ดีเท่าเทียมหรือเหนือกว่ากระบวนการเชื่อมอื่นๆ เป็นกระบวนการที่ยืดหยุ่นคือ สามารถให้คุณภาพงานเชื่อมที่ดีได้สำหรับโลหะในงานเชื่อมส่วนใหญ่ อาจจัดได้เป็นกระบวนการที่เกือบจะไร้ขีดจำกัด

กระบวนการนี้เหมาะสำหรับการเชื่อมประกอบ ชิ้นรูปร่าง หรือโครงสร้างที่มีความต้องการความแม่นยำสูง และตัวโลหะที่เชื่อมมีความหนาไม่มาก แต่ข้อเสียคือ เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยทักษะ และต้นทุนที่สูง และผลิตภาพต่ำกว่ากระบวนการเชื่อมอาร์คอื่นๆ

- Submerged arc welding (SAW)



ตัวอย่างเครื่อง submerged arc welding

การเชื่อม SAW ใช้การป้อนอิเล็กโทรดอย่างอัตโนมัติเข้าสู่แนวเชื่อม โดยมีผงฟลักปกคลุมอยู่ด้านบนตลอดเวลา ป่อหลอมและบริเวณที่เกิดการอาร์คจะจมอยู่ใต้ฟลัก ที่ทำหน้าที่ปกคลุมป้องกันการปนเปื้อนและทำปฏิกิริยากับความชื้นและอากาศรายรอบ

- Electroslag welding (ESW)

การเชื่อม ESW เป็นกระบวนการเชื่อมที่ให้ผลิตภาพสูง คือเชื่อมได้เร็วและปริมาณมาก ในการเชื่อมแต่ละแนว สามารถทำให้หนาได้ถึง 25 - 300 มม. ในทิศแนวดิ่ง หรือใกล้เคียงกับแนวดิ่ง

แหล่งจ่ายไฟสำหรับอาร์ค (Arc Power Source)

แหล่งจ่ายไฟสำหรับการเชื่อมอาร์ค หรือ Power Source หรือตู้เชื่อม ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่กระบวนการเชื่อมเพื่อให้เกิดการอาร์คขณะเชื่อม ตัวแหล่งจ่ายไฟนี้ทำหน้าที่เป็นหม้อแปลงด้วย เนื่องจากไฟฟ้าที่มาจากสายส่งสาธารณะนั้นมีแรงดันสูง 120 - 480 โวลต์ ตัวแหล่งจ่ายไฟ หรือตู้เชื่อมนี้จะลดแรงดันลง

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

เหลือ 20 – 80 โวลต์ ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมกับการใช้งาน และเพิ่มกระแสให้อยู่ในระดับใช้งานในช่วง 30-1500 แอมแปร์ ตัวแปลงไฟนี้มีทั้งแบบ **solid state inverter** และแบบ **motor generator** กระแสไฟฟ้าที่ปล่อยออกมาสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความสามารถและการออกแบบของผู้ผลิต ซึ่งอาจทำได้อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทำได้หลายอย่างในตู้เดียวกัน ได้แก่ ไฟฟ้ากระแสตรง ไฟฟ้ากระแสสลับ กระแสแบบพัลส์ กระแสคงที่ และ แรงดันคงที่ เป็นต้น

การเชื่อมแก๊ส

การเชื่อมแก๊ส แบบมีการเติมลวด เชื่อมต่อตัวถังรถยนต์กระบวนการเชื่อมแก๊สที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดคือ [1] การเชื่อมออกซิเจน (Oxyfuel welding) หรือ **Oxyacetylene welding** ถือว่าเป็นกระบวนการเชื่อมที่เก่าแก่และมีความยืดหยุ่นมากที่สุด แต่ในปัจจุบัน สำหรับงานระดับอุตสาหกรรมแล้ว กระบวนการเชื่อมออกซิเจนได้รับความนิยมน้อยลง เว้นแต่การเชื่อมท่อ และการเชื่อมเพื่อซ่อมบำรุงที่ยังมีการใช้อยู่

เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการเชื่อมออกซิเจนมักมีราคาไม่แพง และไม่ซับซ้อน เมื่อเทียบกับกระบวนการเชื่อมอื่นๆ ซึ่งโดยทั่วไปกระบวนการนี้จะใช้การเผาไหม้ระหว่าง อะซิเตลีน และออกซิเจน เพื่อสร้างเปลวเพลิงที่มีอุณหภูมิสูงได้ถึง 3100 องศา แต่เนื่องจากเปลวเพลิงที่เกิดขึ้นนี้มีหนาแน่นต่อพื้นที่ต่ำกว่าการเชื่อมอาร์ค ทำให้การเย็นตัวของแนวเชื่อมช้ากว่า นำไปสู่การเกิดความเค้นตกค้างมากกว่า ส่งผลให้เกิดการบิดเสียรูป

กระบวนการเชื่อมแก๊สนี้สามารถประยุกต์แยกย่อยตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

- การเชื่อมด้วยแก๊ส โดยใช้เปลวนิวทรอล ทำโดยปรับแต่งปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงและออกซิเจนให้เกิดเปลวกลางและเปลวในทับซ้อนกัน
- การตัดด้วยแก๊ส โดยใช้เปลวออกซิโดซิ่ง ทำโดยปรับแต่งปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงและออกซิเจนโดยปรับแต่งให้เกิดเปลวนอก และเปลวใน สำหรับเปลวในจะมีความสว่างและแหลม
- การเล่นประสาน โดยเปลวคาร์บูไรซิ่ง ทำโดยปรับแต่งปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงและออกซิเจนโดยปรับแต่งให้มีเปลวนอก เปลวกลาง และเปลวใน ให้เปลวกลางมีความยาวกว่าเปลวในประมาณ 0.5 - 1 เท่าตัว
- การบัดกรี

การเชื่อมต้านทาน

การเชื่อมต้านทาน (**Resistance Welding**) เป็นการสร้างความร้อนจากการผ่านกระแสไฟฟ้าผ่านโลหะที่มีความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งบริเวณที่มีความต้านทานสูงคือบริเวณรอยที่ผิวโลหะคนละชิ้นมาสัมผัสกัน จะเกิดความร้อนสูงสุด ทำให้โลหะหลอมละลายเกิดเป็นบ่อหลอมเชื่อมต่อกันทั้งสองชิ้นเข้าด้วยกันที่มีกระแสไฟฟ้า (1000–100,000 A) ไหลผ่านโลหะ[2] โดยทั่วไปกระบวนการเชื่อมนี้ทำให้เกิดมลพิษต่ำ แต่มีข้อจำกัดด้านการใช้งานที่ไม่หลากหลาย และอุปกรณ์มีราคาแพง

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

การเชื่อมจุด (spot weld) เป็นการเชื่อมโดยอาศัยแรงอัด ชนิดหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้งานเชื่อมต่อแผ่นโลหะที่วางซ้อนกันโดยมีความหนาได้ถึง 3 มิลลิเมตร[2] ในการเชื่อมนั้น อิเล็กโทรดสองชิ้นจะทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ชิ้นงานและ กดชิ้นงานในเวลาเดียวกัน ข้อดีของกระบวนการนี้คือ ใช้พลังงานน้อย และไม่ทำให้ชิ้นงานเสียรูป ทำงานได้เร็ว ทำเป็นระบบอัตโนมัติได้ง่าย และไม่จำเป็นต้องใช้ลวดเติม แต่ความแข็งแรงของแนวเชื่อมที่ได้จะต่ำกว่าการเชื่อมด้วยกระบวนการอื่นๆ กระบวนการเชื่อมจุดนี้ ใช้มากให้อุตสาหกรรมรถยนต์ โดยประยุกต์ใช้กับแขนหุ่นยนต์ ในรถยนต์คันหนึ่งอาจมีรอยเชื่อมจุด ได้มากถึงหลายพันจุด

การเชื่อมตะเข็บ (seam welding) คล้ายกับการเชื่อมจุด แต่มีข้อแตกต่างที่การเชื่อมแบบตะเข็บนั้น รอยเชื่อมต่อเนื่องเป็นแนว ไม่ได้เป็นจุด เนื่องจากไม่ได้ใช้อิเล็กโทรดรูปแท่งแบบจุด แต่ใช้เป็นลักษณะวงล้อ

การเชื่อม Laser

การเชื่อมด้วยลำเลเซอร์ (Laser beam welding, LBW) คือกระบวนการหนึ่งของการเชื่อมวัสดุ โดยใช้พลังงานจากลำเลเซอร์หลอมชิ้นงานบริเวณที่ ลำเลเซอร์ตกกระทบ โดยพลังงานที่เข้าสู่ชิ้นงานมีความหนาแน่นสูง ทำให้สามารถเชื่อมโดยรอยเชื่อมแคบและลึกได้ เหมาะกับการเชื่อมงานที่ต้องการการซึมลึก การเชื่อมด้วยลำเลเซอร์นั้นอาศัยพลังงานความเข้มสูง (ระดับ 1 เมกะวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร) ทำให้ได้บริเวณกระทบร้อน (Heat-Affected Zone, HAZ) ที่มีขนาดเล็ก และมีอัตราการเย็นตัวที่เร็ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำเลเซอร์ ณ จุดที่เลเซอร์ตกกระทบบนชิ้นงานอยู่ระหว่าง 0.2 มม ถึง 13 มม

การเชื่อมเทอร์มิตเป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้มากในการเชื่อมต่อรางรถไฟ อาศัยการหลอมผงเหล็กและอะลูมิเนียมที่อุณหภูมิประมาณ 2450°



การเชื่อมเทอร์มิต

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

ความเค้นตกค้างหรือความเค้นที่เหลืออยู่ (Residual stress)

ความเค้นตกค้าง คือ สิ่งที่ตกค้างอยู่ เป็นสาเหตุเริ่มต้นของการเกิดความเค้นทั้งหมด (จากแรงภายนอก, จากการไม่สมดุลของความร้อน) ซึ่งต้องกำจัดออก เป็นความเค้นที่เหลืออยู่ระหว่างพื้นที่หน้าตัดชิ้นงาน แม้ว่าไม่มีความเค้นภายนอกมากระทำ ความเค้นคงเหลือเกิดขึ้นจากหลายเหตุผล รวมทั้งการไม่ยืดหยุ่นให้ชิ้นงานเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และผลจากการปรับปรุงด้วยความร้อน ความร้อนจากการเชื่อมเป็นสาเหตุให้ชิ้นงานขยายตัวในวงจำกัด เช่นการเชื่อมแบบหลอมละลาย หรือการจับยึดชิ้นงานระหว่างการเชื่อม เมื่อเนื้อรอยเชื่อมเกิดเย็นตัว บางพื้นที่เย็นก่อนและเกิดการหดตัวก่อนส่วนอื่น ความเค้นตกค้างที่เหลืออยู่ คือสิ่งที่ได้จากการหลอม รวมทั้งการเย็นตัวของชิ้นงานที่ไม่สมดุลกัน ขณะที่ไม่สามารถควบคุมความเค้นตกค้างได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ การออกแบบจำนวนมากขึ้นกับมัน ตัวอย่างเช่น ความแข็งแรงของกระจกและการเผื่อความเค้นล่วงหน้าของคอนกรีต ความเค้นในคอนกรีต ขึ้นกับการป้องกันความเปราะเสียหายให้ทำนองเดียวกัน ความโน้มเอียงสู่การเกิดโครงสร้างที่แข็งเปราะ (maren site) การก่อรูปแบบของความเค้นในมิตดาบโดยเจาะจงให้คมมีความแข็ง สามารถป้องกันการแตกที่คมดาบ บางอย่างเช่น ลำกล้องปืน ทำด้วยท่อสองท่อให้ยึดติดกัน ท่อด้านในถูกบีบอัดขณะภายนอกทำให้ขยายออกได้ เพื่อป้องกันการแตกจากร่องที่เป็นเกลียวของลำกล้องแน เมื่อกระสุนพุ่งออกไป ปกติชิ้นส่วนทำให้ร้อนหรือจุ่มในของเหลวไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen) เพื่อช่วยส่วนประกอบ การบีบอัดที่เหมาะสมโดยทั่วไปจะทำการรอบคอบของการใช้ความเค้นตกค้าง สลักเกลียวพวงมาลัยของยานยนต์ ตัวอย่างเช่น การกดรูของดุมล้อ รูมีขนาดเล็กกว่าสลักเพื่อต้องการอัดแรงผ่านสลักให้เกิดความเค้นตกค้าง ความเค้นตกค้างจะผูกติดเข้าด้วยกันกับชิ้นส่วน ตัวอย่างอื่นๆเช่นตะปู เป็นต้น

การปรับปรุงคุณสมบัติแนวเชื่อม หลังการเชื่อม

- การเคาะเพื่อคลายตัว (Peening)

เป็นการปฏิบัติงานทางกลของโลหะ โดยหมายถึงการตีด้วยหัวค้อนหรือการยิงด้วยเม็ดวัสดุ (shot peening) การเคาะเพื่อคลายตัวเป็นกระบวนการทำงานเย็น มันโน้มน้ำหนักให้เกิดการขยายของผิวโลหะงานที่เย็น เนื่องด้วยเหตุนี้ การผ่อนคลายความเค้นแรงดึง หรือความเค้นอัดภายใน การเคาะเพื่อคลายตัวยังกระตุ้นให้เกิดการแข็งตัวคงเหลือ (stain hardening) ของผิวโลหะ

การเคาะคลายด้วยมือ (hand peening) กระทำหลังการเชื่อมเพื่อคลายความเค้นแรงดึงซึ่งเกิดขึ้นในเนื้อรอยเชื่อมและรอบๆโลหะงานจากการเย็นตัว ระดับการลดลงของความเค้นแรงดึงอย่างน้อยที่สุดคือบริเวณที่เกิดขึ้นใกล้ผิวรอยเชื่อมเท่านั้น การเคาะคลายตัวมีแนวโน้มให้ความแข็งแรงสูงขึ้นในเนื้อเชื่อมและงานบางอย่างควรหลีกเลี่ยง ด้วยเหตุผลนี้การเคาะคลายตัวโดยทั่วไปไม่ถูกยอมรับจากโค้ดส่วนใหญ่, มาตรฐานหรือข้อกำหนด (เช่น ASME B31.3 หมวด 328.51 (d)) ทุกรูปแบบของการเคาะคลายตัวถูกก่อนการนำมาใช้งานบนเนื้อเชื่อมต้องเน้นการตามข้อกำหนดของการทดสอบชิ้นงาน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

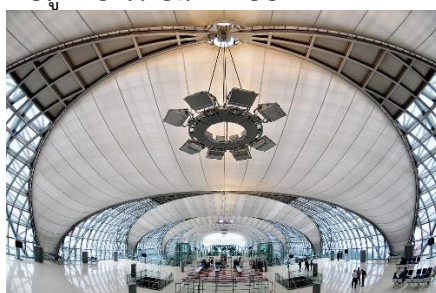
ชิ้นงานที่ดำเนินการทดสอบกระบวนการทำงานเชื่อมนั้น ตัวแปรที่จำเป็นทั้งหมดนั้นจะถูกใช้เพื่อการผลิตงานเชื่อม ถ้าหากเนื้อเชื่อมถูกเคาะคลายตัวระหว่างการทดสอบกระบวนการของขั้นตอนการเชื่อม การทดสอบทางกลซึ่งตามมาของขั้นตอนจะแสดงให้เห็นคุณสมบัติทางกลของเนื้อเชื่อม คุณสมบัติทางกลเหล่านี้ต้องเข้ากันได้กับคุณสมบัติทางกลของวัสดุซึ่งจะเชื่อมเข้าด้วยกัน ถ้ามันไม่ได้ดำเนินการมีการสอบตกและขั้นตอนการเชื่อมนั้นไม่ถูกยอมรับที่จะใช้ในการเชื่อม การเคาะคลายตัวถูกนำมาใช้ในการการผลิตงานเชื่อมที่ถูกกำหนดให้กระทำเท่านั้นอีก

กระบวนการทางความร้อน

กระบวนการทางความร้อนหลังการเชื่อม (post-welded heat treatment) มีเพื่อการลดความเค้นตกค้าง และเพิ่มความแข็งแรงให้กับแนวเชื่อม

โลหะในงานเชื่อม เหล็กกล้า (Steel)

เหล็กกล้าเป็นโลหะผสมประกอบด้วยธาตุเหล็ก (iron) , คาร์บอน 0.2-1.7 หรือ 2.0% ไม่เกินกว่านี้ โดยน้ำหนัก (C:1000-10,8.67Fe) ขึ้นกับเกรดที่ใช้งาน คาร์บอนเป็นธาตุที่มีผลอย่างมากต่อโลหะผสม แต่ธาตุอื่นๆที่นำมาใช้เช่น แมงกานีส, ทังสเตน, คาร์บอนและธาตุอื่นๆทำหน้าที่ให้เกิดปฏิกิริยาการชุบแข็งในผลึกอะตอมของเหล็ก จากการเลื่อนไหลของโครงสร้างอื่นๆภายในเนื้อเหล็กกล้า จำนวนของธาตุที่ผสมและรูปแบบของมันเป็นตัวควบคุมบทบาทในเหล็กกล้า (ธาตุตัวถูกละลาย ขั้นตอนการตกตะกอน) เช่น ความแข็งแรง ความเหนียว ความทนต่อแรงดึงของการมีผลต่อเหล็กกล้า เหล็กกล้าที่มีการเพิ่มคาร์บอนสามารถให้ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นมากกว่าเหล็กแต่ให้ความเปราะมากขึ้นด้วย การถูกละลายได้ของคาร์บอนในเหล็ก (iron) ในรูปแบบออสเตนไนต์ คือ 2.14% โดยน้ำหนัก การเกิดขึ้นที่ 1149 C คาร์บอนที่เข้มข้นมากกว่านี้หรืออุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้จะสร้างโครงสร้างเซเมนไตต์ (โครงสร้างเปราะ) โลหะผสมที่มีคาร์บอนมากกว่านี้ คือเหล็กหล่อที่ได้มาจากการหลอม (Cast iron) เพราะมันมีจุดหลอมต่ำ เหล็กกล้ามีความโดดเด่นจากเหล็กเหนียว (wrought iron) ซึ่งมีธาตุอื่นผสมเพียงเล็กน้อย 1-3% ของน้ำหนักโดยสแลก (slag) ในรูปแบบของอนุภาคขนาดเล็กในทุกทิศทาง การให้เกรนที่มีลักษณะโครงสร้างเหล็ก มันมีความต้านทานต่อสนิมมากกว่าเหล็กกล้าและเชื่อมได้ง่าย ในทุกวันนี้เราพูดถึงเกี่ยวกับอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า เหมือนกับว่าเจาะจงเพียงเป็นอย่างเดียว แต่สิ่งที่เกิดขึ้นในประวัติศาสตร์ พวกมันได้เคยถูกแบ่งไว้เป็น 2 แบบ



โรงหลังคาทำอากาศยานสุวรรณภูมิ เป็นโครงสร้างที่ใช้การเชื่อมประกอบชิ้นรูป

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

การเชื่อมเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง (High-Strength Low-Alloy Steel)

เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง ใช้อย่างแพร่หลายในงานโครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรง เช่น สะพาน ตึก เรือ หรือถังรับแรงดัน เป็นต้น เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงมีอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักดีกว่าเหล็กกล้า (low alloy steel) ประมาณ 25% เส้นแบ่งเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงกับเหล็กกล้าคือค่าความแข็งแรงจุดคราก (yield strength) และความแข็งแรงทางดึง (tensile strength) ที่ประมาณ 275 MPa และ 490 Mpa ตามลำดับ สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงนี้ มีความแข็งแรงมากกว่าเหล็กกล้าคือมีธาตุอื่นๆ นอกเหนือจากคาร์บอน เจืออยู่ เช่น คอปเปอร์ นิกเกิล โครเมียม ไทเทเนียม แมงกานีส วานาเดียม โบรอน และ ไนโอเบียม เป็นต้น[3]

การเชื่อมเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงได้คุณภาพดี คือมีสมบัติทางกลดี มีคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อเชื่อมดี และปราศจากตำหนินั้น ทำให้ยากกว่าการเชื่อมเหล็กกล้า เนื่องจากลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุนี้ คือ มีความยืดหยุ่นต่ำ มีความเสี่ยงต่อการแพร่ของไฮโดรเจน และการเกิดความแข็งแรงเฉพาะจุดที่มากกว่าปกติ ซึ่งเป็นผลมาจากการที่มีธาตุอื่นๆ เจืออยู่นั่นเอง

การที่มีธาตุอื่นๆ เจืออยู่นี้ ทำให้บริเวณกระทบร้อน (Heat affected zone, HAZ) ของบริเวณที่เชื่อมมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและมีความยืดหยุ่นลดลงมากกว่าปกติเมื่อเทียบกับบริเวณอื่น ทำให้มีความเสี่ยงต่อการแตกร้าว

- การแตกร้าว

การเกิดการแตกร้าวเกี่ยวเนื่องกับการเชื่อมโลหะชนิดนี้ มีสองประเภทคือ การแตกร้าวร้อน (Hot crack) และการแตกร้าวเย็น (Cold crack) การแตกร้าวร้อน เกิดขึ้นที่อุณหภูมิของวัสดุในการเชื่อมที่มากกว่า 200 องศาเซลเซียส ในขณะที่การแตกร้าวเย็นเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าดังกล่าว

- การแตกร้าวร้อน

สาเหตุการเกิดการแตกร้าวร้อน มีสองประการคือ ขณะที่โลหะเชื่อมกำลังแข็งตัวนั้น ส่วนที่แข็งตัวแล้วมีความยืดหยุ่นต่ำ และมีความแข็งแรงภายในไม่เพียงพอที่จะรับความเค้นที่เกิดจากการหดตัวของเนื้อโลหะขณะแข็งตัวได้รับความเค้น ซึ่งคือรูปแบบหนึ่งของพลังงาน เมื่อไม่สามารถต้านทานความเค้นนี้ได้ จึงปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของรอยแตกร้าว อีกสาเหตุหนึ่งคือมีโลหะที่มีจุดหลอมเหลวต่ำปะปนอยู่ในเนื้อเชื่อมขณะแข็งตัว โลหะที่มีจุดหลอมเหลวต่ำดังกล่าวจะแข็งตัวหลังจากที่โลหะรายรอบแข็งตัวแล้ว บริเวณที่ยังไม่แข็งตัวนี้มีความแข็งแรงต่ำ จึงไม่สามารถทนความเค้นที่เกิดจากการหดตัวได้ทำให้เกิดการแตกร้าวร้อนขึ้น ทั้งนี้ทั้งสองสาเหตุอาจเกิดขึ้นพร้อมกันทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการแตกร้าวร้อนมากขึ้น

- การแตกร้าวเย็น

สาเหตุการเกิดการแตกร้าวเย็นคือ ธรรมชาติของวัสดุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ และการเกิดการแพร่ของไฮโดรเจนขณะเชื่อมเข้าไปในเนื้อเชื่อมและบริเวณกระทบร้อน เมื่อไฮโดรเจนแพร่และรวมตัวกันมากเข้าทำให้เกิดความเค้นภายใน และก่อให้เกิดตำหนิ หรือรอยแตกได้ในที่สุด ซึ่งกระบวนการแตกร้าวอาจเกิดขึ้นล่าช้าหลังจากการเชื่อมแล้วได้ถึง 48 ชั่วโมง

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

ไฮโดรเจนที่แพร่เข้าไปในวัสดุนี้เกิดขึ้นระหว่างการเชื่อม มีแหล่งที่มีจาก 2 แหล่ง หลักคือ ความชื้นในบรรยากาศรอบๆ แนวเชื่อม และความชื้นที่อยู่ในฟลักซ์ของลวดเชื่อม

การเชื่อมเหล็กกล้าทนความร้อน (Heat-Resistant Low-Alloy Steel)

เหล็กกล้าทนความร้อน เป็นเหล็กกล้าที่ใช้มากในอุตสาหกรรมที่ใช้ความร้อนสูง เช่น โรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิล โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานเคมี เป็นต้น เหล็กกล้าทนความร้อนมีจุดเด่นที่เหนือกว่าเหล็กกล้าทั่วไป คือ สามารถให้ความแข็งแรงได้แม้อยู่ในสภาพอุณหภูมิสูง ความแตกต่างของเหล็กกล้าทนความร้อนกับเหล็กกล้าทั่วไป คือที่มีธาตุอื่นๆ นอกจากคาร์บอนเจืออยู่ ซึ่งธาตุหลักที่เกี่ยวข้องคือ โครเมียม โมลิบดีนัม และนิกเกิล โดยที่โครเมียมช่วยทำให้วัสดุมีคุณสมบัติป้องกันการเกิดออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูง โมลิบดีนัมช่วยเพิ่มความต้านทานการคืบ (creep) และนิกเกิลช่วยเพิ่มความแกร่ง (notch toughness)

● การแตกร้าว

การแตกร้าวเกี่ยวเนื่องกับการเชื่อม ได้แก่การแตกร้าวร้อน การแตกร้าวเย็น และการแตกร้าวจากการทำ Stress Relief (SR crack)

การแตกร้าวร้อน และการแตกร้าวเย็นนั้น มีกลไกและสาเหตุคล้ายการแตกร้าวของเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง ส่วนการแตกร้าว SR นั้นเป็นผลมาจากการที่หากในบริเวณที่เชื่อมมีความเค้นตกค้าง (Residual Stress) ความเค้นเข้มข้นเฉพาะจุด (Stress Concentration) อยู่มาก ทำให้มีความเสี่ยงต่อการแตกร้าว เมื่อวัสดุได้รับกระบวนการ Stress Relief หลังการเชื่อม โครเมียมและ โมลิบดีนัม ในเนื้อวัสดุ ทำให้เกิดการตกผลึก (Precipitation) โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ SR ที่มากกว่า 600 องศาเซลเซียส ทำให้บริเวณนั้นมีความแข็งแรงสูงกว่าปกติ และมีความยืดหยุ่นลดลง ทำให้เนื้อวัสดุบริเวณนั้นไม่สามารถต้านทานความเค้นที่มีอยู่เดิมจากกระบวนการเชื่อมได้

เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)

ทองแดง

ใช้การเชื่อมเนื้อทองแดงเข้าด้วยกันโดยผิวที่ถูกเชื่อมจะสมานเหมือนเนื้อเดียวกัน อาจจะใช้ผงเชื่อมทองแดงเพื่อเป็นตัวกลาง

อะลูมิเนียม

อะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมอัลลอยสามารถเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมในกลุ่มอาร์คได้ แต่มีความซับซ้อน และยากกว่าการเชื่อมเหล็กกล้า เนื่องจาก อะลูมิเนียมมีค่าความจุความร้อนแฝงสูง นั้นหมายถึงต้องใช้ความร้อนเป็นปริมาณมาก กว่าที่จะทำให้เกิดบ่อหลอมได้ อีกทั้งยังนำความร้อนได้ดี ทำให้ความร้อนจากอาร์คถูกถ่ายเทไปสู่บริเวณอื่น บริเวณที่ต้องการเชื่อมจึงเกิดบ่อหลอมยาก เมื่อเทียบกับการเชื่อมเหล็กกล้า

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

คุณสมบัติอีกประการหนึ่งของอะลูมิเนียมที่เป็นประโยชน์ต่อการใช้งาน คือการที่มีชั้นออกไซด์ฟิล์มที่ผิวของอะลูมิเนียมเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ชั้นออกไซด์ฟิล์มนี้มีความแข็งแรง ช่วยป้องกันผิวชิ้นงานจากการกัดกร่อนได้ดี เมื่อเชื่อมอะลูมิเนียม ชั้นออกไซด์นี้จะขัดขวางทำให้เนื้องานกับลวดที่เติมเข้าไปในบ่อหลอม ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน จึงต้องใช้เทคนิคการเชื่อมที่เฉพาะสำหรับอะลูมิเนียม เช่นการปรับตั้งค่ากระแสไฟฟ้าเป็นกระแสสลับในการเชื่อมทิก เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้

อะลูมิเนียมเกิดการบิดเสียรูปได้ง่ายในขณะที่เชื่อมเมื่อเทียบกับการเชื่อมเหล็กกล้า เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่สูง

การเกิดการแตกร้าวร้อน (Hot cracking) เป็นการแตกร้าวที่พบมากที่สุดในการเชื่อมอะลูมิเนียม การแตกร้าวนี้เกิดขึ้นเมื่อบ่อหลอมกำลังเย็นตัวลงเข้าใกล้จุดที่เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง (Solidus) สาเหตุมาจากการออกแบบกระบวนการหรือการปรับตั้งค่าไม่เหมาะสม และมีธาตุอื่นที่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าอะลูมิเนียมเจือปน นอกจากนี้ ยังเกิดปัญหาการเกิดโพรงอากาศเล็กๆ ในเนื้อเชื่อมมากกว่าการเชื่อมเหล็กกล้าอีกด้วย

นิกเกิลอัลลอย

นิกเกิลอัลลอยคือ โลหะผสม ที่มีนิกเกิลเป็นสัดส่วนสูงที่สุด โลหะผสมนี้มีสมบัติทางกลดีมาก คือมีความเหนียวสูง สามารถขึ้นรูปได้ มีความต้านทานการเกิดออกซิเดชันและการกัดกร่อนสูง มีความแข็งแรงสูง แม้ในสภาวะอุณหภูมิสูง ด้วยคุณสมบัติที่ดีดังกล่าว นิกเกิลอัลลอยจึงใช้มากในชิ้นส่วนเครื่องจักรในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับไอสารเคมีที่มีอุณหภูมิสูง ตลอดจนกังหันแก๊สกำเนิดไฟฟ้า และชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ไอพ่น ชิ้นงานที่ทำจากนิกเกิลอัลลอยสามารถต่อต้านกัดกร่อนด้วยการเชื่อม การบัดกรี และการแผ่นประสาน สำหรับการเชื่อมนั้นนิยมใช้กระบวนการเชื่อมทิก (TIG welding หรือ GTAW) เนื่องจากให้ผลลัพธ์ที่ดี ในขณะที่กระบวนการเชื่อมอื่นๆ เช่น SMAW, GMAW, FCAW และ SAW นั้นมีการใช้ในระดับที่น้อยกว่า [4]

ลวดเชื่อมที่เหมาะสมกับการเชื่อมนิกเกิลอัลลอยนั้น โดยทั่วไปใช้ลวดที่มีส่วนผสมทางเคมีที่เหมือนกับตัวชิ้นงานที่จะเชื่อม แต่มียกเว้นเป็นบางกรณีที่ใช้ลวดเชื่อมที่แตกต่างจากเนื้องาน เพื่อป้องกันการแตกร้าวในแนวเชื่อม และให้ได้คุณสมบัติพิเศษเช่น เพิ่มความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อนในสภาวะแวดล้อมที่มีการกัดกร่อนสูง เป็นต้น

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

ใบแบบฝึกหัดโมดูลย่อยที่ 2

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. เหล็กกล้าแรงดึงสูงมีข้อดีอย่างไรบ้างในการใช้งานด้านวิศวกรรมหรือโครงสร้าง

.....

.....

.....

2. การเชื่อมเหล็กกล้าแรงดึงสูงมีความท้าทายหรือข้อควรระวังอะไรบ้าง

.....

.....

.....

3. อธิบายขั้นตอนที่ควรทำก่อนเริ่มงานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง

.....

.....

.....

4. ถ้าแนวเชื่อมบนชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูงเกิดรอยแตกร้าวหลังการเชื่อม ควรแก้ไขอย่างไร

.....

.....

.....

5. อธิบายความสำคัญของการเลือก "ลวดเชื่อม" ที่เหมาะสมสำหรับงานซ่อมเหล็กกล้าแรงดึงสูง

.....

.....

.....

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

ใบเฉลยแบบฝึกหัดโมดูลที่ 2

- เหล็กกล้าแรงดึงสูงมีข้อดีอย่างไรบ้างในการใช้งานด้านวิศวกรรมหรือโครงสร้าง?
 1. มีความแข็งแรงสูง ใช้งานรับแรงได้มาก
 2. น้ำหนักเบากว่าเหล็กทั่วไปในโครงสร้างเดียวกัน
 3. ทนต่อแรงกระแทกและแรงดึง
 4. ใช้งานได้ดีในอุตสาหกรรมยานยนต์, ก่อสร้าง, โครงสร้างสะพาน ฯลฯ
- การเชื่อมเหล็กกล้าแรงดึงสูงมีความท้าทายหรือข้อควรระวังอะไรบ้าง?
 1. มีความเสี่ยงต่อการแตกร้าวของแนวเชื่อม
 2. ต้องควบคุมความร้อนในการเชื่อมอย่างระมัดระวัง
 3. ต้องเลือกวัสดุเชื่อม (ลวด/อิเล็กโทรด) ที่เหมาะสม
- อธิบายขั้นตอนที่ควรทำก่อนเริ่มงานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง
 1. ตรวจสอบสภาพความเสียหายของชิ้นงาน
 2. ทำความสะอาดพื้นผิวที่จะเชื่อม (ขจัดสนิม, น้ำมัน ฯลฯ)
 3. เลือกวิธีเชื่อมและลวดเชื่อมที่เหมาะสมกับเหล็กกล้าแรงดึงสูง
 4. อุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อม (Preheat) เพื่อป้องกันการแตกร้าว
 5. จัดเตรียมอุปกรณ์และอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัย
- ถ้าแนวเชื่อมบนชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูงเกิดรอยแตกร้าวหลังการซ่อม ควรแก้ไขอย่างไร?
 1. หยุดใช้งานชิ้นงานทันทีเพื่อความปลอดภัย
 2. ตรวจสอบสาเหตุของการแตกร้าว เช่น ความเค้นสะสม ความร้อนสูงเกินไป หรือวัสดุเชื่อมไม่เหมาะสม
 3. เลียร์หรือเซาะแนวเชื่อมที่แตกร้าวออก
 4. ทำการอุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อมใหม่
 5. ใช้ลวดเชื่อมที่เหมาะสมและเทคนิคการเชื่อมที่ดีขึ้น
 6. ตรวจสอบแนวเชื่อมหลังการซ่อมอีกครั้งด้วยวิธี NDT
- อธิบายความสำคัญของการเลือก "ลวดเชื่อม" ที่เหมาะสมสำหรับงานซ่อมเหล็กกล้าแรงดึงสูง
 1. ลวดเชื่อมต้องมีความแข็งแรงเท่าหรือใกล้เคียงกับเหล็กกล้าต้นฉบับ
 2. เพื่อให้แนวเชื่อมรับแรงดึง แรงกระแทก ได้เทียบเท่าชิ้นงานเดิม
 3. ป้องกันการแตกร้าวและความเสียหายระยะยาว
 4. ช่วยให้โครงสร้างหรืออุปกรณ์ปลอดภัยและใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

ใบปฏิบัติงานโมดูลที่ 2

เรื่อง งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง

ให้นักเรียนจับกลุ่ม 2-3 คน

1. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจขั้นตอนการเชื่อมซ่อมเหล็กกล้าแรงดึงสูง
2. เพื่อฝึกการเตรียมชิ้นงานและอุปกรณ์ก่อนการเชื่อม
3. เพื่อพัฒนาทักษะในการเชื่อมซ่อมอย่างปลอดภัยและมีคุณภาพ

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

แบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 2

- คำชี้แจง :**
- แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ
 - ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
 - เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
- ข้อใดคือคุณสมบัติเด่นของเหล็กกล้าแรงดึงสูง (High Strength Steel)?
 - ทนต่อการกัดกร่อนได้ดีมาก
 - มีความเหนียวและยืดหยุ่นสูง
 - สามารถรับแรงดึงและแรงกระแทกได้มาก
 - เชื่อมได้ง่ายโดยไม่ต้องควบคุมอุณหภูมิ
 - ข้อใดคือปัญหาสำคัญที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเชื่อมเหล็กกล้าแรงดึงสูงผิดวิธี?
 - การเกิดสนิมทันทีหลังเชื่อม
 - การแอ่นตัวของชิ้นงาน
 - การสูญเสียความเงาของผิวชิ้นงาน
 - การแตกร้าวจากความเค้นสะสม (Cracking from residual stress)
 - ขั้นตอนใดมีความสำคัญมากที่สุดในการเตรียมชิ้นงานก่อนเชื่อมเหล็กกล้าแรงดึงสูง?
 - ทาสีรองพื้น
 - การเจาะรูระบายแรงดัน
 - การอุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อม (Preheat)
 - การขัดผิวให้เงา
 - ข้อใดคือเหตุผลที่ต้องเลือกลวดเชื่อมให้เหมาะกับเหล็กกล้าแรงดึงสูง?
 - เพื่อให้แนวเชื่อมติดดีได้ง่าย
 - เพื่อให้แนวเชื่อมมีความสวยงาม
 - เพื่อให้แนวเชื่อมมีความแข็งแรงเทียบเท่าวัสดุแม่
 - เพื่อให้เชื่อมได้โดยไม่ต้องใช้หน้ากากเชื่อม
 - หลังจากเชื่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง ควรตรวจสอบชิ้นงานด้วยวิธีใดเพื่อความปลอดภัย?
 - ตรวจสอบด้วยสายตาเท่านั้น
 - ใช้ค้อนเคาะแนวเชื่อม
 - ตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) เช่น UT หรือ MT
 - ทาสีปิดแนวเชื่อมเพื่อป้องกันรอยร้าว

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 2

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				



คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้คะแนน คะแนน
สรุปผล () ผ่านเกณฑ์
() ไม่ผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ ผู้ตรวจ
(.....)

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 2 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าแรงดึงสูง	หน่วยที่ 2
		สอนครั้งที่ 3-4
		ชั่วโมงรวม 8

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 2

ข้อที่	คำตอบ
1.	ค
2.	ง
3.	ค
4.	ค
5.	ค



หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

รายวิชา งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ

รหัสวิชา 30103-2021

บทเรียนโมดูลที่ 3

เรื่อง การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

อาชีวศึกษาจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ



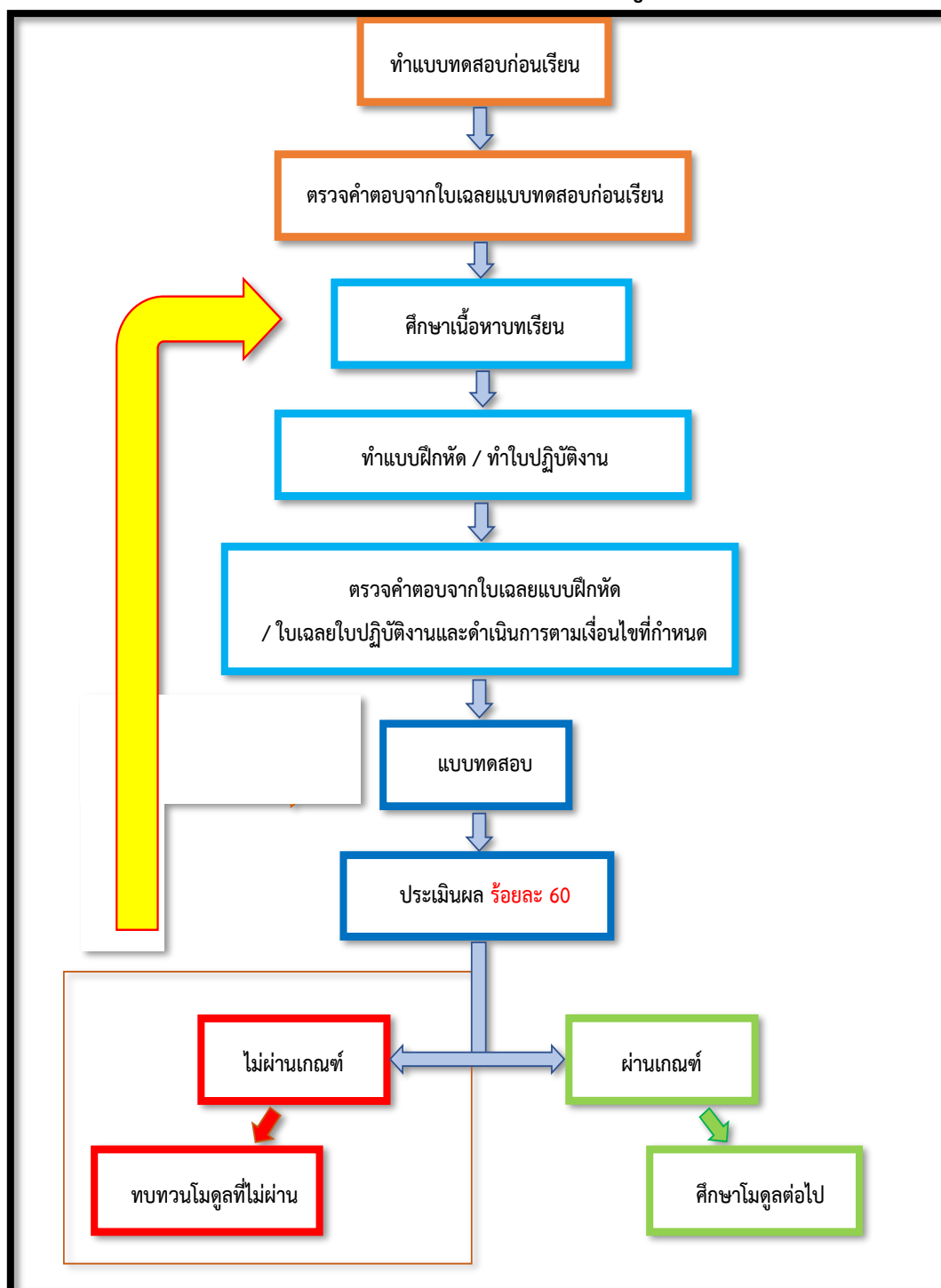
หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ
โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ

หน่วยที่ 3

สอนครั้งที่ 5

ชั่วโมงรวม 8

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 3

คำแนะนำสำหรับผู้เรียน

ก่อนที่จะเริ่มต้นศึกษาวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ ควรจะศึกษารายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชา งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ เพื่อจะได้มีแนวคิดในการปฏิบัติงานโดยทั่วไป จะสามารถให้ความรู้และเกิดประโยชน์แก่ผู้สอน ผู้เรียน ตลอดจนผู้สนใจศึกษาทั่วไปเป็นอย่างดี

ส่วนประกอบบทเรียนโมดูลประกอบด้วย

1. ใบแบบทดสอบก่อนเรียนและใบกระดาษคำตอบ
2. ใบเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน
3. ใบจุดประสงค์
4. ใบความรู้
5. ใบแบบฝึกหัด
6. ใบเฉลยแบบฝึกหัด
7. ใบปฏิบัติงาน
8. ใบแบบทดสอบหลังเรียนและใบกระดาษคำตอบ
9. ใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 3

คำแนะนำในการใช้บทเรียนโมดูล

1. ให้ผู้เรียนศึกษาหลักการและเหตุผล (Prospectus) และจุดมุ่งหมาย (Objectives) ของบทเรียนโมดูลให้เข้าใจ
2. ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามคำแนะนำและขั้นตอนการใช้อย่างเคร่งครัด
3. ผู้เรียนต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง โดยไม่เปิดดูใบเฉลยคำตอบก่อนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบฝึกหัด/ใบปฏิบัติงาน และแบบทดสอบหลังเรียนเพราะจะทำให้ผู้เรียนขาดความมั่นใจในการเรียนด้วยตนเองและไม่เกิดความเข้าใจที่แท้จริง
4. บทเรียนโมดูลนี้ ผู้เรียนสามารถใช้เรียนได้ตามความต้องการ ความพร้อมและความสะดวกโดยไม่จำกัดเวลาเรียน และสถานที่เรียน

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล

1. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนโดยทำเฉพาะข้อที่ผู้เรียนมีความรู้แท้จริง โปรดอย่าเดาคำตอบ ถ้าข้อใดไม่มีความรู้ให้ข้ามข้อนั้นไป โดยทำลงในกระดาษคำตอบ
2. ดูเฉลยใบแบบทดสอบก่อนเรียนแล้วประเมินผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียน เป็นการวัดพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนโดยไม่มีผลใด ๆ ต่อคะแนนในการเรียนบทเรียนโมดูลนี้
3. ให้ผู้เรียนศึกษาจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. ให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาบทเรียนจากใบเนื้อหาให้มีความรู้ความเข้าใจ
5. เมื่อศึกษาเนื้อหาบทเรียนเข้าใจดีแล้ว ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด/ใบปฏิบัติงานในบทเรียนนั้น ๆ ลงในใบแบบฝึกหัด / ใบปฏิบัติงาน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 3

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล (ต่อ)

- เมื่อทำแบบฝึกหัด/ปฏิบัติงานแล้วให้ตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบฝึกหัด/ใบเฉลยการปฏิบัติงาน
- ถ้าผ่านเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน แต่ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินให้กลับไปเรียนเนื้อหาเดิม และทำแบบฝึกหัด/ปฏิบัติงานใหม่อีกครั้ง
- เมื่อผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินแล้ว ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียนโดยทำลงในกระดาษคำตอบ
- ตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียน
- ถ้าผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดผู้เรียนต้องเรียนซ่อมเสริมทบทวนเนื้อหาของบทเรียนโมดูลนี้ จนกว่าจะผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนด

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 3

หลักการและเหตุผล (Prospectus)

ก่อนที่จะเริ่มต้นศึกษาวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะนี้ ควรจะศึกษารายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะเสียก่อน เพื่อจะได้มีแนวคิดเกี่ยวกับวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะและเป็นการเตรียมพร้อมที่จะศึกษาวิชานี้ รวมทั้งแนวทางการศึกษาต่อ ซึ่งเนื้อหาที่จะนำมาศึกษาในโมดูลนี้ จะมีเนื้อหาเกี่ยวกับ การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ

จุดมุ่งหมาย (Objective)

เมื่อผู้เรียนได้ศึกษาและทดสอบผ่านบทเรียนโมดูลนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความรู้ในเรื่องการเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ

ความรู้พื้นฐาน (Prerequisites)

ในการเรียนบทเรียนโมดูลนี้ให้ได้ผลดีนั้น ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานด้านการเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

แบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 3

- คำชี้แจง :**
- แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ
 - ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
 - เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
- ข้อใดเป็นลักษณะสำคัญของเหล็กหล่อที่ส่งผลต่อกระบวนการเชื่อมซ่อม
 - มีความยืดหยุ่นสูง
 - มีจุดหลอมเหลวต่ำมาก
 - มีโครงสร้างเปราะและมีคาร์บอนสูง
 - ทนความร้อนได้ดีกว่าเหล็กกล้าทั่วไป
 - ข้อใด ไม่ใช่ วิธีที่เหมาะสมในการซ่อมเหล็กหล่อ
 - ใช้ลวดเชื่อมชนิดนิเกิล
 - อุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อม
 - เชื่อมต่อเนืองยาวโดยไม่พัก
 - ปล่อยให้ชิ้นงานเย็นช้า ๆ หลังเชื่อม
 - เหตุผลหลักที่ต้องอุ่นเหล็กหล่อนก่อนการเชื่อมคืออะไร
 - เพื่อให้แนวเชื่อมติดแน่น
 - เพื่อให้สีโลหะสม่ำเสมอ
 - เพื่อป้องกันการแตกร้าวจากความร้อน
 - เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับชิ้นงาน
 - การซ่อมเหล็กหล่อโดยไม่ใช้การเชื่อม สามารถใช้วิธีใดได้
 - การขัดผิว
 - การใช้สกรูล็อก (Lock and Stitch)
 - การเผาชิ้นงาน
 - การเคาะแนวเชื่อมด้วยค้อน
 - ข้อใดเป็นข้อควรระวังสำคัญที่สุดเมื่อทำการเชื่อมซ่อมเหล็กหล่อ
 - ต้องหลีกเลี่ยงการใช้แก๊สเชื่อม
 - ห้ามใช้ลวดทองเหลืองทุกกรณี
 - ห้ามให้ชิ้นงานเย็นเร็วเกินไป
 - ห้ามทำความสะอาดผิวก่อนเชื่อม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 3

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				



คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้คะแนน คะแนน
 สรุปผล () ผ่านเกณฑ์
 () ไม่ผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ ผู้ตรวจ
 (.....)

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 3

ข้อที่	คำตอบ
1.	ค
2.	ค
3.	ค
4.	ข
5.	ค

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

หลังจากที่ผู้เรียนได้ศึกษาเรื่องนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

1. คุณสมบัติ และปัญหาในการเชื่อมเหล็กหล่อ รวมทั้งหลักการเลือกใช้เทคนิคการเชื่อมได้อย่างถูกต้อง
2. ปฏิบัติงานเชื่อมซ่อมเหล็กหล่อด้วยเทคนิคต่างๆ ได้อย่างชำนาญ และควบคุมกระบวนการให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพ
3. แสดงความอดทน ความละเอียดรอบคอบ และความมุ่งมั่นในการทำงานกับวัสดุที่ทำหยาบ รวมทั้งมีจิตสำนึกในการอนุรักษ์
4. สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาการซ่อมบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อในสถานการณ์จริงได้อย่างเหมาะสม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

ใบความรู้

หน่วยที่ 3 การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ

เริ่มแรกช่างเชื่อมควรทำความเข้าใจก่อนว่าชิ้นงานเหล็กหล่อที่ช่างเชื่อมจะนำมาเชื่อมเป็นประเภทไหน ซึ่งชิ้นงานเหล็กหล่อค่อนข้างมีความซับซ้อนในตัวโครงสร้างของส่วนผสมทางเคมี ซึ่งส่วนผสมหลักของเหล็กหล่อ คือ เหล็ก คาร์บอน และซิลิกอน ดังนั้นหลักๆเราจะแบ่งได้ 2 ประเภท

- เหล็กหล่อเทา
- เหล็กหล่อเหนียว

คุณสมบัติทางกลของเหล็กหล่อทั้ง 2 ประเภท

1. เหล็กหล่อเทา เป็นโลหะที่มีความแข็งมากแต่จะมีความเปราะ สามารถกลึง ใส ได้ง่าย การเชื่อมเหล็กหล่อ ชนิดนี้จะต้องระวังปัญหาการแตกร้าวมากเป็นพิเศษ
2. เหล็กหล่อเหนียว มีคุณสมบัติเชิงกลดีกว่าเหล็กหล่อเทาค่อนข้างมาก สามารถทนต่อแรงกระแทกได้ดีกว่าเหล็กหล่อเทา แต่การเชื่อมเหล็กหล่อเหนียว ชนิดนี้ก็ต้องระวังปัญหาการแตกร้าวเช่นกัน

ข้อแนะนำและวิธีการเชื่อมเหล็กหล่อทั้ง 2 ชนิดที่ถูกต้อง

1. การเตรียมชิ้นงาน

ควรทำความสะอาดชิ้นงานให้สะอาดปราศจากคราบน้ำมัน หรือสนิมที่เกาะติดที่ผิวโลหะ และมีลวดเชื่อมเหล็กหล่อบางชนิดไม่จำเป็นต้องทำความสะอาดชิ้นงานก็สามารถเชื่อมได้

ตรวจสอบชิ้นงานให้ดี ปราศจากการแตกร้าว

ควรบากหน้าชิ้นงานก่อนทำการเชื่อม ให้เป็นรูปตัว V, X หรือ U

2. การให้ความร้อนกับชิ้นงานก่อนการเชื่อม ขณะเชื่อม และหลังการเชื่อม

- ควรให้ความร้อนกับชิ้นงานก่อนการเชื่อมประมาณ 600 องศาเซลเซียส หรือ 300-350 องศาเซลเซียส ถ้าชิ้นงานมีความซับซ้อน
- ขณะเชื่อมควรควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป โดยการเดินแนวเชื่อมเป็นระยะสั้นๆ ไม่ควรเชื่อมลากเป็นแนวยาว เพื่อป้องกันความร้อนที่สะสมบนชิ้นงาน ***การเชื่อมลากเป็นแนวยาวเป็นสาเหตุหลักสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการแตกร้าว หลังจากการเย็นตัวของชิ้นงาน***
- ควรปล่อยให้แนวเชื่อมเย็นตัวลงอย่างช้าๆ ด้วยวิธีการค่อยๆ ให้ความร้อนคลายตัวในเตาหลอมโลหะ หรือค่อยๆ ให้ความร้อนลดลงด้วยวิธีการอุ่นโดยค่อยๆ ลดอุณหภูมิลง
- เมื่อแนวเชื่อมเย็นตัวลง ให้ใช้ฆ้อนเคาะตามแนวเชื่อมเบาๆ เพื่อช่วยลดความเค้นในแนวเชื่อม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

ความรู้เพิ่มเติมเรื่องเหล็กหล่อ โดยเหล็กหล่อมีกี่ชนิด

สำหรับการหล่อเหล็กประเภทนี้ จะใช้ในงานอุตสาหกรรม ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้ว จะแบ่งออกเป็น 5 ชนิดด้วยกัน ซึ่งในแต่ละชนิดนั้น จะมีคุณสมบัติ รวมถึงปริมาณของคาร์บอนที่แตกต่างกันออกไป โดยส่วนผสมทางเคมีของเหล็กหล่อนั้น มีรายละเอียดดังนี้

1. เหล็กหล่อมัลลีย์เบิ้ล

สำหรับเหล็กหล่อมัลลีย์เบิ้ลนี้ จะทำมาจากเหล็กหล่อสีขาว โดยการให้ความร้อนเหล็กอุณหภูมิที่ 1,600 F ซึ่งต้องเป็นการเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ ทั่วเวลาไว้ตั้งแต่ 25 – 60 ชั่วโมง หลังจากนั้นค่อย ๆ ทำให้เย็นตัวลง ด้วย 10 F / ชั่วโมง สำหรับเหล็กหล่อสีขาวนี้ จะกลายเป็เหล็กหล่อมัลลีย์เบิ้ล ซึ่งจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากเหล็กหล่อสีขาวคือ มีความอ่อนกว่า และมีความเหนียวเพิ่มขึ้น

2. เหล็กหล่อผสม

สำหรับเหล็กหล่อผสมนี้ เป็นเหล็กหล่อที่มีการนำเอาธาตุอื่น ๆ มาผสมเข้าด้วยกัน เพื่อเปลี่ยนลักษณะโครงสร้าง พร้อมด้วยการปรับปรุงคุณสมบัติให้เหมาะสมตามสภาพการใช้งานโดยเฉพาะ ซึ่งเหล็กหล่อผสมนี้ จะมีอยู่หลายชนิดตามธาตุที่ผสมอยู่ ซึ่งได้แก่ เหล็กหล่อ ผสมโครเมียมสูงคือ เหล็กหล่อที่มีโครเมียมผสมอยู่สูงมากถึง 20 – 30% สำหรับเหล็กหล่อประเภทนี้ จะมีคุณสมบัติพิเศษคือ ทนทานต่อการสึกหรอได้ เหล็กหล่อผสมนิเกิลสูง

สำหรับเหล็กหล่อชนิดนี้ จะมีนิเกิลผสมอยู่ถึง 14 – 30% ซึ่งมีคุณสมบัติแข็งแรง และทนต่อการสึกกร่อนได้ดี เหล็กหล่อ ผสมซิลิกอนสูง สำหรับเหล็กหล่อประเภทนี้ จะมีซิลิกอนผสมอยู่ตั้งแต่ 14% ขึ้นไป จึงมีคุณสมบัติพิเศษคือ ทนทานต่อความร้อนได้ดี

3. เหล็กหล่อสีเทา

สำหรับเหล็กหล่อมีเทานี้ ถือเป็นเหล็กหล่อที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะมีคาร์บอนผสมถึง 2.5 – 4% โดยคาร์บอนที่ผสมอยู่ 0.8% นั้น จะอยู่ในรูปของเหล็กคาร์ไบด์ และที่เหลือจะอยู่อย่างอิสระ

4. เหล็กหล่อขาว

สำหรับเหล็กหล่อสีขาวนี้ เป็นเหล็กที่มีคาร์บอนผสมอยู่โดยประมาณ 1.8 – 3.6% ในส่วนของคาร์บอนที่ผสมอยู่นี้ จะไม่อยู่ในรูปของกราไฟต์ แต่จะอยู่ในรูปของเหล็กคาร์ไบด์แทน ดังนั้นแล้ว เมื่อหักเหล็กหล่อชนิดนี้ออก จะเห็นเป็นสีขาว

5. เหล็กหล่อโนดูลาร์

สำหรับเหล็กหล่อประเภทนี้นั้น ถือเป็นเหล็กหล่อที่เหนียว เพราะเป็นเหล็กหล่อที่ได้รวมเอาข้อดีของเหล็กกล้า และเหล็กหล่อสีเทา เข้าไว้ด้วยกัน วิธีการผลิตคือ หลอมเหล็กดิบชนิดเดียวกันกับ ที่ใช้ทำเหล็กสีเทา จากนั้นทำการเติมแมกนีเซียมตามลงไป ซึ่งแมกนีเซียมนี้ จะทำการเปลี่ยนรูปร่างของกราไฟต์ให้เป็นก้อนกลมได้

ลวดเชื่อมเหล็กหล่อ





- นิเกิลสูง 55%
- เชื่อมเหล็กต่างชนิดได้ดี
- แนวเชื่อมแข็งแรง

มาตรฐาน AWS A5.15 ENiFe-CI

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

ใบแบบฝึกหัดโมดูลย่อยที่ 3

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- อธิบายว่าเหตุใดเหล็กหล่อจึงมีความเปราะ และการเปราะนี้ส่งผลต่อการเชื่อมซ่อมอย่างไร

.....

.....

.....

- ขั้นตอนที่ควรปฏิบัติก่อนเชื่อมชิ้นงานเหล็กหลอมืออะไรบ้าง

.....

.....

.....

- การเชื่อมซ่อมเหล็กหล่อควรใช้ลวดเชื่อมหรืออิเล็กโทรดชนิดใด และเพราะเหตุใด

.....

.....

.....

- นอกจากการเชื่อมแล้ว มีวิธีอื่นใดบ้างที่ใช้ในการซ่อมแซมชิ้นงานเหล็กหล่อ

.....

.....

.....

- อธิบายความสำคัญของการควบคุมอุณหภูมิทั้งก่อนและหลังการเชื่อมชิ้นงานเหล็กหล่อ

.....

.....

.....

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

ใบเฉลยแบบฝึกหัดโมดูลที่ 3

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. อธิบายว่าเหตุใดเหล็กหล่อจึงมีความเปราะ และการเปราะนี้ส่งผลต่อการเชื่อมซ่อมอย่างไร

คำตอบ:

1. เหล็กหล่อมีคาร์บอนสูงกว่าเหล็กกล้า ทำให้โครงสร้างภายในเป็นกราไฟต์และซีเมนไทต์ซึ่งเปราะ
2. ความเปราะทำให้เหล็กหล่อแตกร้าวง่ายเมื่อต้องเจอความร้อนสูง หรือเปลี่ยนอุณหภูมิรวดเร็ว
3. ดังนั้นจึงต้องอุ่นก่อนเชื่อม (Preheat) และปล่อยให้เย็นช้า (Post-heat) เพื่อป้องกันการแตกร้าว

2. ขั้นตอนที่ควรปฏิบัติก่อนเชื่อมชิ้นงานเหล็กหล่อมืออะไรบ้าง?

คำตอบ:

1. ตรวจสอบรอยแตกร้าวหรือจุดเสียหายของชิ้นงาน
2. ทำความสะอาดผิวหน้าชิ้นงานให้ปราศจากสนิม น้ำมัน หรือฝุ่น
3. อุ่นชิ้นงานให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสม (Preheat) ตามชนิดของเหล็กหล่อ
4. เลือกใช้ลวดเชื่อมหรืออิเล็กโทรดชนิดพิเศษ เช่น ลวดนิเกิล
5. จัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยให้พร้อมก่อนเริ่มงาน

3. การเชื่อมซ่อมเหล็กหล่อควรใช้ลวดเชื่อมหรืออิเล็กโทรดชนิดใด และเพราะเหตุใด?

คำตอบ:

1. ควรใช้ ลวดเชื่อมชนิดนิเกิล (Nickel Electrode) หรือ ลวดเชื่อมทองเหลือง (Brazing)
2. เพราะลวดนิเกิลมีความเข้ากันได้กับโครงสร้างของเหล็กหล่อ
3. ช่วยลดความเค้นที่แนวเชื่อม ป้องกันการแตกร้าว
4. ให้แนวเชื่อมที่แข็งแรงและสามารถรองรับแรงได้ใกล้เคียงชิ้นงานเดิม

4. นอกจากการเชื่อมแล้ว มีวิธีอื่นใดบ้างที่ใช้ในการซ่อมแซมชิ้นงานเหล็กหล่อ?

คำตอบ:

1. วิธี Lock and Stitch – การเจาะรูตามแนวรอยร้าวและใส่พินหรือลิ่มโลหะเพื่อยึดรอยร้าว
2. การใช้กาวโลหะ (Metal Epoxy) – สำหรับซ่อมรอยร้าวเล็ก ๆ ที่ไม่รับแรงมาก
3. การยึดด้วยสกรูหรือสลอกโลหะ – เพื่อเสริมความแข็งแรงในจุดที่บอบบาง
4. การเปลี่ยนอะไหล่เฉพาะจุด – ถ้าชิ้นส่วนนั้นสามารถถอดเปลี่ยนได้

5. อธิบายความสำคัญของการควบคุมอุณหภูมิทั้งก่อนและหลังการเชื่อมชิ้นงานเหล็กหล่อ

คำตอบ:

1. การอุ่นก่อนเชื่อม (Preheat) จะช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างชิ้นงานและแนวเชื่อม
2. ลดความเค้นภายในชิ้นงาน ซึ่งอาจทำให้เกิดรอยร้าว
3. การปล่อยให้ชิ้นงานเย็นลงอย่างช้า ๆ (Post-heat) จะช่วยลดการแตกร้าวหลังเชื่อม
4. หากไม่ควบคุมอุณหภูมิอย่างเหมาะสม ชิ้นงานอาจเสียหายหรือใช้งานไม่ได้

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

ใบปฏิบัติงานโมดูลที่ 3

เรื่อง การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ

1. ให้นักเรียนทำการทดสอบการจำแนกประเภทเหล็กหล่อ

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

แบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 3

- คำชี้แจง :** 1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ
2. ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
3. เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
- ข้อใดเป็นลักษณะสำคัญของเหล็กหล่อที่ส่งผลต่อกระบวนการเชื่อมซ่อม?
 - มีความยืดหยุ่นสูง
 - มีจุดหลอมเหลวต่ำมาก
 - มีโครงสร้างเปราะและมีคาร์บอนสูง
 - ทนความร้อนได้ดีกว่าเหล็กกล้าทั่วไป
 - ข้อใด ไม่ใช่ วิธีที่เหมาะสมในการซ่อมเหล็กหล่อ?
 - ใช้ลวดเชื่อมชนิดนิเกิล
 - อุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อม
 - เชื่อมต่อเนืองยาวโดยไม่พัก
 - ปล่อยให้ชิ้นงานเย็นช้า ๆ หลังเชื่อม
 - เหตุผลหลักที่ต้องอุ่นเหล็กหล่อนก่อนการเชื่อมคืออะไร?
 - เพื่อให้แนวเชื่อมติดแน่น
 - เพื่อให้สีโลหะสม่ำเสมอ
 - เพื่อป้องกันการแตกร้าวจากความร้อน
 - เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับชิ้นงาน
 - การซ่อมเหล็กหล่อโดยไม่ใช้การเชื่อม สามารถใช้วิธีใดได้?
 - การขัดผิว
 - การใช้สกรูล็อก (Lock and Stitch)
 - การเผาชิ้นงาน
 - การเคาะแนวเชื่อมด้วยค้อน
 - ข้อใดเป็นข้อควรระวังสำคัญที่สุดเมื่อทำการเชื่อมซ่อมเหล็กหล่อ?
 - ต้องหลีกเลี่ยงการใช้แก๊สเชื่อม
 - ห้ามใช้ลวดทองเหลืองทุกกรณี
 - ห้ามให้ชิ้นงานเย็นเร็วเกินไป
 - ห้ามทำความสะอาดผิวก่อนเชื่อม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 3

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				



คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้คะแนน คะแนน
 สรุปผล () ผ่านเกณฑ์
 () ไม่ผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ ผู้ตรวจ
 (.....)

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 3 : การเชื่อมซ่อมและการบูรณะชิ้นงานเหล็กหล่อ	หน่วยที่ 3
		สอนครั้งที่ 5
		ชั่วโมงรวม 8

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 3

ข้อที่	คำตอบ
1.	ค
2.	ค
3.	ค
4.	ข
5.	ค



หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

รายวิชา งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ

รหัสวิชา 30103-2021

บทเรียนโมดูลที่ 4

เรื่อง งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

อาชีวศึกษาจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ



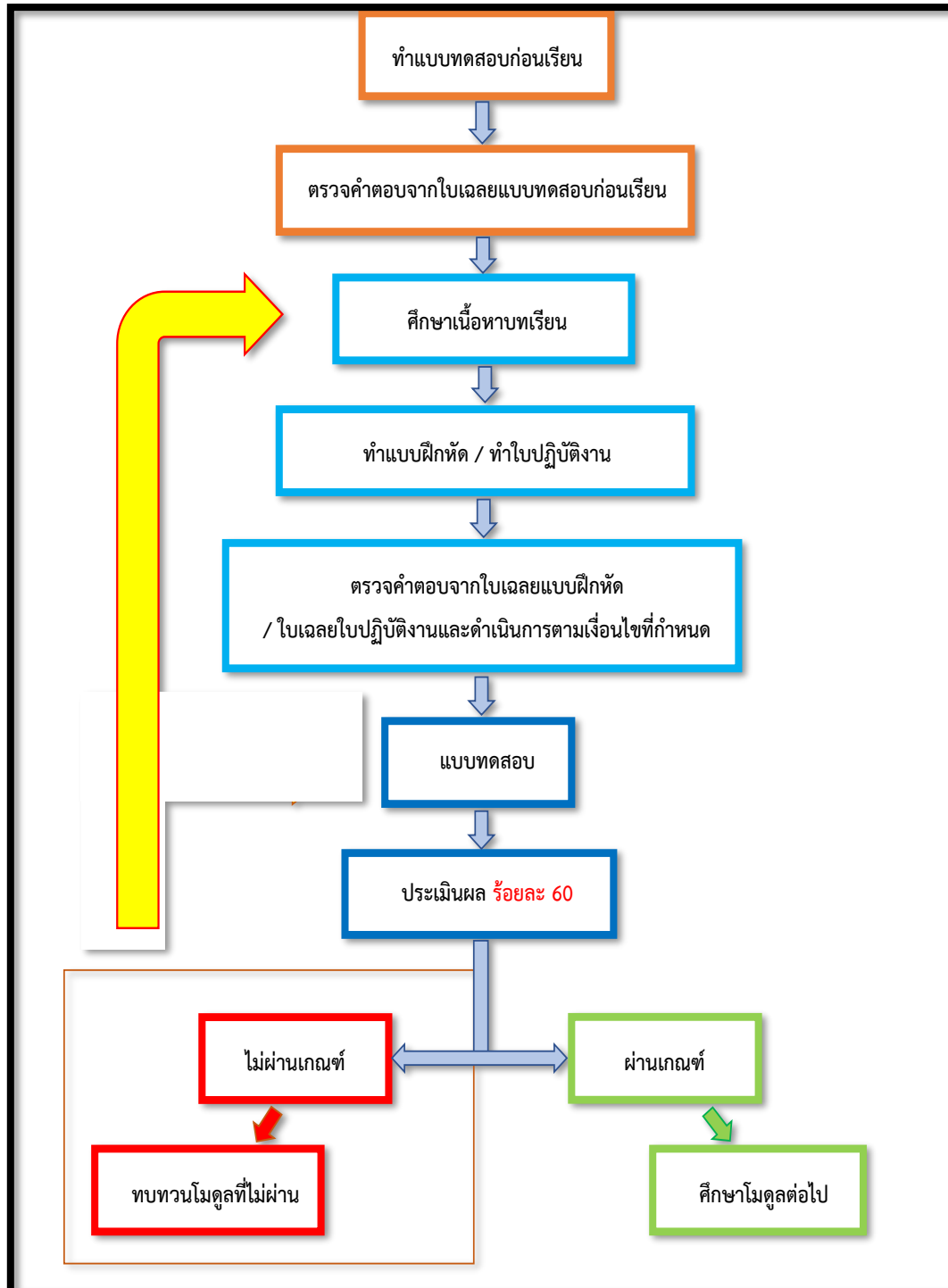
หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ
โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม

หน่วยที่ 4

สอนครั้งที่ 4

ชั่วโมงรวม 8

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 4

คำแนะนำสำหรับผู้เรียน

ก่อนที่จะเริ่มต้นศึกษาวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะควรจะศึกษารายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ เพื่อจะได้มีแนวคิดในการปฏิบัติงานโดยทั่วไป จะสามารถให้ความรู้และเกิดประโยชน์แก่ผู้สอน ผู้เรียน ตลอดจนผู้สนใจศึกษาทั่วไปเป็นอย่างดี

ส่วนประกอบบทเรียนโมดูลประกอบด้วย

1. ใบแบบทดสอบก่อนเรียนและใบกระดาษคำตอบ
2. ใบเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน
3. ใบจุดประสงค์
4. ใบความรู้
5. ใบแบบฝึกหัด
6. ใบเฉลยแบบฝึกหัด
7. ใบปฏิบัติงาน
8. ใบแบบทดสอบหลังเรียนและใบกระดาษคำตอบ
9. ใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 4

คำแนะนำในการใช้บทเรียนโมดูล

1. ให้ผู้เรียนศึกษาหลักการและเหตุผล (Prospectus) และจุดมุ่งหมาย (Objectives) ของบทเรียนโมดูลให้เข้าใจ
2. ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามคำแนะนำและขั้นตอนการใช้อย่างเคร่งครัด
3. ผู้เรียนต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง โดยไม่เปิดดูใบเฉลยคำตอบก่อนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบฝึกหัด/ใบปฏิบัติงาน และแบบทดสอบหลังเรียนเพราะจะทำให้ผู้เรียนขาดความมั่นใจในการเรียนด้วยตนเองและไม่เกิดความเข้าใจที่แท้จริง
4. บทเรียนโมดูลนี้ ผู้เรียนสามารถใช้เรียนได้ตามความต้องการ ความพร้อมและความสะดวกโดยไม่จำกัดเวลาเรียน และสถานที่เรียน

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล

1. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนโดยทำเฉพาะข้อที่ผู้เรียนมีความรู้แท้จริง โปรดอย่าเดาคำตอบ ถ้าข้อใดไม่มีความรู้ให้ข้ามข้อนั้นไป โดยทำลงในกระดาษคำตอบ
2. ดูเฉลยใบแบบทดสอบก่อนเรียนแล้วประเมินผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียน เป็นการวัดพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนโดยไม่มีผลใด ๆ ต่อคะแนนในการเรียนบทเรียนโมดูลนี้
3. ให้ผู้เรียนศึกษาจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. ให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาบทเรียนจากใบเนื้อหาให้มีความรู้ความเข้าใจ
5. เมื่อศึกษาเนื้อหาบทเรียนเข้าใจดีแล้ว ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด/ใบปฏิบัติงานในบทเรียนนั้น ๆ ลงในใบแบบฝึกหัด / ใบปฏิบัติงาน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 4

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล (ต่อ)

- เมื่อทำแบบฝึกหัด/ปฏิบัติงานแล้วให้ตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบฝึกหัด/ใบเฉลยการปฏิบัติงาน
- ถ้าผ่านเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน แต่ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินให้กลับไปเรียนเนื้อหาเดิม และทำแบบฝึกหัด/ปฏิบัติงานใหม่อีกครั้ง
- เมื่อผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินแล้ว ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียนโดยทำลงในกระดาษคำตอบ
- ตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียน
- ถ้าผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดผู้เรียนต้องเรียนซ่อมเสริมทบทวนเนื้อหาของบทเรียนโมดูลนี้ จนกว่าจะผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนด

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 4

หลักการและเหตุผล (Prospectus)

ก่อนที่จะเริ่มต้นศึกษาวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะนี้ ควรจะศึกษารายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะเสียก่อน เพื่อจะได้มีแนวคิดเกี่ยวกับวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ และเป็นการเตรียมพร้อมที่จะศึกษาวิชานี้ รวมทั้งแนวทางการศึกษาต่อ ซึ่งเนื้อหาที่จะนำมาศึกษาในโมดูลนี้ จะมีเนื้อหาเกี่ยวกับ งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม

จุดมุ่งหมาย (Objective)

เมื่อผู้เรียนได้ศึกษาและทดสอบผ่านบทเรียนโมดูลนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความรู้ในเรื่องงานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม

ความรู้พื้นฐาน (Prerequisites)

ในการเรียนบทเรียนโมดูลนี้ให้ได้ผลดีนั้น ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานด้านงานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

แบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 4

- คำชี้แจง :**
- แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ
 - ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
 - เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
- ข้อใดคือปัญหาหลักที่พบในการเชื่อมอะลูมิเนียม
 - การเกิดสนิม
 - การแตกเปราะของแนวเชื่อม
 - การเกิดรูพรุนในแนวเชื่อม
 - การหลุดลอกของสีผิวโลหะ
 - ชั้นออกไซด์ที่อยู่บนผิวอะลูมิเนียมมีผลต่อการเชื่อมอย่างไร
 - ช่วยให้แนวเชื่อมแข็งแรง
 - ไม่มีผลต่อการเชื่อม
 - ทำให้แนวเชื่อมไม่ติดหรือเปราะ
 - ทำให้แนวเชื่อมเกิดฟองอากาศน้อยลง
 - เครื่องเชื่อมชนิดใดที่นิยมใช้ในการเชื่อมอะลูมิเนียม
 - เครื่องเชื่อมแบบ SMAW
 - เครื่องเชื่อมแบบ Oxy-Acetylene
 - เครื่องเชื่อมแบบ TIG (GTAW)
 - เครื่องเชื่อมแบบ Submerged Arc
 - เหตุใดจึงต้องใช้แก๊สเฉื่อยในการเชื่อมอะลูมิเนียม
 - เพื่อช่วยในการหลอมละลาย
 - เพื่อทำให้แนวเชื่อมดูเงางาม
 - เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากอากาศ
 - เพื่อเร่งกระบวนการเชื่อมให้เร็วขึ้น
 - ก่อนเชื่อมอะลูมิเนียมควรเตรียมพื้นผิวอย่างไร
 - ทาน้ำมันบาง ๆ บนผิวก่อนเชื่อม
 - ล้างด้วยน้ำสบู่แล้วเช็ดให้แห้ง
 - ใช้แปรงลวดเหล็กขัดผิวเพื่อให้ยึดติดดี
 - ขัดหรือแปรงลวดสแตนเลส และล้างด้วยอะซิโตน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 4

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				



คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้คะแนน คะแนน
 สรุปผล () ผ่านเกณฑ์
 () ไม่ผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ ผู้ตรวจ
 (.....)

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 4

ข้อที่	คำตอบ
1.	ค
2.	ค
3.	ค
4.	ค
5.	ง

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

หลังจากที่ผู้เรียนได้ศึกษาเรื่องนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายคุณสมบัติของอะลูมิเนียมและโลหะผสม ปัญหาในการเชื่อม และหลักการเลือกใช้เทคนิคการเชื่อมได้อย่างถูกต้อง
2. ปฏิบัติงานเชื่อมซ่อมอะลูมิเนียมด้วยวิธี TIG และ MIG ได้อย่างชำนาญ และควบคุมการเสียรูปได้อย่างเหมาะสม
3. แสดงความละเอียดรอบคอบ ความอดทน และความมุ่งมั่นในการทำงานกับวัสดุที่ต้องการความประณีต รวมทั้งตระหนักถึงความปลอดภัย
4. สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาการซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียมในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

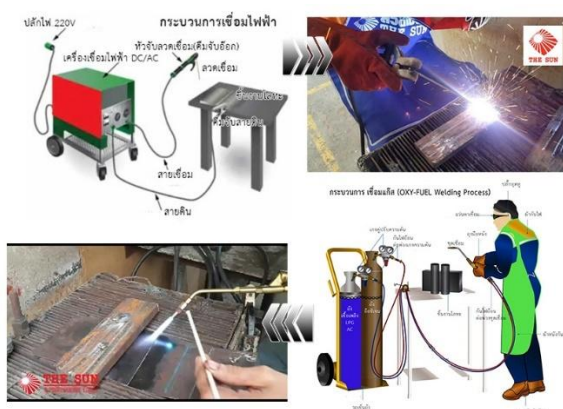
	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

ใบความรู้

หน่วยที่ 4 งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม

งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม" จะกล่าวถึงการซ่อมแซมชิ้นงานอะลูมิเนียมที่เสียหาย โดยใช้กระบวนการเชื่อมอะลูมิเนียม เพื่อสร้างความแข็งแรงและรอยต่อที่ต่อเนื่องให้กับชิ้นงานนั้น ๆ ซึ่งต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในเทคนิคการเชื่อมที่เหมาะสม รวมถึงการเตรียมชิ้นงานและควบคุมกระบวนการเชื่อมอย่างถูกต้อง เพื่อให้ได้งานเชื่อมที่มีคุณภาพ

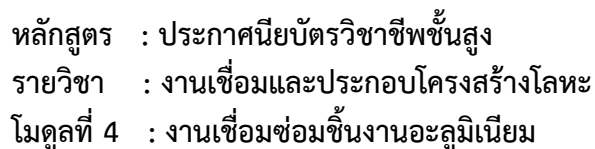
พื้นฐานการเชื่อมโลหะด้วยเทคนิคกระบวนการ เชื่อมไฟฟ้า และ เชื่อมแก๊ส



เทคนิคการเชื่อมโลหะ (Welding) ในปัจจุบันการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้าง หลายอย่างจำเป็นต้องมีโลหะเข้ามาเกี่ยวข้อง การเชื่อม โลหะก็เป็นวิทยาการด้านหนึ่งที่จำเป็น เพราะการเชื่อมเป็นการต่อ การยึดโลหะเข้าด้วยกัน และเป็นเนื้อเดียวกัน ได้อย่างรวดเร็ว แข็งแรง ปลอดภัย

การเชื่อม หมายถึงขบวนการที่ทำให้โลหะหลอมละลายติดกัน โดยอาศัยความร้อนจากการอาร์คด้วยไฟฟ้าเรียกว่า เชื่อมไฟฟ้า (Arc) หรือความร้อนจากการเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงเรียกว่า เชื่อมแก๊ส ที่เกิดขึ้นระหว่างโลหะชิ้นงานกับลวดเชื่อม อุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมโดยเฉลี่ยประมาณ 6,000 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้โลหะงานที่ถูกเชื่อมหลอมละลายพร้อมกับปลายของลวดเชื่อม และเป็นเนื้อเดียวกัน





สอนครั้งที่ 4

ชั่วโมงรวม 8

1. การเชื่อมด้วยไฟฟ้า (Arc Welding)



2. การเชื่อมด้วยแก๊ส (Gas Welding)



1. การเชื่อมด้วยไฟฟ้า (Arc Welding)

การเชื่อมด้วยไฟฟ้าเป็นวิธีการวิธีเชื่อมโลหะ โดยการทำให้โลหะหลอมละลายพร้อม ๆ กับ**ลวดเชื่อม** ด้วยกระแสไฟฟ้าเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมไฟฟ้ามีดังนี้

1.1 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์ เป็นที่นิยม เนื่องจากประหยัดไฟ ใช้งาน พกพาสะดวก เสียบไฟบ้านใช้ได้ทันที



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

1.2 สายเชื่อม (Welding Cable) มีหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าจากเครื่องเชื่อมผ่านลวดเชื่อมไปสู่ชิ้นงานโลหะ และ จากชิ้นงานโลหะ กลับสู่เครื่องเชื่อม ครบวงจร ปัจจุบันมีการพัฒนาเป็นสายเชื่อมอ่อน ควบคุมหัวเชื่อม อีสระได้ตั้งใจ นำไฟฟ้าได้ดี ทนความร้อนสูงถึง 200°C สำหรับมือใหม่ก็ทำให้งานเชื่อมในตอนเริ่มแรกได้ง่ายขึ้น ควบคุมเปลวอาร์คได้ดีกว่า และสำหรับมืออาชีพ ก็ทำให้งานดูดีออกมาเป็นมืออาชีพ และสามารถฉนวนเก็บหลังเลิกเชื่อมเพื่อทำเป็นสายเชื่อมส่วนตัว เหมาะมือ และยืดอายุการใช้งาน



1.3 หัวจับลวดเชื่อม (Electrode Holder) ใช้สำหรับจับลวดเชื่อม(คีมจับอ็อก) ที่ด้ามมีฉนวนหุ้ม ป้องกันกระแสไฟฟ้าดูด และป้องกันความร้อนแก่ผู้ปฏิบัติงาน หัวจับลวดเชื่อมต่อกับสายเชื่อม และปลายสายต่อเข้าเครื่องเชื่อม



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

1.4 หัวจับสายดิน (Ground Lamp) มีลักษณะเป็นคีม(คีมจับสายดิน) ใช้จับชิ้นงานมีหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าจากชิ้นงานผ่านสายเชื่อมกลับเข้าเครื่องเชื่อม มีสายถักทองแดงเชื่อมต่อปลายคีมทำให้กระแสไฟไหลสะดวก



1.5 หน้ากากอ็อก (Welding Helmet) ทำมาจากไฟเบอร์ (Fiber) ใช้ป้องกันดวงตาและผิวหนัง หน้ากากที่ดีจะต้องมีเลนส์กรองแสง Infrared Ray และ Ultra Violet Ray ได้ตั้งแต่ 99.50 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป หน้ากากมีอยู่ 2 แบบคือ แบบสวมศีรษะ (Hear Shield) แบบมียกหรือเพิ่มเลนส์ตัดแสงอัตโนมัติ และ หน้ากากแบบมือถือ (Hand Shield)



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

1.6 ลวดเชื่อม (Electrode) เป็นแท่งโลหะผสมหุ้มด้วยฟลักซ์ เมื่อเกิดการอาร์คจะหลอมละลายทำให้โลหะติดเป็นเนื้อเดียวกัน ลวดเชื่อมประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ แกนลวดโลหะ (Core) และสารพอกหุ้ม หรือฟลักซ์ (Fluxes)



1.7 ค้อนเคาะ, แปรงลวด (Hammer and Brush) เป็นเครื่องมือที่ใช้ทำความสะอาดรอยเชื่อม ปัจจุบันการใช้เครื่องมือไฟฟ้า เครื่องเจียรมือ มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาด กับแปรงลวดถ้วย (Power BrushX เร็ว ประหยัดแรง ทำให้ไม่เมื่อยล้าจากการขัดทำความสะอาด สามารถควบคุมแนวเชื่อมได้ดีขึ้น

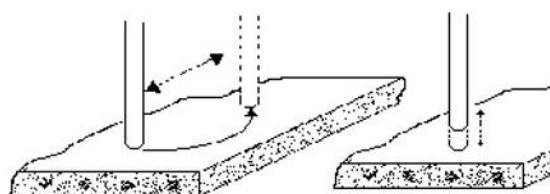


	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

การเริ่มต้นอาร์ค

การเริ่มต้นฝึกหัดเชื่อมจะเริ่มต้นจากการอาร์คก่อน การอาร์ค คือ ระยะห่างระหว่างปลายลวดเชื่อมกับผิวโลหะงาน ซึ่งเป็นระยะพอดีที่จะทำให้การอาร์คเป็นไปอย่างต่อเนื่อง การเริ่มต้นอาร์ค มี 2 วิธีคือวิธีการขีดและวิธีการเคาะ

- **วิธีการขีด** เป็นการบังคับให้ลวดเชื่อมสัมผัสกับโลหะงานโดยการขีดออกข้าง ๆ จนเกิดการอาร์ค แล้วยกลวดเชื่อมขึ้นเล็กน้อยจนได้ระยะอาร์คที่ต้องการคือประมาณ $1/8$ นิ้ว
- **วิธีการเคาะ** เป็นการบังคับให้ลวดเชื่อมกระทบกลงไปในแนวดิ่งจนสัมผัสกับโลหะงานแล้วยกขึ้น-ลงจนเกิดการอาร์ค ตามที่ต้องการ

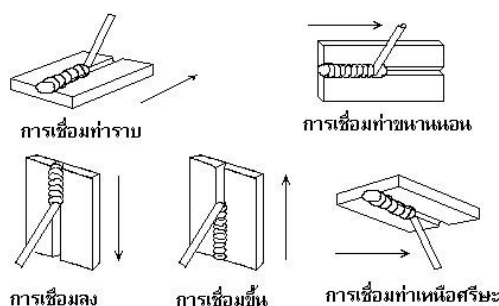


การขีด

การเคาะ

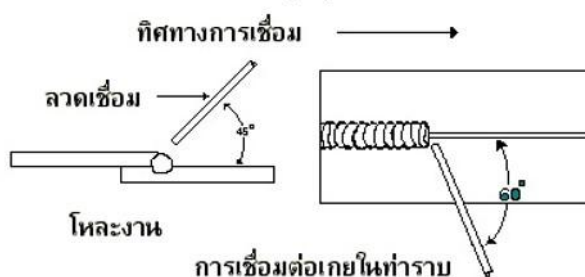
ตำแหน่งทำเชื่อมไฟฟ้า

ในการเชื่อมไฟฟ้าจะมีท่าเชื่อมในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

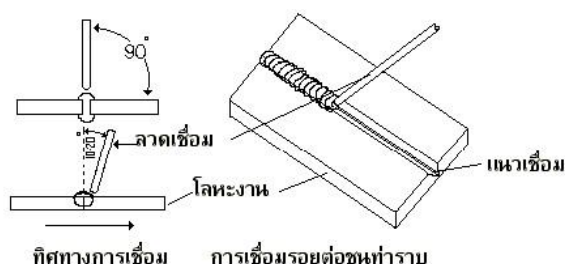


1. การเชื่อมต่อเกลียวในท่าราบ การเชื่อมต่อเกลียวท่าราบเป็นแบบของรอยต่อที่นิยมใช้กันมากในงานอุตสาหกรรม ด้านต่าง ๆ จัดเป็นรอยต่อที่ประหยัด ไม่เสียเวลาในการเตรียมงาน รอยต่อเกลียวจะมีความแข็งแรงสูงสุดเมื่อเชื่อมรอยต่อทั้งสองด้าน ในการเชื่อมจะต้องไม่ใช้กระแสไฟสูงเกินไป มุมของลวดเชื่อมในขณะที่เชื่อมประมาณ $45 - 60$ องศา การเคลื่อนไหวลวดเชื่อมจะเป็นลักษณะเดินหน้า ถอยหลัง ไปตามแนวเชื่อม การเคลื่อนไหวลวดเชื่อมเช่นนี้จะเป็นการอุ่นโลหะงานให้ร้อนล่วงหน้าก่อนที่จะเชื่อมไปถึง ซึ่งจะทำให้รอยเชื่อมสมบูรณ์ และป้องกันไม่ให้เกิดหลอมเหลวไหลล้นหน้ารอยเชื่อม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	หน่วยที่ 4
	รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ	สอนครั้งที่ 4
	โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	ชั่วโมงรวม 8



2. การเชื่อมรอยต่อชนทำราบ รอยต่อชนทำราบเป็นรอยต่อที่ใช้กันมากสำหรับการต่อโลหะงานทั่วไป โลหะงานซึ่งหนาเกิน $\frac{1}{4}$ นิ้ว เมื่อทำการเชื่อมรอยต่อทั้งสองด้านแล้วจะเป็นรอยต่อที่มีประสิทธิภาพสูงมาก การที่จะให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของการซึมลึกของรอยเชื่อม ขนาดของการซึมลึกจะขึ้นอยู่กับขนาดของลวดเชื่อมและกระแสที่ใช้ในการเชื่อม สำหรับงานที่มีความหนา $\frac{3}{16}$ นิ้ว เมื่อเชื่อมรอยต่อเพียงด้านเดียว รอยต่อจะเว้นระยะไว้เสมอ การเชื่อมรอยต่อชนทำราบจะต้องปรับกระแสให้เหมาะสมกับลวดเชื่อม ขณะเชื่อมลวดเชื่อมจะต้องเอียงไปข้างหน้า 10 – 20 องศาตามทิศทางที่ลวดเชื่อมเคลื่อนที่ไป



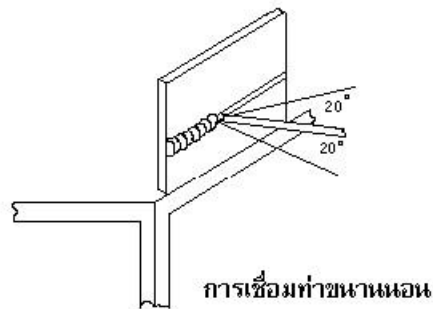
3. การเชื่อมรอยต่อรูปตัวทีในทำราบ การเชื่อมรอยต่อชนรูปตัวที จะต้องปรับกระแสไฟให้สูงพอที่จะทำให้โลหะหลอมเหลวจนไหลได้ง่าย เพื่อทำให้เกิดการซึมลึกลงไปจนถึงส่วนล่างสุดของรอยต่อ การบังคับลวดเชื่อมไปยังมุมของรอยต่อ ต้องขึ้นอยู่กับโลหะแผ่นตั้งมากกว่าแผ่นนอน พร้อมกับเอียงลวดเชื่อมไปข้างหน้าประมาณ 30 – 40 องศา พยายามเคลื่อนลวดเชื่อมด้วยความเร็วสม่ำเสมอ และมีการเดินหน้าถอยหลังในระยะสั้น เพื่อเป็นการอุ่นงานส่วนล่างสุดของรอยต่อ และยังป้องกันสแลคหลอมเหลวล้นารอยเชื่อม



4. การเชื่อมในทำขนานนอน การเชื่อมรอยต่อแบบต่าง ๆ ในทำขนานนอน การบังคับลวดเชื่อมจะต้องบังคับให้ลวดเชื่อมชี้ขึ้นเป็นมุม 20 องศา

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

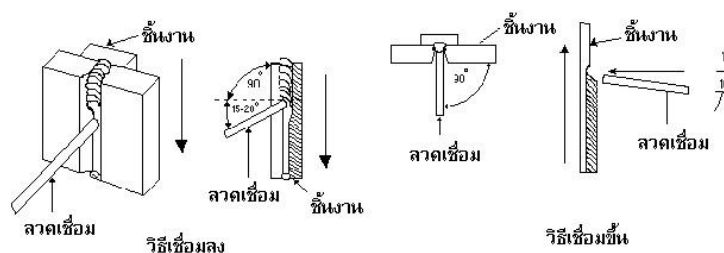
เพื่อใช้แรงผลักดันจากการอาร์ค ช่วยพองให้โลหะที่หลอมเหลวในแอ่งไหลลงมาไหลย้อนขึ้นไปกับรอยเชื่อม นอกจากนี้จะต้องเอียงลวดเชื่อมเป็นมุม 20 องศาในทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดเชื่อมด้วย เช่นเดียวกับการเชื่อมในท่าราบ



5. การเชื่อมในท่าตั้ง การฝึกหัดท่าเชื่อมลักษณะนี้แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ การเชื่อมขึ้น (Up Hill) และการเชื่อมลง (Down Hill)

การเชื่อมขึ้น มีเทคนิคที่สำคัญ คือการบังคับให้ลวดเชื่อมตั้งฉากกับพื้นผิวโลหะงานและการเอียงลวดเชื่อมทำมุมขึ้นไม่เกิน 10 องศา การปรับกระแสควรปรับให้มีกระแสด่อนข้างสูงเสมอ ขณะทำการเชื่อมควรเคลื่อนหัวลวดเชื่อมเป็นแบบยกขึ้น แล้วลดต่ำลงมาที่แอ่งโลหะหลอมเหลวเป็นระยะประมาณ 2 นิ้วแต่ละวังอย่าให้การอาร์คดับ

การเชื่อมลง จะต้องปรับกระแสให้เพิ่มขึ้น เอียงลวดเชื่อมทำมุมขึ้นประมาณ 15 – 20 องศา และบังคับลวดเชื่อมให้ตั้งฉากกับพื้นผิวของโลหะงาน ขณะเชื่อมควรใช้ระยะอาร์คสั้น ๆ เพราะตามปกติแล้วสแลค จะละลายไหลล้าหน้ารอยเชื่อม เมื่อเห็นว่าสแลค ไหลพยายามลดระยะอาร์คให้สั้นลง พร้อมกับเพิ่มความเร็วให้มากขึ้น ถ้าไม่ได้ผลให้เคาะสแลคออกทำความสะอาด แล้วเริ่มเชื่อมต่อไป



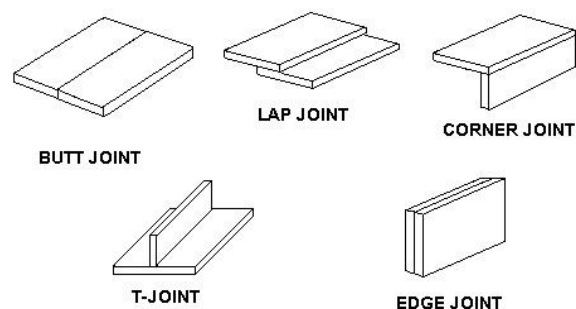
6. ท่าเชื่อมเหนือศีรษะ เป็นท่าเชื่อมที่ปฏิบัติยากที่สุด และเกิดอันตรายกับผู้ปฏิบัติมากที่สุดถ้าหากสวมชุดปฏิบัติงานไม่ถูกต้อง ที่สำคัญสำหรับการเชื่อมท่าเหนือศีรษะคือ การปรับขนาดของกระแสไฟต้องให้สูงไว้ และใช้ระยะอาร์คสั้น ๆ บังคับให้ลวดเชื่อมตั้งฉากกับพื้นผิวโลหะงาน และทำมุมเอียงประมาณไม่เกิน 10 องศา ตามทิศทางการที่ลวดเชื่อมเคลื่อนที่ไป การเคลื่อนที่ลวดเชื่อมจะเป็นลักษณะเดินหน้าถอยหลัง หรือเคลื่อนหัวลวดเชื่อมแบบส่าย

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8



7. แบบของรอยต่อเชื่อม แบบของรอยต่อเชื่อมต่าง ๆ สามารถแยกออกได้ตามพื้นฐานของรอยต่อเชื่อมเบื้องต้นสำหรับผู้ฝึกปฏิบัติงานใหม่ ได้ดังนี้

- แบบรอยต่อชน (Butt Joint)
- แบบรอยต่อเกย (Lap Joint)
- แบบรอยต่อมุม (Corner Joint)
- แบบรอยต่อตัวที (T – Joint)
- แบบรอยต่อขอบ (Edge Joint)



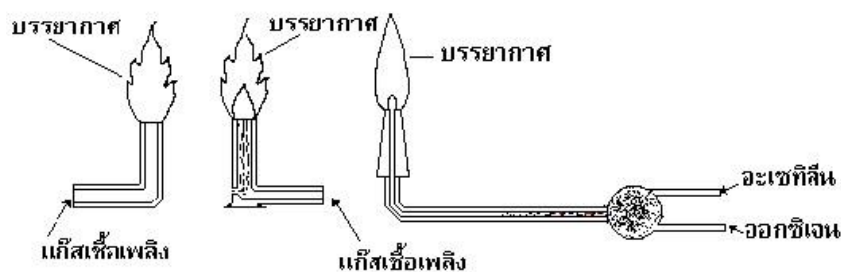
2. การเชื่อมแก๊ส (Gas welding)

การเชื่อมแก๊ส หมายถึงขบวนการที่ทำให้โลหะประสานกัน โดยการให้ความร้อนกับโลหะงานจนถึงอุณหภูมิที่โลหะชนิดนั้นหลอมละลาย โลหะเมื่อหลอมละลายจะรวมตัวเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน การเชื่อมแก๊สเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันการเชื่อมมักจะใช้เปลวไฟที่เกิดจากการสันดาประหว่างแก๊สเชื้อเพลิงกับอากาศ การสันดาประหว่างแก๊สเชื้อเพลิงกับอากาศแยกออกเป็นแบบต่างๆ ได้ 3 แบบคือ



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

- การสันดาปของแก๊สเชื้อเพลิงกับออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศโดยตรง เช่น การสันดาปของเทียนไข หรือ ตะเกียงแก๊สที่แม่ค้าใช้ขายของตอนกลางคืนการสันดาปชนิดนี้จะมีผลดังนี้
 - 1.1 เปลวไฟที่ได้จากการสันดาปมีอุณหภูมิต่ำ
 - 1.2 เปลวไฟมีความสะอาดน้อยมาก
 - 1.3 ให้ปริมาณความร้อนต่ำ
- การสันดาปของแก๊สเชื้อเพลิงในบรรยากาศผ่านรูดูดอากาศของหัวเผา ตัวอย่างของการสันดาปลักษณะนี้ได้แก่ ตะเกียงเบนเสน (Bunsen) การสันดาปลักษณะนี้จะมีผลดังนี้
 - 2.1 เปลวไฟที่ได้จากการสันดาปมีอุณหภูมิสูงกว่าแบบแรก
 - 2.2 เปลวไฟมีความสะอาดมากกว่าแบบแรก
 - 2.3 ให้ปริมาณความร้อนมากกว่าแบบแรก
- การสันดาปของแก๊สเชื้อเพลิงกับออกซิเจนที่นำมาจากแหล่งที่มีความดัน โดยผสมกันก่อนการสันดาป เช่น การสันดาปของหัวเชื่อมแก๊ส การสันดาปลักษณะนี้จะมีผลดังนี้
 - 3.1 เปลวไฟที่ได้จากการสันดาปมีอุณหภูมิสูงสุด
 - 3.2 เปลวไฟมีความสะอาดมากที่สุด
 - 3.3 ให้ปริมาณความร้อนมากที่สุด



การจุดเปลวไฟเชื่อมและการดับเปลวไฟแก๊ส

ก่อนจุดเปลวไฟเชื่อมทุกครั้งต้องตรวจดูอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย โดยเริ่มจากเครื่องกำเนิดแก๊ส หรือขวดบรรจุแก๊สว่ามีรอยรั่วหรือไม่ เครื่องบังคับแก๊ส ลิ้นนิรภัย เกจวัดความดัน และอุปกรณ์อื่น ๆ รวมทั้งสายเชื่อม หัวเชื่อม ที่สำคัญคืออุปกรณ์ป้องกันไฟกลับต้องมีน้ำบรรจุเต็มตามระดับที่กำหนดเมื่อตรวจอุปกรณ์ทุกอย่างเรียบร้อย ให้เปิดลิ้นที่ขวดบรรจุแก๊สออกซิเจนก่อนโดยหมุนเปิดอย่างช้า ๆ และหมุนเปิดจนสุดระยะเกลียวทุกครั้ง เพื่อป้องกันแก๊สรั่วออกทางก้านลิ้น หลังจากนั้นให้เปิดลิ้นขวดบรรจุแก๊สอะเซทิลีน โดยหมุนเปิดเพียง 1-2 รอบ แล้วให้ปล่อยประแจที่ใช้เปิดคาไว้บนก้านลิ้น ปรับขนาดความดันแก๊สสำหรับหัวเชื่อม หรือหัวตัดตามที่บริษัทผู้ผลิตหัวเชื่อม หรือหัวตัดแนะนำไว้ เปิดลิ้นแก๊สออกซิเจนที่มีมือถือเชื่อมประมาณ 1/6 รอบ แล้วเปิดลิ้นอะเซทิลีนเล็กน้อยจากนั้นทดลองใช้มือบังที่ปลายหัวเชื่อม จะรู้สึกว่ามีแก๊สพุ่งออกมาจึงใช้เครื่องมือจุดไฟจุด โดยให้มีระยะห่างจากปลายหัวเชื่อมประมาณ 25 มม. และปรับเปลวไฟให้มีลักษณะตามต้องการ

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

การจุดเปลวไฟถ้าไม่เปิดแก๊สออกซิเจนจะมีเขม่าและควันมาก เพราะการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ แต่ถ้าเปิดแก๊สออกซิเจนมากก็จะจุดไฟไม่ติด ดังนั้นต้องเปิดแก๊สออกซิเจนให้พอเหมาะ

การดับเปลวไฟที่ถูกต้องให้ปิดลิ้นแก๊สอะเซทิลีนก่อนแล้วจึงปิดแก๊สออกซิเจน เพราะจะไม่ทำให้เกิดเขม่าควัน และยังเป็นที่น่าพอใจว่าเปลวไฟนั้นได้ดับจริง ๆ

ลักษณะของเปลวไฟที่ใช้ในการเชื่อมแก๊ส

เปลวไฟ มีหน้าที่ให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน จนมีอุณหภูมิสูงถึงจุดหลอมละลายขณะที่ปฏิบัติการเชื่อม เปลวไฟที่เหมาะสมกับการเชื่อมต้องพุ่งเป็นลำกรวยแหลมยาวออกจากหัวเชื่อม โดยตำแหน่งที่ร้อนที่สุดห่างจากปลายเปลวไฟขึ้นในประมาณ 2 – 10 มม. และมีอุณหภูมิสูงถึง 3,200 องศาเซลเซียส ถ้าเปลวไฟไม่ถูกต้องจะมีผลต่อการเชื่อม และคุณภาพของแนวเชื่อม ลักษณะของเปลวไฟที่ไม่ถูกต้องจำแนกออกได้ดังนี้

1. เปลวไฟเอียงและเปลวไฟแตกบานปลาย เปลวไฟที่พุ่งออกจากหัวเชื่อมอาจจะเอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง หรือแตกบานปลายไม่พุ่งเป็นลำกรวย ซึ่งมีสาเหตุได้หลายประการได้แก่ รูทางออกของแก๊สเอียงหรือขยายออกเป็นปากกระฉิ่ง มีสิ่งสกปรก สะเก็ดโลหะหรือเขม่าติดค้างภายในและบริเวณหัวทิว



วิธีแก้ไข ให้ทำความสะอาดหัวทิวเพื่อขจัดสิ่งสกปรกที่ติดค้างอยู่ โดยใช้ปลายหัวทิวถูกับแผ่นไม้เนื้อแข็งกลับไปกลับมาหลาย ๆ ครั้งในขณะที่ยังมีเปลวไฟอยู่ สิ่งสกปรกต่าง ๆ ก็จะหลุดออกไป ไม่ควรถูกับไม้เนื้ออ่อนหรือแผ่นไม้ที่ทาสี เพราะจะทำให้เสียนไม้หรือสีกุดตันหัวทิว

ข้อควรระวัง ห้ามใช้หัวทิวถูกับเหล็ก คอนกรีต อิฐ หิน เพราะจะทำให้หัวทิวสึกกร่อนได้

2. เปลวไฟขาดตอนจากปลายหัวทิว การจุดเปลวไฟที่หัวเชื่อมบางครั้งจะพบว่าเปลวที่เกิดขึ้นพุ่งแรงและขาดตอนจากปลายหัวทิวมาก ไม่สามารถนำไปเชื่อมได้ ที่เป็นเช่นนี้เกิดจากความดันของแก๊สที่พุ่งผ่านหัวทิวสูงมากเกินไป ทำให้อัตราการไหลของแก๊สสูงตามไปด้วย



วิธีแก้ไข ให้ลดความดันของแก๊สออกซิเจนหรือแก๊สอะเซทิลีนให้ต่ำลงจากเดิม โดยปรับที่เครื่องบังคับแก๊สและปรับที่ลิ้นมือถือหัวเชื่อมแก๊ส จนเปลวไฟเชื่อมเป็นปกติ

3. เปลวไฟมีละอองน้ำปนออกมา สังเกตได้จากเปลวไฟพุ่งแรงและมีละอองสีแดงเป็นฝอยอยู่ด้านในของเปลวไฟ สาเหตุเกิดจากอัตราการไหลของแก๊สอะเซทิลีนสูงกว่าปกติหรือมีน้ำในอุปกรณ์นิรภัยสูงกว่ากำหนด ทำให้น้ำส่วนที่เกินไหลปนออกมากับเปลวไฟ

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

วิธีแก้ไข ให้ถอดข้อต่อสายเชื่อมแก๊สอะเซทิลีนออกจากมือถือหัวเชื่อมแล้วปล่อยให้ น้ำที่ปนมาและตกค้างอยู่ในสายเชื่อมออกให้หมด แล้วต่อยึดสายเข้ากับมือถือเชื่อมเหมือนเดิม จากนั้นให้ตรวจระดับน้ำในอุปกรณ์นิรภัยว่าได้ระดับตามที่กำหนดหรือไม่ ถ้าน้อยไปก็เติม ถ้ามากไปก็ปล่อยออกให้ได้ระดับที่กำหนด

4. เปลวไฟเปลี่ยนแปลงเสมอ เปลวไฟจากหัวเชื่อมเปลี่ยนแปลงอยู่บ่อย ๆ บ่งชี้ถึงฟุ้งแรงบางครั้งฟุ้งค่อยสลับกันไป เกิดจากความดันของแก๊สออกซิเจนหรือแก๊สอะเซทิลีนไม่สม่ำเสมอ อาจเป็นเพราะเครื่องบังคับแก๊สไม่ทำงานตามปกติชิ้นส่วนภายในชำรุดเป็นต้น

วิธีแก้ไข ให้เปลี่ยนเครื่องบังคับแก๊สตัวใหม่ วิธีสังเกตง่าย ๆ ว่าเครื่องบังคับแก๊สชำรุดหรือไม่ให้ดูที่เข็มเกจ วัดความดันเคลื่อนไหวหรือสั่นอยู่บ่อย ๆ

5. เปลวไฟเปลี่ยนเป็นเปลวออกซิไดซิง ในขณะที่เชื่อม สาเหตุเกิดจากการเชื่อมเป็นเวลานาน ๆ ทำให้หัวทูปมีอุณหภูมิสูง ทำให้แก๊สออกซิเจนและแก๊สอะเซทิลีนแยกตัวไม่รวมกันตามปกติ แก๊สอะเซทิลีนจะลดปริมาณลงแต่แก๊สออกซิเจนยังคงเดิมทำให้เปลวกลาง เปลี่ยนเป็นเปลวออกซิไดซิง

วิธีแก้ไข ต้องปรับเปลวไฟใหม่โดยเพิ่มปริมาณแก๊สอะเซทิลีนให้สูงขึ้นจากเดิม จนกระทั่งเปลวไฟเปลี่ยนเป็นเปลวคาร์บูไรซิงแล้วจึงลดแก๊สอะเซทิลีนลงช้า ๆ ให้เปลวเปลี่ยนเป็นเปลวกลางเช่นเดิม หรือให้หยุดเชื่อมชั่วคราวเพื่อปล่อยให้หัวเชื่อมเย็นลงก่อนจึงทำการเชื่อมต่อไป

ชนิดของเปลวไฟที่ใช้ใน การเชื่อม

การสันดาปของแก๊สทั้งสองชนิดจากหัวเชื่อมแบ่งออกได้ 3 ลักษณะตามอัตราส่วนผสมดังนี้

1. เปลวคาร์บูไรซิง (Carburizing Flame)
2. เปลวกลาง (Neutral Flame)
3. เปลวออกซิไดซิง (Oxidizing Flame)



Carburising flame



Neutral flame



Oxidising flame

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

1. เพลวคาร์บูไรซิ่ง เกิดจากการสันดาปของแก๊สทั้งสองชนิด แต่แก๊สอะเซทิลีนจะมากกว่าแก๊สออกซิเจน การสันดาปของเปลวชนิดนี้จะมีแก๊สอะเซทิลีนจะเผาไหม้ไม่หมด ถ้าทำการเชื่อมในห้องหรือสถานที่อับอากาศไม่มีอากาศถ่ายเทอาจเป็นอันตรายได้ ความร้อนที่ได้จากเปลวไฟชนิดนี้จะต่ำกว่า 3,200 องศาเซลเซียส นิยมใช้สำหรับเชื่อมโลหะที่มีจุดหลอมต่ำต่ำ เช่น ตะกั่ว อะลูมิเนียม และอื่น ๆ นอกจากนี้คาร์บอนที่เหลือจากการสันดาปจะทาหน้าทีคล้ายฟลักซ์คลุมแนวเชื่อม ป้องกันแก๊สออกซิเจนไม่ให้เข้ามารวมตัวกับแนวเชื่อม สังเกตเปลวไฟจะมี 3 ชั้น

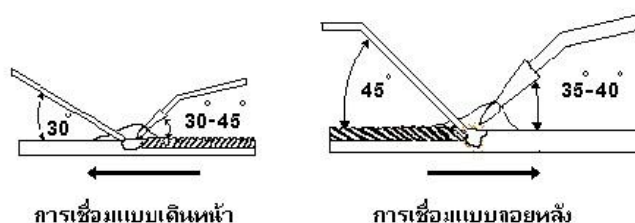
2. เพลวกลาง เกิดจากการสันดาประหว่างแก๊สออกซิเจนและแก๊สอะเซทิลีนจากหัวเชื่อมในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 สังเกตได้ว่าเปลวไฟจะมี 2 ชั้น ชั้นในจะมีสีขาวนวลอมฟ้าสุกใสต่อจากปลายหัวทิป เพลวชั้นนอกล้อมรอบเป็นรูปกรวยแหลมยาว เพลวไฟชนิดนี้ให้อุณหภูมิความร้อนสูงสุดที่ 3,200 องศาเซลเซียส ตำแหน่งที่ร้อนที่สุดห่างจากเปลวไฟชั้นในประมาณ 2 – 10 ม.ม. ขึ้นอยู่กับขนาดหัวเชื่อม เพลวชนิดนี้นิยมใช้เชื่อมโลหะทั่ว ๆ ไป

3. เพลวออกซิไดซิ่ง เป็นเปลวที่มีแก๊สออกซิเจนมากกว่าแก๊สอะเซทิลีนการสันดาปของแก๊สชนิดนี้จะมีแก๊สออกซิเจนตกค้างอยู่ และสังเกตได้ชัดว่าเปลวชนิดนี้มีเพียง 2 ชั้นเปลวในเล็กและหดสั้นติดกับปลายหัวทิป เพลวชั้นนอกมีสีฟ้าอ่อน อุณหภูมิของเปลวชนิดนี้จะต่ำกว่าเปลวกลางเล็กน้อย นิยมใช้เชื่อมโลหะประเภทบรอนซ์ เพราะจะทำให้คุณสมบัติของบรอนซ์ไม่เปลี่ยนแปลง ถ้านำเปลวชนิดนี้ไปเชื่อมเหล็กเหนียวจะเกิดฟองมองเห็นบ่อละลายไม่ชัด แนวเชื่อมเปราะ และมีรูพรุนไม่แข็งแรง

การระบายความร้อนหัวเชื่อม ขณะที่เชื่อมติดต่อกันเป็นเวลายาวนานหัวเชื่อมจะร้อนกว่าปกติ การระบายความร้อนจากหัวเชื่อมทำได้โดยจุ่มหัวเชื่อมลงในถังน้ำ ปิดเฉพาะลิ้นแก๊สอะเซทิลีนส่วนแก๊สออกซิเจนเปิดไว้เช่นเดิม อาจจุ่มหัวเชื่อมลงถึงน้ำจนถึงข้อต่อระหว่างหัวเชื่อมและมือถือเพื่อระบายความร้อนทุกส่วน

การส่ายหัวเชื่อม การตั้งมุมหัวเชื่อมและการป้อนลวดเชื่อม

ขณะที่ทำการเชื่อมชิ้นงานต้องตั้งมุมหัว เชื่อมให้เอนไปด้านหลังประมาณ 30 – 45 องศา กับผิวงาน และทำมุมฉากกับด้านข้างทั้งสองด้าน หัวเชื่อมอยู่สูงจากงานมีระยะห่างจากปลายเปลวไฟชั้นในถึงผิวงานประมาณ 2 – 10 ม.ม.ตามขนาดของหัวเชื่อม

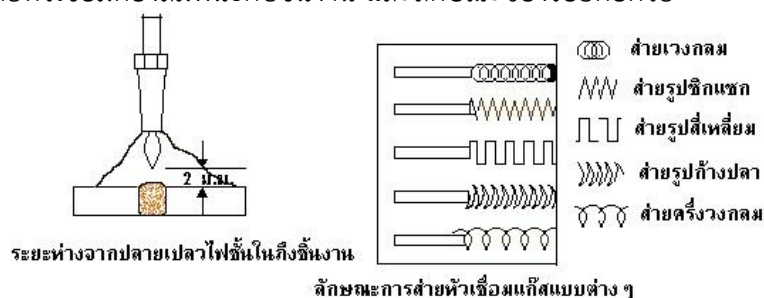


ในการเชื่อมทุกครั้งต้องใช้เปลวไฟเผาชิ้นงานบริเวณแนวที่จะเชื่อมจนร้อนหลอมละลายเป็นแอ่งกลมหรือที่เรียกว่า บ่อละลาย (Puddle) ซึ่งเป็นส่วนที่ร้อนที่สุดหลังจากนั้นให้ส่ายหัวเชื่อมเล็กน้อยเพื่อให้ความร้อนแผ่ชิ้นงานได้อย่างทั่วถึง เมื่อชิ้นงานหลอมละลายเป็นบ่อละลายแล้วจึงเติมลวดเชื่อมลงไปเป็นตัวประสาน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

ชิ้นงาน สายหัวเชื่อมพร้อมกับเคลื่อนที่ไปช้า ๆ เสมอ พยายามรักษาระยะการสายหัวเชื่อมและป้อนลวดเชื่อมให้สัมพันธ์กันตลอดเวลา การสายลวดเชื่อมจำแนกได้หลายแบบช่างเชื่อมจะเลือกสายแบบใดก็ได้ตามถนัด แต่ต้องให้ที่ความกว้างพอเหมาะกับขนาดความหนาและรอยต่อของชิ้นงาน

ถ้าสายหัวเชื่อมกว้างบ่อละลายที่เกิดขึ้นก็จะใหญ่ และลึกลงไปชิ้นงานมาก การประสานซึมลึกในชิ้นงานของแนวเชื่อมจะดียิ่งขึ้น ถ้าชิ้นงานหนาบ่อละลายจะต้องกว้างตามไปด้วย ถ้าชิ้นงานบาง การสายหัวเชื่อมต้องแคบลงเพื่อให้บ่อละลายมีขนาดเล็ก ถ้าสายหัวเชื่อมกว้างมากไปความร้อนจะสะสมมากทำให้ชิ้นงานทะลุได้ ดังนั้นการสายหัวเชื่อมต้องสัมพันธ์กับชิ้นงาน และลักษณะของรอยต่อด้วย

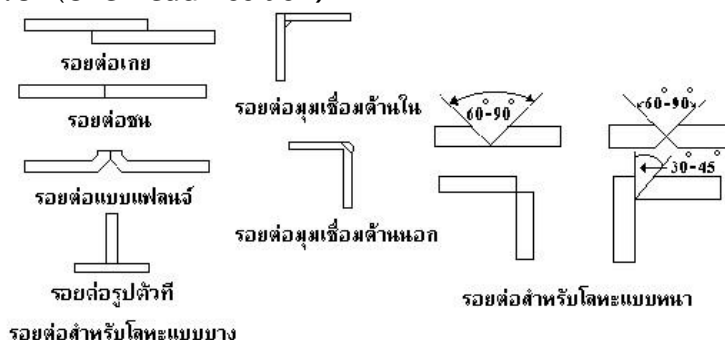


รอยต่อแบบต่าง ๆ สำหรับการ เชื่อมแก๊ส รอยต่อพื้นฐานสำหรับการ เชื่อม แก๊สมีดังนี้

1. รอยต่อชน (Butt Joint)
2. รอยต่อเกย (Lap Joint)
3. รอยต่อมุมเชื่อมด้านนอก (Corner Joint Weld Outside)
4. รอยต่อมุมเชื่อมด้านในหรือรอยต่อฟิลเลท (Fillet Joint)

ตำแหน่งท่าเชื่อมจะแบ่งออกได้ดังนี้

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



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

ใบแบบฝึกหัดโมดูลย่อยที่ 4

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. อะลูมิเนียมมีคุณสมบัติอย่างไรที่ส่งผลต่อการเชื่อมซ่อม

.....

.....

.....

2. ก่อนทำการเชื่อมอะลูมิเนียม ควรเตรียมพื้นผิวชิ้นงานอย่างไร

.....

.....

.....

3. วิธีการเชื่อมใดเหมาะสมที่สุดสำหรับงานเชื่อมซ่อมอะลูมิเนียม และเพราะเหตุใด

.....

.....

.....

4. ปัญหาที่อาจพบเมื่อเชื่อมอะลูมิเนียมมีอะไรบ้าง และควรแก้ไขอย่างไร

.....

.....

.....

5. ทำไมการเชื่อมอะลูมิเนียมจึงต้องใช้แก๊สเฉื่อย? และใช้แก๊สชนิดใด

.....

.....

.....

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

ใบเฉลยแบบฝึกหัดโมดูลที่ 4

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. อธิบายคุณสมบัติของอะลูมิเนียมที่ส่งผลต่อการเชื่อมซ่อม

คำตอบ:

1. เป็นโลหะเบา นำความร้อนสูง กระจายความร้อนได้เร็ว
2. มีชั้นออกไซด์ที่แข็งและจุดหลอมเหลวสูงกว่าตัวเนื้อโลหะ
3. หลอมเหลวง่าย อุณหภูมิต่ำ (ประมาณ 660°C)
4. ทำให้ควบคุมแนวเชื่อมได้ยาก ต้องใช้เทคนิคและอุปกรณ์พิเศษ

2. การเตรียมผิวชิ้นงานอะลูมิเนียมก่อนเชื่อมมีขั้นตอนอย่างไร?

คำตอบ:

1. ขัดผิวด้วยแปรงลวดสแตนเลส (เฉพาะสำหรับอะลูมิเนียม)
2. ล้างด้วยสารละลาย เช่น อะซีโตน เพื่อขจัดน้ำมัน/สิ่งสกปรก
3. หลีกเลี่ยงการใช้แปรงเหล็ก เพราะอาจทำให้เกิดสนิม
4. เชื่อมทันทีหลังเตรียมผิว เพื่อลดการเกิดชั้นออกไซด์ใหม่

3. วิธีการเชื่อมใดที่เหมาะสมกับงานเชื่อมซ่อมอะลูมิเนียม และเพราะเหตุใด?

คำตอบ:

1. การเชื่อม TIG (GTAW) เหมาะสำหรับงานซ่อมอะลูมิเนียม
2. ให้แนวเชื่อมที่เรียบ สะอาด ควบคุมได้ดี
3. ใช้แก๊สเฉื่อยป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น อาร์กอน
4. สำหรับงานที่หนาหรือเชื่อมยาว อาจใช้ MIG เพื่อความเร็ว

4. ปัญหาใดที่มักเกิดขึ้นในการเชื่อมอะลูมิเนียม และควรป้องกันอย่างไร?

คำตอบ:

1. รูพรุนในแนวเชื่อม – ป้องกันโดยทำความสะอาดผิวและลวดเชื่อม
2. แนวเชื่อมไม่ติด – ป้องกันโดยขจัดชั้นออกไซด์ก่อนเชื่อม
3. ไหม้ทะลุ – ป้องกันโดยปรับกระแสไฟให้เหมาะสม และควบคุมเวลาในการจุดอาร์ก
4. แนวเชื่อมสกปรก – ป้องกันโดยใช้แก๊สเฉื่อยอย่างเพียงพอ

5. เหตุใดการเชื่อมอะลูมิเนียมจึงต้องใช้แก๊สเฉื่อย เช่น อาร์กอน หรือฮีเลียม?

คำตอบ:

1. แก๊สเฉื่อยใช้ปกป้องแนวเชื่อมจากการปนเปื้อนของออกซิเจน ไนโตรเจน และไฮโดรเจนในอากาศ
2. ป้องกันการเกิดรูพรุนและการเปราะของแนวเชื่อม
3. ทำให้แนวเชื่อมแข็งแรง สะอาด และสวยงาม
4. ช่วยรักษาคุณภาพของงานเชื่อมให้เป็นไปตามมาตรฐาน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

ใบปฏิบัติงานโมดูลที่ 4

เรื่อง งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม

- ชิ้นงานอะลูมิเนียมที่ได้รับการซ่อมด้วยวิธีต่างๆ
- ขั้นตอนการเลือกใช้วิธีการและพารามิเตอร์การเชื่อม
- ผลการตรวจสอบการเสียรูปและคุณภาพรอยเชื่อม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

แบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 4

- คำชี้แจง :** 1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ
2. ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
3. เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
- ข้อใดคือปัญหาหลักที่พบในการเชื่อมอะลูมิเนียม?
 - การเกิดสนิม
 - การแตกเปราะของแนวเชื่อม
 - การเกิดรูพรุนในแนวเชื่อม
 - การหลุดลอกของสีผิวโลหะ
 - ชั้นออกไซด์ที่อยู่บนผิวอะลูมิเนียมมีผลต่อการเชื่อมอย่างไร?
 - ช่วยให้แนวเชื่อมแข็งแรง
 - ไม่มีผลต่อการเชื่อม
 - ทำให้แนวเชื่อมไม่ติดหรือเปราะ
 - ทำให้แนวเชื่อมเกิดฟองอากาศน้อยลง
 - เครื่องเชื่อมชนิดใดที่นิยมใช้ในการเชื่อมอะลูมิเนียม?
 - เครื่องเชื่อมแบบ SMAW
 - เครื่องเชื่อมแบบ Oxy-Acetylene
 - เครื่องเชื่อมแบบ TIG (GTAW)
 - เครื่องเชื่อมแบบ Submerged Arc
 - เหตุใดจึงต้องใช้แก๊สเฉื่อยในการเชื่อมอะลูมิเนียม?
 - เพื่อช่วยในการหลอมละลาย
 - เพื่อทำให้แนวเชื่อมดูเงางาม
 - เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากอากาศ
 - เพื่อเร่งกระบวนการเชื่อมให้เร็วขึ้น
 - ก่อนเชื่อมอะลูมิเนียมควรเตรียมพื้นผิวอย่างไร?
 - ทาน้ำมันบาง ๆ บนผิวก่อนเชื่อม
 - ล้างด้วยน้ำสบู่แล้วเช็ดให้แห้ง
 - ใช้แปรงลวดเหล็กขัดผิวเพื่อให้ยึดติดดี
 - ขัดหรือแปรงลวดสแตนเลส และล้างด้วยอะซิโตน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 4

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				



คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้คะแนน คะแนน
 สรุปผล () ผ่านเกณฑ์
 () ไม่ผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ ผู้ตรวจ
 (.....)

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 4 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานอะลูมิเนียม	หน่วยที่ 4
		สอนครั้งที่ 4
		ชั่วโมงรวม 8

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 4

ข้อที่	คำตอบ
1.	ค
2.	ค
3.	ค
4.	ค
5.	ง



หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

รายวิชา งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ

รหัสวิชา 30103-2021

บทเรียนโมดูลที่ 5

เรื่อง งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

อาชีวศึกษาจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ



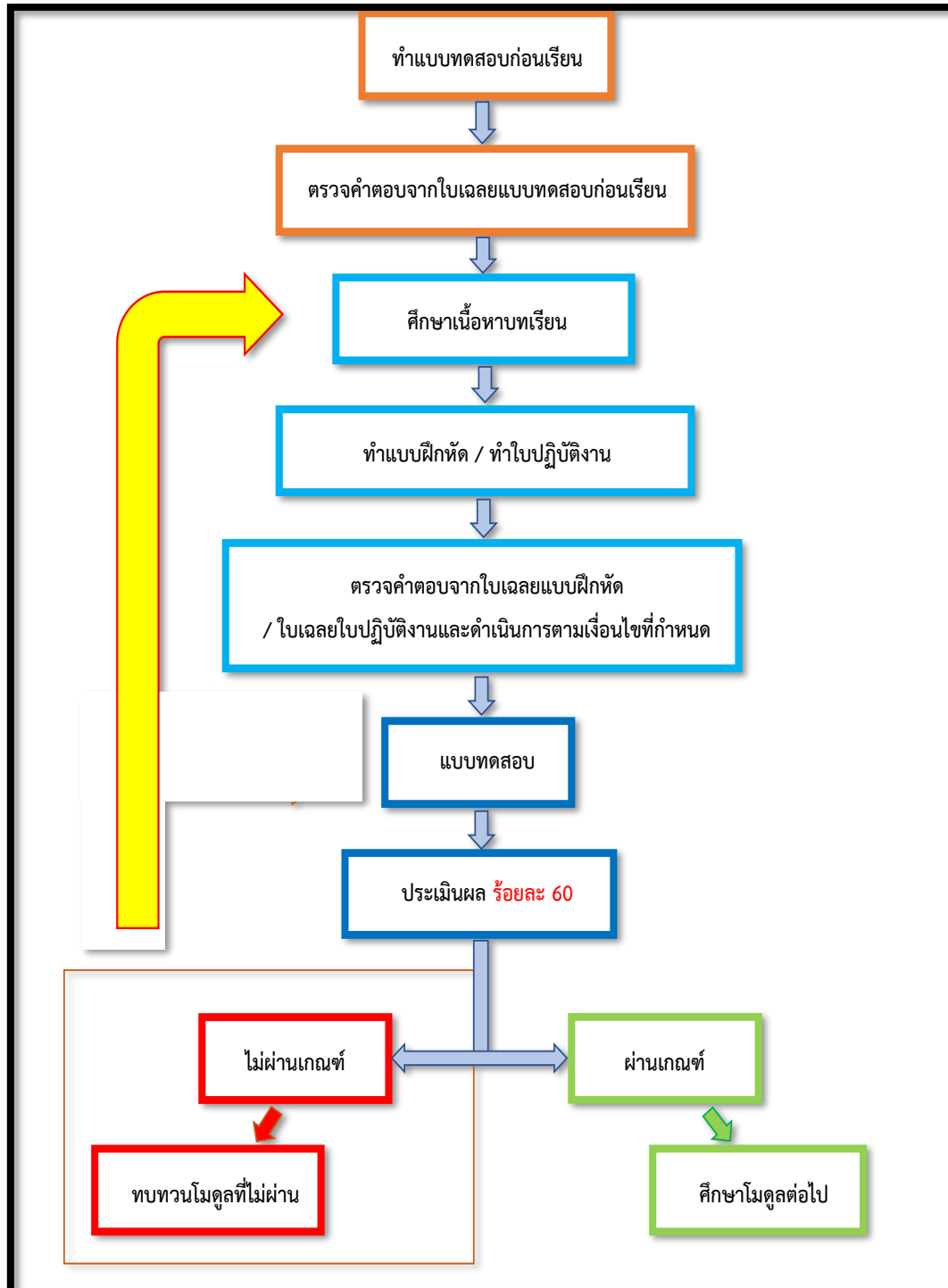
หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ
โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม

หน่วยที่ 5

สอนครั้งที่ 9-10

ชั่วโมงรวม 8

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 5

คำแนะนำสำหรับผู้เรียน

ก่อนที่จะเริ่มต้นศึกษาวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ ควรจะศึกษารายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ เพื่อจะได้มีแนวคิดในการปฏิบัติงานโดยทั่วไป จะสามารถให้ความรู้และเกิดประโยชน์แก่ผู้สอน ผู้เรียน ตลอดจนผู้สนใจศึกษาทั่วไปเป็นอย่างดี

ส่วนประกอบบทเรียนโมดูลประกอบด้วย

1. ใบแบบทดสอบก่อนเรียนและใบกระดาษคำตอบ
2. ใบเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน
3. ใบจุดประสงค์
4. ใบความรู้
5. ใบแบบฝึกหัด
6. ใบเฉลยแบบฝึกหัด
7. ใบปฏิบัติงาน
8. ใบแบบทดสอบหลังเรียนและใบกระดาษคำตอบ
9. ใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 5

คำแนะนำในการใช้บทเรียนโมดูล

1. ให้ผู้เรียนศึกษาหลักการและเหตุผล (Prospectus) และจุดมุ่งหมาย (Objectives) ของบทเรียนโมดูลให้เข้าใจ
2. ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามคำแนะนำและขั้นตอนการใช้อย่างเคร่งครัด
3. ผู้เรียนต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง โดยไม่เปิดดูใบเฉลยคำตอบก่อนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบฝึกหัด/ใบปฏิบัติงาน และแบบทดสอบหลังเรียนเพราะจะทำให้ผู้เรียนขาดความมั่นใจในการเรียนด้วยตนเองและไม่เกิดความเข้าใจที่แท้จริง
4. บทเรียนโมดูลนี้ ผู้เรียนสามารถใช้เรียนได้ตามความต้องการ ความพร้อมและความสะดวกโดยไม่จำกัดเวลาเรียน และสถานที่เรียน

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล

1. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนโดยทำเฉพาะข้อที่ผู้เรียนมีความรู้แท้จริง โปรดอย่าเดาคำตอบ ถ้าข้อใดไม่มีความรู้ให้ข้ามข้อนั้นไป โดยทำลงในกระดาษคำตอบ
2. ดูเฉลยใบแบบทดสอบก่อนเรียนแล้วประเมินผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียน เป็นการวัดพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนโดยไม่มีผลใด ๆ ต่อคะแนนในการเรียนบทเรียนโมดูลนี้
3. ให้ผู้เรียนศึกษาจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. ให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาบทเรียนจากใบเนื้อหาให้มีความรู้ความเข้าใจ
5. เมื่อศึกษาเนื้อหาบทเรียนเข้าใจดีแล้ว ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด/ใบปฏิบัติงานในบทเรียนนั้น ๆ ลงในใบแบบฝึกหัด / ใบปฏิบัติงาน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 5

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล (ต่อ)

- เมื่อทำแบบฝึกหัด/ปฏิบัติงานแล้วให้ตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบฝึกหัด/ใบเฉลยการปฏิบัติงาน
- ถ้าผ่านเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน แต่ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินให้กลับไปเรียนเนื้อหาเดิม และทำแบบฝึกหัด/ปฏิบัติงานใหม่อีกครั้ง
- เมื่อผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินแล้ว ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียนโดยทำลงในกระดาษคำตอบ
- ตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียน
- ถ้าผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดผู้เรียนต้องเรียนซ่อมเสริมทบทวนเนื้อหาของบทเรียนโมดูลนี้ จนกว่าจะผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนด

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 5

หลักการและเหตุผล (Prospectus)

ก่อนที่จะเริ่มต้นศึกษาวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ นี้ ควรจะศึกษารายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ เสียก่อน เพื่อจะได้มีแนวคิดเกี่ยวกับวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ และเป็นการเตรียมพร้อมที่จะศึกษาวิชานี้ รวมทั้งแนวทางการศึกษาต่อ ซึ่งเนื้อหาที่จะนำมาศึกษาในโมดูลนี้ จะมีเนื้อหาเกี่ยวกับ งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม

จุดมุ่งหมาย (Objective)

เมื่อผู้เรียนได้ศึกษาและทดสอบผ่านบทเรียนโมดูลนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความรู้ในเรื่องงานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม

ความรู้พื้นฐาน (Prerequisites)

ในการเรียนบทเรียนโมดูลนี้ให้ได้ผลดีนั้น ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานด้านงานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

แบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 5

- คำชี้แจง :**
- แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ
 - ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
 - เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
- จุดเด่นของเหล็กกล้าไร้สนิมที่สำคัญที่สุดคืออะไร
 - ความแข็งแรงสูงมาก
 - ทนต่อแรงดึงได้ดี
 - ทนต่อการกัดกร่อนและไม่เกิดสนิมง่าย
 - มีน้ำหนักเบากว่าอะลูมิเนียม
 - ปัญหาหลักที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมคืออะไร
 - การแตกร้าวจากความเย็น
 - การสูญเสียความเงางามของผิวโลหะ
 - การเกิดสนิมทันทีหลังเชื่อม
 - การสูญเสียคุณสมบัติด้านการกัดกร่อนบริเวณแนวเชื่อม
 - แก๊สที่นิยมใช้ในการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยวิธี TIG คืออะไร
 - ออกซิเจน
 - คาร์บอนไดออกไซด์
 - อาร์กอน (Argon)
 - ไนโตรเจน
 - วิธีใดเหมาะสมที่สุดสำหรับการเชื่อมซ่อมเหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อประสิทธิภาพและควบคุมคุณภาพแนวเชื่อม
 - การเชื่อมแก๊ส (Oxy-Acetylene)
 - การเชื่อมแบบ SMAW
 - การเชื่อมแบบ MIG
 - การเชื่อมแบบ TIG
 - ควรทำความสะอาดผิวเหล็กกล้าไร้สนิมอย่างไรหลังเชื่อม เพื่อป้องกันสนิม
 - ล้างด้วยน้ำสบู่
 - ขัดผิวนด้วยผ้าแห้ง
 - เช็ดด้วยน้ำมัน
 - ใช้สารละลาย Pickling หรือ Passivation

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 4

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				



คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้คะแนน คะแนน
 สรุปผล () ผ่านเกณฑ์
 () ไม่ผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ ผู้ตรวจ
 (.....)

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 4

ข้อที่	คำตอบ
1.	ค
2.	ง
3.	ค
4.	ง
5.	ง

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

หลังจากที่ผู้เรียนได้ศึกษาเรื่องนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายประเภท คุณสมบัติ และปัญหาในการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม รวมทั้งหลักการเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมได้อย่างถูกต้อง
2. ปฏิบัติงานเชื่อมซ่อมเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยวิธี TIG และ MIG ได้อย่างชำนาญ และรักษาคุณภาพผิวงานได้
3. แสดงความละเอียดรอบคอบ ความสะอาด และความใส่ใจในรายละเอียดสำหรับงานที่ต้องการความสะอาดและความปลอดภัย
4. สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาการซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

ใบความรู้

หน่วยที่ 5 งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม

งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม จะครอบคลุมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมซ่อมโลหะประเภทเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งมีความสำคัญในการยืดอายุการใช้งานของชิ้นงาน โดยอาจจะสอนเกี่ยวกับคุณสมบัติของเหล็กกล้าไร้สนิม, วิธีการเตรียมผิวงาน, เทคนิคและกระบวนการเชื่อมที่เหมาะสม (เช่น การเชื่อม TIG หรือ MIG), การเลือกวัสดุเติม (Filler materials) ให้เข้ากับเหล็กกล้าไร้สนิม, การควบคุมคุณภาพของรอยเชื่อม และการประเมินผลงานเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเหล็กกล้าไร้สนิม: ทำความเข้าใจคุณสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุ เช่น ความต้านทานการกัดกร่อน, การนำความร้อน, การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งส่งผลต่อการเชื่อม

- **การเตรียมพื้นผิว (Surface Preparation):** การทำความสะอาดคราบสกปรก, คราบน้ำมัน, สนิม หรือสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ ออกจากผิวงานก่อนการเชื่อม เพื่อให้ได้รอยเชื่อมที่มีคุณภาพดี

เทคนิคและกระบวนการเชื่อมซ่อม:

- **การเชื่อมไฟฟ้า (Arc Welding) ประเภท TIG (Tungsten Inert Gas) หรือ MIG (Metal Inert Gas):** เป็นเทคนิคที่นิยมใช้กับเหล็กกล้าไร้สนิม เนื่องจากสามารถควบคุมความร้อนได้ดี และให้รอยเชื่อมที่สวยงาม.
- **การเลือกวัสดุเติม (Filler Material):** การเลือกใช้ลวดเชื่อมหรือแท่งเติม (Filler Rod) ที่เหมาะสมกับชนิดของเหล็กกล้าไร้สนิม เพื่อให้ได้คุณสมบัติทางกลที่ใกล้เคียงกับวัสดุเดิม

กระบวนการเชื่อมสำหรับเหล็กกล้าไร้สนิม

โลหะแปรรูปรอยเชื่อมสีถ่านและความยุ่งยาก; นี่คือน่าสนใจที่สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม ในขณะที่มันมีองค์ประกอบที่คล้ายคลึงกับเหล็กกล้าคาร์บอนสแตนเลสมีองค์ประกอบผสมเช่น โครเมียมและโมลิบดีนัมซึ่งนำเสนอชุดของความท้าทายที่แตกต่างกันโดยสิ้นเชิงเมื่อหลอมสแตนเลสสองชิ้นขึ้นไปแทนที่จะเป็นเหล็กกล้าคาร์บอน

ออกซิเจนที่อยู่รอบ ๆ สระวายนํ้าหลอมเหลวของสแตนเลสจะต้องถูกเก็บไว้ให้น้อยที่สุด สระเชื่อมจะทำงานแตกต่างจากอลูมิเนียมหรือเหล็กกล้าคาร์บอน การนำความร้อนของสแตนเลสน้อยกว่ามากทำให้การบิดเบือนและการบิดความร้อนเป็นปัญหาใหญ่ ในขณะที่มีหลายรายการที่ต้องพิจารณาเมื่อเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมการตัดสินใจที่สำคัญที่สุดข้อหนึ่งในการตัดสินใจคือกระบวนการเชื่อมที่ใช้

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

การเชื่อมโลหะเฉื่อย (MIG) การเชื่อม / การเชื่อมอาร์คโลหะแบบเมทัล (GMAW)

การเชื่อม MIG หรือการเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สเนื่องจากเป็นที่รู้จักกันอย่างหนึ่งเป็นทางการมากขึ้นเป็นหนึ่ง ในวิธีที่นิยมใช้ในการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม มีความคล้ายคลึงกันหลายอย่างระหว่างการเชื่อม MIG สแตนเลส และการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน ไม่จำเป็นต้องใช้แว่นดำพิเศษและขั้วไฟฟ้ายังคงเหมือนเดิม อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบของการป้องกันก๊าซมักจะแตกต่างกัน ปริมาณออกซิเจนที่ต่ำกว่าสามารถทำได้เมื่อเชื่อมเหล็กกล้าไร้ สนิม ดังนั้นระดับ O₂ หรือ CO₂ ควรเก็บไว้ประมาณ 2% หรือต่ำกว่านั้นค่อนข้างทั่วไปสำหรับก๊าซที่มี Tri- ผสมผสาน shielding ที่ประกอบด้วยอาร์กอนฮีเลียมและคาร์บอนไดออกไซด์หรือออกซิเจนที่จะใช้เมื่อเชื่อม MIG สแตนเลส เนื่องจากโดยทั่วไปจะต้องการความต้านทานการกัดกร่อนในการเชื่อมรวมทั้งวัสดุฐานจึงต้อง ใช้ลวดเชื่อมสแตนเลส นอกจากนี้เพื่อป้องกันการแตกลวดฟิลเลอร์และสแตนเลสพื้นฐานควรเป็นรุ่นคาร์บอน ต่ำหรือมีความคงตัวในพวกเขาเช่นแทนทาลัมหรือไนโอเบียม การใช้รูปแบบการเชื่อมพัลส์ยังสามารถช่วยให้ ผู้ใช้งานเชื่อม MIG สแตนเลสประสบความสำเร็จมากขึ้น

ก๊าซเฉื่อยทั้งสแตน (TIG) การเชื่อม / แก๊สการเชื่อมอาร์คทั้งสแตน (GTAW)

การเชื่อมทิกหรือที่รู้จักกันอย่างหนึ่งเป็นทางการว่าการเชื่อมอาร์คทั้งสแตนแก๊สเป็นกระบวนการที่มักใช้ใน การเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม กระบวนการนี้ยังมีความคล้ายคลึงกันระหว่างเมื่อมันถูกใช้เพื่อเชื่อมเหล็กกล้า คาร์บอนและเมื่อมันถูกใช้เพื่อเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม วัสดุทั้งสองต้องการขั้วไฟฟ้ากระแสตรงเป็นลบ (DCEN) โดยปกติจะใช้อาร์กอนหรือฮีเลียมป้องกันก๊าซเกือบ 100% เช่นเดียวกับการเชื่อมแบบ MIG การเชื่อมแบบ TIG จำเป็นต้องใช้โลหะฟิลเลอร์สแตนเลสเพื่อป้องกันการเชื่อมที่จะเกิดการกัดกร่อนได้ง่าย เหล็กกล้าคาร์บอน ต่ำหรือเกรดเสถียรของสแตนเลสควรใช้เป็นโลหะเติมและโลหะฐานควรเป็นคาร์บอนต่ำหรือเสถียร การบิดเบี้ยว อาจเป็นปัญหาสำคัญเมื่อทำการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องรักษาความเร็วในการ เดินทางให้เร็วและความร้อนจะลดลงเมื่อเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม TIG

การเชื่อมอาร์ค Flux-Cored

โดยทั่วไปกระบวนการเชื่อมที่ใช้ฟลักซ์ไม่เหมาะสำหรับการเชื่อมสแตนเลส ดังที่กล่าวมาเป็นไปได้ที่จะ เชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยกระบวนการฟลักซ์คอร์ ต้องใช้ก๊าซผสมพิเศษ การเชื่อมอาร์คฟลักซ์ Cored ป้องกัน แก๊สเป็นทางเลือกที่ดีกว่าในการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกว่าการเชื่อมอาร์คแบบฟลักซ์ Cored เนื่องจากใช้ฟ ลักซ์น้อยกว่ากระบวนการหลังเพื่อป้องกันโลหะเชื่อมจากบรรยากาศ

การเชื่อมอาร์คโลหะ Cored

ทางเลือกที่ดีกว่าลวดแบบ cored ทั้งการเชื่อมอาร์คแบบฟลักซ์แบบ Cored ป้องกันตนเองและการ เชื่อมแบบฟลักซ์แบบฟลักซ์แบบป้องกันก๊าซคือการเชื่อมแบบอาร์คแบบโลหะ สิ่งนี้ส่วนใหญ่เป็นเพราะการ เชื่อมอาร์คโลหะคอร์ไม่ได้ฟุ้งฟลักซ์เลย แกนโลหะของวัสดุตัวเติมในขณะที่มันมี deoxidizers บางชนิด ส่วนใหญ่จะถูกบรรจุด้วยโลหะชนิดผงเพื่อเพิ่มการสะสม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

ด้วยการป้องกันแก๊สและระบบป้อนลวดที่เหมาะสมการเชื่อมอาร์คแบบ **cored** โลหะสามารถใช้ในการเชื่อมที่มีคุณภาพสูงบนสแตนเลส ส่วนใหญ่จะต้องใช้รูปคลื่นพัลส์หรืออาร์คสเปรย์ไอออนเพื่อทำให้การเชื่อมเหล็กสแตนเลสคุณภาพสูงด้วยการเชื่อมอาร์คโลหะ **Cored**

การเชื่อมลำแสงเลเซอร์ (LBW)

การเชื่อมด้วยลำแสงเลเซอร์มักใช้เพื่อเชื่อมสแตนเลสเข้าด้วยกันที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ที่รวดเร็วและมีความร้อนต่ำมาก ต้องใช้ความระมัดระวังเพื่อหลีกเลี่ยงความพรุนและการแตกร้าวเมื่อเชื่อมกับเลเซอร์สามารถหลีกเลี่ยงการแตกและความพรุนได้ด้วยการลดปริมาณออกซิเจนผ่านแก๊สป้องกันและการเพิ่มประสิทธิภาพของพารามิเตอร์การเชื่อม การเชื่อมด้วยลำแสงเลเซอร์นั้นไม่เคยดำเนินการด้วยตนเองดังนั้นจึงต้องดำเนินการอัตโนมัติหากได้รับการคัดเลือกให้เป็นกระบวนการที่จะใช้สำหรับการเชื่อมสแตนเลส

กระบวนการเชื่อมอื่น ๆ ที่ใช้กับสแตนเลส

กระบวนการดังกล่าวข้างต้นอาจเป็นกระบวนการทั่วไปที่ใช้เชื่อมสแตนเลส มีอีกหลายกระบวนการที่ค่อนข้างเป็นที่นิยมน้อยกว่าในอุตสาหกรรมที่สามารถใช้เชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมได้ พวกเขารวมถึงการเชื่อมอาร์คพลาสมา (PAW), การเชื่อมลำแสงอิเล็กตรอน (EBW), การเชื่อมอาร์คโลหะป้องกัน (SMAW), การเชื่อมแรงเสียดทานกวน (FSW) และการเชื่อมความต้านทาน (RW) รายการนี้ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์และมีกระบวนการเชื่อมอื่น ๆ อีกมากมายที่สามารถเชื่อมเหล็กสแตนเลสพร้อมกับระดับความสำเร็จที่แตกต่างกัน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

ใบแบบฝึกหัดโมดูลย่อยที่ 5

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- อธิบายคุณสมบัติเด่นของเหล็กกล้าไร้สนิม และทำไมจึงนิยมใช้ในงานโครงสร้างหรืออุตสาหกรรมอาหาร

.....

.....

.....

- ปัญหาใดอาจเกิดขึ้นบริเวณแนวเชื่อมของเหล็กกล้าไร้สนิม และควรป้องกันอย่างไร

.....

.....

.....

- วิธีการเชื่อมใดเหมาะสมที่สุดสำหรับการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม? เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

- ทำไมต้องทำความสะอาดผิวชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมก่อนและหลังการเชื่อม

.....

.....

.....

- หากต้องเชื่อมซ่อมถังบรรจุอาหารที่ทำจากสแตนเลส ควรพิจารณาเรื่องใดบ้างเป็นพิเศษ

.....

.....

.....

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

ใบเฉลยแบบฝึกหัดโมดูลที่ 5

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. อธิบายคุณสมบัติเด่นของเหล็กกล้าไร้สนิม และทำไมจึงนิยมใช้ในงานโครงสร้างหรืออุตสาหกรรมอาหาร

คำตอบ:

- ทนต่อการเกิดสนิมและการกัดกร่อนได้ดี เพราะมีส่วนผสมของโครเมียม
- ผิวโลหะเรียบ ไม่เกิดคราบง่าย ทำความสะอาดง่าย
- เหมาะกับการที่ต้องการความสะอาด เช่น อุตสาหกรรมอาหาร, เครื่องมือแพทย์, เคมี
- แข็งแรง ใช้งานได้ทั้งในและนอกอาคาร

2. ปัญหาใดอาจเกิดขึ้นบริเวณแนวเชื่อมของเหล็กกล้าไร้สนิม และควรป้องกันอย่างไร?

คำตอบ:

- ปัญหา: สูญเสียคุณสมบัติด้านการกัดกร่อนในบริเวณ HAZ (Heat Affected Zone)
- เกิดจาก: ความร้อนทำให้โครเมียมรวมตัวกับคาร์บอน กลายเป็นโครเมียมคาร์ไบด์

3. วิธีการเชื่อมใดเหมาะสมที่สุดสำหรับการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม? เพราะเหตุใด?

คำตอบ:

- เหมาะที่สุดคือ TIG (GTAW)
- เพราะให้แนวเชื่อมสะอาด ควบคุมได้แม่นยำ ไม่ปนเปื้อน
- เหมาะสำหรับงานซ่อม งานบาง หรือที่ต้องการความสวยงาม
- ใช้แก๊สเฉื่อย เช่น อาร์กอน เพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์ระหว่างเชื่อม

4. ทำไมต้องทำความสะอาดผิวชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมก่อนและหลังการเชื่อม?

คำตอบ:

- ก่อนเชื่อม: ขจัดไขมัน น้ำมัน ผุ่น เพื่อให้แนวเชื่อมสะอาดและติดดี
- หลังเชื่อม: ล้างคราบออกไซด์หรือคราบสีจากความร้อน เพื่อฟื้นฟูชั้นโครเมียมออกไซด์
- ใช้สาร Pickling หรือ Passivation เพื่อป้องกันการเกิดสนิมในระยะยาว

5. หากต้องเชื่อมซ่อมถังบรรจุอาหารที่ทำจากสแตนเลส ควรพิจารณาเรื่องใดบ้างเป็นพิเศษ?

คำตอบ:

1. ต้องใช้ลวดเชื่อมที่ตรงกับเกรดของถัง (เช่น 304 ใช้ลวด 308L)
2. ต้องทำความสะอาดก่อนและหลังเชื่อมอย่างดี
3. ห้ามใช้ลวดเหล็กกล้าธรรมดาในการเชื่อม
4. หลีกเลี่ยงการปนเปื้อน เช่น ใช้น้ำประปาเฉพาะสำหรับสแตนเลส
5. ตรวจสอบแนวเชื่อมให้เรียบ ไม่มีโพรงหรือรอยแตก เพราะมีผลต่อความปลอดภัยของอาหาร

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

ใบปฏิบัติงานโมดูลที่ 5

เรื่อง งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม

หลักฐานการปฏิบัติงาน

- ชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมที่ได้รับการซ่อมแซม
- บันทึกการควบคุมพารามิเตอร์และเทคนิคการเชื่อม
- ผลการทดสอบความต้านทานการกัดกร่อน
- ภาพถ่ายขั้นตอนการทำความสะอาดและ Passivation
- รายงานการตรวจสอบคุณภาพผิวงาน
- ตัวอย่างการปฏิบัติตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

แบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 5

- คำชี้แจง :**
- แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ
 - ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
 - เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
- จุดเด่นของเหล็กกล้าไร้สนิมที่สำคัญที่สุดคืออะไร?
 - ความแข็งแรงสูงมาก
 - ทนต่อแรงดึงได้ดี
 - ทนต่อการกัดกร่อนและไม่เกิดสนิมง่าย
 - มีน้ำหนักเบากว่าอะลูมิเนียม
 - ปัญหาหลักที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมคืออะไร?
 - การแตกร้าวจากความเย็น
 - การสูญเสียความเงางามของผิวโลหะ
 - การเกิดสนิมทันทีหลังเชื่อม
 - การสูญเสียคุณสมบัติด้านการกัดกร่อนบริเวณแนวเชื่อม
 - แก๊สที่นิยมใช้ในการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยวิธี TIG คืออะไร?
 - ออกซิเจน
 - คาร์บอนไดออกไซด์
 - อาร์กอน (Argon)
 - ไนโตรเจน
 - วิธีใดเหมาะสมที่สุดสำหรับการเชื่อมซ่อมเหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อประสิทธิภาพและควบคุมคุณภาพแนวเชื่อม?
 - การเชื่อมแก๊ส (Oxy-Acetylene)
 - การเชื่อมแบบ SMAW
 - การเชื่อมแบบ MIG
 - การเชื่อมแบบ TIG
 - ควรทำความสะอาดผิวเหล็กกล้าไร้สนิมอย่างไรหลังเชื่อม เพื่อป้องกันสนิม?
 - ล้างด้วยน้ำสบู่
 - ขัดผิวนด้วยผ้าแห้ง
 - เช็ดด้วยน้ำมัน
 - ใช้สารละลาย Pickling หรือ Passivation

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 5

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				



คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้คะแนน คะแนน
 สรุปผล () ผ่านเกณฑ์
 () ไม่ผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ ผู้ตรวจ
 (.....)

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 5 : งานเชื่อมซ่อมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม	หน่วยที่ 5
		สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 8

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 5

ข้อที่	คำตอบ
1.	ค
2.	ง
3.	ค
4.	ง
5.	ง



หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

รายวิชา งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ

รหัสวิชา 30103-2021

บทเรียนโมดูลที่ 6

เรื่อง การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

อาชีวศึกษาจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ



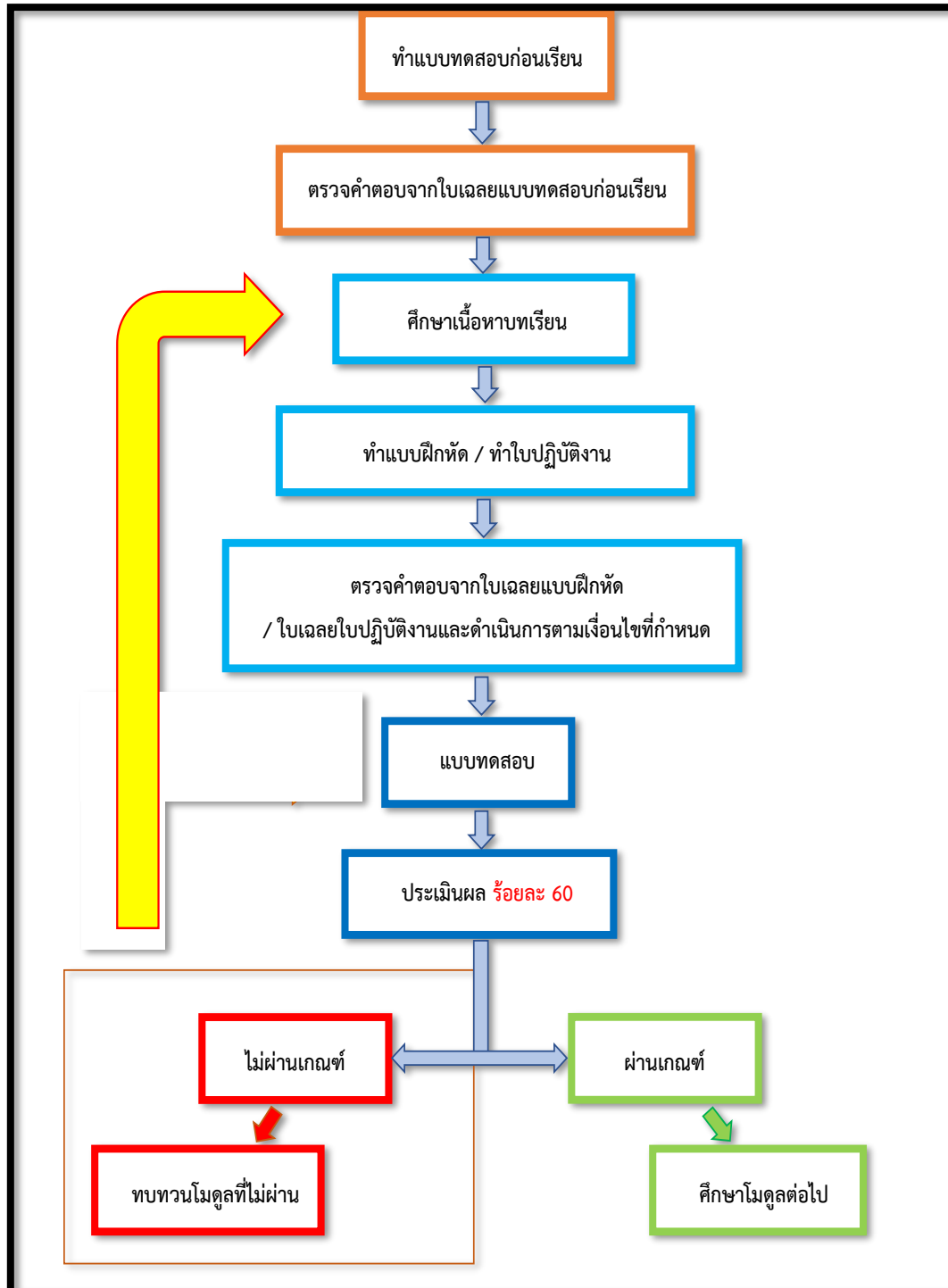
หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ
โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก

หน่วยที่ 6

สอนครั้งที่ 11-13

ชั่วโมงรวม 24

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 6

คำแนะนำสำหรับผู้เรียน

ก่อนที่จะเริ่มต้นศึกษาวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ ควรจะศึกษารายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชา การบริการวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะเพื่อจะได้มีแนวคิดในการปฏิบัติงาน โดยทั่วไป จะสามารถให้ความรู้และเกิดประโยชน์แก่ผู้สอน ผู้เรียน ตลอดจนผู้สนใจศึกษาทั่วไปเป็นอย่างดี

ส่วนประกอบบทเรียนโมดูลประกอบด้วย

1. ใบแบบทดสอบก่อนเรียนและใบกระดาษคำตอบ
2. ใบเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน
3. ใบจุดประสงค์
4. ใบความรู้
5. ใบแบบฝึกหัด
6. ใบเฉลยแบบฝึกหัด
7. ใบปฏิบัติงาน
8. ใบแบบทดสอบหลังเรียนและใบกระดาษคำตอบ
9. ใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 6

คำแนะนำในการใช้บทเรียนโมดูล

1. ให้ผู้เรียนศึกษาหลักการและเหตุผล (Prospectus) และจุดมุ่งหมาย (Objectives) ของบทเรียนโมดูลให้เข้าใจ
2. ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามคำแนะนำและขั้นตอนการใช้อย่างเคร่งครัด
3. ผู้เรียนต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง โดยไม่เปิดดูใบเฉลยคำตอบก่อนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบฝึกหัด/ใบปฏิบัติงาน และแบบทดสอบหลังเรียนเพราะจะทำให้ผู้เรียนขาดความมั่นใจในการเรียนด้วยตนเองและไม่เกิดความเข้าใจที่แท้จริง
4. บทเรียนโมดูลนี้ ผู้เรียนสามารถใช้เรียนได้ตามความต้องการ ความพร้อมและความสะดวกโดยไม่จำกัดเวลาเรียน และสถานที่เรียน

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล

1. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนโดยทำเฉพาะข้อที่ผู้เรียนมีความรู้แท้จริง โปรดอย่าเดาคำตอบ ถ้าข้อใดไม่มีความรู้ให้ข้ามข้อนั้นไป โดยทำลงในกระดาษคำตอบ
2. ดูเฉลยใบแบบทดสอบก่อนเรียนแล้วประเมินผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียน เป็นการวัดพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนโดยไม่มีผลใด ๆ ต่อคะแนนในการเรียนบทเรียนโมดูลนี้
3. ให้ผู้เรียนศึกษาจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. ให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาบทเรียนจากใบเนื้อหาให้มีความรู้ความเข้าใจ
5. เมื่อศึกษาเนื้อหาบทเรียนเข้าใจดีแล้ว ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด/ใบปฏิบัติงานในบทเรียนนั้น ๆ ลงในใบแบบฝึกหัด / ใบปฏิบัติงาน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 6

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล (ต่อ)

- เมื่อทำแบบฝึกหัด/ปฏิบัติงานแล้วให้ตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบฝึกหัด/ใบเฉลยการปฏิบัติงาน
- ถ้าผ่านเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน แต่ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินให้กลับไปเรียนเนื้อหาเดิม และทำแบบฝึกหัด/ปฏิบัติงานใหม่อีกครั้ง
- เมื่อผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินแล้ว ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียนโดยทำลงในกระดาษคำตอบ
- ตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียน
- ถ้าผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดผู้เรียนต้องเรียนซ่อมเสริมทบทวนเนื้อหาของบทเรียนโมดูลนี้ จนกว่าจะผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนด

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 6

หลักการและเหตุผล (Prospectus)

ก่อนที่จะเริ่มต้นศึกษาวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะนี้ ควรจะศึกษารายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะเสียก่อน เพื่อจะได้มีแนวคิดเกี่ยวกับวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะและเป็นการเตรียมพร้อมที่จะศึกษาวิชานี้ รวมทั้งแนวทางการศึกษาต่อ ซึ่งเนื้อหาที่จะนำมาศึกษาในโมดูลนี้ จะมีเนื้อหาเกี่ยวกับ การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก

จุดมุ่งหมาย (Objective)

เมื่อผู้เรียนได้ศึกษาและทดสอบผ่านบทเรียนโมดูลนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความรู้ในเรื่องการเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก

ความรู้พื้นฐาน (Prerequisites)

ในการเรียนบทเรียนโมดูลนี้ให้ได้ผลดีนั้น ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานด้านการเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

แบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 6

- คำชี้แจง :**
- แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ
 - ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
 - เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
- การเล่นประสาน (Brazing) แตกต่างจากการเชื่อมทั่วไปอย่างไร
 - ใช้โลหะพื้นหลอมละลายร่วมกัน
 - ใช้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของโลหะพื้น
 - ใช้กระแสไฟฟ้าแรงสูงเท่านั้น
 - ต้องใช้แก๊สเฉพาสำหรับเหล็กกล้าเท่านั้น
 - ข้อใดเป็นข้อดีของการเล่นประสานในงานซ่อมชิ้นงานเหล็ก
 - ไม่สามารถใช้กับวัสดุหลายชนิด
 - แนวประสานแข็งแรงกว่าการเชื่อม
 - ลดการบิดเบี้ยวจากความร้อนสูง
 - ต้องใช้ไฟฟ้ากำลังสูงในการทำงาน
 - ข้อใดคือวัสดุประสานที่นิยมใช้ในการเล่นประสานเหล็ก
 - ทองเหลือง (Brass)
 - อะลูมิเนียม
 - เหล็กกล้าคาร์บอน
 - ดีบุกบริสุทธิ์
 - ก่อนการเล่นประสาน ควรเตรียมผิวชิ้นงานอย่างไร
 - ขัดด้วยแปรงเหล็กและเคลือบด้วยน้ำมัน
 - ล้างด้วยน้ำเปล่าแล้วปล่อยให้แห้ง
 - ทำความสะอาดให้ปราศจากคราบน้ำมัน และขีดสนิมออก
 - ใช้สีพ่นเคลือบเพื่อให้โลหะติดง่ายขึ้น
 - การใช้ฟลักซ์ (Flux) ในการเล่นประสานมีหน้าที่อะไร
 - ทำให้โลหะประสานแข็งขึ้น
 - ทำให้เกิดประกายไฟ
 - ป้องกันการเกิดออกไซด์บนผิวโลหะ
 - ช่วยให้โลหะพื้นหลอมละลายได้ดีขึ้น

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 6

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				



คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้คะแนน คะแนน
 สรุปผล () ผ่านเกณฑ์
 () ไม่ผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ ผู้ตรวจ
 (.....)

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 6

ข้อที่	คำตอบ
1.	ข
2.	ค
3.	ก
4.	ค
5.	ค

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

หลังจากที่ผู้เรียนได้ศึกษาเรื่องนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายหลักการและเทคนิคการเล่นประสานสำหรับการซ่อมชิ้นงานเหล็กประเภทต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง
2. ปฏิบัติงานเล่นประสานซ่อมชิ้นงานเหล็กได้อย่างชำนาญ มีความแม่นยำและรวดเร็ว
3. มีความระมัดระวัง อดทน และมุ่งมั่นในการทำงานให้มีคุณภาพ รวมทั้งตระหนักถึงความปลอดภัย
4. สามารถนำความรู้และทักษะไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการซ่อมชิ้นงานเหล็กในสถานการณ์จริงได้

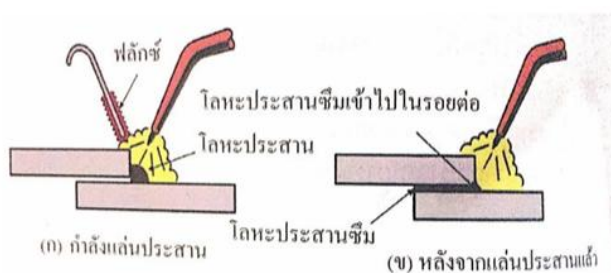
	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

ใบความรู้

หน่วยที่ 6 การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก

การเล่นประสาน การเล่นประสาน (Brazing) หมายถึง กรรมวิธีที่นำโลหะ ติดกันโดยใช้ความร้อนจากเปลวไฟหลอมละลายโลหะประสานให้ แทรกกระหว่างผิวงาน จะถูกดูดซึมเข้าไปในลักษณะการดึงดูดของโลหะ (Capillary Attraction) โดยใช้ฟลักซ์เป็นตัวช่วยให้การไหล ของลวดเชื่อมสามารถละลาย แทรกซึมเข้าไปประสานรอยต่อได้ ง่ายขึ้น โลหะประสานนี้จะประสานให้โลหะสองชิ้นติดกันโดยที่โลหะ ทั้งสองชิ้นไม่ได้หลอมละลายรวมตัวกับโลหะประสาน

หลักการการเล่นประสาน



เหมาะสำหรับงาน ดังนี้

- 1) ใช้ยึดประกอบชิ้นงานที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก เช่น งานบัดกรีเครื่องประดับต่างๆ
- 2) ไม่เกิดแนวร้าวเหมือนแนวเชื่อม งานบางประเภทไม่เป็นที่ ต้องการเพราะแนวร้าวที่เกิดจากการเชื่อมอาจจะไปขวางทางเดิน ในการท างานของเครื่องมือเครื่องจักร
- 3) ชิ้นงานไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง โครงสร้างภายในโลหะบาง ประเภทเมื่อเชื่อมแล้วความแข็งแรง กลับลดลง แต่การบัดกรีแข็ง ชิ้นงานที่ต้องการไม่หลอมละลาย
- 4) ไม่เกิดการบิดตัว เนื่องจากใช้ความร้อนน้อย 5) เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า เพราะประหยัดเวลาและ ค่าใช้จ่ายในการ เตรียมงานก่อนการเชื่อมและหลังการเชื่อม

เครื่องมือและอุปกรณ์ สำหรับงานการเล่นประสาน

ในการเล่นประสานให้โลหะติดกัน (Brazing) จะใช้เปลวไฟ จากความร้อนของแก๊สออกซิอะเซทิลีน ดังนั้น เครื่องมือและ อุปกรณ์จึงเหมือนกับการเชื่อมแก๊สดังที่กล่าวมา จะมีความ แตกต่างในกระบวนการ เท่านั้นที่ต้องใช้ลวดเชื่อมและฟลักซ์ ส าหรับการเล่นประสานโดยเฉพาะ

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

1. ลวดเล่นประสาน



ลวดเล่นประสานหรือโลหะ ประสาน เป็น ตัวยึดประสานให้ โลหะ 2 ชิ้นต่างชนิดกันหรือกับ อโลหะ ให้ติดกัน ขณะที่ เผา จนกระทั่งลวดเล่นประสาน หลอมละลาย ลวดประสานจะท า จากโลหะผสมกัน เพื่อที่จะใช้ อุณหภูมิในการเล่นประสาน

โลหะประสานจะมี 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีทองแดงเป็นส่วนผสม หลักหรือที่เรียกว่าลวดเชื่อม ทองเหลือง อีกชนิดหนึ่งจะมีเงิน เป็น ส่วนผสมหลักโดยผสมกับ ทองแดงหรือที่เรียกว่าลวดเชื่อม เงิน ซึ่งจะมีจุดหลอมละลายต่ำกว่าลวดเชื่อมทองเหลืองลวดเล่นประสานต้องเลือกให้ เหมาะสมกับชิ้นงานที่จะเล่น ประสาน เพราะการเล่นประสาน ชิ้นงานไม่หลอมละลาย จะหลอม ละลายเฉพาะลวดเล่นประสาน เท่านั้นนั่นคือ ลวดเล่นประสาน จะต้องมียุจุดหลอมละลายต่ำกว่า ชิ้นงาน

2. ฟลักซ์



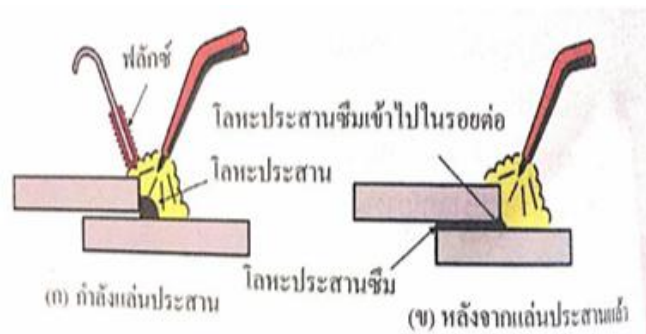
ฟลักซ์ที่ใช้ในการประสาน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ชนิดเหลว และผง เพื่อเป็นตัวทำความ สะอาดรอย เล่นประสาน ขจัด ออกไซด์ขณะเล่นประสาน และ เป็นตัวช่วยประสานท ำให้โลหะ เล่นซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่าง รอยต่อได้ง่าย

ผงฟลักซ์จะเติมลวดเชื่อมเมื่อ เผาชิ้นงานจนได้อุณหภูมิ เหมาะสมแล้ว จึงเติมลวด พร้อมฟลักซ์ลงไป ในรอยต่อ หรือ เผาชิ้นงานให้ร้อนแล้วใช้วิธีโรย ฟลักซ์บาง ๆ ลงบริเวณรอยต่อที่ จะทำการเล่นประสาน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การแล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

การให้ความร้อนในการแล่นประสาน

การให้ความร้อนกับ ชิ้นงานแล่นประสาน อาจใช้ เปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้ระหว่างแก๊สเชื้อเพลิง กับออกซิเจน หรือให้ความ ร้อนในการอบในเตาไฟฟ้า



การให้ความร้อนในการแล่นประสาน

การแล่นประสานด้วยแก๊สอะเซทิลีนกับออกซิเจนเป็นแก๊ส ที่นิยมใช้กันมากแต่ว่าแก๊สอะเซทิลีนให้ ความร้อนสูงมาก อาจ ท าให้เกิดการเผาไหม้ที่แนวแล่นประสาน มีเปลวไฟจากแก๊ส บางชนิดที่ให้ความร้อน น้อย และแล่นประสานได้นิ่มนวลกว่า นั่นคือแก๊สโพรเพน บิวเทน แก๊สเหล่านี้ จะให้ความร้อนน้อย กว่าแก๊ส อะเซทิลีนเล็กน้อย

หลักการตัดเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส

การตัดโลหะด้วยแก๊ส เกิดจากการให้ความร้อนด้วยเปลวไฟ ของหัวตัด ซึ่งเกิดจากการ ผสมกัน ระหว่างแก๊สออกซิเจนกับแก๊ส เชื้อเพลิงแล้วเผาไหม้ขึ้นงานให้ร้อน จนถึงอุณหภูมิหนึ่ง โลหะจะร้อน แดงด้วย เปลวนิวทรัล รวดเร็ว และท าให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่าง นั้นคือการพ่นออกซิเจนที่มีแรงดันสูงเข้าไปเป็น การเติม ออกซิเจนเข้าไปท าให้เกิดความร้อนสูงมาก แรงดันของแก๊ส ออกซิเจนจะเป่าโลหะให้ขาดจากกัน

เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับงานตัดด้วยแก๊ส

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตัดโลหะด้วยแก๊สใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์เช่นเดียวกันกับการเชื่อมโลหะ ด้วยแก๊สทุกอย่าง ยกเว้นหัวตัดแก๊สเท่านั้นที่ต้องใช้ตัดโลหะโดยเฉพาะ



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การแล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

หัวตัดแก๊ส (Cutting Torches)

ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็น ด้ามจับ และส่วนหัวทิพ หัวตัดแก๊สที่ใช้ กับออกซิเจน และอะเซทิลีนจะใช้ กับหัวตัดแบบอื่นไม่ได้

1 . ด้ามจับ (Torches) ด้ามจับจะมี วาล์วควบคุม 4 วาล์ว คือ วาล์ว หมุนปิด-เปิดของแก๊สออกซิเจน และวาล์วแก๊สอะเซทิลีน วาล์ว 2 ตัวนี้ใช้ปรับเปลวไฟแก๊ส สำหรับ อุณหภูมิเหมือนกับเปลวไฟการ เชื่อมทั่วไป วาล์วหมุนปี ด-เปิ ดอีกตัวเป็ น วาล์วของแก๊สออกซิเจนส สำหรับ ตัด และวาล์วตัวสุดท้ายเป็ น วาล์วกด



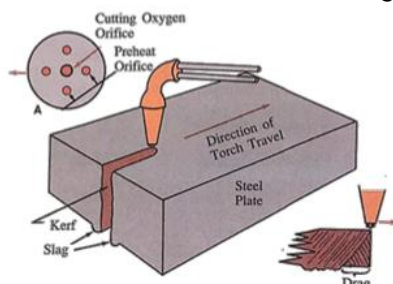
2 . หัวทิพ (Cutting tip) หัวทิพจะ ประกอบด้วยส่วนปลายของ ด้ามจับ ภายในหัวทิพจะมีรู สำหรับอุณหภูมิจึงเป็นรูเล็ก ๆ เรียงกันเป็นรูปวงรีรูหนึ่งที่อยู่ ตรงกลาง



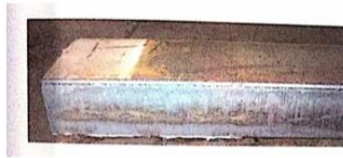
ลักษณะรอยตัดด้วยแก๊ส

ลักษณะรอยตัดที่ดีประกอบด้วยความถูกต้องหรือสิ่งที่ ควรระวัง คือ ความร้อนในการอุณหภูมิจึงไม่นานเกินไป ระยะห่าง ของหัวทิพและชิ้นงานต้องสม่ำเสมอ ความเร็วในการเคลื่อน หัวทิพไม่เร็วหรือช้าเกินไป และแรงดันของออกซิเจนต่ำน้อยไป จะไม่ขาดหรือถ้ามากเกินไปรอยตัดก็จะไม่เรียบ

1. Kerf คือ ความกว้างของร่องตัด เป็นส่วนเนื้อที่หายไปเนื่องจาก กลายเป็นเหล็กออกไซด์
2. Drag คือ ระยะล้าหลัง หรือรอยเยื้องกันของแนวตัด ซึ่ง Drag มีผลมาจากความเร็วในการตัด



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24



ลักษณะรอยตัดที่ดี
ผิวจะต้องเรียบสม่ำเสมอ



ลักษณะรอยตัดที่ไม่ดี หัวทิพสกปรก
และการผสมของแก๊สไม่เหมาะสม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

ใบแบบฝึกหัดโมดูลย่อยที่ 6

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- อธิบายหลักการของการเล่นประสาน (Brazing) แตกต่างจากการเชื่อม (Welding) อย่างไร

.....

.....

.....

- ข้อดีของการใช้การเล่นประสานในการซ่อมชิ้นงานเหล็กมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

- วัสดุประสานที่นิยมใช้ในการเล่นประสานเหล็กคืออะไร? เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้วัสดุนั้น

.....

.....

.....

- การเตรียมผิวชิ้นงานก่อนการเล่นประสานมีขั้นตอนอย่างไร และมีความสำคัญอย่างไร

.....

.....

.....

- ฟลักซ์ (Flux) ที่ใช้ในการเล่นประสานมีหน้าที่อะไร? และควรเลือกใช้อย่างไรให้เหมาะสม

.....

.....

.....

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

ใบเฉลยแบบฝึกหัดโมดูลที่ 6

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- อธิบายหลักการของการเล่นประสาน (Brazing) แตกต่างจากการเชื่อม (Welding) อย่างไร?
 - การเล่นประสานคือการเชื่อมต่อโลหะโดยใช้ โลหะประสาน (filler metal) ที่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าโลหะฐาน
 - ไม่ทำให้โลหะฐานหลอมเหลว (ต่างจากการเชื่อมซึ่งโลหะฐานต้องหลอมบางส่วน)
 - โลหะประสานจะไหลเข้าไปในรอยต่อด้วยแรงตึงผิว (Capillary Action)
 - อุณหภูมิการทำงานของการเล่นประสานมักต่ำกว่า 450–900°C
- ข้อดีของการใช้การเล่นประสานในการซ่อมชิ้นงานเหล็กมีอะไรบ้าง?
 - ลดการบิดตัวของชิ้นงาน เพราะใช้ความร้อนต่ำ
 - สามารถเชื่อมต่อโลหะต่างชนิดกันได้
 - งานซ่อมประณีต ไม่เสียรูปร่างของชิ้นงาน
 - เหมาะกับงานบาง งานละเอียด และชิ้นงานที่ไม่สามารถใช้การเชื่อมแบบหลอมโลหะได้
- วัสดุประสานที่นิยมใช้ในการเล่นประสานเหล็กคืออะไร? เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้วัสดุนั้น?
 - นิยมใช้ ทองเหลือง (Brass) หรือโลหะประสานที่มีส่วนผสมของทองแดง-สังกะสี
 - เพราะมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าเหล็ก และสามารถยึดเกาะกับเหล็กได้ดี
 - ให้แนวประสานที่แข็งแรงและทนต่อแรงกระแทก
 - บางกรณีใช้ลวดเงิน (Silver Brazing) เมื่อเน้นความแข็งแรงและความแม่นยำ
- การเตรียมผิวชิ้นงานก่อนการเล่นประสานมีขั้นตอนอย่างไร และมีความสำคัญอย่างไร?
 - ต้อง ขัดสนิม/คราบออกไซด์ ออกจากผิวชิ้นงาน
 - ล้างคราบไขมันหรือน้ำมันออกให้หมด
 - ใช้แปรงลวดหรือกระดาษทรายทำความสะอาด
 - การเตรียมผิวที่สะอาดช่วยให้โลหะประสานไหลได้ดีและยึดเกาะแน่น
 - ป้องกันฟองอากาศหรือช่องว่างในแนวประสาน
- ฟลักซ์ (Flux) ที่ใช้ในการเล่นประสานมีหน้าที่อะไร? และควรเลือกใช้อย่างไรให้เหมาะสม?
 - ฟลักซ์มีหน้าที่ ขจัดและป้องกันออกไซด์ ที่ผิวโลหะระหว่างให้ความร้อน
 - ช่วยให้โลหะประสานไหลได้ดีและเกาะแน่นกับโลหะฐาน
 - ต้องเลือกฟลักซ์ที่ เหมาะกับอุณหภูมิการทำงาน และชนิดของโลหะเช่นฟลักซ์ชนิดพิเศษสำหรับเหล็ก
 - การเลือกผิดอาจทำให้แนวประสานอ่อนแรงหรือไม่ติด

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

ใบปฏิบัติงานโมดูลที่ 6

เรื่อง การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก

1. ให้นักเรียนหลักฐานการปฏิบัติงาน

- ชิ้นงานที่ได้รับการซ่อมด้วยเทคนิคการเล่นประสาน
- บันทึกขั้นตอนการปฏิบัติงาน
- ผลการตรวจสอบคุณภาพงาน
- ภาพถ่ายผลงานก่อนและหลังการซ่อม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

แบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 6

- คำชี้แจง :**
- แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ
 - ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
 - เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
- การเล่นประสาน (Brazing) แตกต่างจากการเชื่อมทั่วไปอย่างไร
 - ใช้โลหะพื้นหลอมละลายร่วมกัน
 - ใช้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของโลหะพื้น
 - ใช้กระแสไฟฟ้าแรงสูงเท่านั้น
 - ต้องใช้แก๊สเฉพาสำหรับเหล็กกล้าเท่านั้น
 - ข้อใดเป็นข้อดีของการเล่นประสานในงานซ่อมชิ้นงานเหล็ก
 - ไม่สามารถใช้กับวัสดุหลายชนิด
 - แนวประสานแข็งแรงกว่าการเชื่อม
 - ลดการบิดเบี้ยวจากความร้อนสูง
 - ต้องใช้ไฟฟ้ากำลังสูงในการทำงาน
 - ข้อใดคือวัสดุประสานที่นิยมใช้ในการเล่นประสานเหล็ก
 - ทองเหลือง (Brass)
 - อะลูมิเนียม
 - เหล็กกล้าคาร์บอน
 - ดีบุกบริสุทธิ์
 - ก่อนการเล่นประสาน ควรเตรียมผิวชิ้นงานอย่างไร
 - ขัดด้วยแปรงเหล็กและเคลือบด้วยน้ำมัน
 - ล้างด้วยน้ำเปล่าแล้วปล่อยให้แห้ง
 - ทำความสะอาดให้ปราศจากคราบน้ำมัน และขีดสนิมออก
 - ใช้สีพ่นเคลือบเพื่อให้โลหะติดง่ายขึ้น
 - การใช้ฟลักซ์ (Flux) ในการเล่นประสานมีหน้าที่อะไร
 - ทำให้โลหะประสานแข็งขึ้น
 - ทำให้เกิดประกายไฟ
 - ป้องกันการเกิดออกไซด์บนผิวโลหะ
 - ช่วยให้โลหะพื้นหลอมละลายได้ดีขึ้น

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 6

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				



คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้คะแนน คะแนน
 สรุปผล () ผ่านเกณฑ์
 () ไม่ผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ ผู้ตรวจ
 (.....)

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 6 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานในกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 6
		สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 24

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 6

ข้อที่	คำตอบ
1.	ข
2.	ค
3.	ก
4.	ค
5.	ค



หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

รายวิชา งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ

รหัสวิชา 30103-2021

บทเรียนโมดูลที่ 7

เรื่อง การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

อาชีวศึกษาจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ



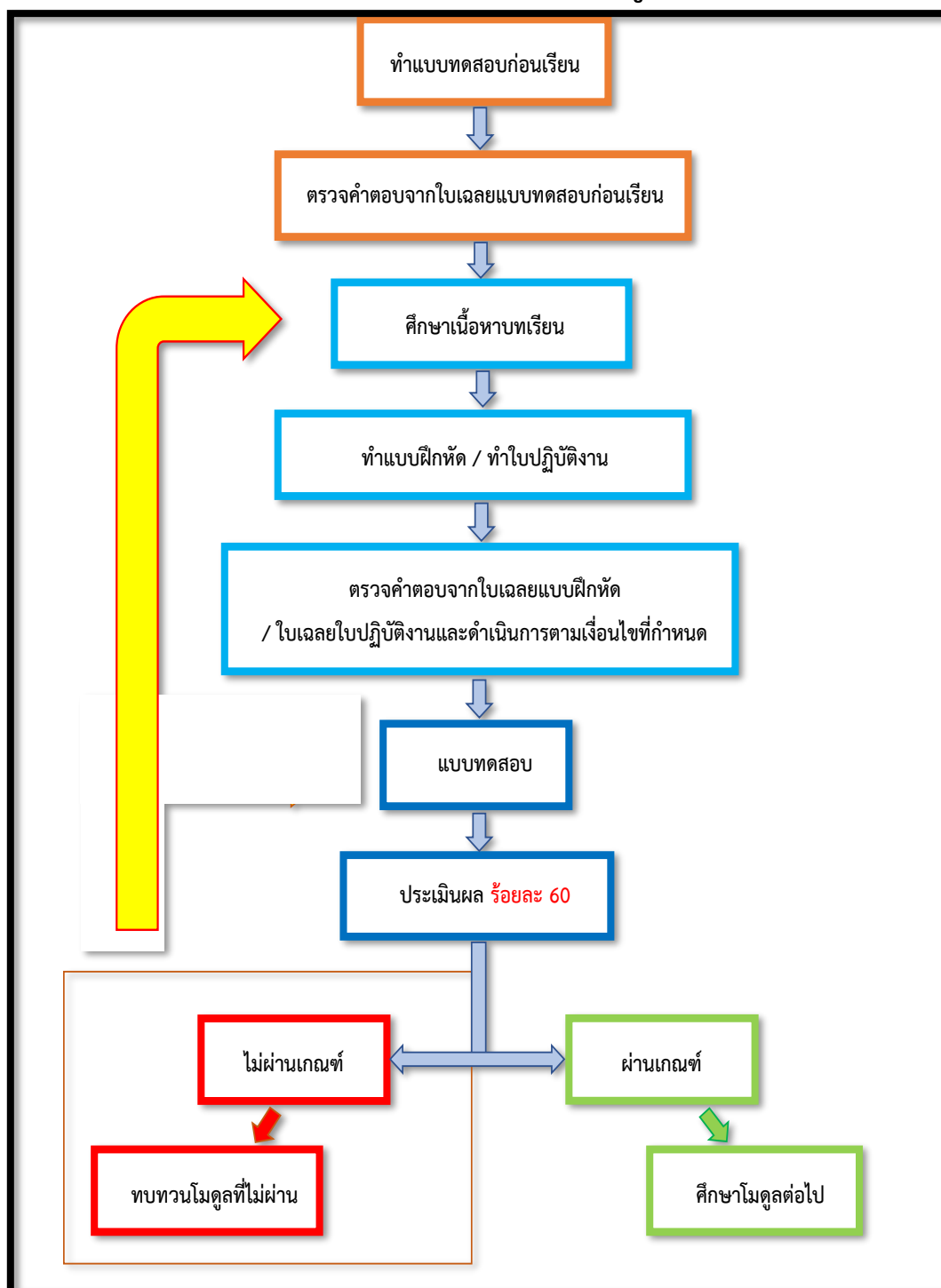
หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ
โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก

หน่วยที่ 7

14-15

ชั่วโมงรวม 24

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล



	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 7

คำแนะนำสำหรับผู้เรียน

ก่อนที่จะเริ่มต้นศึกษาวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ ควรจะศึกษารายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ เพื่อจะได้มีแนวคิดในการปฏิบัติงานโดยทั่วไป จะสามารถให้ความรู้และเกิดประโยชน์แก่ผู้สอน ผู้เรียน ตลอดจนผู้สนใจศึกษาทั่วไปเป็นอย่างดี

ส่วนประกอบบทเรียนโมดูลประกอบด้วย

1. ใบแบบทดสอบก่อนเรียนและใบกระดาษคำตอบ
2. ใบเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน
3. ใบจุดประสงค์
4. ใบความรู้
5. ใบแบบฝึกหัด
6. ใบเฉลยแบบฝึกหัด
7. ใบปฏิบัติงาน
8. ใบแบบทดสอบหลังเรียนและใบกระดาษคำตอบ
9. ใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 7

คำแนะนำในการใช้บทเรียนโมดูล

1. ให้ผู้เรียนศึกษาหลักการและเหตุผล (Prospectus) และจุดมุ่งหมาย (Objectives) ของบทเรียนโมดูลให้เข้าใจ
2. ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามคำแนะนำและขั้นตอนการใช้อย่างเคร่งครัด
3. ผู้เรียนต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง โดยไม่เปิดดูใบเฉลยคำตอบก่อนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบฝึกหัด/ใบปฏิบัติงาน และแบบทดสอบหลังเรียนเพราะจะทำให้ผู้เรียนขาดความมั่นใจในการเรียนด้วยตนเองและไม่เกิดความเข้าใจที่แท้จริง
4. บทเรียนโมดูลนี้ ผู้เรียนสามารถใช้เรียนได้ตามความต้องการ ความพร้อมและความสะดวกโดยไม่จำกัดเวลาเรียน และสถานที่เรียน

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล

1. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนโดยทำเฉพาะข้อที่ผู้เรียนมีความรู้แท้จริง โปรดอย่าเดาคำตอบ ถ้าข้อใดไม่มีความรู้ให้ข้ามข้อนั้นไป โดยทำลงในกระดาษคำตอบ
2. ดูเฉลยใบแบบทดสอบก่อนเรียนแล้วประเมินผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียน เป็นการวัดพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนโดยไม่มีผลใด ๆ ต่อคะแนนในการเรียนบทเรียนโมดูลนี้
3. ให้ผู้เรียนศึกษาจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. ให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาบทเรียนจากใบเนื้อหาให้มีความรู้ความเข้าใจ
5. เมื่อศึกษาเนื้อหาบทเรียนเข้าใจดีแล้ว ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด/ใบปฏิบัติงานในบทเรียนนั้น ๆ ลงในใบแบบฝึกหัด / ใบปฏิบัติงาน

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 7

ขั้นตอนการใช้บทเรียนโมดูล (ต่อ)

- เมื่อทำแบบฝึกหัด/ปฏิบัติงานแล้วให้ตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบฝึกหัด/ใบเฉลยการปฏิบัติงาน
- ถ้าผ่านเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน แต่ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินให้กลับไปเรียนเนื้อหาเดิม และทำแบบฝึกหัด/ปฏิบัติงานใหม่อีกครั้ง
- เมื่อผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินแล้ว ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียนโดยทำลงในกระดาษคำตอบ
- ตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียน
- ถ้าผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดผู้เรียนต้องเรียนซ่อมเสริมทบทวนเนื้อหาของบทเรียนโมดูลนี้ จนกว่าจะผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนด

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มหลัก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

คำชี้แจงใช้บทเรียนโมดูลที่ 7

หลักการและเหตุผล (Prospectus)

ก่อนที่จะเริ่มต้นศึกษาวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะนี้ ควรจะศึกษารายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชาการบริการวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะเสียก่อน เพื่อจะได้มีแนวคิดเกี่ยวกับวิชางานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะและเป็นการเตรียมพร้อมที่จะศึกษาวิชานี้ รวมทั้งแนวทางการศึกษาต่อ ซึ่งเนื้อหาที่จะนำมาศึกษาในโมดูลนี้ จะมีเนื้อหาเกี่ยวกับ การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มหลัก

จุดมุ่งหมาย (Objective)

เมื่อผู้เรียนได้ศึกษาและทดสอบผ่านบทเรียนโมดูลนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความรู้ในเรื่องการเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มหลัก

ความรู้พื้นฐาน (Prerequisites)

ในการเรียนบทเรียนโมดูลนี้ให้ได้ผลดีนั้น ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานด้านการเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มหลัก

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

แบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 7

- คำชี้แจง :**
- แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ
 - ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
 - เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
- ข้อใดเป็นตัวอย่างของวัสดุนอกกลุ่มเหล็กที่สามารถนำมาซ่อมด้วยวิธีการเล่นประสาน
 - เหล็กกล้าคาร์บอน
 - สแตนเลส
 - ทองแดง
 - เหล็กหล่อ
 - โลหะประสานใดที่นิยมใช้ในการเล่นประสานชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก เช่น ทองแดงหรือทองเหลือง
 - เงินผสม (Silver alloy)
 - เหล็กผสมโครเมียม
 - ดีบุกบริสุทธิ์
 - อะลูมิเนียมแมกนีเซียม
 - ข้อใดต่อไปนี้คือข้อดีของการใช้การเล่นประสานกับวัสดุนอกกลุ่มเหล็ก
 - ไม่ต้องเตรียมพื้นผิวก่อน
 - ใช้ความร้อนสูงกว่า 1500°C
 - สามารถเชื่อมโลหะต่างชนิดกันได้
 - แนวประสานต้องหลอมโลหะพื้นด้วยเสมอ
 - ในงานเล่นประสานชิ้นงานทองแดง ควรเลือกฟลักซ์แบบใด
 - ฟลักซ์ชนิดกรดเข้มข้น
 - ฟลักซ์ชนิดต่าง
 - ฟลักซ์ชนิดบอแรกซ์ผสม
 - ไม่ต้องใช้ฟลักซ์
 - เหตุใดการควบคุมอุณหภูมิในการเล่นประสานจึงสำคัญมากในงานกับวัสดุนอกกลุ่มเหล็ก
 - เพราะวัสดุนอกกลุ่มเหล็กมีความแข็งแรงสูง
 - เพราะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากความร้อน
 - เพราะต้องการให้โลหะพื้นหลอมตัว
 - เพราะฟลักซ์จะระเหยทันที

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 7

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				



คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้คะแนน คะแนน
 สรุปผล () ผ่านเกณฑ์
 () ไม่ผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ ผู้ตรวจ
 (.....)

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนโมดูลที่ 7

ข้อที่	คำตอบ
1.	ค
2.	ก
3.	ค
4.	ค
5.	ข

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มหลัก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

หลังจากที่ผู้เรียนได้ศึกษาเรื่องนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายคุณสมบัติของโลหะนอกกลุ่มหลักและหลักการเลือกใช้เทคนิคการเล่นประสานที่เหมาะสมได้อย่างถูกต้อง
2. ปฏิบัติงานเล่นประสานซ่อมชิ้นงานทองแดง ทองเหลือง และอะลูมิเนียมได้อย่างชำนาญและมีความประณีต
3. มีความอดทน ความละเอียดรอบคอบ และความรับผิดชอบในการทำงานกับวัสดุที่มีค่า รวมทั้งตระหนักถึงความปลอดภัย
4. สามารถวิเคราะห์และเลือกใช้เทคนิคการเล่นประสานที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการซ่อมโลหะนอกกลุ่มหลักในสถานการณ์จริงได้

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

ใบความรู้

หน่วยที่ 7 การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก

โลหะนอกกลุ่มเหล็ก (Non-ferrous Metal) หรือโลหะที่ไม่ใช่เหล็กในทางอุตสาหกรรมการผลิตแล้วจะใช้ประมาณ 25% โดยน้ำหนักของโลหะเหล็กเท่านั้น อาจเนื่องมาด้วยการขาดความแข็งแรงทางด้านโครงสร้างหรือคุณสมบัติทางเชิงกลที่ไม่ดีนัก จึงทำให้การนำไปใช้โดยตรงไม่เป็นที่นิยม แต่จะถูกใช้ในรูปแบบของสารผสมเพิ่มหรือธาตุที่เพิ่มเติมคุณสมบัติพิเศษให้กับโลหะอื่น ๆ เช่น คุณสมบัติทางด้านความทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดและด่าง การนำไฟฟ้า หรือการทำให้โลหะอื่นง่ายต่อการขึ้นรูป

การถลุง (Smelting) โลหะที่ไม่ใช่เหล็กนั้นจะเริ่มจากการคัดแยกหรือแต่งสินแร่ (Ore Dressing) ก่อนแล้วจึงนำไปถลุงในเตาสูง (Blast Furnace) ที่นำมาใช้ในการถลุงโลหะที่ไม่ใช่เหล็กนั้นจะมีลักษณะ และรูปร่างรวมทั้งคุณสมบัติเหมือนกับเตาสูงที่ใช้สำหรับผลิตเหล็กดิบ (Pig Iron) ยกเว้นเพียงแต่มีขนาดเล็กกว่า และ ถลุงในเตาสะท้อน (Reverberatory Furnace) ซึ่งเป็นเตาอีกชนิดที่นิยมใช้กันมากในการถลุงโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก โดยจะมีการใช้ตัวล่อชี้ตะกรัน (Slag Inducer) หรือ ฟลักซ์ (Flux) ลงไปเพื่อลดการออกซิเดชัน (Oxidation)

โลหะที่ไม่ใช่เหล็กสามารถแบ่งออกตามความหนาแน่นได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

โลหะหนัก (Heavy Metal) คือโลหะที่ไม่ใช่เหล็กที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า 5 kg/dm³ เช่น ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี ดีบุก และทองเหลือง

โลหะเบา (Light Metal) คือโลหะที่ไม่ใช่เหล็กที่มีความหนาแน่นมากกว่า 5 kg/dm³ เช่น อลูมิเนียม แมกนีเซียม เบริลเลียม โซเดียม แคลเซียม และลิเทียม.

1.ทองแดง (Copper)

เป็นโลหะที่ไม่ใช่เหล็กที่ใช้มาก มาเป็นที่สองรองมาจากเหล็ก มีสัญลักษณ์ทางเคมี คือ Cu มีความแข็งตามสเกลของมอร์ (Moh's scale) 2.5 – 3.0 มีจุดหลอมเหลว 1083o C จุดเดือดที่ 2595o C อ่อนตัวที่ 20o C มีความหนาแน่น 8.89 มีความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity) 1.71 ที่ 20o C และมีความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) ในแนวตั้ง และโดยน้ำหนักที่เด่นมากเป็นรองก็แต่เงินและอลูมิเนียมเท่านั้น มนุษย์รู้จักใช้ประโยชน์ของทองแดง ทำเครื่องใช้ไม้สอยและอาวุธต่าง ๆ ตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์ที่เรียกว่ายุคสัมฤทธิ์ (Bronzeage) มาตราบจนปัจจุบันนี้ทองแดงยังเป็นโลหะที่ใช้งานอย่างแพร่หลายมาก มาเป็นที่สองรองลงมาจากเหล็กและเป็นโลหะที่สำคัญในกลุ่มโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก (Non – Ferrous Metals) ทองแดงเป็นวัสดุที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดีและมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนดีอีกด้วย ดังนั้นทองแดงจึงถูกใช้เป็นส่วนประกอบของหม้อต้มน้ำเครื่องถ่ายเทความร้อน ฯลฯ คุณสมบัติของทองแดงอีกประการหนึ่งก็คือมีความต้านทานจำเพาะต่ำ เป็นที่สองรองจากเงิน ปริมาณทองแดงที่ผลิตได้ประมาณครึ่งหนึ่งใช้ในการอุตสาหกรรมไฟฟ้า เช่น ใช้ทำสายไฟฟ้าขดลวดที่ใช้ในมอเตอร์และγενเนอเรเตอร์ (Generators) ไฟฟ้า ฯลฯ ความต้านทานจำเพาะของทองแดงที่มีค่าสูงกว่าเงินเพียงเล็กน้อยและต่ำกว่าอลูมิเนียมประโยชน์ในด้านอื่น ๆ

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การแล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

ทองแดงก็คือโลหะสำหรับผสมเป็นโลหะผสม (Alloy) มีหลายชนิด เช่น ทองเหลือง (Brass) ทองบรอนซ์ (Bronze) พวกโลหะโมเนล และใช้ทำลวด Thermocouple ชนิด Copper – Constant
ทองแดงและทองแดงผสมมีคุณสมบัติดีเด่นหลายประการ เช่น

1. คุณสมบัติต้านทานแรงดึงดี และมีช่วงพิคตกกว้าง (ขึ้นกับชนิดของทองแดงและกรรมวิธีผลิต)
- ทองแดงบริสุทธิ์มีคุณสมบัติอ่อนและเหนียวสามารถรีดให้เป็นแผ่นบาง ๆ ขนาด 1/500" สามารถดึงเป็นเส้นลวดเล็ก ๆ ขนาด 1/1000" โดยไม่ขาดทุบตีเป็นวัตถุสำเร็จรูปโดยไม่มีการแตกร้าว
2. ความเหนียวของทองแดงสูงมากสามารถขึ้นรูปโดยไม่เสี่ยงต่อการแตกหัก
3. เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีมาก (100 เปอร์เซนต์ แต่เงิน 106 เปอร์เซนต์)
4. เป็นตัวนำความร้อนที่ดีมาก (100 เปอร์เซนต์ แต่เงิน 108 เปอร์เซนต์)
5. กลึงไสขึ้นรูปได้ง่าย เมื่อผสมธาตุอื่นบางตัวเข้าไป
6. ต้านทานความล้าได้ดี
7. ไม่มีสารแม่เหล็ก
8. ทนทานต่อการกัดกร่อนโดยเฉพาะเมื่อใช้กับกรดและน้ำทะเล
9. ทดทานต่อการสึกกร่อน (wear resistance)
10. มีสีสวยน้ำใช้
11. ทองแดงและโลหะผสมทองแดงแทบทุกชนิดสามารถเชื่อมได้อย่างง่ายดาย

โดยทั่วไปเราเรียกโลหะว่าทองแดง (Copper) เมื่อโลหะนั้นเป็นทองแดงเกือบบริสุทธิ์มีสิ่งแปลกปนอื่น ๆ ผสมปนอยู่ไม่เกิน 0.5% โดยน้ำหนักและเรียกว่าทองแดงผสมหรือโลหะผสมของทองแดงเมื่อโลหะนั้นมีทองแดง เป็นธาตุที่ผสมอยู่มากที่สุด แต่ไม่น้อยกว่า 40% และไม่สูงกว่า 99% โดยน้ำหนัก

โลหะผสมทองแดง

ทองแดงบริสุทธิ์มีคุณสมบัตินำไฟฟ้าและความร้อนที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับโลหะเชิงพาณิชย์อื่นๆ ทองแดงที่ผลิตได้มากกว่าครึ่งหนึ่งถูกนำไปใช้ในงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีโลหะผสมทองแดงมากกว่า 400 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน เพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน กระบวนการผลิต และสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย โลหะผสมถูกสร้างขึ้นโดยการนำโลหะสองชนิดหรือมากกว่ามาหลอมรวมกันเป็นวัสดุแข็ง เรียนรู้เพิ่มเติมจากตัวอย่างด้านล่าง

ทองเหลือง

เป็นคำทั่วไปสำหรับโลหะผสมทองแดง-สังกะสีซึ่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป เช่น ความแข็งแรง ความสามารถในการตัดเฉือน ความเหนียว ความทนทานต่อการสึกหรอ ความแข็ง สี การนำไฟฟ้าและความร้อน และความทนทานต่อการกัดกร่อน

บรอนซ์

โลหะผสมทำมาจากทองแดงและดีบุก และถือเป็นโลหะผสมกลุ่มแรกที่ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อประมาณ 4,000 ปีก่อนในยุคสำริด

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

ทองแดง-นิกเกิล

โลหะผสมมีความทนทานต่อการกัดกร่อนทางทะเลและการเกิดตะกรันทางชีวภาพได้ดีเยี่ยม การเติมนิกเกิลลงในทองแดงช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความต้านทานการกัดกร่อนโดยไม่เปลี่ยนแปลงความเหนียว

นิกเกิล-ซิลเวอร์

โลหะผสมเหล่านี้ทำจากทองแดง นิกเกิล และสังกะสี และบางครั้งถูกจัดว่าเป็นทองเหลืองชนิดพิเศษ โลหะผสมเหล่านี้มีรูปลักษณะสีเงินที่สวยงาม แทนที่จะเป็นสีทองเหลืองทั่วไป การใช้งานทั่วไป ได้แก่ เหรียญและของประดับตกแต่ง

เบริลเลียมคอปเปอร์

โลหะผสมเบริลเลียมถูกนำมาใช้เนื่องจากมีความแข็งแรงสูงและนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี มีคุณสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับเหล็กกล้า โลหะผสมความแข็งแรงสูง อย่างไรก็ตาม โลหะผสมเบริลเลียม-ทองแดงมีความต้านทานการกัดกร่อนได้ดีกว่าเหล็กกล้า โลหะผสมเบริลเลียม-ทองแดงแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ โลหะผสมความแข็งแรงสูงและโลหะผสมที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูง

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มหลัก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

ใบแบบฝึกหัดโมดูลย่อยที่ 7

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- อธิบายความแตกต่างระหว่างการเชื่อม การเชื่อมประสาน (brazing) และการบัดกรี (soldering)

.....

.....

.....

- ให้ระบุขั้นตอนการเตรียมพื้นผิวของชิ้นงานทองแดงก่อนการเล่นประสาน

.....

.....

.....

- จงเลือกใช้ลวดประสานและฟลักซ์ที่เหมาะสมในการซ่อมรอยร้าวของท่ออะลูมิเนียม และอธิบายเหตุผลในการเลือก

.....

.....

.....

- เมื่อทำการเล่นประสานแล้ว พบว่ารอยประสานหลุดล่อนง่าย เกิดจากสาเหตุใดได้บ้าง และมีวิธีแก้ไขอย่างไร

.....

.....

.....

- ให้นักเรียนวาดภาพแสดงการเล่นประสานท่อทองเหลืองเข้ากับข้อต่อ พร้อมเขียนคำอธิบายประกอบในแต่ละขั้นตอน

.....

.....

.....

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

ใบเฉลยแบบฝึกหัดโมดูลย่อยที่ 7

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. อธิบายความแตกต่างระหว่างการเชื่อม การเชื่อมประสาน (brazing) และการบัดกรี (soldering)

วิธี	อุณหภูมิ	ลักษณะการทำงาน	วัสดุประสาน	ตัวอย่างวัสดุที่เชื่อมได้
การเชื่อม (Welding)	$> 1500^{\circ}\text{C}$	หลอมละลายชิ้นงานให้ติดกันโดยตรง	ไม่มีลวดประสาน (หรือมีลวดเติม)	เหล็ก สแตนเลส อลูมิเนียม ฯลฯ
การเชื่อมประสาน (Brazing)	$\sim 450^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$	ใช้ลวดประสานหลอมละลายไหลเข้าไปในรอยต่อ	ทองเหลือง, เงิน, อลูมิเนียม	ทองแดง ทองเหลือง อลูมิเนียม
การบัดกรี (Soldering)	$< 450^{\circ}\text{C}$	เหมือนการเชื่อมประสานแต่ใช้ความร้อนต่ำกว่า	ดีบุก-ตะกั่ว, ตะกั่ว-เงิน ฯลฯ	แผงวงจรไฟฟ้า ท่อทองแดง

2. ให้ระบุขั้นตอนการเตรียมพื้นผิวของชิ้นงานทองแดงก่อนการเล่นประสาน

คำตอบ:

- ขัดผิวชิ้นงานด้วยกระดาษทรายหรือแปรงลวดให้สะอาด (เอาคราบออกไซด์ออก)
- เช็ดผิวด้วยผ้าสะอาดชุบน้ำมันหรือแอลกอฮอล์เพื่อล้างไขมัน
- ทาฟลักซ์ (Flux) ให้ทั่วบริเวณที่จะประสาน
- ตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนให้ความร้อน

3. เลือกใช้ลวดประสานและฟลักซ์ที่เหมาะสมในการซ่อมรอยร้าวของท่ออะลูมิเนียม

คำตอบ:

- ใช้ลวดประสานที่ทำจาก อลูมิเนียมผสมซิลิคอน (Al-Si)
เช่น ลวดประสานชนิด AL4045 หรือ AL4047
- ฟลักซ์ที่ใช้ควรเป็นแบบเฉพาะสำหรับอะลูมิเนียม เช่น ฟลักซ์ชนิดผงหรือเจลสำหรับอะลูมิเนียม

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

4. รอยประสานหลุดง่าย เกิดจากสาเหตุใด และแก้ไขอย่างไร

คำตอบ:

- สาเหตุที่ 1: พื้นผิวชิ้นงานสกปรก (มีคราบน้ำมัน/ออกไซด์)
 - วิธีแก้: เตรียมพื้นผิวใหม่ ขัดและล้างให้สะอาดก่อนการประสาน
- สาเหตุที่ 2: ใช้ความร้อนไม่เหมาะสม (น้อยเกินไปหรือร้อนเกินไป)
 - วิธีแก้: ควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม โดยใช้ไฟแบบหัวเปลวเฉพาะจุด
- สาเหตุที่ 3: ใช้ฟลักซ์ไม่เพียงพอ
 - วิธีแก้: ทาฟลักซ์ให้ทั่วและพอเหมาะก่อนประสาน

5. วาดภาพแสดงการเล่นประสานท่อทองเหลืองเข้ากับข้อต่อ พร้อมอธิบาย

คำตอบ:

(คุณสามารถให้ฉันทวาดภาพแบบง่าย ๆ ประกอบได้ หากต้องการภาพ)

คำอธิบายขั้นตอน:

- เตรียมผิวงาน – ขัดและทำความสะอาดผิวของท่อและข้อต่อทองเหลือง
- ทาฟลักซ์ – ทาฟลักซ์บริเวณปลายท่อและด้านในข้อต่อ
- สอดท่อเข้ากับข้อต่อ – ให้แนบสนิท
- ให้ความร้อน – ใช้ไฟเป่าไปรอบ ๆ จุดประสานอย่างสม่ำเสมอ
- เติมลวดประสาน – เมื่อร้อนพอให้เติมลวดประสานให้ไหลเข้าไปในรอยต่อ
- ปลอ่ยให้เย็น – ปลอ่ยให้เย็นลงธรรมชาติ ห้ามใช้น้ำราด

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

ใบปฏิบัติงานโมดูลที่ 7

เรื่อง การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก

1. ให้นักเรียนเลือกใช้โลหะผสมและเทคนิคการเล่นประสานที่เหมาะสมกับโลหะนอกกลุ่มเหล็กแต่ละประเภท

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

แบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 7

- คำชี้แจง :**
- แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ
 - ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
 - เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
- ข้อใดเป็นตัวอย่างของวัสดุนอกกลุ่มเหล็กที่สามารถนำมาซ่อมด้วยวิธีการเล่นประสาน
 - เหล็กกล้าคาร์บอน
 - สแตนเลส
 - ทองแดง
 - เหล็กหล่อ
 - โลหะประสานใดที่นิยมใช้ในการเล่นประสานชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก เช่น ทองแดงหรือทองเหลือง
 - เงินผสม (Silver alloy)
 - เหล็กผสมโครเมียม
 - ดีบุกบริสุทธิ์
 - อะลูมิเนียมแมกนีเซียม
 - ข้อใดต่อไปนี้คือข้อดีของการใช้การเล่นประสานกับวัสดุนอกกลุ่มเหล็ก
 - ไม่ต้องเตรียมพื้นผิวก่อน
 - ใช้ความร้อนสูงกว่า 1500°C
 - สามารถเชื่อมโลหะต่างชนิดกันได้
 - แนวประสานต้องหลอมโลหะพื้นด้วยเสมอ
 - ในงานเล่นประสานชิ้นงานทองแดง ควรเลือกฟลักซ์แบบใด?
 - ฟลักซ์ชนิดกรดเข้มข้น
 - ฟลักซ์ชนิดต่าง
 - ฟลักซ์ชนิดบอแรกซ์ผสม
 - ไม่ต้องใช้ฟลักซ์
 - เหตุใดการควบคุมอุณหภูมิในการเล่นประสานจึงสำคัญมากในงานกับวัสดุนอกกลุ่มเหล็ก
 - เพราะวัสดุนอกกลุ่มเหล็กมีความแข็งแรงสูง
 - เพราะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากความร้อน
 - เพราะต้องการให้โลหะพื้นหลอมตัว
 - เพราะฟลักซ์จะระเหยทันที

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มหลัก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 7

ชื่อ-สกุล..... ระดับ..... รหัสนักเรียน/นักศึกษา.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				



คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้คะแนน คะแนน
 สรุปผล () ผ่านเกณฑ์
 () ไม่ผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ ผู้ตรวจ
 (.....)

	หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชา : งานเชื่อมและประกอบโครงสร้างโลหะ โมดูลที่ 7 : การเล่นประสานซ่อมชิ้นงานนอกกลุ่มเหล็ก	หน่วยที่ 7
		14-15
		ชั่วโมงรวม 24

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนโมดูลที่ 7

ข้อที่	คำตอบ
1.	ค
2.	ก
3.	ค
4.	ค
5.	ข