



SE-ED

Inspiration starts here

งานเชื่อม และโลหะแผ่น

(Welding and Sheet Metal)

อำนาจ กองแสน

งานเชื่อมและโลหะแผ่น

โดย อำนาจ ทองแสน

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย โดย อำนาจ ทองแสน © พ.ศ. 2566

ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำการอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ
ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

อำนาจ ทองแสน.

งานเชื่อมและโลหะแผ่น.-- กรุงเทพฯ : ซีอีดูเคชั่น, 2566.

480 หน้า.

1. โลหะ--การเชื่อม.

I. ชื่อเรื่อง.

672.52

Barcode (e-book) : 9786160850969

SE-ED

inspiration starts here

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย



บริษัท ซีอีดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

เลขที่ 1858/87-90 ถนนเทพรัตน แขวงบางนาใต้ เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260

โทรศัพท์ 0-2826-8000

[หากมีคำแนะนำหรือติชม ติดต่อที่ comment@se-ed.com]

30100-0007 งานเชื่อมและโลหะแผ่น (Welding and Sheet Metal)

1-3-2

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการเบื้องต้นในงานเชื่อมและโลหะแผ่น
2. สามารถเขียนแบบแผ่นคลี่ในงานโลหะแผ่น เชื่อมอาร์กกลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เชื่อมแก๊ส เล่นประสาน บัดกรีอ่อน และประกอบชิ้นงานโลหะแผ่น
3. มีเจตคติที่ดีในการปฏิบัติงานอย่างประณีตเรียบร้อย มีระเบียบวินัย อดทน มีกิริยาเรียบร้อยในการทำงานด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการเบื้องต้นในงานเชื่อมและโลหะแผ่น
2. เขียนแบบแผ่นคลี่ ประกอบโลหะแผ่นตามแบบที่กำหนด
3. เชื่อมอาร์กกลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เชื่อมแก๊ส และเล่นประสานแผ่นเหล็กกล้าตามหลักการ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการเชื่อมอาร์กกลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ การเชื่อมแผ่นเหล็กกล้า การเริ่มต้นอาร์ก การเชื่อมเดินแนวทำราบ การเชื่อมรอยต่อชนทำราบ การเชื่อมรอยต่อเกยทำระดับ หลักการเชื่อมแก๊ส การประกอบชุดเชื่อมแก๊ส การปรับเปลวไฟ การสร้างบ่อหลอมเหลว การเชื่อมต่อมุม การเชื่อมต่อขอบ การเชื่อมเดินแนวทำราบเต็มลวด การเล่นประสานรอยต่อเกย การเขียนแบบแผ่นคลี่อย่างง่าย การเข้าขอบ การเข้าตะเข็บ การประกอบชิ้นงานโลหะแผ่น การบัดกรีอ่อน



SE-ED

inspiration starts here

คำนำ

หนังสือเรียนเล่มนี้ จัดทำขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้รายวิชา **งานเชื่อมและโลหะแผ่น (Welding and Sheet Metal) รหัสวิชา 30100-0007** ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เนื้อหารายวิชาแบ่งออกเป็น 7 บทเรียน ประกอบด้วย บทที่ 1 การเชื่อมอาร์กลดหุ้มฟลักซ์ บทที่ 2 การเชื่อมออกซิอะเซทิลีน บทที่ 3 การแล่นประสาน บทที่ 4 งานโลหะแผ่นเบื้องต้น บทที่ 5 การพับขอบ การพับตะเข็บ และการย้ำมุม บทที่ 6 การเขียนแบบแผ่นคลี่ และบทที่ 7 การบัดกรีอ่อน

นอกจากเนื้อหาวิชาทั้ง 7 บทเรียนแล้ว ผู้เขียนได้จัดทำใบงานเพื่อเป็นแนวทางให้กับครูและผู้เรียนใช้ประกอบการฝึกทักษะภาคปฏิบัติไว้ครบถ้วนตรงตามจุดประสงค์และสมรรถนะรายวิชา

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียน การรู้ตามที่ตั้งใจไว้ หากมีข้อผิดพลาดหรือบกพร่องประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับไว้ด้วยความยินดี เพื่อประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขในโอกาสต่อไป

อำนาง ทองแสน

อีเมล : Amnat.at22@gmail.com



SE-ED

inspiration starts here

สารบัญ

บทที่ 1 » การเชื่อมอาร์กโลหะด้วยไฟฟ้า.....	11
1.1 หลักการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยไฟฟ้า.....	13
1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยไฟฟ้า.....	13
1.3 ลวดเชื่อมและมาตรฐานของลวดเชื่อม.....	27
1.4 ตำแหน่งท่าเชื่อมและรอยต่อในงานเชื่อม.....	33
1.5 องค์ประกอบที่มีผลต่อแนวเชื่อม.....	37
1.6 เทคนิคการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยไฟฟ้า.....	42
1.7 ข้อบกพร่องในการเชื่อมและวิธีการแก้ไข.....	47
1.8 อันตรายและความปลอดภัยในงานเชื่อมอาร์กโลหะด้วยไฟฟ้า.....	54
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน.....	64
แบบทดสอบหลังเรียน.....	71

บทที่ 2 » การเชื่อมออกซิอะเซทิลีน.....	83
2.1 หลักการเชื่อมออกซิอะเซทิลีน.....	85
2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเชื่อมออกซิอะเซทิลีน.....	86
2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมออกซิอะเซทิลีน.....	97
2.4 ลวดเชื่อมออกซิอะเซทิลีน.....	99
2.5 ชนิดของเปลวไฟเชื่อมออกซิอะเซทิลีน.....	102
2.6 ชนิดของรอยต่อในการเชื่อมออกซิอะเซทิลีน.....	104
2.7 ตำแหน่งท่าเชื่อมออกซิอะเซทิลีน.....	106

2.8 วิธีการเดินเชื่อมออกซิจะเซทิลีน	108
2.9 ความปลอดภัยในการเชื่อมออกซิจะเซทิลีน.....	109
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	118
แบบทดสอบหลังเรียน.....	125
บทที่ 3» การเล่นประสาน	133
3.1 หลักการเล่นประสาน	135
3.2 ชนิดของการเล่นประสาน.....	136
3.3 การเล่นประสานด้วยหัวเชื่อมแก๊ส.....	140
3.4 การออกแบบรอยต่อในการเล่นประสาน	147
3.5 การเว้นช่องว่างของรอยต่อในการประสาน	148
3.6 ความปลอดภัยในการเล่นประสาน.....	149
3.7 ข้อดีของการเล่นประสาน.....	149
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน.....	151
แบบทดสอบหลังเรียน.....	154
บทที่ 4» งานโลหะแผ่นเบื้องต้น	159
4.1 วัสดุที่ใช้ในงานโลหะแผ่น.....	160
4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานโลหะแผ่น	162
4.3 เครื่องจักรที่ใช้ในงานโลหะแผ่น	178
4.4 ความปลอดภัยในงานโลหะแผ่น.....	187
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน.....	194
แบบทดสอบหลังเรียน.....	198
บทที่ 5» การพับขอบ การพับตะเข็บ และการย้ำมุม.....	201
5.1 การพับขอบ	203
5.2 การพับตะเข็บ	206
5.3 การย้ำมุม.....	211
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน.....	223
แบบทดสอบหลังเรียน.....	227



บทที่ 6» การเขียนแบบแผ่นคลี่.....	235
6.1 หลักการเขียนแบบแผ่นคลี่.....	237
6.2 การเขียนแบบแผ่นคลี่อย่างง่าย	244
6.3 การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นขนาน	248
6.4 การเขียนแบบแผ่นคลี่โดยวิธีเส้นรัศมี	256
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน.....	267
แบบทดสอบหลังเรียน.....	271
บทที่ 7» การบัดกรีอ่อน	277
7.1 หลักการบัดกรีอ่อน.....	279
7.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการบัดกรีด้วยหัวแรงบัดกรี.....	279
7.3 รอยต่อในการบัดกรีอ่อน.....	284
7.4 ความปลอดภัยในการบัดกรีอ่อน.....	285
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน.....	287
แบบทดสอบหลังเรียน.....	289
ใบงาน.....	293
ใบงานที่ 1.....	294
ใบงานที่ 2.....	306
ใบงานที่ 3.....	320
ใบงานที่ 4.....	331
ใบงานที่ 5.....	341
ใบงานที่ 6.....	364
ใบงานที่ 7.....	378
ใบงานที่ 8.....	390
ใบงานที่ 9.....	402
ใบงานที่ 10	414
ใบงานที่ 11	427
ใบงานที่ 12	437

SE-ED
inspiration starts here

ใบงานที่ 13 450

ใบงานที่ 14 457

ใบงานที่ 15 469

บรรณานุกรม 481

SE-ED

inspiration starts here

การเชื่อมอาร์กโลหะด้วยฟลักซ์

1

สาระสำคัญ

การเชื่อมอาร์กโลหะด้วยฟลักซ์ (Shielded Metal Arc Welding; SMAW) คือ การเชื่อมด้วยไฟฟ้าในลักษณะที่ทำให้เกิดการอาร์ก และได้รับความร้อนจากการอาร์กกระหว่าง โลหะเชื่อมชนิดมีสารฟลักซ์หุ้มกับชิ้นงาน สารฟลักซ์หุ้มบนโลหะเชื่อมเมื่อละลายจะทำหน้าที่ เป็นเกราะป้องกันบรรยากาศ โลหะเชื่อมทำหน้าที่เป็นโลหะเติมด้วย ในบทเรียนนี้จะศึกษา เกี่ยวกับหลักการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยฟลักซ์ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมอาร์กโลหะด้วย ฟลักซ์ โลหะเชื่อมและมาตรฐานของโลหะด้วยฟลักซ์ ตำแหน่งท่าเชื่อมและรอยต่อในงานเชื่อม องค์ประกอบที่มีผลต่อแนวเชื่อม เทคนิคการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยฟลักซ์ ข้อบกพร่องใน การเชื่อมและวิธีการแก้ไข อันตรายและความปลอดภัยในงานเชื่อมอาร์กโลหะด้วยฟลักซ์ และ ปฏิบัติงานเชื่อมอาร์กโลหะด้วยฟลักซ์เบื้องต้น

เนื้อหา

inspiration starts here

- 1 หลักการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยฟลักซ์
- 2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยฟลักซ์
- 3 โลหะเชื่อมและมาตรฐานของโลหะด้วยฟลักซ์
- 4 ตำแหน่งท่าเชื่อมและรอยต่อในงานเชื่อม
- 5 องค์ประกอบที่มีผลต่อแนวเชื่อม
- 6 เทคนิคการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยฟลักซ์
- 7 ข้อบกพร่องในการเชื่อมและวิธีการแก้ไข
- 8 อันตรายและความปลอดภัยในงานเชื่อมอาร์กโลหะด้วยฟลักซ์

จุดประสงค์ของบทเรียน

- 1 อธิบายหลักการเชื่อมอาร์กลดหุ้มฟลักซ์ได้
- 2 บอกชื่อเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมอาร์กลดหุ้มฟลักซ์ได้
- 3 จำแนกชนิดของเครื่องเชื่อมได้
- 4 อธิบายวิธีการต่อขั้ววงจรเชื่อมได้
- 5 บอกชื่อและหน้าที่ของอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบเข้ากับเครื่องเชื่อมได้
- 6 อธิบายวิธีการกำหนดรหัสลดหุ้มฟลักซ์ตามมาตรฐานของ AWS (A5.1-1991) ได้
- 7 บอกตำแหน่งท่าเชื่อมและรอยต่อในงานเชื่อมได้
- 8 บอกองค์ประกอบที่มีผลต่อแนวเชื่อมได้
- 9 อธิบายเทคนิคในการเชื่อมอาร์กลดหุ้มฟลักซ์ได้
- 10 อธิบายข้อบกพร่องในการเชื่อมและวิธีการแก้ไขข้อบกพร่องในการเชื่อมได้
- 11 บอกอันตรายและความปลอดภัยในงานเชื่อมอาร์กลดหุ้มฟลักซ์ได้

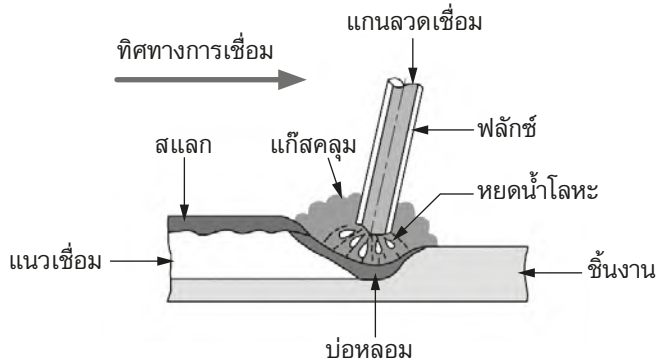
SE-ED

inspiration starts here



1.1 หลักการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยไฟฟ้า

การเชื่อมอาร์กโลหะด้วยไฟฟ้า (Shielded Metal Arc Welding; SMAW) คือการเชื่อมด้วยไฟฟ้าในลักษณะที่ทำให้เกิดการอาร์ก และได้รับความร้อนจากการอาร์กกระหว่างลวดเชื่อมชนิดมีสารพอกหุ้มกับชิ้นงาน สารพอกหุ้มบนลวดเชื่อมเมื่อละลายจะทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันบรรยากาศ ลวดเชื่อมทำหน้าที่เป็นโลหะเติมด้วยสารพอกหุ้ม เมื่อแข็งตัวแล้วจะกลายเป็นสแลก (Slag) หรือซี้เชื่อม ดังรูปที่ 1.1

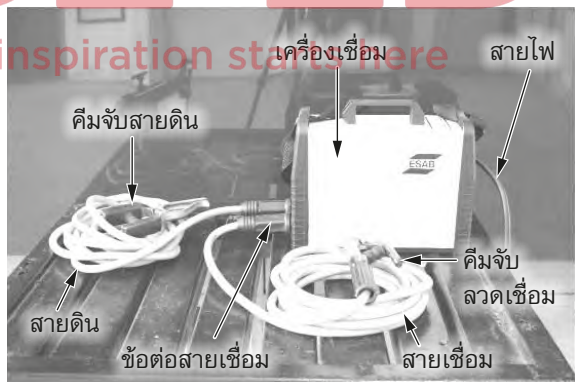


รูปที่ 1.1 แสดงหลักการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยไฟฟ้า

(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยไฟฟ้า

การเชื่อมอาร์กโลหะด้วยไฟฟ้าเป็นการเชื่อมด้วยไฟฟ้าที่อาศัยเครื่องเชื่อมเป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสเชื่อม โดยเครื่องเชื่อมนี้จะทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าจากสายเชื่อมแล้วไหลต่อไปยังลวดเชื่อมและชิ้นงานเพื่อให้เกิดการอาร์กขึ้นขณะเชื่อม เครื่องมือและอุปกรณ์เบื้องต้นในการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อม

(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

1.2.1 เครื่องเชื่อม (Welding Machine)

เครื่องเชื่อมทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟเชื่อมไปยังลวดเชื่อมและชิ้นงานเพื่อให้เกิดการอาร์ก ทำให้เกิดความร้อนจนกระทั่งลวดเชื่อมและเนื้อโลหะงานหลอมเหลวติดกันในขณะที่เชื่อม เครื่องเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมอาร์กกลวद्धूमप्लक्ष्แบ่งตามลักษณะของต้นกำลังที่ผลิตออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Welding Machine)

เครื่องเชื่อมชนิดนี้แบ่งออกเป็น 3 แบบดังนี้

1. เครื่องเชื่อมแบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (Motor Generator Welding Machine)

เครื่องเชื่อมชนิดนี้ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนมอเตอร์ และส่งกำลังต่อไปยังเพลาเจเนอเรเตอร์อีกครั้ง และเจเนอเรเตอร์จะทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อนำไปใช้งานต่อไป



inspiration starts here

รูปที่ 1.3 แสดงลักษณะของเครื่องเชื่อมแบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

(ที่มา : <http://www.thomex.com/ebrochures/ranga-enterprises/>, วันเข้าถึง 7 มีนาคม 2562)

2. เครื่องเชื่อมแบบขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ (Engine Generator Welding Machine)

เครื่องเชื่อมชนิดนี้ทำงานโดยใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนเจเนอเรเตอร์ เพื่อผลิตไฟฟ้ากระแสตรงออกมาโดยเครื่องยนต์ ที่ใช้มีทั้งขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เหมาะกับงานเชื่อมภาคสนามที่ไม่สามารถหาไฟฟ้าเชื่อมต่อได้

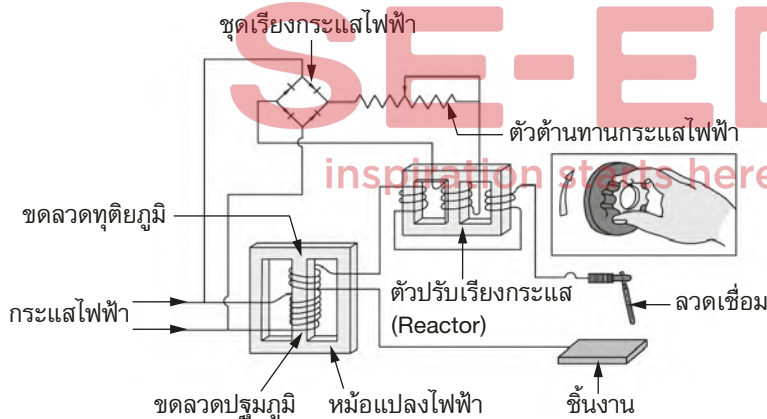


รูปที่ 1.4 แสดงลักษณะของเครื่องเชื่อมแบบขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์

(ที่มา : <http://www.plazathai.com/show-569140.html>, วันเข้าถึง 7 มีนาคม 2562)

2. เครื่องเชื่อมกระแสตรงแบบเรียงกระแส (Rectifier Welding Machine)

เครื่องเชื่อมชนิดนี้ประกอบด้วย หม้อแปลงไฟฟ้าและชุดแปลงกระแสคือ ซิลิคอน (Silicon) หรือซีลีเนียม (Selenium) ที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ปัจจุบันเครื่องเชื่อมชนิดนี้สามารถใช้ได้กับกระแสไฟฟ้าได้ 2 ระบบคือ ทั้งไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรงรวมอยู่ในเครื่องเดียวกัน ทำให้สามารถเลือกใช้ตามความต้องการ ทำให้มีความสะดวกต่อการใช้งาน แต่อย่างไรก็ตาม เครื่องเชื่อมชนิดนี้จะมีราคาแพงกว่าเครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงธรรมดา ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แสดงไดอะแกรมการทำงานของเครื่องเชื่อมกระแสตรงแบบเรียงกระแส

(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)



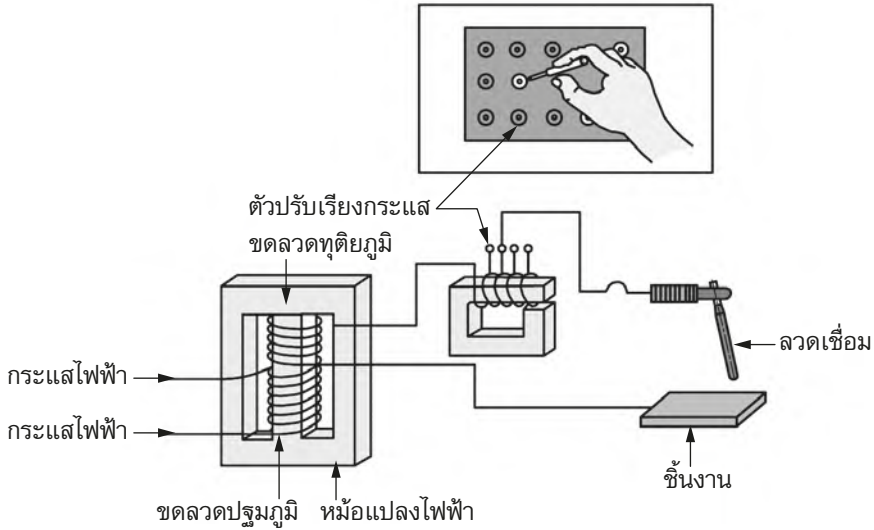
รูปที่ 1.6 แสดงลักษณะของเครื่องเชื่อมกระแสตรงแบบเรียงกระแส

(ที่มา : <http://www.parakeet.in/thyristorised-welding-rectifier.htm>, วันเข้าถึง 25 มีนาคม 2562)

3. เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Welding Machine)

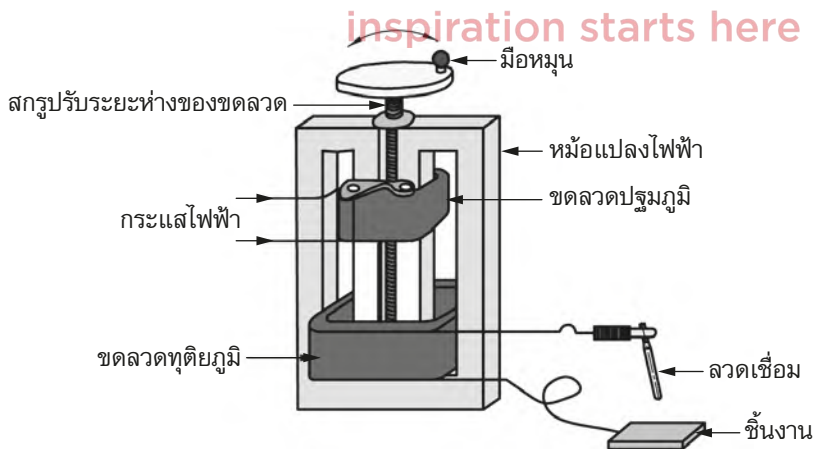
เครื่องเชื่อมชนิดนี้ใช้หม้อแปลงทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ ภายในเครื่องเชื่อมประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งสามารถปรับขนาดของกระแสไฟฟ้าออกมาใช้งานได้ โดยขดลวดปฐมภูมิจะรับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดเพื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสนามแม่เหล็ก ได้แก่ แกนของหม้อแปลง ในขณะที่ขดลวดทุติยภูมินั้นไม่ได้ต่อจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าโดยตรง แต่เกิดจากการเปลี่ยนเส้นแรงแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กไหลผ่านตัวนำ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าสูงกว่าต้นกำเนิดและนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ในการเชื่อม กระแสไฟฟ้าที่นำออกมาใช้ถูกควบคุมโดยตัวควบคุมที่สามารถปรับกระแสไฟฟ้าให้สูงและต่ำได้ตามความต้องการ เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งตามวิธีการปรับกระแสไฟฟ้าได้ 3 ชนิด ดังนี้

1. เครื่องเชื่อมแบบปรับกระแสโดยขดลวดตัวเรียงกระแส (Adjustable Reactor Type) ดังรูปที่ 1.7 เป็นเครื่องเชื่อมที่ต่อขดลวดตัวปรับเรียงกระแส (Reactor) เข้ากับขดลวดทุติยภูมิที่มีจำนวนของขดลวดแตกต่างกัน ดังนั้นถ้าจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิน้อยกว่าก็จะเกิดการเปิดวงจรไฟฟ้า (Open Circuit Voltage) ทำให้การเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงมีน้อยเช่นกัน ส่งผลให้ค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อมสูง ในทางกลับกัน ถ้าจำนวนขดลวดทุติยภูมิมากกว่าจะทำให้เกิดการเปิดวงจรไฟฟ้า ทำให้การเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงมีมาก และส่งผลให้ค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อมต่ำ เป็นต้น



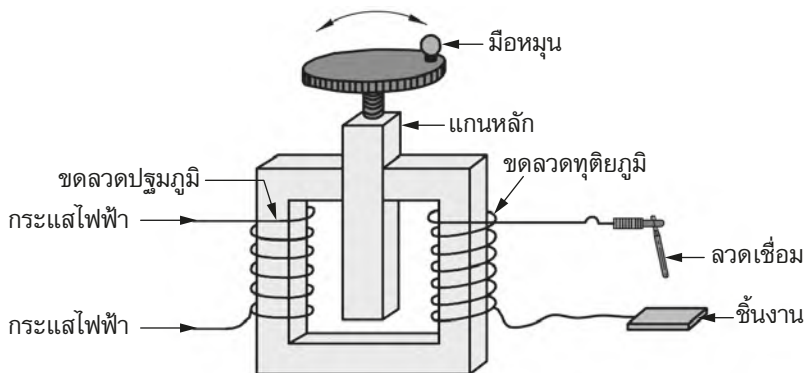
รูปที่ 1.7 แสดงไดอะแกรมการทำงานของเครื่องเชื่อมแบบปรับขดลวดตัวเรียงกระแส
(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

2. เครื่องเชื่อมแบบปรับกระแสโดยการเคลื่อนที่ของขดลวด (Movable Coil Type) ดังรูปที่ 1.8 เป็นเครื่องเชื่อมที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าโดยการปรับระยะห่างของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งขดลวดทุติยภูมิจะอยู่กับที่ขณะที่ขดลวดปฐมภูมิสามารถเคลื่อนที่ได้ ในกรณีที่ระยะห่างของขดลวดทั้งสองห่างกันมากก็จะทำให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit Current) ในการใช้งานสามารถปรับกระแสไฟฟ้าเชื่อมได้ โดยการหมุนมือหมุนปรับระยะห่างของขดลวด เพื่อให้ได้ค่ากระแสไฟฟ้าเชื่อมที่เหมาะสมกับชิ้นงานและขนาดลวดเชื่อม



รูปที่ 1.8 แสดงไดอะแกรมการทำงานของเครื่องเชื่อมแบบปรับกระแสการเคลื่อนที่ของขดลวด
(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

3. เครื่องเชื่อมแบบปรับกระแสโดยการเคลื่อนที่ของแกน (Movable Core Type) ดังรูปที่ 1.9 เป็นเครื่องเชื่อมที่ให้ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิอยู่คงที่ แต่ใช้แกนหลักซึ่งยึดติดกับสกรูปรับเคลื่อนที่แทน ถ้าการหมุนปรับมีช่องว่างมากก็จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นได้น้อยและได้กระแสไฟฟ้าเชื่อมต่ำ



รูปที่ 1.9 แสดงโดยภาพการทำงานของเครื่องเชื่อมแบบปรับกระแสโดยการเคลื่อนที่ของแกน
(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

4. เครื่องเชื่อมอินเวอร์เตอร์ (Inverter Welding Machine) ดังรูปที่ 1.10 เป็นเครื่องเชื่อมที่นำระบบอิเล็กทรอนิกส์มาแทนหม้อแปลงไฟฟ้า โครงสร้างของเครื่องมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และประหยัดพลังงาน หลักการทำงานของเครื่องเชื่อมชนิดนี้คือแปลงกระแสไฟสลับเป็นกระแสตรง และใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เปลี่ยนกระแสตรงให้เป็นกระแสสลับความถี่สูง แล้วผ่านวงจรเพื่อแปลงกระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงอีกครั้ง



รูปที่ 1.10 แสดงลักษณะของเครื่องเชื่อมอินเวอร์เตอร์
(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

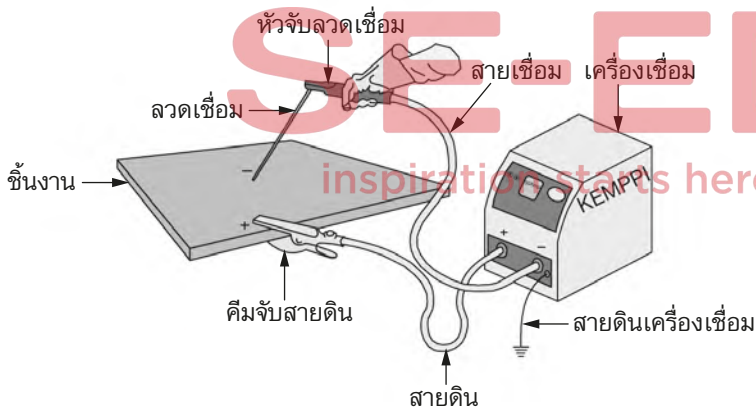


1.2.2 การต่อวงจรกระแสไฟฟ้าของการเชื่อมและผลของการเชื่อม

การต่อวงจรกระแสไฟฟ้าในการเชื่อมแบ่งออกเป็น 3 แบบ โดยแต่ละแบบมีผลต่อการเชื่อม ดังนี้

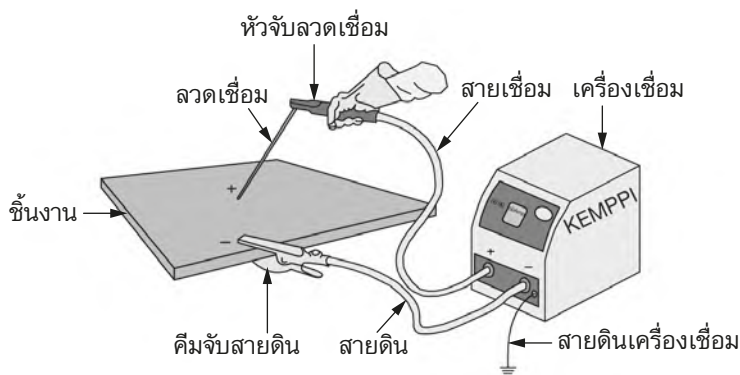
1. การต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงต่อขั้วตรงหรือการต่อไฟฟ้ากระแสตรงลวดเชื่อมเป็นขั้วลบ (Direct Current Straight Polarity; DCSP or DCEP) เป็นการต่อวงจรกระแสไฟฟ้าให้ลวดเชื่อมเป็นขั้วลบ (-) และต่อชิ้นงานเป็นขั้วบวก (+) ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจากลวดเชื่อมไปยังชิ้นงาน ปริมาณความร้อนประมาณ $\frac{2}{3}$ ส่วนอยู่ที่ชิ้นงาน และที่เหลืออีก $\frac{1}{3}$ ส่วนอยู่ที่ลวดเชื่อม ผลของการเชื่อมคือ ทำให้ชิ้นงานเกิดการซึมลึกที่ดี การต่อขั้วไฟฟ้าแบบนี้เหมาะกับการเชื่อมชิ้นงานที่มีความหนาแน่นมาก ดังรูปที่ 1.11

2. การต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงต่อกลับขั้วหรือการต่อไฟฟ้ากระแสตรงลวดเชื่อมเป็นขั้วบวก (Direct Current Reverse Polarity; DCRP or DCEN) เป็นการต่อวงจรกระแสไฟฟ้าให้ลวดเชื่อมเป็นขั้วบวก (+) และต่อชิ้นงานเป็นขั้วลบ (-) ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจากชิ้นงานไปยังลวดเชื่อม ปริมาณความร้อนประมาณ $\frac{2}{3}$ ส่วนอยู่ที่ลวดเชื่อม และที่เหลืออีก $\frac{1}{3}$ ส่วนอยู่ที่ชิ้นงาน ผลของการเชื่อมคือ ทำให้ชิ้นงานเกิดการซึมลึกน้อย การต่อขั้วไฟฟ้าแบบนี้เหมาะกับการเชื่อมชิ้นงานที่มีความหนาแน่นน้อย ดังรูปที่ 1.12



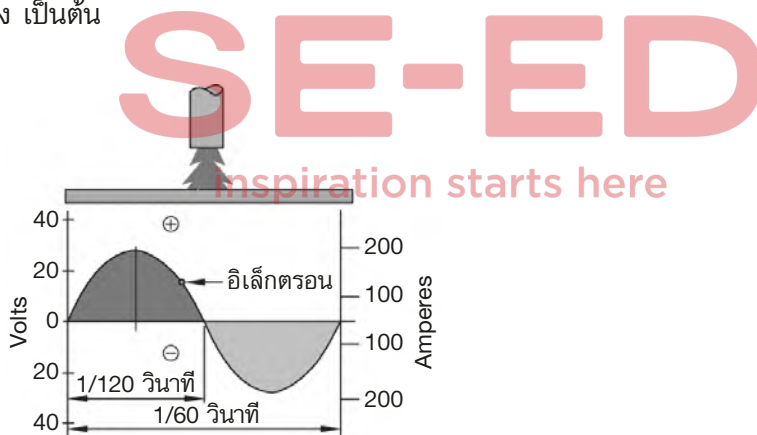
รูปที่ 1.11 แสดงลักษณะของการต่อขั้วไฟฟ้ากระแสตรงต่อขั้วตรง

(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)



รูปที่ 1.12 แสดงลักษณะของการต่อขั้วไฟฟ้ากระแสตรงต่อกลับขั้ว
(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

3. การต่อวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) การต่อขั้วไฟฟ้าแบบนี้จะไม่มีผลกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า เพราะการไหลของกระแสจะมีทิศทางการเคลื่อนที่สลับกันเป็นคลื่นหรือรอบ (Cycle) โดยใน 1 รอบจะมีกระแสไหลผ่านศูนย์ (0) จำนวน 2 ครั้ง ผ่านคลื่นบวก (+) 1 ครั้งและผ่านคลื่นลบ (-) 1 ครั้ง ในช่วงคลื่นบวกอิเล็กตรอนจะไหลไปในทิศทางหนึ่ง และในช่วงคลื่นลบอิเล็กตรอนจะไหลไปในทิศทางตรงข้าม กระแสไฟฟ้าโดยทั่วไปมีความถี่เท่ากับ 60 เฮิร์ตซ์ (Hertz) หมายความว่าภายใน 1 วินาทีจะเกิดรอบดังกล่าวกว่า 60 ครั้ง เป็นต้น



รูปที่ 1.13 แสดงลักษณะของวงจรไฟฟ้าเชื่อมแบบกระแสสลับ
(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)



4. วงจรการทำงานของเครื่องเชื่อม (Duty Cycle) หมายถึงอัตราส่วนของเวลาที่ทำการเชื่อมต่อเวลามาตรฐานทั้งหมด ซึ่งเวลาเป็นมาตรฐานทั้งหมดของเครื่องเชื่อมกำหนดไว้ที่ 10 นาที ตัวอย่างเช่น เครื่องเชื่อมขนาด 250 แอมแปร์ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ของวงจรการทำงาน หมายถึงเครื่องเชื่อมนี้เมื่อปรับกระแสไฟเชื่อมที่ 250 แอมแปร์สามารถเชื่อมแบบต่อเนื่องได้นาน 6 นาที และเวลาหยุดพัก 4 นาที เป็นต้น เครื่องเชื่อมโดยทั่วไปที่ใช้ในการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยไฟฟ้าจะใช้วงจรการทำงานประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ การคำนวณหาวงจรการทำงานของเครื่องเชื่อมเพื่อการใช้งานได้อย่างเหมาะสม สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\text{วงจรการทำงาน} = \frac{(\text{กระแสไฟที่กำหนดของเครื่องเชื่อม})^2}{(\text{กระแสไฟที่ต้องการใช้})^2} \times \text{Duty Cycle ที่กำหนด}$$

ตัวอย่างเครื่องเชื่อมเครื่องหนึ่งมีวงจรการทำงาน 60 เปอร์เซ็นต์ ที่กระแสไฟ 300 แอมแปร์ จงคำนวณหาวงจรการทำงานของเครื่องเชื่อมเมื่อต้องการใช้กระแสไฟเชื่อม 400 แอมแปร์

$$\text{วงจรการทำงาน} = \frac{(300)^2}{(400)^2} \times 60 = 33.75 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

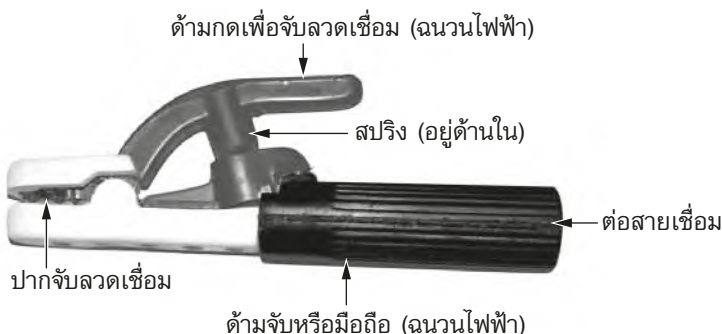
จากตัวอย่างแสดงว่าเมื่อต้องการเชื่อมโดยใช้กระแสไฟ 400 แอมแปร์ เครื่องเชื่อมเครื่องนี้สามารถเชื่อมได้ประมาณ 3.4 นาที เป็นต้น

5. การเลือกเครื่องเชื่อม เพื่อให้สามารถใช้เครื่องเชื่อมในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1. ขนาดของกระแสเชื่อมที่ต้องการใช้ในการเชื่อม
2. ชนิดของกระแสไฟที่สามารถจัดหาได้ในสถานที่ตั้ง
3. ความสะดวกและปัจจัยในการจัดหา
4. ปริมาณของงานที่ทำการเชื่อม
5. องค์ประกอบเกี่ยวกับความสะดวกสบายและความประหยัด
6. วงจรการทำงานของเครื่องเชื่อม (Duty Cycle)
7. แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าเครื่องเชื่อม
8. ความถี่ของกระแสไฟฟ้า
9. จำนวนเฟสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าเครื่องเชื่อม

1.2.3 หัวจับลวดเชื่อม (Electrode Holder)

หัวจับลวดเชื่อมคือ อุปกรณ์ที่ใช้จับลวดเชื่อม เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าจากสายเชื่อม ผ่านไปสู่ลวดเชื่อมเพื่อให้เกิดการอาร์กและเป็นมือถือขณะทำการเชื่อม โครงสร้างภายนอกที่ใช้มือจับห่อหุ้มไว้ด้วยฉนวนไฟฟ้า เพื่อป้องกันไฟฟ้าและความร้อนขณะเชื่อม ปากจับทำด้วยทองแดง สามารถจับลวดเชื่อมทำมุมตามต้องการได้ ดังรูปที่ 1.14



รูปที่ 1.14 แสดงส่วนประกอบของหัวจับลวดเชื่อม
(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

1.2.4 คีมจับสายดิน (Ground Clamp)

คีมจับสายดินเป็นอุปกรณ์ที่ใช้จับยึดชิ้นงานหรือโต๊ะเชื่อม เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจรได้สะดวก ในการติดตั้งสายดินจะต้องยึดให้แน่น เพราะถ้าสายดินหลวมจะทำให้เกิดความต้านทานของกระแสไฟฟ้าสูง ทำให้เกิดการสูญเสียของพลังงานในขณะที่เชื่อม บริเวณรอยต่อ เกิดความร้อนสะสมมาก และอาจเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานเชื่อมได้ ดังรูปที่ 1.15



รูปที่ 1.15 แสดงลักษณะของคีมจับสายดิน
(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)



1.2.5 สายไฟเชื่อม (Cable for Welding)

สายไฟเชื่อมทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากเครื่องเชื่อมไปสู่บริเวณของการอาร์ก โครงสร้างด้านในประกอบด้วยเส้นลวดทองแดงเล็กๆ ที่พันรวมกันจำนวนมากและใช้เส้นใยพันรอบไว้อีกรอบ เพื่อรักษารูปร่างของลวดทองแดง ส่วนด้านนอกทำด้วยยางที่เป็นฉนวนไฟฟ้าห่อหุ้มไว้ การที่สายเชื่อมทำด้วยทองแดงเส้นเล็กๆ พันรวมกันไว้ก็เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานและสามารถโค้งงอได้

สายเชื่อมแบ่งออกเป็น 2 สายคือ สายเชื่อมและสายดิน โดยสายเชื่อมต่อเข้ากับหัวจับลวดเชื่อม ส่วนสายดินต่อเข้ากับคีมจับชิ้นงาน และอาจใช้ข้อต่อสายเชื่อม (Cable Connectors) เพื่อต่อเข้ากับเครื่องเชื่อม ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องเชื่อม ในการเลือกสายเชื่อมต้องให้มีความเหมาะสมกับกระแสเชื่อม ตัวอย่างเช่น ถ้าเครื่องเชื่อมขนาดกระแสไฟฟ้า 250 แอมแปร์ ก็ควรเลือกสายไฟเชื่อมที่ใช้กับกระแสไฟฟ้าขนาด 250 แอมแปร์ เป็นอย่างน้อย ดังรูปที่ 1.16



รูปที่ 1.16 แสดงลักษณะโครงสร้างของสายเชื่อม

(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

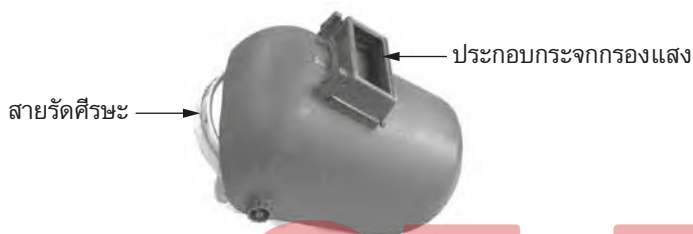


1.2.6 อุปกรณ์เบ็ดเตล็ด

1. หน้ากากเชื่อม (Welding Helmet) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อป้องกันใบหน้าและดวงตาจากรังสีอัลตราไวโอเลต รังสีอินฟราเรด ความร้อน และสะเก็ดโลหะร้อนจากการเชื่อม โดยใช้ควบคู่กับกระจกกรองแสง หน้ากากเชื่อมทำจากวัสดุที่มีน้ำหนักเบาและทนความร้อนสูง หน้ากากเชื่อมที่นิยมใช้โดยทั่วไปมี 2 ชนิดดังนี้

1. หน้ากากเชื่อมชนิดสวมหัว (Helmet) หน้ากากเชื่อมชนิดนี้มีสายรัดหัวเข้ากับหน้ากากด้วยกัน เมื่อสวมหัวแล้วด้านหน้าของหน้ากากสามารถเปิด-ปิดได้ ช่วยป้องกันศีรษะและใบหน้าขณะเชื่อม ดังรูปที่ 1.17

2. หน้ากากเชื่อมชนิดมือถือ (Hand Shield) หน้ากากชนิดนี้มีโครงสร้างเหมือนกับแบบสวมหัว แตกต่างกันที่แบบมือถือจะใช้มืออีกด้านหนึ่งจับเพื่อยกขึ้นปิดใบหน้าขณะเชื่อม ดังรูปที่ 1.18



รูปที่ 1.17 แสดงลักษณะของหน้ากากเชื่อมชนิดสวมหัว
(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)



รูปที่ 1.18 แสดงลักษณะของหน้ากากเชื่อมชนิดมือถือ
(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)



นอกจากหน้ากากเชื่อมทั้งสองชนิดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังมีหน้ากากเชื่อมชนิดที่สามารถปรับแสงได้อัตโนมัติ ดังรูปที่ 1.19



รูปที่ 1.19 แสดงลักษณะหน้ากากแบบปรับแสงอัตโนมัติ

(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

2. กระจกกรองแสง (Filter Lens) ใช้กรองแสงจากการเชื่อมที่จะกระทบกับดวงตาและใบหน้า การใช้งานจะใช้กระจกใสวางซ้อนอีกชั้น เพื่อป้องกันสะเก็ดโลหะกระเด็นติดกระจก การเลือกกระจกกรองแสง ดังรูปที่ 1.20

สำหรับการเชื่อมอาร์กหลอดหุ้มฟลักซ์จะต้องมีความเข้มตามความเหมาะสมกับขนาดของหลอดเชื่อมหรือกระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อม ดังตารางที่ 1.1



รูปที่ 1.20 แสดงลักษณะของกระจกใสและกระจกกรองแสง

(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

**ตารางที่ 1.1** การเลือกใช้ความเข้มของกระจกกรองแสงสำหรับการเชื่อมอาร์กลดหุ้มฟลักซ์

ลำดับที่	ขนาดลวดเชื่อม (มิลลิเมตร)	ความเข้มของกระจกกรองแสง (เบอร์)
1	น้อยกว่าถึง 5/32 นิ้ว (น้อยกว่าถึง 4 มิลลิเมตร)	10
2	ตั้งแต่ 5/32 - 1/4 นิ้ว (4 - 6 มิลลิเมตร)	12
3	มากกว่า 1/4 นิ้ว (มากกว่า 6 มิลลิเมตร)	14

(ที่มา : Andrew D. Althouse and Others, 2012, p. 163)

3. ค้อนเคาะสแลก (Chipping Hammer) ส่วนปลายของหัวค้อนมีรูปทรงแตกต่างกันคือ ด้านหนึ่งแบน ใช้เคาะสแลกและเม็ดโลหะกระเด็น (Spatter) ส่วนอีกด้านหนึ่งเรียวแหลม ใช้เคาะสแลกที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ ที่ติดอยู่บนแนวเชื่อมและชิ้นงาน ดังรูปที่ 1.21



รูปที่ 1.21 แสดงลักษณะของค้อนเคาะสแลก

(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

4. แปรงลวด (Wire Brush) ทำด้วยไม้ ส่วนขนแปรงทำด้วยเหล็กกล้าหรือทองเหลืองที่จัดเป็นแถวฝังติดกับด้ามไม้ ใช้สำหรับขัดทำความสะอาดสิ่งสกปรก เช่น สนิม และคราบน้ำมันออกจากชิ้นงานทั้งก่อนเชื่อมและหลังเชื่อม ดังรูปที่ 1.22

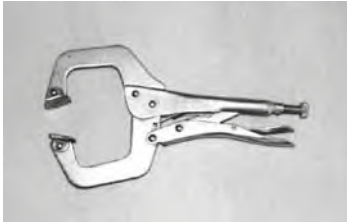


รูปที่ 1.22 แสดงลักษณะของแปรงลวด

(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)



5. คีมจับยึดงานเชื่อม (Pliers) ใช้จับ บีบ ยึด และล็อกชิ้นงาน คีมจับยึดงานเชื่อมแบ่งออกเป็นหลายชนิดตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ดังรูปที่ 1.23 ถึงรูปที่ 1.24



รูปที่ 1.23 แสดงลักษณะของคีมล็อกงานเชื่อม
(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)



รูปที่ 1.24 แสดงลักษณะของคีมจับงานร้อน
(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

1.3 ลวดเชื่อมและมาตรฐานของลวดหุ้มฟลักซ์

1.3.1 นิยามของลวดเชื่อม

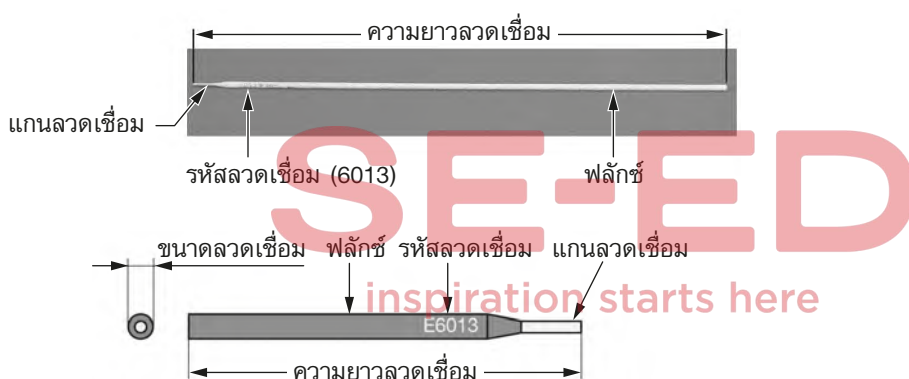
สมาคมการเชื่อมแห่งสหรัฐอเมริกา (American Welding Society; AWS) ได้ให้นิยามของลวดเชื่อมไว้ว่า “ลวดเชื่อมที่ใช้สำหรับเติมลงในแนวเชื่อมและเป็นตัวทำหน้าที่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จากขั้วจ่ายไฟฟ้าผ่านตัวมันเองไปยังการอาร์ก ซึ่งจะผลิตออกมาเป็นเส้นลวดหรือเป็นแท่ง มีทั้งแบบลวดเปลือยและแบบลวดมีสารพอกหุ้ม” ลวดหุ้มฟลักซ์เป็นลวดเชื่อมที่ผ่านกระบวนการผลิตโดยใช้สารพอกหุ้มแกนลวดเชื่อมไว้ โดยที่แกนลวดเชื่อมมีหน้าที่สำคัญคือ เป็นขั้วไฟฟ้า และในขณะเดียวกันก็ใช้เติมเนื้อโลหะลงในแนวเชื่อมด้วย



รูปที่ 1.25 แสดงลักษณะของลวดหุ้มฟลักซ์
(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

1.3.2 ส่วนประกอบของลวดหุ้มฟลักซ์

ลวดหุ้มฟลักซ์มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ แกนลวดเชื่อมและฟลักซ์หรือสารพอกหุ้ม และบนผิวนอกของฟลักซ์ด้านที่ใช้จับเข้ากับหัวจับ ลวดเชื่อมจะระบุรหัสของลวดเชื่อม เช่น E6013 ดังรูปที่ 1.26



รูปที่ 1.26 แสดงส่วนประกอบของลวดหุ้มฟลักซ์
(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)



1.3.3 หน้าที่ของฟลักซ์หรือสารพอกหุ้ม

ขณะเชื่อมฟลักซ์หรือสารพอกหุ้มหลอมละลายพร้อมกับแกนลวดเชื่อม และทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้

1. ช่วยทำให้เกิดการอาร์กที่ดี ตัวอย่างเช่น การเริ่มต้นอาร์กทำได้ง่าย การอาร์กเรียบ ควบคุมการอาร์กให้สม่ำเสมอ และช่วยให้การจุดประกายของการอาร์กทำได้ง่ายขึ้น เป็นต้น
2. เติมธาตุผสมให้กับเนื้อโลหะเชื่อม
3. ช่วยในการสร้างแก๊ส ป้องกันบ่อหลอมเหลวและกลายเป็นสแลกเมื่อแนวเชื่อมเย็นตัว
4. ช่วยดึงสิ่งสกปรกในบ่อหลอมขึ้นมารวมตัวกันเป็นสแลก
5. รักษาสมบัติของธาตุที่ผสมอยู่และช่วยเพิ่มสมบัติของแนวเชื่อมตามที่ต้องการ
6. ป้องกันการรวมตัวของออกซิเจนและไนโตรเจนในบรรยากาศไม่ให้ทำปฏิกิริยากับโลหะงานที่กำลังหลอมเหลว
7. ช่วยควบคุมอัตราการเย็นตัวของแนวเชื่อมคือ ช่วยให้แนวเชื่อมเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ
8. เป็นฉนวนป้องกันไฟฟ้า
9. ขจัดออกไซด์และสารมลทินต่าง ๆ ทำให้โลหะเชื่อมบริสุทธิ์ขึ้น

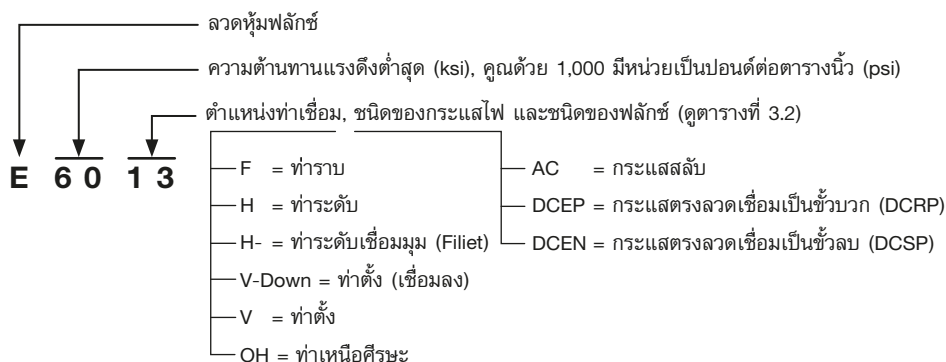
1.3.4 สมบัติของฟลักซ์หรือสารพอกหุ้ม

สมบัติของสารพอกหุ้มที่ดีควรมีสมบัติ ดังนี้

1. มีความถ่วงจำเพาะต่ำ สามารถลอยตัวขึ้นจากน้ำโลหะที่กำลังหลอมเหลวได้
2. มีอุณหภูมิหลอมละลายขณะเกิดการอาร์ก
3. ขณะหลอมละลายจะเกิดควัน ซึ่งเป็นแก๊สที่ป้องกันและขับไล่แก๊สจากภายนอกไม่ให้รวมตัวกับโลหะงานที่กำลังหลอมเหลว
4. ไม่แตกหรือหลุดออกจากแกนลวดได้ง่าย

1.3.5 มาตรฐานของลวดหุ้มฟลักซ์

ลวดหุ้มฟลักซ์ที่ผลิตออกมาจำหน่ายในปัจจุบันมีหลายมาตรฐาน ได้แก่ AWS, ISO, DIN, JIS และมาตรฐาน มอก. (TIS) เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะลวดหุ้มฟลักซ์ตามมาตรฐานของสมาคมการเชื่อมแห่งสหรัฐอเมริกา (AWS A5.1-1991) ซึ่งเป็นลวดเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหุ้มฟลักซ์ (Carbon Steel Electrode for Shielded Metal Arc Welding) โดยมีการกำหนดรหัสของลวดเชื่อมไว้ ดังแผนภูมิที่ 1.1



แผนภูมิที่ 1.1 แสดงการกำหนดรหัสของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ตามมาตรฐาน AWS (A5.1-1991)

(ที่มา : อำนาจ ทองแสน, 2565)

จากแผนภูมิที่ 1.1 ลวดหุ้มฟลักซ์ตามมาตรฐานของ AWS (A5.1-1991) กำหนดรหัสโดยใช้ตัวอักษรและตัวเลข 4 หลักดังนี้

1. หลักที่ 1 ใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษคือ E หมายถึงลวดหุ้มฟลักซ์ (Electrode)
2. หลักที่ 2 ใช้หมายเลข 2-5 หมายถึงค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด มีหน่วยเป็นกิโลปอนด์ต่อตารางนิ้ว (ksi) และถ้าคูณด้วย 1,000 จะมีหน่วยเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)
3. หลักที่ 3 ใช้หมายเลข หมายถึงตำแหน่งการเชื่อมหรือท่าเชื่อม ประกอบด้วย
 - 1) หมายเลข 0 หรือ 1 หมายถึงเชื่อมได้ทุกตำแหน่งหรือท่าเชื่อม เช่น ทำราบ ทำระดับ ทำตั้ง และทำเหนือศีรษะ เป็นต้น
 - 2) หมายเลข 2 หมายถึงเชื่อมได้ตำแหน่งทำราบและทำระดับ



3) หมายเลข 3 หมายถึงเชื่อมได้ตำแหน่งท่าราบ

4) หมายเลข 4 หมายถึงเชื่อมได้ตำแหน่งท่าราบ ท่าระดับ และท่าเหนือศีรษะ

4. หลักที่ 4 ใช้หมายเลข 0-9 เพื่อระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมกับลวดเชื่อม และระบุสมบัติของสารพอกหุ้ม ดังนี้

1) หมายเลข 0 หมายถึงเซลลูโลสโซเดียมสูง (High Cellulose Sodium)

2) หมายเลข 1 หมายถึงเหล็กออกไซด์สูง (High Iron Oxide)

3) หมายเลข 2 หมายถึงไทเทเนียมโซเดียมสูง (High Titanium Sodium)

4) หมายเลข 3 หมายถึงไทเทเนียมโพแทสเซียมสูง (High Titanium Potassium)

5) หมายเลข 4 หมายถึงผงเหล็ก ไทเทเนียม (Iron Powder Titanium)

6) หมายเลข 5 หมายถึงไฮโดรเจนโซเดียมต่ำ (Low Hydrogen Sodium)

7) หมายเลข 6 หมายถึงไฮโดรเจนโพแทสเซียมต่ำ (Low Hydrogen Potassium)

8) หมายเลข 7 หมายถึงเหล็กออกไซด์ (Iron Oxide)

9) หมายเลข 8 หมายถึงผงเหล็กไฮโดรเจนต่ำ (Iron Powder Low Hydrogen)

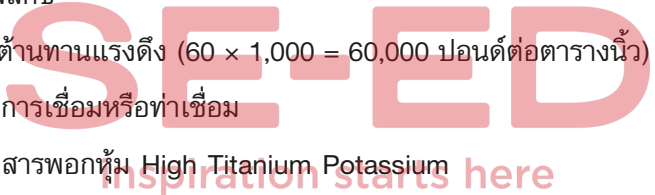
ตัวอย่างการอ่านรหัสของลวดหุ้มฟลักซ์ เช่น E 6 0 1 3 มีความหมายดังนี้

E หมายถึงลวดหุ้มฟลักซ์

60 หมายถึงค่าความต้านทานแรงดึง ($60 \times 1,000 = 60,000$ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

1 หมายถึงตำแหน่งการเชื่อมหรือท่าเชื่อม

3 หมายถึงชนิดของสารพอกหุ้ม High Titanium Potassium





ตารางที่ 1.2 แสดงสมบัติทางกลของเนื้อเชื่อม ชนิดของฟลักซ์ ทำเชื่อม และชนิดของกระแสไฟที่ใช้เชื่อม ของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ตามมาตรฐาน AWS (A5.1-1991) (บางส่วน)

รหัส ลวดเชื่อม	ความเค้นแรงดึง (Tensile Strength)		ความเค้นคราก (Yield Strength)		เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Elongation in 2 in.%)	ชนิดของฟลักซ์ (Type of Covering)	ท่าเชื่อม (Welding Position)	ชนิดของกระแสไฟฟ้า (Type of Current)
	ksi	MPa	ksi	MPa				
E6010	60	414	48	331	22	High Cellulose Sodium	F, V, OH, H	DCEP
E6011	60	414	48	331	22	High cellulose potassium	F, V, OH, H	AC or DCEP
E6012	60	414	48	331	17	High titasia sodium	F, V, OH, H	AC or DCEN
E6013	60	414	48	331	17	High titasia potassium	F, V, OH, H	AC, DCEP or DCEN
E6019	60	414	48	331	22	Iron oxide titania potassium	F, V, OH, H	AC, DCEP or DCEN
E6020	60	414	48	331	22	High iron oxide	H-fillets	AC or DCEN
E6022	60	414	Not specified			High iron oxide	F	AC, DCEP or DCEN
E6027	60	414	48	331	22	High iron oxide, iron power	H-fillets	AC or DCEN
							F	AC, DCEP or DCEN

(ที่มา : อำนวยการ ทองแสน, 2558, น. 57)

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการเชื่อมและงานโลหะแผ่นมีพัฒนาการมาอย่างต่อเนื่องทั้งด้านเทคโนโลยีของเครื่องจักร และด้านเทคนิควิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ตรงมาตรฐาน และเป็นที่ยอมรับ อย่างไรก็ตาม พื้นฐานความรู้ด้านทักษะของการเชื่อมและงานโลหะแผ่นก็ยังมีความจำเป็นสำหรับผู้ปฏิบัติงานด้านนี้

หนังสือเรียนเล่มนี้เรียบเรียงขึ้นตรงตามจุดประสงค์ สมรรถนะและคำอธิบายรายวิชา **งานเชื่อมและโลหะแผ่น (Welding and Sheet Metal) รหัสวิชา 30100-0007** ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เนื้อหารายวิชาแบ่งออกเป็น 7 บทเรียน ประกอบด้วย บทที่ 1 การเชื่อมอาร์กหลอดหุ้มฟลักซ์ บทที่ 2 การเชื่อมออกซิอะเซทิลีน บทที่ 3 การแผ่นประสาน บทที่ 4 งานโลหะแผ่นเบื้องต้น บทที่ 5 การพับขอบ การพับตะเข็บ และการย้ำมุม บทที่ 6 การเขียนแบบแผ่นคลี่ และบทที่ 7 การบัดกรีอ่อน พร้อมทั้งแบบฝึกหัด แบบทดสอบ และใบงาน เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถ และทักษะในการทำงานสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของรายวิชา

ประวัติผู้เขียน

อำนาจ ทองแสน



ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2549 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ทุนเพชรพระจอมเกล้า)
- พ.ศ. 2534 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ (เกียรตินิยมอันดับ 2) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น

ประวัติการฝึกอบรม

- พ.ศ. 2539 Certificate in CAD/CAM (Asian Institute of Technology; AIT)
- พ.ศ. 2540 Certificate in Productics Technologies (Technifutur University of Liege (Belgium))

ผลงานทางวิชาการ

- พ.ศ. 2540-ปัจจุบัน มีผลงานทางวิชาการประมาณ 40 เล่ม

ปัจจุบัน

- ดำรงตำแหน่ง ศึกษาพิเศษ วิทยฐานะ: ศึกษาพิเศษเชี่ยวชาญ ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีวศึกษากาฬสินธุ์

พร้อมจำหน่ายในรูปแบบ

- ☒ e-book (PDF) ☐ e-book (EPUB) ☐ audiobooks
- ☒ ปกอ่อน ☐ LARGE PRINT (ตัวอักษรขนาดใหญ่)



www.se-ed.com



sbc.fans



SE-ED Publisher



ISBN 978-616-08-5096-9



9 786160 850969

219 บาท

คู่มือเรียน-สอน/อาชีวศึกษา-
เทคนิคการผลิต, เทคนิคเครื่องกล