

## บทที่ 2

### องค์ประกอบกรเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

สัปดาห์ที่ 5    2.2 ลวดเชื่อมและมาตรฐานของลวดเชื่อมไฟฟ้า

ใบงานที่ 6    งานเชื่อมต่อตัวที่ทำราบ

## บทที่ 2

### องค์ประกอบ การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

#### บทนำ

การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Shielded Metal Arc Welding: SMAW) ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อม ซึ่งใช้ลวดเชื่อมที่มีสารพอกหุ้มทำหน้าที่เป็นตัวอาร์กกับโลหะงาน โดยอาศัยความร้อนจากการอาร์กของไฟฟ้าที่มีกระแสสูง ลวดเชื่อมนี้จะทำหน้าที่เป็นโลหะเติมลงในแนวเชื่อม ขณะเดียวกันฟลักซ์หรือสารพอกหุ้มก็จะทำหน้าที่สร้างแก๊สคลุมแนวเชื่อม เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกมาสัมผัสและสร้างสแลกคลุมแนวเชื่อมขณะหลอมเหลวและแข็งตัว

ในบทเรียนนี้ จะกล่าวถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ประกอบด้วย วงจรพื้นฐานของการเชื่อมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อม องค์ประกอบที่มีผลต่อคุณภาพของแนวเชื่อม อันตรายในการเชื่อม การป้องกันอันตรายจากการเชื่อมความปลอดภัยในการเชื่อม และข้อจำกัดของการเชื่อม

#### เนื้อหา

##### 2.2 ลวดเชื่อมและมาตรฐานของลวดเชื่อมไฟฟ้า

#### จุดประสงค์ของบทเรียน

1. บอกชนิดของลวดเชื่อมไฟฟ้าได้ถูกต้อง
2. อธิบายโครงสร้างของลวดเชื่อมไฟฟ้าได้ถูกต้อง
3. บอกหน้าที่ของสารพอกหุ้มหรือฟลักซ์ได้ถูกต้อง
4. บอกคุณสมบัติของฟลักซ์หุ้มลวดเชื่อมไฟฟ้าได้ถูกต้อง
5. อธิบายรายละเอียดลวดเชื่อมไฟฟ้าระบบมาตรฐานของอเมริกา ได้ถูกต้อง
6. บอกการเก็บรักษาลวดเชื่อมไฟฟ้าได้ถูกต้อง
7. ปฏิบัติงานเชื่อมต่อตัวที่ทำราบได้ถูกต้อง
8. ปฏิบัติงานด้วยความเป็นระเบียบเรียบร้อย และปลอดภัย

#### การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

1. นำเข้าสู่บทเรียน ชี้แจงถึงเนื้อหาที่จะสอนในหน่วยการเรียนรู้
2. สอนโดยเข้าสู่เนื้อหา ให้นักเรียนดู และปฏิบัติจากของจริง และจากสื่อการเรียน
3. นำความรู้มาใช้ ปฏิบัติตามใบงานประจำหน่วย
4. นักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหา เพื่อประเมินผลการเรียน
5. ทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน

#### สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาการเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น
2. ใบความรู้ เรื่อง
  - 2.1 ลวดเชื่อมและมาตรฐานของลวดเชื่อมไฟฟ้า
3. แบบฝึกหัดและแบบทดสอบท้ายบทเรียน

#### 4. ปฏิบัติตามใบงานประจำหน่วย

##### งานที่มอบหมาย และกิจกรรม

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบประจำหน่วย และให้ปฏิบัติงานตามใบงานประจำหน่วย
2. ให้ค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา และแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลายเพิ่มเติม พร้อมให้ฝึกปฏิบัติให้เกิดทักษะมากขึ้น

##### การวัดและประเมินผล

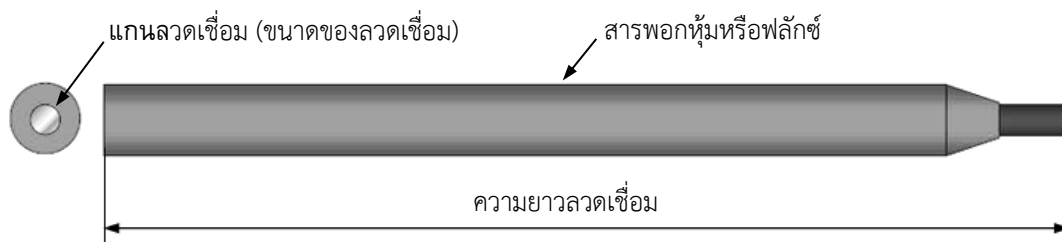
1. สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน (กิจนิสัย)
2. ประเมินผลจากคะแนนการทำแบบทดสอบประจำหน่วยหลังเรียน (ภาคทฤษฎี)
3. ประเมินผลจากการปฏิบัติงานในใบงานปฏิบัติประจำหน่วย (ภาคปฏิบัติ)

## 2.2 ลวดเชื่อมและมาตรฐานของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Filler Metal)

ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ หรือสารพอกหุ้ม (Filler Metal) ที่ผลิตจำหน่ายในท้องตลาด สามารถแบ่งออกเป็นหลายมาตรฐาน ซึ่งได้แก่ มาตรฐานสากล (ISO) มาตรฐานญี่ปุ่น (JIS) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของไทย (TIS) มาตรฐานเยอรมัน (DIN) และมาตรฐานของสมาคมการเชื่อมอเมริกา (AWS) เป็นต้น โดยแต่ละตามมาตรฐาน ก็ยังสามารถแบ่งแยกออกเป็นหลายชนิดตามวัสดุของลวดเชื่อม และกรรมวิธีการเชื่อม สำหรับในที่นี่จะกล่าวถึงเฉพาะลวดเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหุ้มฟลักซ์ (Carbon Steel Electrode for Shielded Metal Arc Welding) ตามมาตรฐานของสมาคมการเชื่อมอเมริกา (AWS-A5.1-91) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

### 2.2.1 ส่วนประกอบของลวดเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหุ้มฟลักซ์

ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่



รูปที่ 2.16 ส่วนประกอบของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

#### 1. หน้าที่ฟลักซ์หรือสารพอกหุ้ม

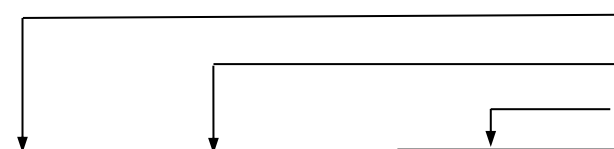
ฟลักซ์หรือสารพอกหุ้ม ที่หุ้มแกนลวดเชื่อมมีหน้าที่หลายอย่างที่สำคัญ ดังนี้

- 1) สร้างแก๊สเพื่อป้องกันบรรยากาศบริเวณอาร์ก
- 2) สร้างสแลกปกคลุมแนวเชื่อม เพื่อป้องกันไม่ให้ออกซิเจนรวมตัวในโลหะที่กำลังหลอมเหลว
- 3) ช่วยในการจุดอาร์ก (Arc ignition) ทำให้การอาร์กคงที่และมีเสถียรภาพ
- 4) เติมโลหะผสม (Alloying) ที่ต้องการลงในรอยเชื่อม
- 5) ลดการแตกกระเด็นของน้ำโลหะ
- 6) ช่วยขจัดออกไซด์และสิ่งสกปรกออกจากรอยเชื่อม
- 7) ป้องกันไม่ให้แนวเชื่อมเย็นตัวเร็วเกินไป
- 8) เพิ่มประสิทธิภาพในการเติมลวดเชื่อม
- 9) มีอิทธิพลต่อรูปร่างของรอยเชื่อมและการหลอมลึก
- 10) ช่วยให้การส่งโลหะที่หลอมเหลวผ่านช่องว่าง เพื่อก่อตัวเป็นแนวเชื่อมได้ง่ายจากบรรยากาศรอบ ๆ

#### 2. มาตรฐานของลวดเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหุ้มฟลักซ์

ลวดเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหุ้มฟลักซ์ มาตรฐานของสมาคมการเชื่อมอเมริกา

(AWS A5.1-91)



ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์  
ความต้านทานแรงดึงต่ำสุด  
ตำแหน่งท่าเชื่อม, ชนิดของฟลักซ์และ  
ชนิดของกระแสไฟเชื่อม

# E XX XX

## รูปที่ 2.17 การกำหนดรหัสของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ตามมาตรฐาน AWS (A5.1-1991)

จากรูปที่ 2.17 ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ตามมาตรฐานของ AWS (A5.1-1991) ได้กำหนดรหัสและรายละเอียด โดยใช้ตัวอักษรและตัวเลขสี่หลัก ประกอบด้วย

- 1) ตัวอักษรหลักที่หนึ่งใช้อักษรภาษาอังกฤษ คือ E หมายถึง ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Electrode)
- 2) ตัวเลขหลักที่สอง เป็นตัวเลขคู่ หมายถึง ค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุดมีหน่วยวัดเป็น กิโลปอนด์ต่อตารางนิ้ว (ksi) แต่ถ้าคูณด้วย 1000 มีหน่วยเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)
- 3) ตัวเลขหลักที่สาม หมายถึง ท่าเชื่อม หรือตำแหน่งการเชื่อมที่เหมาะสม ของลวดเชื่อมชนิดนั้น ประกอบด้วย
  - หมายเลข 0 หรือหมายเลข 1 หมายถึง เชื่อมได้ทุกตำแหน่ง เช่น ท่าราบ ท่าระดับหรือท่าขนาน ท่าตั้งและท่าเหนือศีรษะ
  - หมายเลข 2 หมายถึง เชื่อมได้ในท่าราบและท่าระดับ
  - หมายเลข 3 หมายถึง เชื่อมได้ในท่าราบ
  - หมายเลข 4 หมายถึง เชื่อมได้ในท่าราบท่าระดับและท่าเหนือศีรษะ
- 4) ตัวเลขหลักที่สี่ ระบุรายละเอียดของกระแสไฟฟ้า ที่เหมาะสมกับลวดเชื่อม และชนิดของสารพอกหุ้ม ประกอบด้วย
  - หมายเลข 0 หมายถึง High Cellulose Sodium
  - หมายเลข 1 หมายถึง High Iron Oxide
  - หมายเลข 2 หมายถึง High Titanium Sodium
  - หมายเลข 3 หมายถึง High Titanium Potassium
  - หมายเลข 4 หมายถึง Iron Powder Titanium
  - หมายเลข 5 หมายถึง Low Hydrogen Sodium
  - หมายเลข 6 หมายถึง Low Hydrogen Potassium
  - หมายเลข 7 หมายถึง Iron Oxide
  - หมายเลข 8 หมายถึง Iron Powder Low Hydrogen

ตัวอย่าง การกำหนดรหัสของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เช่น E 6 0 1 3 มีความหมาย ดังนี้

E	หมายถึง	ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
60	หมายถึง	ค่าความต้านทานแรงดึง 60 ksi (60,000 psi)
1	หมายถึง	เชื่อมได้ทุกตำแหน่ง
3	หมายถึง	ชนิดของฟลักซ์ คือ High Titanium Potassium



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์  
ที่มา : สถาปนา มีขาว, 2560.

### 3. การเลือกใช้ลวดเชื่อม

การเลือกใช้ลวดเชื่อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลักที่สำคัญสามด้าน ได้แก่ ด้านเทคนิค การเชื่อม ด้านโลหะวิทยา และด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้ ดังนี้

- 1) มีสมบัติเชิงกลสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับโลหะชิ้นงาน
- 2) มีส่วนผสมที่เหมือนหรือใกล้เคียงกับโลหะชิ้นงาน
- 3) ตำแหน่งท่าเชื่อม
- 4) ลักษณะรอยต่อแนวเชื่อมหรือการออกแบบรอยต่อ
- 5) กระแสไฟที่ใช้เชื่อม
- 6) ความหนาและรูปร่างของโลหะงาน เช่น ถ้าชิ้นงานที่มีความหนามากควรเลือก ลวดเชื่อมที่มีความเหนียวสูง เพื่อป้องกันการแตกร้าว เป็นต้น
- 7) สภาพการใช้งานของชิ้นงานหลังการเชื่อม เช่น สภาพวะที่กระทบกับความเย็น ความร้อน และการรับแรงกระแทก เป็นต้น

สำหรับรายละเอียด และการใช้งานของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ตามมาตรฐาน AWS (A5.1-1991)

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ตามมาตรฐาน AWS (A5.1-1991)

รหัสลวดเชื่อม (AWS Classification)	ชนิดของฟลักซ์ (Type of covering)	ท่าเชื่อม (Welding Position)	ชนิดของกระแสไฟ (Type of Current)
E6010	High cellulose sodium	F, V, OH, H	DCEP
E6011	High cellulose potassium	F, V, OH, H	AC or DCEP
E6012	High titania sodium	F, V, OH, H	AC or DCEN
E6013	High titania potassium	F, V, OH, H	AC, DCEP or DCEN
E6019	Iron oxide titania potassium	F, V, OH, H	AC, DCEP or DCEN
E6020	High iron oxide	H-fillets	AC or DCEN
		F	AC, DCEP or DCEN
E6022*	High iron oxide	F, H	AC or DCEN
E6027	High iron oxide, iron power	H-fillets	AC or DCEN

		F	AC, DCEP or DCEN
E7014	Iron power, titania	F, V, OH, H	AC, DCEP or DCEN
E7015	Low hydrogen sodium	F, V, OH, H	DCEP
E7016	Low hydrogen potassium	F, V, OH, H	AC, DCEP
E7018	Low hydrogen potassium, Iron power	F, V, OH, H	AC, DCEP
E7018M	Low hydrogen Iron power	F, V, OH, H	DCEP
E7024	Iron power, titania	H-fillets, F	AC, DCEP or DCEN
E7027	High iron oxide, iron power	H-fillets F	AC or DCEN AC, DCEP or DCEN
E7028	Low hydrogen potassium, Iron power	H-fillets, F	AC, DCEP

- หมายเหตุ:**
- \* การเชื่อมทำตั้งและทำเหนือศีรษะควรใช้ขนาดลวดเชื่อมไม่เกิน 4 มิลลิเมตร
  - \*\* ลวดเชื่อม E6022 มีจุดประสงค์ในการใช้เชื่อมแนวเชื่อมแรก (Single pass) เท่านั้น
  - F = ทำราบ, V = ทำตั้ง, H = ทำระดับ, OH = ทำเหนือศีรษะ,  
H-fillets = ทำระดับเชื่อมมุม, V - Down = ทำตั้ง (เชื่อมลง)
  - AC = กระแสสลับ, DCEP = กระแสตรงลวดเชื่อมเป็นขั้วบวก,  
DCEN = กระแสตรงลวดเชื่อมเป็นขั้วลบ

### อุปกรณ์ทำความสะอาดแนวเชื่อมและคิมจับงานเชื่อม

#### 1. อุปกรณ์ทำความสะอาดแนวเชื่อม

อุปกรณ์ที่ใช้ทำความสะอาดแนวเชื่อม ได้แก่ ค้อนเคาะสแลก (Chipping Hammer) และแปรงลวด (Wire Brush) โดยค้อนเคาะสแลกจะมีรูปทรงของหัวค้อนมีแตกต่างกัน คือ ปลายด้านหนึ่งมีหัวแบนไว้ใช้สำหรับเคาะสแลก และเม็ดโลหะกระเด็น (Spatter) ที่จะติดอยู่บนชิ้นงาน และแนวเชื่อมออก ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งมีหัวแหลมแหลม ใช้สำหรับเคาะสแลกที่อยู่เป็นกลุ่มเล็ก ๆ ส่วนแปรงลวดมีด้ามทำด้วยไม้ และขนแปรงทำด้วยเหล็กที่จัดเป็นแถวฝังติดกับด้ามไม้ ใช้สำหรับขัดทำความสะอาดสิ่งสกปรก เช่น สนิม และคราบน้ำมันออกจากชิ้นงานก่อนเชื่อม และหลังเชื่อม



(ก) ค้อนเคาะสแลก



(ข) แปรงลวด

### รูปที่ 2.19 อุปกรณ์ที่ใช้ทำความสะอาดแนวเชื่อม

ที่มา : สถาปนา มีขาว, 2562.

## 2. คีมจับงานเชื่อม

คีมจับงานเชื่อม (Pliers) แบ่งออกเป็นหลายชนิดตามลักษณะการใช้งาน เช่น ใช้จับยึดชิ้นงานในขณะเชื่อมและหลังจากเชื่อม เป็นต้น



(ก) คีมจับแผ่นเหล็ก



(ข) คีมลีดอก



(ค) ซี-แคลมป์ (C-Clamp)



(ง) คีมจับงานท่อ

รูปที่ 2.20 ตัวอย่างคีมจับยึดงานเชื่อม  
ที่มา : สถาปนา มีขาว, 2562.



แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน  
 บทที่ 2 องค์ประกอบการเชื่อมต่อไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

คำสั่ง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์ถูกต้อง (10 คะแนน)

1. การเลือกใช้ลวดเชื่อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลักที่สำคัญ กี่ด้าน อะไรบ้าง

.....

.....

.....

2. อุปกรณ์ทำความสะอาดแนวเชื่อม ประกอบด้วยอะไรบ้าง และใช้งานอย่างไร

.....

.....

.....

3. จงบอกหน้าที่ของฟลักซ์หุ้มลวดเชื่อมไฟฟ้ามา 3 ข้อ

.....

.....

.....

4. AWS ย่อมาจาก คำว่าอะไร และเป็นมาตรฐานของ ประเทศใด

.....

.....

.....

5. สัญลักษณ์ E 6013 หมายถึง อะไร

.....

.....

.....

แบบทดสอบท้ายบทเรียน  
บทที่ 2 องค์ประกอบการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

**คำสั่ง** ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย (X) หน้าข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว (10 คะแนน)

1. ลวดเชื่อมไฟฟ้า แบ่งออกเป็นกี่ชนิด
  - ก. 5 ชนิด
  - ข. 4 ชนิด
  - ค. 3 ชนิด
  - ง. 2 ชนิด
  
2. ลวดเชื่อมมิก (MIG) ที่ใช้ในกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าโลหะแก๊สคลุม จัดเป็นลวดเชื่อม แบบใด
  - ก. ลวดเชื่อมแบบสั่นเปลือง
  - ข. ลวดเชื่อมแบบไม่สั่นเปลือง
  - ค. ลวดเชื่อมเติมแบบแท่ง
  - ง. ลวดเชื่อมเติมแบบม้วน
  
3. ลักษณะของลวดเชื่อมไฟฟ้ามีส่วนประกอบสำคัญ กี่ส่วน
  - ก. 1 ส่วน
  - ข. 2 ส่วน
  - ค. 3 ส่วน
  - ง. 4 ส่วน
  
4. สารพอกหุ้มแกนลวดเชื่อม เรียกว่า อะไร
  - ก. ฟลักซ์
  - ข. สแลก
  - ค. เนื้อโลหะ
  - ง. แก๊สคลุม
  
5. ข้อใด ไม่ใช่ หน้าที่ของสารพอกหุ้ม
  - ก. ให้การอาร์กสม่ำเสมอ
  - ข. ปกคลุมแนวเชื่อมให้เย็นตัวลงอย่างช้า ๆ
  - ค. ปรับปรุงคุณสมบัติทางกลให้กับแนวเชื่อม
  - ง. ทำให้เกิดออกไซด์ในเหล็ก

6. ข้อใด เป็นคุณสมบัติของฟลักซ์หุ้มลวดไฟฟ้า
  - ก. ช่วยเติม และรักษาสมบัติของธาตุที่ผสมอยู่ และช่วยเพิ่มสมบัติของแนวเชื่อมตามต้องการ
  - ข. จะต้องมีอุณหภูมิการหลอมละลายเมื่อเกิดการอาร์ก
  - ค. ช่วยในการสร้างแก๊สป้องกันบ่อหลอมละลาย
  - ง. ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมี และทางกลให้กับแนวเชื่อม
  
7. AWS เป็นมาตรฐานลวดเชื่อมของ ประเทศใด
  - ก. สหรัฐอเมริกา
  - ข. เยอรมัน
  - ค. ไทย
  - ง. ญี่ปุ่น
  
8. ตามมาตรฐาน AWS ลวดเชื่อมไฟฟ้า E 6013 หมายเลข 60 หมายถึงอะไร
  - ก. ค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุด 6,013 ปอนด์/ตารางนิ้ว
  - ข. ค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุด 60,0130 ปอนด์/ตารางนิ้ว
  - ค. ค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุด 60,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว
  - ง. ค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุด 60,103 ปอนด์/ตารางนิ้ว
  
9. ตามมาตรฐาน AWS ลวดเชื่อมไฟฟ้า E 6010 หมายเลข 1 หมายถึงอะไร
  - ก. เชื่อมท่าราบทั้งรอยต่อชน และแนวเชื่อมมุม
  - ข. เชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม ยกเว้นท่าตั้งเชื่อมขึ้น
  - ค. เชื่อมท่าราบ และแนวเชื่อมมุมท่าระดับ
  - ง. เชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม
  
10. ข้อใดเป็นการเก็บรักษาลวดเชื่อมไฟฟ้าได้ถูกต้อง
  - ก. เก็บไว้ในที่ที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก
  - ข. เก็บไว้ในตู้เครื่องมืออุปกรณ์
  - ค. เก็บไว้ในที่แห้งไม่เปียกชื้น
  - ง. ถูกทุกข้อ

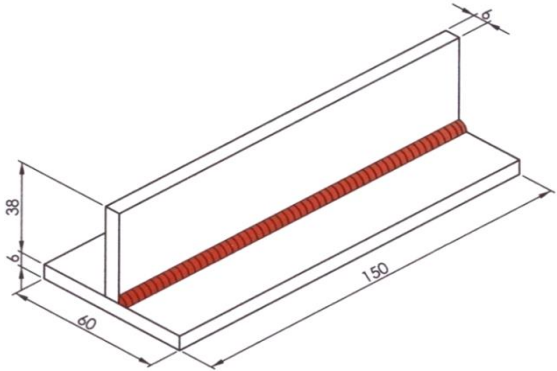

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน  
บทที่ 2 องค์ประกอบของการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

คำสั่ง : ให้นักเรียนตอบคำถามนี้ให้สมบูรณ์ถูกต้อง (10 คะแนน)


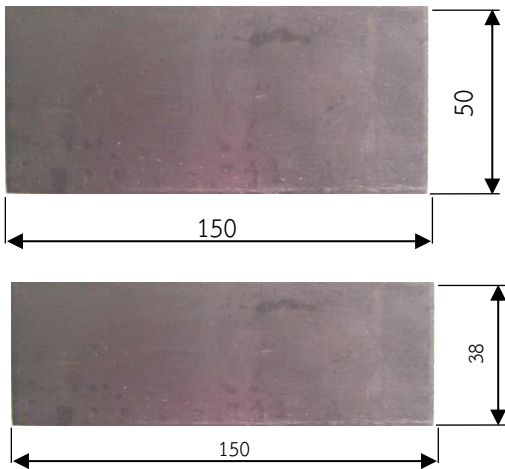

1. การเลือกใช้ลวดเชื่อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลักที่สำคัญ กี่ด้าน อะไรบ้าง  
การเลือกใช้ลวดเชื่อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลักที่สำคัญ 3 ด้าน คือ
  1. ด้านเทคนิคการเชื่อม
  2. ด้านโลหะวิทยา
  3. ด้านเศรษฐศาสตร์
  
2. อุปกรณ์ทำความสะอาดแนวเชื่อม ประกอบด้วยอะไรบ้าง และใช้งานอย่างไร
  1. ค้อนเคาะสแลก (Chipping Hammer) ค้อนเคาะสแลกจะมีรูปทรงของหัวค้อนแตกต่างกัน คือ ปลายด้านหนึ่งมี หัวแบนใช้สำหรับเคาะสแลก และเม็ดโลหะกระเด็น (Spatter) ที่ติดอยู่บนชิ้นงาน และแนวเชื่อมออกส่วนปลายอีกข้างหนึ่งมีหัวแหลมแหลม ใช้สำหรับเคาะสแลกที่อยู่เป็นกลุ่มเล็ก ๆ
  2. แปรงลวด (Wire Brush) แปรงลวดมีด้ามทำด้วยไม้ และขนแปรงทำด้วยเหล็กที่จัดเป็นแถว ฝังติดกับด้ามไม้ ใช้สำหรับขัดทำความสะอาดสิ่งสกปรก เช่น สนิม และคราบน้ำมันออกจากชิ้นงานก่อนเชื่อม และหลังเชื่อม
  
3. จงบอกหน้าที่ของฟลักซ์หุ้มลวดเชื่อมไฟฟ้ามา 3 ข้อ
  - 1) สร้างแก๊สเพื่อป้องกันบรรยากาศบริเวณอาร์ก
  - 2) สร้างสแลกปกคลุมแนวเชื่อม เพื่อป้องกันไม่ให้ออกซิเจนรวมตัวในโลหะที่กำลังหลอมเหลว
  - 3) ช่วยในการจุดอาร์ก (Arc ignition) ทำให้การอาร์กคงที่และมีเสถียรภาพ
  - 4) เติมโลหะผสม (Alloying) ที่ต้องการลงในรอยเชื่อม
  - 5) ลดการแตกกระเด็นของน้ำโลหะ
  - 6) ช่วยขจัดออกไซด์และสิ่งสกปรกออกจากรอยเชื่อม
  - 7) ป้องกันไม่ให้แนวเชื่อมเย็นตัวเร็วเกินไป
  - 8) เพิ่มประสิทธิภาพในการเติมลวดเชื่อม
  - 9) มีอิทธิพลต่อรูปร่างของรอยเชื่อมและการหลอมลึกลง
  - 10) ช่วยให้การส่งโลหะที่หลอมเหลวผ่านช่องว่าง เพื่อก่อตัวเป็นแนวเชื่อมได้ง่าย
  
4. AWS ย่อมาจากคำว่าอะไร และเป็นมาตรฐานของ ประเทศใด  
AWS ย่อมาจาก American Welding Society เป็นมาตรฐานของ ประเทศสหรัฐอเมริกา
  
5. สัญลักษณ์ E 6013 หมายถึง อะไร  
หมายถึง เป็นลวดเชื่อมไฟฟ้าที่มีค่าความต้านทานแรงดึง 60,000 psi (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) เชื่อมได้ทุกตำแหน่งท่าเชื่อม ใช้กระแสไฟ AC และ DCEP การอาร์กนิ่มนวลซึมลึกน้อย สารพอกหุ้มชนิดรูไทล์ - โพลทาสเซียม

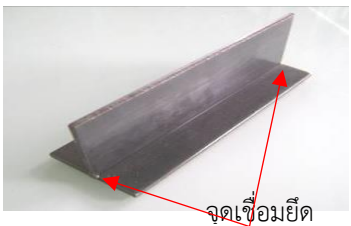
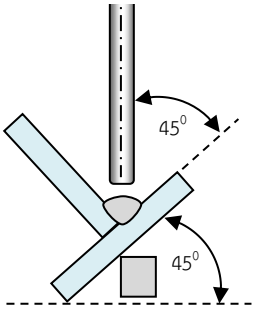
เฉลยแบบทดสอบท้ายบทเรียน  
บทที่ 2 องค์ประกอบกรเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

ข้อ	คำตอบ
1.	ง.
2.	ก.
3.	ข.
4.	ก.
5.	ค.
6.	ข.
7.	ก.
8.	ค.
9.	ง.
10.	ค.

ใบงานที่ 6						
วิชา : งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น					รหัส 20100-1004	
ชื่อหน่วย : การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์					สัปดาห์ที่ 5	
ชื่องาน : งานเชื่อมต่อตัวที่ทำาราบ					จำนวน 3 ชั่วโมง	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">(ข) ภาพของชิ้นงานจริง</p>						
ชิ้นงาน			ท่าเชื่อม	ลวดเชื่อม	จำนวนแนวเชื่อม	กระแสไฟเชื่อม (แอมแปร์)
วัสดุ	ขนาด	จำนวน	ทำาราบ	E6013 $\varnothing$ 2.6มม.	1	45 - 95
เหล็กกล้าคาร์บอน	38×150×6	1 แผ่น				
	50×150×6	1 แผ่น				
<b>สมรรถนะในการปฏิบัติงาน</b>						
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมต่อตัวที่ทำาราบได้</li> <li>2. เตรียมงานเชื่อมต่อตัวที่ทำาราบได้</li> <li>3. ปรับกระแสไฟเชื่อมได้เหมาะสมกับความหนาของชิ้นงาน</li> <li>4. เชื่อมต่อตัวที่ทำาราบได้แนวเชื่อมที่ถูกต้องและสมบูรณ์</li> </ol>						
<b>เครื่องมือและอุปกรณ์</b>						
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า (AC/DC)</li> <li>2. ค้อนเคาะสแลก</li> <li>3. หน้ากากเชื่อมพร้อมเลนส์กรองแสง</li> <li>4. ชุดปฏิบัติงานเชื่อม</li> <li>5. คีมจับงานร้อน</li> <li>6. เหล็กฉาก</li> <li>7. แปรงลวด</li> <li>8. ตะไบ</li> </ol>						
คำสั่ง : ให้นักเรียนปฏิบัติงานเชื่อมต่อตัวที่ทำาราบให้ได้แนวเชื่อมที่ถูกต้องและสมบูรณ์						

ใบงานที่ 6	
วิชา : งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น	รหัส 20100-1004
ชื่อหน่วย : การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์	สัปดาห์ที่ 5
ชื่องาน : งานเชื่อมต่อตัวที่ทำาราบ	จำนวน 3 ชั่วโมง

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	
ภาพประกอบ	คำอธิบาย
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานเชื่อมต่อตัวที่ทำرابให้ครบถ้วน</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. ตัดชิ้นงานขนาด 50×150×6 มิลลิเมตรและขนาด 38×150×6 ขนาดละ 1 ชิ้น</li> <li>3. ตะไบขอบชิ้นงานทั้งสองให้ผิวหน้าเรียบ ได้ฉาก และได้ขนาด</li> <li>4. ส่งชิ้นงานให้ครูตรวจ</li> </ol>
 <p> <span>→</span> หน้ากากเชื่อม  <span>→</span> ปกอกแขน  <span>→</span> ถุงมือ  <span>→</span> เสื้อคลุม </p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. สวมชุดปฏิบัติงานเชื่อมที่สามารถป้องกันอันตรายจากการเชื่อมไฟฟ้า ได้อย่างปลอดภัย</li> </ol>

ใบงานที่ 6	
วิชา : งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น	รหัส 20100-1004
ชื่อหน่วย : การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์	สัปดาห์ที่ 5
ชื่องาน : งานเชื่อมต่อตัวที่ทำาราบ	จำนวน 3 ชั่วโมง
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	
ภาพแสดง	คำอธิบาย
	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. จับลวดเชื่อม E6013 <math>\varnothing</math>2.6 มิลลิเมตร ด้วยหัวจับลวดเชื่อม</li> <li>7. ปรับกระแสไฟเชื่อม 45-95 แอมแปร์</li> <li>8. เปิดสวิตซ์ไฟฟ้าของเครื่องเชื่อม</li> <li>9. เชื่อมยึดชิ้นงานหัวและท้ายสองจุด</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>10. นำชิ้นงานชิ้นที่ 1 มาวางตั้งบนชิ้นงานชิ้นที่ 2 ทำมุม 90 องศาตรงกลาง แล้วเชื่อมยึดชิ้นงาน 2 จุด และเคาะสแลกออกให้หมดขัดด้วยแปรงลวด</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>11. ตั้งมุมงานให้แนวแกนของลวดเชื่อมอยู่กึ่งกลางของแนวเชื่อมหรือทำมุม 45 องศา กับขอบของชิ้นงาน</li> </ol>



ใบงานที่ 6	
วิชา : งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น	รหัส 20100-1004
ชื่อหน่วย : การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์	สัปดาห์ที่ 5
ชื่องาน : งานเชื่อมต่อตัวที่ทำราบ	จำนวน 3 ชั่วโมง
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	
ภาพแสดง	คำอธิบาย
	<p>12. เริ่มต้นอาร์กด้านซ้ายมือ (ถนัดขวา) และเคลื่อนหัวเชื่อมด้วยความเร็วและระยะอาร์กสม่ำเสมอไปจนสุดชิ้นงาน โดยมุมเดินลวด 45-60 องศา กับชิ้นงานเคลื่อนที่ลวดเชื่อมไปตามแนวรอยต่อชิ้นงาน โดยขณะรักษาระยะอาร์กและความเร็วคงที่จนกระทั่งสุดความยาวของชิ้นงาน</p> <p><b>หมายเหตุ:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ขณะเดินแนวเชื่อมให้สายลวดเชื่อมเป็นรูปร่างกลมหรือครึ่งวงกลม</li> <li>เมื่อสายลวดเชื่อมขึ้นด้านบนแล้วให้หยุดชั่วคราวเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการกัดขอบบนแนวเชื่อม</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>ทำความสะอาดแนวเชื่อมด้วยแปรงลวด</li> <li>ปิดสวิตช์เครื่องเชื่อม</li> <li>ปรับกระแสไฟเครื่องเชื่อมลงมาที่ค่าต่ำสุด</li> <li>ปิดสวิตช์ตัดต่อไฟฟ้าอัตโนมัติ</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>ทำความสะอาดโต๊ะงาน เครื่องเชื่อมเครื่องมืออุปกรณ์ และสถานที่ปฏิบัติงาน</li> <li>ม้วนเก็บสายเชื่อม สายดิน และจัดเก็บ หัวเชื่อมให้เป็นระเบียบ</li> <li>นำส่งเครื่องมือและอุปกรณ์ให้ครบ</li> <li>ส่งชิ้นงานให้ครูตรวจประเมิน</li> </ol>

<b>แบบประเมินผลการปฏิบัติงานในงานที่ 6</b>		สัปดาห์ที่ 5	
		รหัส 20100-1004	
ชื่อหน่วย : การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์		เวลา 3 ชั่วโมง	
ชื่องาน : งานเชื่อมต่อตัวที่ทำราบ			
ชื่อ.....นามสกุล.....กลุ่ม.....เลขที่.....			
ที่	จุดตรวจ	คะแนน เต็ม	คะแนน ที่ทำได้
1.	เตรียมเครื่องมือ-อุปกรณ์ก่อนปฏิบัติงานได้ถูกต้องและครบถ้วน	5	
2.	การเตรียมงานก่อนเชื่อม (ได้ขนาดตามแบบ ขอบงานเรียบและได้ฉาก)	5	
3.	แนวเชื่อมไม่มีสแลกฝังใน	10	
4.	เกล็ดแนวเชื่อมมีความหยาบละเอียดสม่ำเสมอ	10	
5.	ความกว้างและความสูงของแนวเชื่อมมีความสม่ำเสมอ	10	
6.	จุดเริ่มต้น จุดปลาย การต่อแนวเชื่อม และความตรงของแนวเชื่อม	15	
7.	แนวเชื่อมไม่มีรอยกัดขอบ (Undercut) และรอยเกย (Overlap)	15	
8.	เวลาในการปฏิบัติงาน	10	
9.	กิจนิสัยในการปฏิบัติงาน		
	9.1 ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัย	4	
	9.2 การใช้และการจัดเก็บเครื่องมือ-อุปกรณ์	4	
	9.3 การบำรุงรักษาเครื่องมือ-อุปกรณ์	4	
	9.4 ความขยัน ความอดทนในการปฏิบัติงานและความมีวินัย	4	
	9.5 ความประหยัด ความพอเพียงและการมีจิตสำนึกต่อส่วนรวม	4	
<b>คะแนนรวม</b>		<b>100</b>	
<b>เกณฑ์การประเมิน</b> 0 - 49 ปรับปรุง      50 - 59 พอใช้      60 - 79 ดี      80 - 100 ดีมาก เกณฑ์ผ่าน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 50 %			
<b>สรุปผลการปฏิบัติงาน</b> 1. เวลาเริ่มปฏิบัติงาน.....น. กำหนดเวลาปฏิบัติงาน.....นาที เวลาปฏิบัติงานจริง.....นาที 2. คะแนนเต็ม.....คะแนน คะแนนที่ทำได้.....คะแนน (คิดเป็นร้อยละ.....)			
<b>ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงาน</b> ..... .....			
ผู้ประเมิน นายสถาปนา มีขาว		วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....	

เกณฑ์การให้คะแนน		สัปดาห์ที่ 5
ชื่อหน่วย : ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์		รหัส 20100-1004
ชื่องาน : งานเชื่อมต่อเกยท่าราบ		เวลา 3 ชั่วโมง
จุดตรวจ	รายการประเมิน	คะแนนที่ได้
1. การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์	1.1 เตรียมเครื่องมือ-อุปกรณ์ได้ถูกต้อง และครบถ้วนสมบูรณ์	10
	1.2 เตรียมเครื่องมือ-อุปกรณ์ได้ไม่ครบมีข้อผิดพลาด	0
2. สมรรถนะในการปฏิบัติงาน	2.1 ผลงานถูกต้องสมบูรณ์ และตรงตามข้อกำหนด	10
	2.2 ผลงานตรงตามข้อกำหนดได้ แต่มีข้อผิดพลาด 1 จุด	6
	2.3 ผลงานตรงตามข้อกำหนดได้ แต่มีข้อผิดพลาดมากกว่า 1 จุด	4
3. กิจนิสัยในการปฏิบัติงาน	3.1 ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	
	3.1.1 ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด	2
	3.1.2 ปฏิบัติงานผิดพลาดความปลอดภัย	0
	3.2 การใช้งาน การจัดเก็บ และการบำรุงรักษาเครื่องมือ-อุปกรณ์	
	3.2.1 ใช้งาน จัดเก็บ และบำรุงรักษาเครื่องมือ-อุปกรณ์ได้ถูกต้อง	2
	3.2.2 ใช้งาน จัดเก็บ และบำรุงรักษาเครื่องมือ-อุปกรณ์ได้ถูกต้อง แต่มีข้อผิดพลาด 1 จุด	1
3.2.3 ใช้งาน จัดเก็บ และบำรุงรักษาเครื่องมือ-อุปกรณ์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบ และมีข้อผิดพลาดมากกว่า 1 จุด	0	
4. เวลาในการปฏิบัติงาน	4.1 ปฏิบัติงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด	10
	4.2 ปฏิบัติงานเสร็จเกินเวลาที่กำหนด	5