# แผนการจัดการเรียนรู้

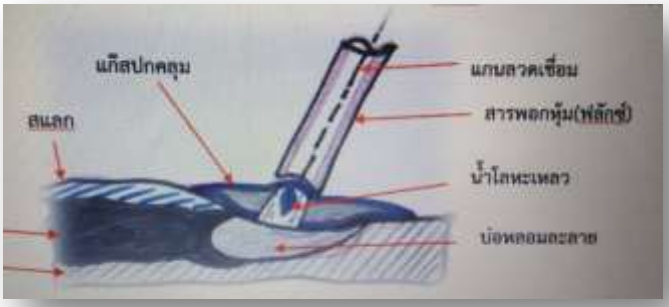
## ภาคเรียนที่ ๑ ปีการศึกษา ๒๕๖๖

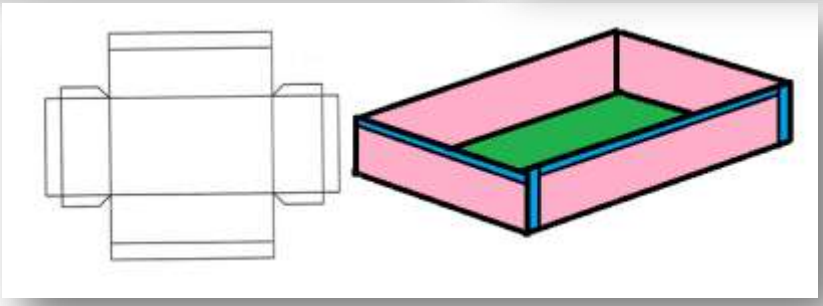
## วิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัส ๒๐๑๐๐ - ๑๐๐๔

## หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช ๒๕๖๒

## ระดับชั้น ปวช.๒ กลุ่ม ๓ สาขาวิชาช่างยนต์

## กลุ่มวิชาชีพพื้นฐาน ประเภทวิชา ช่างอุตสาหกรรม





**จัดทำโดย**

นายนิโรจน์ เพ็งศรี

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ

**แผนกวิชาช่างเชื่อมโลหะ วิทยาลัยเทคนิคจะนะ**

**สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ**

# คำนำ

แผนการจัดการเรียนรู้วิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัสวิชา 20100-1004 2(4) จัดทำขึ้นตามสาระและมาตรฐานการเรียนรู้หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 เพื่อเตรียมการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง ประกอบด้วยเนื้อหา*จำนวน 8 หน่วยการเรียน* ***คือ พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส, การเชื่อมด้วยแก๊สออกซิอะเซทิลีน, การแล่นประสาน, พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า, การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์,พื้นฐานงานโลหะแผ่น, การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี,งานเขียนแบบแผ่นคลี่*** และส่วนท้ายของแผนการจัดการเรียนรู้เล่มนี้ผู้จัดทำได้รวบรวมใบงานฝึกปฏิบัติในรายวิชาดังกล่าวไว้ด้วย โดยเรียบเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก ตามคำอธิบายรายวิชา จุดประสงค์รายวิชา และมาตรฐานรายวิชา ซึ่งเป็นการปรับคำอธิบายรายวิชาเป็นสมรรถนะรายวิชา ประกอบทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติพร้อมทั้งมีแบบประเมินผลเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอน และมุ่งเน้นทั้งความรู้ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ กระบวนการเรียนรู้ (มาตรา 23) โดยปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในรายวิชา (มาตรา 24) ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ

แผนการจัดการเรียนรู้เล่มนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับครูผู้สอนและนักเรียนหรือผู้สนใจทั่วไปเป็นอย่างยิ่ง หากผิดพลาดประการใดผู้จัดทำต้องขออภัยไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

นายนิโรจน์ เพ็งศรี

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| **ลักษณะรายวิชา** | 1 |
| **ตารางวิเคราะห์หลักสูตร** | 2 |
| **กำหนดการสอน** | 3-4 |
| **หน่วยที่ 1 พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส** | 5-38 |
| 3.1 แก๊สกับการเชื่อมโลหะ | |
| 3.2 อุปกรณ์เครื่องมือและเครื่องจักรในงานเชื่อมแก๊ส | |
| **หน่วยที่ 2 การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน** | 39-67 |
| 4.1 รอยต่อในงานเชื่อมแก๊ส | |
| 4.2 ตำแหน่งงานเชื่อม | |
| 4.3 การปรับเปลวไฟแก๊สที่ใช้ในงานเชื่อม | |
| 4.4 เทคนิคและทิศทางการเดินแนวเชื่อมแก๊สและระยะห่างเปลวไฟกับชิ้นงาน | |
| 4.5 กระบวนการเชื่อม | |
| **หน่วยที่ 3 การแล่นประสาน** | 68-78 |
| 3.1 แก๊สกับการเชื่อมโลหะ | |
| 3.2 อุปกรณ์เครื่องมือและเครื่องจักรในงานเชื่อมแก๊ส | |
| **หน่วยที่ 4 พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า** | 79-106 |
| 4.1 งานเชื่อมโลหะ | |
| 4.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้า | |
| 4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า | |
| 4.4 เทคนิคและวิธีการเชื่อม | |
| **หน่วยที่ 5 การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์** | 107-154 |
| 5.1 อันตรายจากการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | |
| 5.2 หลักการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | |
| 5.3 องค์ประกอบสำคัญของการเชื่อมไฟฟ้าลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | |
| 5.4 เทคนิคและวิธีการเชื่อมไฟฟ้าลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | |
| **หน่วยที่ 6 พื้นฐานงานโลหะแผ่น** | 155-190 |
| 6.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงานโลหะแผ่น | |
| 6.2 มาตรฐานโลหะแผ่น | |
| 6.3 ความปลอดภัยในงานโลหะแผ่น | |
| 6.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานโลหะแผ่น | |
| 6.5 เครื่องจักรสำหรับงานโลหะแผ่น | |

**หน่วยที่ 7 การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี** 191-208

7.1 ขอบงาน

7.2 ตะเข็บงาน

7.3 การบัดกรี

7.4 การย้ำหมุด

**หน่วยที่ 8 งานเขียนแบบแผ่นคลี่** 209-233

8.1 ความหมายของแผ่นคลี่

8.2 การเขียนแบบแผ่นคลี่อย่างง่าย (Simple Development)

8.3 การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นขนาน (Parallel Line Development)

8.4 การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นรัศมี (Radial Line Development)

8.5 การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นสามเหลี่ยม (Triangulation Line Development)

**บรรณานุกรม** 234

## ลักษณะรายวิชา

รหัสวิชาและชื่อวิชา ..... 20100 – 1004.....งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น.....

หน่วยกิต( ชั่วโมง ).....2 ( 4 )..... เวลาเรียนต่อภาคเรียน ....72...ชั่วโมง

| รายวิชาตามหลักสูตร | ปรับคำอธิบายรายวิชาเป็นสมรรถนะ | ชั่วโมง |
|---|---|---|
| **จุดประสงค์รายวิชา**<br>1. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กระบวนการเชื่อมแก๊ส การเชื่อมไฟฟ้าและงานโลหะแผ่น<br>2. มีทักษะเกี่ยวกับการปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส เชื่อมไฟฟ้าและการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในงานเชื่อม<br>3. มีทักษะเกี่ยวกับการปฏิบัติงานขึ้นรูปโลหะแผ่นรูปทรงเรขาคณิตและใช้เครื่องมืออุปกรณ์โลหะแผ่น<br>4. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการทำงานด้วยความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลามีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ และรักษาสภาพแวดล้อม<br>**สมรรถนะรายวิชา**<br>1. แสดงความรู้ หลักการกระบวนการเชื่อมแก๊สและการเชื่อมไฟฟ้า<br>2. เชื่อมแล่นประสานและตัดแผนเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส<br>3. เชื่อมอาร์กลวดหุ้มฟลักซ์แผนเหล็กกล้าคาร์บอน<br>4. เขียบแบบแผนคลี่ลงแผ่นงานตามแบบ<br>5. ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะแผ่นตามแบบ<br>**คำอธิบายรายวิชา**<br>ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการเบื้องต้นของกระบวนการเชื่อมและโลหะแผ่น หลักความปลอดภัย ในการปฏิบัติงาน การเลือกใช้วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์งานเชื่อม ท่าเชื่อมรอยต่อที่ใช้ในงานเชื่อมและการแล่น ประสาน การประกอบติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมแก๊ส การแล่นประสาน (Brazing) และเชื่อมไฟฟ้า การเริ่มต้นอาร์ก การเชื่อมเดินแนวต่อมุม ต่อตัวที เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในงานโลหะแผ่น การเขียนแบบ แผ่นคลี่ การถ่ายแบบ การเข้าขอบ การทำตะเข็บ การย้ำหมุด การบัดกรี(Soldering) การขึ้นรูปด้วยการพับ ดัด ม้วน เคาะและประกอบชิ้นงาน | **สมรรถนะรายวิชา**<br>1. แสดงความรู้ หลักการกระบวนการเชื่อมแก๊ส<br>และการเชื่อมไฟฟ้า<br>2. เชื่อม แล่นประสานและตัดแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส<br>3. เชื่อมอาร์กลวดหุ้มฟลักซ์แผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน<br>4. เขียนแบบแผ่นคลี่ลงแผ่นงานตามแบบ<br>5. ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะแผ่นตามแบบ | 12<br>12<br>24<br>12<br>12 |
| | **รวม** | **72** |

## ตารางวิเคราะห์หลักสูตร

รหัสวิชา .....20100 - 1004.....วิชา .....งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น..... หน่วยกิต .....2.....

ชั้น .....ปวช. .1..... สาขาวิชา/กลุ่มวิชา .....ช่างไฟฟ้ากำลัง.....

| พฤติกรรม / ชื่อหน่วย | พุทธิพิสัย | | | | | | ทักษะพิสัย | จิตพิสัย | รวม | ลำดับความสำคัญ | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ความรู้ | เข้าใจ | นำไปใช้ | วิเคราะห์ | สังเคราะห์ | ประเมินค่า | | | | | |
| 1. พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส | 7 | 8 | 7 | - | - | - | 8 | | 30 12 | 5 | 8 |
| 2. การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน | 7 | 9 | 10 | - | - | - | 10 | | 36 14 | 1 | 12 |
| 3. การแล่นประสาน | 7 | 9 | 10 | - | - | - | 7 | | 33 13 | 3 | 8 |
| 4. พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า | 7 | 8 | 8 | - | - | - | 10 | | 33 13 | 3 | 8 |
| 5. การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | 7 | 8 | 7 | - | - | - | 7 | | 29 11 | 4 | 8 |
| 6. พื้นฐานงานโลหะแผ่น | 7 | 8 | 7 | - | - | - | 7 | | 29 11 | 4 | 8 |
| 7. การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี | 7 | 8 | 10 | - | - | - | 10 | | 35 13 | 2 | 8 |
| 8. งานเขียนแบบแผ่นคลี่ | 7 | 8 | 10 | - | - | - | 10 | | 35 13 | 2 | 12 |
| รวม | 56 | 66 | 69 | | | | 69 | | 260 100 | | 72 |
| ลำดับความสำคัญ | 3 | 2 | 1 | | | | 1 | | | | |

**หมายเหตุ** ตารางวิเคราะห์หลักสูตร/หน่วยการเรียนวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น นี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม

## กำหนดการสอน

**วิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัสวิชา 20100 – 1004**

| หน่วยที่ | ชื่อหน่วย/รายการสอน | สัปดาห์ที่ | ชั่วโมงที่ |
|---|---|---|---|
| 1 | **พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส**<br>1.เลือกใช้เครื่องมือประกอบงานเชื่อมแก๊ส เพื่อทำการเชื่อมโลหะงานอย่างเหมาะสมได้<br>2.จำแนกชนิดของแก๊สที่เป็นแก๊สเชื้อเพลิงที่ติดไฟ และแก๊สที่ช่วยให้ไฟติดได้<br>3.อธิบายขั้นตอนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงและแก๊สช่วยให้ไฟติดเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการเชื่อมได้<br>4.ประกอบ และติดตั้งอุปกรณ์ และชุดเชื่อมแก๊สให้เข้ากับพื้นที่ปฏิบัติงานเชื่อมแก๊สได้<br>5.อธิบายรอยต่อในงานเชื่อมแก๊สได้<br>6.เลือกใช้เครื่องมือเครื่องใช้สำหรับเตรียมรอยต่อของชิ้นงานเพื่อประกอบงานในตำแหน่ง การเชื่อมต่าง ๆ ได้<br>7.จุด ดับและปรับเปลวไฟแก๊สจากหัวเชื่อมและบอกทิศทางการเชื่อมแก๊สได้ | 1-2 | 1-8 |
| 2 | **การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน**<br>1. จำแนกความแตกต่างและการเลือกใช้เครื่องเชื่อมไฟฟ้าได้<br>2. บอกประโยชน์และการใช้งานของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมได้<br>3. อธิบายเทคนิคและวิธีการเชื่อมแบบต่าง ๆ ได้ | 3-4 | 9-16 |
| 3 | **การแล่นประสาน**<br>1.บอกวิธีการป้องกันอันตรายที่เกิดจากการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ได้<br>2.อธิบายหลักการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ได้<br>3.บอกรายละเอียดเกี่ยวกับลวดเชื่อมหุ้ม ฟลักซ์ สารพอกหุ้มและวิธีการพิจารณาในการเลือกลวดเชื่อมได้<br>4.อธิบายองค์ประกอบสำคัญของการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้ม ฟลักซ์ได้ | 5-7 | 17-28 |

## กำหนดการสอน

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | **พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า**<br>1. จำแนกความแตกต่างและการเลือกใช้เครื่องเชื่อมไฟฟ้าได้<br>2. บอกประโยชน์และการใช้งานของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมได้<br>3. อธิบายเทคนิคและวิธีการเชื่อมแบบต่าง ๆ ได้ | 8-9 | 29-36 |
| 5 | **การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์**<br>1.บอกวิธีการป้องกันอันตรายที่เกิดจากการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ได้<br>2.อธิบายหลักการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ได้<br>3.บอกรายละเอียดเกี่ยวกับลวดเชื่อมหุ้ม ฟลักซ์ สารพอกหุ้ม และวิธีการพิจารณาในการเลือกลวดเชื่อมได้<br>4.อธิบายองค์ประกอบสำคัญของการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ได้ | 10-12 | 37-48 |
| 6 | **พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป**<br>1. อธิบายเกี่ยวกับงานโลหะแผ่นได้<br>2. อ่านขนาดความหนาตามมาตรฐานโลหะแผ่นได้<br>3. จำแนกชนิดของโลหะแผ่นที่จะนำมาใช้งานแต่ละชนิดได้<br>4. อธิบายเรื่องความปลอดภัยเกี่ยวกับงานโลหะแผ่นได้<br>5. เรียกชื่อเครื่องมือเครื่องจักรในงานโลหะแผ่นได้<br>6. อธิบายวิธีการใช้งานของเครื่องมือและเครื่องจักรในงานโลหะแผ่นได้ | 13 | 49-52 |
| 7 | **การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี**<br>1. อธิบายการทำขอบงานแบบต่าง ๆ ได้<br>2. บอกชื่อตะเข็บชนิดต่าง ๆ ได้<br>3. อธิบายขั้นตอนการเตรียมและการบัดกรีได้<br>4. เลือกหมุดย้ำมาใช้กับงานได้ | 14-15 | 53-60 |
| 8 | **งานเขียนแบบแผ่นคลี่**<br>1. อธิบายวิธีการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้<br>2. เขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นขนาน เส้นรัศมี และวิธีสามเหลี่ยมได้ | 16-17 | 61-68 |
| | **สอบปลายภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565** | 18 | 69-72 |
| | **รวม** | | **72** |

# แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยที่ 1

**ชื่อวิชา** งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น **รหัส** 20100 – 1004 **ระดับ**ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

**ชื่อหน่วย** พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส **จำนวน 8 ชั่วโมง**

## สาระสำคัญ

การเชื่อมแก๊สเป็นวิธีการเชื่อมที่เหมาะสำหรับการเชื่อมต่อโลหะที่เป็นแผ่นบาง เพราะไม่เหมาะกับการเชื่อมด้วยไฟฟ้า เนื่องจากมีอุณหภูมิสูงทำให้แผ่นโลหะหลอมเหลวตัวมากเกินไป การเชื่อมแก๊สนิยมใช้ในโรงงานหลอมโลหะ โรงงานตัดเรือเหล็ก อู่เคาะพ่นสี ร้านทำท่อไอเสียรถยนต์ และงานซ่อมบำรุงประจำโรงงาน อันตรายของชุดเชื่อมแก๊ส เช่น ท่อบรรจุแก๊สระเบิด แสงจ้าจากการเชื่อม เปลวไฟจากหัวเชื่อมแก๊ส เป็นต้น ก่อนทำการเชื่อมต้องศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยให้เข้าใจอย่างท่องแท้

## สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ความปลอดภัยในการเชื่อมแก๊ส ชุดเชื่อมแก๊สและชุดป้องกันอันตราย
2. แสดงความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊ส การประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊ส

## จุดประสงค์การเรียนรู้

### จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้และความเข้าใจความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน
2. เพื่อให้มีความรู้และความเข้าใจความปลอดภัยในการเชื่อมแก๊ส
3. เพื่อให้มีความรู้และความเข้าใจชุดเชื่อมแก๊สและชุดป้องกันอันตราย
4. เพื่อให้มีความรู้และความเข้าใจเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊ส
5. เพื่อให้มีความรู้และความเข้าใจการประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊ส

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกความปลอดภัยในการปฏิบัติงานได้ถูกต้อง
2. บอกความปลอดภัยในการเชื่อมแก๊สได้ถูกต้อง
3. บอกชุดเชื่อมแก๊สและชุดป้องกันอันตรายได้ถูกต้อง
4. บอกเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊สได้ถูกต้อง
5. อธิบายการประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊สได้ถูกต้อง
6. ประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊สได้ถูกต้อง
7. ปฏิบัติงานเชื่อมแก๊สได้อย่างปลอดภัย
8. มีกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย

## สาระการเรียนรู้

การเชื่อมแก๊สเป็นวิธีการเชื่อมที่เหมาะสำหรับการเชื่อมต่อโลหะที่เป็นแผ่นบาง เพราะไม่เหมาะกับการเชื่อมด้วยไฟฟ้า เนื่องจากมีอุณหภูมิสูงทำให้แผ่นโลหะหลอมเหลวมากเกินไป การเชื่อมแก๊สนิยมใช้ในโรงงานหลอมโลหะ โรงงานตัดเรือเหล็ก อู่เคาะพ่นสี ร้านทำท่อไอสียรถยนต์ และงานซ่อมบำรุงประจำโรงงาน อันตรายจากชุดเชื่อมแก๊ส เช่น ท่อบรรจุแก๊สระเบิด แสงจ้าจากการเชื่อม เปลวไฟจากหัวเชื่อมแก๊สเป็นต้น ก่อนทำการเชื่อมต้องศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยให้เข้าใจอย่างถ่องแท้

**3.1 ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน**

หลักการสำคัญประกระการแรกที่ผู้ปฏิบัติงานในระดับต่างๆ ควรตระหนักให้มาก คือ ความปลอดภัยในการทำงาน ดังคำขวัญที่ว่า ปลอดภัยไว้ก่อน (Safety First) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องตรวจสอบสภาวะแวดล้อม อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ ก่อนลงมือทำงาน ควรศึกษาจากหัวข้อต่างๆ ดังนี้

**การจัดพื้นที่โรงงานให้มีความเหมาะสมและปลอดภัย**

1 พื้นที่โรงงานควรเป็นคอนกรีตหรืออิฐทนไฟ

2 จะต้องทำเส้นพื้นที่การใช้งานของงานแต่ละงานให้เป็นสัดส่วนชัดเจน

3 จะต้องทำเส้นเขตพื้นที่การใช้งานของเครื่องจักรแต่ละเครื่องเป็นสัดส่วน

4 อุปกรณ์เครื่องมือจะต้องจัดเก็บไว้อย่างเรียบร้อย ปลอดภัยพร้อมใช้งาน

5 พื้นที่โรงงานอากาศจะต้องถ่ายเทได้สะดวก

6 พื้นที่โรงงานจะต้องสะอาดปราศจากวัสดุอย่างอื่น

7 ในโรงงานจะต้องมีอุปกรณ์ดับเพลิงไว้ใช้ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน

8 ในโรงงานจะต้องมีอุปกรณ์และยาเพื่อใช้ในการปฐมพยาบาล

9 ในโงงานต้องออกแบบหรือมีการควบคุมเสียงไม่ให้ดังเกินมาตรฐาน

10 พื้นที่โรงงานจะต้องมีระบบระบายน้ำได้อย่างดี

11 บริเวณพื้นที่เชื่อมแก๊สของโรงงาน ต้องปราศจากวัสดุไวไฟ

12 จะต้องมีระบบป้องกัน ระบบไฟฟ้าที่เหมาะสม

13 จะต้องมีทางออกฉุกเฉิน ทางหนีไฟ

14 ความร้อนจากเครื่องจักรกลหรือแหล่งความร้อนจะต้อง ควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

**ความร้อนจากการเชื่อมไฟฟ้า การเชื่อมแก๊ส**

**รังสีจากการเชื่อม**

## 3.2 ความปลอดภัยทั่วไปในงานเชื่อมแก๊ส

การปฏิบัติงานใดๆ นั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงและให้ความสำคัญเป็นลำดับแรก คือเรื่องความปลอดภัยในการเชื่อมแก๊สก็เช่นกัน เพราะขณะปฏิบัติงานนั้นผู้เชื่อมจะต้องปฏิบัติงานควบคู่กับการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อม หากผู้เชื่อมไม่รู้ถึงหน้าที่ วิธีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การเชื่อม ก็อาจจะส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุจากการทำงานได้ ดังนั้นผู้เชื่อมจึงต้องตระหนักถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงานเชื่อมแก๊สซึ่งต้องปฏิบัติขั้นตอน ดังนี้

1 พื้นที่เชื่อมแก๊สต้องมีอากาศถ่ายเทสะดวก ระบายอากาศได้ดี หากเกิดการรั่วไหลของแก๊สอะเซทิลีนจะสามารถระบายแก๊สออกได้ทันที และควรอยู่ห่างจากสารติดไฟอย่างน้อย 25 ฟุต หรือประมาณ 7.6 เมตร จะไม่ทำให้เกิดอันตรายกับผู้ที่กำลังปฏิบัติงานเชื่อมและผู้ที่อยู่ใกล้เคียง

2 ท่อแก๊สอะเซทิลีนและท่อออกซิเจน จะต้องมีอุปกรณ์ช่วยยึดท่อเพื่อให้ท่อไม่ล้มหรือยึดติดกับชุดเคลื่อนที่มีล้อเคลื่อนย้ายไปได้ด้วยความปลอดภัย

2.1 ท่อบรรจุแก๊สอะเซทิลีน เป็นท่อความดันต่ำ ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High-Carbon Steel) ต้องผ่านการทดสอบเช่นเดียวกับท่อออกซิเจน ตามมาตรฐานของ ICC (Interstate Commerce Commission)

2.2 ท่อแก๊สออกซิเจน เป็นท่อความดันสูงทำด้วยเหล็กกล้าคาร์บอนสูง(High-Carbon Steel) เป็นท่อไม่มีตะเข็บ หนาไม่น้อยกว่า 9 มม. สามารถทนความดันได้สูงต้องผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน ICC (Interstate Commerce Commission)

3 ภายในพื้นที่เชื่อมแก๊สต้องมีการติดตั้งถังดับเพลิงควรจะติดตั้งในบริเวณที่สามารถหยิบใช้ได้ง่ายและสามารถมองเห็นได้ชัดเจนหากเกิดเพลิงไหม้หรือเหตุไม่คาดคิด รวมทั้งควรมีป้ายเตือนความปลอดภัยช่วยเตือนและควบคุมการปฏิบัติงาน

4.ต้องสวมแว่นตาเชื่อมแก๊สทุกครั้งที่ทำการเชื่อม ถ้าไม่สวมแว่นอาจทำให้แสงและเม็ดโลหะหลอมเหลวซึ่งเกิดจากการระเบิดของแก๊สเข้าตาได้

5 ก่อนเปิดวาล์วที่หัวท่อแก๊สจะต้องตรวจสอบเกจวัดความดัน ข้อต่อสานยางหัวทอร์ชและหัวทิพว่าชำรุดหรือเปิดค้างไว้หรือไม่

6. ในขณะที่ทำการเชื่อมควรสวมถุงมือหนังและเอี๊ยมหนังเพื่อป้องก้นความร้อนและเปลวไฟจากการทำงาน ถุงมือหนังและเอี๊ยมหนังผลิตจากหนังที่มีความคงทนและมีความยืดหยุ่นสูงและตัดเย็บด้วยกรรมวิธีที่ได้มาตรฐาน สายรัดสามารถปลดและปรับเลื่อนได้อย่างรวดเร็ว ง่ายต่อการสวมใส่

7. เมื่อเชื่อมควรใช้คีมจับชิ้นงานเพื่อป้องกันความร้อน คีมจับงานร้อนจะมีลักษณะปากแบน มีร่องและขาของคีมคีมจับงานร้อนจะยาว

8. รองเท้าที่ใช้ควรเป็นรองเท้าหุ้มข้อหัวเหล็กเพื่อป้องกันน้ำเหล็กกระเด็นเข้าไปในรองเท้า

9. ไม่ควรหยอกล้อกันในขณะปฏิบัติงาน

**ชุดเชื่อมแก๊สและชุดป้องกันอันตราย**

**ชุดเชื่อมแก๊ส**

**ชุดเชื่อมแก๊ส แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้**

1. ชุดเชื่อมแก๊สยึดอยู่กับที่ ชุดเชื่อมแก๊สประเภทนี้ส่วนใหญ่แล้วอยู่ในอาคารหรือโรงงาน ตัวท่อออกซิเจนและอะเซทิลีนคล้องด้วยโซ่และยึดติดกับผนังเพื่อป้องกันการล้มขณะปฏิบัติงาน เมื่อทำการเชื่อมจะต้องนำชิ้นงานมาเชื่อมในบริเวณที่ชุดเชื่อมแก๊สยึดอยู่เท่านั้น

2. ชุดเชื่อมแก๊สเคลื่อนที่ ในการปฏิบัติงานเมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องออกไปทำงานนอกสถานที่จำเป็นต้องเคลื่อนย้ายชุดเชื่อมแก๊ส แต่เนื่องจากชุดเชื่อมแก๊สประกอบด้วยอุปกรณ์หลายอย่างและมีน้ำหนักมาก ถ้าหากเคลื่อนย้ายไม่ระมัดระวังโอกาสที่อุปกรณ์เชื่อมแก๊สบางตัวจะเสียหายมีมาก ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานเชื่อมควรใช้ชุดเชื่อมแก๊สเป็นแบบชุดสนาม ซึ่งอุปกรณ์ทุกอย่างจะอยู่บนรถเข็น 2 ล้อ

ชุดป้องกันอันตราย

ในการเชื่อมแก๊สผู้ปฏิบัติงานเชื่อมต้องสวมชุดป้องกันอันตรายให้ครบถ้วน เช่น แว่นตาเชื่อมแก๊ส ชุดหนัง ถุงมือ รองเท้าหัวเหล็ก เป็นต้น เพราะขณะปฏิบัติงานเชื่อมจะเกิดความร้อน การแตกกระเด็นของน้ำโลหะและแสง สิ่งต่างๆ เหล่านี้อาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับบาดเจ็บและทำให้งานเชื่อมออกมาไม่สมบูรณ์

**โต๊ะสำหรับฝึกปฏิบัติงานเชื่อมแก๊สจะต้องปูด้วยอิฐทนไฟ**

แก๊สอะเซทิลีนและท่อแก๊สออกซิเจน จะต้องยึดผูกมัดให้ติดกับโต๊ะ รถเข็น หรือผนังเพื่อป้องกันไม่ให้ท่อล้มแล้วอาจจะเกิดอุบัติเหตุได้

**3.3 ชุดเชื่อมแก๊สและชุดป้องกันอันตราย**

**ชุดเชื่อมแก๊ส**

ชุดเชื่อมแก๊ส แบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ชุดเชื่อมแก๊สอยู่กับที่

ประกอบด้วยอุปกรณ์เชื่อมแก๊สท่อบรรจุแก๊สออกซิเจน ท่อบรรจุแก๊สอะเซทิลีน สายเชื่อมแก๊ส หัวเชื่อมแก๊สไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้

2. ชุดเชื่อมแก๊สเคลื่อนที่

ประกอบด้วยอุปกรณ์เชื่อมแก๊สท่อบรรจุแก๊สออกซิเจน ท่อบรรจุแก๊สอะเซทิลีน สายเชื่อมแก๊ส หัวเชื่อมแก๊สประกอบบนรถเข็นมีโซ่คล้องล็อกท่อบรรจุแก๊สกันท่อล้มสามารถเคลื่อนย้ายได้

**ชุดป้องกันอันตราย**

**3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊ส**

**3.4.1. ท่อบรรจุแก๊สออกซิเจน (Oxygen Cylinder)**

ท่อบรรจุแก๊สออกซิเจนมีลักษณะทรงกระบอกทำจากเหล็กกล้าแมงกานีส (Manganese Steel) เป็นท่อที่ไม่มีตะเข็บหรือผ่านการเชื่อม มีความหนาของท่อไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร สัญลักษณ์สีที่ตัวท่อจะทาด้วยสีเขียวหรือสีดำ

**3.4.2. ท่อบรรจุแก๊สอะเซทิลีน (Acetylene Cylinder)**

ท่อบรรจุแก๊สอะเซทิลีนมีขนาดและรูปร่างต่างกัน ที่นิยมใช้กันความสูงของฐานล่างถึงบริเวณคอท่อประมาณ 1025 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 304 มิลลิเมตร บรรจุแก๊สได้ 275 ลูกบาศก์ฟุต อัดความดัน 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

**3.4.3. เครื่องปรับความดันแก๊สออกซิเจนและอะเซทิลีน (Oxygen and Acetylene Regulator)**อุปกรณ์ที่ใช้ปรับและควบคุมความดันให้คงที่และเหมาะสมกับการนำไปใช้เชื่อมแก๊สประกอบด้วยเกจ โดยมีตัวเลขบอกความดันภายในท่อบรรจุแก๊สและความดันที่เปิดเพื่อนำไปใช้งาน

**หน้าที่ของเครื่องปรับความดันแก๊ส**

เครื่องปรับความดันแก๊สเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในงานเชื่อมและตัดแก๊ส มีหน้าที่สำคัญดังนี้

1. ลดความดันสูงจากแหล่งกำเนิดให้ต่ำลงเพื่อนำไปใช้งาน
2. สามารถตั้งค่าหรือปริมาณความดันได้ตามต้องการ
3. ควบคุมอัตราการไหลของแก๊สให้สม่ำเสมอ
4. ป้องกันไฟย้อนกลับเข้าท่อแก๊ส

**3.4.4. สายยางเชื่อมแก๊สและข้อต่อ (Hose and Connection)**

สายยางเชื่อมแก๊ส เป็นอุปกรณ์สำหรับนำส่งแก๊สที่ออกมาจากเครื่องควบคุมความดันแก๊สไปยังหัวเชื่อมแก๊ส ทำจากยางเสริมแรงมีความแข็งแรงสามารถทนต่อแรงดันได้สูง โค้งงอง่าย ทนทาน สายยางเชื่อมที่ดีต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. ต้องไม่ทำปฏิกิริยากับแก๊สที่ส่งผ่าน
2. มีความแข็งแรงทนแรงดันได้ดี
3. มีความยืดหยุ่นได้ดี อ่อนตัวได้ง่าย

สายยางประกอบเข้ากับเครื่องควบคุมแก๊สด้วยข้อต่อ (Connection) ประกอบด้วย

- นัต (Nut) รูปร่างภายนอกมีลักษณะเป็นหกเหลี่ยม ทำจากทองเหลือง เกลียวขวาสำหรับแก๊สออกซิเจน เกลียวซ้ายสำหรับแก๊สอะเซทิลีน

- นิปเปิล (Nipple) มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกสอดอยู่ในรูนัต ส่วนหางจะมีรูปร่างเรียวและขึ้นลอนเพื่อสวมเข้ากับสายยางเชื่อมแก๊สและใช้เข็มขัดรัดให้แน่น
- เข็มขัดรัดสาย มีลักษณะเป็นห่วงโดยมีสกรูที่ขันเข้าเพื่อทำให้เกิดการรัดแน่นโดยจะรัดสายยางแก๊สที่ประกบเข้ากับนัตและนิปเปิลให้แน่นเพื่อกันสายยางแก๊สหลุดออก โดยเฉพาะแก๊สออกซิเจนซึ่งมีความดันสูง

**3.4.5. หัวเชื่อมแก๊ส (Welding Torch)**

หัวเชื่อมแก๊สเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในงานเชื่อมแก๊สที่เป็นทางผ่านของแก๊สออกซิเจนและ แก๊สอะเซทิลีน ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

หัวเชื่อมแก๊สแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะแรงดันของแก๊สอะเซทิลีน เนื่องจากแก๊สอะเซทิลีนที่ใช้กันอยู่มี 2 ชนิด คือแบบท่อที่บรรจุสำเร็จรูปที่มีความดันสูง ทำให้สามารถ ควบคุมแรงดันมาใช้งานได้ดีกับอีกแบบหนึ่งที่นำเอาแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมกับน้ำในเครื่องกำเนิดแก๊สอะเซทิลีน แรงดันต่ำควบคุมได้ยาก ดังนั้น จึงแบ่งหัวเชื่อมแก๊สได้ 2 ชนิดดังนี้

1. หัวเชื่อมแก๊สแบบความดันสมดุล (Equal Pressure Torch)
2. หัวเชื่อมแก๊สแบบหัวฉีด (Injector Torch)

**3.4.6. อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยส่วนบุคคล (Personal Safety Equipment)**

อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยส่วนบุคคลในงานเชื่อมแก๊ส จะเป็นชุดเชื่อมแก๊สที่ช่างเชื่อม ทุกคนจะต้องสวมใส่ในการปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ตัวเอง ได้แก่

1. ถุงมือหนัง (Gloves)
2. เสื้อคลุมหนัง (Apron)
3. แว่นตาเชื่อมแก๊ส (Welding Goggles)

**3.4.7. อุปกรณ์จุดไฟ (Friction Lighter)**

เป็นอุปกรณ์สำหรับจุดไฟสำหรับงานเชื่อมแก๊ส เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้เชื่อม

**3.4.8. อุปกรณ์ที่ทำความสะอาดหัวทิพเชื่อม (Tip Cleaner)**

อุปกรณ์ทำความสะอาดหัวทิพมีหน้าที่ทำความสะอาดหัวทิพ เนื่องจากเวลาเชื่อมแก๊ส อาจเกิดเม็ดโลหะเล็กๆ กระเด็นขึ้นมาติดอยู่ที่รอบหัวทิพ

**3.4.9. ลวดเชื่อมแก๊ส (Fillor Rod)**

เป็นเส้นลวดใช้สำหรับเติมลงไปในบ่อหลอมละลาย ขณะทำการเชื่อมแก๊ส

**เครื่องมือและอุปกรณ์อื่นๆ**

มีเครื่องมือและอุปกรณ์ช่วยงานอื่นๆที่จำเป็นมากมายหลายชนิดที่ใช้ในงานเชื่อมแก๊ส

**3.5 การประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊ส**

**ขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์เชื่อมแก๊ส (Acetylene Gas)**

การประกอบอุปกรณ์เชื่อมแก๊สจะต้องปฏิบัติให้ถูกต้องตามขั้นตอนมีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

1. ท่อแก๊สออกซิเจนและท่อแก๊สอะเซทิลีนที่นำออกมาควรทำการยึดด้วยโซ่ เพื่อป้องกันท่อแก๊สล้มและกระแทกท่อบรรจุควรตั้งขึ้น

2. ถอดฝาครอบหัวท่อแก๊สออกซิเจนและแก๊สอะเซทิลีนออก

3. เปิดวาล์วที่หัวท่อแก๊สออกซิเจนโดยหมุนทวนเข็มนาฬิกา ให้เปิดและปิดวาล์วที่ท่อบรรจุแก๊สออกซิเจนอย่างรวดเร็ววิธีนี้เรียกว่า “แคร๊กกริ้ง” (Cracking) เพื่อไล่ฝุ่นที่อยู่บริเวณทางออกของแก๊สและป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองเข้าไปในเครื่องปรับความดันแก๊สและอุดตันภายใน ระหว่างที่เปิดวาล์วท่อแก๊สออกซิเจนควรยืนอยู่ด้านข้างท่อแก๊สออกซิเจน

4. ก่อนประกอบเครื่องปรับความดันแก๊สออกซิเจนให้ตรวจเช็คความเรียบร้อยของเกลียว ที่ท่อแก๊สออกซิเจนและทำความสะอาด นำเอาเครื่องปรับความดันแก๊สออกซิเจนประกอบเข้ากับเกลียวท่อแก๊สออกซิเจนและใช้ประแจปากตายขันเกลียวข้อต่อแก๊สเข้าโดยขันตามเข็มนาฬิกาจนตึงมือ ระวังอย่าขันแน่นเกินไป

5. เปิดวาล์วที่หัวท่อแก๊สอะเซทิลีนด้วยประแจที่เปิด โดยหมุนทวนเข็มนาฬิกาให้แก๊สอะเซทิลีนออกมาและปิดวาล์วอย่างรวดเร็ว เรียกว่า “แคร๊กกริ้ง” (Cracking) เพื่อไล่ฝุ่นที่อยู่บริเวณทางออกของแก๊สเหมือนกับท่อบรรจุแก๊สออกซิเจน

.

6. ประกอบเครื่องปรับความดันแก๊สอะเซทิลีน โดยปฏิบัติเหมือนกับเครื่องปรับความดันแก๊สออกซิเจน

7. ประกอบสายยางเชื่อมแก๊สสีเขียวเข้ากับข้อต่อทางออกแก๊สของเครื่องปรับความดันแก๊สออกซิเจน โดยเป็นเกลียวขวาจะหมุนตามเข็มนาฬิกาขันแค่พอตึงมือ

8. ประกอบสายยางเชื่อมแก๊สสีแดงเข้ากับข้อต่อทางออกแก๊สของเครื่องปรับความดันแก๊สอะเซทิลีน โดยเป็นเกลียวซ้ายจะหมุนทวนเข็มนาฬิกาขันแค่พอตึงมือ

9. ที่หัวเชื่อมแก๊สที่ต่อกับสายยางเชื่อมแก๊สนัตที่สายยางเชื่อมแก๊สอะเซทิลีนมีรอยบากขันเข้ากับเกลียวหัวเชื่อมแก๊สอะเซทิลีนซึ่งมีอักษร F โดยเกลียวเป็นเกลียวซ้ายหมุนตามเข็มนาฬิกา ส่วนนัตที่สายยางเชื่อมแก๊สออกซิเจนไม่มีรอยบากขันเข้ากับเกลียวหัวเชื่อมแก๊สออกซิเจน ซึ่งมีอักษร O โดยเกลียวเป็นเกลียวขวาหมุนตามเข็มนาฬิกา

10. ที่หัวเชื่อมแก๊สนำอุปกรณ์ห้องผสมแก๊สมาต่อเข้ากับหัวเชื่อมแก๊สโดยหมุนห้องผสมแก๊สตามเข็มนาฬิกาจนพอตึงมือ

11. ที่ห้องผสมแก๊สนำอุปกรณ์หัวทิพเชื่อมมาประกอบต่อ โดยหมุนหัวทิพเชื่อมตามเข็มนาฬิกาจนพอตึงมือ

**3.6 ขั้นตอนการตรวจเช็ครอยรั่วและปรับค่าเครื่องควบคุมความดันแก๊ส(Acetylene Gas)**

**(Oxygen Gas)แก๊สออกซิอะเซทิลีน**

1. หลังจากประกอบอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว เปิดวาล์วที่หัวท่อแก๊สออกซิเจนอย่างช้าๆจนสุดเกลียว ที่หน้าปัดเกจวัดความดันสูงจะแสดงจำนวนแก๊สที่มีอยู่ในท่อ จากนั้นหมุนสกรูปรับความดัน โดยหมุนตามเข็มนาฬิกาจนหน้าปัดเกจวัดความดันต่ำบอกค่าความดัน 5 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเปิดวาล์วแก๊สออกซิเจนที่หัวเชื่อมแก๊ส ดูว่าความดันอยู่ที่หน้าปัดเกจความดันต่ำตกหรือไม่ ถ้าตกให้ปรับจนได้ค่าเท่าเดิมแล้วตรวจเช็คด้วยตาเปล่าตามจุดรอยต่อระหว่างเครื่องปรับความดันแก๊สกับพ่อบรรจุแก๊สออกซิเจน เพื่อควบคุมความดันแก๊สกับสายยางเชื่อมแก๊ส สายยางเชื่อมแก๊สกับหัวเชื่อมแก๊สและอุปกรณ์หัวเชื่อมแก๊สทั้งชุด ถ้าแก๊สออกซิเจนรั่วจะได้ยินเสียงแก๊สออกมาที่รอยรั่วคล้ายกับเสียงลมและควรใช้น้ำผสมสบู่หรือผสมผงซักฟอกตีเป็นฟองใช้แปรงทาสีธาตุโดยรอยต่อ เมื่อตรวจเช็ครอยรั่วเรียบร้อยแล้วปิดวาล์วแก๊สออกซิเจนที่หัวเชื่อมแก๊ส

2. สำหรับท่อแก๊สอะเซทิลีนใช้ประแจสำหรับเปิดวาล์วท่อแก๊สอะเซทิลีนเปิดวาล์ว ที่หัวท่อแก๊สอะเซทิลีนโดยหมุนตามเข็มนาฬิกาประมาณ 1/4 ถึง 1/2 รอบ และทิ้งประแจไว้ที่วาล์วหัวท่อที่หน้าปัดเกจวัดความดันสูง จะแสดงจำนวนแก๊สที่มีอยู่ในท่อจากนั้นหมุนสกรูปรับความดัน โดยหมุนตามเข็มนาฬิกาจนหน้าปัดเกจวัดความดันบอกค่าความดัน 5 ปอนด์ต่อตารางนิ้วจากนั้นเปิดวาล์วแก๊สอะเซทิลีนที่หัวเชื่อมแก๊สดูว่าความดันที่หน้าปัดเกดความดันต่ำตก หรือไม่ถ้าตกให้ปรับจนได้ค่าเท่าเดิมถ้าแก๊สอะเซทิลีนด้วยจะมีกลิ่นออกมา วิธีตรวจสอบรอยรั่วปฏิบัติเหมือนกับแก๊สออกซิเจน

## กิจกรรมการเรียนรู้

สัปดาห์ที่ 1 – 2 พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส

### ขั้นนำ

1. แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น วิธีการเรียน วิธีการฝึกปฏิบัติ การเตรียมความพร้อม และกิจกรรมในชั้นเรียน
2. แจ้งเกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้

### ขั้นสอน

1. นำเข้าสู่บทเรียน
2. บรรยายเนื้อหา พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส โดยการถาม ตอบ ใช้สื่อการสอนประกอบ
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและซักถามข้อสงสัย ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชา
4. ผู้สอนสาธิตการเชื่อมแก๊สตามใบงานฝึกให้นักเรียนดู
5. ให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติการเชื่อมแก๊ส ส่งชิ้นงานท้ายชั่วโมง

### ขั้นสรุป : ทบทวนและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้

1. อธิบายเพิ่มเติมและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส
2. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส
3. มอบหมายให้ผู้เรียน ไปทบทวนบทเรียน และเตรียมอ่านหนังสือเพื่อเตรียมพร้อมในการเรียนครั้งต่อไป

### ขั้นประเมินผล

| | |
|---|---|
| คุณธรรม | 5 คะแนน |
| ใบงาน | 5 คะแนน |
| แบบทดสอบ | 5 คะแนน |
| แบบฝึกปฏิบัติ | 5 คะแนน |

## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือ งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น : อาคม บุณยศิริวัฒน์ ธนิต ศิริสาคร และ สุรจิตร ตรุโนภาส. บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด ,2547.
2. ใบสรุปความรู้ประจำหน่วยการเรียนรู้ที่ 2
3. แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้
4. สื่อของจริง เครื่องมือที่ใช้ในงานเชื่อมแก๊ส ตัวอย่างชิ้นงานเชื่อมแก๊ส
5. หนังสือหรือตำราเรียนที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้อง

## หลักฐานการเรียนรู้

แบบฝึกหัด

แบบฝึกปฏิบัติ

## การวัดและประเมินผล

### เครื่องมือประเมิน

8.1.1 ประเมินจากแบบฝึกหัดและใบงาน พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส

8.1.2 การสังเกตการณ์ปฏิบัติตามกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย

### เกณฑ์การประเมิน

วัดผลสัมฤทธิ์จากแบบฝึกหัดและใบงานมีเกณฑ์ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ร้อยละ 80-100 | หมายถึง | 4 |
| ร้อยละ 75-79 | หมายถึง | 3.5 |
| ร้อยละ 70-74 | หมายถึง | 3.0 |
| ร้อยละ 65-69 | หมายถึง | 2.5 |
| ร้อยละ 60-64 | หมายถึง | 2.0 |
| ร้อยละ 55-59 | หมายถึง | 1.5 |
| ร้อยละ 50-54 | หมายถึง | 1.0 |
| ต่ำกว่าร้อยละ 0-49 | หมายถึง | 0 |

## บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

### 9.1 ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

### 9.2 ปัญหาที่พบ

.....

.....

### 9.3 แนวทางแก้ปัญหา

.....

.....

## ใบงานที่

| | |
|---|---|
| **วิชา :** งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** พื้นฐานการเชื่อมแก๊ส | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** การติดตั้งการประกอบเครื่องมืออุปกรณ์การเชื่อมแก๊ส | เวลา ชั่วโมง |

**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. เตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์งานติดตั้ง การประกอบเครื่องมืออุปกรณ์การเชื่อมแก๊สและการตรวจสอบรอยรั่วได้

2. ปฏิบัติงานติดตั้ง การประกอบเครื่องมืออุปกรณ์การเชื่อมแก๊สและการตรวจสอบรอยรั่วได้ถูกต้อง ประหยัด มีวินัย ปลอดภัยตามหลักอาชีวอนามัย

**เครื่องมือและอุปกรณ์**

1. ชุดหัวเชื่อมแก๊ส
2. ท่อบรรจุแก๊สออกซิเจน
3. ท่อบรรจุแก๊สอะเซทิลีน
4. ถุงมือผ้า
5. แว่นตาเชื่อมแก๊ส
6. อุปกรณ์จุดเปลวไฟ
7. ประแจเลื่อน
8. ไขควงปากแบน
9. แปรงทาสี ขนาด 1 นิ้ว

คำสั่ง :

1. จงปฏิบัติงานติดตั้ง การประกอบเครื่องมืออุปกรณ์การเชื่อมแก๊สและการตรวจสอบรอยรั่วได้

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :** งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** พื้นฐานการเชื่อมแก๊ส | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** การติดตั้ง การประกอบเครื่องมืออุปกรณ์การเชื่อมแก๊ส | เวลา ชั่วโมง |

**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 1. เตรียมอุปกรณ์งานเชื่อมแก๊ส เช่น หัวเชื่อมแก๊ส สายเชื่อมแก๊ส ข้อต่อ นัต เข็มขัดรัดสายอุปกรณ์ปรับความดันแก๊ส ท่อบรรจุแก๊สออกซิเจน ท่อบรรจุแก๊สอะเซทิลีน อุปกรณ์จุดเปลวไฟ เป็นต้น |
| | 2. ตรวจเช็ค เครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมแก๊สตามข้อ 1 ว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีหรือไม่ |
| | 3. นักเรียนเตรียมเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการประกอบอุปกรณ์งานเชื่อมแก๊ส เช่น ประแจปากตาย ประแจเลื่อน ไขควงปากแบน |

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| <br> | 4. ครูผู้สอนสาธิต ปฏิบัติให้นักเรียนดูวิธีการต่ออุปกรณ์การเชื่อมแก๊สให้นักเรียนดูและ แนะนำเทคนิควิธีการต่างๆ |
| | 5. นักเรียนปฏิบัติ การต่ออุปกรณ์การเชื่อมแก๊สให้ครบถ้วน ครูตรวจขั้นตอนที่ 1 |
| <br> | 6. นักเรียนเตรียมเครื่องมือตรวจสอบรอยรั่วของจุดต่อต่างๆ สายแก๊ส หัวเชื่อมแก๊ส และเปิดวาล์วแก๊สอะเซทิลีนและออกซิเจน ใช้แปรงจุ่มน้ำสบู่ทาบริเวณจุดต่อต่างๆ ครูตรวจขั้นตอนที่ 2 |
| | 7. นักเรียนทำความอุปกรณ์การเชื่อมแก๊ส เครื่องมืองานเชื่อมแก๊ส เก็บอุปกรณ์เครื่องมือเข้าที่ให้เรียบร้อย และทำความสะอาดพื้นที่ฝึก |

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานที่

| | |
|---|---|
| **วิชา** :งานเชื่อมและโลหะแผ่นบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย** : พื้นฐานการเชื่อมแก๊ส | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน** : การติดตั้ง การประกอบเครื่องมืออุปกรณ์การเชื่อมแก๊ส | เวลา ชั่วโมง |

ชื่อ..... นามสกุล.....กลุ่ม.....เลขที่.....

| ลำดับที่ | จุดตรวจ | เต็ม | ทำได้ |
|---|---|---|---|
| 1. | เตรียมอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊สได้ถูกต้องและครบถ้วน | 10 | |
| | - เตรียมอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊สได้ 5 รายการ | 7 | |
| | - เตรียมอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊สได้ 7 รายการ | 8 | |
| | - เตรียมอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊สได้ 10 รายการ | 10 | |
| 2. | เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการติดตั้ง และประกอบอุปกรณ์เชื่อมแก๊ส | 10 | |
| 3. | ติดตั้งและประกอบอุปกรณ์เชื่อมแก๊สได้ครบถ้วนและถูกต้อง | 10 | |
| 4. | การใช้เครื่องมือในการประกอบและติดตั้งได้ถูกต้อง | 10 | |
| 5. | ติดตั้งและประกอบอุปกรณ์เชื่อมแก๊สได้ทันตามเวลาที่กำหนด | 20 | |
| 6. | การตรวจสอบรอยรั่ว ข้อต่อต่างๆไม่รั่วซึม | 10 | |
| 7. | ปฏิบัติงานได้ตามเวลาที่กำหนด | 10 | |
| 8. | ความมีวินัยและกิจนิสัยในการปฏิบัติงาน | | |
| | 8.1. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัย | 12 | |
| | 8.2. การใช้และการจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ | 2 | |
| | 8.3. การบำรุงรักษาเครื่องมือ – อุปกรณ์ | 2 | |
| | 8.4. ความขยัน ความอดทนในการปฏิบัติงาน | 2 | |
| | 8.5. ความประหยัด ความพอเพียงและการมีส่วนร่วม | 2 | |
| **รวม** | | **100** | |

**เกณฑ์การให้คะแนน**

0 - 49 ปรับปรุง 50 - 59 พอใช้ 60 - 79 ดี 80 - 100 ดีมาก

**เกณฑ์ผ่าน** ผลรวมของคะแนนทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 50 %

**สรุปผลการปฏิบัติงาน**

1. คะแนนเต็ม.....คะแนน คะแนนที่ทำได้.....คะแนน

(คิดเป็นร้อยละ.....) ผลการประเมินตามเกณฑ์.....

**2.** ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ผู้ประเมิน.....

(นายนิโรจน์ เพ็งศรี)

## แบบบันทึกหลังการสอน หน่วยที่ 1

สัปดาห์ที่.....วันที่.....รายวิชา.....รหัสวิชา.....

**บันทึกหลังการสอน**

**ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

1. เนื้อหาที่สอน.....
2. เวลา (เหมาะสมหรือไม่).....
3. กิจกรรมที่ใช้สอน (ตามแผนหรือไม่).....
4. ปัญหาและอุปสรรค.....

.....

.....

**ผลการเรียนของนักเรียน**

5. จำนวนนักเรียน ชั้น.....แผนก.....เข้าเรียน.....คน ขาด.....คน
2. ผลสัมฤทธิ์การเรียนผ่านเกณฑ์.....คน ไม่ผ่านเกณฑ์.....คน
3. การมอบหมายหน้าที่และความรับผิดชอบ.....

.....

.....

4. บรรยากาศในการเรียน.....

.....

5. ปัญหาและอุปสรรคการเรียนภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ.....

.....

.....

**ผลการสอนของครู**

1. ผู้สอน (สอนตามแผนหรือไม่).....
2. ปัญหาและอุปสรรคการสอนภาคทฤษฎีและปฏิบัติ.....

.....

.....

(.....)

ครูผู้สอน

# สื่อการสอน หน่วยที่ 1 พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส

# สื่อการสอน หน่วยที่ 1 พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส

# สื่อการสอน หน่วยที่ 1 พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส

# สื่อการสอน หน่วยที่ 1 พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส

# สื่อการสอน หน่วยที่ 1 พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส

# สื่อการสอน หน่วยที่ 1 พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส

# สื่อการสอน หน่วยที่ 1 พื้นฐานงานเชื่อมแก๊ส

# แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยที่ 2

ชื่อวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัส 20100 – 1004 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

ชื่อหน่วย การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน จำนวน 8 ชั่วโมง

## สาระสำคัญ

การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน เป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้แก๊สอะเซทิลีนที่ติดไฟได้ผสมกับแก๊สออกซิเจนที่ช่วยให้ไฟติดเกิดความร้อนสูงสามารถหลอมละลายโลหะได้ แก๊สที่ติดไฟมีอยู่หลายชนิด แต่ให้ความร้อนต่ำกว่าอะเซทิลีน ดังนั้นจึงนิยมใช้แก๊สอะเซทิลีนจะให้ความร้อนได้สูงกว่า การเชื่อมด้วยแก๊สออกซิอะเซทิลีนเหมาะสำหรับการเชื่อมโลหะชนิดเดียวกัน ชิ้นงานจะหลอมละลายรวมกับลวดเชื่อมที่นำมาเติมเข้าไปกลายเป็นเนื้อเดียวกัน

## สมรรถนะประจำหน่วยการเรียนรู้

1. แสดงความรู้หลักการเชื่อมแก๊สและชนิดของแก๊ส
2. แสดงความรู้ชนิดของเปลวไฟและองค์ประกอบของการเชื่อมแก๊ส
3. แสดงความรู้ชนิดของรอยต่อและตำแหน่งท่าเชื่อม (Welding Position)
4. แสดงความรู้ลักษณะของแนวเชื่อมแก๊สและเทคนิคในการเชื่อมแก๊ส
5. แสดงความรู้งานตัดโลหะด้วยแก๊ส

## จุดประสงค์การเรียนรู้

### จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจหลักการเชื่อมแก๊สและชนิดของแก๊ส
2. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจชนิดของเปลวไฟและองค์ประกอบของการเชื่อมแก๊ส
3. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจชนิดของรอยต่อและตำแหน่งท่าเชื่อม (Welding Position)
4. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจลักษณะของแนวเชื่อมแก๊สและเทคนิคในการเชื่อมแก๊ส
5. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจงานตัดโลหะด้วยแก๊ส

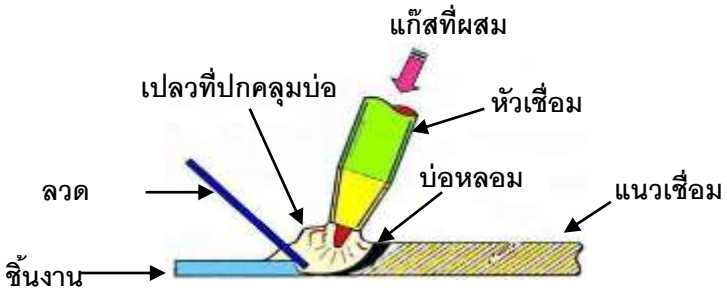
### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการเชื่อมแก๊สและชนิดของแก๊สได้
2. อธิบายชนิดของเปลวไฟและองค์ประกอบของการเชื่อมแก๊สได้
3. บอกชนิดของรอยต่อและตำแหน่งท่าเชื่อม (Welding Position)ได้
4. บอกลักษณะของแนวเชื่อมแก๊สและเทคนิคในการเชื่อมแก๊สได้
5. บอกวิธีการตัดโลหะด้วยแก๊สได้
6. ปรับเปลวไฟเชื่อมแก๊สชนิดต่างๆได้
7. ปฏิบัติการเชื่อมแก๊สได้

## สาระการเรียนรู้

### 1. หลักการเชื่อมแก๊ส

หลักการเชื่อมแก๊สเป็นกรรมวิธีการเชื่อมโลหะแบบหลอมเหลว โดยใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงซึ่งส่วนใหญ่จะใช้แก๊สอะเซทิลีนผสมกับแก๊สออกซิเจนบริสุทธิ์ซึ่งเรียกว่า การเชื่อมด้วยแก๊สออกซิอะเซทิลีน (Oxy Acetylene Welding) เปลวไฟจากการเผาไหม้จะเกิดความร้อนในปริมาณสูงทำให้ชิ้นงานหลอมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยที่ลวดเชื่อมจะเติมหรือไม่เติมก็ได้ ขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นงานและชนิดของรอยต่อ ดังแสดงในภาพ




### 2. ชนิดของแก๊ส

แก๊สเชื้อเพลิงมีหลายชนิดถ้าผสมกับแก๊สออกซิเจนแล้วจะให้ความร้อนที่สูงขึ้นกว่าการเผาไหม้ปกติ สำหรับในอุตสาหกรรมการเชื่อมโลหะด้วยแก๊สนั้น แก๊สผสมระหว่างแก๊สออกซิเจนกับแก๊สอะเซทิลีนเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะให้ค่าความร้อนสูงกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ใช้ในพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน ซึ่งมีอุณหภูมิแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของแก๊สเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

| ประเภทของแก๊ส | อุณหภูมิ (°C) |
|---|---|
| 1. ออกซิเจนผสมอะเซทิลีน | ให้ความร้อนประมาณ 3,400 |
| 2. ออกซิเจนผสมนิวเทน | ให้ความร้อนประมาณ 2,900 |
| 3. ออกซิเจนผสมโพรเพน | ให้ความร้อนประมาณ 2,600 |
| 4. อากาศผสมอะเซทิลีน | ให้ความร้อนประมาณ 2,500 |
| 5. อากาศผสมโพรเพน | ให้ความร้อนประมาณ 1,750 |

ที่มา: ทินกร มารงค์ และประยุทธ ทับทิมศรี, 2549, หน้า 38

จากตารางพบว่า แก๊สออกซิเจนกับแก๊สอะเซทิลีนเมื่อรวมตัวกันและเกิดการเผาไหม้จะให้ค่าความร้อนสูงกว่าแก๊สชนิดอื่น และสามารถหาได้ง่าย ราคาไม่แพงจึงเป็นที่นิยมในปัจจุบัน

**2.1** แก๊สอะเซทิลีน **(Acetylene: $C_2H_2$)**

แก๊สอะเซทิลีนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วยคาร์บอน๙**2.3%** และไฮโดรคาร์บอน **7.7%** มีสัญลักษณ์ทางเคมี คือ $C_2H_2$ เป็นแก๊สติดไฟ เมื่อเผาไหม้รวมตัวกับออกซิเจนแล้วให้เปลวไฟที่มีความร้อนสูงแก๊สอะเซทิลีนผลิตได้จากการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างแคลเซียมคาร์ไบด์กับน้ำดังสมการ

$$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

แคลเซียมคาร์ไบด์ + น้ำ ⟶ อะเซทิลีน + แคลเซียมไฮดรอกไซด์

แคลเซียมคาร์ไบด์ผลิตได้จากการนำหินปูน **(Calcium Oxide)** ไปเผารวมกับถ่านโค้ก **(Coke)** ในเตาไฟฟ้า **(Electric Arc Furnaces)** เมื่อหลอมละลายและเย็นตัวลงเป็นก้อนแข็ง ซึ่งก้อนแข็งคล้ายหินสีเทามีลักษณะคล้ายหินสีเทา ดังสมการ

$$CaO + 3C \longrightarrow CaC_2 + CO$$

แคลเซียมออกไซด์ + น้ำ ⟶ แคลเซียมคาร์ไบด์ + คาร์บอนมอนนอกไซด์

2.1.1 **สมบัติของแก๊สอะเซทิลีน**

**1**)ติดไฟได้และเมื่อรวมตัวกับออกซิเจนในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วจะได้เปลวไฟที่มีความร้อนสูงประมาณ 5,500 °F-6,000°F เบากว่าอากาศ ไม่มีสี มีกลิ่นฉุนรุนแรงคล้ายกลิ่นกระเทียมและละลายในของเหลวได้

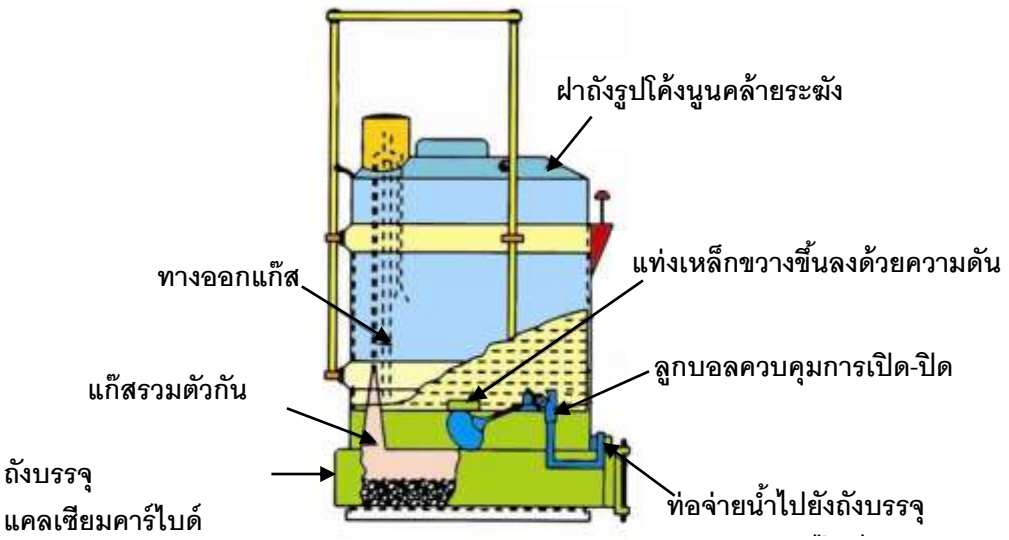
**2**) ไม่สามารถควบคุมได้เมื่อมีความดันเกิน 30 ปอนด์/ตารางนิ้ว (30**psi** หรือเท่ากับ 2.1 **kg/cm)** หรือที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,435°**F (780°C)** และถ้าความดันหรืออุณหภูมิสูงถึง จุดวิกฤตก็จะระเบิดได้

**3**) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 92.3**%** และไฮโดรเจน 7.7**%** โดยน้ำหนัก

**2.1.**2**การผลิตแก๊สอะเซทิลีน**

การผลิตแก๊สอะเซทิลีนปัจจุบันผลิตได้ **2** วิธี ดังนี้

**1)** การผลิตด้วยถังผลิตอะเซทิลีน (**Acetylene Generator**) การผลิตด้วยวิธีนี้เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์ไบด์กับน้ำสามารถทำได้โดยเติมแคลเซียมคาร์ไบด์ลงน้ำและเติมน้ำลงบนแคลเซียมคาร์ไบด์เป็นกรรมวิธีผลิตแบบดั้งเดิม แก๊สที่ได้จะมีความบริสุทธิ์ค่อนข้างต่ำซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมเนื่องมีฤทธิ์เป็นด่างสูงไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน




**2)** การผลิตด้วยกระบวนการแตกตัวทางเคมี การผลิตด้วยวิธีนี้เป็นการอาศัยกระบวนการแตกตัวทางเคมีจากโรงงานปิโตรเคมีเป็นวิธีที่ทันสมัยที่สุดในปัจจุบัน แก๊สอะเซทิลีนที่ได้จากการผลิตนี้จะมีความบริสุทธิ์สูงทำให้ได้เปลวไฟที่มีอุณหภูมิสูงกว่าการผลิตแบบดั้งเดิม สำหรับประเทศไทยเริ่มผลิตได้เมื่อปี พ. ศ. **2539** โดยบริษัทระยองอะเซทิลีนจำกัด และบรรจุในถังสำเร็จรูปวางจำหน่ายตามท้องตลาด

2.2 **แก๊สออกซิเจน (**Oxygen: $O_2$**)**

ออกซิเจนมีสัญลักษณ์ทางเคมี คือ $O_2$ เป็นแก๊สที่ช่วยให้ไฟติดแต่ไม่ติดไฟ และมีส่วนผสมที่สมบูรณ์แล้วจะทำให้เกิดความร้อนสูง สามารถทำให้โลหะหลอมละลายได้ ในอากาศมีส่วนผสมออกซิเจนอยู่ประมาณ 21% โดยปริมาตร มีไนโตรเจนประมาณ 78% อีก 1% นั้น เป็นธาตุคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนและอื่น ๆ แก๊สออกซิเจนเมื่อรวมตัวกับแก๊สอะเซทิลีนจะให้ความร้อนสูง

**2.2.1 สมบัติของแก๊สออกซิเจน**

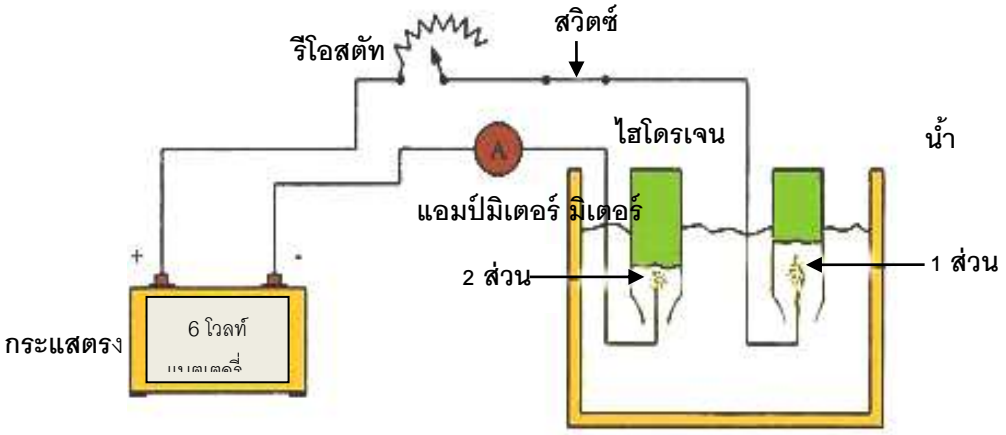
1) มี 3 สถานะ คือ แก๊ส ของเหลวและของแข็ง ช่วยในการเผาไหม้ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ในสภาพเป็นแก๊ส

2) ช่วยในการหายใจของมนุษย์ ในบรรยากาศมีอยู่ประมาณ 21% โดยปริมาตร

3) มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิ-183°C และกลายเป็นของแข็งที่อุณหภูมิ-218°C

**๒.๒.๒ การผลิตแก๊สออกซิเจน**

1) การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า (Electrolysis) น้ำเป็นสารประกอบชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยธาตุ 2 ธาตุ คือ ออกซิเจนและไฮโดรเจน มีสัญลักษณ์ทางเคมี เรียกว่า $H_2O$ นั่นคือ ประกอบด้วย ไฮโดรเจนจำนวน 2 ส่วนและออกซิเจนจำนวน 1 ส่วน สามารถแยกออกซิเจนจากน้ำ โดยกรรมวิธีด้วยไฟฟ้าแต่กระบวนการผลิตมีต้นทุนสูงไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน ดังแสดงในภาพ



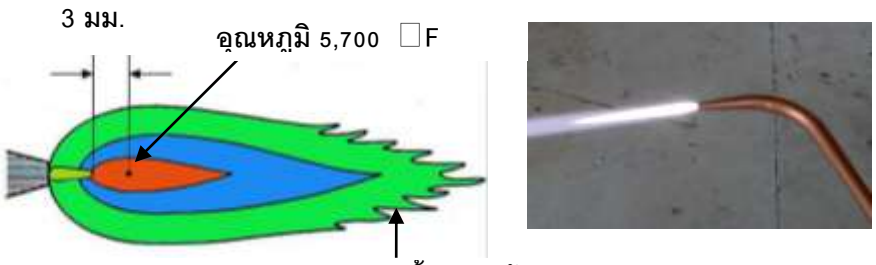

2) การอัดอากาศเหลว (Liquid Air) การผลิตออกซิเจนจากการอัดอากาศวิธีนี้ เป็นการนำออกซิเจนไปเก็บไว้ในถังที่สะอาดภายใต้ความดันสูงจนกลายเป็นของเหลว ในอากาศเหลวนี้จะมีอุณหภูมิต่ำมาก เนื่องจากแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนมีจุดเดือดที่ต่างกัน ณ อุณหภูมิที่-200°C ไนโตรเจนเหลวจะระเหยกลายเป็นแก๊สจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นลดความดันให้ต่ำลงจนถึงอุณหภูมิ -195.7°C ออกซิเจนก็จะเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นแก๊สสามารถจัดเก็บได้เป็นกรรมวิธีที่นิยมมากในปัจจุบัน

**3. ชนิดของเปลวไฟ**

การเชื่อมแก๊ส (Gas Welding) คือ การเชื่อมที่ได้ความร้อนมาจากเปลวไฟระหว่างแก๊สเชื้อเพลิงกับแก๊สออกซิเจนหลอมเหลวโลหะให้ติดกัน เพราะฉะนั้นเปลวไฟที่ใช้สำหรับเชื่อมจะต้องมีอุณหภูมิสูงและปริมาณความร้อนเพียงพอที่จะหลอมละลายชิ้นงานได้ และต้องไม่มีสิ่งสกปรกจากเปลวไฟหรือนำวัตถุอย่างใดอย่างหนึ่งเข้ามารวมตัวกับเนื้อโลหะที่หลอมละลาย เปลวไฟต้องไม่เพิ่มธาตุคาร์บอนลงในเนื้อโลหะ ซึ่งจะทำให้สมบัติของโลหะเปลี่ยนไป ชนิดของเปลวไฟแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

**1. เปลวลดหรือเปลวคาร์บอนมากหรือเปลวคาร์บูไรซิง (Carburizing Flame)**

เปลวลดเป็นเปลวเกิดจากการผสมของแก๊สอะเซทิลีนที่มีมากกว่าแก๊สออกซิเจน ลักษณะของเปลวไฟเปลวชั้นนอกจะเป็นเปลวไฟยาวสีส้มอ่อนล้อมรอบเปลวชั้นใน ซึ่งมีความยาวเพียงครึ่งหนึ่งของเปลวชั้นนอก มีอุณหภูมิประมาณ 5,700 F (3,175 °C) เปลวลดเหมาะสำหรับการเชื่อมอะลูมิเนียมและการแล่นประสาน (Brazing) ดังแสดงในภาพ

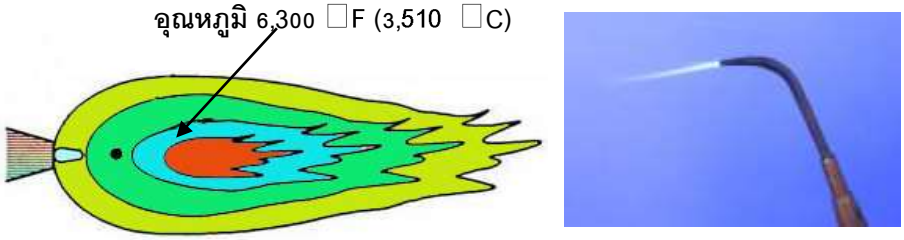



**2. เปลวกลางหรือเปลวนิวทรัล (Neutral Flame)**

เปลวกลางเกิดจากการสันดาประหว่างแก๊สออกซิเจน 1 ส่วน กับแก๊สอะเซทิลีน 1 ส่วน ลักษณะของเปลวไฟประกอบไปด้วย เปลวไฟ 2 ชั้น ชั้นในกรวยมนสีขาวนวล มีอุณหภูมิประมาณ 6,000 °F (3,343 °C) เปลวกลางนิยมใช้ในการเชื่อมแก๊ส เหมาะกับการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน ดังแสดงในภาพที่ 2.5

3. **เปลวเพิ่มหรือเปลวออกซิเจนมากหรือเปลวออกซิไดซิง (Oxidizing Flame)**

**เปลวเพิ่ม**เกิดจากการสันดาปของแก๊สอะเซทิลีนกับแก๊สออกซิเจนซึ่งมีปริมาณแก๊สออกซิเจนอยู่มาก กรวยไฟชั้นในจะมีลักษณะเป็นปลายแหลมคม หดสั้นมีเสียงวีดมีอุณหภูมิสูงถึง 6,300 °F (3,510°C) ไม่เหมาะกับการเชื่อมเหล็ก เพราะจะเกิดการเติมแก๊สออกซิเจนให้กับรอยเชื่อม ทำให้แนวเชื่อมเปราะไม่แข็งแรง เหมาะสำหรับการอุ่นงาน ดังแสดงในภาพ




**4. องค์ประกอบของการเชื่อมแก๊ส**

กรรมวิธีการเชื่อมโลหะด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์นั้นจะมีตำแหน่งในการเชื่อมชนิดของรอยเชื่อมและรอยต่อเหมือนกับกรรมวิธีการเชื่อมโลหะด้วยแก๊สอ๊อกซิอะเซทิลีน การควบคุมแนวเชื่อมให้ได้ประสิทธิภาพที่สมบูรณ์

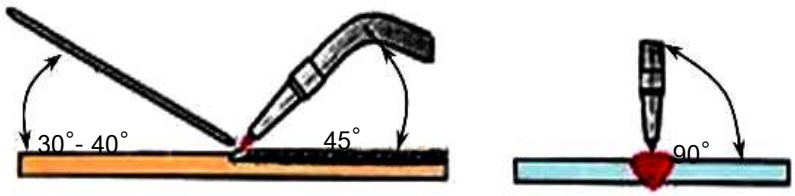
นั้นจะต้องมีการควบคุมองค์ประกอบต่าง ๆ หลายอย่าง แต่ที่สำคัญและควบคุมได้ง่ายเป็นพื้นฐานที่ช่างเชื่อมต้องศึกษามี 5 ประการ (CCC-TT) ดังนี้

**1. การเลือกลวดเชื่อม (C: Correct Rod)** สิ่งที่จะต้องพิจารณาในการเลือกลวดเชื่อมแก๊สมี 2 ประการ คือ 1) สมบัติของลวดเชื่อมจะต้องเหมือนหรือใกล้เคียงกับชิ้นงาน 2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลวดเชื่อมจะต้องสัมพันธ์กับความหนาชิ้นงาน

**2. ปริมาณความร้อน (C: Correct Heat)** ขึ้นอยู่กับปริมาณแก๊สที่ไหลผ่านหัวทิพออกมาปริมาณความร้อนจึงขึ้นอยู่กับขนาดหัวทิพด้วย ดังนั้น ขนาดหัวทิพจะต้องสัมพันธ์กับความหนาของชิ้นงาน ถ้าใช้ขนาดหัวทิพเล็กความร้อนจะไม่เพียงพอในการหลอมเหลวชิ้นงานและถ้าใช้หัวทิพโตเกินไปชิ้นงานอาจทะลุได้ ขนาดหัวทิพที่เหมาะสมดูได้จากคำแนะนำของผู้ผลิต

**3. ระยะห่างของกรวยไฟ (C: Cone of Length)** เปลวไฟเชื่อมแต่ละจุดจะมีอุณหภูมิแตกต่างกัน จุดที่อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ระยะห่างจากกรวยไฟประมาณ 3 มม. ถ้าใช้ระยะห่างกรวยไฟมากจะทำให้แอ่งหลอมเหลวกว้างและถ้าชิดมากจะเกิดการระเบิดได้

**4. มุมหัวทิพและมุมลวดเชื่อม (T: Tip and Rod angle)** มุมหัวทิพจะมีผลต่อการกระจายความร้อนถ้ามุมตั้งมากการกระจายก็จะน้อยถ้ามุมเอียงมากการกระจายความร้อนก็จะมาก มุมที่ใช้ในการเชื่อมทั่ว ๆ ไปนั้น มุมนำประมาณ 30 -40 มุมด้านข้าง 90˚ ดังแสดงในภาพ




**5. ความเร็วในการเดินลวดเชื่อม (T: Travel Speed)** การเดินแนวเชื่อมเร็วจะทำให้แอ่งหลอมเหลวเล็กหรืองานไม่หลอมเหลว ถ้าเดินแนวช้าแอ่งหลอมเหลวจะกว้างหรือชิ้นงานทะลุได้ ส่วนความเร็วที่เหมาะสมนั้นสังเกตจากเมื่อเดินแนวเชื่อมไปตามปกติแล้วแอ่งหลอมเหลวมีขนาดเหมาะสมและคงที่

**5. ชนิดของรอยต่อ**

ในการเชื่อมแก๊ส คือ การนำชิ้นงานสองชิ้นหรือมากกว่ามาต่อเข้าด้วยกัน ซึ่งมีวิธีการต่อมากมาย พอสรุปได้ 5 ลักษณะ ดังนี้

**1. รอยต่อชน (Butt Joint)** คือการนำชิ้นงานสองชิ้นมาชนกัน โดยให้ขอบของชิ้นงานทั้งสองอยู่ในระดับเดียวกันดังแสดงในภาพ

**2. รอยต่อมุม (Corner Joint)** คือการนำขอบของชิ้นงานทั้งสองชิ้นมาวางตั้งฉากกัน สามารถเชื่อมได้ทั้งมุมภายนอกและมุมภายใน ดังแสดงในภาพ

**3. รอยต่อขอบ (Edge Joint)** คือการนำขอบของชิ้นงานสองชิ้น มาชนกันในลักษณะให้ผิวงานทั้งสองชิ้นทาบแนบชิดกันขอบของงานทั้งสองจะชิดและขนานกันไปตลอดแนว นิยมใช้ในการออกแบบงานบาง ๆ และไม่ต้องเติมลวดเชื่อม ดังแสดงในภาพ

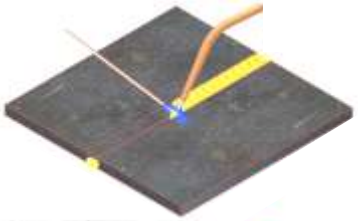
**4. รอยต่อเกย (Lap Joint)** คือการนำชิ้นงานสองชิ้นมาวางในลักษณะซ้อนเกยกันและเชื่อมบริเวณขอบของชิ้นงานที่เกยซ้อนอยู่ นิยมใช้กันมากในงานบัดกรีแข็ง ดังแสดงในภาพ

**5. รอยต่อรูปตัวที (T-Joint)** คือการนำขอบของชิ้นงานชิ้นหนึ่งวางตั้งฉากอยู่ด้านบนผิวชิ้นงานอีกชิ้นหนึ่งให้มีลักษณะเป็นรูปตัวอักษร T ดังแสดงในภาพที่ 2.12

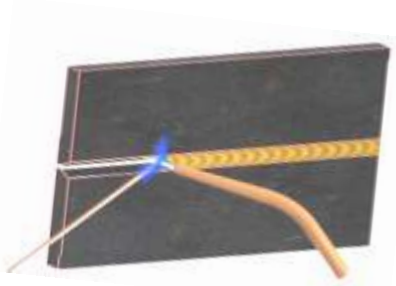
**6. ตำแหน่งท่าเชื่อม (Welding Position)**

ตำแหน่งท่าเชื่อม **(Welding Position)** คือ ตำแหน่งในการเชื่อมหรือท่าเชื่อม เป็นตำแหน่งและทิศทางการเชื่อมของแนวเชื่อมสามารถแบ่งออกเป็น **4** ตำแหน่งดังนี้

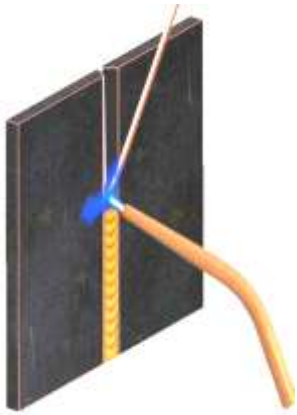
**1. ท่าราบ (Flat Position)** เป็นการเชื่อมชิ้นงานที่วางอยู่ในระนาบเดียวกันกับพื้นราบ ซึ่งจะไม่มีปัญหาเรื่องแรงดึงดูดของโลก จึงเป็นท่าที่ง่ายกว่าท่าเชื่อมอื่น ๆ ท่าราบจะใช้สัญลักษณ์ F ดังแสดงในภาพ



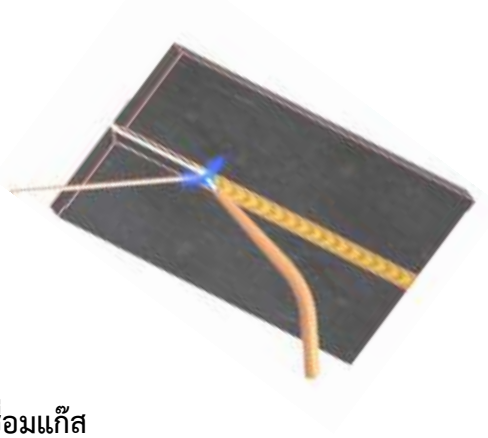
**2. ท่าขนานนอน (Horizontal Position)** เป็นตำแหน่งท่าเชื่อมที่ชิ้นงานจะวางอยู่ในแนวขนานกับแนวระนาบ แต่จะมีปัญหาเรื่องแรงดึงดูดของโลก ทำให้เกิดอุปสรรคในการเชื่อม ส่วนใหญ่จะเกิดข้อบกพร่อง คือ รอยแหว่ง ต้องใช้เทคนิคพิเศษในการเชื่อมจึงจะไม่เกิดข้อบกพร่อง ท่าระดับจะใช้สัญลักษณ์ H ดังแสดงในภาพ



**3.ท่าตั้ง (Vertical Position)** เป็นตำแหน่งท่าเชื่อมที่ชิ้นงานวางอยู่ในแนวดิ่ง ซึ่งตั้งฉากกับแนวระนาบ แต่จะมีปัญหาเรื่องแรงดึงดูดของโลก ทำให้เกิดอุปสรรคในการเชื่อมเกิดเป็นข้อบกพร่องในการเชื่อมโดยทั่วไปจะเกิด Overlap ต้องใช้เทคนิคพิเศษในการเชื่อมจึงจะไม่เกิดข้อบกพร่อง ท่าตั้งจะใช้สัญลักษณ์ V ดังแสดงในภาพ



**4. ท่าเหนือศีรษะ (Overhead Position)** เป็นตำแหน่งท่าเชื่อมที่ชิ้นงานวางอยู่ในตำแหน่งแนวระนาบ จะอยู่สูงกว่าศีรษะในขณะเชื่อม และต้องเชื่อมด้านล่างของชิ้นงาน อาจเกิดทำให้เกิดอันตรายขึ้นต่อผู้ปฏิบัติงานเชื่อมจากสะเก็ดไฟ น้ำโลหะที่หลอมละลาย เปลวไฟที่สะท้อนกลับ เพราะฉะนั้นจะต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายให้ครบถ้วน ท่าเหนือศีรษะจะใช้สัญลักษณ์ OH ดังแสดงในภาพ



**7. ลักษณะของแนวเชื่อมแก๊ส**

**ลักษณะของแนวเชื่อมแก๊ส มี 2 ลักษณะ ดังนี้**

1. แนวเชื่อมแบบต่อชน แนวเชื่อมแบบต่อชนถ้างานหนาเกิน 3 มม.จะต้องทำการบากหน้างานลักษณะของแนวเชื่อมที่เกิดขึ้น ดังแสดงในภาพ

2. แนวเชื่อมแบบสามเหลี่ยม น้ำโลหะจากลวดที่เติมลงในรอยต่อทำให้เกิดหน้าตัดรูปสามเหลี่ยม โดยเฉพาะกับรอยต่อเกยและต่อตัวที ดังแสดงในภาพ

**8. เทคนิคในการเชื่อมแก๊ส**

8.1 ทิศทางการเชื่อม

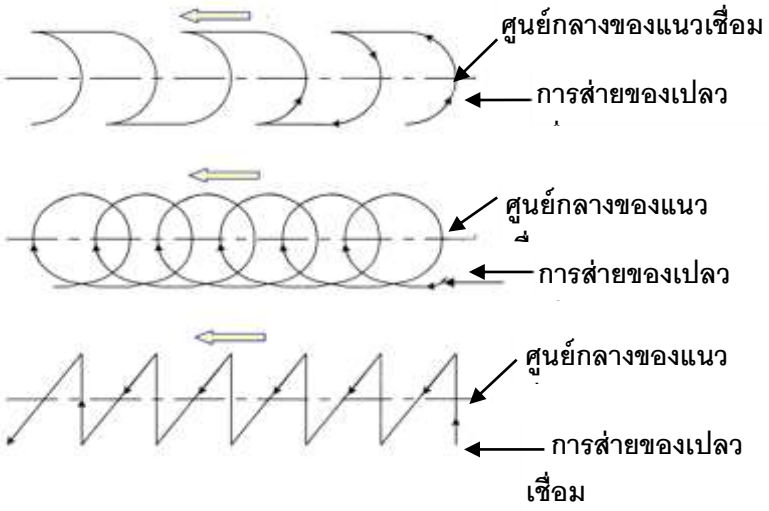
ทิศทางการเชื่อมมีความจำเป็นที่ผู้ปฏิบัติงานเชื่อมต้องศึกษาเรียนรู้เพื่อให้การเชื่อมชิ้นงานได้ประสิทธิภาพสูงสุดและถูกต้องตามมาตรฐานซึ่งประกอบด้วยหลายส่วนด้วยกัน ในงานอุตสาหกรรมจะมีโลหะหลายชนิด อีกทั้งความหนาก็แตกต่างกันออกไปตามลักษณะของงานนั้น ๆ ดังนั้นการเชื่อมโลหะที่มีความหนาไม่เท่ากันจึงมีทิศทางการเชื่อมที่แตกต่างกัน 2 วิธีดังนี้

**1. ลวดเชื่อมนำหน้าเปลวไฟหรือการเชื่อมจากทางขวาไปทางซ้าย (Forehand Welding)** เป็นวิธีการที่เหมาะสาหรับเชื่อมชิ้นงานบาง ๆ ที่มีความหนาไม่เกิน 3 มม. ซึ่งเชื่อมได้อย่างรวดเร็วและควบคุมแนวเชื่อมได้ง่าย หัวเชื่อมเอียงทำมุมกับชิ้นงานประมาณ 30 -40 ถ้าต้องการลดความร้อนให้เอียงมุมของหัวเชื่อมให้มากกว่าเดิม ขณะทำการเชื่อมจะมีการส่ายหัวเชื่อมเพื่อให้มีการละลายลึกของแนวเชื่อม ที่สมบูรณ์ ชิ้นงานที่มีความหนาต้องส่ายหัวเชื่อมให้กว้าง แต่ถ้าเป็นชิ้นงานบางต้องส่ายหัวเชื่อมให้แคบลง ดังแสดงในภาพ

**2. เปลวไฟนำหน้าลวดเชื่อมหรือการเชื่อมจากทางซ้ายไปขวา (Backhand Welding)** เป็นวิธีการที่เหมาะสำหรับเชื่อมชิ้นงานที่มีความหนามากกว่า 3 มม. การเชื่อมวิธีนี้จะทำให้ชิ้นงานได้รับความร้อนจากเปลวไฟเต็มที่ โดยไม่มีลวดเชื่อมบังจะทำให้บ่อหลอมละลายกว้างและแนวเชื่อมละลายลึกถึงด้านล่างได้สมบูรณ์ หัวเชื่อมเอียงทำมุมกับชิ้นงาน 30 - 40 ขณะทำการเชื่อมจะมีการส่ายหัวเชื่อมและต้องส่ายลวดเชื่อมเติมลงในรอยต่อด้วย โดยการส่ายลวดเชื่อมกลับไปกลับมาระหว่างขอบแนวเชื่อมที่หลอมละลาย ดังแสดงในภาพ

**8.2 ลักษณะการส่ายหัวทิพ**

ลักษณะการส่ายหัวทิพ การส่ายหัวทิพนั้นจะต้องสัมพันธ์กับความหนาของชิ้นงาน ชนิดของรอยต่อและตำแหน่งในการเชื่อม ซึ่งมีผลโดยตรงกับขนาดของแนวเชื่อม เช่น แนวเล็ก แนวกว้าง โดยจะต้องใช้เทคนิคการส่ายหัวทิพแบบต่าง ๆ เช่น การส่ายแบบครึ่งวงกลม การส่ายแบบวงกลม การส่ายแบบซิกแซ็ก ดังแสดงในภาพ




**8.3 การเชื่อมต่อชนท่าราบ**

การเชื่อมต่อชนท่าราบเป็นรอยต่อที่ใช้กันทั่วไปให้ชิ้นงาน 2 ชิ้นติดกัน ถ้าชิ้นงานมีความหนามากจะต้องมีการบากหน้างาน แต่ถ้างานไม่หนามากไม่จำเป็นต้องบากหน้างาน แต่ต้องวางระยะห่างของชิ้นงานให้เหมาะสม โดยทั่วไปจะเท่ากับความหนาของชิ้นงาน จุดเริ่มต้นแนวเชื่อมกับจุดสุดท้ายของแนวเชื่อมจะมีระยะห่างไม่เหมือนกัน จุดสุดท้ายของแนวเชื่อมจะมีระยะห่างมากกว่าจุดเริ่มต้นของแนวเชื่อมพอประมาณเผื่อการขยายตัวของชิ้นงานและเพื่อสร้างรูกุญแจ (Key Hole) เพื่อให้เกิดการหลอมละลึกที่สมบูรณ์ แต่ในการเชื่อมชิ้นงานที่มีความยาวและที่มีความหนาน้อยจะทำให้ชิ้นงานเกิดการบิดตัวจะต้องมีการเชื่อมยึดชิ้นงานก่อนการเชื่อม

**8.4การเชื่อมต่อชนขนานนอน**

การเชื่อมต่อชนขนานนอนเป็นการเชื่อมที่ตำแหน่งชิ้นงานขนานไปกับพื้นและแนวเชื่อมจะอยู่ด้านข้างของชิ้นงาน ในการเชื่อมต้องเอียงหัวเชื่อมให้ทำมุมเล็กน้อยเพื่อให้แรงดันจากเปลวไฟช่วยพยุงน้ำโลหะที่หลอมละลายไม่ให้ไหลย้อนลงด้านล่าง การเชื่อมในท่านี้ควรควบคุมบ่อหลอมละลายให้มีขนาดเล็ก ถ้าบ่อหลอมละลายมีขนาดใหญ่จะทำให้โลหะที่หลอมละลายไหลลงมาอบของแนวเชื่อมด้านบนจะเกิดการกัดแหว่ง (Undercut) และขอบแนวเชื่อมด้านล่างจะเกิดการล้นแนว

**8.5 การเชื่อมต่อชนท่าตั้ง**

การเชื่อมท่าตั้งจะแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การเชื่อมท่าตั้งเชื่อมขึ้น และการเชื่อมท่าตั้งเชื่อมลง มีรายละเอียดดังนี้

**1. การเชื่อมท่าตั้งเชื่อมขึ้น** ลักษณะการจับหัวเชื่อมให้เงยหัวเชื่อมจากแนวระดับ 5°-15° ถ้าชิ้นงานมีความหนาไม่เกิน 3 มม. ควรเชื่อมแบบลวดเชื่อมนำหน้าหัวเชื่อม (Forehand ) ถ้าชิ้นงานมีความหนาเกิน 3 มม. ควรเชื่อมแบบหัวเชื่อมนำหน้าลวดเชื่อม (Backhand) เพื่อให้มีการหลอมละลายลึกที่ดีควรสร้างรูกุญแจ (Key Hole) ขณะทำการเชื่อมจะทำให้ได้แนวเชื่อมมีความแข็งแรง

**2. การเชื่อมท่าตั้งเชื่อมลง** การเชื่อมในท่านี้เหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีความหนาไม่เกิน 3 มม. แต่ไม่เป็นที่นิยมมากนัก เพราะการควบคุมบ่อหลอมละลายทำได้ยาก การเดินและการส่ายหัวทิพ ต้องทำเร็วกว่าการเชื่อมขึ้น

**8.6 การเชื่อมต่อชนท่าเหนือศีรษะ**

การเชื่อมต่อชนท่าเหนือศีรษะการเชื่อมในท่านี้ผู้ปฏิบัติงานจะต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษต้องสวมชุดป้องกันอันตรายให้ครบ เพราะชิ้นงานจะอยู่เหนือศีรษะของผู้ปฏิบัติงาน มีโอกาสที่จะได้รับอันตรายจากน้ำโลหะที่หลอมละลายไหลย้อยลงมา มุมหัวทิพที่ใช้ในการเชื่อมประมาณ 70 °- 80 ° กับผิวงานด้านล่าง

**9. งานตัดโลหะด้วยแก๊ส**

**9.1หลักการตัดด้วยแก๊ส**

การตัดชิ้นงานด้วยแก๊สมีหลักการทำงานโดยให้ความร้อนจากแก๊สออกซิเจนกับแก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งแก๊สเชื้อเพลิงมีหลายชนิด เช่นแก๊สอะเซทิลีน แก๊สหุงต้ม (LPG) แก๊สโพรเพน เป็นต้น โดยใช้เปลวกลางที่อุณหภูมิ 1,625 °F (884 °C) เมื่อเผาชิ้นงานจนร้อนแดงแล้วจึงปล่อยแก๊สออกซิเจน พุ่งเข้าทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation) กับชิ้นงานและจะทำให้เกิดความร้อนจากปฏิกิริยาหลอมเหลวของชิ้นงาน ในเวลาเดียวกันนั้นความดันของแก๊สออกซิเจนจะพ่นเป่าชิ้นงานที่หลอมเหลว

ให้ขาดออกจากกัน และเมื่อเคลื่อนหัวตัดไปยังทิศทางที่ต้องการตัดเปลวไฟจะอุ่นชิ้นงานตลอดระยะเวลาที่การตัดยังคงดำเนินการอยู่จนกระทั่งการตัดนั้นเสร็จสิ้น แก๊สที่สามารถนำไปใช้ตัดได้ดี ให้ปริมาณความร้อนสูงและประหยัด คือ แก๊สอะเซทิลีน ซึ่งเป็นแก๊สที่มีราคาไม่แพงนักและหาซื้อง่าย

ปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชัน (Oxidation) จากการตัดมีลักษณะการเกิดคล้ายกับออกซิเดชันของสนิมเหล็ก (Iron Oxide) เพียงแต่ในการตัดนั้น มีการเร่งให้เกิดโดยเร็วด้วยออกซิเจน ที่เติมลงไป และความรุนแรงของออกซิเจนที่พ่นลงไป ทำให้ชิ้นงานทะลุขาดออกจากกัน

ปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชัน ขณะทำการตัด

$3Fe + 2O_2 \longrightarrow Fe_3O_4 + 26{,}691$ cal

เหล็ก +ออกซิเจน $\longrightarrow$ เหล็กออกไซด์+ปริมาณความร้อนมีหน่วยเป็นแคลอรี

เหล็กออกไซด์ที่ได้จากการตัดจะมีสีดำแข็งเปราะ มีสูตรทางเคมีคือ $Fe_3O_4$ แต่เหล็กออกไซด์ที่เกิดจากสนิม (Rust) จะมีสีน้ำตาล มีลักษณะร่วนหลุดได้ง่าย มีสูตรทางเคมี คือ $Fe_2O_3$

**9.2 อุปกรณ์การตัดแก๊ส**

อุปกรณ์การตัดแก๊สมีชิ้นส่วนประกอบเช่นเดียวกับอุปกรณ์การเชื่อมทุกอย่าง เพียงแต่จะเปลี่ยนจากหัวเชื่อมแก๊สมาเป็นหัวตัดแก๊สแทนเท่านั้นโดยหัวตัดแก๊สมีหน้าที่ให้ความร้อนแก่ชิ้นงานจนชิ้นงานร้อนแดงแล้วจึงปล่อยแก๊สออกซิเจนความดันสูงให้พุ่งไปตัดกับชิ้นงาน

**9.2.1 หัวตัดแก๊ส**

หัวตัดแก๊สมีหลายแบบ ที่ใช้กันโดยทั่วไปมีดังนี้

**1. แบบสมดุลความดัน** ลักษณะของทิพตัดมีลักษณะคล้ายคลึงกับทิพเชื่อม (Welding Tip) เพียงแต่ทิพตัดมีท่อทางเดินของออกซิเจนเพิ่มอีก

เป็นหัวตัดชนิดสมดุลความดัน (Equa-Pressure Torch) นั่นคือ แก๊สออกซิเจนและแก๊สอะเซทิลีนพุ่งเข้าสู่ห้องผสมแก๊ส (Mixing Chamber) ด้วยความดันของมันเองเหมาะสำหรับแก๊สที่เป็นท่อสำเร็จถูกจัดเก็บด้วยความดันสูง และพร้อมที่จะไหลออกมาอย่างรวดเร็วเมื่อเปิดลิ้นที่หัวท่อหัวตัดชนิดนี้จะมีห้องผสมแก๊สที่ใหญ่ทำให้การผสมแก๊สสมบูรณ์มากขึ้นทำให้ได้เปลวไฟตัดที่มีอุณหภูมิสูง

**2. แบบหัวฉีด**สามารถใช้กับแก๊สออกซิเจนและแก๊สอะเซทิลีนที่มีความดันเท่ากันหรือท่อบรรจุแก๊สที่มีความดันสูงได้เช่นกัน แต่ยังสามารถใช้ได้กับท่อบรรจุแก๊สที่มีความดันต่ำได้อีก จากการออกแบบหัวตัดชนิดนี้ การไหลของออกซิเจนจะดึงแก๊สอะเซทิลีนที่มีความดันต่ำประมาณ 6 ออนซ์ต่อตารางนิ้ว ($OZ/in^2$) หรือ 26 กรัมต่อตารางเซนติเมตร ($26\ g/cm^2$) เข้าไปในห้องผสมเหมาะสำหรับท่อแก๊สที่ผลิตเอง (Acetylene Generator) หรือแก๊สธรรมชาติ หัวตัดชนิดนี้จะมีห้องผสมแก๊สขนาดเล็ก การผสมอาจไม่ดีพอทำให้ความร้อนลดลงเล็กน้อย

**9.2.2 หัวทิพตัดแก๊ส** มีลักษณะแตกต่างจากหัวเชื่อมแก๊สที่ส่วนปลายต่อจากท่อทางเดินแก๊สจะเป็นหัวทิพตัด ซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมในการใช้งาน สามารถใช้ตัดเหล็กที่มีความหนาแตกต่างกัน หัวทิพตัดแก๊สโดยปกติจะมีรูตัดแก๊สอย่างน้อย 2 รู แยกออกจากกัน คือ รูหนึ่งจะอยู่ที่ศูนย์กลางของหัวทิพ เป็นรูที่พ่นแก๊สออกซิเจนออกมาเพื่อใช้ตัด ส่วนรูอื่นที่มีอยู่อาจจะมี 1 รู หรือมากกว่าจะอยู่ล้อมรอบรูของหัวพ่นแก๊สออกซิเจนเป็นรูเปลวไฟที่ใช้ในการอุ่นชิ้นงาน (Preheat) ให้ร้อนก่อน การทำงานของหัวตัดจะคล้ายกัน

แตกต่างเฉพาะรูปร่างที่ออกแบบมาขนาดของหัวทิพตัดจะบอกเป็นเบอร์มีให้เลือกตั้งแต่เบอร์ 0-เบอร์ 4 เบอร์ที่มีเลขมากใช้ตัดเหล็กหนากว่า นอกจากนั้นยังมีขนาดอื่นอีกขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต

**9.3 เครื่องตัดแก๊ส**

เครื่องตัดแก๊สคล้ายกับการตัดด้วยมือเพียงแต่ใช้ระบบอัตโนมัติเข้ามาช่วยโดยมีทั้งการตัดตรงและตัดตามแบบที่ต้องการโดยการตัดตรงจะเคลื่อนหัวตัดด้วยมอเตอร์เคลื่อนที่ไปตามรางที่ทำไว้สามารถปรับความเร็วในการตัดได้โดยตั้งความเร็วที่ตัวเครื่องตัดอัตโนมัติการตั้งความเร็วในการเดินช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นงานที่นำมาตัด ส่วนสวิตช์นั้นสามารถปรับเดินหน้าหรือถอยหลังได้ ส่วนในการตัดโค้งหรือการตัดตามแบบงานโค้งต่าง ๆ ต้องทำแบบมาตรฐานขึ้นมาก่อน จากนั้นนำแบบที่ทำได้ไปเป็นแบบเพื่อที่จะให้เครื่องตัดอัตโนมัติตัดตามแบบด้วยแม่เหล็กขณะที่ทำงาน

**9.3 การจุดเปลวไฟ**

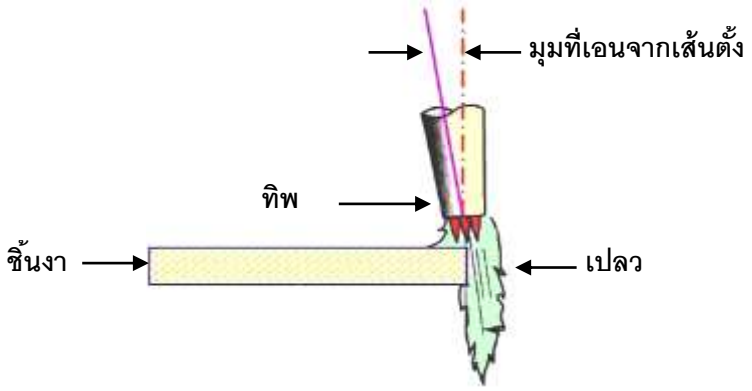
หัวตัดแก๊สที่นิยมใช้ในปัจจุบันได้แก่ชนิดสมดุลความดันเพราะใช้กับชุดตัดแก๊สสำเร็จรูปได้สะดวก การจุดเปลวไฟหัวตัดแก๊สมีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบอุปกรณ์ตัดแก๊ส
2. ตรวจสอบและปรับมาตรวัดความดัน
3. เปิดวาล์วท่อแก๊สออกซิเจนและท่อแก๊สอะเซทิลีนตามเกณฑ์การใช้งาน
4. จุดเปลวไฟและอุ่นชิ้นงานโดยการเคลื่อนหัวตัดไปตามแนวชิ้นงานที่จะทำการตัด
5. กดคันบังคับเปิดวาล์วพ่นตัด
6. เคลื่อนหัวตัดตามแนวที่ร่างแบบไว้
7. ปิดวาล์วท่อแก๊สอะเซทิลีน

**9.4 ลำดับขั้นการตัด**

ขั้นตอนในการประกอบเครื่องมือและอุปกรณ์เชื่อมแก๊สในการตัดเหมือนกับการเชื่อมแก๊สเพียงแต่เปลี่ยนจากหัวเชื่อมแก๊สมาเป็นหัวตัดแก๊สขั้นตอนการตรวจเช็ครอยรั่วปฏิบัติเหมือนกัน เมื่อประกอบเครื่องมือและอุปกรณ์ตัดแก๊สและตั้งค่าความดันแก๊สเสร็จให้ปฏิบัติดังนี้

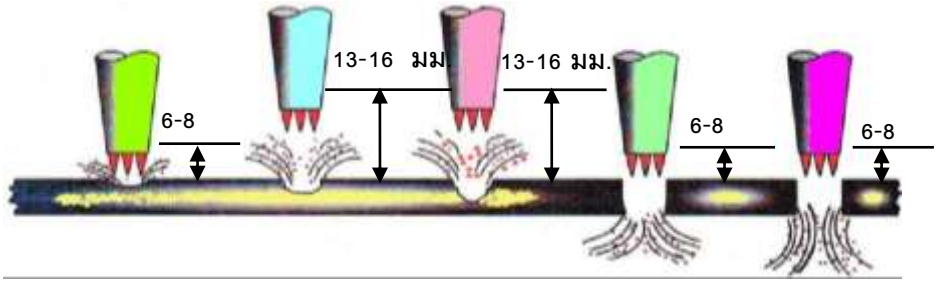
1. การตัดต้องเริ่มต้นตัดที่ขอบของแผ่นเหล็กโดยถือทอร์ชให้ทิพตัดตั้งฉากหรือเอนเข้าหาชิ้นงานเล็กน้อย



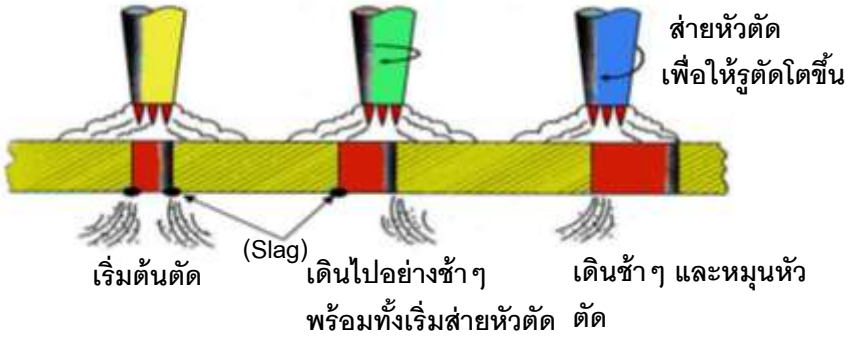

2.การเริ่มต้นตัดที่ขอบของชิ้นงานนี้จะทำให้ชิ้นงานรับความร้อนได้เร็วเมื่อขอบของงานร้อนแดงจนกระทั่งเริ่มหลอมละลายในช่วงนี้ควรให้กรวยไฟห่างจากบ่อหลอมละลาย 6-8 มม.

3. กดแขนตัดเพื่อปล่อยให้ออกซิเจนแรงดันสูงพุ่งออกมาไปกระแทกบ่อหลอมละลาย ควรถือหัวตัดให้กรวยไฟห่างจากบ่อหลอมละลาย 13-16 มม.และให้หัวตัดอยู่ในระยะนี้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง

4. หลังจากชิ้นงานถูกเจาะไซจนทะลุแล้วจึงลดระยะห่างระหว่างกรวยไฟกับบ่อหลอมละลายลงมาเหลือ 6-8 มม. เช่นเดิม ดังแสดงในภาพ




5. ถ้าโลหะที่นำมาตัดมีความหนามาก จำเป็นที่ต้องมีการส่ายหรือเคลื่อนที่หัวตัดเป็นวงกลมขนาดเล็ก เพื่อให้การเจาะทะลุกระทำได้ง่าย ดังแสดงในภาพ

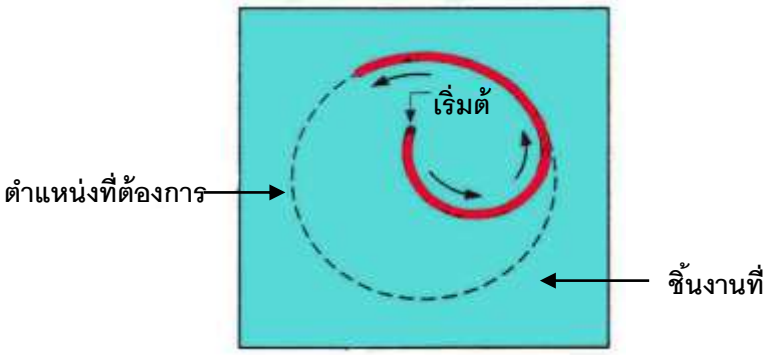



**9.5 การตัดโลหะแผ่นบาง**

การตัดโลหะแผ่นบางซึ่งมีความหนาเกจ 18 จนถึงเกจ 11 จะต้องถือทอร์ชให้หัวทิพเอียงเป็นมุมแหลมให้มากจากผิวหน้าของชิ้นงาน จึงจะทำให้ได้รอยตัดที่เรียบและมีสะแลกเกาะติดเล็กน้อย ดังแสดงในภาพ

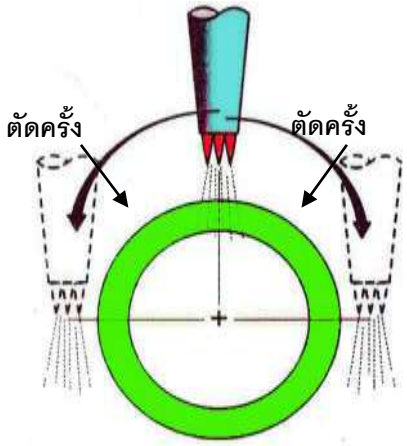
**9.6 การตัดวงกลม**

การเจาะแผ่นโลหะให้ได้รูขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้การตัดด้วยแก๊ส เนื่องจากการตัดด้วยวิธีอื่นกระทำได้ยากเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง การตัดนี้บริเวณพื้นที่ภายในให้เป็นเศษวัสดุเสียก่อน จากนั้นจึงเคลื่อนตัดในลักษณะโค้งเพื่อเดินเข้าหาแนวตัดวงกลมที่ต้องการ ดังแสดงในภาพ

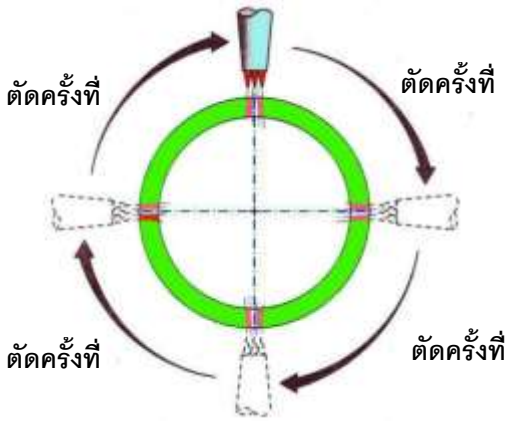



**9.7 การตัดท่อ**

การตัดท่อด้วยมือ (Freehand Cutting) สำหรับท่อขนาดเล็กขนาด 76 มม.หรือต่ำกว่า สามารถทำการตัดโดยการถือทอร์ชให้หัวตัดอยู่ในดิ่งและเคลื่อนตัดลงมายังด้านข้างทั้งสองข้างได้เลย เนื่องจากท่อมีขนาดเล็ก หลังจากนั้นให้หมุนท่อพลิกขึ้นเพื่อทำการตัดด้านล่างต่อไป ดังแสดงในภาพ




สำหรับท่อขนาดใหญ่หรือโตกว่า 76 มม. (3 นิ้ว) ผู้ปฏิบัติงานตัดต้องถือทอร์ช โดยให้หัวทิพตั้งฉากกับผิวโค้งของท่อตลอดเวลาที่เคลื่อนหัวตัดไป เทคนิคการตัดแบบนี้เหมาะสำหรับท่อขนาดใหญ่ที่มีผนังหนา แต่ก็สามารถตัดท่อขนาดเล็กได้ดีเช่นเดียวกัน เนื่องจากท่อมีขนาดใหญ่ไม่สามารถหมุนท่อได้ ดังนั้น การตัดควรตัดต่อเนื่องจนกระทั่งมาบรรจบกับรอยตัดในระยะเริ่มต้น ดังแสดงในภาพ




**สรุป**

การเชื่อมด้วยแก๊สออกซิอะเซทิลีน เป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้แก๊สอะเซทิลีนที่ติดไฟได้ผสมกับแก๊สออกซิเจนที่ช่วยให้ไฟติดเกิดความร้อนสูงสามารถหลอมละลายโลหะได้ การเชื่อมด้วยแก๊สออกซิอะเซทิลีน ผู้ปฏิบัติงานจะต้องศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

**1. หลักการเชื่อมแก๊ส**

หลักการเชื่อมแก๊สเป็นกรรมวิธีการเชื่อมโลหะแบบหลอมเหลว โดยใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิง ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้แก๊สอะเซทิลีนผสมกับแก๊สออกซิเจนบริสุทธิ์ซึ่งเรียกว่า การเชื่อมด้วยแก๊สออกซิอะเซทิลีน (Oxy Acetylene Welding) เปลวไฟจากการเผาไหม้จะเกิดความร้อนในปริมาณสูงทำให้ชิ้นงานหลอมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยที่ลวดเชื่อมจะเติมหรือไม่เติมก็ได้ ขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นงานและชนิดของรอยต่อ

2. ชนิดของแก๊ส

2.1 แก๊สอะเซทิลีน (Acetylene: C2H2)

2.2 แก๊สออกซิเจน (Oxygen: O2)

3. ชนิดของเปลวไฟ

1. เปลวลดหรือเปลวคาร์บอนมากหรือเปลวคาร์บูไรซิง (Carburizing Flame)
2. เปลวกลางหรือเปลวนิวทรัล (Neutral Flame)
3. เปลวเพิ่มหรือเปลวออกซิเจนมากหรือเปลวออกซิไดซิง (Oxidizing Flame)

4. องค์ประกอบของการเชื่อมแก๊ส

1. การเลือกลวดเชื่อม (C: Correct Rod)
2. ปริมาณความร้อน (C: Correct Heat)
3. ระยะห่างของกรวยไฟ (C: Cone of Length)
4. มุมหัวทิพและมุมลวดเชื่อม (T: Tip and Rod Angle)
5. ความเร็วในการเดินลวดเชื่อม (T: Travel Speed)

5. ชนิดของรอยต่อ

1. รอยต่อชน (Butt Joint)
2. รอยต่อมุม (Corner Joint)
3. รอยต่อขอบ (Edge Joint)
4. รอยต่อเกย (Lap Joint)
5. รอยต่อรูปตัวที (T-Joint)

6. ตำแหน่งท่าเชื่อม (Welding Position)

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

7. ลักษณะของแนวเชื่อมแก๊ส

1. แนวเชื่อมแบบต่อชน
2. แนวเชื่อมแบบสามเหลี่ยม

8. เทคนิคในการเชื่อมแก๊ส
   - 8.1 ทิศทางการเชื่อม
     1. ลวดเชื่อมนำหน้าเปลวไฟหรือการเชื่อมจากขวาไปทางซ้าย (Forehand Welding)
     2. เปลวไฟนำหน้าลวดเชื่อมหรือการเชื่อมจากทางซ้ายไปขวา (Backhand Welding)
   - 8.2 ลักษณะการส่ายหัวทิพ
   - 8.3 การเชื่อมต่อชนท่าราบ
   - 8.4 การเชื่อมต่อชนขนานนอน
   - 8.5 การเชื่อมต่อชนท่าตั้ง
     1. การเชื่อมท่าตั้งเชื่อมขึ้น
     2. การเชื่อมท่าตั้งเชื่อมลง
   - 8.6 การเชื่อมต่อชนท่าเหนือศีรษะ
9. งานตัดโลหะด้วยแก๊ส
   - 9.1 หลักการตัดด้วยแก๊ส
   - 9.2 อุปกรณ์การตัดแก๊ส
     - 9.2.1 หัวตัดแก๊ส
     - 9.2.2 หัวทิพตัดแก๊ส
     - 9.2.3 เครื่องตัดแก๊ส
   - 9.3 การจุดเปลวไฟ
   - 9.4 ลำดับขั้นการตัด
   - 9.5 การตัดโลหะแผ่นบาง
   - 9.6 การตัดวงกลม
   - 9.7 การตัดท่อ

## กิจกรรมการเรียนรู้

สัปดาห์ที่ 3 – 4 การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน

### ขั้นนำ

1. แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น วิธีการเรียน วิธีการฝึกปฏิบัติ การเตรียมความพร้อม และกิจกรรมในชั้นเรียน
2. แจ้งเกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้

### ขั้นสอน

1. นำเข้าสู่บทเรียน
2. บรรยายเนื้อหา การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและซักถามข้อสงสัย ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาการเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน
4. บรรยายเนื้อหาเกี่ยวกับการปรับเปลวไฟแก๊สที่ใช้ในงานเชื่อม เทคนิคและทิศทางการเดินแนวเชื่อมแก๊สและระยะห่างเปลวไฟกับชิ้นงาน กระบวนการเชื่อม
5. ผู้สอนให้ผู้เรียนดูตัวอย่างการเตรียมและติดตั้งอุปกรณ์ และชุดเชื่อมแก๊สให้เข้ากับพื้นที่ปฏิบัติงานเชื่อมแก๊สได้เครื่องมือเชื่อมสำหรับงานเชื่อมแก๊ส และสาธิตการเชื่อมชิ้นงานในท่าต่างๆ การเดินแนวเชื่อมโดยให้ผู้เรียนสังเกตวิธีการที่ถูกต้อง
6. ให้ผู้เรียนฝึกการเชื่อมแก๊ส ส่งชิ้นงานท้ายชั่วโมง

**ขั้นสรุป :** ทบทวนและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้

1. อธิบายเพิ่มเติมและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน
2. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน
3. มอบหมายให้ผู้เรียน ไปทบทวนบทเรียน และเตรียมอ่านหนังสือเพื่อเตรียมพร้อมในการเรียนครั้งต่อไป

### ขั้นประเมินผล

| | |
|---|---|
| คุณธรรม | 5 คะแนน |
| ใบงาน | 5 คะแนน |
| แบบทดสอบ | 5 คะแนน |
| แบบฝึกปฏิบัติ | 5 คะแนน |

## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

6. หนังสือ งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น : อาคม บุณยศิริวัฒน์ ธนิต ศิริสาคร และ สุรจิตร ตรุโนภาส. บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด ,2547.
7. ใบสรุปความรู้ประจำหน่วยการเรียนรู้ที่ 2
8. แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้
9. สื่อของจริง เครื่องมือที่ใช้ในงานเชื่อม ตัวอย่างชิ้นงานเชื่อม
10. หนังสือหรือตำราเรียนที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้อง

## หลักฐานการเรียนรู้

แบบฝึกหัด

แบบฝึกปฏิบัติ

## การวัดและประเมินผล

### เครื่องมือประเมิน

8.1.1 ประเมินจากแบบฝึกหัดและใบงาน

8.1.2 การสังเกตการณ์ปฏิบัติตามกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย

### เกณฑ์การประเมิน

วัดผลสัมฤทธิ์จากแบบฝึกหัดและใบงานมีเกณฑ์ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ร้อยละ 80-100 | หมายถึง | 4 |
| ร้อยละ 75-79 | หมายถึง | 3.5 |
| ร้อยละ 70-74 | หมายถึง | 3.0 |
| ร้อยละ 65-69 | หมายถึง | 2.5 |
| ร้อยละ 60-64 | หมายถึง | 2.0 |
| ร้อยละ 55-59 | หมายถึง | 1.5 |
| ร้อยละ 50-54 | หมายถึง | 1.0 |
| ต่ำกว่าร้อยละ 0-49 | หมายถึง | 0 |

## บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

### 9.1 ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

### 9.2 ปัญหาที่พบ

.....

.....

### 9.3 แนวทางแก้ปัญหา

.....

.....

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :** งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** การเดินน้ำโลหะ | เวลา ชั่วโมง |

**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. เตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์งานติดตั้ง การประกอบเครื่องมืออุปกรณ์การเชื่อมแก๊สและการตรวจสอบรอยรั่วได้

2. ปฏิบัติงานติดตั้ง การประกอบเครื่องมืออุปกรณ์การเชื่อมแก๊สและการตรวจสอบรอยรั่วได้ถูกต้อง ประหยัด มีวินัย ปลอดภัยตามหลักอาชีวอนามัย

**เครื่องมือและอุปกรณ์**

1. ชุดหัวเชื่อมแก๊ส
2. ท่อบรรจุแก๊สออกซิเจน
3. ท่อบรรจุแก๊สอะเซทิลีน
4. ถุงมือผ้า
5. แว่นตาเชื่อมแก๊ส
6. อุปกรณ์จุดเปลวไฟ
7. ประแจเลื่อน
8. ไขควงปากแบน
9. แปรงทาสี ขนาด 1 นิ้ว

คำสั่ง :

1. จงปฏิบัติงานติดตั้ง การประกอบเครื่องมืออุปกรณ์การเชื่อมแก๊สและการตรวจสอบรอยรั่วได้

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :** งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** การเดินน้ำโลหะ | เวลา ชั่วโมง |

**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 2. เตรียมอุปกรณ์งานเชื่อมแก๊ส เช่น หัวเชื่อมแก๊ส สายเชื่อมแก๊ส ข้อต่อ นัต เข็มขัดรัดสายอุปกรณ์ปรับความดันแก๊ส ท่อบรรจุแก๊สออกซิเจน ท่อบรรจุแก๊สอะเซทิลีน อุปกรณ์จุดเปลวไฟ เป็นต้น |
| | 2. ตรวจเช็ค เครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมแก๊สตามข้อ 1 ว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีหรือไม่ |
| | 3. นักเรียนเตรียมเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการประกอบอุปกรณ์งานเชื่อมแก๊ส เช่น ประแจปากตาย ประแจเลื่อน ไขควงปากแบน |

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 4. ครูผู้สอนสาธิต ปฏิบัติให้นักเรียนดูวิธีการต่ออุปกรณ์การเชื่อมแก๊สให้นักเรียนดูและ แนะนำเทคนิควิธีการต่างๆ |
| | 5. นักเรียนปฏิบัติ การต่ออุปกรณ์การเชื่อมแก๊สให้ครบถ้วน ครูตรวจขั้นตอนที่ 1 |
| | 6. นักเรียนเตรียมเครื่องมือตรวจสอบรอยรั่วของจุดต่อต่างๆ สายแก๊ส หัวเชื่อมแก๊ส และเปิดวาล์วแก๊สอะเซทิลีนและออกซิเจน ใช้แปรงจุ่มน้ำสบู่ทาบริเวณจุดต่อต่างๆ ครูตรวจขั้นตอนที่ 2 |
| | 7. นักเรียนทำความอุปกรณ์การเชื่อมแก๊ส เครื่องมืองานเชื่อมแก๊ส เก็บอุปกรณ์เครื่องมือเข้าที่ให้เรียบร้อย และทำความสะอาดพื้นที่ฝึก |

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานที่

| | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** การเดินน้ำโลหะ | เวลา ชั่วโมง |

ชื่อ..... นามสกุล.....กลุ่ม.....เลขที่.....

| ลำดับที่ | จุดตรวจ | เต็ม | ทำได้ |
|---|---|---|---|
| 1. | เตรียมอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊สได้ถูกต้องและครบถ้วน<br>- เตรียมอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊สได้ 5 รายการ<br>- เตรียมอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊สได้ 7 รายการ<br>- เตรียมอุปกรณ์ในการเชื่อมแก๊สได้ 10 รายการ | 10<br>7<br>8<br>10 | |
| 2. | เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการติดตั้ง และประกอบอุปกรณ์เชื่อมแก๊ส | 10 | |
| 3. | ติดตั้งและประกอบอุปกรณ์เชื่อมแก๊สได้ครบถ้วนและถูกต้อง | 10 | |
| 4. | การใช้เครื่องมือในการประกอบและติดตั้งได้ถูกต้อง | 10 | |
| 5. | ติดตั้งและประกอบอุปกรณ์เชื่อมแก๊สได้ทันตามเวลาที่กำหนด | 20 | |
| 6. | การตรวจสอบรอยรั่ว ข้อต่อต่างๆไม่รั่วซึม | 10 | |
| 7. | ปฏิบัติงานได้ตามเวลาที่กำหนด | 10 | |
| 8. | ความมีวินัยและกิจนิสัยในการปฏิบัติงาน<br>8.1. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัย | 12 | |
| | 8.2. การใช้และการจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ | 2 | |
| | 8.3. การบำรุงรักษาเครื่องมือ – อุปกรณ์ | 2 | |
| | 8.4. ความขยัน ความอดทนในการปฏิบัติงาน | 2 | |
| | 8.5. ความประหยัด ความพอเพียงและการมีส่วนร่วม | 2 | |
| **รวม** | | **100** | |

**เกณฑ์การให้คะแนน**

0 - 49 ปรับปรุง 50 - 59 พอใช้ 60 - 79 ดี 80 - 100 ดีมาก

**เกณฑ์ผ่าน** ผลรวมของคะแนนทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 50 %

**สรุปผลการปฏิบัติงาน**

1. คะแนนเต็ม.....คะแนน คะแนนที่ทำได้.....คะแนน

(คิดเป็นร้อยละ.....) ผลการประเมินตามเกณฑ์.....

**2.** ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ผู้ประเมิน.....

(นายนิโรจน์ เพ็งศรี)

## แบบบันทึกหลังการสอน หน่วยที่ 1

สัปดาห์ที่.....วันที่.....รายวิชา.....รหัสวิชา.....

**บันทึกหลังการสอน**

**ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

1. เนื้อหาที่สอน.....
2. เวลา (เหมาะสมหรือไม่).....
3. กิจกรรมที่ใช้สอน (ตามแผนหรือไม่).....
4. ปัญหาและอุปสรรค.....

.....

.....

**ผลการเรียนของนักเรียน**

5. จำนวนนักเรียน ชั้น.....แผนก.....เข้าเรียน.....คน ขาด.....คน
2. ผลสัมฤทธิ์การเรียนผ่านเกณฑ์.....คน ไม่ผ่านเกณฑ์.....คน
3. การมอบหมายหน้าที่และความรับผิดชอบ.....

.....

.....

4. บรรยากาศในการเรียน.....

.....

5. ปัญหาและอุปสรรคการเรียนภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ.....

.....

.....

**ผลการสอนของครู**

1. ผู้สอน (สอนตามแผนหรือไม่).....
2. ปัญหาและอุปสรรคการสอนภาคทฤษฎีและปฏิบัติ.....

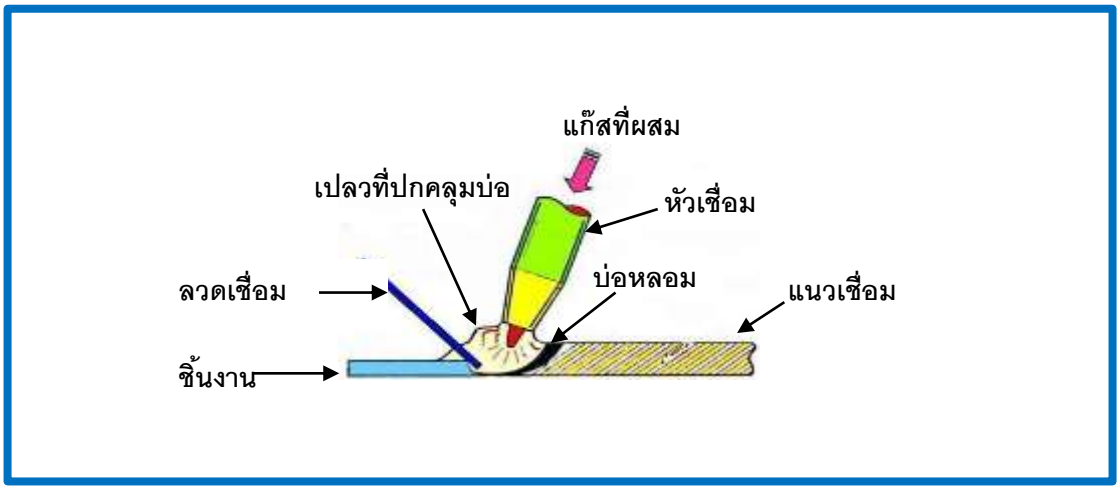
.....

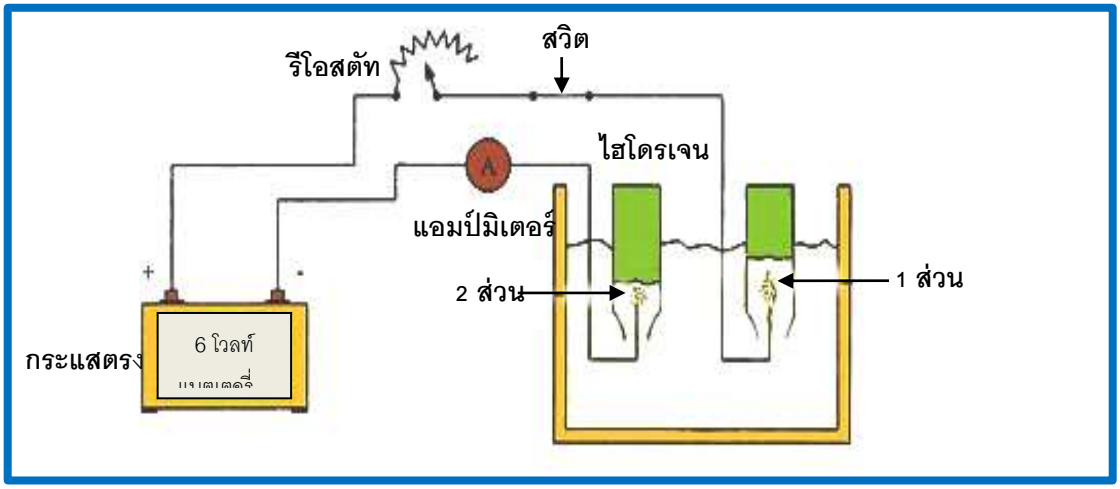
.....

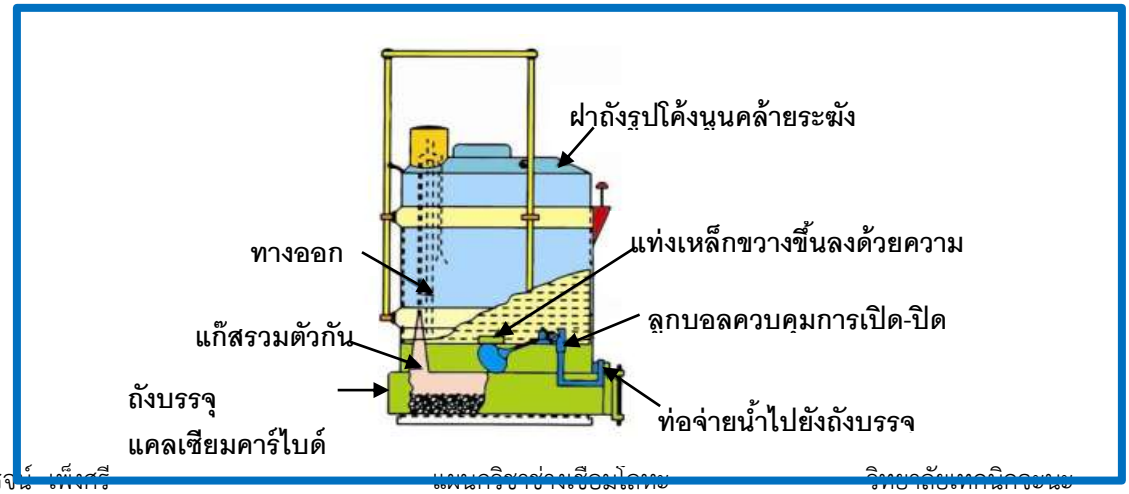
(.....)

ครูผู้สอน

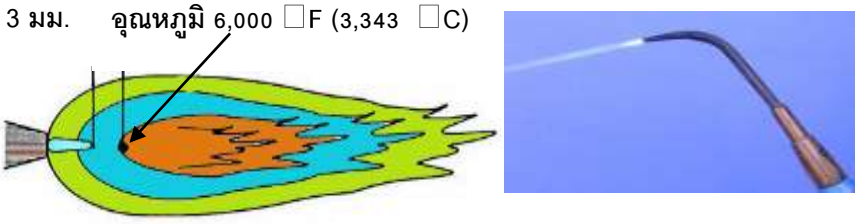
# สื่อการสอน หน่วยที่ 2
# การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน

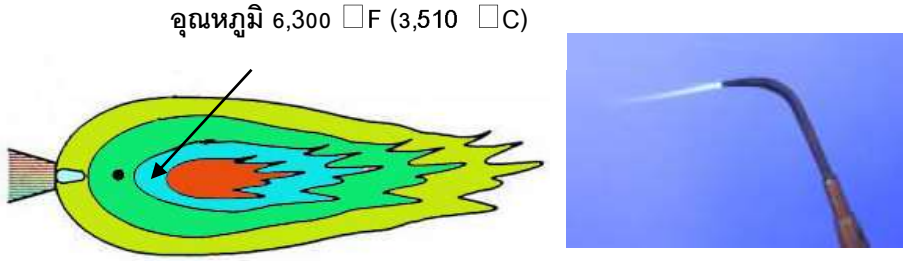


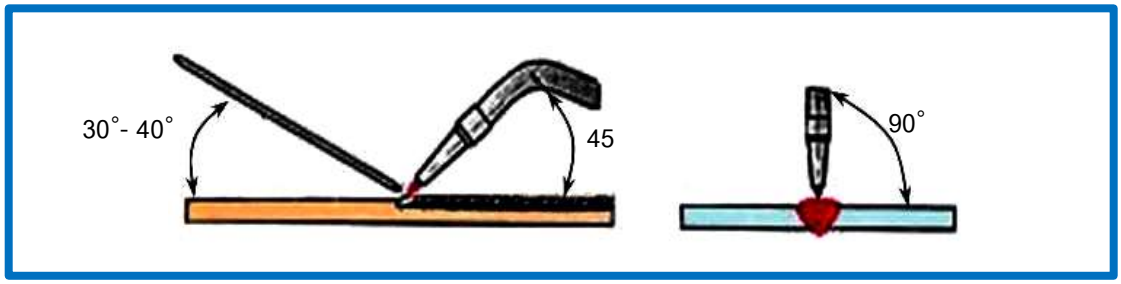



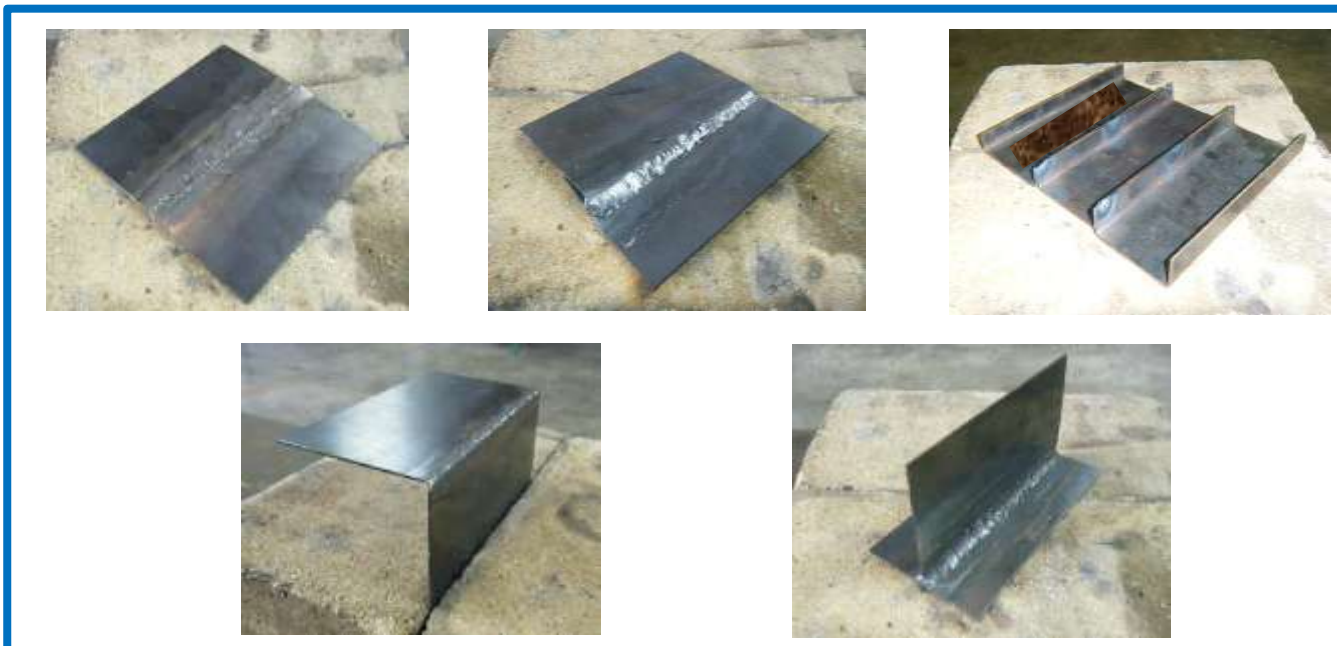
# สื่อการสอน หน่วยที่ 2
# การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน

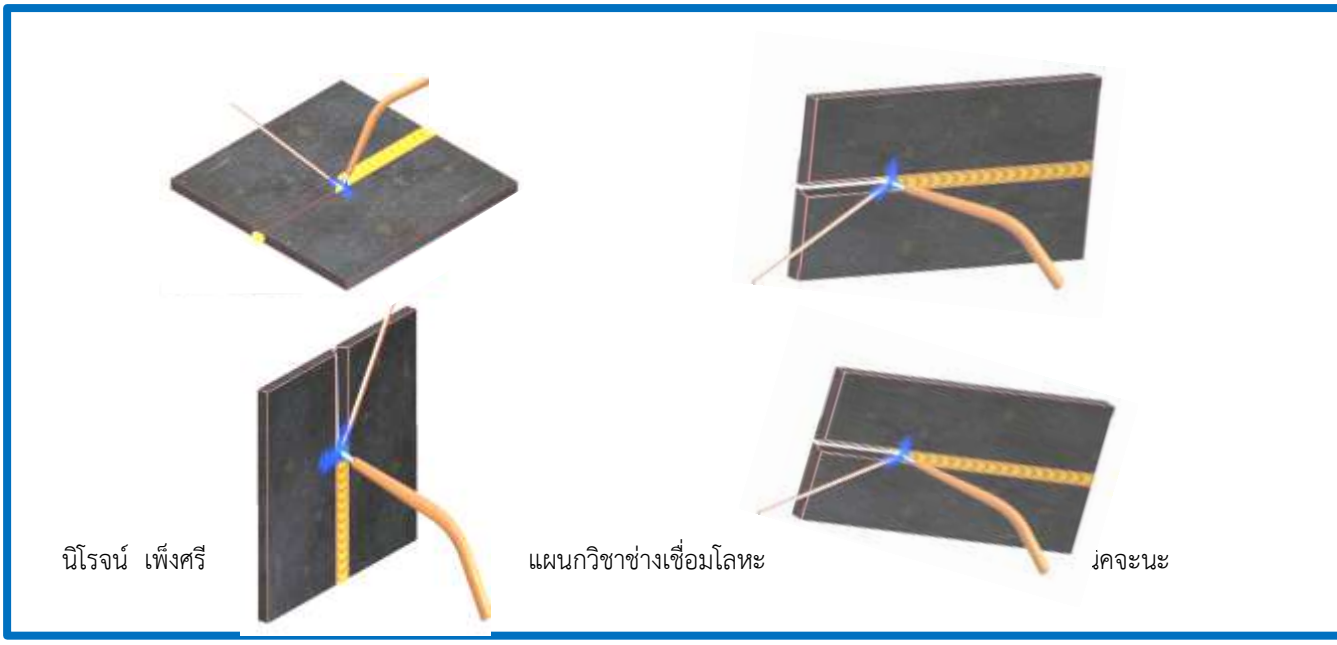


# สื่อการสอน หน่วยที่ 2
# การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน





# สื่อการสอน หน่วยที่ 2
# การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน

# แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยที่ 3

ชื่อวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัส 20100 – 1004 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

ชื่อหน่วย การแล่นประสาน จำนวน 12 ชั่วโมง

## สาระสำคัญ

การแล่นประสาน เป็นกระบวนการที่ทำให้ชิ้นงานติดกันโดยให้ความร้อนกับชิ้นงาน จนร้อนแดงแต่ยังไม่ถึงจุดหลอมละลาย แล้วจึงเติมลวดประสานลงไป ลวดประสานจะมีจุดหลอมละลายต่ำกว่าชิ้นงานและลวดประสานจะเป็นตัวเกาะยึดชิ้นงานให้ติดกัน

## สมรรถนะประจำหน่วยการเรียนรู้

1. แสดงความรู้การแล่นประสานและหลักการแล่นประสาน
2. แสดงความรู้แหล่งความร้อนในการแล่นประสาน (Heat Source)
3. แสดงความรู้ลวดประสาน (Brazing Filler Metal)และตัวช่วยประสาน (Flux)
4. แสดงความรู้รอยต่อ (Joint)ในการแล่นประสาน
5. แสดงความรู้ขั้นตอนการแล่นประสาน
6. แสดงความรู้ข้อดีของการแล่นประสานและข้อแตกต่างของการแล่นประสาน การบัดกรี และการเชื่อมประสาน

## จุดประสงค์การเรียนรู้

### จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจการแล่นประสานและหลักการแล่นประสาน
2. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจแหล่งความร้อนในการแล่นประสาน (Heat Source)
3. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจลวดประสาน (Brazing Filler Metal)และตัวช่วยประสาน (Flux)
4. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจรอยต่อ (Joint)ในการแล่นประสาน
5. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจขั้นตอนการแล่นประสาน
6. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจข้อดีของการแล่นประสานและข้อแตกต่างของการแล่นประสาน การบัดกรี และการเชื่อมประสาน

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายวิธีการแล่นประสานและหลักการแล่นประสานได้
2. บอกแหล่งความร้อนในการแล่นประสานได้
3. บอกลักษณะของลวดประสานและตัวช่วยประสานได้
4. บอกชนิดรอยต่อในการแล่นประสานได้

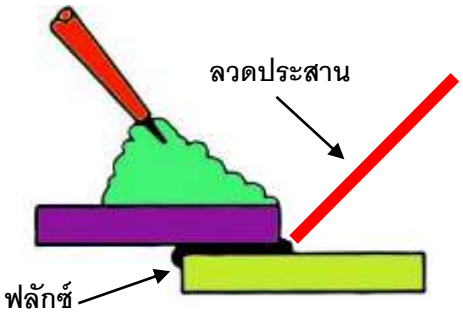
5. อธิบายขั้นตอนการแล่นประสานได้

6. บอกถึงข้อดีของการแล่นประสานและข้อแตกต่างของการแล่นประสาน การบัดกรี และการเชื่อมประสานได้

## . สาระการเรียนรู้

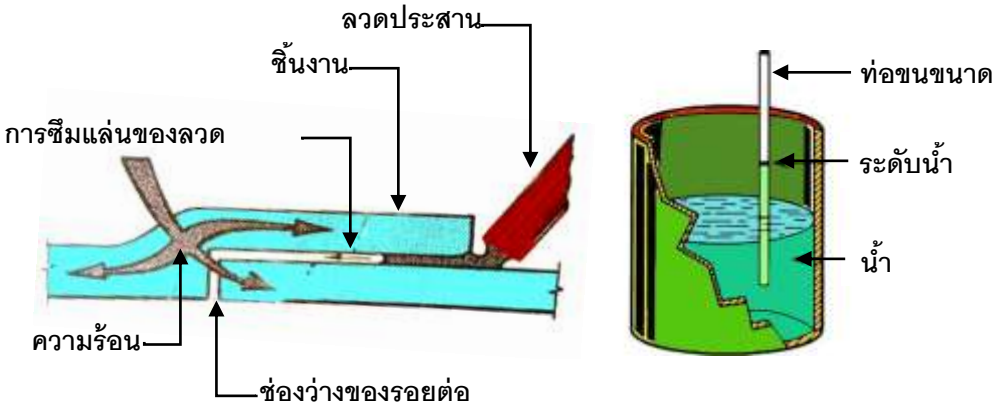
1. ความหมายของการแล่นประสาน

การแล่นประสาน (Brazing) หรือการบัดกรีแข็ง (Hard Soldering) หมายถึง กระบวนการประสานโลหะให้ติดกันโดยใช้ความร้อนจากเปลวไฟหลอมละลายลวดประสานให้แทรกซึมเข้าไปภายในช่องว่างของผิวชิ้นงานในลักษณะถูกดูดซึมเข้าไป โดยการดึงดูดอณูของลวดประสานที่มีอุณหภูมิหลอมละลายสูง โดยใช้ความร้อนสูงกว่า 840 F (450 C) แต่ไม่เกินจุดหลอมละลายของโลหะชิ้นงาน ซึ่งลวดประสานที่หลอมละลายจะไหลซึมแล่นเข้าไปในร่องรอยต่อของผิวชิ้นงานด้วยปฏิกิริยาแทรกซึม (Capillary Attraction) โดยมีตัวช่วยประสาน (Flux) ช่วยทำความสะอาด ช่วยในการซึมแล่น และช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ (Oxidation) ดังแสดงในภาพ




**2. หลักการแล่นประสาน**

หลักการแล่นประสานจะใช้หลักการของ Capillary Attraction ซึ่งหมายถึง ความสามารถของของเหลวที่จะถูกดึงดูดเข้าไปในที่แคบของรอยต่อหรือในท่อขนาดเล็ก แม้จะอยู่ในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดึงดูดของโลกก็ตาม ในแล่นประสานก็ใช้หลักการนี้ ช่วยในการซึมแล่นของลวดประสาน ที่หลอมเหลวจะถูกดึงดูดเข้าไปในช่องว่างระหว่างชิ้นงาน ดังแสดงในภาพ

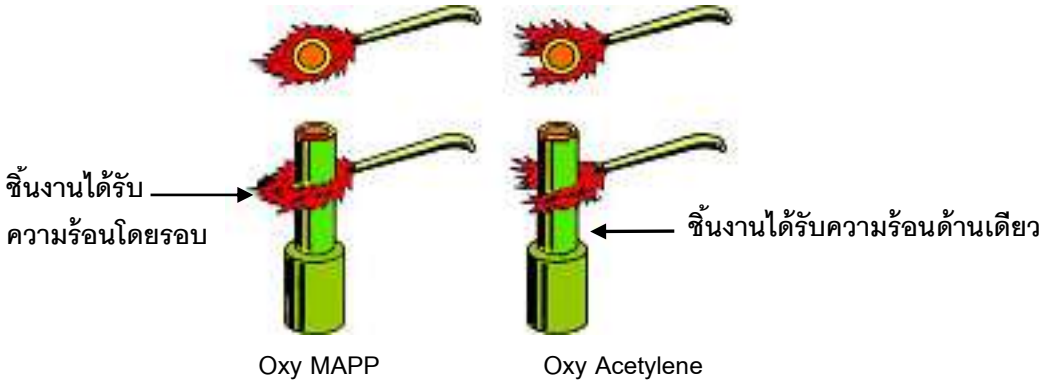


**3. แหล่งความร้อนในการแล่นประสาน (Heat Source)**

การแล่นประสานต้องให้ความร้อนเป็นบริเวณกว้าง ไม่ใช่เผาเป็นจุด ๆ ถ้าเป็นไปได้ควรเผาให้ร้อนพร้อม ๆ กันทั้งชิ้น โดยไม่ให้ร้อนจัดเกินไป ถ้าให้ความร้อนด้วยเปลวไฟควรเลือกใช้หัวเชื่อมที่มีเปลวไฟแผ่เป็นบริเวณกว้าง หรือใช้สองหัวพร้อมกันทั้งสองด้าน อาจใช้เปลวไฟออกซิอะเซทิลีนหรือเปลวไฟอื่นก็ได้ เช่น MAPP เพราะต้องการอุณหภูมิไม่สูงนักและมีเปลวไฟขนาดใหญ่ เป็นต้น

3.1 การให้ความร้อนด้วยหัวเชื่อมแก๊ส (Torch)

การแล่นประสานด้วยแก๊สอะเซทิลีนกับแก๊สออกซิเจนเป็นแก๊สที่นิยมใช้กันมาก แต่แก๊สอะเซทิลีนให้ความร้อนสูงมาก อาจจะทำให้เกิดการไหม้แนวแล่นประสาน ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความชำนาญสูง มีเปลวไฟจากแก๊สบางชนิดที่ให้ความร้อนน้อยและแล่นประสานได้นิ่มนวลกว่า เช่น แก๊สโพรเพน แก๊สบิวเทน แก๊สธรรมชาติ และแก๊ส MAPP แก๊สดังกล่าวนี้จะให้ความร้อนน้อยกว่าแก๊สอะเซทิลีนเล็กน้อย แต่เปลวไฟจะก่อตัวเป็นรูปร่างที่ใหญ่กว่า เปลวไฟแก๊ส MAPP มีขนาดกว้างและใหญ่ให้ความร้อนกับชิ้นงานได้พื้นที่มากสามารถแล่นประสานได้เร็ว เช่น ในการแล่นประสานท่อขนาดเล็ก เป็นต้น เปลวไฟจะห่อหุ้มโดยรอบทำให้ลวดประสานสามารถจะแล่นประสานได้โดยรอบ โดยไม่ต้องหมุนชิ้นงานหรือเริ่มต้นเผาไหม้ในด้านตรงข้าม แก๊สผสมที่ใช้ในการผลิตแก๊ส MAPP มีโครงสร้างของอะตอม คือ คาร์บอน 3 อะตอม และมีไฮโดรเจน 4 อะตอมเป็นโมเลกุลของแก๊ส ซึ่งจะมีน้ำหนักและขนาดเหมือนแก๊สชนิดอื่น แต่มีรูปร่างที่แตกต่างจากแก๊สอื่น ดังแสดงในภาพ




3.2 การให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้า (Furnace)

เป็นการให้ความร้อนโดยนำชิ้นงานไปวางในเตา โดยความร้อนนี้อาจได้มาจากไฟฟ้า น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ หรือแก๊สเชื้อเพลิงอื่น ๆ ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ไม่ให้เกิดความร้อนมากเกินไป สามารถใช้กับแก๊สเฉื่อยได้ป้องกันออกไซด์ก่อตัวบนชิ้นงาน ควบคุมการรวมตัวของออกซิเจน ตลอดจนสามารถให้ความร้อนอย่างมีรูปแบบโดยความร้อนจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และมีอุณหภูมิเท่ากันทุกจุดซึ่งจะลดการเกิดความเค้นและการบิดตัวในเนื้องานได้ นอกจากนี้ยังสามารถทำเป็นขบวนการผลิตได้ เพราะสามารถแล่นประสานชิ้นงานได้ครั้งละมากชิ้น

**4. ลวดประสาน (Brazing Filler Metal)**

ลวดประสานมีหน้าที่เป็นตัวยึดหรือประสานให้โลหะงานสองชิ้นติดกัน ลวดประสาน จะต้องมีจุดหลอมละลายต่ำกว่าชิ้นงานเพราะการแล่นประสานชิ้นงานไม่หลอมละลาย รูปร่างของโลหะประสานมีหลายรูปแบบ เช่น เป็นขดลวด (Coils) เป็นแท่ง (Rods) เป็นแผ่น (Sheets) เป็นต้น การเลือกใช้ลวดประสานต้องดูที่ชิ้นงานเป็นว่าโลหะชนิดใด แล้วค่อยเลือกลวดประสานให้เหมาะสมกับโลหะชิ้นงาน ลวดประสานที่ใช้ทั่ว ๆ ไปมี ดังนี้

4.1 ลวดประสานเงิน (Silver alloy)

ลวดประสานเงินมีส่วนผสมเงินเป็นหลัก สัญลักษณ์ คือ BAg เหมาะสำหรับแล่นประสานทองเหลือง (Brass) เหล็กผสม (Alloy Steel) เหล็กสแตนเลส (Stainless Steel) นิเกิล (Nickel) และบรอนซ์ (Bronze) เพราะจุดหลอมละลายของเงินจะต่ำกว่าเหล็ก นิเกิลและบรอนซ์ เมื่อได้รับความร้อนจนถึงจุดหลอมละลาย ลวดประสานเงินจะหลอมละลายเข้าไปเกาะยึดรอยต่อได้พอดี ดังแสดงในภาพ

4.2 ลวดประสานอะลูมิเนียม (Aluminum Silicon)

ลวดประสานอะลูมิเนียมมีส่วนผสมเงินเป็นหลัก สัญลักษณ์ คือ BAlSi เหมาะสำหรับแล่นประสานอะลูมิเนียม (Aluminum) เพราะมีซิลิกอนเป็นส่วนผสมทำให้มีจุดหลอมละลายต่ำกว่าโลหะชิ้นงาน ดังแสดงในภาพ

4.3 ลวดประสานทองเหลือง (Brass)

ลวดประสานทองเหลือง มีส่วนผสมทองแดงกับสังกะสี (copper-zinc) สัญลักษณ์ คือ BCuZn เหมาะสำหรับแล่นประสานเหล็กหล่อ (Cast Iron) เหล็กคาร์บอน (Carbon Steel) และเหล็กแกลวาไนซ์ (Galvanized Iron) เพราะจุดหลอมเหลวของเหล็กจะสูงกว่าทองเหลืองเมื่อเหล็กได้รับความร้อนจนแดง แต่ยังไม่ถึงจุดหลอมละลายลวดประสานทองเหลืองจะหลอมละลายเข้าไปเกาะยึดรอยต่อได้พอดี ดังแสดงในภาพ

4.4 ลวดประสานชนิดไส้ฟลักซ์

ลวดประสานชนิดไส้ฟลักซ์ ลวดประสานชนิดนี้จะใส่ตัวช่วยประสานไว้ในเส้นลวดสามารถแล่นประสานได้อย่างรวดเร็วและทำให้แนวประสานมีคุณภาพ ดังแสดงในภาพ

**5. ตัวช่วยประสาน (Flux)**

ตัวช่วยประสานหรือฟลักซ์ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ออกซิเจนในอากาศรวมตัวกับ แนวแล่นประสาน ซึ่งจะทำให้คุณภาพในการแล่นประสานลดลง เช่น ความแข็งแรงต่ำเกิดการกัดกร่อนง่าย เนื่องจากออกซิเจนในอากาศรวมตัวกับแนวแล่นประสานและทำให้เกิดสนิม ที่สำคัญสามารถช่วยทำให้การแล่นประสานง่ายขึ้น ฟลักซ์มีทั้งชนิดผงและชนิดของเหลว ซึ่งจะเป็นตัวทำความสะอาดรอยแล่นประสาน ขจัดออกไซด์ไม่ให้เกิดขึ้นกับรอยประสาน

ฟลักซ์ที่เหมาะสมกับลวดประสานชนิดลวดทองเหลือง คือ ผงบอแรกซ์ซึ่งนิยมใช้การผสมกรดบอแรกซ์ 75% กับกรดบอริก 25% ผงบอแรกซ์ที่ผสมอยู่อาจมีส่วนผสมของฟอสฟอรัส ส่วนการแล่นประสานเหล็กสแตนเลส ซิลิกอน บรอนซ์ ทองเหลืองเจือ ฯลฯ ใช้ฟลักซ์ชนิดอัลคาไลน์ไบฟลูออไรต์ (Alkaline Bifuoride) กลิ่นระเหยของฟลักซ์นี้จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ดังนั้นการปฏิบัติงานการแล่นประสานด้วยฟลักซ์ชนิดนี้จะต้องทำในที่มีระบบถ่ายเทอากาศได้ดี ส่วนในการแล่นประสานชนิดลวดเงินและทังสเตนกับทองแดง ฟลักซ์ที่ใช้ คือ โซเดียมไซยาไนต์เป็นฟลักซ์พิเศษสมบัติดีที่สุด แต่ฟลักซ์ชนิดนี้อันตรายมาก กลิ่นที่ระเหยจะเป็นอันตรายอย่างมาก และอย่าให้ฟลักซ์สัมผัสกับส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายถ้าถูกต้องรีบล้างออกด้วยน้ำสะอาดทันที ดังแสดงในภาพ

ฟลักซ์ครีม ฟลักซ์ชนิดผง

การเลือกใช้ตัวช่วยประสานขึ้นอยู่กับชนิดของลวดประสาน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

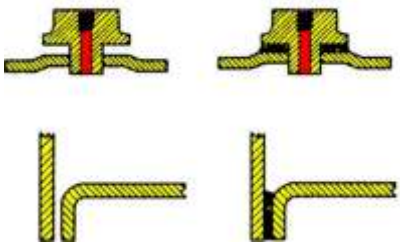
ตารางที่ 3.1 แสดงการเลือกใช้ตัวช่วยประสานให้เหมาะสมกับโลหะชิ้นงาน

| ชิ้นงานแล่นประสาน | ลวดประสาน | ตัวประสาน (Flux) |
|---|---|---|
| เหล็กหล่อ (Cast Steel)<br>เหล็กกล้าละมุม (Mild Steel) | ทองเหลือง, บรอนซ์ | บอแรกซ์ (Borax) |
| เงิน, ทองแดง | เงิน, เงินผสม, ทังสเตน | โซเดียมไซยาไนต์ กรดโบริก<br>กรดโบเรท |
| เหล็กไร้สนิม, ซิลิคอนบรอนซ์,<br>เบริลเลียม, ทองเหลืองผสมอะลูมิเนียม | เงินผสม | อัลคาไลน์ไบฟลูออไรด์<br>(Alkaline Bifluoride) |

ที่มา: นริศ ศรีเมฆ และพิชัย โอภาสอนันต์, 2551, หน้า, 115

6. รอยต่อ (Joint)

การออกแบบรอยต่อในการแล่นประสานขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ความต้านทานแรงดึง ความสวยงาม เป็นต้น แต่ส่วนใหญ่แล้วจะนิยมใช้กับรอยต่อเกย เพราะจะทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงมาก ดังแสดงในภาพ



**ก่อนแล่นประสาน หลังแล่นประสาน**

การเว้นช่องรอยต่อระหว่างชิ้นงานต้องกระทำด้วยความระมัดระวังต้องเว้นให้ประสานช่องเล็กพอที่จะเกิด Capillary Attraction ได้ดี ไม่เว้นช่องใหญ่เกินไปเพราะนอกจากจะได้รอยบัดกรีที่ไม่แข็งแรงแล้วยังเป็นการสิ้นเปลืองลวดประสานอีก โดยทั่วไปแล้วนิยมเว้นช่องไว้ประมาณ 0.001-0.005 นิ้ว ถ้าเป็นงานเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี ควรเว้นช่องว่างไว้ 0.001 นิ้ว (0.025 มม.)

**7. ขั้นตอนการแล่นประสาน**

1. ทำความสะอาดชิ้นงาน
2. ปรับเปลวไฟให้เป็นเปลวออกซิไดซิงอย่างอ่อน
3. เผาปลายลวดประสานให้ร้อน (กรณีใช้ฟลักซ์ผง)
4. จุ่มปลายลวดประสานที่กำลังร้อนลงในฟลักซ์ผง
5. เผาชิ้นงานบริเวณรอยต่อให้ร้อนแดง
6. เผาปลายลวดประสานที่จุ่มฟลักซ์ไว้แล้ว ให้ฟลักซ์ซึมแล่นเข้าไปในช่องว่างระหว่างรอยต่อของชิ้นงาน

7. เผาลวดประสานให้หลอมละลาย ประสานเข้าไปในร่องรอยต่อ

8. ทำการแล่นประสานให้เต็มรอยต่อของชิ้นงาน

9. ทำความสะอาดชิ้นงาน

**8. ข้อดีของการแล่นประสาน**

1. ใช้ยึดประกอบชิ้นงานที่ต้องการความสวยงาม เช่น งานบัดกรีเครื่องประดับต่าง ๆ

2. รอยต่อแนวประสานจะไม่เกิดแนวนูนเหมือนแนวเชื่อม งานบางประเภทไม่เป็นที่ต้องการ เพราะแนวนูนที่เกิดจากการเชื่อมอาจจะไปขวางทางเดินในการทำงานของเครื่องมือเครื่องจักรได้

3. ชิ้นงานเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในน้อย โลหะบางประเภทเมื่อได้รับความร้อนแล้วความแข็งแรงจะลดลง

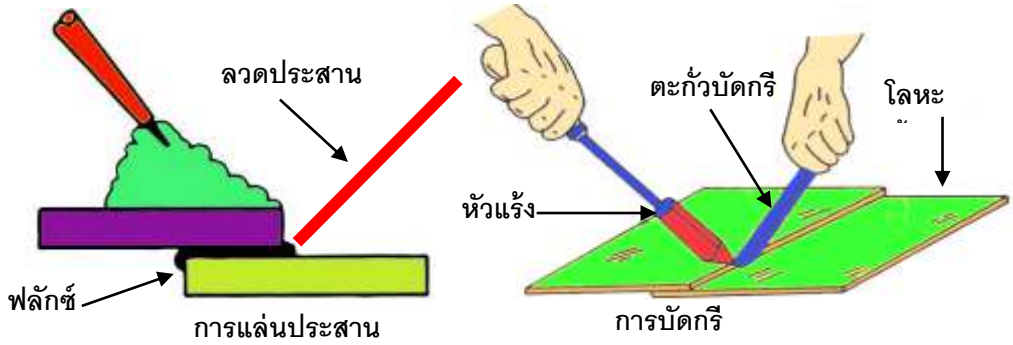
4. ชิ้นงานเกิดการบิดตัวน้อย เนื่องจากใช้ความร้อนน้อย

5. เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเพราะประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเตรียมงานก่อนการ แล่นประสานและหลังการแล่นประสาน

**9. ข้อแตกต่างของการแล่นประสาน การบัดกรี และการเชื่อมประสาน**

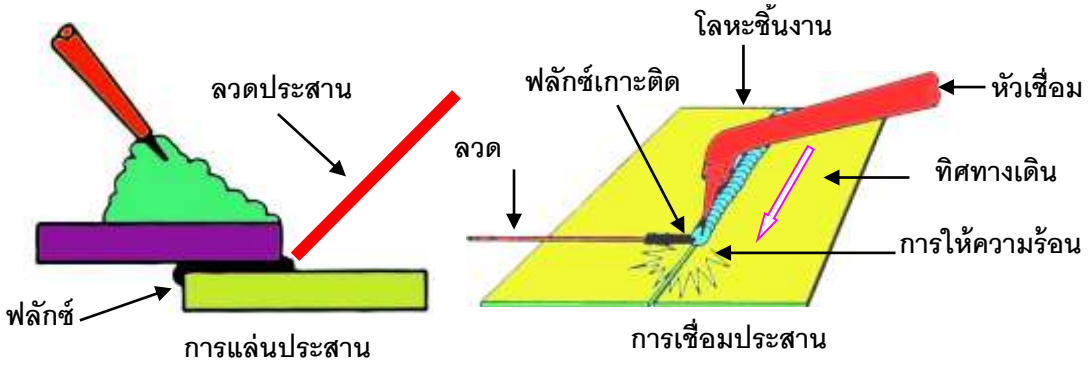
9.1 ข้อแตกต่างของการแล่นประสาน (Brazing) กับการบัดกรี (Soldering)

การแล่นประสาน (Brazing) กับการบัดกรี (Soldering) แตกต่างกันที่อุณหภูมิที่ใช้และชนิดของลวดประสาน โดยที่งานบัดกรีจะใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 840 F (450 C) เป็นอุณหภูมิที่เพียงพอต่อการหลอมละลายลวดประสาน (ตะกั่วบัดกรี) ซึ่งส่วนใหญ่จะมีส่วนผสมระหว่างตะกั่วกับดีบุก ความร้อนที่ใช้ได้จากหัวแร้ง ส่วนการแล่นประสาน (Brazing) จะใช้อุณหภูมิสูงกว่า 840 F (45 0° C) ลวดประสานที่ใช้ก็คือ ลวดประสานทองเหลือง ลวดประสานเงิน ลวดประสานทองแดงผสมดีบุก ความร้อนที่ใช้ได้จากหัวเชื่อมแก๊ส ดังแสดงในภาพ




9.2 ข้อแตกต่างของการแล่นประสาน (Brazing) กับการเชื่อมประสาน (Braze Welding)

การแล่นประสานลวดประสานจะเป็นซึมแล่นเข้าไปในรอยต่อ ส่วนการเชื่อมประสาน (Braze Welding) จะคล้ายกับการเชื่อมปกติที่ชิ้นงานกับโลหะประสานจะหลอมรวมตัวกัน แต่ชิ้นงานไม่หลอมละลาย การแล่นประสาน (Brazing) จะคล้ายกับการเชื่อมประสาน (Braze Welding) คือ ชิ้นงานจะไม่หลอมละลายเหมือนกันมีอุณหภูมิการหลอมละลายใกล้เคียงกันความร้อนที่ใช้ได้จากหัวเชื่อมแก๊ส ดังแสดงในภาพ




จากข้อแตกต่างและที่คล้ายกันของการแล่นประสานและการเชื่อมประสาน การนำไป ใช้งานจะนิยมใช้การแล่นประสาน เพราะจะเรียบร้อยสวยงามมากกว่า ส่วนการเชื่อมประสาน ส่วนมากจะใช้กับรอยบากร่องต่อชนและต่อตัวทีเท่านั้น

**สรุป**

การแล่นประสาน เป็นกระบวนการที่ทำให้ชิ้นงานติดกันโดยให้ความร้อนกับชิ้นงานจนร้อนแดงแต่ยังไม่ถึงจุดหลอมละลาย แล้วจึงเติมลวดประสานลงไป ลวดประสานจะมีจุดหลอมละลายต่ำกว่าชิ้นงานและลวดประสานจะเป็นตัวเกาะยึดชิ้นงานให้ติดกัน การแล่นประสานสิ่งที่ต้องศึกษาให้เข้าใจและนำไปปฏิบัติมีดังนี้

1. ความหมายของการแล่นประสาน
2. หลักการแล่นประสาน
3. แหล่งความร้อนในการแล่นประสาน (Heat Source)
   - 3.1 การให้ความร้อนด้วยหัวเชื่อมแก๊ส (Torch)
   - 3.2 การให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้า (Furnace)
4. ลวดประสาน (Brazing Filler Metal)
   - 4.1 ลวดประสานเงิน (Silver alloy)
   - 4.2 ลวดประสานอะลูมิเนียม (Aluminum Silicon)
   - 4.3 ลวดประสานทองเหลือง (Brass)
   - 4.4 ลวดประสานไส้ฟลักซ์ (Flux Core Wire)
5. ตัวช่วยประสาน (Flux)
6. รอยต่อ (Joint)
7. ขั้นตอนการแล่นประสาน
8. ข้อดีของการแล่นประสาน
9. ข้อแตกต่างของการแล่นประสาน การบัดกรี และการเชื่อมประสาน
   - 9.1 ข้อแตกต่างของการแล่นประสาน (Brazing) กับการบัดกรี (Soldering)
   - 9.2 ข้อแตกต่างของการแล่นประสาน (Brazing) กับการเชื่อมประสาน (Braze Welding)

2. หลักการแล่นประสาน
3. แหล่งความร้อนในการแล่นประสาน (Heat Source)
4. ลวดประสาน (Brazing Filler Metal)

5. ตัวช่วยประสาน (Flux)
6. รอยต่อ (Joint)
7. ขั้นตอนการแล่นประสาน
8. ข้อดีของการแล่นประสาน
9. ข้อแตกต่างของการแล่นประสาน การบัดกรี และการเชื่อมประสาน

## กิจกรรมการเรียนรู้

สัปดาห์ที่ 5 – 7 การแล่นประสาน

**ขั้นนำ**

1. แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น วิธีการเรียน วิธีการฝึกปฏิบัติ การเตรียมความพร้อม และกิจกรรมในชั้นเรียน
2. แจ้งเกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้

**ขั้นสอน** : อธิบายเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้

1. นำเข้าสู่บทเรียน
2. บรรยายเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่อง การแล่นประสาน
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและซักถามข้อสงสัย
4. แบ่งกลุ่มผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อย ความรู้ความเข้าใจเรื่อง การแล่นประสานเพิ่มขึ้น
5. บรรยายเนื้อหาการแล่นประสาน

**ขั้นสรุป** : ทบทวนและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ การแล่นประสาน

1. อธิบายเพิ่มเติมและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การแล่นประสาน
2. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้การแล่นประสาน
3. มอบหมายให้ผู้เรียน ไปทบทวนบทเรียน และเตรียมอ่านหนังสือเพื่อเตรียมพร้อมในการเรียนครั้งต่อไป

## ขั้นประเมินผล

| | |
|---|---|
| คุณธรรม | 5 คะแนน |
| ใบงาน | 5 คะแนน |
| แบบทดสอบ | 5 คะแนน |
| แบบฝึกปฏิบัติ | 5 คะแนน |

## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

11. หนังสือ งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น : อาคม บุณยศิริวัฒน์ ธนิต ศิริสาคร และ สุรจิตร ตรุโนภาส. บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด ,2547.
12. ใบสรุปความรู้ประจำหน่วยการเรียนรู้ที่ 2
13. แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้
14. สื่อของจริง เครื่องมือที่ใช้ในงานเชื่อม ตัวอย่างชิ้นงานเชื่อม
15. หนังสือหรือตำราเรียนที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้อง

## หลักฐานการเรียนรู้

แบบฝึกหัด

แบบฝึกปฏิบัติ

## การวัดและประเมินผล

### เครื่องมือประเมิน

8.1.1 ประเมินจากแบบฝึกหัดและใบงาน

8.1.2 การสังเกตการณ์ปฏิบัติตามกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย

### เกณฑ์การประเมิน

วัดผลสัมฤทธิ์จากแบบฝึกหัดและใบงานมีเกณฑ์ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ร้อยละ 80-100 | หมายถึง | 4 |
| ร้อยละ 75-79 | หมายถึง | 3.5 |
| ร้อยละ 70-74 | หมายถึง | 3.0 |
| ร้อยละ 65-69 | หมายถึง | 2.5 |
| ร้อยละ 60-64 | หมายถึง | 2.0 |
| ร้อยละ 55-59 | หมายถึง | 1.5 |
| ร้อยละ 50-54 | หมายถึง | 1.0 |
| ต่ำกว่าร้อยละ 0-49 | หมายถึง | 0 |

## บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

**ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้**

.....

.....

**ปัญหาที่พบ**

.....

.....

**แนวทางแก้ปัญหา**

.....

.....

# แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยที่ 4

ชื่อวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัส 20100 – 1004 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)
ชื่อหน่วย พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า จำนวน 8 ชั่วโมง

## สาระสำคัญ

ในงานอุตสาหกรรมสิ่งที่ช่างจะต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรกคือ ความปลอดภัย Safety First เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในขณะที่ทำงานและจัดสภาพการทำงานที่ดี ซึ่งผู้ปฏิบัติงานจะต้องระลึกถึงเสมอในเรื่องความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้าและงานเชื่อมแก๊ส

## สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในงานเชื่อม
2. แสดงความรู้กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้า หลักการเชื่อมไฟฟ้า
3. แสดงความรู้เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า

## จุดประสงค์การเรียนรู้

### จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้และความเข้าใจความปลอดภัยทั่วไปในงานเชื่อม
2. เพื่อให้มีความรู้และความเข้าใจความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า
3. เพื่อให้มีความรู้และความเข้าใจกรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้าหลักการเชื่อมไฟฟ้า
4. เพื่อให้มีความรู้และเข้าใจเครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า
5. เพื่อให้มีความรู้และเข้าใจการต่อและติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือประกอบเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกความปลอดภัยทั่วไปในงานเชื่อมได้ถูกต้อง
2. บอกความปลอดภัยทั่วไปในงานเชื่อมไฟฟ้าได้ถูกต้อง
3. บอกกรรมวิธีการเชื่อม หลักการเชื่อมไฟฟ้าได้ถูกต้อง
4. บอกเครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้าได้ถูกต้อง
5. ปฏิบัติงานการใช้เครื่องมือป้องกันความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้าได้ถูกต้อง
6. ปฏิบัติงานการต่อและติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือประกอบเครื่องเชื่อมไฟฟ้าได้ถูกต้อง
7. มีกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย

## สาระการเรียนรู้

### 1.1 ความปลอดภัยทั่วไปในงานเชื่อม

ความปลอดภัยในงานเชื่อมและงานตัดนับเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง ที่ช่างเชื่อมหรือผู้ปฏิบัติงานให้ถูกต้องและปฏิบัติงานอย่างเคร่งครัดเพื่อป้องกันมิให้เกิดอันตราย ซึ่งจะนำความสูญเสียให้แก่ทรัพย์สิน ร่างกายและชีวิตของตนเองและผู้อื่น เช่น

1. การระเบิดที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายท่อแก๊สอะเซทิลีนและแก๊สออกซิเจน
2. การระเบิดของชิ้นงาน ถังน้ำมัน ท่อแก๊ส สายไฟช็อตกัน
3. ไฟฟ้าดูด
4. ความร้อนจากการเชื่อมไฟฟ้า การเชื่อมแก๊ส
5. รังสีจากการเชื่อม
6. ควันพิษจากการเชื่อม

**ความร้อนจากการเชื่อมไฟฟ้า**

**รังสีจากการเชื่อม**

**1.2 ความปลอดภัยทั่วไปในงานเชื่อมไฟฟ้า**

การเชื่อมไฟฟ้าช่างเชื่อมหรือผู้ที่ทำการเชื่อมมีโอกาสได้รับอันตรายจากการเชื่อมไฟฟ้าได้ตลอดเวลา เพราะขณะที่ทำการเชื่อม เครื่องเชื่อมไฟฟ้าจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตลอดเวลา โอกาสที่ช่างเชื่อมหรือผู้ทำการเชื่อมถูกไฟฟ้าดูดหรือได้รับอันตรายจากรังสีรวมทั้งควันพิษที่เกิดขึ้นขณะทำการเชื่อมผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานและป้องกันดังนี้

1. พื้นที่ที่ทำการเชื่อมไฟฟ้า ต้องแห้งปราศจากคราบน้ำมัน และต้องไกลจากวัสดุที่ติดไฟได้ง่าย
2. ช่างเชื่อมมีอุปกรณ์ป้องกันในงานเชื่อมไฟฟ้า เช่น เสื้อคลุมหนัง ปลอกแขน ปลอกขา ถุงมือหนัง หน้ากากกรองแสง
3. ในงานเชื่อมไฟฟ้าควรมีฉากกั้น เพื่อป้องกันแสงจากงานเชื่อมไฟฟ้ารบกวนผู้อื่นและควรมีอุปกรณ์ดูดควันเชื่อมที่เกิดจากการเชื่อม
4. ในการปรับเพิ่มหรือลดกระแสไฟเชื่อม ควรหยุดเชื่อมและปิดสวิทช์เครื่องเชื่อมเสียก่อน

พื้นที่ที่ทำการเชื่อมไฟฟ้า ต้องแห้งปราศจากคราบน้ำมัน และต้องไกลจากวัสดุที่ติดไฟได้ง่าย

ในงานเชื่อมไฟฟ้าควรมีฉากกั้น เพื่อป้องกันแสงจากงานเชื่อมไฟฟ้ารบกวนผู้อื่นและควรมีอุปกรณ์ดูดควันเชื่อมที่เกิดจากการเชื่อม

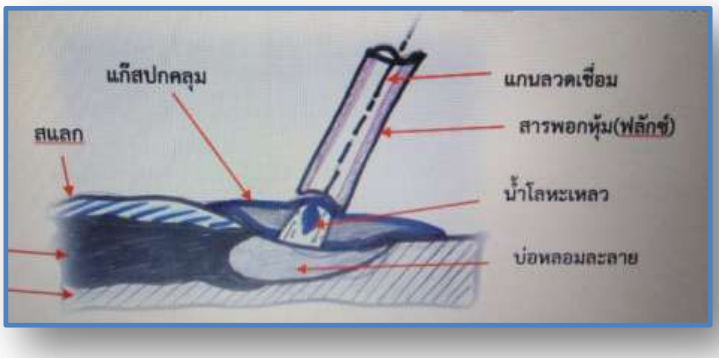
**1.3 กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้า**

กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้า (Welding Process) มีหลายกรรมวิธี สมาคมการเชื่อมแห่งอเมริกา (American Welding Society : AWS) ได้จัดแบ่งกรรมวิธีการเชื่อมและกรรมวิธีการเชื่อมต่อเนื่อง จำนวนมากและแบ่งเป็นกรรมวิธีย่อยมากกว่า 40 ชนิด ขอยกตัวอย่างดังนี้

1. การเชื่อมแก๊ส (Gas Welding)
2. การเชื่อมแบบความต้านทาน (Resistance Welding)
3. การเชื่อมไฟฟ้า (Arc Welding)
4. การเชื่อมในสภาวะของแข็ง (Solid State Welding)
5. การแล่นประสาน (Brazing)
6. กรรมวิธีการอื่นๆ (Other Processes) เช่น การเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Shield Metal-Arc Welding )การเชื่อมชนิดอาร์กด้วยแท่งคาร์บอน (Carbon-Arc Welding )การเชื่อมชนิดอาร์กด้วยลวดเชื่อมมีฟลักซ์อยู่ในแกนกลาง (Flux cored Arc Welding ) การเชื่อมมิก (Gas Metal Arc Welding) การเชื่อมทิก (Gas Tungsten Arc Welding) การเชื่อมแบบซับเมิร์ก (Submerged Arc Welding) การเชื่อมแบบพลาสมา (Plasma Arc Welding) การเชื่อมแบบสตัด (Stud Welding) เป็นต้นแต่ในที่นี้จะนำเสนอรายละเอียดเฉพาะการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์เท่านั้น

**1.4 หลักการเชื่อมไฟฟ้า**

การเชื่อมไฟฟ้ามีชื่อเรียกเต็มว่า การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ใช้สัญลักษณะ (Shield Metal Arc Welding ) หมายถึง กระบวนการเชื่อมที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงานความร้อนที่เกิดจากการอาร์กมีอุณภูมิสูงประมาณ 6000 ° F (3316 °C)เพื่อหลอมละลายโลหะให้ติดกัน ทำให้ชิ้นงานกับลวดเชื่อมที่บริเวณการอาร์กรวมตัวกัน เป็นเนื้อเดียวกันคือรอยเชื่อม ส่วนสารฟอกหุ้มหรือฟลักซ์ (Flux) เมื่อได้รับความร้อนจะกลายเป็นควันปกคลุมรอยเชื่อม ป้องกันแก๊สออกซิเจนเข้าไปรวมตัวกับน้ำโลหะของเหลว และฟลักซ์ จะทำหน้าที่อีกอย่างหนึ่งคือ ถึงสิ่งสกปรกหรือสารมลทินขึ้นมาจากน้ำ โลหะเมื่อเย็นตัว ฟลักซ์จะแข็งและเปราะ เรียกว่า สแลก (Slag)




**1.5 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าตามลักษณะพื้นฐาน**

เครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้งานในปัจจุบันมีหลายชนิดแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการทำงานที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปเครื่องเชื่อมไฟฟ้าควรมีลักษณะดังนี้

1. กระแสไฟเชื่อมที่ใช้จะสูงแต่แรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำ

2. ขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 50-80 โวลท์

3. สามารถควบคุมขนาดของกระแสเชื่อมได้

**เครื่องเชื่อมแบ่งออกเป็น 2 ชนิด**

1. เครื่องเชื่อมชนิดแรงเคลื่อนที่ (Constant Voltage) เป็นเครื่องเชื่อมที่ให้ แรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าคงที่ซึ่งแรงเกลี่ยไฟฟ้าจะไม่เปลี่ยนแปลงตามขนาดของกระแสไฟเชื่อม ใช้กับเครื่องเชื่อมกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ และผลิตเฉพาะกระแสไฟตรงเท่านั้น

2. เครื่องเชื่อมชนิดกระแสไฟฟ้าคงที่ (Constant Current) เครื่องเชื่อมชนิดนี้ใช้กับ เครื่องเชื่อมธรรมดาที่ใช้ลวดเชื่อมที่มีฟลักซ์หุ้ม เครื่องเชื่อมทิก (Tig) เครื่องเชื่อมที่ใช้กับลวดเชื่อมเซาะร่อง และเครื่องเชื่อมที่ใช้กับการเชื่อมสลักอาร์ก (Are Stud Welding) เครื่องเชื่อมชนิดกระแสไฟฟ้าคงที่จะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้า

เครื่องเชื่อมไฟฟ้า ( Electric Welding Machine) เครื่องเชื่อมไฟฟ้าชนิดกระแสไฟฟ้าคงที่และชนิดแรงเชื่อมคงที่ต้องมีต้นกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้าและแรงเกลี่ยไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมแบ่งออกเป็น 4 ประเภท

**1. เครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงไฟฟ้า (Tranformer Weiding Machine)** เป็นเครื่องเชื่อมที่ผลิตกระแสไฟฟ้าสลับ ออกมาใช้ในการเชื่อมโดยมีหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ นิยมใช้กันมากเนื่องจากมีราคาถูก น้ำหนักเบา

2. **เครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลง-เครื่องเรียงกระแส (Transformer Rectifier Welding Machine)** เป็นเครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงจะผลิตเฉพาะกระแสไฟฟ้าสลับเท่านั้น ซึ่งจะใช้ประสิทธิภาพการเชื่อมเฉพาะลวดเชื่อมบางชนิดเท่านั้น แต่ไม่เหมาะกับลวดเชื่อมอีกหลายชนิด เครื่องเชื่อมชนิดนี้เครื่องเสียงกระแส (Rectifier) ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

**3. เครื่องเชื่อมแบบเจนเนอเรเตอร์ (Genevator Welding Machine)** เป็นเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าตรง มาใช้ในการเชื่อมกระแสไฟเชื่อมที่ผลิตได้แตกต่างกันตามขนาดของเครื่องเชื่อม แบ่งเป็น 2 แบบ

3.1. แบบที่ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังขับ

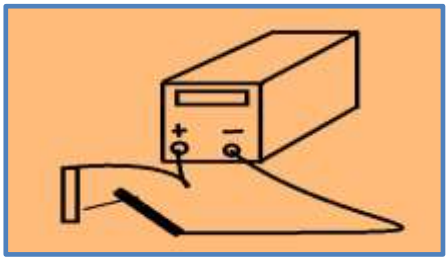
3.2. แบบที่ใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลังขับ

**4. เครื่องเชื่อมแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter Welding)** เป็นเครื่องเชื่อมที่มีลักษณะ การทำงาน คือ แปลง (Machine ) กระแสไฟฟ้าสลับเป็นกระแสไฟตรง แล้วเปลี่ยนความถี่จาก 50 เฮิร์ต เหลือเพียง 5-20 เฮิร์ต

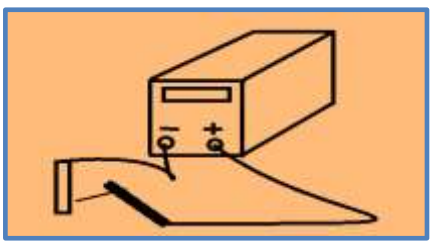
เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงสามารถเปลี่ยนขั้วสายเชื่อมจากขั้วหนึ่ง เป็นอีกขั้วหนึ่ง เพื่อคุณภาพการใช้งานเชื่อม เครื่องเชื่อมไฟฟ้าตรงมีการเปลี่ยนขั้ว 2 แบบ

1. ชนิดกระแสไฟฟ้าตรงลวดเชื่อมต่อขั้วลบ (Direct Current Electrode Negative : DCEN)
2. ชนิดกระแสไฟฟ้าตรงลวดเชื่อมต่อขั้วบวก (Direct Current Electrode Positive : DCEP)

1. ชนิดกระแสไฟฟ้าตรงลวดเชื่อมต่อขั้วลบ (Direct Current Electrode Negative : DCEN) วงจรกระแสไฟฟ้าตรงต่อขั้วตรง โดยต่อชิ้นงานเป็นขั้วบวก (+) และต่อลวดเชื่อมเป็นขั้วลบ (-) การเชื่อมแบบนี้ความร้อนที่เกิดจากอาร์กประมาณ 2 ใน 3 จะอยู่ที่ชิ้นงาน และอีก 1 ใน 3 จะอยู่ที่ปลายลวดเชื่อม เหมาะสำหรับการเชื่อมเหล็กที่มีความหนามาก




2. ชนิดกระแสไฟฟ้าตรงลวดเชื่อมต่อขั้วบวก (Direct Current Electrode Positive : DCEP) วงจรกระแสไฟฟ้าตรงต่อสลับขั้ว โดยต่อชิ้นงานเป็นขั้วลบ (-) และต่อลวดเชื่อมเป็น ขั้วบวก (+) ทำให้การป้อนน้ำโลหะจากลวดเชื่อมสู่ชิ้นงานสม่ำเสมอดีกว่าการต่อขั้วตรง ความร้อนที่เกิดขึ้นประมาณ 2 ใน 3 อยู่ที่ปลายลวดเชื่อม และอีก 1 ใน 3 จะอยู่ที่ชิ้นงานเหมาะสำหรับการเชื่อมชิ้นงานที่มีความหนาไม่มาก



**1.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า**

การเชื่อมไฟฟ้ามีอุปกรณ์ประกอบที่ต้องใช้กับการเชื่อมไฟฟ้าหลายอย่าง ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมีดังนี้

1. หัวจับลวดเชื่อม (Electrode Holder) เป็นอุปกรณ์สำคัญมีหน้าที่จับลวดเชื่อมไฟฟ้าและเป็นมือถือขณะทำการเชื่อม

2. สายเชื่อม (Cables) มีหน้าที่นำกระแสไฟเชื่อมที่ผลิตจากเครื่องเชื่อมไปสู่บริเวณอาร์ก

3. อุปกรณ์จับยึดสายดิน (Ground Clamp) เป็นอุปกรณ์ที่จับยึดชิ้นงานใช้ต่อกับสายดิน อุปกรณ์ยึดสายดินนี้ทำด้วยวัสดุตัวนำไฟฟ้า

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกันอันตรายจากการปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้าเช่น ควันเชื่อม ความร้อน สะเก็ดไฟ ไฟฟ้าดูด เป็นต้น ดังนั้น ในการปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้าทุกครั้งจะต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกันอันตรายจากการเชื่อมไฟฟ้า เช่น

4.1 หน้าการเชื่อม (Welding Helmet) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกันดวงตาและใบหน้าจากแสงเชื่อม ความร้อนและรังสีอัลตราไวโอเลต และรังสีอินฟาเรดรวมทั้งเม็ดโลหะ (Spatter) หน้ากากเชื่อมแบ่งออกเป็น 2 แบบ

4.1.1 หน้ากากเชื่อมแบบมือถือ (Hand Shield)

4.1.2 หน้ากากเชื่อมแบบสวมหัว (Helmat)

4.2 ชุดปฏิบัติงานเชื่อม ประกอบด้วย เสื้อหนัง (Apron ) ปลอกแขน (Sleeves) ปลอกขา (Leggings)

4.3 อุปกรณ์ทำความสะอาดแนวเชื่อม อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความสะอาดงานเชื่อม ทั้งก่อนและหลังการเชื่อม เช่น

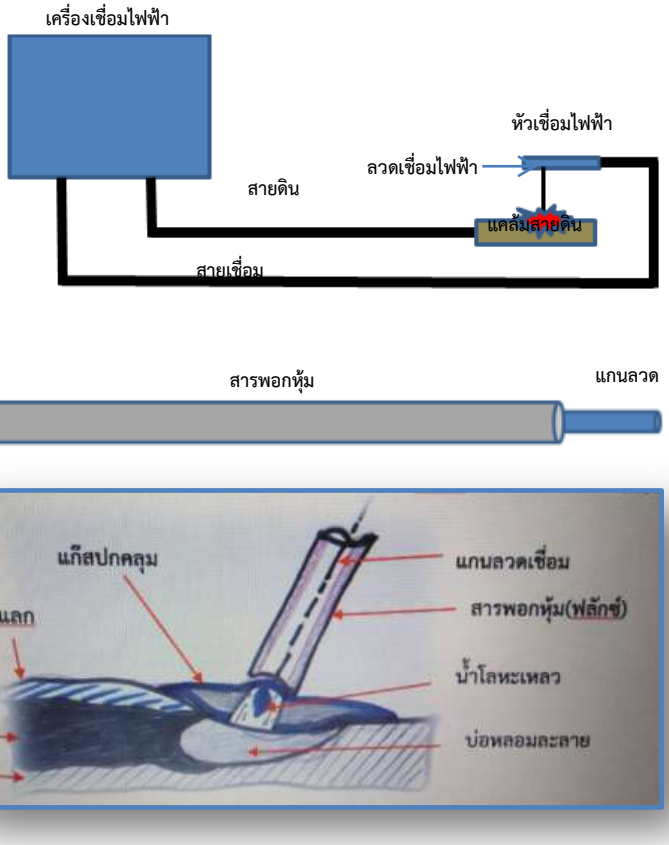
4.3.1 ค้อนเคาะสแลก (Chipping Hammer) มีลักษณะแบบคล้ายสกัดที่ปลายข้างหนึ่งอีกด้านหนึ่งแหลมเพื่อใช้สำหรับเคาะสแลกที่ปกคลุมบนรอยเชื่อมและที่ฝังในรอยเชื่อม

4.3.2 แปรงลวด (Wire Brush) ด้ามทำด้วยไม้ ขนแปรงทำด้วยเส้นลวด เรียงเป็นแถวตั้งแต่ 2 แถวขึ้นไปอยู่บนด้ามไม้ ทำหน้าที่ทำความสะอาดชิ้นงานหรือหลังการเชื่อม

4.3.3 คีมจับชิ้นงานร้อน (Pliers) ทำจากเหล็กมีด้ามยาว เพื่อสะดวกในการจับชิ้นงานที่ร้อนและเคลื่อนย้ายไปทำความสะอาดได้ง่าย

4.3.4 ลวดเชื่อมไฟฟ้า (Electrode) จะทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าและเป็นตัวเติมน้ำโลหะลงสู่บ่อหลอมละลายเมื่อเย็นตัวลงกลายเป็นแนวเชื่อม ลวดเชื่อมที่จะนำมาเชื่อมต้องเป็นโลหะชนิดเดียวกันกับชิ้นงานที่จะเชื่อมและมีส่วนผสมที่ทำให้แนวเชื่อมมีคุณสมบัติตามต้องการ ลวดเชื่อมไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือลวดเชื่อมเปลือยกับลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Flux Covered Electrode) โครงสร้างของลวดเชื่อมนี้ประกอบด้วยแกนลวดและฟลักซ์หุ้มแกนลวด ฟลักซ์ที่หุ้มจะมีส่วนผสมต่างๆ เช่น ใยแร่เฟลด์สปาร์ ไทเทเนียมไดออกไซด์ ไมกาอะลูมินา แคลเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมคาร์บอเนต เป็นต้น ส่วนวัสดุที่ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไฮเตรตก็มีฝ้าย กระดาษ ขี้เลื่อย เซลลูโลส ฟลักซ์จะหลอมละลายไปพร้อมกับลวดเชื่อมและช่วยให้การอาร์กง่ายช่วยให้คุณสมบัติการเชื่อมดีขึ้น ช่วยป้องกันออกซิเจนในอากาศเข้ารวมตัวกับแนวเชื่อม ช่วยปกคลุมแนวเชื่อมเพื่อไม่ให้แนวเชื่อมเย็นตัวเร็วเกินไปช่วยให้เกิดเกล็ดแนวเชื่อมที่เรียบและมีผิวมัน ช่วยดึงสิ่งสกปรกในบ่อหลอมละลายขึ้นมารวมตัวกันเป็นสแลก



**1.7 การต่อและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมไฟฟ้า**

1. เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมไฟฟ้า เช่น เครื่องเชื่อมไฟฟ้า AC/DC สายเชื่อม หางปลา แคล้มป์สายดิน ประแจแอล ประแจปากตาย คีมล็อก เป็นต้น และตรวจเช็ค เครื่องมืออุปกรณ์ว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีหรือไม่

2. ที่ปลายสายเชื่อมปอกสายเชื่อมความยาวที่เหมาะสมและสอดเข้าไปในแผ่นทองแดงและม้วนเป็นทรงกระบอกสวมในมือจับหัวเชื่อมและสวมเข้าไปในด้ามจับหัวเชื่อม ใช้ประแจแอลขันให้แน่นส่วนปลายสายเชื่อมอีกด้านปอกสายเชื่อมความยาวที่พอเหมาะสอดเข้าไปในหางปลาและใช้ค้อนย้ำให้แน่น

3. นำด้านที่เป็นหางปลาต่อเข้ากับด้านหน้าเครื่องเชื่อมไฟฟ้าโดยดูที่ขั้วต่อเครื่องเชื่อมไฟฟ้า เช่น ขั้วบวกต่อเข้ากับหัวเชื่อมไฟฟ้า ขั้วลบต่อเข้ากับแคล้มสายดิน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระแสไฟเชื่อมและขนาดความหนาของชิ้นงาน

4. เปิดสวิทช์เครื่องเชื่อมไฟฟ้าปรับกระแสเชื่อมให้เหมาะสมทดสอบการเชื่อมและม้วนเก็บสายเชื่อมเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

## กิจกรรมการเรียนรู้

สัปดาห์ที่ 5 – 9 พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

**ขั้นนำ** 1. แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น วิธีการเรียน วิธีการฝึกปฏิบัติ การเตรียมความพร้อม และกิจกรรมในชั้นเรียน

2. แจ้งเกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้ พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

**ขั้นสอน** : อธิบายเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

1. นำเข้าสู่บทเรียน
2. ผู้สอนบรรยายเนื้อหา พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า โดยให้ผู้เรียนสังเกตวิธีการใช้งานที่ถูกต้อง
3. ให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติ พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า
4. ผู้เรียนปฏิบัติพื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้าส่งครูผู้สอนตรวจ

**ขั้นสรุป** : ทบทวนและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

1. อธิบายเพิ่มเติมและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า
2. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

## ขั้นประเมินผล

| | |
|---|---|
| คุณธรรม | 5 คะแนน |
| ใบงาน | 5 คะแนน |
| แบบทดสอบ | 5 คะแนน |
| แบบฝึกปฏิบัติ | 5 คะแนน |

## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

16. หนังสือ งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น : อาคม บุณยศิริวัฒน์ ธนิต ศิริสาคร และ สุรจิตร ตรุโนภาส. บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด ,2547.
17. ใบสรุปความรู้ประจำหน่วยการเรียนรู้
18. แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้
19. สื่อของจริง พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า เครื่องเชื่อมไฟฟ้า เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า
20. หนังสือหรือตำราเรียนที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้อง

## หลักฐานการเรียนรู้

แบบฝึกหัด

แบบฝึกปฏิบัติ

## การวัดและประเมินผล

### เครื่องมือประเมิน

8.1.1 ประเมินจากแบบฝึกหัดและใบงาน พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

8.1.2 การสังเกตการณ์ปฏิบัติตามกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย

### เกณฑ์การประเมิน

วัดผลสัมฤทธิ์จากแบบฝึกหัดและใบงานมีเกณฑ์ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ร้อยละ 80-100 | หมายถึง | 4 |
| ร้อยละ 75-79 | หมายถึง | 3.5 |
| ร้อยละ 70-74 | หมายถึง | 3.0 |
| ร้อยละ 65-69 | หมายถึง | 2.5 |
| ร้อยละ 60-64 | หมายถึง | 2.0 |
| ร้อยละ 55-59 | หมายถึง | 1.5 |
| ร้อยละ 50-54 | หมายถึง | 1.0 |
| ต่ำกว่าร้อยละ 0-49 | หมายถึง | 0 |

## บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

**ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้**

.....

.....

**ปัญหาที่พบ**

.....

.....

**แนวทางแก้ปัญหา**

.....

.....

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** การต่อและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมไฟฟ้า | เวลา ชั่วโมง |

**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. เตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้าได้
2. ปฏิบัติงานต่อและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมไฟฟ้าได้ถูกต้อง ประหยัด มีวินัย ปลอดภัย ตามหลักอาชีวอนามัย

**เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์**

1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า AC/DC
2. สายเชื่อม
3. หางปลา
4. หัวเชื่อมไฟฟ้า
5. แคล้มป์สายดิน
6. ประแจแอล
7. ลวดเชื่อมไฟฟ้า
8. ประแจปากตาย
9. คัทเตอร์
9. ไขควงปากแบน
10. คีมล็อก

คำสั่ง :

1. จงปฏิบัติงานต่อและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมไฟฟ้าได้

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา** :งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย** : พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน** : งานต่อและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมไฟฟ้า | เวลา ชั่วโมง |

**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 1. เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมไฟฟ้า เช่น เครื่องเชื่อมไฟฟ้า AC/DC สายเชื่อม หางปลา แคล้มป์สายดิน ประแจแอล ประแจปากตาย คีมล็อก เป็นต้น และตรวจเช็ค เครื่องมืออุปกรณ์ว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีหรือไม่ |
| | 2. ครูผู้สอนอธิบายลำดับขั้นในการต่ออุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า และสาธิต ปฏิบัติ การต่อและติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า ให้นักเรียนดู |
| | 3. ครูผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนฝึกปฏิบัติต่อและติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้าตามลำดับขั้นตอน ครูตรวจขั้นตอนที่ 1 |
| | 4. นักเรียนนำสายเชื่อมทั้ง 2 เส้น คือ สายเชื่อมกับหัวเชื่อม และสายดินกับแคลมป์ สายดินต่อกับขั้วของเครื่องเชื่อม บริเวณด้านหน้าของเครื่องเชื่อม |

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 5. นักเรียนทดสอบการใช้เครื่องเชื่อมไฟฟ้าโดยการอาร์ก และตรวจสอบปัญหาที่อาจเกิดจากการต่ออุปกรณ์งานเชื่อม |
| | 6. ครูผู้สอนตรวจขั้นตอนที่ 2 การทดสอบการใช้เครื่องเชื่อมจากการต่ออุปกรณ์งานเชื่อมไฟฟ |
| | 7. นักเรียนปิดสวิทช์เครื่องเชื่อม ม้วนเก็บสายเชื่อมให้เรียบร้อย กวาดทำความสะอาดพื้นที่งานเชื่อมไฟฟ้าให้สะอาด เรียบร้อย |

| แบบประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานที่ | | | |
|---|---|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | | | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า | | | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** การต่อและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมไฟฟ้า | | | เวลา ชั่วโมง |
| ชื่อ..... นามสกุล.....กลุ่ม.....เลขที่..... | | | |
| ลำดับที่ | จุดตรวจ | เต็ม | ทำได้ |
| 1. | เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ในการต่อและติดตั้งเครื่องเชื่อมไฟฟ้าได้ถูกต้องและครบถ้<br>- เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ 4 รายการ ได้<br>- เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ 3 รายการ ได้ | 10<br>9<br>10 | |
| 2. | การต่อและติดตั้งเครื่องเชื่อมไฟฟ้าได้ถูกต้อง<br>- ต่อและติดตั้งเครื่องเชื่อมไฟฟ้าไม่ถูกต้องตามขั้นตอน<br>- ต่อและติดตั้งเครื่องเชื่อมไฟฟ้าถูกต้องตามขั้นตอน | 10<br>8<br>10 | |
| 3. | การต่อและติดตั้งเครื่องเชื่อมไฟฟ้าได้ภายในเวลาที่กำหนด | 10 | |
| 4. | ความแข็งแรงมั่นคงของจุดต่อต่างๆ | 10 | |
| 5. | การต่อบริเวณจุดต่อต่างๆไม่มีรอยตำหนิหรือข้อบกพร่อง | 10 | |
| 6. | การทดสอบการใช้งานได้ดีไม่มีปัญหา | 20 | |
| 7. | ปฏิบัติงานได้ตามเวลาที่กำหนด | 10 | |
| 8. | ความมีวินัยและกิจนิสัยในการปฏิบัติงาน<br>8.1. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัย | 12 | |
| | 8.2. การใช้และการจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ | 2 | |
| | 8.3. การบำรุงรักษาเครื่องมือ – อุปกรณ์ | 2 | |
| | 8.4. ความขยัน ความอดทนในการปฏิบัติงาน | 2 | |
| | 8.5. ความประหยัด ความพอเพียงและการมีส่วนร่วม | 2 | |
| **รวม** | | **100** | |

**เกณฑ์การให้คะแนน**

0 - 49 ปรับปรุง 50 - 59 พอใช้ 60 - 79 ดี 80 - 100 ดีมาก

**เกณฑ์ผ่าน** ผลรวมของคะแนนทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 50 %

**สรุปผลการปฏิบัติงาน**

1. คะแนนเต็ม.....คะแนน คะแนนที่ทำได้.....คะแนน

(คิดเป็นร้อยละ.....) ผลการประเมินตามเกณฑ์.....

**2.** ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ผู้ประเมิน.....

(นายนิโรจน์ เพ็งศรี)

## แบบบันทึกหลังการสอน

สัปดาห์ที่.....วันที่.....รายวิชา.....รหัสวิชา.....

**บันทึกหลังการสอน**

**ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

1. เนื้อหาที่สอน.....
2. เวลา (เหมาะสมหรือไม่).....
3. กิจกรรมที่ใช้สอน (ตามแผนหรือไม่).....
4. ปัญหาและอุปสรรค.....

.....

.....

**ผลการเรียนของนักเรียน**

5. จำนวนนักเรียน ชั้น.....แผนก.....เข้าเรียน.....คน ขาด.....คน
2. ผลสัมฤทธิ์การเรียนผ่านเกณฑ์.....คน ไม่ผ่านเกณฑ์.....คน
3. การมอบหมายหน้าที่และความรับผิดชอบ.....

.....

.....

4. บรรยากาศในการเรียน.....

.....

5. ปัญหาและอุปสรรคการเรียนภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ.....

.....

.....

**ผลการสอนของครู**

1. ผู้สอน (สอนตามแผนหรือไม่).....
2. ปัญหาและอุปสรรคการสอนภาคทฤษฎีและปฏิบัติ.....

.....

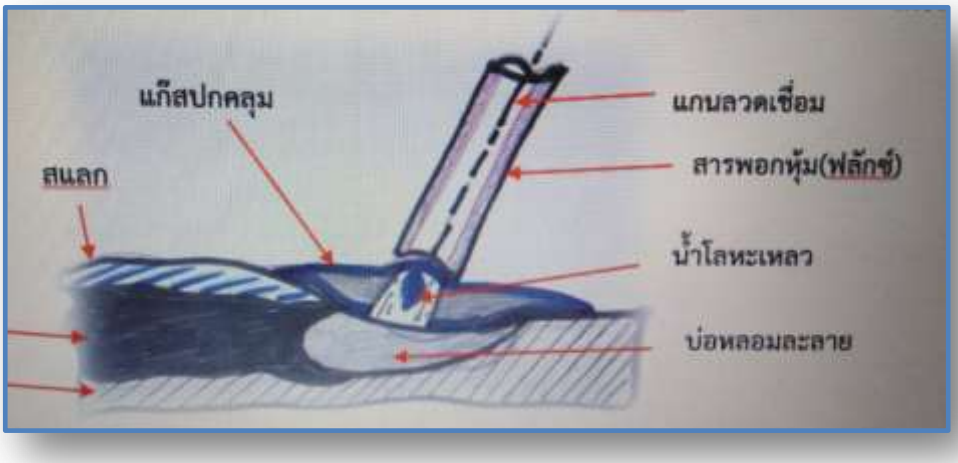
.....

(.....)

ครูผู้สอน

# สื่อชุดการสอน หน่วยที่ ๔ พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

**ลักษณะการเชื่อมแบบลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์**



**เครื่องเชื่อมไฟฟ้า**

**เครื่องเชื่อมแบบเจนเนอเรเตอร์**

**หัวเชื่อมไฟฟ้า**

**หน้ากากเชื่อมไฟฟ้า**

**หน้ากากเชื่อมแบบมือถือ**

**หน้ากากเชื่อมแบบมือถือ**

**ชุดปฏิบัติงานเชื่อม ประกอบด้วย เสื้อหนัง (Apron ) ปลอกแขน (Sleeves) ปลอกขา (Leggings)**

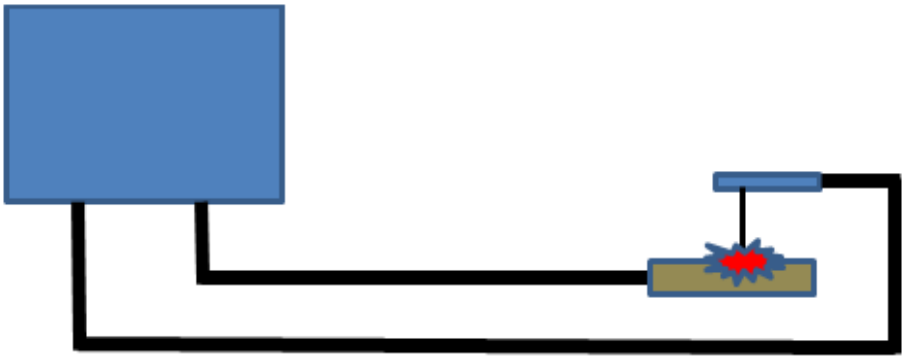
**คีมจับชิ้นงานร้อน**

**ค้อนเคาะสแลก**

**แปรงลวดัดทำความสะอาด**

**ลวดเชื่อมไฟฟ้า**

**วงจรเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์**



# สื่อชุดการสอน หน่วยที่ ๔ พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

## หน่วยที่ 1 พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

1.1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า

1.2 กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้า

1.3 หลักการเชื่อมไฟฟ้า

1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า

## หน่วยที่ 1 พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

1.1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า

## หน่วยที่ 1 พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

1.1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า

## หน่วยที่ 1 พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

1.2 กรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้า

การเชื่อมแก๊ส (Gas Welding)

การเชื่อมแบบความต้านทาน (Resistance Welding)

การเชื่อมไฟฟ้า (Arc Welding)

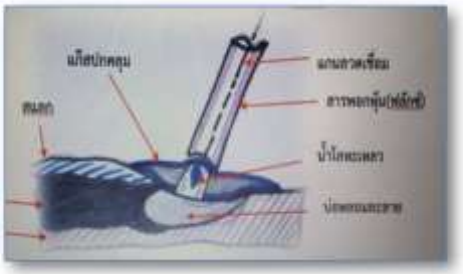
การเชื่อมในสภาวะของแข็ง (Solid State Welding)

การแล่นประสาน (Brazing)

กรรมวิธีการอื่นๆ (Other Processes)

## หน่วยที่ 1 พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

1.3 หลักการเชื่อมไฟฟ้า



1.3 หลักการเชื่อมไฟฟ้า

เครื่องเชื่อมไฟฟ้า 2 ชนิด

1.เครื่องเชื่อมชนิดแรงเคลื่อนที่ (Constant Voltage)

2.เครื่องเชื่อมชนิดกระแสไฟฟ้าคงที่ (Constant Current)

# สื่อชุดการสอน หน่วยที่ ๔ พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

## 1.3 หลักการเชื่อมไฟฟ้า

### เครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบเจนเนอเรเตอร์

แบบมอเตอร์เจนเนอเรเตอร์

แบบใช้เครื่องยนต์ขับ

## 1.3 หลักการเชื่อมไฟฟ้า

### เครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบอินเวอร์เตอร์

## 1.3 หลักการเชื่อมไฟฟ้า

### การต่อขั้วเครื่องเชื่อมกระแสตรง 2 แบบ

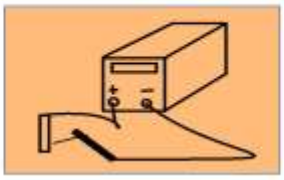
1.ชนิดกระแสไฟฟ้าตรงลวดเชื่อมต่อขั้วลบ (Direct Current Electrode Negative : DCEN)

2.ชนิดกระแสไฟฟ้าตรงลวดเชื่อมต่อขั้วบวก (Direct Current Electrode Positive : DCEP)

## 1.3 หลักการเชื่อมไฟฟ้า

### การต่อขั้วเครื่องเชื่อมกระแสตรง 2 แบบ

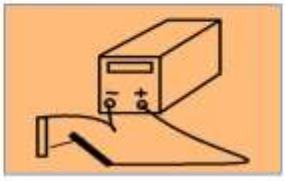
1.ชนิดกระแสไฟฟ้าตรงลวดเชื่อมต่อขั้วลบ (Direct Current Electrode Negative : DCEN)



## 1.3 หลักการเชื่อมไฟฟ้า

### การต่อขั้วเครื่องเชื่อมกระแสตรง 2 แบบ

2.ชนิดกระแสไฟฟ้าตรงลวดเชื่อมต่อขั้วบวก (Direct Current Electrode Positive : DCEP)



## 1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า

1.หัวจับลวดเชื่อม (Electrode Holder)

2.สายเชื่อม (Cables)

# สื่อชุดการสอน หน่วยที่ ๔ พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า

3.อุปกรณ์จับยึดสายดิน (Ground Clamp)

1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า

4.หน้ากากเชื่อม (Welding Helmet)

มี 2 แบบ

1.หน้ากากเชื่อมแบบมือถือ (Hand Shield)

2.หน้ากากเชื่อมแบบสวมหัว (Helmat)

1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า

4.หน้ากากเชื่อม (Welding Helmet)

มี 2 แบบ

1.หน้ากากเชื่อมแบบมือถือ (Hand Shield)

1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า

4.หน้ากากเชื่อม (Welding Helmet)

มี 2 แบบ

2.หน้ากากเชื่อมแบบสวมหัว (Helmat)

1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า

4. ชุดปฏิบัติงานเชื่อม ประกอบด้วย

ปลอกแขน (Sleeves)

เสื้อหนัง (Apron )

ปลอกขา (Leggings)

1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า

4. ชุดปฏิบัติงานเชื่อม ประกอบด้วย

การสวมชุดป้องกันปฏิบัติงานเชื่อม

# สื่อชุดการสอน หน่วยที่ ๔ พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

## 1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า

**5. อุปกรณ์ทำความสะอาดแนวเชื่อม**

**1.ค้อนเคาะสแลก (Chipping Hammer)**

## 1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า

**5. อุปกรณ์ทำความสะอาดแนวเชื่อม**

**2. แปรงลวด (Wire Brush)**

## 1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า

**5. อุปกรณ์ทำความสะอาดแนวเชื่อม**

**3. คีมจับชิ้นงานร้อน (Pliers)**

## 1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมไฟฟ้า

**6.ลวดเชื่อมไฟฟ้า (Electrode)**

## การต่อและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมไฟฟ้า

1.เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมไฟฟ้า เช่น เครื่องเชื่อมไฟฟ้า AC/DC สายเชื่อม หางปลา แคล้มป์สายดิน ประแจแอล ประแจปากตาย คีมล็อก และตรวจเช็คเครื่องมืออุปกรณ์

## การต่อและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมไฟฟ้า

2.สายเชื่อมปอกสายเชื่อมความยาวที่เหมาะสมและสอดเข้าไปในแผ่นทองแดงและม้วนเป็นทรงกระบอกสวมในมือจับหัวเชื่อมและสวมเข้าไปในด้ามจับหัวเชื่อม ใช้ประแจแอลขันให้แน่นส่วนปลายสายเชื่อมอีกด้านปอกสายเชื่อมความยาวที่พอเหมาะสอดเข้าไปในหางปลาและใช้ค้อนย้ำให้แน่น

# สื่อชุดการสอน หน่วยที่ ๔ พื้นฐานงานเชื่อมไฟฟ้า

**การต่อและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมไฟฟ้า**

3.นำด้านที่เป็นทางปลาต่อเข้ากับด้านหน้าเครื่องเชื่อมไฟฟ้าโดยดูที่ขั้วต่อเครื่องเชื่อมไฟฟ้า เช่น ขั้วบวกต่อเข้ากับหัวเชื่อมไฟฟ้า ขั้วลบต่อเข้ากับแคล้มสายดิน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระแสไฟเชื่อมและขนาดความหนาของชิ้นงาน

**การต่อและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์งานเชื่อมไฟฟ้า**

3. เปิดสวิทช์เครื่องเชื่อมไฟฟ้าปรับกระแสเชื่อมให้เหมาะสมทดสอบการเชื่อมและม้วนเก็บสายเชื่อมเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

# แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยที่ 5

ชื่อวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัส 20100-1004 ระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)
ชื่อหน่วย การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ จำนวน 12 ชั่วโมง

## สาระสำคัญ

งานเชื่อมโลหะเป็นงานที่มีความสำคัญต่อวงการอุตสาหกรรมในปัจจุบันเป็นอย่างมากวิธีการเชื่อมโลหะมีหลายวิธีแตกต่างกันที่การเลือกใช้ความร้อนและวิธีการส่งผ่านความร้อนให้ชิ้นโลหะงานการเชื่อมด้วยไฟฟ้าเป็นวิธีการหนึ่งของงานเชื่อมโลหะผู้ใช้จำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับเทคนิคการเชื่อมไฟฟ้ามากพอสมควรและความร้อนที่ได้จากการต่อขั้วไฟเชื่อมกระแสตรงให้ความร้อนแตกต่างกันในการเชื่อมไฟฟ้าทุกครั้งผู้เชื่อมต้องจัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในงานเชื่อมให้พร้อมรวมทั้งต้องศึกษาเทคนิคและวิธีการเชื่อมไฟฟ้าให้ถูกต้องเพราะนอกจากจะป้องกันตนเองให้ปลอดภัยแล้วยังทำให้การเชื่อมมีประสิทธิภาพและประหยัดค่าใช้จ่ายด้วย หากต้องการเชื่อมให้ได้แนวเชื่อมที่คุณภาพดีช่างเชื่อมจะต้องปฏิบัติตามองค์ประกอบการเชื่อมดังนี้

เลือกลวดเชื่อมให้เหมาะสม
ระยะอาร์กพอเหมาะ
กระแสไฟเชื่อมเหมาะสม
ความเร็วในการเดินลวดเชื่อมพอเหมาะ
มุมลวดเชื่อมถูกต้อง

ในกระบวนการเชื่อมทุกแบบ ผู้ปฏิบัติงานเชื่อมไม่สามารถที่จะเชื่อมงานในตำแหน่งที่ตัวเองถนัดได้ ผู้เชื่อมจึงต้องฝึกฝนการเชื่อมในทุกตำแหน่งท่าเชื่อมเพื่อที่จะได้ให้รอยเชื่อมมีคุณภาพเพราะในสภาพการทำงานจริงจะได้พบกับการเชื่อมทุกตำแหน่งซึ่งผู้เชื่อมจะต้องฝึกให้เกิดทักษะในการเชื่อมการต่อชิ้นงานเพื่อเชื่อมต้องออกแบบรอยต่อให้เหมาะสมกับชิ้นงานกับลักษณะงานและความหนาจึงจะให้รอยเชื่อมมีคุณภาพ

## สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
2. แสดงความรู้เกี่ยวกับการเริ่มต้นอาร์ก
3. แสดงความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบในการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
4. แสดงความรู้ท่าเชื่อมและชนิดของรอยต่อ
5. แสดงความรู้เทคนิคและวิธีการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

## จุดประสงค์การเรียนรู้

### จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้และเข้าใจหลักการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
2. เพื่อให้มีความรู้และเข้าใจการเริ่มต้นอาร์ก
3. เพื่อให้มีความรู้และเข้าใจองค์ประกอบในการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

4. เพื่อให้มีความรู้และเข้าใจตำแหน่งท่าเชื่อมและชนิดของรอยต่อ
4. เพื่อให้มีความรู้และเข้าใจเทคนิคการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

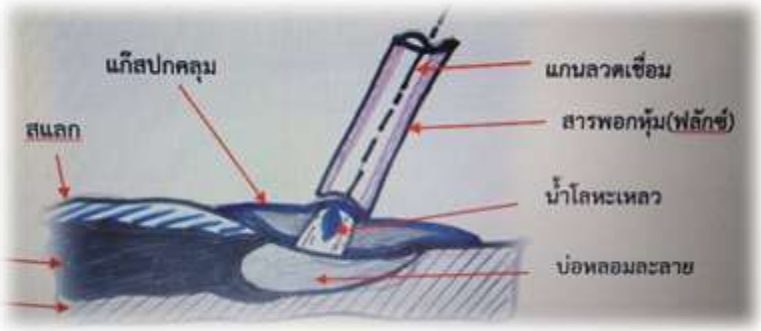
## จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ได้ถูกต้อง
2. อธิบายการเริ่มต้นอาร์กได้ถูกต้อง
3. บอกองค์ประกอบในการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ได้ถูกต้อง
4. บอกตำแหน่งท่าเชื่อมและชนิดของรอยต่อได้ถูกต้อง
4. บอกเทคนิคการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ได้ถูกต้อง
5. ปฏิบัติงานเชื่อมและปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้าลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ได้ด้วย ความมีวินัย รอบคอบ ปลอดภัยตามหลักอาชีวอนามัย

## สาระการเรียนรู้

### 2.1 หลักการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์เป็นกระบวนการเชื่อมที่นิยมอย่างแพร่หลายและเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เป็นการเชื่อมที่เกิดจากการอาร์กระหว่างผิวหน้าโลหะชิ้นงานกับปลายลวดเชื่อม ความร้อนเกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดเชื่อมไปยังชิ้นงาน ทำให้ลวดเชื่อมหลอมละลายรวมตัวกับชิ้นงาน โดยมีฟลักซ์เป็นตัวปกคลุมแนวเชื่อมเพื่อป้องกันไม่ให้ออกซิเจนในอากาศรวมตัว กับแนวเชื่อม




### 2.2 การเริ่มต้นอาร์ก

ผู้ที่เริ่มต้นฝึกทำการเชื่อมใหม่ๆปัญหาที่เกิดขึ้นในการเริ่มต้นฝึกคือลวดเชื่อมมักจะติดกับชิ้นงานหรือการอาร์กจะดับอยู่เสมอ ถ้าหากลวดเชื่อมติดกับชิ้นงานแก้ไขโดยโยกลวดเชื่อมไปทางขวาหรือซ้ายเพื่อให้ลวดเชื่อมหลุดออกจากชิ้นงาน ถ้าระยะอาร์กสูงเกินไปจะทำให้ไม่เกิดการอาร์กทั้งนี้ผู้ฝึกเชื่อมจะต้องฝึกฝนให้ชำนาญและรู้จักวิธีการอาร์กที่ถูกต้องถูกวิธี การเริ่มต้นอาร์กมี 2 วิธี

1. แบบวิธีเคาะอาร์ก (Tapping) วิธีการอาร์กแบบนี้ถือหัวเชื่อมคีบลวดเชื่อมในแนวดิ่งแล้วเคาะปลายลวดลงบนชิ้นงานเชื่อม

2. แบบวิธีขีดอาร์ก (Scratching) วิธีการอาร์กจะเรียกว่าขีดหรือเขี่ยก็ได้ โดยการนำปลายลวดเชื่อมขีดกับชิ้นงาน

**2.3 องค์ประกอบในการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์**

การควบคุมคุณภาพแนวเชื่อมให้มีประสิทธิภาพมีองค์ประกอบต่างๆ หลายประการแต่อย่างน้อยต้องมีพื้นฐาน 5 องค์ประกอบ (CCA – AT)

1. การเลือกลวดเชื่อม (Correct Electrode)
2. การเลือกและปรับกระแสไฟฟ้า (Correct Currenct)
3. ระยะอาร์ก ( Arc Lenght)
4. มุมลวดเชื่อม (Angle of Electrode)
5. ความเร็วในการเดินลวด (Travel Speed)

**องค์ประกอบที่ 1** การเลือกลวดเชื่อม (Correct Electrode)

**องค์ประกอบที่ 2** การเลือกและปรับกระแสไฟฟ้า (Correct Currenct)

**องค์ประกอบที่ 3** ระยะอาร์ก ( Arc Lenght)

**องค์ประกอบที่** 4 มุมลวดเชื่อม (Angle of Electrode)

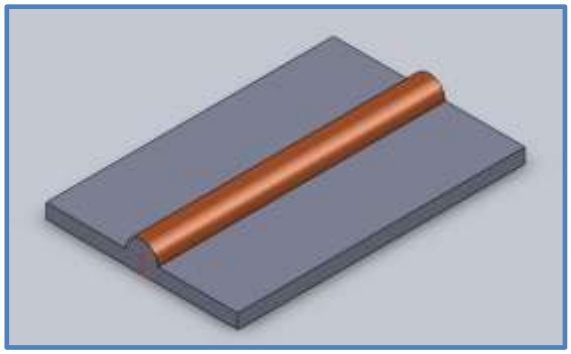
**องค์ประกอบที่ 5** ความเร็วในการเดินลวด (Travel Speed)

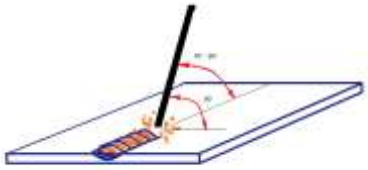
**2.4 ตำแหน่งท่าเชื่อมและชนิดของรอยต่อ**

ในการเชื่อมไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมแก๊สและเชื่อมไฟฟ้า มีท่ามูลฐานที่ใช้ในการเชื่อมอยู่ 4 ท่า ดังนี้คือ

**1. ท่าราบ (Flat Position)**

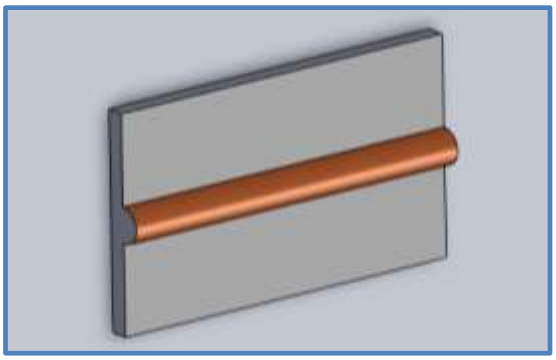
เป็นท่าเชื่อมท่าพื้นฐานของท่าเชื่อม เป็นท่าเชื่อมที่ง่ายที่สุดในกระบวนการเชื่อมเพราะสามารถควบคุมบ่อหลอมละลายได้ง่าย





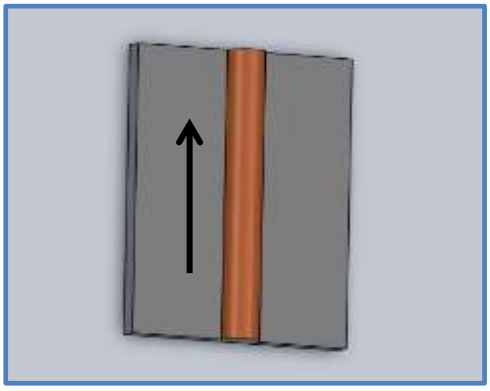
**2. ท่าระดับ (Horizontal Position)**

ชิ้นงานจะอยู่ในระดับสายตา ทำการเชื่อมในแนวระดับรอยเชื่อมหรือน้ำโลหะจะย้อยลงมาด้านล่าง

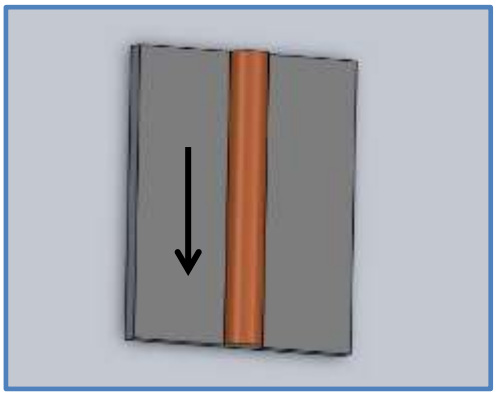


**3. ท่าตั้ง (Vertical Position)**

ชิ้นงานอยู่ในระดับสายตา ทำการเชื่อมในแนวดิ่ง มีด้วยกัน 2 วิธี เชื่อมจากด้านล่างขึ้นด้านบน เรียกว่า เชื่อมขึ้น (Vertical Up) เหมาะสำหรับการเชื่อมงานที่มีความหนามากและเชื่อมจากด้านบนลงด้านล่าง เรียกว่า เชื่อมลง (Vertical Down) เหมาะสำหรับการเชื่อมกับงานที่มีความหนาน้อย



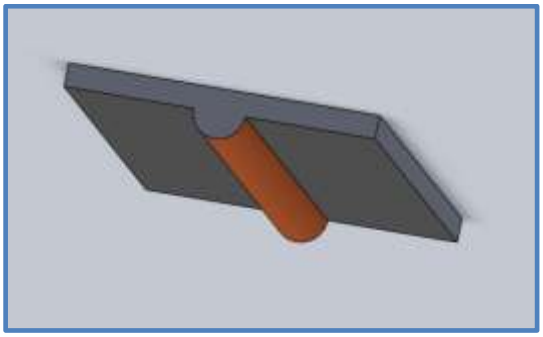
ท่าตั้งเชื่อมขึ้น (Vertical Up)



ท่าตั้งเชื่อมลง (Vertical Down)

**4. ท่าเชื่อมเหนือศีรษะ (Overhead Position)**

เป็นการเชื่อมที่รอยเชื่อมจะอยู่ด้านล่างของรอยต่อ หัวเชื่อมจะอยู่ด้านล่างของงาน ถือว่าเป็นท่าเชื่อมที่ยากที่สุด

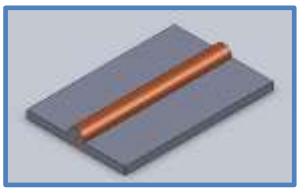
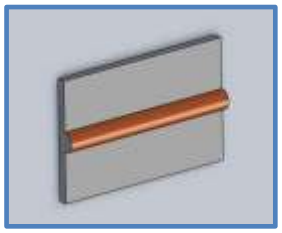
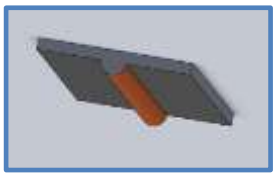


ในปัจจุบันได้มีการกำหนดท่าเชื่อมตามมาตรฐาน ISO 6947 (Internation Standard Organization)

## 1. ตำแหน่งท่าเชื่อม สำหรับงานแผ่นโลหะ (Plate)

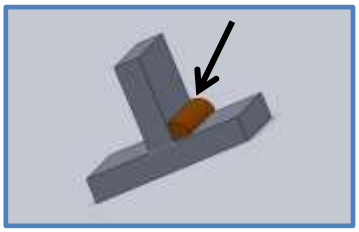
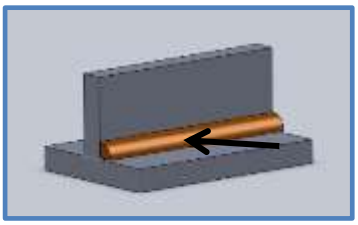
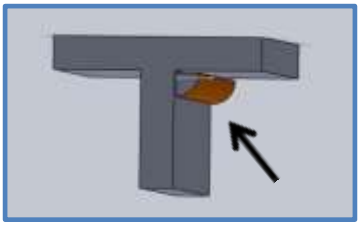
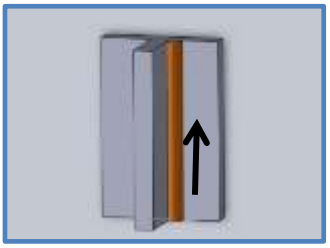
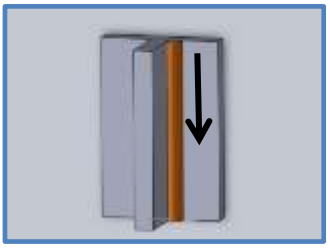
### 1.1. รอยเชื่อมชน (Butt Weld)

ตารางที่ 1 แสดงรอยเชื่อมชน

| ตำแหน่งท่าเชื่อม | สัญลักษณ์ | ภาพประกอบ |
|---|---|---|
| ท่าราบ (Flat Position) | PA |  |
| ท่าระดับ (Horizonttal Position) | PC |  |
| ท่าเหนือศีรษะ (Overhead Position) | PE |  |
| ท่าตั้งเชื่อมขึ้น (Vertical Up Position) | PF | |
| ท่าตั้งเชื่อมลง (Vertical Down Position) | PG | |

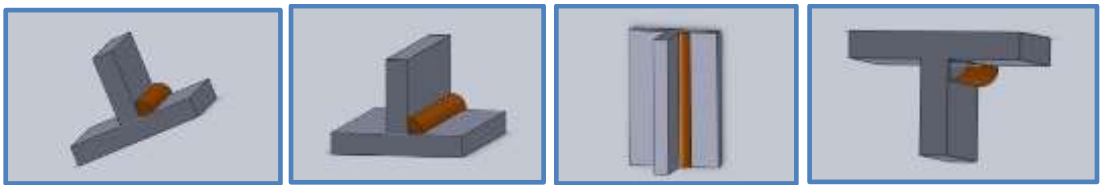
### 1.2 รอยเชื่อมมุม (Filler Position)

ตารางที่ 2 แสดงรอยเชื่อมมุม

| ตำแหน่งท่าเชื่อม | สัญลักษณ์ | ภาพประกอบ |
|---|---|---|
| ท่าราบ (Flat Position) | PA |  |
| ท่าระดับ (Horizonttal Position) | PB |  |
| ท่าเหนือศีรษะ (Overhead Position) | PD |  |
| ท่าตั้งเชื่อมขึ้น (Vertical Up Position) | PF |  |
| ท่าตั้งเชื่อมลง (Vertical Down Position) | PG |  |

นอกจากนี้ยังมีท่าเชื่อมตามแบบของมาตรฐานอเมริกา AWS (American Welding Society) ลักษณะการต่อชิ้นงานในรูปตัวที

1. ตำแหน่งท่าราบ 2. ตำแหน่งท่าระดับ 3.ตำแหน่งท่าตั้ง 4. ตำแหน่งท่าเหนือศีรษะ



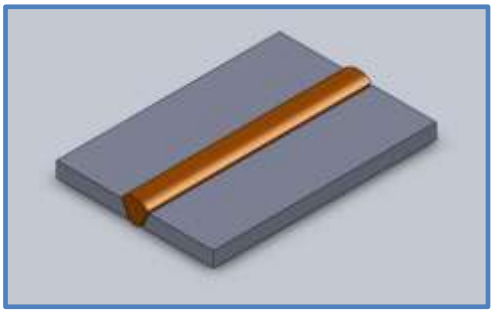
1F 2F 3F 4F

**2.5 รอยต่อและชนิดของรอยต่อ**

รอยต่อที่ใช้ในงานเชื่อมรอยต่อคือการทำให้ชิ้นงานตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไปมาต่อเข้าด้วยกัน รอยต่อในงานเชื่อมแบ่งออกได้ 5 แบบ ดังต่อไปนี้

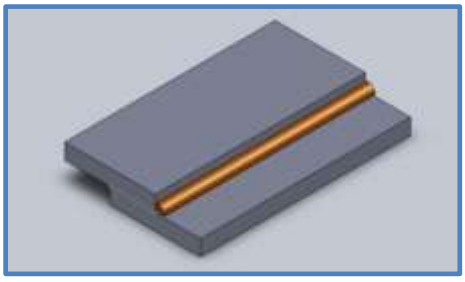
**1. รอยต่อชน (Butt Joint)**

นำขอบของชิ้นงาน 2 ชิ้น มาต่อชนกัน การต่อชนจะเว้นช่องว่างหรือติดกันก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นงาน แต่ถ้างานหนามากต้องบากชิ้นงานซึ่งการบากมีรูปร่างต่างๆ กัน ลักษณะของรอยต่อชน



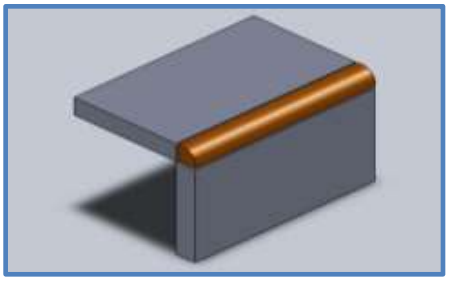
**2. รอยต่อเกย (Lap Joint)**

นำชิ้นงาน 2 ชิ้นมาซ้อนกันและเชื่อมบริเวณขอบของชิ้นงานที่เกยซ้อนกันอยู่ ข้อดีไม่เสียเวลาในการเตรียมงานมาก



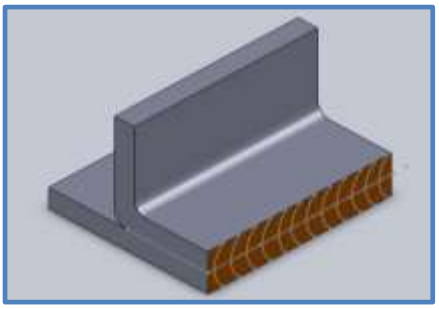
**3. รอยต่อมุม (Corner Joint)**

รอยต่อชนิดนี้ต่อโดยการนำขอบชิ้นงานทั้งสองมาวางตั้งฉากกัน ลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมสามารถเชื่อมได้ทั้งมุมภายนอกและมุมภายใน ลักษณะรอยต่อมุม



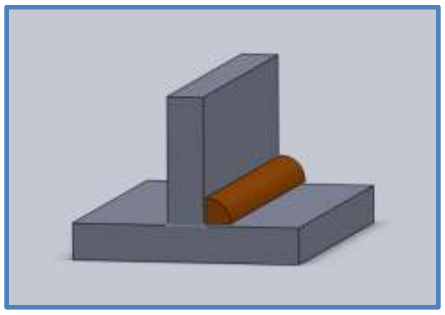
**4. รอยต่อขอบ (Edge Joint)**

รอยต่อชนิดนี้นำขอบของชิ้นงานมาชนกันโดยทั่วไปใช้ออกแบบกับงานบางๆ และไม่ต้องการเติมลวดใช้กับการเชื่อมแก๊สประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย



**5. รอยต่อรูปตัวที (T Joint)**

รอยต่อชนิดนี้นำชิ้นงานชิ้นหนึ่งวางลงบนชิ้นงานอีกชิ้นหนึ่งลักษณะคล้ายกับตัวที รอยต่อรูปตัวทีนิยมใช้กันมากในงานเชื่อมทั่วๆ ไป ลักษณะรอยต่อรูปตัวที



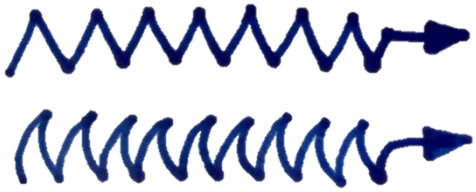
**2.6 เทคนิคการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์**

ในการเชื่อมไฟฟ้า จะมีเทคนิคการเชื่อมที่แตกต่างกันตามตำแหน่งการเชื่อมและรอยต่อ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานจำเป็นจะต้องศึกษาและฝึกให้มีความชำนาญ เพื่อให้ได้งานเชื่อมที่มีคุณภาพ

**การเคลื่อนที่และการส่ายลวดเชื่อม**

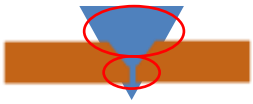
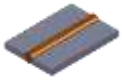
1. การเคลื่อนที่เพื่อป้อนลวดโดยไม่ส่ายลวด ถ้าเป็นการฝึกเชื่อมใหม่ๆ มือจะสั่นเล็กน้อยก็เหมือนกับส่ายแนวเป็นวงกลมเล็กๆ

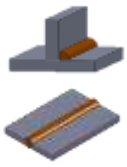
2. การเคลื่อนที่และการส่ายสลับไขว้ไปทางซ้ายและทางขวา โดยไม่ต้องหยุดตรงกลางแนวเชื่อม



การเคลื่อนที่เดินหน้าถอยหลังตามแนวยาว วิธีนี้มักจะนิยมใช้กับการเชื่อมต่อชนแนวหลอม

ละลายลึกแนวแรก การเดินหน้า คือ การให้ความร้อนชิ้นงาน การถอยหลังคือ การเติมแนวเชื่อม เพื่อควบคุมรูกุญแจ (Key Hole) การเคลื่อนที่และการส่ายลวดเชื่อมเป็นอีกเทคนิควิธีหนึ่งที่ผู้ฝึกเชื่อมใหม่จะต้องเรียนรู้ในเบื้องต้นแนวทางในการฝึกปฏิบัติ เพราะการเคลื่อนและการส่ายลวดเชื่อมจะเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งท่าเชื่อมขนาดของชิ้นงาน

| ตำแหน่งการเชื่อม | ลักษณะรอยต่อ | การเคลื่อนเพื่อป้อนและการส่ายลวดเชื่อม | |
|---|---|---|---|
| ท่าราบ | ต่อชน  | แนวแรก | |
| | | เชื่อมแนวสุดท้าย | |
| ท่าขนานนอน | ต่อตัวที | | |
| ท่าตั้ง | ต่อชน  ต่อตัวที | | |

| | |
|---|---|
| ท่าเหนือศีรษะ | ต่อตัวที<br>ต่อชน  |

**การถอนลวดเชื่อม**

การถอนลวดเชื่อมออกจากบ่อหลอมละลาย กรณีสิ้นสุดการเชื่อม ในการถอนลวดเชื่อมออกจากบ่อหลอมละลายไม่ควรถอนขณะที่ลวดเชื่อมทำมุมฉากกับงาน การถอนลวดเชื่อมที่ดีได้บ่อหลอมละลายครั้งสุดท้ายที่สมบูรณ์ไม่เป็นแอ่งลึกและกว้าง ควรเอนลวดเชื่อมให้นอนลงทำมุมกับงานประมาณ 15-30 องศา และควรหยุดเดินให้ลวดเชื่อมเติมเนื้อโลหะลงในแอ่งหลอมละลายชั่วขณะหนึ่ง เพื่อให้ลวดเชื่อมเติมเนื้อโลหะในแอ่งหลอมละลายให้เพียงพอแล้ว ให้สะบัดลวดเชื่อมย้อนกลับจึงถอนลวดเชื่อมขึ้น

**การเชื่อมต่อแนว**

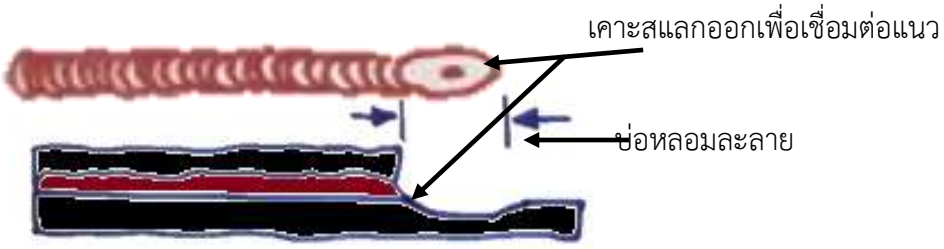
ลวดเชื่อมไฟฟ้าที่มีสารพอกหุ้ม เมื่อเชื่อมจนปลายลวดเชื่อมเหลือประมาณ 1 ½ นิ้ว จะต้องมีการเปลี่ยนลวดเชื่อมและการเปลี่ยนลวดเชื่อมใหม่ จะต้องใช้ลวดเชื่อมที่มีสมบัติเท่ากับลวดเชื่อมเดิม ซึ่งการต่อแนวเชื่อมมีวิธีการปฏิบัติดังต่อไปนี้

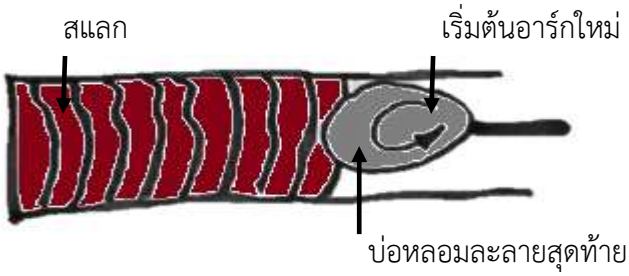
1. **การต่อแนวเชื่อมในกรณีที่แอ่งปลายแนวเชื่อมยังร้อนอยู่**

ให้เชื่อมต่อได้ทันทีโดยไม่ต้องเคาะสแลกทำความสะอาด โดยเริ่มอาร์กจากแอ่งหลอมละลายในลักษณะอาณีกห่างหรืออาร์กยาว แล้วจึงเคลื่อนลวดเชื่อมกลับไปตรงแอ่งหลอมละลายของแนวเชื่อม

2. **การต่อแนวเชื่อมในกรณีที่แอ่งปลายแนวเชื่อมเย็นตัวลง**

ให้ทำการเคาะสแลกออกแล้วทำความสะอาดแนวเชื่อมก่อน หลังจากนั้นให้เริ่มอาร์กเหมือนเดิม เมื่ออาร์กแล้วจึงเดินลวดย้อนมาเชื่อมบริเวณปลายสุดของแนวเชื่อม และควรหยุดให้ลวดเชื่อมอาร์กอยู่ชั่วขณะหนึ่ง เมื่อแน่ใจว่า มีการเติมเนื้อโลหะเพียงพอแล้วจึงเดินลวดเชื่อมต่อไป จนกระทั่งสิ้นสุดการเชื่อม วิธีการต่อแนวเชื่อมแบบนี้จะช่วยให้ได้แนวเชื่อมที่แข็งแรงและมีรอยต่อที่มองดูแล้วเหมือนการเชื่อมแนวเดียวกัน






## กิจกรรมการเรียนรู้

สัปดาห์ที่ 10 - 12 การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

**ขั้นนำ** 1. แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น วิธีการเรียน วิธีการฝึกปฏิบัติ การเตรียมความพร้อม และกิจกรรมในชั้นเรียน

2. แจ้งเกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้

**ขั้นสอน** : อธิบายเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

1. นำเข้าสู่บทเรียน
2. ผู้สอนบรรยายเนื้อหา การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์โดยให้ผู้เรียนสังเกตวิธีการใช้งานที่ถูกต้องและสอบถามผู้สอนที่สงสัย
3. ให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติ การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
4. ผู้เรียนปฏิบัติ การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ตามใบงาน ส่งครูผู้สอนตรวจ

**ขั้นสรุป** : ทบทวนและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

1. อธิบายเพิ่มเติมและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
2. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

## ขั้นประเมินผล

| | |
|---|---|
| คุณธรรม | 5 คะแนน |
| ใบงาน | 5 คะแนน |
| แบบทดสอบ | 5 คะแนน |
| แบบฝึกปฏิบัติ | 5 คะแนน |

## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

21. หนังสือ งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น : อาคม บุณยศิริวัฒน์ ธนิต ศิริสาคร และ สุรจิตร ตรุโนภาส. บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด ,2547.
22. ใบสรุปความรู้ประจำหน่วยการเรียนรู้ การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
23. แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
24. สื่อของจริง การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ รอยต่อในงานเชื่อมไฟฟ้า
25. หนังสือหรือตำราเรียนที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้อง

## หลักฐานการเรียนรู้

แบบฝึกหัด

แบบฝึกปฏิบัติ

## การวัดและประเมินผล

### เครื่องมือประเมิน

8.1.1 ประเมินจากแบบฝึกหัดและใบงาน การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

8.1.2 การสังเกตการณ์ปฏิบัติตามกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย

### เกณฑ์การประเมิน

วัดผลสัมฤทธิ์จากแบบฝึกหัดและใบงานมีเกณฑ์ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ร้อยละ 80-100 | หมายถึง | 4 |
| ร้อยละ 75-79 | หมายถึง | 3.5 |
| ร้อยละ 70-74 | หมายถึง | 3.0 |
| ร้อยละ 65-69 | หมายถึง | 2.5 |
| ร้อยละ 60-64 | หมายถึง | 2.0 |
| ร้อยละ 55-59 | หมายถึง | 1.5 |
| ร้อยละ 50-54 | หมายถึง | 1.0 |
| ต่ำกว่าร้อยละ 0-49 | หมายถึง | 0 |

## บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

**ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้**

.....

.....

**ปัญหาที่พบ**

.....

.....

**แนวทางแก้ปัญหา**

.....

.....

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมจุด | เวลา ชั่วโมง |

**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. เตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ในงานเชื่อมจุดได้
2. ปฏิบัติงานเชื่อมจุดได้ถูกต้อง ประหยัด มีวินัย ปลอดภัยตามหลักอาชีวอนามัย

**เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์**

1. เสื้อคลุมหนัง
2. ปลอกแขน
3. ปลอกขา
4. ถุงมือหนัง
5. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบสวมหัว
6. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบมือถือ
7. ลวดเชื่อมไฟฟ้า 2.6 มม.
8. ค้อนเคาะสแลก
9. แปรงลวด
10. แผ่นเหล็ก ขนาด 50X100X6 มม.
11. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า AC/DC

คำสั่ง :

1. จงปฏิบัติงานเชื่อมจุดได้

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :** งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมจุด | เวลา ชั่วโมง |

**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า เช่น ถุงมือหนัง ชุดเอี๊ยม หน้ากากเชื่อมไฟฟ้า ค้อนเคาะสแลก เป็นต้น |
| | 2. ตรวจเช็ค เครื่องมืออุปกรณ์ความปลอดภัยว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีหรือไม่ |
| | 3. นักเรียนร่างแบบชิ้นงานเชื่อมจุดส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 1 |
| | 4. ครูผู้สอนทดลอง สาธิตการเตรียมชิ้นงานเชื่อมจุดและปฏิบัติเชื่อมจุดให้นักเรียนดูและบอกทักษะ เทคนิคต่างๆในการเชื่อมจุด |

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 5. ครูผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนฝึกปฏิบัติเชื่อมจุดตามแบบที่กำหนด |
| | 6. นักเรียนเคาะสแลกขัดทำความสะอาดชิ้นงานให้เรียบร้อย ส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 2 |
| <br> | 7. นักเรียนปิดสวิทช์เครื่องเชื่อม ม้วนสายเชื่อมไฟฟ้า สายดินเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อยและเก็บเครื่องมืออุปกรณ์ในงานเชื่อมเก็บในตู้ |

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานที่

| | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมจุด | เวลา ชั่วโมง |

ชื่อ..... นามสกุล.....กลุ่ม.....เลขที่.....

| ลำดับที่ | จุดตรวจ | เต็ม | ทำได้ |
|---|---|---|---|
| 1. | เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ในงานเชื่อมจุดได้ถูกต้องและครบถ้วน | 10 | |
| 2. | เตรียมชิ้นงานเชื่อมจุด ตัดได้ตามขนาด 50 x 100 มม.<br>- ตัดชิ้นงานได้ขนาด 50 x 99.9 มม. ได้<br>- ตัดชิ้นงานได้ขนาด 50 x 99.8 มม. ได้<br>- ตัดชิ้นงานได้ขนาด 50 x 99.7 มม. ได้ | 10<br>9<br>8<br>7 | |
| 3. | ตกแต่งขอบชิ้นงานทั้ง 4 ด้านได้เรียบ ฉาก ไม่บาดมือ | 10 | |
| 4. | ร่างแบบชิ้นงานเชื่อมจุด | 10 | |
| 5. | การเชื่อมจุดได้ตรงตามตำแหน่ง | 10 | |
| 6. | จุดเชื่อมได้ขนาดตามแบบที่กำหนด | 10 | |
| 7. | จุดเชื่อมไม่มีรอยตำหนิ ข้อบกพร่อง | 10 | |
| 8. | ปฏิบัติงานได้ตามเวลาที่กำหนด | 10 | |
| 9. | ความมีวินัยและกิจนิสัยในการปฏิบัติงาน<br>9.1 ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัย | 12 | |
| | 9.2 การใช้และการจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.3 การบำรุงรักษาเครื่องมือ – อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.4 ความขยัน ความอดทนในการปฏิบัติงาน | 2 | |
| | 9.5 ความประหยัด ความพอเพียงและการมีส่วนร่วม | 2 | |
| **รวม** | | **100** | |

**เกณฑ์การให้คะแนน**

0 - 49 ปรับปรุง 50 - 59 พอใช้ 60 - 79 ดี 80 - 100 ดีมาก

**เกณฑ์ผ่าน** ผลรวมของคะแนนทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 50 %

**สรุปผลการปฏิบัติงาน**

1. คะแนนเต็ม.....คะแนน คะแนนที่ทำได้.....คะแนน

(คิดเป็นร้อยละ.....) ผลการประเมินตามเกณฑ์.....

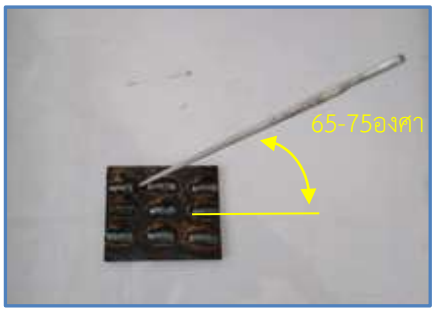
2. ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ผู้ประเมิน.....

(นายนิโรจน์ เพ็งศรี)

## ใบงานที่

| | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมแนวสั้น | เวลา ชั่วโมง |



**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. เตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ในงานเชื่อมแนวสั้นได้
2. ปฏิบัติงานเชื่อมแนวสั้นได้ถูกต้อง ประหยัด มีวินัย ปลอดภัยตามหลักอาชีวอนามัย

**เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์**

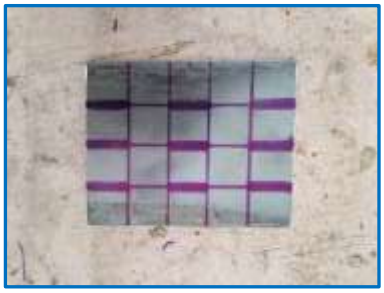
1. เสื้อคลุมหนัง
2. ปลอกแขน
3. ปลอกขา
4. ถุงมือหนัง
5. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบสวมหัว
6. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบมือถือ
7. ลวดเชื่อมไฟฟ้า 2.6 มม.
8. ค้อนเคาะสแลก
9. แปรงลวด
10. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า AC/DC
11. แผ่นเหล็ก ขนาด 50 x 100 X 6 มม.

คำสั่ง :

1. จงปฏิบัติงานเชื่อมแนวสั้นได้

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมแนวสั้น | เวลา ชั่วโมง |

**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า เช่น ถุงมือหนัง ชุดเอี๊ยม หน้ากากเชื่อมไฟฟ้า ค้อนเคาะสแลก เป็นต้น |
| | 2. ตรวจเช็ค เครื่องมืออุปกรณ์ความปลอดภัยว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีหรือไม่ |
|  | 3. นักเรียนร่างแบบชิ้นงานส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 1 |
| | 4. ครูผู้สอนทดลอง สาธิตการเตรียมชิ้นงานเชื่อมแนวสั้นให้นักเรียนดูและบอกทักษะ เทคนิคต่างๆ ในการเชื่อม |

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| <br> | 5. ครูผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนฝึกปฏิบัติเชื่อมแนวสั้นตามแบบที่กำหนดและทำความสะอาดชิ้นงาน ส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 2 |
| | 6. นักเรียนเคาะสแลกขัดทำความสะอาดชิ้นงานให้เรียบร้อย ส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 2 |
| <br> | 7. นักเรียนปิดสวิทช์เครื่องเชื่อม ม้วนสายเชื่อมไฟฟ้า สายดินเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อยและเก็บเครื่องมืออุปกรณ์ในงานเชื่อมเก็บในตู้ |

| แบบประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานที่ | | | |
|---|---|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | | | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | | | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมแนวสั้น | | | เวลา ชั่วโมง |
| ชื่อ..... นามสกุล.....กลุ่ม.....เลขที่..... | | | |
| ลำดับที่ | จุดตรวจ | เต็ม | ทำได้ |
| 1. | เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ในงานเชื่อมได้ถูกต้องและครบถ้วน | 10 | |
| 2. | เตรียมชิ้นงานเชื่อมแนวสั้น ตัดได้ตามขนาด 50 x 100 มม.<br>- เตรียมชิ้นงานขนาด 50 x 99.8 มม.<br>- เตรียมชิ้นงานขนาด 50 x 99.9 มม.<br>-เตรียมชิ้นงานขนาด 50 x 100 มม. | 10<br>7<br>8<br>10 | |
| 3. | ตกแต่งขอบชิ้นงานทั้ง 4 ด้านได้เรียบ ฉาก ไม่บาดมือ | 10 | |
| 4. | ร่างแบบชิ้นงานเชื่อมแนวสั้น | 10 | |
| 5. | การเชื่อมแนวสั้นได้ตรงตามตำแหน่ง | 10 | |
| 6. | แนวเชื่อมได้ขนาดตามแบบที่กำหนด | 10 | |
| 7. | แนวเชื่อมไม่มีรอยตำหนิ ข้อบกพร่อง | 10 | |
| 8. | ปฏิบัติงานได้ตามเวลาที่กำหนด | 10 | |
| 9. | ความมีวินัยและกิจนิสัยในการปฏิบัติงาน<br>9.1 ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัย | 12 | |
| | 9.2 การใช้และการจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.3 การบำรุงรักษาเครื่องมือ – อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.4 ความขยัน ความอดทนในการปฏิบัติงาน | 2 | |
| | 9.5 ความประหยัด ความพอเพียงและการมีส่วนร่วม | 2 | |
| **รวม** | | **100** | |

**เกณฑ์การให้คะแนน**

0 - 49 ปรับปรุง 50 - 59 พอใช้ 60 - 79 ดี 80 - 100 ดีมาก

**เกณฑ์ผ่าน** ผลรวมของคะแนนทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 50 %

**สรุปผลการปฏิบัติงาน**

1. คะแนนเต็ม.....คะแนน คะแนนที่ทำได้.....คะแนน

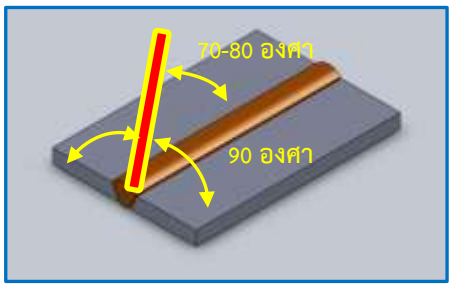
(คิดเป็นร้อยละ.....) ผลการประเมินตามเกณฑ์.....

2. ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ผู้ประเมิน.....

(นายนิโรจน์ เพ็งศรี)

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมเดินแนวท่าราบ | เวลา ชั่วโมง |



**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. เตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ในงานเชื่อมงานเชื่อมเดินแนวท่าราบได้
2. ปฏิบัติงานเชื่อมเดินแนวท่าราบได้ถูกต้อง ประหยัด มีวินัย ปลอดภัยตามหลักอาชีวอนามัย

**เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์**

1. เสื้อคลุมหนัง
2. ปลอกแขน
3. ปลอกขา
4. ถุงมือหนัง
5. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบสวมหัว
6. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบมือถือ
7. ลวดเชื่อมไฟฟ้า 2.6 มม.
8. ค้อนเคาะสแลก
9. แปรงลวด
10. แผ่นเหล็ก ขนาด 50X100X6 มม.
11. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า AC/DC

คำสั่ง :

1. จงปฏิบัติงานเชื่อมเดินแนวท่าราบได้

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมเดินแนวท่าราบ | เวลา ชั่วโมง |

**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า เช่น ถุงมือหนัง ชุดเอี๊ยม หน้ากากเชื่อมไฟฟ้า ค้อนเคาะสแลก เป็นต้น |
| | 2. ตรวจเช็ค เครื่องมืออุปกรณ์ความปลอดภัยว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีหรือไม่ |
| | 3. นักเรียนร่างแบบชิ้นงานเชื่อมจุดส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 1 |
| | 4. ครูผู้สอนทดลอง สาธิตการเตรียมชิ้นงานเชื่อมเดินแนวท่าราบและปฏิบัติงานเชื่อมเดินแนวท่าราบให้นักเรียนดูและบอกทักษะ เทคนิคต่างๆ ในการเชื่อม |

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 5. ครูผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนฝึกปฏิบัติงานเชื่อมเดินแนวท่าราบตามแบบที่กำหนดและทำความสะอาดชิ้นงาน ส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 2 |
| | 6. นักเรียนเคาะสแลกชิ้นงานเชื่อม ขัดทำความสะอาดชิ้นงาน ให้เรียบร้อยส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 2 |
| <br> | 7. นักเรียนปิดสวิทช์เครื่องเชื่อม ทำความสะอาดโต๊ะเชื่อม ม้วนสายเชื่อมเก็บเข้าที่ เก็บเครื่องมืองานเชื่อมไฟฟ้า เก็บอุปกรณ์เครื่องมือความปลอดภัย ในงานเชื่อมไฟฟ้า เข้าที่ให้เรียบร้อย |

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานที่

| | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมเดินแนวท่าราบ | เวลา ชั่วโมง |

ชื่อ.....นามสกุล.....กลุ่ม.....เลขที่.....

| ลำดับที่ | จุดตรวจ | เต็ม | ทำได้ |
|---|---|---|---|
| 1. | เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ในงานเชื่อมได้ถูกต้องและครบถ้วน | 10 | |
| 2. | เตรียมชิ้นงานเชื่อมเดินแนวท่าราบ ตัดได้ตามขนาด 50 x 100 มม.<br>- เตรียมชิ้นงาน ขนาด 50 x 99.8 มม.<br>- เตรียมชิ้นงาน ขนาด 50 x 99.9 มม.<br>- เตรียมชิ้นงาน ขนาด 50 x 100 มม. | 10<br>8<br>9<br>10 | |
| 3. | ตกแต่งขอบชิ้นงานทั้ง 4 ด้านได้เรียบ ฉาก ไม่บาดมือ | 10 | |
| 4. | ร่างแบบชิ้นงานเชื่อมเดินแนวท่าราบ | 10 | |
| 5. | การเชื่อมเดินแนวท่าราบได้ตรงตามตำแหน่งที่ร่างแบบ | 10 | |
| 6. | แนวเชื่อมได้ขนาดตามแบบที่กำหนด | 10 | |
| 7. | แนวเชื่อมไม่มีรอยตำหนิ ข้อบกพร่อง | 10 | |
| 8. | ปฏิบัติงานได้ตามเวลาที่กำหนด | 10 | |
| 9. | ความมีวินัยและกิจนิสัยในการปฏิบัติงาน<br>9.1. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัย | 12 | |
| | 9.2. การใช้และการจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.3. การบำรุงรักษาเครื่องมือ – อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.4. ความขยัน ความอดทนในการปฏิบัติงาน | 2 | |
| | 9.5. ความประหยัด ความพอเพียงและการมีส่วนร่วม | 2 | |
| **รวม** | | **100** | |

**เกณฑ์การให้คะแนน**

0 - 49 ปรับปรุง 50 - 59 พอใช้ 60 - 79 ดี 80 - 100 ดีมาก

**เกณฑ์ผ่าน** ผลรวมของคะแนนทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 50

**สรุปผลการปฏิบัติงาน**

1. คะแนนเต็ม.....คะแนน คะแนนที่ทำได้.....คะแนน

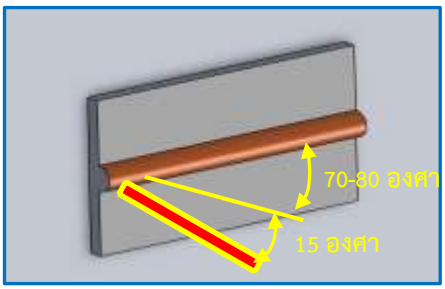
(คิดเป็นร้อยละ.....) ผลการประเมินตามเกณฑ์.....

2. ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ผู้ประเมิน.....

(นายนิโรจน์ เพ็งศรี)

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมเดินแนวท่าขนานนอน | เวลา ชั่วโมง |



**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. เตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ในงานเชื่อมเดินแนวท่าขนานนอนได้
2. ปฏิบัติงานเชื่อมเดินแนวท่าขนานนอนได้ถูกต้อง ประหยัด มีวินัย ปลอดภัยตามหลักอาชีวอนามัย

**เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์**

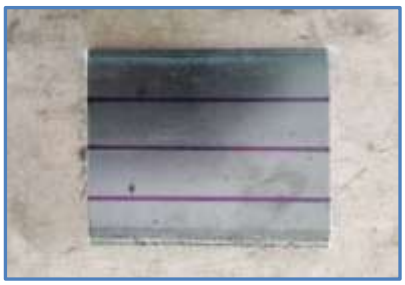
1. เสื้อคลุมหนัง
2. ปลอกแขน
3. ปลอกขา
4. ถุงมือหนัง
5. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบสวมหัว
6. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบมือถือ
7. ลวดเชื่อมไฟฟ้า 2.6 มม.
8. ค้อนเคาะสแลก
9. แปรงลวด
10. แผ่นเหล็ก ขนาด 50x100X6 มม.
11. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า AC/DC

คำสั่ง :

1. จงปฏิบัติงานเชื่อมเดินแนวท่าขนานนอนได้

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมเดินแนวท่าขนานนอน | เวลา ชั่วโมง |

**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า เช่น ถุงมือหนัง ชุดเอี๊ยม หน้ากากเชื่อมไฟฟ้า ค้อนเคาะสแลก เป็นต้น |
| | 2. ตรวจเช็ค เครื่องมืออุปกรณ์ความปลอดภัยว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีหรือไม่ |
|  | 3. นักเรียนร่างแบบชิ้นงานเชื่อมเดินแนวท่าขนานนอนส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 1 |
| | 4. ครูผู้สอนทดลอง สาธิตการเตรียมชิ้นงานเชื่อมเดินแนวท่าขนานนอนและปฏิบัติเชื่อมเดินแนวท่าขนานนอนให้นักเรียนดูและบอกทักษะเทคนิคต่างๆในการเชื่อม |

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 5. ครูผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนฝึกปฏิบัติเชื่อมเดินแนวท่าขนานนอนตามแบบที่กำหนดและทำความสะอาดชิ้นงาน ส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 2 |
| | 6. นักเรียนเคาะสแลก ขัดทำความสะอาดชิ้นงานให้เรียบร้อย ส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 2 |
| <br> | 7. นักเรียนปิดสวิทช์เครื่องเชื่อม ทำความสะอาดโต๊ะเชื่อม ม้วนเก็บสายเชื่อมเก็บเข้าที่ เก็บอุปกรณ์เครื่องมือความปลอดภัย ในงานเชื่อมไฟฟ้าเข้าที่ให้เรียบร้อย |

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานที่

| | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมเดินแนวท่าขนานนอน | เวลา ชั่วโมง |

ชื่อ.....นามสกุล.....กลุ่ม.....เลขที่.....

| ลำดับที่ | จุดตรวจ | เต็ม | ทำได้ |
|---|---|---|---|
| 1. | เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ในงานเชื่อมเดินแนวท่าขนานนอนได้ถูกต้อง<br>- เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ 7 รายการ ได้<br>- เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ 9 รายการ ได้<br>- เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ 10 รายการ ได้ | 10<br>8<br>9<br>10 | |
| 2. | เตรียมชิ้นงานเชื่อมเดินแนวท่าขนานนอน ตัดได้ตามขนาด 50 x 100 มม. | 10 | |
| 3. | ตกแต่งขอบชิ้นงานทั้ง 4 ด้านได้เรียบ ฉาก ไม่บาดมือ | 10 | |
| 4. | ร่างแบบชิ้นงานเชื่อมได้ถูกต้องตามแบบ | 10 | |
| 5. | เชื่อมเดินแนวท่าขนานนอนได้ตรงตามตำแหน่ง | 10 | |
| 6. | เชื่อมเดินแนวท่าขนานนอนได้ขนาดตามแบบที่กำหนด | 10 | |
| 7. | เชื่อมเดินแนวท่าขนานนอน ไม่มีรอยตำหนิ ข้อบกพร่อง | 10 | |
| 8. | ปฏิบัติงานได้ตามเวลาที่กำหนด | 10 | |
| 9. | ความมีวินัยและกิจนิสัยในการปฏิบัติงาน<br>9.1. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัย | 12 | |
| | 9.2. การใช้และการจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.3. การบำรุงรักษาเครื่องมือ – อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.4. ความขยัน ความอดทนในการปฏิบัติงาน | 2 | |
| | 9.5. ความประหยัด ความพอเพียงและการมีส่วนร่วม | 2 | |
| **รวม** | | **100** | |

**เกณฑ์การให้คะแนน**

0 - 49 ปรับปรุง 50 - 59 พอใช้ 60 - 79 ดี 80 - 100 ดีมาก

**เกณฑ์ผ่าน** ผลรวมของคะแนนทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 50 %

**สรุปผลการปฏิบัติงาน**

1. คะแนนเต็ม.....คะแนน คะแนนที่ทำได้.....คะแนน

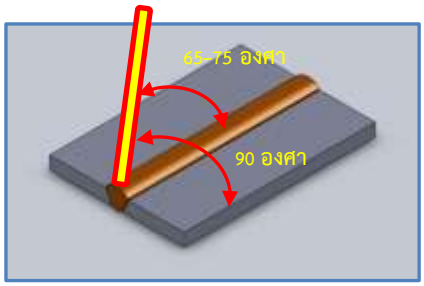
(คิดเป็นร้อยละ.....) ผลการประเมินตามเกณฑ์.....

2. ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ผู้ประเมิน.....

(นายนิโรจน์ เพ็งศรี)

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมต่อชน | เวลา ชั่วโมง |



**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. เตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ในงานเชื่อมต่อชนได้
2. ปฏิบัติงานเชื่อมต่อชนได้ถูกต้อง ประหยัด มีวินัย ปลอดภัยตามหลักอาชีวอนามัย

**เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์**

1. เสื้อคลุมหนัง
2. ปลอกแขน
3. ปลอกขา
4. ถุงมือหนัง
5. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบสวมหัว
6. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบมือถือ
7. ลวดเชื่อมไฟฟ้า 2.6 มม.
8. ค้อนเคาะสแลก
9. แปรงลวด
10. แผ่นเหล็ก ขนาด 50X100X6 มม.
11. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า AC/DC

คำสั่ง :

1. จงปฏิบัติงานเชื่อมต่อชนได้

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมต่อชน | เวลา ชั่วโมง |

**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า เช่น ถุงมือหนัง ชุดเอี๊ยม หน้ากากเชื่อมไฟฟ้า ค้อนเคาะสแลก เป็นต้น |
| | 2. ตรวจเช็ค เครื่องมืออุปกรณ์ความปลอดภัยว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีหรือไม่ |
| | 3. นักเรียนเตรียมชิ้นงาน นำชิ้นงานสองชิ้นต่อชนกัน ในแนวราบและเชื่อมจุดหัว ท้ายส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 1 |
| | 4. ครูผู้สอนสาธิตการเตรียมชิ้นงานเชื่อมและปฏิบัติเชื่อมให้นักเรียนดูและบอก แนะนำ ทักษะเทคนิคต่างๆในการเชื่อม |

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 5. ครูผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนฝึกปฏิบัติเชื่อมต่อชนตามแบบที่กำหนด |
| | 6. นักเรียนเคาะสแลก ขัดทำความสะอาดชิ้นงานเชื่อม ให้สะอาด เรียบร้อย ส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 2 |
| <br> | 7. นักเรียนปิดสวิทช์เครื่องเชื่อม ทำความสะอาดโต๊ะเชื่อม ม้วนสายเชื่อมเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย เก็บอุปกรณ์เครื่องมือความปลอดภัย ในงานเชื่อมไฟฟ้า เข้าที่ให้เรียบร้อย |

| แบบประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานที่ | | | |
|---|---|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | | | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | | | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมต่อชน | | | เวลา ชั่วโมง |
| ชื่อ.....นามสกุล.....กลุ่ม.....เลขที่..... | | | |
| ลำดับที่ | จุดตรวจ | เต็ม | ทำได้ |
| 1. | เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ในงานเชื่อมได้ถูกต้องและครบถ้วน | 10 | |
| 2. | เตรียมชิ้นงานเชื่อมต่อชน ตัดได้ตามขนาด 50 x 100 มม. จำนวน 2 ชิ้น<br>- เตรียมชิ้นงาน ขนาด 50 x 99.8 มม. จำนวน 2 ชิ้น<br>- เตรียมชิ้นงาน ขนาด 50 x 99.9 มม. จำนวน 2 ชิ้น<br>- เตรียมชิ้นงาน ขนาด 50 x 100 มม. จำนวน 2 ชิ้น | 10<br>8<br>9<br>10 | |
| 3. | ตกแต่งขอบชิ้นงานทั้ง 4 ด้านได้เรียบ ฉาก ไม่บาดมือ | 10 | |
| 4. | ต่อชนชิ้นงานเชื่อมจุด ได้ถูกต้องตามแบบ | 10 | |
| 5. | การเชื่อมได้ตรงตามตำแหน่งที่ร่างแบบ | 10 | |
| 6. | แนวเชื่อมได้ขนาดตามแบบที่กำหนด | 10 | |
| 7. | แนวเชื่อมไม่มีรอยตำหนิ ข้อบกพร่อง | 10 | |
| 8. | ปฏิบัติงานได้ตามเวลาที่กำหนด | 10 | |
| 9. | ความมีวินัยและกิจนิสัยในการปฏิบัติงาน<br>9.1. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัย | 12 | |
| | 9.2. การใช้และการจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.3. การบำรุงรักษาเครื่องมือ – อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.4. ความขยัน ความอดทนในการปฏิบัติงาน | 2 | |
| | 9.5. ความประหยัด ความพอเพียงและการมีส่วนร่วม | 2 | |
| **รวม** | | **100** | |

**เกณฑ์การให้คะแนน**

0 - 49 ปรับปรุง 50 - 59 พอใช้ 60 - 79 ดี 80 - 100 ดีมาก

**เกณฑ์ผ่าน** ผลรวมของคะแนนทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 50 %

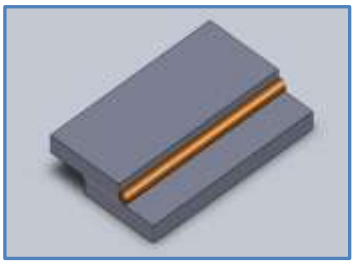
**สรุปผลการปฏิบัติงาน**

1. คะแนนเต็ม.....คะแนน คะแนนที่ทำได้.....คะแนน
(คิดเป็นร้อยละ.....) ผลการประเมินตามเกณฑ์.....
2. ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ผู้ประเมิน.....

(นายนิโรจน์ เพ็งศรี)

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมต่อเกย | เวลา ชั่วโมง |



**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. เตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ในงานเชื่อมได้
2. ปฏิบัติงานเชื่อมต่อเกยได้ถูกต้อง ประหยัด มีวินัย ปลอดภัยตามหลักอาชีวอนามัย

**เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์**

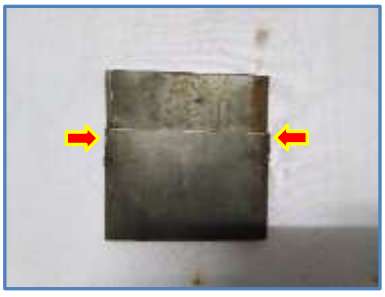
1. เสื้อคลุมหนัง
2. ปลอกแขน
3. ปลอกขา
4. ถุงมือหนัง
5. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบสวมหัว
6. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบมือถือ
7. ลวดเชื่อมไฟฟ้า 2.6 มม.
8. ค้อนเคาะสแลก
9. แปรงลวด
10. แผ่นเหล็ก ขนาด 50X100X6 มม.
11. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า AC/DC

คำสั่ง :

1. จงปฏิบัติงานเชื่อมต่อเกยได้

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมต่อเกย | เวลา ชั่วโมง |

**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า เช่น ถุงมือหนัง ชุดเอี๊ยม หน้ากากเชื่อมไฟฟ้า ค้อนเคาะสแลก เป็นต้น |
| | 2. ตรวจเช็ค เครื่องมืออุปกรณ์ความปลอดภัยว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีหรือไม่ |
|  | 3. นักเรียนต่อชิ้นงาน 2 ชิ้นซ้อน เกยกัน เชื่อมจุดหัวท้ายส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 1 |
| | 4. ครูผู้สอนทดลอง สาธิตการเตรียมชิ้นงานเชื่อมและปฏิบัติเชื่อมต่อเกยให้นักเรียนดูและบอกทักษะเทคนิคต่างๆในการเชื่อม |

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 5. ครูผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนฝึกปฏิบัติเชื่อมต่อเกย ตามแบบที่กำหนด |
| | 6. นักเรียนเคาะสแลก ขัดทำความสะอาดชิ้นงานให้สะอาด เรียบร้อยส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 2 |
| <br> | 7. นักเรียนปิดสวิทช์เครื่องเชื่อม ม้วนเก็บสายเชื่อมเข้าที่ เก็บอุปกรณ์เครื่องมือความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า เข้าตู้เก็บเรียบร้อยและครบถ้วน |

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานที่

| | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมต่อเกย | เวลา ชั่วโมง |

ชื่อ.....นามสกุล.....กลุ่ม.....เลขที่.....

| ลำดับที่ | จุดตรวจ | เต็ม | ทำได้ |
|---|---|---|---|
| 1. | เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ในงานเชื่อมได้ถูกต้องและครบถ้วน<br>- เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ 7 รายการ<br>- เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ 8 รายการ<br>- เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ 10 รายการ | 10<br>7<br>8<br>10 | |
| 2. | เตรียมชิ้นงานเชื่อม ตัดได้ตามขนาด 50 x 100 มม. จำนวน 2 ชิ้น | 10 | |
| 3. | ตกแต่งขอบชิ้นงานทั้ง 4 ด้านได้เรียบ ฉาก ไม่บาดมือ | 10 | |
| 4. | เชื่อมจุดชิ้นงาน 2 ชิ้นวางเกยซ้อนกัน ได้ถูกต้องตามแบบ | 10 | |
| 5. | การเชื่อมต่อเกยได้ตรงตามตำแหน่ง | 10 | |
| 6. | แนวเชื่อมได้ขนาดตามแบบที่กำหนด | 10 | |
| 7. | แนวเชื่อมไม่มีรอยตำหนิ ข้อบกพร่อง | 10 | |
| 8. | ปฏิบัติงานได้ตามเวลาที่กำหนด | 10 | |
| 9. | ความมีวินัยและกิจนิสัยในการปฏิบัติงาน<br>9.1. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัย | 12 | |
| | 9.2. การใช้และการจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.3. การบำรุงรักษาเครื่องมือ – อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.4. ความขยัน ความอดทนในการปฏิบัติงาน | 2 | |
| | 9.5. ความประหยัด ความพอเพียงและการมีส่วนร่วม | 2 | |
| **รวม** | | **100** | |

**เกณฑ์การให้คะแนน**

0 - 49 ปรับปรุง 50 - 59 พอใช้ 60 - 79 ดี 80 - 100 ดีมาก

**เกณฑ์ผ่าน** ผลรวมของคะแนนทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 50 %

**สรุปผลการปฏิบัติงาน**

1. คะแนนเต็ม.....คะแนน คะแนนที่ทำได้.....คะแนน

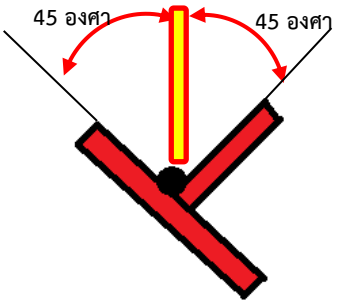
(คิดเป็นร้อยละ.....) ผลการประเมินตามเกณฑ์.....

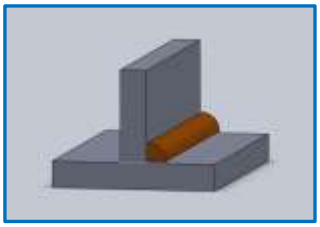
2. ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ผู้ประเมิน.....

(นายนิโรจน์ เพ็งศรี)

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมต่อตัวที | เวลา ชั่วโมง |



**จุดประสงค์ของใบงาน**

1. เตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ในงานเชื่อมได้
2. ปฏิบัติงานเชื่อมต่อตัวทีได้ถูกต้อง ประหยัด มีวินัย ปลอดภัยตามหลักอาชีวอนามัย

**เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์**

1. เสื้อคลุมหนัง
2. ปลอกแขน
3. ปลอกขา
4. ถุงมือหนัง
5. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบสวมหัว
6. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบมือถือ
7. ลวดเชื่อมไฟฟ้า 2.6 มม.
8. ค้อนเคาะสแลก
9. แปรงลวด
10. แผ่นเหล็ก ขนาด 50X100X6 มม.
11. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า AC/DC

คำสั่ง :

1. จงปฏิบัติงานเชื่อมต่อตัวทีได้

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมต่อตัวที | เวลา ชั่วโมง |

**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า เช่น ถุงมือหนัง ชุดเอี๊ยม หน้ากากเชื่อมไฟฟ้า ค้อนเคาะสแลก เป็นต้น |
| | 2.ตรวจเช็ค เครื่องมืออุปกรณ์ความปลอดภัย ว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีหรือไม่ |
| | 3.นักเรียนนำชิ้นงานเชื่อม 2 ชิ้นต่อกันเป็นรูปตัวที งานเชื่อมจุดหัวท้าย<br>ส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 1 |
| | 4.ครูผู้สอนสาธิตการเตรียมชิ้นงานเชื่อมต่อตัวที และปฏิบัติเชื่อมให้นักเรียนดูและบอกทักษะเทคนิคต่างๆในการเชื่อม |

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 5.ครูผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนฝึกปฏิบัติเชื่อมต่อตัวทีตามแบบที่กำหนด |
| | 6.นักเรียนเคาะสแลก ขัดทำความสะอาดชิ้นงานให้สะอาดเรียบร้อย ส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 2 |
| <br> | 7.นักเรียนปิดสวิทช์เครื่องเชื่อม ม้วนเก็บสายเชื่อมให้เรียบร้อย เก็บอุปกรณ์ เครื่องมือความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า จัดเก็บในตู้ให้ครบถ้วน |

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานที่

| | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานเชื่อมต่อตัวที | เวลา ชั่วโมง |

ชื่อ..... นามสกุล.....กลุ่ม.....เลขที่.....

| ลำดับที่ | จุดตรวจ | เต็ม | ทำได้ |
|---|---|---|---|
| 1. | เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ในงานเชื่อมได้ถูกต้องและครบถ้วน | 10 | |
| 2. | เตรียมชิ้นงานเชื่อมต่อตัวที ตัดได้ตามขนาด 50 x 100 มม. จำนวน 2 ชิ้น<br>- ตัดได้ตามขนาด 50 x 99.9 มม. จำนวน 2 ชิ้น<br>- ตัดได้ตามขนาด 50 x 98.9 มม. จำนวน 2 ชิ้น | 10<br>9<br>8 | |
| 3. | ตกแต่งขอบชิ้นงานทั้ง 4 ด้านได้เรียบ ฉาก ไม่บาดมือ<br>- ตกแต่งขอบไม่เรียบบาดมือ 1ชิ้น<br>- ตกแต่งขอบไม่เรียบบาดมือ 2ชิ้น | 10<br>9<br>8 | |
| 4. | การต่อชิ้นงานวางเป็นรูปตัวที เชื่อมจุดหัวท้ายได้ถูกต้อง | 10 | |
| 5. | การเชื่อมต่อตัวทีได้ตรงตามตำแหน่ง | 10 | |
| 6. | แนวเชื่อมได้ขนาดตามแบบที่กำหนด | 10 | |
| 7. | แนวเชื่อมไม่มีรอยตำหนิ ข้อบกพร่อง | 10 | |
| 8. | ปฏิบัติงานได้ตามเวลาที่กำหนด | 10 | |
| 9. | ความมีวินัยและกิจนิสัยในการปฏิบัติงาน<br>9.1. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัย | 12 | |
| | 9.2. การใช้และการจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.3. การบำรุงรักษาเครื่องมือ – อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.4. ความขยัน ความอดทนในการปฏิบัติงาน | 2 | |
| | 9.5. ความประหยัด ความพอเพียงและการมีส่วนร่วม | 2 | |
| **รวม** | | **100** | |

**เกณฑ์การให้คะแนน**

0 - 49 ปรับปรุง 50 - 59 พอใช้ 60 - 79 ดี 80 - 100 ดีมาก

**เกณฑ์ผ่าน** ผลรวมของคะแนนทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 50 %

**สรุปผลการปฏิบัติงาน**

1. คะแนนเต็ม.....คะแนน คะแนนที่ทำได้.....คะแนน
(คิดเป็นร้อยละ.....) ผลการประเมินตามเกณฑ์.....
2. ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ผู้ประเมิน.....

(นายนิโรจน์ เพ็งศรี)

**แบบบันทึกหลังการสอน**

สัปดาห์ที่.....วันที่.....รายวิชา.....รหัสวิชา.....

**บันทึกหลังการสอน**

**ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

1. เนื้อหาที่สอน.....
2. เวลา (เหมาะสมหรือไม่).....
3. กิจกรรมที่ใช้สอน (ตามแผนหรือไม่).....
4. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

**ผลการเรียนของนักเรียน**

5. จำนวนนักเรียน ชั้น.....แผนก.....เข้าเรียน.....คน ขาด.....คน
6. ผลสัมฤทธิ์การเรียนผ่านเกณฑ์.....คน ไม่ผ่านเกณฑ์.....คน
7. การมอบหมายหน้าที่และความรับผิดชอบ

.....

.....

8. บรรยากาศในการเรียน

.....

.....

9. ปัญหาและอุปสรรคการเรียนภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ.....

**ผลการสอนของครู**

10. ผู้สอน (สอนตามแผนหรือไม่).....
11. ปัญหาและอุปสรรคการสอนภาคทฤษฎีและปฏิบัติ

.....

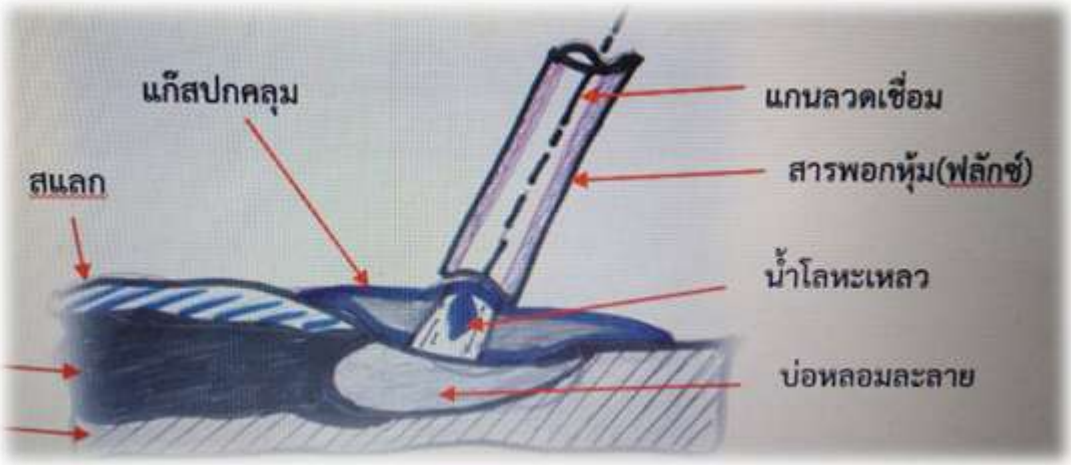
.....

(.....)

ครูผู้สอน

# สื่อการสอน หน่วยที่ 5
# การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

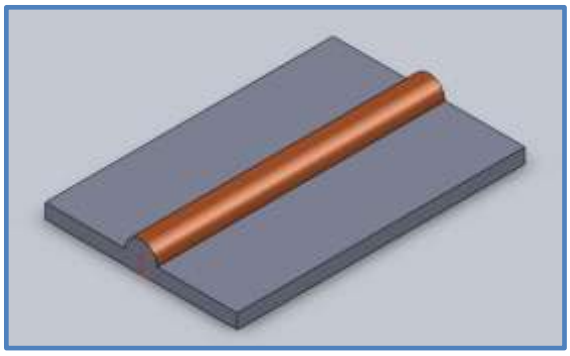
## หลักการเชื่อมไฟฟ้า



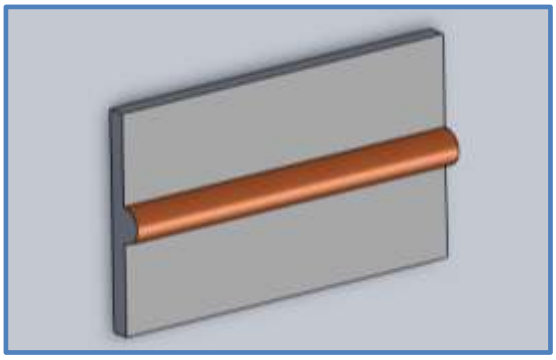

## การเริ่มต้นอาร์ก

# สื่อการสอน หน่วยที่ 5
# การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

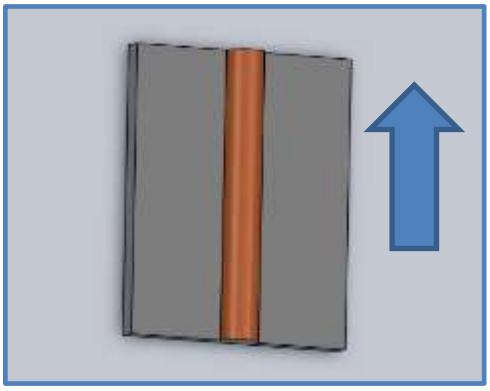
## ตำแหน่งท่าเชื่อม



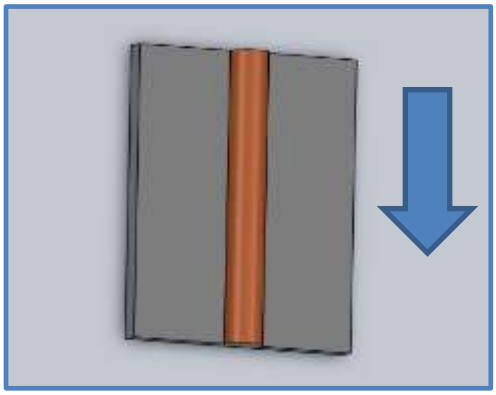
ท่าราบ



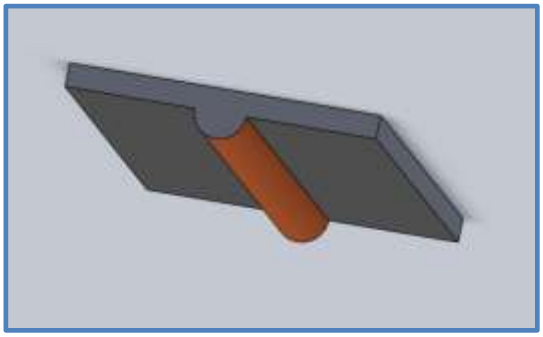
ท่าขนานนอน



ท่าตั้งเชื่อมขึ้น



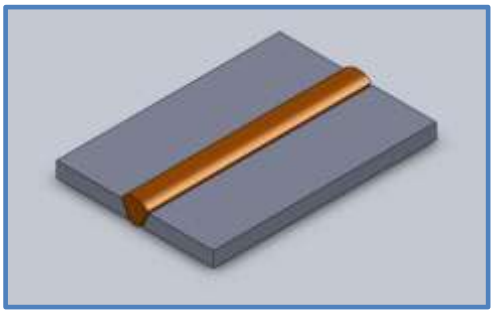
ท่าขนานนอนเชื่อมลง



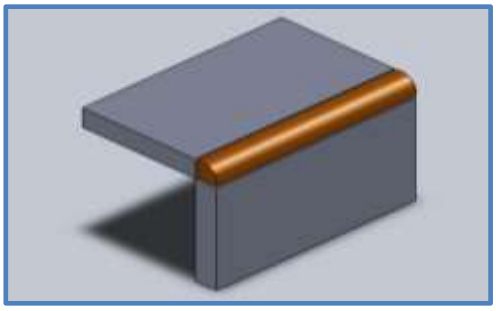
ท่าเหนือศีรษะ

# สื่อการสอน หน่วยที่ 5
# การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

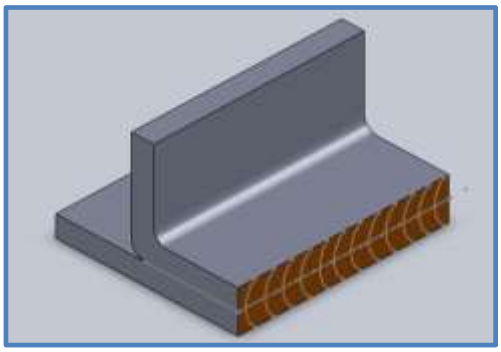
## รอยต่อในงานเชื่อม



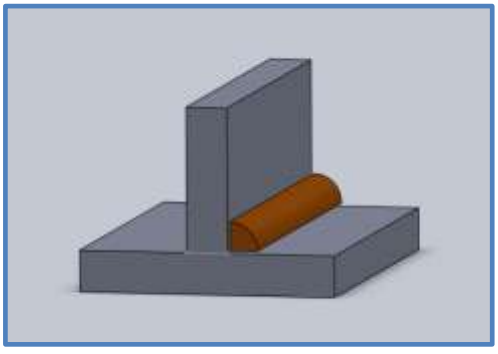
รอยต่อชน



รอยต่อมุม



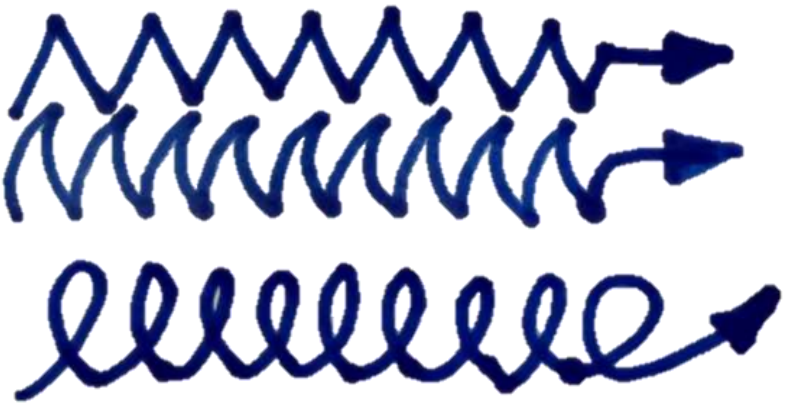
รอยต่อขอบ



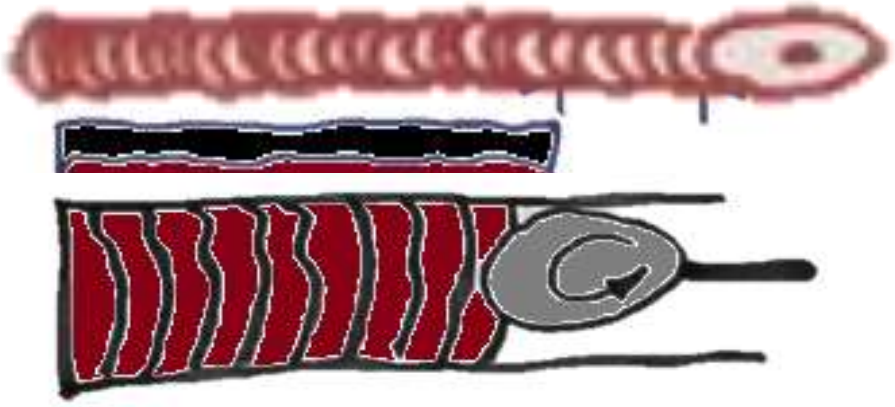
รอยต่อตัวที

# สื่อการสอน หน่วยที่ 5
# การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

## การส่ายลวดเชื่อม



## แสดงการต่อรอยเชื่อม



# สื่อการสอน หน่วยที่ 5
# การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

## แสดงการถอนลวดเชื่อม

# แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยที่ 6

ชื่อวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัส 20100-1004 ระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)
ชื่อหน่วย พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป จำนวน 4 ชั่วโมง

## สาระสำคัญ

ในการปฏิบัติงานโลหะแผ่นสิ่งที่ผู้ปฏิบัติงานจะต้องเรียนรู้และนำไปปฏิบัติได้อย่างเคร่งครัด มีอยู่หลายประการ แต่มีอยู่ประการหนึ่ง ถ้าหากไม่ศึกษาให้เข้าใจจะทำให้เกิดความเสียหายทั้งต่อตนเองเครื่องมือเครื่องจักร วัสดุอุปกรณ์ นั่นคือ ความปลอดภัยในงานโลหะแผ่น ดังนั้นจึงต้องศึกษาและเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ให้พร้อมใช้งานและปฏิบัติงานอย่างถูกวิธี

## สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้ความปลอดภัยในงานโลหะแผ่น
2. แสดงความรู้ความหมายของโลหะแผ่น (Sheet Metal)
3. แสดงความรู้เครื่องมือในงานโลหะแผ่น
4. แสดงความรู้เครื่องจักรในงานโลหะแผ่น (Machine in Sheet Metal)

## จุดประสงค์การเรียนรู้

### จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจความปลอดภัยในงานโลหะแผ่น
2. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจความหมายของโลหะแผ่น (Sheet Metal)
3. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจเครื่องมือในงานโลหะแผ่น
4. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจเครื่องจักรในงานโลหะแผ่น (Machine in Sheet Metal)

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกความปลอดภัยในงานโลหะแผ่นได้
2. บอกความหมายของโลหะแผ่น (Sheet Metal)ได้
3. บอกเครื่องมือในงานโลหะแผ่น
4. บอกเครื่องจักรในงานโลหะแผ่น (Machine in Sheet Metal)ได้

## สาระการเรียนรู้

### 1. ความปลอดภัยในงานโลหะแผ่น

ความปลอดภัย หมายถึง การดูแลป้องกันควบคุมให้รอดพ้นปราศจากอุบัติภัยซึ่งอาจก่อให้ เกิดการบาดเจ็บ การสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน ในการปฏิบัติงานผลิตภัณฑ์โลหะแผ่นผู้ปฏิบัติงานต้องให้ความสำคัญกับความปลอดภัยในการทำงานเป็นอันดับแรก เพราะงานด้านนี้ต้องปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับเครื่องมือเครื่องจักร ตลอดจนวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อาจเกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุต่าง ๆ ได้ ความไม่ปลอดภัยในงานโลหะแผ่นมักเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

1.1 การเคลื่อนย้ายโลหะแผ่นควรยกในแนวตั้งและสวมถุงมือทุกครั้งเพื่อป้องกันอันตรายและสะดวกในการเคลื่อนย้าย ดังแสดงในภาพท

1.2 ในการใช้เครื่องพับต้องระวังเป็นพิเศษ เพราะชิ้นส่วนของเครื่องจักรมีการเคลื่อนไหวขณะปฏิบัติงาน ดังแสดงในภาพ

1.3 ในการปฏิบัติงานไม่ควรสวมรองเท้าแตะและกางเกงขาสั้น ควรสวมรองเท้าหุ้มส้น เพื่อป้องกันอันตรายจากโลหะหรือเศษโลหะที่จะทำให้ได้รับบาดเจ็บได้ ดังแสดงในภาพ

1.4ไม่ควรพกของมีคมไว้ในกระเป๋ากางเกง อาจทำให้เกิดอันตรายกับตนเองและผู้อื่นได้ ดังแสดงในภาพ

1.5 แผ่นโลหะจะมีรอยเยินหรือครีบความคมอันเกิดจากการตัด ควรใช้ตะไบแต่งลบคมก่อนนำไปปฏิบัติงาน ดังแสดงในภาพ

1.6 ไม่ควรใช้ตะไบที่ไม่มีด้ามอาจเกิดอันตรายได้ ดังแสดงในภาพ

1.7 ไม่ควรใช้เครื่องมืออุปกรณ์ผิดประเภท ดังแสดงในภาพ

**2. ความหมายของโลหะแผ่น (Sheet Metal)**

โลหะแผ่น หมายถึง แผ่นเหล็กบางที่มีความหนาไม่เกิน 3/16 นิ้ว ถ้าหนามากกว่านี้เรียกว่า เหล็กแผ่น ส่วนความกว้างและความยาวนั้น มีอยู่หลายขนาด ขนาดที่นิยมใช้กันมากในเมืองไทย คือ 36 x 96 นิ้ว และ 48 x 96 นิ้ว หรือ 3 x 8 ฟุต และ 4 x 8 ฟุตโลหะแผ่น โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ดังนี้

1.โลหะแผ่นเปลือย (Bare Sheet Metal)

โลหะแผ่นเปลือย หมายถึง แผ่นโลหะที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิว สามารถนำไปใช้งาน โดยผ่านกระบวนการผลิตได้เลย มีทั้งประเภทที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น ทองเหลือง (Bass), ทองแดง (Copper), อะลูมิเนียม (Aluminum) เป็นต้น และประเภทที่เป็นเหล็ก เช่น เหล็กแผ่นดำ (Black Iron) เป็นต้น

2. โลหะแผ่นเคลือบ (Coated Sheet Metal)

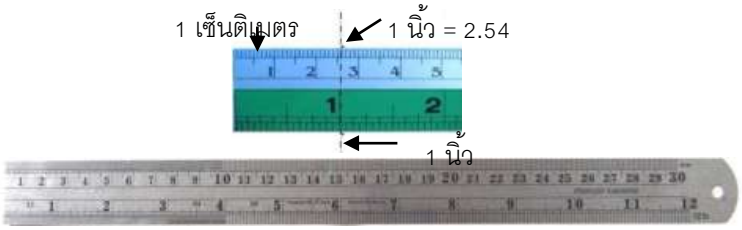
โลหะแผ่นเคลือบ หมายถึง แผ่นโลหะที่มีการเคลือบผิว เพื่อป้องกันการกัดกร่อนอันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ มีความสะดวกในการนำไปใช้งาน ปัจจุบันโลหะแผ่นเคลือบที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ แผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี เพราะมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย

**3. เครื่องมือในงานโลหะแผ่น**

ในกระบวนการผลิตงานผลิตภัณฑ์โลหะแผ่น นอกจากการศึกษาสมบัติเพื่อเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมแล้ว เครื่องมือในการทำงานต้องมีความทันสมัย สามารถใช้งานได้ตามความต้องการ เพื่อให้งานที่ผลิตประสบผลสำเร็จมีคุณภาพ เครื่องมือในงานโลหะแผ่น ประกอบด้วย เครื่องมือวัด เครื่องมือร่างแบบ เครื่องมือตัด เครื่องมือเจาะ และแท่นขึ้นรูป มีรายละเอียด ดังนี้

**3.1 เครื่องมือวัด (Measuring Tool)**

3.1.1 บรรทัดเหล็ก (Steel Ruler) ทำจากเหล็กสแตนเลส (Stanless Steel) มีหน่วยวัดทั้งระบบอังกฤษ (นิ้ว) และระบบเมตริก (มิลลิเมตร) ด้วยกัน มีให้เลือกใช้งานหลายขนาด 6 นิ้ว, 12 นิ้ว, 24 นิ้ว และ 36 นิ้ว แต่ที่นิยมใช้งานคือ 12 นิ้ว และ 36 นิ้ว ดังแสดงในภาพ




3.1.2 ฉากเหล็ก (Steel Equal Angle) ทำจากเหล็กเครื่องมือ (Tool Steel) แล้วนำไปชุบแข็งประกอบด้วย ส่วนที่เรียกว่าลำตัว (Body) ซึ่งเป็นด้านยาวของฉาก ส่วนด้านสั้น เรียกว่า ใบ (Tongue) ทั้งลำตัวและด้านที่สั้นจะทำมุม 90 องศาซึ่งกันและกัน มีหลายขนาด เช่น 12×8 นิ้ว, 24×16 นิ้ว และ 24×18 นิ้ว เป็นต้น ดังแสดงในภาพ

3.1.3 เกจวัดความหนาโลหะแผ่นและความโตลวด เกจทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนเป็น แผ่นกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง $3\frac{3}{4}$ นิ้ว หนา 18 นิ้ว บากเป็นร่องรอบตัว โดยใช้ความหนาของแผ่นโลหะและเส้นผ่านศูนย์กลางของลวด ด้านหน้าจะบอกความหนาเป็นตัวเลข ถ้าต้องการดูความหนาเป็นทศนิยมดูได้จากด้านหลังที่ตรงช่องเดียวกับตัวเลข ดังแสดงในภาพ

**3.2 เครื่องมือร่างแบบ (Lay-Out)**

เป็นเครื่องมือที่ใช้ขีดทำเครื่องหมายลงบนโลหะแผ่น ส่วนปลายของเครื่องมือจะมีลักษณะแหลม เครื่องมือร่างแบบส่วนใหญ่แล้วจะใช้ร่วมกับเครื่องมืออื่น เช่นร่วมกับฉากหรือบรรทัดเหล็ก เป็นต้น แบ่งออกได้ ดังนี้

3.2.1 เหล็กขีด (Scriber) เหล็กขีดมีอยู่หลายแบบหลายชนิดด้วยกัน ก้านของเหล็กขีดจะมีความแข็งแรงโดยเฉพาะตอนปลายเพื่อที่จะใช้ขีดร่างแบบบนโลหะแผ่นตามที่ต้องการ มีขนาดและลักษณะที่แตกต่างกันตามลักษณะการใช้งาน ดังแสดงในภาพ

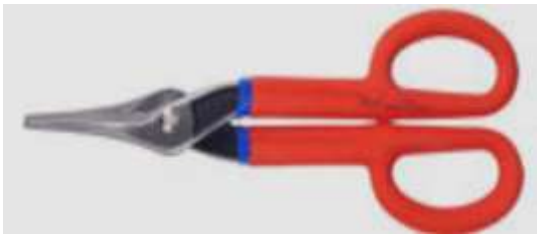
3.2.2วงเวียนเหล็ก (Divider) เป็นเครื่องมือร่างแบบที่ใช้เขียนส่วนโค้งวงกลมจะชุบแข็งเหมือนกับเหล็กขีด สามารถกะระยะได้ถึง 12 นิ้ว โดยมีเนิร์ลนัต ( Knurled Nut) เป็นตัวคลายและล็อกตำแหน่งที่ต้องการ ดังแสดงในภาพ

3.2.3 วงเวียนเลื่อน (Trammel Point) วงเวียนเลื่อนเป็นวงเวียนที่ออกแบบไว้สำหรับ ใช้งานที่มีรัศมีของวงกลมโตกว่า 24 นิ้ว ทำด้วยอะลูมิเนียมสามารถเลื่อนได้บนแกนที่ทำด้วยเหล็ก ดังแสดงในภาพ

**3.3 เครื่องมือตัด**

ในการทำงานโลหะแผ่น กรรไกรจะเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้กันมากเป็นเครื่องมือตัด ซึ่งใช้กับงานโลหะแผ่นเท่านั้น สามารถตัดเป็นแนวตรง โค้ง และซิกแซ็กต่าง ๆ สามารถตัดโลหะแผ่นได้หนาถึงเบอร์ 16 กรรไกรที่ใช้งานมีหลายชนิด สามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

3.3.1 กรรไกรแบบตัดผสม (Combination Snip) สามารถตัดได้ทั้งตรงและโค้ง เพราะมีใบมีดตัดตรงและผิวคม กรรไกรส่วนในโค้ง สัดส่วนรูปร่างขนาดต่าง ๆ จะเท่ากับกรรไกรตัดตรง สามารถตัดโลหะแผ่นหนาถึงเบอร์ 24 ดังแสดงในภาพ



3.3.2 กรรไกรตัดตรง (Straight Snips) เป็นกรรไกรที่มีใบมีดตัดตรง ใช้สำหรับการตัดตรงได้เพียงอย่างเดียว ลำตัวของกรรไกรยาวประมาณ 7 ถึง 15.7 นิ้ว ความยาวมีดตัด 2 ถึง 4.5 นิ้ว ตัดแผ่นเหล็กได้ถึงเบอร์ 18 ขนาดที่ใช้ในโรงงานมีขนาด 7, 10 และ 12 นิ้ว ดังแสดงในภาพ

3.3.3 กรรไกรตัดโค้ง (Scroll Snips) กรรไกรชนิดนี้ถูกออกแบบให้สามารถตัดได้ทั้งโค้งซ้าย โค้งขวา โดยออกแบบใบให้มีลักษณะโค้งไม่ค่อยมีใช้ในงานโลหะ เพราะใช้งานเฉพาะอย่าง สามารถตัดแผ่นโลหะได้แค่เบอร์ 22 ดังแสดงในภาพ

4.

3.3.4 กรรไกรอะเวียชัน (Aviation Snip) เป็นกรรไกรขนาดเล็ก น้ำหนักเบา มีความสามารถตัดงานได้ดี มีจุดหมุนที่ใช้ 2 จุดจะช่วยในการตัดได้ดี ความยาวของกรรไกรประมาณ 8 นิ้ว ใบตัดของกรรไกรประมาณ 2 นิ้ว สามารถตัดโลหะแผ่นได้ถึงเบอร์ 18 กรรไกรชนิดนี้แบ่งได้ 3 ชนิด ดังนี้ 1) กรรไกรชนิดตัดโค้งซ้าย (Left Hand)

กรรไกรตัดตรง
(Straight Cutting)

กรรไกรตัดโค้งซ้าย
(Left Curve Cutting)

กรรไกรตัดโค้งขวา
(Right Curve Cutting)

ตัวด้ามมีสีแดง 2) กรรไกรชนิดตัดตรง (Straight) ตัวด้ามจะมีสีเหลือง และ 3) กรรไกรชนิดตัดโค้งขวา (Right Hand) ตัวด้ามมีสีเขียว ดังแสดงในภาพ

3.3.5 กรรไกรโยก (Lever Shear) ลักษณะใบคมตัดออกแบบให้เป็นเส้นตรงมุมและแรงที่ใช้ในการตัดคงที่ ใบคมตัดสามารถถอดเปลี่ยนได้ การใช้งาน มีใบตัดซึ่ง เป็นเหล็กแข็ง 2 ใบ คือใบล่างและใบบน ใบตัดล่างจะยึดติดกับตัวโครง ส่วนล่าง ส่วนใบตัดบน จะยึดติดกับโครงส่วนบนซึ่งติดกับแขนคันโยก เคลื่อนที่ขึ้นลง ใช้ตัดเหล็กเส้นแบน เหล็กกลม เหล็กเหลี่ยม และเหล็กฉากที่มีความหนาตั้งแต่ 2 มม. ขึ้นไป ดังแสดงในภาพ

3.3.6 กรรไกรไฟฟ้า เป็นกรรไกรที่ใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงานช่วยให้มอเตอร์ทำงาน และมอเตอร์จะไปขับให้คมตัดทำงานในลักษณะขึ้นลง สามารถตัดโลหะแผ่นในระยะยาวได้ดีและตัดโลหะแผ่นได้ถึงเบอร์ 16 ดังแสดงในภาพ

**3.4 เครื่องมือเจาะ (Punch)**

เหล็กเจาะรูโลหะแผ่นเป็นเครื่องมือสำหรับเจาะรูโลหะแผ่นที่มีความหนาไม่มากนักมีลักษณะแตกต่างกันตามกันใช้งาน ดังนี้

3.4.1 เหล็กเจาะรูชนิดแท่งตัน (Solid Punch) รูปร่างของเหล็กเจาะรูชนิดตันนี้เหมือนกับเหล็กถ่ายแบบและเหล็กนำศูนย์ซึ่งตัดปลายออก ที่ปลายจะชุบแข็งขนาดของรูเจาะ $\frac{1}{32}$ ถึง $\frac{1}{2}$ นิ้ว สามรถเจาะรูบนแผ่นโลหะได้หนาถึงเบอร์ 24 ดังแสดงในภาพ

3.4.2 เหล็กเจาะรูชนิดกลวง (Hollow Punch) ทำด้วยเหล็กเครื่องมือ ช่วงปลายเป็นรูกลวงและขอบปลายสุดทำเป็นมุมคม สำหรับตัดเจาะหรือปั๊มรู เหล็กเจาะรูชนิดกลวงใช้เจาะรูที่มีขนาดใหญ่กว่าเหล็กเจาะรูชนิดตันเจาะรูได้ตั้งแต่ $\frac{1}{4}$ นิ้ว ดังแสดงในภาพ

3.4.3 เครื่องเจาะรูด้วยมือ (Hand Punch) การเจาะรูบนโลหะแผ่นด้วยเครื่องเจาะรูด้วยมือเป็นการทำงานระหว่างแท่งพั๊นซ์ (Punch) กับดาย (Die) ซึ่งเป็นตัวรองรับเมื่อออกแรงกดแท่งพั๊นซ์ จะทะลุผ่านดายทำให้ชิ้นงานเป็นรูตามขนาดความโตของแท่งพั๊นซ์ สามารถเจาะโลหะแผ่นได้หนาถึงเบอร์ 16 และสามารถเจาะรูได้หลายขนาดโดยการเปลี่ยนขนาดของ Punch และ Die ดังแสดงในภาพ

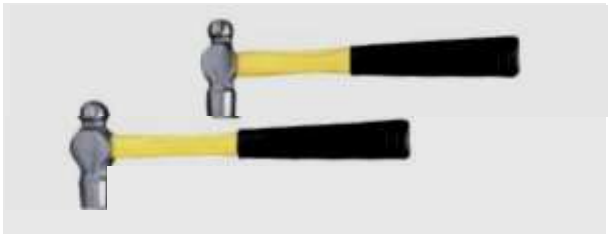
3.4.4 เครื่องเจาะรูชนิดหมุนเปลี่ยนขนาดของรูเจาะ (Hand-Operated Turret Punch) เครื่องเจาะรูชนิดนี้ สามารถเปลี่ยนขนาดของพั๊นช์ (Punch) ได้หลายขนาดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน ว่าต้องการรูเจาะขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ มีความสะดวกและรวดเร็วในเปลี่ยนขนาดรูเจาะ เหมาะสำหรับชิ้นงานที่ไม่ใหญ่มากนัก ดังแสดงในภาพ

**3.5 เครื่องมือช่วยขึ้นรูป (Hand Tool)**

เครื่องมือช่วยขึ้นรูป (Hand Tool) เป็นสิ่งสำคัญในการปฏิบัติงานโลหะแผ่น เครื่องมือในงานโลหะแผ่นมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีลักษณะรูปร่างและหน้าที่การใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจะต้องรู้จักเครื่องมือ และวิธีการใช้งานเกี่ยวกับเครื่องมือแต่ละชนิดได้อย่างถูกต้องและถูกวิธี ตลอดจนจะต้องรู้จักวิธีการเก็บบำรุงรักษาเกี่ยวกับเครื่องมือแต่ละชนิด เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องมือให้คงทน เครื่องมือในงานโลหะแผ่น ได้แก่

3.5.1 ค้อน (Hammer) เป็นเครื่องมือที่จำเป็นมากสำหรับช่างโลหะ ค้อนสำหรับงานโลหะจะทำด้วยเหล็กกล้าชั้นดี ผ่านการชุบแข็งที่ผิวหน้า ไม่สึกหรอง่าย ด้ามค้อนทำด้วยไม้เนื้อแข็งค้อนมีขนาด รูปร่าง และน้ำหนักแตกต่างกันแล้วแต่ชนิด ซึ่งต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับขนาดและชนิดของงาน ค้อนจึงเป็นเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่ใช้กันมากในงานโลหะแผ่น และสามารถแยกออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามการใช้งานได้ดังนี้

1) ค้อนหัวกลม (Ball Peen Hammer) เป็นค้อนที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป หัวด้านหนึ่งจะมีลักษณะเรียบใช้สำหรับเคาะหรือตอกเหล็กถ่ายแบบหรือนำศูนย์ ด้านหัวจะมลกลมใช้สำหรับเคาะย้ำหัวมุดย้ำ ขนาดที่นิยมใช้กันโดยส่วนมากคือ ขนาด 113 กรัม และ 170 กรัม ดังแสดงในภาพ



2) ค้อนย้ำตะเข็บ (Setting Hammer) ลักษณะหัวค้อนเป็นรูปสี่เหลี่ยม ไม่ลบคม หัวด้านหน้าจะแบนเรียบ ส่วนด้านหลังจะเรียวเพียงด้านเดียว ไว้สำหรับเคาะตะเข็บให้แน่นสวยงาม ดังแสดงในภาพ

3) ค้อนเคาะขึ้นรูป (Raising Hammer) ค้อนชนิดนี้จะมีรูปร่างแตกต่างกัน ใช้สำหรับขึ้นรูปโลหะแผ่นให้เป็นรูปร่างภาชนะหรือเครื่องประดับต่าง ๆ ดังแสดงในภาพ

4) ค้อนย้ำหมุด (Riveting Hammer) ลักษณะของหัวค้อนจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผิวหน้านูนเล็กน้อย ขอบทั้งสี่ด้านลบมุมคม ส่วนด้านหางค้อนเรียวเข้าหากันใช้สำหรับเคาะตะเข็บโลหะมีขนาดตั้งแต่ 133-850 กรัม ดังแสดงในภาพ

5) ค้อนยาง (Rubber Hammer) หัวค้อนทำด้วยยาง ด้ามทำด้วยไม้หรือยาง หัวค้อนยางมีความเหนียวไม่ฉีกขาด ไม่เสื่อมสภาพเมื่อถูกน้ำมัน ใช้งานกับโลหะแผ่นเคลือบจะไม่ทำให้โลหะเคลือบบนผิวแผ่นเหล็กแตกหรือลอกขณะเคาะขึ้นรูป ขนาดค้อนที่ใช้ในโรงงานจะมีขนาดความโตเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 3 นิ้ว ดังแสดงในภาพ

6) ค้อนพลาสติก (Plastic Hammer) หัวค้อนทำด้วยพลาสติกด้ามทำด้วยไม้ บางชนิดด้ามทำด้วยเหล็ก หัวค้อนพลาสติกสามารถถอดเปลี่ยนได้ หัวค้อนพลาสติกจะไม่ฉีกขาดหรือแตกร้าวง่าย ดังแสดงในภาพ

7) ค้อนไม้ ( Wood Hammer) หัวค้อนทำจากไม้เนื้อแข็งและมีความเหนียวไม่แตกง่าย เหมาะสำหรับเคาะงานที่มีผิวอ่อน เช่น อะลูมิเนียม แผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี ซึ่งไม่ต้องการให้แผ่นโลหะยุบตัว หรือทำให้โลหะที่เคลือบอยู่หลุดล่อนออก ดังแสดงในภาพ

3.5.2คีม (Pliers) คีมเป็นเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับงานโลหะแผ่น ซึ่งมีหลายชนิดออกแบบมาให้เหมาะสมกับงานแต่ละอย่างที่ใช้ในงานโลหะแผ่นมีดังนี้

1) คีมปากแบน (Flat Nose Pliers) คีมชนิดนี้มีลักษณะแบน มีร่องฟันเล็กส่วนของปลายปากจะเรียบ มีหน้าที่จับชิ้นงานและขึ้นรูปโลหะแผ่น ขนาดที่นิยมใช้คือขนาด 6.5 นิ้ว ดังแสดงในภาพ

2) คีมพับตะเข็บ (Hand Seamer) มีปากใหญ่และกว้างกว่าคีมธรรมดาทั่ว ๆ ไป คือ มีความกว้างถึง 3.5 นิ้วและลึก 1 นิ้ว ความลึกนี้คีมพับตะเข็บบางชนิดจะมีสกรูปรับระยะต่าง ๆ ได้ คีมชนิดนี้ใช้สำหรับงอพับตะเข็บ พับโลหะแผ่นโดยใช้มือ เพราะงานบางอย่างพับด้วยเครื่องจักรไม่ได้ ดังแสดงในภาพที่ 6.33 และ ภาพ

จากภาพที่ 6.33 เป็นคีมพับตะเข็บชนิดตั้งระยะพับได้ (Adjusting Hand Seamer) บริเวณด้านหลังของปากจะมีสกรูปรับ (Adjusting Screw) ใช้ปรับตั้งระยะในการพับตะเข็บ ทำให้การพับตะเข็บเท่ากันทุกด้านและมีความรวดเร็วในการพับ

จากภาพทเป็นคีมล็อกพับตะเข็บ (Vise Grip Hand Seamer) คีมพับตะเข็บชนิดนี้มีประโยชน์ และช่วยในการพับตะเข็บได้เป็นอย่างดี ลักษณะของคีมเมื่อจับชิ้นงานได้ตำแหน่งที่ต้องการแล้ว คีมล็อกจะช่วยยึดล็อกให้แน่นทำให้ชิ้นงานไม่ขยับเลื่อนหนีไปจากแนวขณะทำการพับ

3.5.3 เหล็กย้ำตะเข็บ (Hand Groover)

เหล็กย้ำตะเข็บใช้สำหรับย้ำตะเข็บเกี่ยว (Groove seam) โดยปลายที่ใช้ย้ำจะเป็นร่องลึกสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีหลายขนาดให้เลือกตามความกว้างของตะเข็บ การใช้งานให้เลือกขนาดโตกว่าความกว้างที่เผื่อไว้ตามแบบเล็กน้อย ดังแสดงในภาพ

3.5.4 เหล็กย้ำหัวหมุด (Rivet Set)

เหล็กย้ำหัวหมุดใช้สำหรับตอกย้ำหัวหมุดเพื่อให้โลหะติดกัน จะมีลักษณะเป็นแท่งยาว ปลายด้านหนึ่งเรียบใช้สำหรับตอก อีกด้านหนึ่งจะมีรูเจาะลึกและรอยลึกรูปครึ่งวงกลม สำหรับย้ำปลายหมุดให้เป็นรูปครึ่งวงกลม ชุดหนึ่งจะมีหลายขนาดให้เลือกใช้ให้สัมพันธ์กับหัวหมุดที่ใช้ ดังแสดงในภาพ

**3.6 แท่นขึ้นรูป (Stakes)**

งานผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยโลหะแผ่นบางจำเป็นต้องพับขอบงาน เพื่อให้เกิดความสวยงามไม่มีขอบมุม ที่แหลมคม ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง คงทน คงรูปได้นาน มีอายุการใช้งานนาน นอกจากนี้ยังมีการเข้าขอบลวดสำหรับงานที่ต้องการความแข็งแรงมากขึ้น การพับขึ้นรูปงานผลิตภัณฑ์โลหะแผ่น ทำได้ 2 วิธี คือการพับด้วยมือและการพับด้วยเครื่องจักร สำหรับชิ้นงานที่มีขนาดเล็กหรือมีการพับที่ซับซ้อนเครื่องพับไม่สามารถพับได้ จึงจำเป็นต้องพับด้วยมือ เครื่องมือที่จะช่วยในการขึ้นรูปชิ้นงานได้ดี ได้แก่ แท่นขึ้นรูป (Stakes) ซึ่งมีจำนวนหลายชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดมีรูปร่างแตกต่างกันไปตามลักษณะของการใช้งาน เครื่องมือช่วยในการขึ้นรูปนี้ต้องใช้ร่วมกับแผ่นรองรับ (Taper) ซึ่งมีส่วนประกอบ คือ ส่วนก้าน (Shank) ส่วนหัว (Head) และส่วนแขน (Horn)

แท่นขึ้นรูป (Stake) มีรูปร่างและลักษณะการใช้งาน ดังนี้

3.6.1 Bench Plate or Stake Holder เป็นตัวรองรับหรือตัวยึด เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภายในทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมและเรียว (Taper) มีขนาดของรูแตกต่างกันให้เลือกใช้ตามขนาดของก้าน ดังแสดงในภาพ 6.37 (A)

3.6.2Beakhorn Stake เป็น Stake ที่มีขนาดใหญ่กว่า Stake ชนิดอื่น ข้างหนึ่งจะมีรูปร่างกลมเรียว อีกข้างหนึ่งหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียวออกไป ใช้สำหรับการขึ้นรูปย้ำหมุดเข้าตะเข็บและเคาะงานทั่วไป ดังแสดงในภาพที่ 6.37 (B)

3.8.3Botton Stake มีรูปร่างเป็นแท่งยาว บริเวณหัวมีรูปร่างเหมือนพัดที่มีขนาดเล็ก บากมุมด้านเดียวที่ขอบ มีความโค้งเล็กน้อย เหมาะสำหรับพับขอบ และครีบของก้นกระป๋องที่เป็นวงกลม ดังแสดงในภาพที่ 6.37 (C)

3.6.4Common Smith Stake หัวมีรูปร่างแบน ขอบข้างหนึ่งมีลักษณะเหลี่ยม อีกข้างหนึ่งมีลักษณะโค้ง เหมาะสำหรับงานเคาะขึ้นรูปงานทั่ว ๆ ไป ดังแสดงในภาพที่ 6.37 (D)

3.6.5Common Square Stake ส่วนหัวมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยม ด้านบนแบนราบ ใช้สำหรับเคาะขึ้นรูปงานทั่วไปตามความต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 6.37 (E)

3.6.6Bevel-Edge Stake เครื่องมือช่วยเคาะขึ้นรูปชนิดนี้ จะออกแบบก้านให้เยื้องศูนย์หัวด้านบนเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ที่ขอบของมุมจะมีการบากความหนาให้เอียงหลบจากบนลงข้างล่างเล็กน้อย เหมาะสำหรับการพับตะเข็บ 2 ชั้น (Double Seam) แสดงดังภาพ 6.37 (F)

3.6.7Double Seam Stake มีแขนยื่นออกไปสั้นข้างหนึ่งยาวข้างหนึ่ง บริเวณส่วนปลายของแขนจะมีหัว ซึ่งอยู่ในระดับสูงกว่าแขนเล็กน้อย หน้าตัดของหัวจะมีลักษณะเป็นวงรี ใช้สำหรับเคาะขึ้นรูปตะเข็บก้นกระป๋อง (Bottom Seam) ดังแสดงในภาพที่ 6.37 (G)

3.6.8Round Head Stake ส่วนหัวจะมีรูปร่างกลมผิวด้านบนจะโค้งนูนเล็กน้อย ใช้สำหรับงานเคาะขึ้นรูป ดังแสดงในภาพที่ 6.37 (H)

3.6.9Hatch Stake จะมีแขนยื่นออกไปจากก้านข้างละเท่า ๆ กัน ขอบด้านบนจะมีการบากขอบข้างเดียว (Bevel One Side) ขอบด้านบนจึงมีลักษณะเป็นมุมแหลมและตรงตลอดความยาว ใช้สำหรับดัดงอแผ่นโลหะที่ต้องการรัศมีการดัดน้อย และใช้สำหรับพับขึ้นรูปขอบของงานที่มีลักษณะตรง ดังแสดงในภาพที่ 6.37 (I)

3.6.10Creasing Stake แขนข้างหนึ่งจะมีลักษณะกลมเรียวยาวออกไปอีกข้างหนึ่ง ผิวด้านบนจะมีลักษณะแบน มีร่องขนาดต่าง ๆ พาดผ่านเพื่อให้ลวดวางอยู่ในร่อง เหมาะสำหรับ การเข้าขอบลวดหรือเคาะตบแต่งชิ้นงานที่ประกอบลวดอยู่ ดังแสดงในภาพที่ 6.37 (J)

3.6.11 Needle Case Stake แขนที่ยื่นออกมาข้างหนึ่งจะมีลักษณะกลมเล็กและเรียวเหมาะสำหรับเคาะขึ้นรูปงานกลมหรือท่อขนาดเล็กหรือเคาะขึ้นรูปลวดให้เป็นแหวน (O-Ring) แขนอีกข้างหนึ่งจะมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่ยื่นยาวออกไปผิวด้านบนแบนราบ เหมาะสำหรับขึ้นรูปงานทั่วไปตามวัตถุประสงค์ ดังแสดงในภาพที่ 6.37 (K)

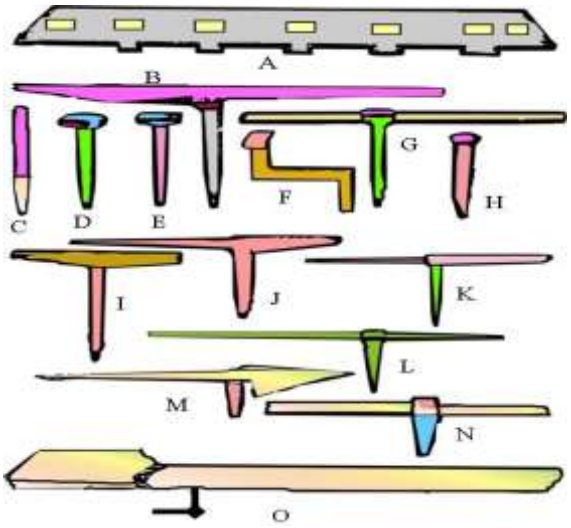
3.6.12 Candle Mold Stake มีแขนรูปร่างกลมเรียวยื่นออกไป 2 ข้าง มีความโตที่แตกต่างกันแขนด้านที่เรียวเล็กจะมีความยาวเป็น 2 เท่าของแขนอีกข้างหนึ่ง เหมาะสำหรับเคาะ ขึ้นรูปตะเข็บและย้ำหมุดของงานกลมที่มีความยาวมาก ดังแสดงภาพที่ 6.37 (L)

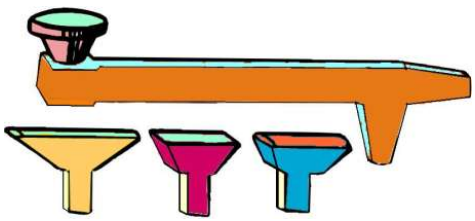
3.6.13 Blowhorn Stake ข้างหนึ่งจะมีลักษณะกลมเรียวยาวออกไป อีกข้างหนึ่งจะมีลักษณะเป็นส่วนโค้งใหญ่เรียวสั้น เหมาะสำหรับเคาะขึ้นรูปงานรูปกรวยขนาดใหญ่ ใช้ย้ำหมุด ย้ำตะเข็บและขึ้นรูปงานทั่วไป ดังแสดงในภาพ 6.37 (M)

3.6.14 Conductor Stake มีแขนที่ยื่นออกไปทั้งสองข้างเป็นรูปทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน ใช้สำหรับงานเคาะขึ้นรูป งานย้ำหมุดและงานย้ำตะเข็บท่อขนาดเล็ก ดังแสดงในภาพที่ 6.37 (N)

3.6.15 Hollow Mandrel Stake แขนข้างหนึ่งผิวด้านบนมีลักษณะโค้งขนาดใหญ่ อีกข้างหนึ่งผิวบนมีพื้นที่กว้างแบนราบ มีร่องอยู่ด้านใต้ตลอดความยาว มีสลักเกลียวเลื่อนอยู่ภายในร่องนั้นใช้สำหรับยึดกับโต๊ะ เหมาะสำหรับขึ้นรูปขอบของงานกลม งานย้ำหมุด เคาะตะเข็บ 2 ชั้น บริเวณมุม (Double Seaming Corner) ของกะทะหรือกล่อง ดังแสดงในภาพที่ 6.37 (O)

3.6.16 Double-Seaming Stake With Four Heads ใช้สำหรับเคาะตะเข็บ 2 ชั้น (Double Seam) งานที่มีขนาดใหญ่เนื่องจากมีขาเยื้องศูนย์ยากกว่าแบบอื่น มีหัวสำหรับเปลี่ยนตามลักษณะการใช้งาน 4 หัว ดังแสดงในภาพ



**4. เครื่องจักรในงานโลหะแผ่น (Machine in Sheet Metal)**

ในงานโลหะแผ่นมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องจักรต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการทำงาน ซึ่งเครื่องจักรเหล่านี้เหมาะสำหรับงานที่ต้องใช้แรงมาก ความรวดเร็วและความเที่ยงตรงในการทำงานของเครื่องจักรจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็วขึ้น เครื่องจักรที่ใช้ในงานโลหะแผ่น ประกอบด้วย เครื่องตัด เครื่องพับ เครื่องม้วนและเครื่องขึ้นรูป มีรายละเอียด ดังนี้

**4.1 เครื่องตัด**

4.1.1 เครื่องตัดตรงด้วยแรงเท้า (Squaring Shear) เครื่องตัดตรงชนิดนี้เหมาะสำหรับตัดเป็นเส้นตรงเท่านั้น ใบมีดกดตัดจะมีแรงเฉือนเหมือนกรรไกร ขนาดของเครื่องตัดจะมีความยาวใบตัด 3 ฟุต (91 ซม.) และ 4 ฟุต (122 ซม.) เครื่องตัดชนิดนี้ประกอบไปด้วยโครงเครื่อง (Bed) มีใบตัดจำนวน 2 ใบ แท่นท้าวเหยียบ เกจวัดระยะด้านหน้าเกจวัดระยะด้านหลัง และเกจตรวจสอบความขนานที่ด้านข้างทั้งสอง ดังแสดงในภาพ

4.1.2 เครื่องตัดตรงด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (Power Squaring Shear) เครื่องตัดตรงด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นเครื่องตัดชนิดตัดตรงที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ทำให้มอเตอร์หมุนส่งกำลังไปขับกลไก (Mechanic) ทำให้ใบมีดกดลงตามความต้องการ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างมากในการปฏิบัติงาน มิฉะนั้นอาจจะเกิดอันตรายได้ ดังแสดงในภาพ

**4.2 เครื่องพับ**

เครื่องพับโลหะแผ่น (Bending Sheet Machine) เป็นเครื่องจักรที่ช่วยการทำงานโลหะแผ่นเกี่ยวกับการพับขึ้นรูปได้อย่างรวดเร็ว เพื่อเป็นมุมต่าง ๆ ตามต้องการ และมีขนาดหลายรูปแบบเครื่องพับที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 ประเภท ดังนี้

4.2.1 เครื่องพับแบบ Brake มี 2 ชนิด ดังนี้

1) เครื่องพับ Cornice Brake เป็นเครื่องพับที่สามารถพับแผ่นโลหะได้ โดยไม่จำกัดความลึก ปากกดพับ (Top Nosebar) จะทำเป็นชิ้น ๆ ให้มีความกว้างแตกต่างกัน เพื่อนำมาประกอบใช้ในการพับกล่องขนาดใหญ่หรือพับแผ่นโลหะที่มีความหนามากและงานยาว ๆ ได้ดี เช่น รางน้ำ ท่อ พับเข้าตะเข็บหรือพับเข้าขอบลวด เป็นต้น ดังแสดงในภาพ

2) เครื่องพับกล่องและกระทะ (Box and Pan Brake Bending Machine) ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องคล้ายกับเครื่องพับแบบ Cornice Brake แตกต่างกันที่ใบกดพับ (Top Nosebar) ของเครื่องพับกล่องจะแยกออกเป็นชิ้น ๆ ได้ มีจำนวนหลายชิ้นให้เลือกใช้งาน เช่น มีความกว้างของปากตั้งแต่ 1 นิ้ว, 2 นิ้ว, 3 นิ้ว, 4 นิ้ว, 5 นิ้ว และ 6 นิ้ว เรียงกันเต็มตามความยาวของช่องพับ ซึ่งเราเรียกปากที่แยกเป็นชิ้นว่า Finger ดังแสดงในภาพ

4.2.2 เครื่องพับแบบบาร์โฟลเดอร์ (Bar Folder Bending Machine) เป็นเครื่องพับที่ใช้พับตะเข็บ (Seam) และพับขอบ (Hem) พับงานได้ไม่ลึก พับได้ง่ายและรวดเร็ว เครื่องพับชนิดนี้มีใช้งานตั้งแต่ขนาด 17 นิ้ว-60 นิ้ว ขนาดที่นิยมได้แก่ขนาด 21 นิ้ว 30 นิ้ว และ 36 นิ้ว พับเหล็กได้เบอร์ 22 การใช้งานปากของเครื่องจะเปิดเมื่อแขนยกของเครื่องตกลง และจะปิดเมื่อยกพับ โดยปากยืดได้ถึง 18 นิ้ว ด้านบนมีสเกลที่บอกความลึกของการพับดังแสดงในภาพ

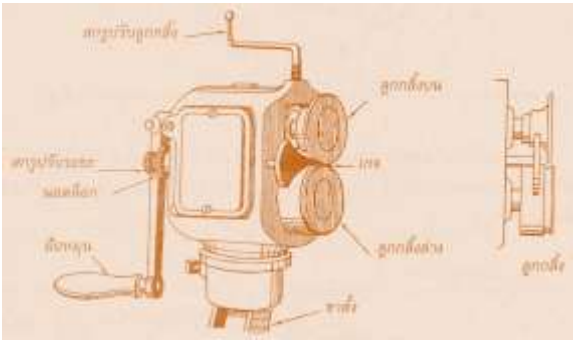
**4.3 เครื่องม้วน**

เครื่องม้วน (Slip-Roll Forming Machine) มีหน้าที่ใช้ม้วนขึ้นรูปโลหะแผ่นให้เป็นลักษณะโค้งต่าง ๆ เช่น ทรงกระบอก ท่องอ ท่อเรียว โดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ แบบ Roll Forming Machine ซึ่งเป็นแบบที่ลูกกลิ้งยึดติดกับโครงเครื่อง และแบบ Slip-Roll Forming Machine ชนิดนี้นิยมใช้มากกว่าแบบ Roll Forming Machine เครื่องม้วนแบบ Slip-Roll Forming Machine จะมีลูกกลิ้งจำนวน 3 ลูกคือ ลูกกลิ้งบน (Upper Roll) ลูกกลิ้งล่าง (Lower Roll) และลูกกลิ้งดัดให้เงย (Rear Roll) ประกอบอยู่บนโครงเหล็กหล่อ (Housing) การทำงานของเครื่องจะใช้มือหมุนลูกกลิ้งด้านหน้าสองลูกจะหมุนด้วยเฟือง (Gear) ในขณะที่ลูกกลิ้ง 2 ลูกด้านหน้าหมุนก็จะจับพาให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ไปด้วย ลูกกลิ้งที่ 3 ก็จะดันให้โลหะแผ่นเงยขึ้นเกิดการม้วนงอ การที่จะให้เกิดการม้วนมากหรือน้อยนั้น ต้องปรับที่สกรูสองตัวที่ด้านหลังของลูกกลิ้งตัวที่ 3 ส่วนลูกกลิ้งตัวที่ 2 ตัวแรก สามารถปรับให้พาชิ้นงานไปได้ด้วยสกรู 2 ตัว อยู่ด้านใต้ของโครง ดังแสดงในภาพ

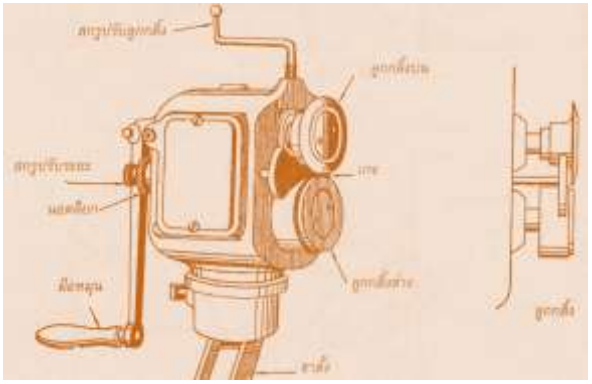
**4.4 เครื่องหมุนขึ้นรูป (Rotary Machine)**

เครื่องหมุนขึ้นรูปเป็นเครื่องที่ออกแบบมาเพื่อช่วยในการขึ้นรูปงานในโลหะแผ่นที่มีรูปร่างเป็นทรงกลม ไม่สามารถใช้เครื่องพับหรือเครื่องม้วนในการขึ้นรูปได้ สะดวกและรวดเร็วกว่าการขึ้นรูปด้วยมือ เครื่องหมุนขึ้นรูปมีหลายลักษณะขึ้นอยู่กับการใช้งาน และนิยมเรียกชื่อตามการใช้งาน ดังนี้

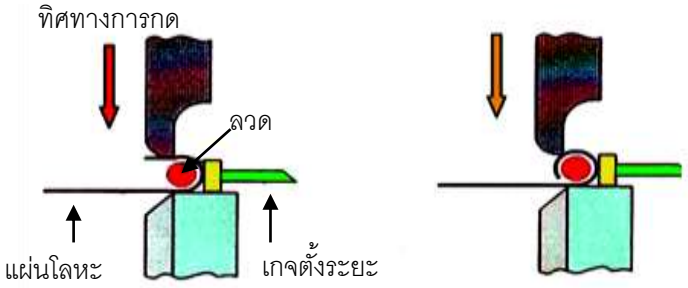
4.4.1 เครื่องหมุนทำร่อง (Turning Machine) เครื่องหมุนชนิดนี้ใช้สำหรับการขึ้นรูปขอบงานที่มีพื้นที่น้อย ใช้กับงานทรงกลมหรือทรงกระบอก และเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้กับชิ้นงาน เช่น การเข้าขอบลวด เป็นต้น ดังแสดงในภาพ



4.4.2 เครื่องขึ้นขอบ (Burring Machine) เครื่องชนิดนี้ใช้สำหรับขึ้นขอบงานที่มีพื้นที่น้อย ทำงานคล้ายกับเครื่องหมุนขึ้นรูปแต่จะมีขอบคมกว่าเหมาะสำหรับงานขนาดเล็กใช้สำหรับงานขึ้นรูปทรงกลมหรือทำตะเข็บของก้นกระป๋องดังแสดงใน ภาพ

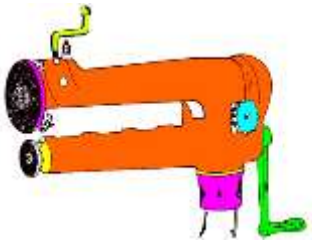


4.4.3 เครื่องเข้าขอบลวด (Wiring Machine) เครื่องชนิดนี้ใช้ทำงานต่อจากเครื่องหมุนทำร่อง สำหรับเข้าขอบลวดเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับชิ้นงาน ดังแสดงในภาพ

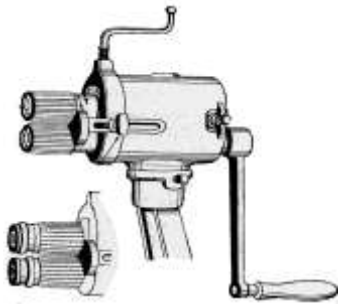



4.4.4 เครื่องรีดตะเข็บ (Setting Down Machine) เครื่องชนิดนี้ทำงานต่อจากเครื่องขึ้นขอบใช้บีบ กด หรือดัดจากขอบตะเข็บต่าง ๆ ของชิ้นงานรูปทรงกระบอก ดังแสดงในภาพ

4.4.5 เครื่องขึ้นรูปตะเข็บสองชั้น (Double Seam Machine) เครื่องชนิดนี้ใช้ทำงานต่อจากเครื่องรีดตะเข็บ ใช้สำหรับบีบหรือกดตะเข็บชั้นเดียวให้เป็นตะเข็บสองชั้น เช่น รีดตะเข็บก้นกระป๋อง เป็นต้น ดังแสดงในภาพ



4.4.6 เครื่องจีบท่อ (Crimping Machine) เครื่องชนิดนี้สำหรับลดขนาดของปลายท่อ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและสามารถสวมเข้ากับท่ออื่น ๆ ได้ ดังแสดงในภาพ



**สรุป**

ในการปฏิบัติงานโลหะแผ่นสิ่งที่ผู้ปฏิบัติงานจะต้องเรียนรู้และนำไปปฏิบัติได้อย่างเคร่งครัดมีอยู่หลายประการ แต่มีอยู่ประการหนึ่ง ถ้าหากไม่ศึกษาให้เข้าใจจะทำให้เกิดความเสียหายทั้งต่อตนเองเครื่องมือเครื่องจักร วัสดุอุปกรณ์ นั่นคือ ความปลอดภัยในงานโลหะแผ่น ดังนั้นจึงต้องศึกษาและนำไปปฏิบัติงานอย่างถูกวิธี ดังนี้

1. ความปลอดภัยในงานโลหะแผ่น
2. ความหมายของโลหะแผ่น (Sheet Metal)
    1.โลหะแผ่นเปลือย (Bare Sheet Metal)
    2.โลหะแผ่นเคลือบ (Coated Sheet Metal)
3. เครื่องมือในงานโลหะแผ่น
    3.1 เครื่องมือวัด (Measuring Tool)
        3.1.1 บรรทัดเหล็ก (Steel Ruler)
        3.1.2 ฉากเหล็ก (Steel Equal Angle)
        3.1.3 เกจวัดความหนาโลหะแผ่นและความโตลวด
    3.2 เครื่องมือร่างแบบ (Lay-Out)
        3.2.1 เหล็กขีด (Scriber)
        3.2.2 วงเวียนเหล็ก (Divider)
        3.2.3 วงเวียนเลื่อน (Trammel Point)
    3.3 เครื่องมือตัด
        3.3.1 กรรไกรแบบตัดผสม (Combination Snip)
        3.3.2 กรรไกรตัดตรง (Straight Snips)
        3.3.3 กรรไกรตัดโค้ง (Scroll Snips)
        3.3.4 กรรไกรอะเวียชัน (Aviation Snip)
        3.3.5 กรรไกรโยก (Lever Shear)
        3.3.6 กรรไกรไฟฟ้า
    3.4 เครื่องมือเจาะ (Punch)
        3.4.1 เหล็กเจาะรูชนิดแท่งตัน (Solid Punch)

3.4.2 เหล็กเจาะรูชนิดกลวง (Hollow Punch)

3.4.3 เครื่องเจาะรูด้วยมือ (Hand Punch)

3.4.4 เครื่องเจาะรูชนิดหมุนเปลี่ยนขนาดของรูเจาะ (Hand-Operated Turret Punch)

3.5 เครื่องมือช่วยขึ้นรูป (Hand Tool)

3.5.1 ค้อน (Hammer)

3.5.2 คีม (Pliers)

3.5.3 เหล็กย้ำตะเข็บ (Hand Groover)

3.5.4 เหล็กย้ำหัวหมุด (Rivet Set)

3.6 แท่นขึ้นรูป (Stakes)

4. เครื่องจักรในงานโลหะแผ่น (Machine in Sheet Metal)

4.1 เครื่องตัด

4.1.1 เครื่องตัดตรงด้วยแรงเท้า (Squaring Shear)

4.1.2 เครื่องตัดตรงด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (Power Squaring Shear)

4.2 เครื่องพับ

4.2.1 เครื่องพับแบบ Brake

4.2.2 เครื่องพับแบบบาร์โฟลเดอร์ (Bar Folder Bending Machine)

4.3 เครื่องม้วน

4.4 เครื่องหมุนขึ้นรูป (Rotary Machine)

4.4.1 เครื่องหมุนทำร่อง (Turning Machine)

4.4.2 เครื่องขึ้นขอบ (Burring Machine)

4.4.3 เครื่องเข้าขอบลวด (Wiring Machine)

4.4.4 เครื่องรีดตะเข็บ (Setting Down Machine)

4.4.5 เครื่องขึ้นรูปตะเข็บสองชั้น (Double Seam Machine)

4.4.6 เครื่องจีบท่อ (Crimping Machine)

## กิจกรรมการเรียนรู้

สัปดาห์ที่ 13 พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป

**ขั้นนำ** 1. แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น วิธีการเรียน วิธีการฝึกปฏิบัติการเตรียมความพร้อม และกิจกรรมในชั้นเรียน

2. แจ้งเกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้

**ขั้นสอน** : อธิบายเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป

1. นำเข้าสู่บทเรียน

2. ผู้สอนบรรยายเนื้อหาเกี่ยวกับพื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป การใช้เครื่องมือ เครื่องจักรงานโลหะแผ่น โดยให้ผู้เรียนสังเกตวิธีการใช้งานที่ถูกต้อง

3. ให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติพื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป การใช้เครื่องมือ เครื่องจักรงานโลหะแผ่น
4. ผู้เรียนปฏิบัติงานโลหะแผ่นส่งครูผู้สอนตรวจ

**ขั้นสรุป :** ทบทวนและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป

1. อธิบายเพิ่มเติมและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 6 พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป
2. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป

**ขั้นประเมินผล**

| | |
|---|---|
| คุณธรรม | 5 คะแนน |
| ใบงาน | 5 คะแนน |
| แบบทดสอบ | 5 คะแนน |
| แบบฝึกปฏิบัติ | 5 คะแนน |

**สื่อและแหล่งการเรียนรู้**

1. หนังสือ งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น : อาคม บุณยศิริวัฒน์ ธนิต ศิริสาคร และ สุรจิตร ตรุโนภาส. บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด ,2547.
2. ใบสรุปความรู้ประจำหน่วยการเรียนรู้
3. แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้
4. สื่อของจริง พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป เครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้ในงานโลหะแผ่น
5. หนังสือหรือตำราเรียนที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้อง

**หลักฐานการเรียนรู้**

แบบฝึกหัด

แบบฝึกปฏิบัติ

**การวัดและประเมินผล**

**เครื่องมือประเมิน**

8.1.1 ประเมินจากแบบฝึกหัดและใบงาน พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป

8.1.2 การสังเกตการณ์ปฏิบัติตามกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย

**เกณฑ์การประเมิน**

วัดผลสัมฤทธิ์จากแบบฝึกหัดและใบงานมีเกณฑ์ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ร้อยละ 80-100 | หมายถึง | 4 |
| ร้อยละ 75-79 | หมายถึง | 3.5 |
| ร้อยละ 70-74 | หมายถึง | 3.0 |
| ร้อยละ 65-69 | หมายถึง | 2.5 |
| ร้อยละ 60-64 | หมายถึง | 2.0 |
| ร้อยละ 55-59 | หมายถึง | 1.5 |
| ร้อยละ 50-54 | หมายถึง | 1.0 |
| ต่ำกว่าร้อยละ 0-49 | หมายถึง | 0 |

## บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

**ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้**

.....

.....

**ปัญหาที่พบ**

.....

.....

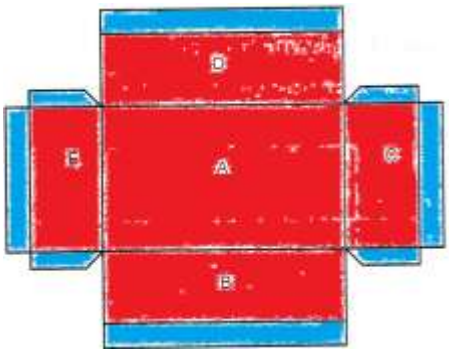
**แนวทางแก้ปัญหา**

.....

.....

## ใบงานที่

| | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานพับกล่องอย่างง่าย | เวลา ชั่วโมง |




**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. เตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ในงานพับกล่องได้
2. ปฏิบัติงานพับกล่องได้ถูกต้อง ประหยัด มีวินัย ปลอดภัยตามหลักอาชีวอนามัย

**เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์**

1. เสื้อคลุมหนัง
2. ปลอกแขน
3. ปลอกขา
4. ถุงมือหนัง
5. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบสวมหัว
6. หน้ากากเชื่อมไฟฟ้าแบบมือถือ
7. ลวดเชื่อมไฟฟ้า 2.6 มม.
8. ค้อนเคาะสแลก
9. แปรงลวด
10. แผ่นเหล็ก ขนาด 50X100X6 มม.
11. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า AC/DC

คำสั่ง :

1. จงปฏิบัติงานพับกล่องได้

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** พื้นฐานงานโลหะแผ่นั่วไป | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานพับกล่องอย่างง่าย | เวลา ชั่วโมง |

**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า เช่น ถุงมือหนัง ชุดเอี๊ยม หน้ากากเชื่อมไฟฟ้า ค้อนเคาะสแลก เป็นต้น |
| | 2.ตรวจเช็ค เครื่องมืออุปกรณ์ความปลอดภัย ว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีหรือไม่ |
| | 3.นักเรียนนำชิ้นงานเชื่อม 2 ชิ้นต่อกันเป็นรูปตัวทีงานเชื่อมจุดหัวท้าย<br>ส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 1 |
| | 4.ครูผู้สอนสาธิตการเตรียมชิ้นงานเชื่อมต่อตัวทีและปฏิบัติเชื่อมให้นักเรียนดูและบอกทักษะเทคนิคต่างๆในการเชื่อม |

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 5.ครูผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนฝึกปฏิบัติเชื่อมต่อตัวทีตามแบบที่กำหนด |
| | 6.นักเรียนเคาะสแลก ขัดทำความสะอาดชิ้นงานให้สะอาดเรียบร้อย ส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 2 |
| | 7.นักเรียนปิดสวิทช์เครื่องเชื่อม ม้วนเก็บสายเชื่อมให้เรียบร้อย เก็บอุปกรณ์ เครื่องมือความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า จัดเก็บในตู้ให้ครบถ้วน |

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานที่

| | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานพับกล่องอย่างง่าย | เวลา ชั่วโมง |

ชื่อ..... นามสกุล.....กลุ่ม.....เลขที่.....

| ลำดับที่ | จุดตรวจ | เต็ม | ทำได้ |
|---|---|---|---|
| 1. | เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ในงานเชื่อมได้ถูกต้องและครบถ้วน | 10 | |
| 2. | เตรียมชิ้นงานเชื่อมต่อตัวที ตัดได้ตามขนาด 50 x 100 มม. จำนวน 2 ชิ้น<br>- ตัดได้ตามขนาด 50 x 99.9 มม. จำนวน 2 ชิ้น<br>- ตัดได้ตามขนาด 50 x 98.9 มม. จำนวน 2 ชิ้น | 10<br>9<br>8 | |
| 3. | ตกแต่งขอบชิ้นงานทั้ง 4 ด้านได้เรียบ ฉาก ไม่บาดมือ<br>- ตกแต่งขอบไม่เรียบบาดมือ 1ชิ้น<br>- ตกแต่งขอบไม่เรียบบาดมือ 2ชิ้น | 10<br>9<br>8 | |
| 4. | การต่อชิ้นงานวางเป็นรูปตัวที เชื่อมจุดหัวท้ายได้ถูกต้อง | 10 | |
| 5. | การเชื่อมต่อตัวทีได้ตรงตามตำแหน่ง | 10 | |
| 6. | แนวเชื่อมได้ขนาดตามแบบที่กำหนด | 10 | |
| 7. | แนวเชื่อมไม่มีรอยตำหนิ ข้อบกพร่อง | 10 | |
| 8. | ปฏิบัติงานได้ตามเวลาที่กำหนด | 10 | |
| 9. | ความมีวินัยและกิจนิสัยในการปฏิบัติงาน<br>9.1. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัย | 12 | |
| | 9.2. การใช้และการจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.3. การบำรุงรักษาเครื่องมือ – อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.4. ความขยัน ความอดทนในการปฏิบัติงาน | 2 | |
| | 9.5. ความประหยัด ความพอเพียงและการมีส่วนร่วม | 2 | |
| **รวม** | | **100** | |

**เกณฑ์การให้คะแนน**

0 - 49 ปรับปรุง 50 - 59 พอใช้ 60 - 79 ดี 80 - 100 ดีมาก

**เกณฑ์ผ่าน** ผลรวมของคะแนนทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 50 %

**สรุปผลการปฏิบัติงาน**

1. คะแนนเต็ม.....คะแนน คะแนนที่ทำได้.....คะแนน
(คิดเป็นร้อยละ.....) ผลการประเมินตามเกณฑ์.....
2. ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ผู้ประเมิน.....

(นายนิโรจน์ เพ็งศรี)

**แบบบันทึกหลังการสอน**

สัปดาห์ที่.....วันที่.....รายวิชา.....รหัสวิชา.....

**บันทึกหลังการสอน**

**ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

1. เนื้อหาที่สอน.....
2. เวลา (เหมาะสมหรือไม่).....
3. กิจกรรมที่ใช้สอน (ตามแผนหรือไม่).....
4. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

**ผลการเรียนของนักเรียน**

5. จำนวนนักเรียน ชั้น.....แผนก.....เข้าเรียน.....คน ขาด.....คน
6. ผลสัมฤทธิ์การเรียนผ่านเกณฑ์.....คน ไม่ผ่านเกณฑ์.....คน
7. การมอบหมายหน้าที่และความรับผิดชอบ

.....

.....

8. บรรยากาศในการเรียน

.....

.....

9. ปัญหาและอุปสรรคการเรียนภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ.....

**ผลการสอนของครู**

10. ผู้สอน (สอนตามแผนหรือไม่).....
11. ปัญหาและอุปสรรคการสอนภาคทฤษฎีและปฏิบัติ

.....

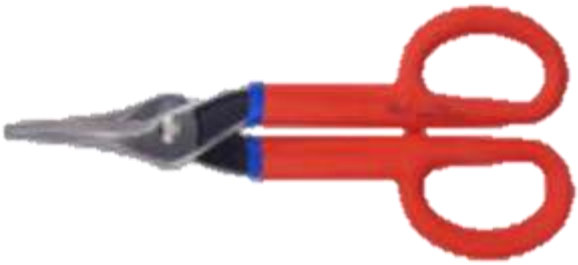
.....

(.....)

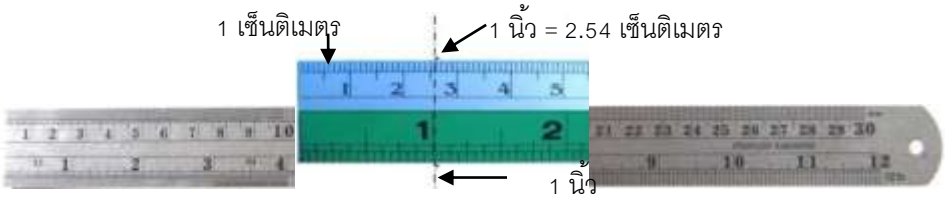
ครูผู้สอน

# สื่อการสอน หน่วยที่ 6
# พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป

# สื่อการสอน หน่วยที่ 6
# พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป



# สื่อการสอน หน่วยที่ 6
# พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป

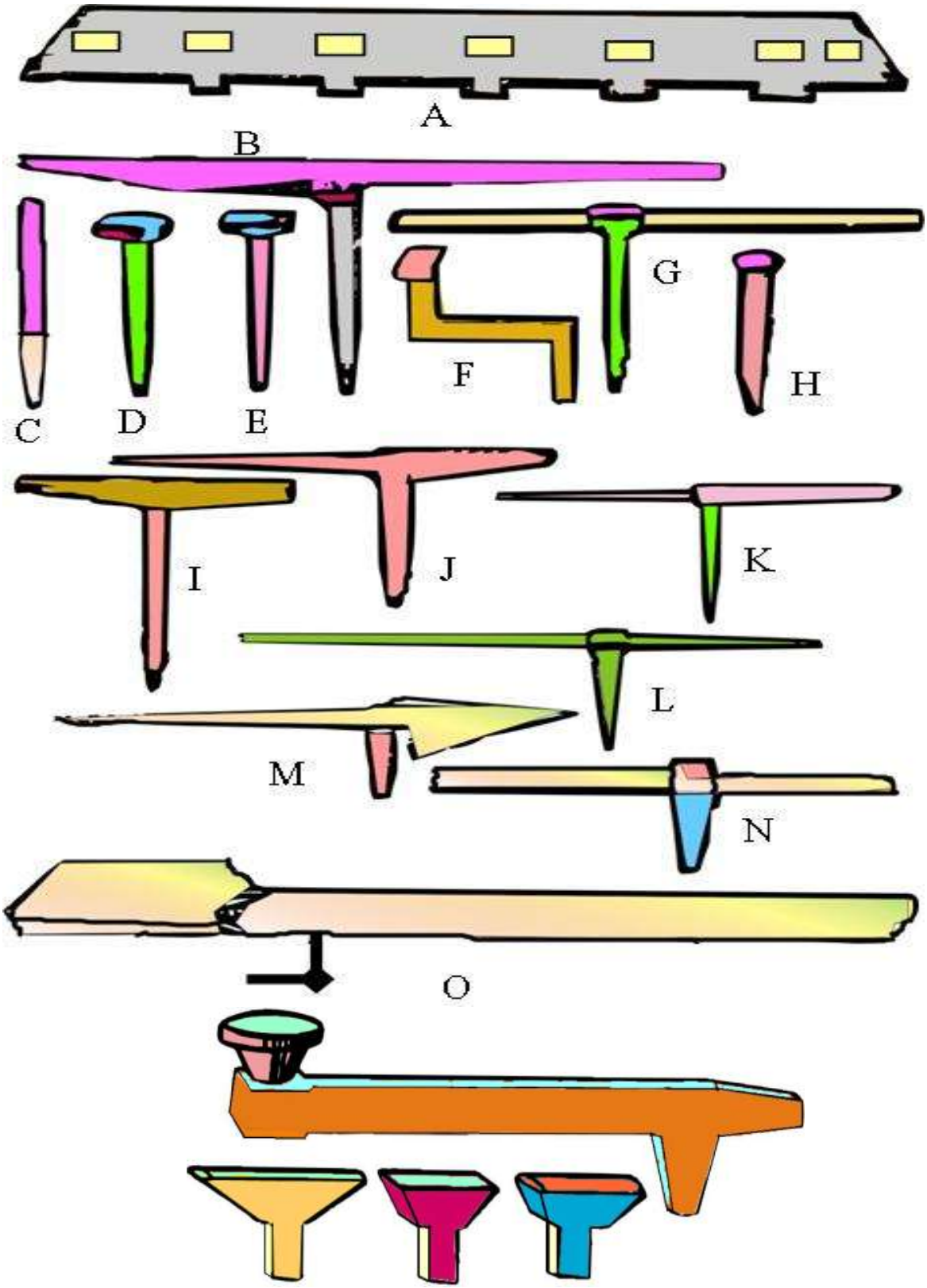


# สื่อการสอน หน่วยที่ 6
# พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป

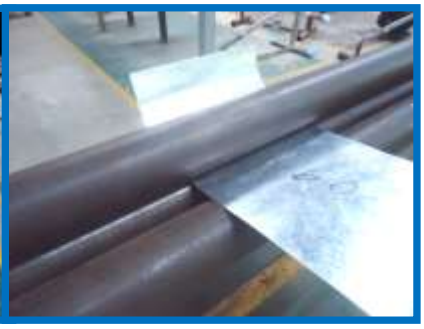
# สื่อการสอน หน่วยที่ 6
# พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป

# สื่อการสอน หน่วยที่ 6
# พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป

# สื่อการสอน หน่วยที่ 6
# พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป



# สื่อการสอน หน่วยที่ 6
# พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป



# แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยที่ 7

ชื่อวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัส 20100-1004 ระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

ชื่อหน่วย การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี จำนวน 8 ชั่วโมง

## สาระสำคัญ

งานประกอบโลหะแผ่นที่เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่สวยงาม มีความมั่นคงแข็งแรง และปลอดภัยต่อผู้ใช้นั้น มีขั้นตอนการทำงานหลายขั้นตอนและจำเป็นต้องอาศัยการทำขอบงาน ตะเข็บงาน การบัดกรีและการย้ำหมุด ซึ่งวิธีการทำงานทั้งหมดนี้มีหลายแบบหลายลักษณะ และมีความเหมาะสมกับชิ้นงาน แต่ละประเภทแตกต่างกัน ผู้ปฏิบัติการต้องศึกษาและฝึกปฏิบัติให้สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ทั้งต้องระมัดระวังอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงาน เพราะการปฏิบัติการประกอบผลิตภัณฑ์จากโลหะแผ่นนั้นจึงเป็นต้องใช้ความร้อนและสารเคมีอันตราย ในขณะปฏิบัติงานด้วย แต่อันตรายต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นสามารถป้องกันได้ หากผู้ปฏิบัติงานตระหนักและคำนึงถึงความปลอดภัยอยู่ตลอดเวลา

## สมรรถนะประจำหน่วยการเรียนรู้

1. แสดงความรู้การพับขอบโลหะแผ่น
2. แสดงความรู้การพับตะเข็บโลหะแผ่น
3. แสดงความรู้การบัดกรี (Soldering)

## จุดประสงค์การเรียนรู้

### จุดประสงค์ทั่วไป

1. แสดงความรู้การพับขอบโลหะแผ่น
2. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจการพับตะเข็บโลหะแผ่น
3. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจการบัดกรี (Soldering)

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายวิธีการพับขอบโลหะแผ่นได้
2. อธิบายวิธีการพับตะเข็บโลหะแผ่นได้
3. อธิบายวิธีการบัดกรี (Soldering)ได้
4. ปฏิบัติงานพับขอบ พับตะเข็บและบัดกรีได้

## สาระการเรียนรู้

**1. การพับขอบ (Hem)**

**1.1 การขอบพับเดี่ยว (Single Hem)**

การขอบพับเดี่ยว หมายถึง การขึ้นรูปชิ้นงานโดยการพับที่ขอบของโลหะแผ่นเพียงชั้นเดี่ยว อาจจะทำโดยใช้เครื่องพับหรือพับด้วยมือก็ได้ การทำขอบงานชั้นเดียวเป็นการเพิ่มความแข็งแรงและความเรียบของขอบงาน นิยมทำกันมากเพราะทำได้ง่ายและรวดเร็ว ดังแสดงในภาพ

สูตร ระยะเผื่อการพับเท่ากับความกว้างของขอบพับที่ต้องการ

A = W

A = ระยะเผื่อ

W = ความกว้างของขอบงาน

**1.2 การพับขอบคู่ (Double Hem)**

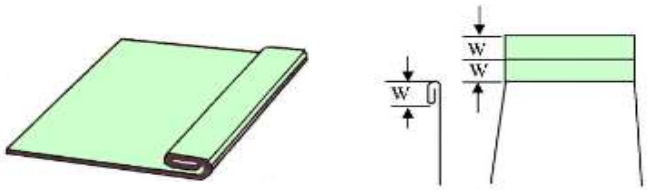
การขอบพับคู่ หมายถึง การขึ้นรูปชิ้นงานโดยการพับที่ขอบโลหะสองชั้นขนานกัน จะทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นกว่าขอบงานชั้นเดียว ซึ่งการพับจะใช้เครื่องพับฉากหรือเครื่องพับแบบมาตรฐานก็ได้ ดังแสดงในภาพ

สูตร ระยะเผื่อการพับเท่ากับสองเท่าของขอบพับที่ต้องการ

A = 2W

A = ระยะเผื่อ

W = ความกว้างของขอบงาน



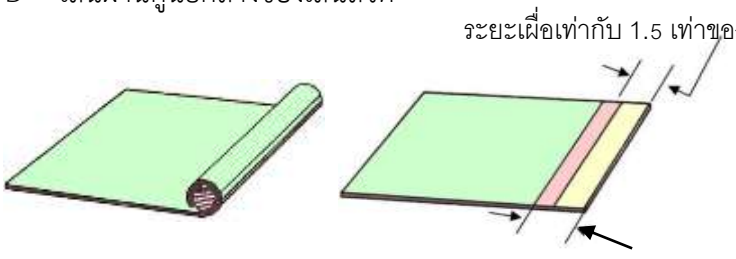

**1.3 การพับขอบเพื่อเข้าขอบลวด (Wired Edge)**

ขอบลวด หมายถึง การขึ้นรูปชิ้นงานโดยการพับขอบของโลหะแผ่นให้ล้อมรอบเส้นลวด การเข้าขอบลวดที่ขอบของงานทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงมากกว่าขอบชั้นเดียวและสองชั้น สำหรับการพับเพื่อเข้าขอบลวดนั้น จะต้องมีการเผื่อขนาดของขอบงานไว้เท่ากับ 2.5× ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลวด โดยเขียนเส้นขนานกับขอบของโลหะแผ่น ดังแสดงในภาพ

สูตร ระยะเผื่อในการเข้าขอบลวดขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดที่ใช้ A = 2.5D

A = ระยะเผื่อ

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวด

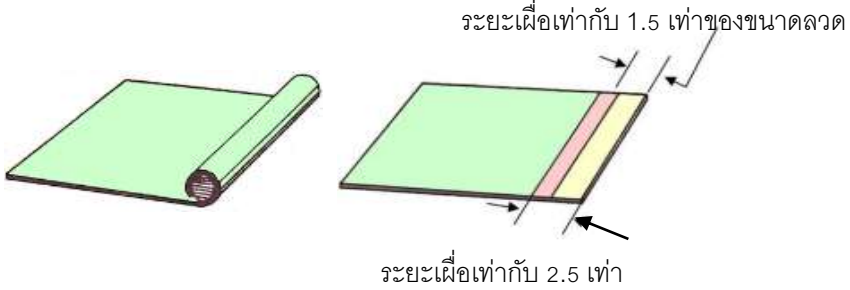


**1.4 การเข้าขอบลวด (Wired Edge)**

การเข้าขอบลวดที่ขอบงานผลิตภัณฑ์นี้ เพื่อให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงมากกว่าการพับขอบสองชั้น มีความปลอดภัยและสวยงาม ผลิตภัณฑ์ที่นิยมการเข้าขอบลวด เช่น ถังน้ำ กระป๋อง หม้อก๋วยเตี๋ยว กล่องโคมไฟ เป็นต้น ระยะเผื่อในการเข้าขอบลวด ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดที่ใช้ ซึ่งมีขั้นตอนการเข้าขอบลวด ดังนี้

1.4.1 การเตรียมขอบและการเผื่อระยะของการเข้าขอบลวด งานเข้าขอบลวด จำเป็นจะต้องมีการเตรียมพับและระยะเผื่อ โดยการเตรียมขอบพับสามารถขึ้นรูปได้ด้วยมือ เครื่องพับและเครื่องหมุนขึ้นรูป การคำนวณหาระยะเผื่อของการเข้าขอบลวดสามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

A = 2.5 × ขนาด ∅ ของลวด (D) สำหรับโลหะแผ่นที่หนาน้อยกว่าเบอร์ 24 (0.6 มม.) หรือ A = 2.75 × ขนาด ∅ ของลวด สำหรับโลหะแผ่นที่มีความหนามากกว่าเบอร์ 24 ดังแสดงในภาพ



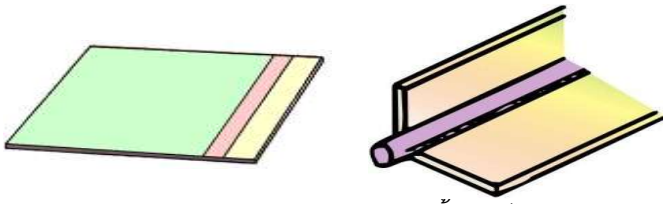

1.4.2 การเข้าขอบลวดแนวตรง การเข้าขอบลวดแนวตรงก่อนนำชิ้นงานไปม้วนขึ้นรูป ต้องปฏิบัติดังนี้

1)ร่างแบบของขอบพับลงบนแผ่นโลหะโดยเผื่อขนาดเท่ากับ 2.5 × ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลวด

2)พับขอบของชิ้นงาน

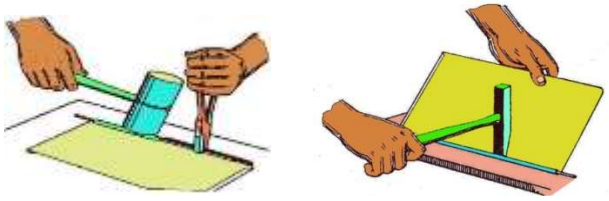
3)ตัดลวดตามความยาวที่ถูกต้องด้วยคีมตัดลวด (ห้ามใช้กรรไกรตัดลวด)

4)นำลวดมาวางให้แนบชิดเข้ากับขอบพับ ดังแสดงในภาพ



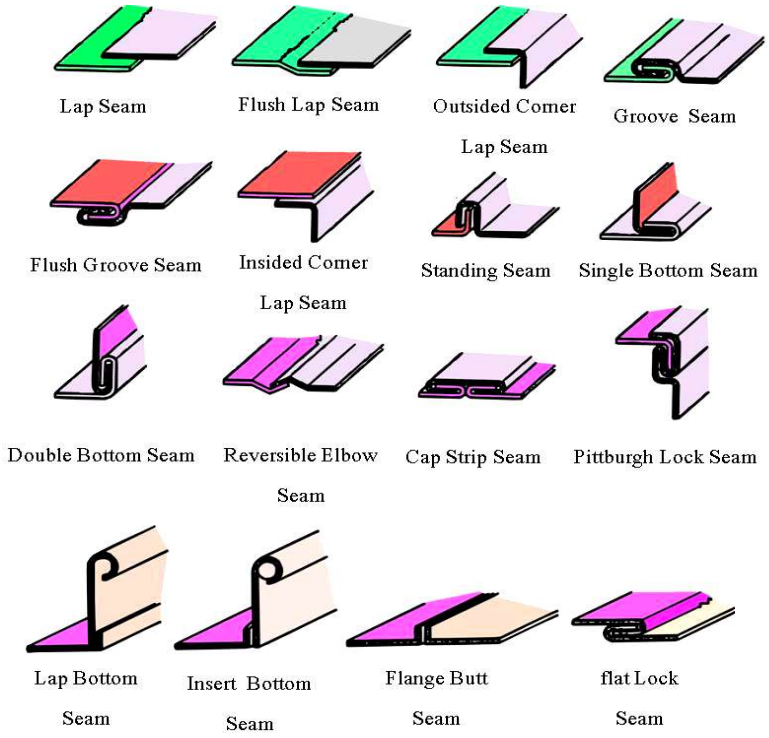
5) เริ่มต้นพับขอบโดยใช้ค้อนหัวยางเคาะขอบชิ้นงานไปตามความยาวลวดส่วนปลายอีกด้านหนึ่งให้ใช้คีมจับยึดแผ่นโลหะกับลวดไว้ไม่ให้ขยับ

6) ใช้ค้อนเคาะตะเข็บปรับแต่งแนวตะเข็บเบา ๆ ไปตามความยาวลวดจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ ดังแสดงในภาพ



**2. การพับตะเข็บ (Seam)**

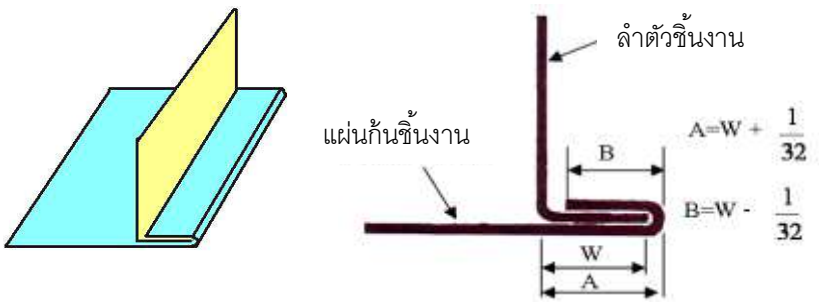
ตะเข็บงานผลิตภัณฑ์โลหะแผ่น ทำหน้าที่ยึดชิ้นงานโลหะแผ่นให้ติดกัน หรือใช้ประกอบขึ้นรูปงานผลิตภัณฑ์ ตะเข็บงานโลหะแผ่นมีหลายแบบ แต่ละแบบมีขนาดรูปร่างตลอดจนความสวยงามและความแข็งแรง แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับการออกแบบงานผลิตภัณฑ์ ว่าต้องการใช้ตะเข็บแบบใดในการประกอบขึ้นรูปงาน ตะเข็บในการใช้งานมีชื่อเรียกและลักษณะแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพ




**2.1 การพับตะเข็บเดี่ยว (Single Seam)**

ตะเข็บเดี่ยว หมายถึง ตะเข็บที่มีการพับขอบของโลหะแผ่นให้ตั้งฉากกับผิวของชิ้นงาน สามารถทำการพับได้โดยใช้เครื่องมือและเครื่องจักรช่วยการพับ จะพับเป็นตะเข็บในลักษณะตั้งฉาก โดยจะตั้งฉากกับด้านก้นของงานใช้ในการต่องานสองชิ้นเข้าด้วยกัน และทำฝาปิดงานต่าง ๆ โดยตะเข็บชนิดนี้ จะใช้ได้ดีกับลักษณะงานที่ป้องกันการซึมของน้ำหรืองานจับยึดที่ไม่ต้องการความแข็งแรงสูง ตะเข็บเดี่ยวสามารถใช้ต่อยึดชิ้นงานได้หลายลักษณะด้วยกัน เช่น การต่อยึดส่วนปลายของชิ้นงาน การประกอบฝาปิดบนและล่างของผลิตภัณฑ์ทรงกระบอกหรือกล่องสี่เหลี่ยม เป็นต้น

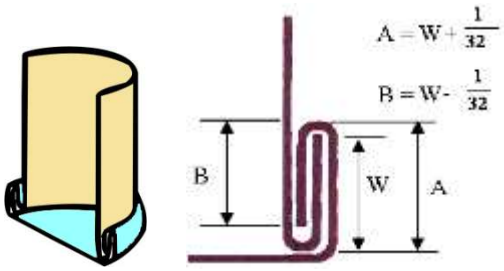
การเผื่อระยะของการพับตะเข็บเดี่ยวเป็นลำตัวของชิ้นงานจะมีค่าเท่ากับความกว้างของตะเข็บ (W) ส่วนชิ้นงานอีกชิ้นจะเผื่อระยะไว้ข้างละสองเท่าของความกว้างตะเข็บ (2×W) ดังแสดงในภาพ



**2.2 การพับตะเข็บคู่ (Double Seam)**

ตะเข็บคู่ หมายถึง ตะเข็บเดี่ยวที่มีการพับ 2 ครั้งเหนือลำตัวของชิ้นงาน ตะเข็บคู่คล้ายกับตะเข็บเดี่ยว แต่ตะเข็บคู่จะพับเลยจากมุม 90° ไปจนชิดติดกับลำตัวของงาน ซึ่งเป็นการเพิ่มความแข็งแรงแก่ชิ้นงานมากยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องทำการบัดกรี ถ้างานบางอย่างที่ต้องใส่น้ำหรือของเหลวอย่างอื่นต้องทำการบัดกรีด้วย เช่น กล่องสี่เหลี่ยมชิ้นงาน ทรงกระบอก งานท่อ เป็นต้น ดังแสดงในภาพ

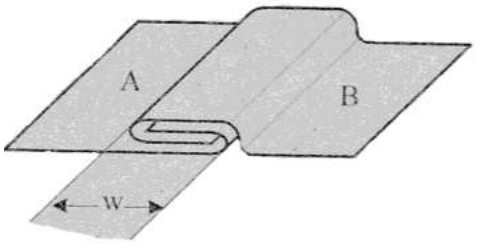
A = 3/16 + 1/32 = 7/32 นิ้ว และ A = 3/16 -1/32 = 5/32 นิ้ว




จากภาพที่ 7.9 ระยะเผื่อของตะเข็บบนลำตัวของชิ้นงานจะมีค่าเท่ากับ W และระยะเผื่อบนชิ้นงานอีกชิ้นจะมีค่าเท่ากับ 2×W แต่จะมีความแตกต่างกันคือ A จะมีค่ามากกว่า W เท่ากับ1/32 นิ้ว ส่วน B จะมีค่าน้อยกว่า W เท่ากับ 1/32 นิ้ว เช่น ถ้ากำหนดความกว้าง = 3/16 นิ้ว เป็นต้น

**2.3 การพับตะเข็บล็อก (Groove Lock Seam)**

ตะเข็บล็อกมีใช้กันโดยทั่วไปเพื่อยึดงานโลหะแผ่นแบบทรงกระบอกกลมหรืองานเหลี่ยมเข้าด้วยกัน การพับตะเข็บชนิดนี้จะต้องพับขอบงานทั้งสองข้างที่จะต้องนำมาต่อเข้าด้วยกัน ขอบแต่ละข้างที่พับแล้วเรียกว่า Lock แล้วนำทั้งสองข้างมาเกี่ยวกัน ทำตะเข็บล็อกให้แน่นติดกันโดยใช้เครื่องมือ ล็อกตะเข็บซึ่งเรียกว่า Hand Grooved หรือ Grooving Machine ตะเข็บจมสองชั้นสามารถทำได้ทั้งด้านนอกและด้านในของงาน เรียกว่า Inside Grooved Seam ผิวด้านบนของตะเข็บจะเรียบ ดังแสดงในภาพ




ชิ้นส่วน A = W
ชิ้นส่วน B = 2W
หรือใช้สูตรในการเผื่อ
ระยะเผื่อด้านละ = $\frac{3W}{2}$

**3. การบัดกรี (Soldering)**

การบัดกรีเป็นกระบวนการต่อโลหะให้ โดยมีตัวประสานที่มีจุดหลอมละลายต่ำ ประสานให้ชิ้นงานติดกันโดยที่ชิ้นงานไม่หลอมละลาย การบัดกรีมี 2 ชนิด ได้แก่ การบัดกรีแข็ง (Hard Soldering) และการบัดกรีอ่อน (Soft Soldering) ในที่นี้ขอนำเสนอรายละเอียดเฉพาะการบัดกรีอ่อนเท่านั้นและต่อไปนี้จะเรียกว่า การบัดกรี

**3.1 ความหมายของการบัดกรี**

การบัดกรี หมายถึง การต่อโลหะชิ้นงานให้ยึดติดกันด้วยโลหะบัดกรี (Solder) เป็นตัวประสานและมีน้ำประสาน (Flux) เป็นตัวช่วยประสาน ความร้อนที่ได้เกิดจากหัวแร้งหลอมละลายตัวประสานที่มีจุดหลอมละลาย

ต่ำ โดยที่โลหะชิ้นงานจะไม่เกิดการหลอมละลาย งานบัดกรี โดยทั่วไปจะใช้กับแผ่นโลหะบาง เหมาะสำหรับงานซึ่งไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก เช่น เครื่องประดับ งานเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์หรืองานป้องกันรอยรั่วซึม เป็นต้น เนื่องจากงานบัดกรีนั้น โลหะประสานจะซึมแล่นเข้าไปในรอยต่อ และเกิดการบิดตัวน้อย เนื่องจากการบัดกรีใช้ความร้อนน้อย (ไม่เกิน 450°C)

**3.2 ความปลอดภัยในงานบัดกรี**

ในการบัดกรีผู้ปฏิบัติงานต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะจะต้องจะต้องอยู่กับความร้อนและสารพิษ เช่น น้ำกรด ไอระเหยจากสารตะกั่ว ดังนั้นในการปฏิบัติงานจะต้องศึกษารายละเอียดและเตรียมความพร้อมดังนี้

1. พื้นที่ในการบัดกรีต้องมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก

2. ตรวจสอบวัสดุ อุปกรณ์ให้มีความพร้อม เช่น ในกรณีใช้หัวแร้งไฟฟ้า ต้องตรวจสอบว่าสายไฟชำรุดหรือไม่ เป็นต้น

3. การผสมน้ำประสานควรสวมถุงมือทุกครั้งและควรเติมน้ำลงในภาชนะก่อนแล้วจึงเติมน้ำกรดตาม

4. ในกรณีโดนน้ำประสานกระเด็นถูกผิวหนัง ต้องล้างด้วยน้ำสะอาดอย่างรวดเร็ว ให้ระวังไอระเหยจากสารตะกั่วในการบัดกรี

**3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการบัดกรี**

3.3.1 ความร้อนและหัวแร้ง ความร้อนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการบัดกรี เพราะหัวแร้งไม่ว่าจะเป็นหัวแร้งไฟฟ้า (Electric Soldering) หรือหัวแร้งทองแดง (Copper Soldering) ก็ตาม จะต้องได้รับความร้อนเพื่อถ่ายทอดไปยังชิ้นงาน ส่วนใหญ่ในงานโลหะแผ่น ส่วนใหญ่ใช้หัวแร้งทองแดงในการบัดกรี ส่วนหัวแร้งไฟฟ้าจะใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ความร้อนที่ใช้กับหัวแร้งทองแดง มาจากแหล่งต่าง ๆ เช่น เตาแก๊ส (Gas Furnace) เป็นต้น ความร้อนที่ใช้ในการบัดกรี มีการให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน 2 วิธี ดังนี้

1) การให้ความร้อนโดยตรง การให้ความร้อนโดยตรง เป็นการนำแหล่งกำเนิด ความร้อนมาใช้ในการบัดกรีทางตรงหรือหัวแร้งที่เกิดความร้อนในตัวเอง ได้แก่ หัวแร้งไฟฟ้า หัวแร้งแก๊ส หัวแร้งน้ำมันและความร้อนของเปลวไฟที่ออกมาจากทอร์ช (Torch) หัวแร้งชนิดนี้จะให้ความร้อนในการบัดกรีด้วยอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ ดังแสดงในภาพ

2) การให้ความร้อนโดยอ้อม

2) การให้ความร้อนโดยอ้อม เป็นการให้ความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อน ไปยังชิ้นงานโดยส่งผ่านทางวัสดุตัวนำความร้อนที่ดี ได้แก่ หัวแร้งแบบใช้เผา หัวแร้งชนิดนี้จะทำด้วยทองแดง เพราะทองแดงเป็นตัวนำความร้อนที่ดี แต่บางชนิดก็ใช้เหล็กหรือทองเหลืองทำ รูปร่างมีหลายแบบ น้ำหนักของหัวแร้งกำหนดเป็นกรัม เช่น ขนาด 100 กรัม 150 กรัม เป็นต้น การใช้งานของหัวแร้งเผาจะต้องใช้ร่วมกับแหล่งความร้อน อาจเป็นเตาแก๊สหรือเตาเผาก็ได้โดยนำหัวแร้งลงเผาในเตาถ่าน ซึ่งมีพัดลมเป่าให้ความร้อนจนกว่าหัวแร้งจะร้อนแดง แล้วจึงนำไปบัดกรี หลังจากเสร็จการใช้แล้วควรแหย่หัวแร้งเข้าไปในเตาอย่างเดิมเพื่อให้ร้อนอยู่ตลอดเวลาสำหรับจะนำไปบัดกรีต่อไป ดังแสดงในภาพ

3.3.2 โลหะบัดกรี (Solder) โลหะบัดกรีที่ใช้มีหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันคือตะกั่วบัดกรี ตะกั่วบัดกรีเป็นการผสมระหว่างดีบุก (Tin) กับตะกั่ว (Lead) จุดหลอมเหลวของตะกั่วบัดกรีแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของโลหะทั้งสอง ตะกั่วบัดกรีที่นิยมใช้กันมากแบ่งตามสัดส่วนผสมโดยน้ำหนักแบ่งตามสัดส่วนผสมโดย น้ำหนักมี 3 ชนิด คือ

1) ตะกั่วบัดกรี 50/50 หมายถึง ตะกั่วบัดกรีประกอบไปด้วยดีบุก 50% และตะกั่ว 50% โดยน้ำหนัก มีจุดหลอมเหลว ประมาณ 414°F (215°C) เป็นชนิดที่ใช้กันมากในงานโลหะแผ่น คุณภาพปานกลาง

2) ตะกั่วบัดกรี 40/60 หมายถึง ตะกั่วบัดกรีประกอบไปด้วยดีบุก 40% และตะกั่ว 60% โดยน้ำหนัก มีจุดหลอมเหลว ประมาณ 460°F (235°C) ตะกั่วบัดกรีชนิดนี้คุณภาพไม่ดีเท่ากับชนิดแรก มีสีดำคล้ำ บัดกรีได้ยากราคาถูก ไม่เหมาะสำหรับผู้เริ่มฝึกบัดกรี

3) ตะกั่วบัดกรี 60/40 หมายถึง ตะกั่วบัดกรีประกอบไปด้วยดีบุก 60 % และตะกั่ว 40% โดยน้ำหนักมีจุดหลอมเหลวประมาณ 370°F (190°C) ตะกั่วบัดกรีชนิดนี้มีคุณภาพดีที่สุด การบัดกรีได้แข็งแรงและรวดเร็ว ดีกว่าอีก 2 ชนิดแรก มีสีขาวราคาค่อนข้างแพง

ปกติการอ่านค่าอัตราส่วนผสมของตะกั่วบัดกรีระหว่างดีบุกกับตะกั่ว อัตราส่วนผสมตัวแรกจะเป็นของดีบุกเสมอ รูปร่างของตะกั่วบัดกรี ดังแสดงในภาพ

**ตารางที่ 7.1 แสดงชนิดของโลหะประสานที่เหมาะสมกับชนิดของโลหะงาน**

| ชนิดของโลหะงาน | ชนิดของโลหะประสาน |
|---|---|
| อะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมผสม | แคดเมียม-สังกะสี (Cadmium - Zinc) |
| แผ่นทองแดงต้องการความแข็งแรงสูงและทองแดงผสม เหล็กเหนียวและเหล็กไร้สนิม | แคดเมียม-เงิน (Cadmium - Silver) |
| ทองแดงและทองแดงผสมเหล็กเหนียว | ดีบุก-แอนติโมนี (Tin - Antimony) |
| ทองแดงและทองแดงผสม เหล็กเหนียว และแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี | ดีบุก-ตะกั่ว (Tin - Lead) |

**ที่มา: นริศ ศรีเมฆ และพิชัย โอภาสอนันต์, 2551, หน้า 266**

3.3.3 น้ำประสาน (Flux)

น้ำประสาน (Flux) ใช้สำหรับทำความสะอาดผิวงานและป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนขณะบัดกรี และเพื่อให้ตะกั่วฉาบยึดติดแน่นกับชิ้นงาน น้ำประสาน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) ประเภทกัดกร่อน (Corrosive) เช่น สังกะสีคลอไรด์ (Zinc Chloride Acid) หรือกรดเกลือ (Muriatic Acid) เกลือแอมโมเนีย (Salt Ammonia) เป็นต้น

1.1) สังกะสีคลอไรด์ (Zinc Chloride Acid) กรดสังกะสีคลอไรด์เป็นน้ำประสานชนิดกัดกร่อน ใช้บัดกรีโลหะต่างๆ เช่น เหล็ก ดีบุก แผ่นสังกะสี ทองเหลือง สมบัติของน้ำประสานชนิดนี้ ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี เวลาใช้งานต้องระมัดระวังไม่ให้โดนผิวหนัง หรือหายใจสูดควันเข้าไปจะเป็นอันตราย

1.2) กรดไฮโดรคลอริค (Hydrochloric Acid) หรือกรดเกลือ (Muriatic Acid) กรดไฮโดรคลอริคหรือกรดเกลือ เป็นน้ำประสานชนิดกัดกร่อน เป็นกรดเข้มข้น มีสีเหลือง เหมาะสำหรับการบัดกรีเหล็กเคลือบสังกะสี จะเก็บอยู่ในภาชนะแก้วหรือพลาสติก

1.3) เกลือแอมโมเนียม (Salt Ammonia) มีลักษณะเป็นผลึกไม่มีสี ไม่มีกลิ่น หรือเป็นผงแกรนูลสีขาว มีรสเค็ม ดูดความชื้นจากอากาศทำให้เป็นก้อนแข็ง ใช้สำหรับชุบเหล็กด้วยสังกะสี ตะกั่วในถ่านไฟฉาย ทำสีย้อม ผสมในสารทำความเย็น ทำความสะอาดหัวแร้ง ฟอกหนังและใช้เป็นตัวประสาน (Flux) ได้ดี

2) ประเภทไม่กัดกร่อน (Non Corrosive) เช่น ไขสัตว์ ยางสน เป็นต้น

ยางสน (Resin) เป็นน้ำประสานชนิดไม่กัดกร่อน นำไปผสมกับตะกั่วชนิดเส้น เพื่อใช้บัดกรีทางด้านอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยใส่ยางสนเข้าไปในลวดบัดกรี ทำให้ไม่ต้องทำความสะอาดรอยบัดกรีในภายหลัง ยางสนเหมาะสำหรับการบัดกรีแผ่นดีบุกและทองแดง เป็นต้น

3) สมบัติของน้ำประสาน ได้แก่

3.1) ช่วยในการทำความสะอาด ขจัดไขมันและออกไซด์ที่ผิวหน้าโลหะ

3.2) ช่วยในการป้องกันไม่ให้ตะกั่วเกิดการรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศ

3.3) ช่วยในการนำพาให้ตะกั่วมีอัตราการหดตัวต่ำและแล่นประสานเข้าไปภายในรอยต่อได้ดี

**ตารางที่ 7.2 แสดงการเลือกใช้น้ำประสานกับชนิดของโลหะ**

| โลหะงาน (Metal work) | น้ำประสาน (Flux) |
|---|---|
| แผ่นดีบุก, แผ่นสังกะสี, เหล็ก, ทองเหลือง | กรดสังกะสีคลอไรด์ (Zince Chloride Acid) |
| แผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี (Galvanizing) | กรดไฮโดรคลอริก ( Hydrochloric Acid)<br>หรือกรดเกลือ (Muriatic Acid) |
| แผ่นดีบุก, ทองแดง, ดีบุกผสมตะกั่ว | ยางสน (Resin) |

**ที่มา: นริศ ศรีเมฆ และพิชัย โอภาสอนันต์, 2551, หน้า 268**

3.3.4 เครื่องมือทำความสะอาด

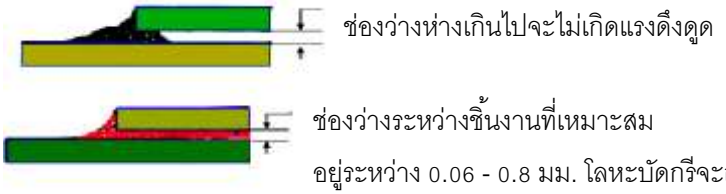
หัวแร้งบัดกรีเมื่อใช้ไปได้ระยะเวลาหนึ่งจะเกิดการกัดกร่อนและชำรุด หัวแร้งที่ทู่เกินไป หรือมีรูปร่างไม่เหมาะสมจะทำให้แนวบัดกรีมีขนาดใหญ่และรอยบัดกรีสกปรก ดังนั้นต้องหมั่นดูแลทำความสะอาดและตกแต่งให้หัวแร้งอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ โดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาด ดังแสดงในภาพ

**3.4 ขั้นตอนการบัดกรี**

1. เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ให้พร้อม เช่น หัวแร้ง โลหะบัดกรี น้ำประสาน เครื่องมือทำความสะอาด เป็นต้น โดยเลือกให้เหมาะสมกับชิ้นงาน

2. ทำความสะอาดหัวแร้งและชิ้นงานให้ปราศจากสนิม คราบไขมัน เป็นต้น

3. เว้นช่องว่างของชิ้นงานให้เหมาะสม (ประมาณ 0.06-0.8 มม.) เพื่อให้โลหะบัดกรีซึมแล่นเข้าไปในช่องว่างของชิ้นงานได้อย่างมีคุณภาพ



4. ทาน้ำยาประสานบริเวณที่จะบัดกรี

5. นำหัวแร้งที่เผาจนได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิที่พอเหมาะไปแตะกับตะกั่วบัดกรีหรือเรียกว่าการฉาบหัวแร้ง (Tinning)

6. บัดกรียึดชิ้นงาน (Tack)

7. บัดกรีแนวจากขอบชิ้นงาน ถ้าหัวแร้งมีความร้อนลดลงให้เผาหัวแร้งใหม่ และฉาบหัวแร้งอีกครั้ง แล้วบัดกรีจนสุดแนว

8. ทำความสะอาดชิ้นงาน

**สรุป**

ขอบงาน ตะเข็บงานและการบัดกรี มีหัวข้อที่จะต้องศึกษาให้เข้าใจและนำไปปฏิบัติดังนี้

**1. การพับขอบ (Hem)**

1.1 การขอบพับเดี่ยว (Single Hem)

1.2 การพับขอบคู่ (Double Hem)

1.3 การพับขอบเพื่อเข้าขอบลวด (Hem for Wired Edge)

1.4 การเข้าขอบลวด (Wired Edge)

1.4.1 การเตรียมขอบและการเผื่อระยะของการเข้าขอบลวด

1.4.2 การเข้าขอบลวดแนวตรง

**2. การพับตะเข็บ (Seam)**

2.1 การพับตะเข็บเดี่ยว (Single Seam)

2.2 การพับตะเข็บคู่ (Double Seam)

2.3 การพับตะเข็บล็อก (Groove Seam)

**3. การบัดกรี (Soldering)**

3.1 ความหมายของการบัดกรี

3.2 ความปลอดภัยในงานบัดกรี

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการบัดกรี

3.3.1 ความร้อนและหัวแร้ง

3.3.2 โลหะบัดกรี

3.3.3 น้ำประสาน

3.3.4 เครื่องมือทำความสะอาด

3.4 ขั้นตอนการบัดกรี

## กิจกรรมการเรียนรู้

สัปดาห์ที่ 14 – 15 การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี

**ขั้นนำ** 1. แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น วิธีการเรียน วิธีการฝึกปฏิบัติ การเตรียมความพร้อม และกิจกรรมในชั้นเรียน

2. แจ้งเกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้

**ขั้นสอน** : อธิบายเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี

1. นำเข้าสู่บทเรียน
2. ผู้สอนบรรยายเนื้อหา ถาม ตอบ การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี
3. ครูผู้สอนสาธิตการพับขอบงาน การพับตะเข็บ และการบัดกรี โดยให้ผู้เรียนสังเกตวิธีการที่ถูกต้อง
4. ให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติการพับขอบงาน การพับขอบงานชั้นเดียว การพับขอบสองชั้น และการเข้าขอบลวด การบัดกรี
5. นักเรียนปฏิบัติงานตามใบงานส่งครูผู้สอนตรวจ

**ขั้นสรุป** : ทบทวนและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี

1. อธิบายเพิ่มเติมและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 7 การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี
2. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี

## ขั้นประเมินผล

| | |
|---|---|
| คุณธรรม | 5 คะแนน |
| ใบงาน | 5 คะแนน |
| แบบทดสอบ | 5 คะแนน |
| แบบฝึกปฏิบัติ | 5 คะแนน |

## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือ งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น : อาคม บุณยศิริวัฒน์ ธนิต ศิริสาคร และ สุรจิตร ตรุโนภาส. บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด ,2547.
2. ใบสรุปความรู้ประจำหน่วยการเรียนรู้

3. แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้
4. สื่อของจริง เครื่องมือที่ใช้ในงานเชื่อม ตัวอย่างชิ้นงานการพับขอบ การพับตะเข็บ การบัดกรี
5. หนังสือหรือตำราเรียนที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้อง

## หลักฐานการเรียนรู้

แบบฝึกหัด

แบบฝึกปฏิบัติ

## การวัดและประเมินผล

### เครื่องมือประเมิน

8.1.1 ประเมินจากแบบฝึกหัดและใบงาน

8.1.2 การสังเกตการณ์ปฏิบัติตามกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย

### เกณฑ์การประเมิน

วัดผลสัมฤทธิ์จากแบบฝึกหัดและใบงานมีเกณฑ์ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ร้อยละ 80-100 | หมายถึง | 4 |
| ร้อยละ 75-79 | หมายถึง | 3.5 |
| ร้อยละ 70-74 | หมายถึง | 3.0 |
| ร้อยละ 65-69 | หมายถึง | 2.5 |
| ร้อยละ 60-64 | หมายถึง | 2.0 |
| ร้อยละ 55-59 | หมายถึง | 1.5 |
| ร้อยละ 50-54 | หมายถึง | 1.0 |
| ต่ำกว่าร้อยละ 0-49 | หมายถึง | 0 |

## บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

**ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้**

.....

.....

**ปัญหาที่พบ**

.....

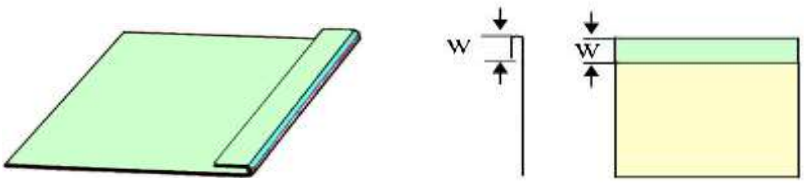
.....

**แนวทางแก้ปัญหา**

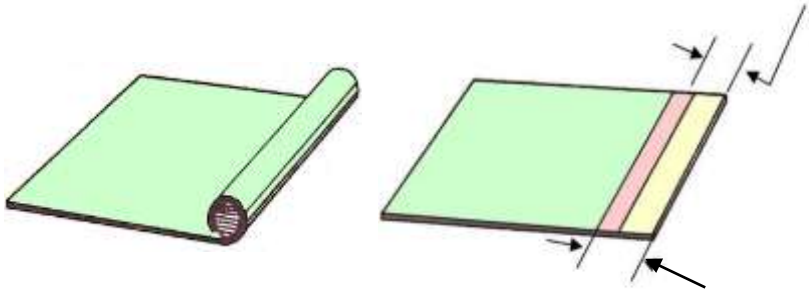
.....

.....

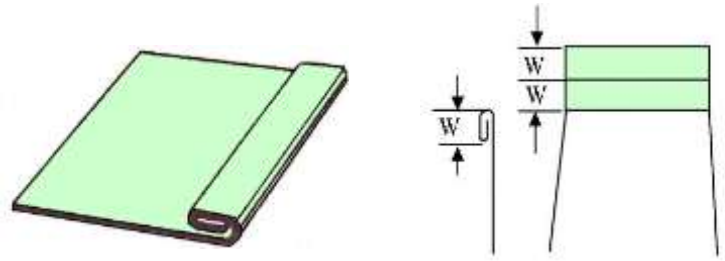
# สื่อการสอน หน่วยที่ 7
# การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี

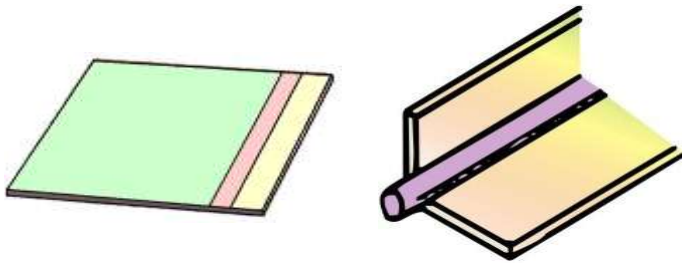



ระยะเผื่อเท่ากับ 1.5 เท่าของขนาดลวด

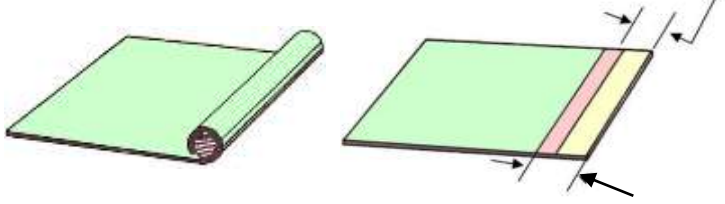


ระยะเผื่อเท่ากับ 2.5 เท่า



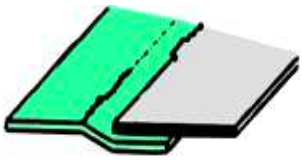
ระยะเผื่อเท่ากับ 1.5 เท่าของขนาดลวด



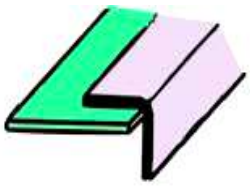
ระยะเผื่อเท่ากับ 2.5 เท่า

# สื่อการสอน หน่วยที่ 7
# การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี

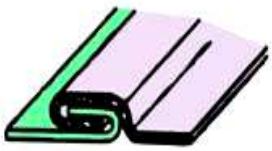
Lap Seam



Flush Lap Seam



Outsided Corner Lap Seam



Groove Seam

Flush Groove Seam

Insided Corner

Standing Seam

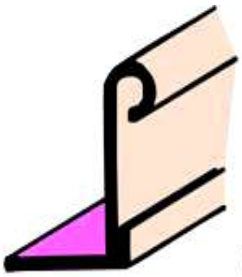
Single Bottom Seam

Double Bottom Seam

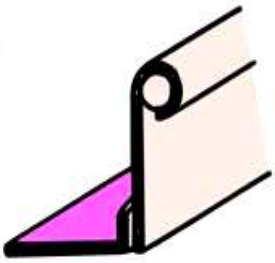
Reversible Elbow Seam

Cap Strip Seam

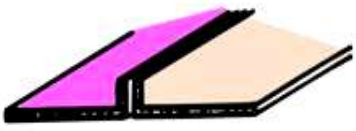
Pittburgh Lock Seam



Lap Bottom Seam



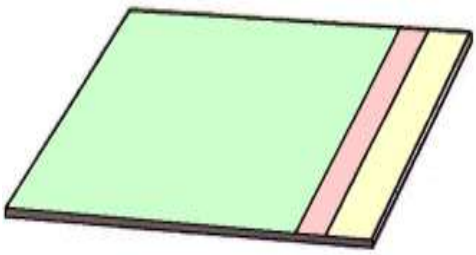
Insert Bottom Seam

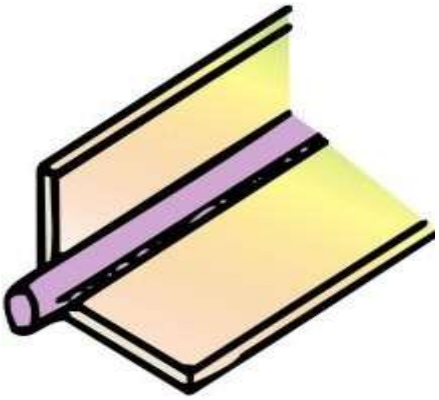


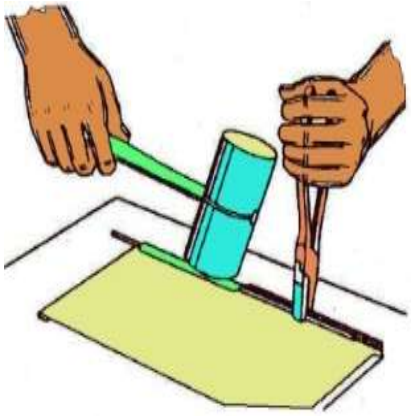
Flange Butt Seam

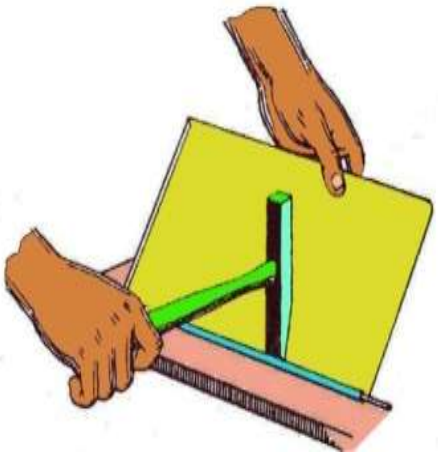
flat Lock Seam

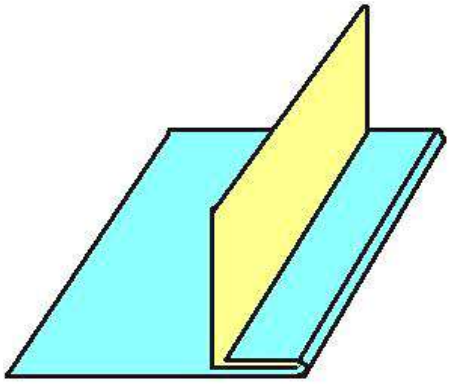
# สื่อการสอน หน่วยที่ 7
# การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี

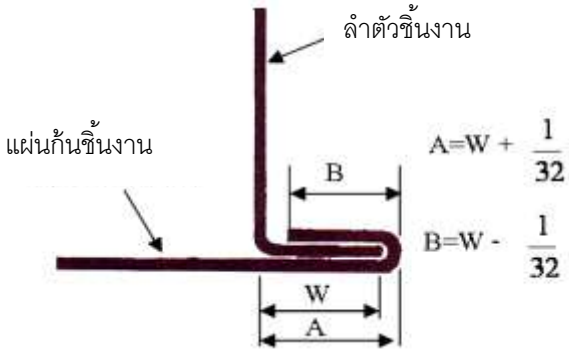




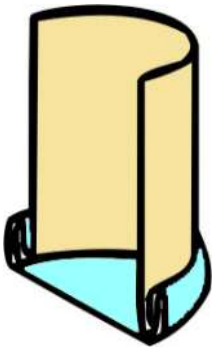


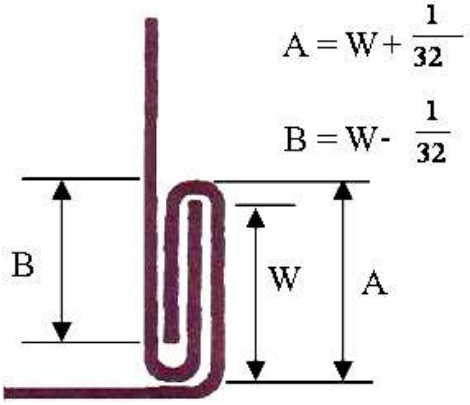


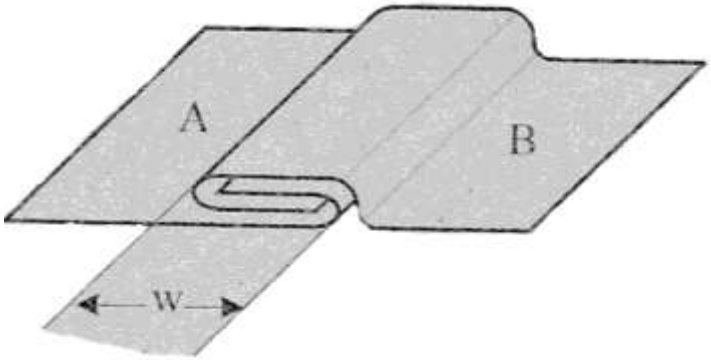




# สื่อการสอน หน่วยที่ 7
# การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี






**ชิ้นส่วน A = W**

**ชิ้นส่วน B = 2W**

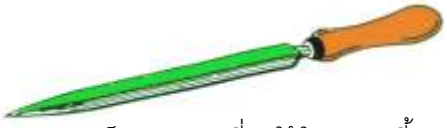
**หรือใช้สูตรในการเผื่อ**

**ระยะเผื่อด้านละ** $= \frac{3W}{2}$

แปรงลวดเหล็กขัดขี้ตะกรัน

แปรงลวดขับด้วยมอร์เตอร์

ตะไบแต่งหัวแร้งบัดกรีที่ชำรุด

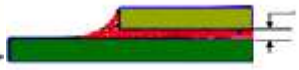


เหล็กขูดสามเหลี่ยมใช้ในการขูดขี้ตะกรัน

เหล็กถากใช้สำหรับถากผิวหัวแร้ง

# สื่อการสอน หน่วยที่ 7
# การพับขอบ การพับตะเข็บ และการบัดกรี

ช่องว่างห่างเกินไปจะไม่เกิดแรงดึงดูด



ช่องว่างระหว่างชิ้นงานที่เหมาะสม
อยู่ระหว่าง 0.06 - 0.8 มม. โลหะบัดกรีจะถูกดูดซึมเข้าไปใน

# แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยที่ 8

ชื่อวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น รหัส 20100-1004 ระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

ชื่อหน่วย งานเขียนแบบแผ่นคลี่ จำนวน 8 ชั่วโมง

## สาระสำคัญ

ในงานผลิตภัณฑ์โลหะแผ่นการนำแผ่นโลหะแผ่นเรียบมาขึ้นรูปเป็นรูปทรงต่างๆก่อนการปฏิบัติงานขึ้นรูปโลหะแผ่น จะต้องมีการเขียนแบบแผ่นคลี่งานเสียก่อนแล้วค่อยนำไปตัด พับ ม้วน ขึ้นรูปเป็นลักษณะต่าง ๆ เช่น รูปปิรามิด (Pyramid) รูปกรวยกลม (Cones) กรวยสี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม เป็นต้น โดยทั่วไปการเขียนแบบแผ่นคลี่มีอยู่ 4 วิธี ดังนี้ 1) การเขียนแบบแผ่นคลี่อย่างง่าย (Simple Development) 2) การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นขนาน (Parallel Line Development) 3) การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นรัศมี (Radial Line Development) และ 4) การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นสามเหลี่ยม (Triangulation Line Development) จากการเขียนแบบ 4 วิธีนี้ ผู้เขียนแบบจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับการเผื่อระยะการพับขอบงาน การเข้าตะเข็บงาน เพื่อใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงาน แล้วค่อยตัดสินใจว่าจะเลือกวิธีเขียนแบบวิธีใดให้เหมาะกับรูปร่างของชิ้นงาน

## สมรรถนะประจำหน่วยการเรียนรู้

1. แสดงความรู้ความหมายของแผ่นคลี่
2. แสดงความรู้การเขียนแบบแผ่นคลี่อย่างง่าย (Simple Development)
3. แสดงความรู้การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นขนาน (Parallel Line Development)
4. แสดงความรู้การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นรัศมี (Radial Line Development)
5. แสดงความรู้การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นสามเหลี่ยม (Triangulation Line

## จุดประสงค์การเรียนรู้

### จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจความหมายของแผ่นคลี่
2. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจการเขียนแบบแผ่นคลี่อย่างง่าย (Simple Development)
3. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นขนาน (Parallel Line Development)
4. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นรัศมี (Radial Line Development)
5. เพื่อให้มีความรู้ เข้าใจการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นสามเหลี่ยม (Triangulation Line Development)

## จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกความหมายของแผ่นคลี่ได้
2. อธิบายวิธีการการเขียนแบบแผ่นคลี่อย่างง่าย (Simple Development)ได้
3. อธิบายวิธีการการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นขนาน (Parallel Line Development)ได้
4. อธิบายวิธีการการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นรัศมี (Radial Line Development)ได้
5. อธิบายวิธีการการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นสามเหลี่ยม (Triangulation Line Development)ได้
6. ปฏิบัติการเขียนแบบแผ่นคลี่แบบต่างๆได้

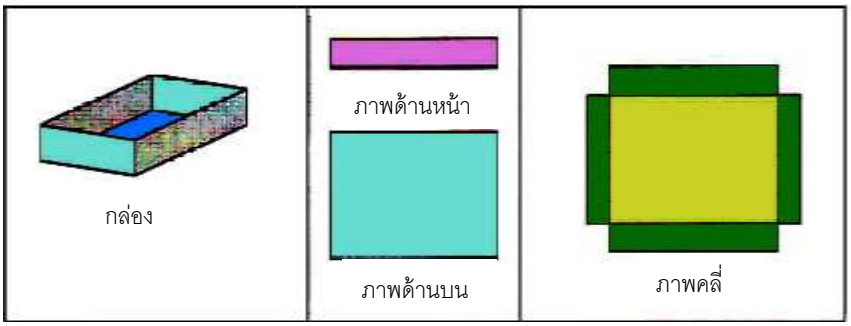
## สาระการเรียนรู้

### 1. ความหมายของแผ่นคลี่

แผ่นคลี่ หมายถึง การเขียนภาพเต็มขนาดพื้นที่ผิววัตถุต่าง ๆ ให้กว้างออกไปบนพื้นที่ราบแสดงรูปแบบแผ่นคลี่เกิดจากการร่างแบบ ที่เรียกว่า การเขียนแบบแผ่นคลี่ ซึ่งเป็นวิธีการที่ได้ใช้กันแพร่หลายและเรียกชื่อที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดของงาน เช่น การเขียนแบบโลหะแผ่น การเขียนแบบบรรจุภัณฑ์ การเขียนแบบเครื่องหนัง การเขียนแบบตัดเย็บเสื้อผ้า เป็นต้น โดยการเขียนแบบแผ่นคลี่ก่อนที่จะผลิตก็ต้องใช้แบบแผ่นคลี่เป็นส่วนที่พัฒนาขึ้นมาก่อนที่ชิ้นงานจะถูกนำไปใช้ในการผลิตจริงต่อไป

### 2. การเขียนแบบแผ่นคลี่อย่างง่าย (Simple Development)

การเขียนแบบแผ่นคลี่อย่างง่าย ส่วนใหญ่ใช้สำหรับงานที่มีรูปร่างไม่สลับซับซ้อนมากนัก ส่วนใหญ่จะมีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมใช้เส้นตรงเป็นหลัก ไม่มีเส้นฉายตัดกันมากนัก สามารถเขียนลงบนชิ้นงานได้เลย เช่น กล่องสี่เหลี่ยม ภาชนะตวงทรงเหลี่ยม กล่องสี่เหลี่ยมปาดตัดเฉียง เป็นต้น ดังแสดงในภาพ




**2.1 วิธีการเขียนแบบแผ่นคลี่อย่างง่าย** มี 2 วิธี ดังนี้

1) ใช้มุมฉากของโลหะแผ่นเป็นจุดเริ่มต้นในการเขียน ส่วนใหญ่นิยมใช้มุมซ้ายด้านล่างแล้วลากเส้นขึ้นไปด้านบนจากนั้นลากเส้นต่อไปทางขวามือ เหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีด้านคู่ขนาน 2 คู่

2) ใช้เส้นผ่านศูนย์กลางเป็นหลักในการเริ่มต้น เหมาะสำหรับงานที่มีคู่ขนาน 1 คู่ อีก 2 ด้านจะมีขนานไม่เท่ากัน

**2.2 ตัวอย่างขั้นตอนการเขียนแบบแผ่นคลี่กล่องสี่เหลี่ยมอย่างง่าย**

ขั้นตอนที่ 1 จากชิ้นงานที่กำหนดเริ่มต้นโดยการลากเส้นในแนวตั้งและแนวนอนให้ตัดและตั้งฉากกัน โดยกำหนดจุดตัดให้เป็นด้าน A ซึ่งเป็นด้านหลักในการเขียนแบบแผ่นคลี่

ขั้นตอนที่ 2 สร้างสี่เหลี่ยม A โดยวัดจากขนาดที่กำหนดของชิ้นงาน ทั้งด้านกว้างและด้านยาวให้เส้นตั้งเป็นด้านกว้าง และเส้นนอนเป็นด้านยาว

ขั้นตอนที่ 3 สร้างสี่เหลี่ยม B ให้ต่อจากด้านยาว ข้างล่างของสี่เหลี่ยม A โดยลากเส้นต่อจากด้านข้างทั้ง 2 ด้าน แล้วลากเส้นเชื่อมต่อเข้าทั้ง 2 ข้าง

ขั้นตอนที่ 4 โดยลากเส้นต่อจากด้านกว้างของสี่เหลี่ยม A ไปทางขวามือต่อจากด้านยาวทั้ง 2 ด้าน แล้วลากเส้นต่อจากเส้นทั้ง 2 ข้าง

ขั้นตอนที่ 5 สร้างสี่เหลี่ยม D โดยลากเส้นต่อจากด้านกว้างทั้ง 2 ข้างของสี่เหลี่ยม A ไปทางด้านบนแล้วลากเส้นเชื่อมต่อจากเส้นทั้ง 2 ข้าง

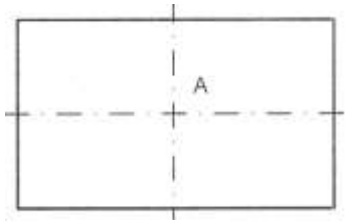
ขั้นตอนที่ 6 สร้างสี่เหลี่ยม E โดยลากเส้นต่อจากด้านยาวทั้ง 2 ด้านของสี่เหลี่ยม A ไปทางซ้ายมือ แล้วลากเส้นเชื่อมต่อจากเส้นทั้ง 2 ข้าง

ขั้นตอนที่ 7 ลากเส้นเผื่อตะเข็บทั้ง 2 ข้างของสี่เหลี่ยม C และ E

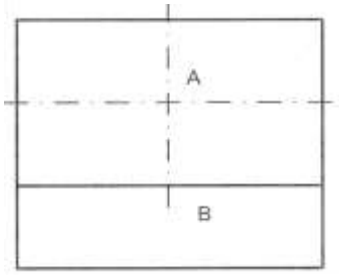
ขั้นตอนที่ 8 ลากเส้นเผื่อระยะขอบงานทั้ง 4 ด้าน เพื่อพับขอบในการขึ้นรูปกล่องสี่เหลี่ยม ดังแสดงในภาพที่ 8.2

ขั้นตอนที่ 1

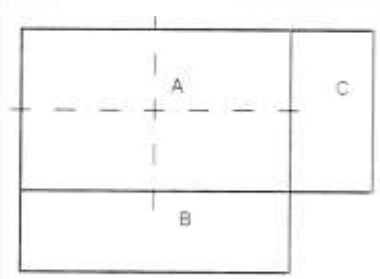
ขั้นตอนที่ 2



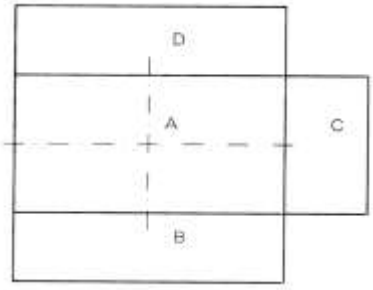

ขั้นตอนที่ 3



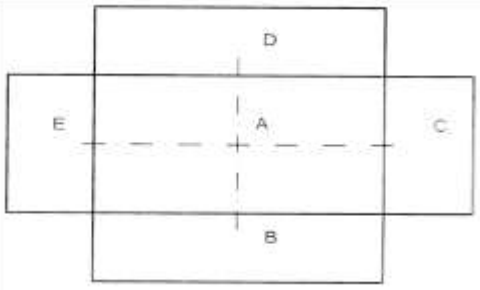

ขั้นตอนที่ 4



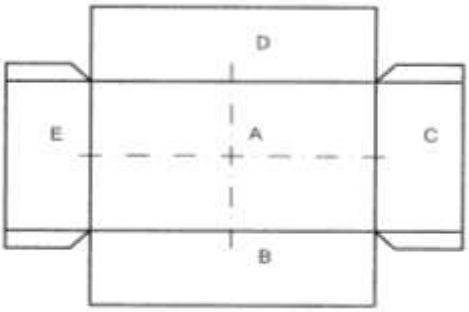

ขั้นตอนที่ 5



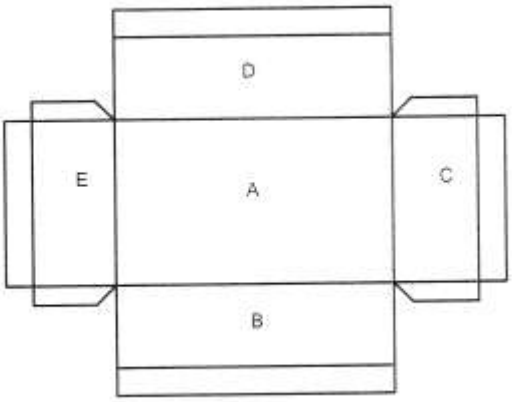

ขั้นตอนที่ 6




ขั้นตอนที่ 7

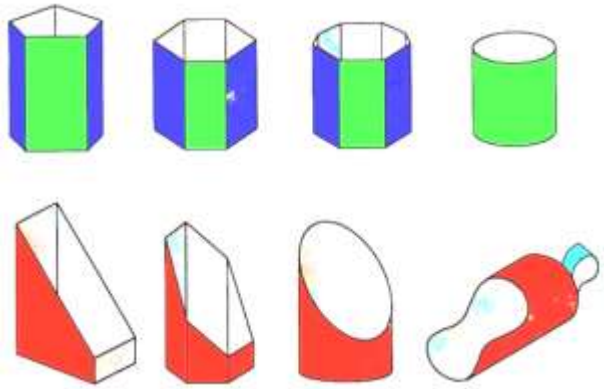



ขั้นตอนที่ 8



**3. การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นขนาน (Parallel Line Development)**

การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นขนานใช้สำหรับเขียนแบบชิ้นงานทรงปริซึม (Prisms) หรือทรงกระบอก (Cylinder) ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่นิยมใช้เขียนแบบ เช่น ข้องอ (Elbows) ท่อแยกตัวที (T-Shapes) ท่อแยกตัววาย (Y-Shapes) ต้องใช้การเขียนวิธีนี้ เส้นที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นเส้นตรงขนานกันและตั้งฉากกัน ดังแสดงในภาพ



3.1 คำจำกัดความในการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นขนาน

รูปด้านหน้า (Front View) เป็นรูปด้านที่มองเข้าไปทางด้านหน้าของวัตถุซึ่งรูปนี้จะแสดงให้เห็นความสูงและความกว้างของวัตถุ

รูปด้านบนหรือแปลน (Top or Plan View) เป็นรูปด้านที่มองจากด้านบนของวัตถุหรือเรียกว่าภาพหน้าตัด ซึ่งรูปนี้จะแสดงให้เห็นความยาวและความกว้างของวัตถุ

เส้นฐาน (Base Line) เป็นเส้นขอบด้านล่างของรูปด้านหน้า ซึ่งเป็นเส้นที่จะนำไปคลี่ออกให้เท่ากับความยาวจริงต่อไป

เส้นฉาย (Projection Line) เป็นเส้นที่ลากต่อถึงกันระหว่างรูปด้านต่าง ๆ ไปยังเส้นฐานของรูปด้านหน้า และเส้นต่อจากจุดต่าง ๆ บนรูปด้านหน้าไปยังภาพคลี่

เส้นประกอบ (Element Line) เป็นเส้นสมมติที่แบ่งชิ้นงานออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งนำไปคลี่เป็นส่วน ๆ บนภาพคลี่ โดยที่เส้นประกอบจะลากต่อกับเส้นฉายขนานกับขอบชิ้นงานในรูปด้านหน้า และลากจากเส้นแผ่ขนานกับขอบงานเพื่อหาความสูงส่วนต่าง ๆ ของชิ้นงานภาพคลี่

เส้นแผ่ (Stretchout Line) เป็นเส้นแผ่หรือคลี่ขอบชิ้นงานออกมาโดยจะมีความยาวเท่ากับเส้นรอบรูปของชิ้นงาน เส้นแผ่นี้จะต่อออกมาจากเส้นฐานหรือเส้นด้านบนของรูปด้านหน้า เส้นนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของภาพแผ่นคลี่

ระบบตัวเลข (Numbering System) เป็นตัวเลขที่ใช้ระบุหรือกำกับส่วนต่าง ๆ ของชิ้นงาน ที่แบ่งไว้ในรูปด้านต่าง ๆ เพื่อถ่ายทอดไปยังภาพคลี่ให้ได้จำนวนต่าง ๆ ตรงกัน

ภาพคลี่ (Stretchout) เป็นภาพที่คลี่ชิ้นงานจากรูปทรงสามมิติออกมาเป็นแผ่นแบนราบซึ่งยังไม่มีการเผื่อตะเข็บและขอบงาน

แบบแผ่นคลี่ (Pattern) เป็นภาพคลี่ชิ้นงานสำเร็จรูปทั้งหมดแล้ว มีทั้งการเผื่อขนาดตะเข็บ ขอบงาน รอยบากพร้อมที่จะนำไปตัดและขึ้นรูปได้

3.2 วิธีการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นขนาน (Parallel Line Development)

1. เขียนภาพด้านบนและด้านหน้าของชิ้นงาน

2. แบ่งภาพด้านบนออกเป็นส่วน ๆ เท่ากัน อาจแบ่งเป็น 6 ส่วนหรือ 12 ส่วนก็ได้ แต่ส่วนใหญ่นิยมแบ่งออกเป็น 12 ส่วน

3. นำเส้นแบ่งส่วนทุกส่วนจากภาพด้านบนไปเขียนแผ่นคลี่ เพื่อหาเส้นรอบวงของชิ้นงานและลากเส้นตั้งเอาไว้

4. ลากเส้นจากเส้นแบ่งส่วนของภาพด้านบนไปยังเส้นรอยต่อของเส้นด้านหน้า

5. ลากเส้นต่อจากจุดตัดเส้นรอยต่อไปทางด้านข้างของภาพด้านหน้าไปตัดกับเส้นที่ได้ส่วนแบ่งที่เป็นเส้นในแนวตั้ง

6. ทำเครื่องหมายที่จุดตัดของเส้นแนวตั้งและแนวนอน

7. ลากเส้นจากจุดตัดของภาพแผ่นคลี่ตามรูปร่างของงาน ก็จะได้แบบแผ่นคลี่ชิ้นงานตามต้องการ

3.3 ตัวอย่างขั้นตอนการเขียนแบบแผ่นคลี่รูปทรงกระบอกตัดเฉียงด้วยเส้นขนาน

1. เขียนแบบรูปด้านหน้า ด้านบนและเลือกตำแหน่งตะเข็บ

2. จากภาพด้านบน แบ่งส่วนโค้งออกเป็น 12 ส่วนเท่า ๆ กัน ใส่หมายเลขกำกับ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1

3. จากจุดตัดของส่วนแบ่งวงกลมจากภาพด้านบน ลากเส้นให้ตั้งฉากขึ้นไปตัดกับเส้นตัดเฉียงของภาพด้านหน้า

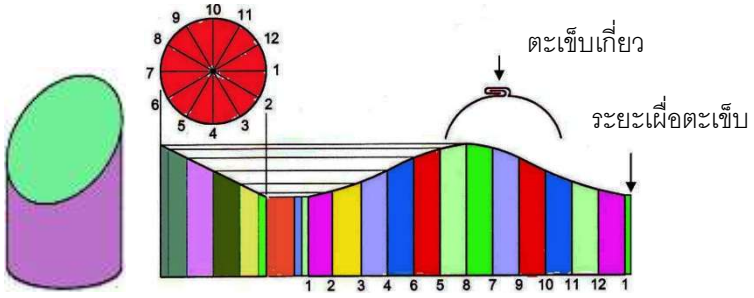
4. ลากเส้นฐานของแผ่นคลี่ โดยให้อยู่ในระดับเดียวกับภาพด้านหน้าเท่ากับความยาวเส้นรอบรูปหรือจำนวนส่วนแบ่งของวงกลมทั้ง 12 ส่วน

5. พิจารณาจุดของตะเข็บ โดยให้ตะเข็บอยู่จุดที่ 1 กำหนดจุดบนเส้นฐานแผ่นคลี่โดยให้เริ่มที่หมายเลข 1-7-1

6. ฉายเส้นจากจุดตัดภาพด้านหน้าทุกเส้นไปตัดกับส่วนแบ่งของแผ่นคลี่ที่สร้างขึ้น

7. กำหนดจุดตัดให้เส้น 1 จากภาพด้านบนฉายไปภาพด้านหน้าฉายไปตัดกับเส้น เส้น 1 ของแผ่นคลี่ที่สร้างขึ้นทำจุดมาร์คตำแหน่งจากนั้นฉายเส้นที่ 2 ตัดเส้นที่ 2 ของแผ่นคลี่ทำตามลำดับจนครบทุกคู่

8. ลากเส้นสัมผัสผ่านทุกจุดจะเกิดเป็นส่วนโค้งของแผ่นคลี่เขียนเส้นรอบรูปแล้วเผื่อตะเข็บดังแสดงในภาพ




**4. การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นรัศมี (Radial Line Development)**

การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นรัศมี จะใช้สำหรับงานที่มีลักษณะเป็นรูปเรียว (Tapering Forms) วิธีการคล้ายกับเส้นขนาน แต่การคลี่วิธีนี้ต้องใช้เส้นรัศมีเป็นส่วนใหญ่แทนที่จะเป็นเส้นขนาน โดยเส้นรัศมีทุกเส้นมาจากจุด

ศูนย์กลางเดียวกัน ตัวอย่างงานที่ต้องคลี่ด้วยวิธีนี้ เช่น รูปปิรามิด (Pyramid) รูปกรวยกลม (Cones) กรวยสี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม และกรวยรูปฐานหลายเหลี่ยม เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่เขียนด้วยเส้นรัศมี ดังแสดงในภาพ

4.1 คำจำกัดความในการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นรัศมี

รูปด้านหน้า (Front View) เป็นรูปด้านที่มองเข้าไปทางด้านหน้าของวัตถุซึ่งรูปนี้จะแสดงให้เห็นความสูงและความกว้างของวัตถุ

รูปด้านบนหรือแปลน (Top or Plan View) เป็นรูปด้านที่มองจากด้านบนของวัตถุหรือเรียกว่าภาพหน้าตัด ซึ่งรูปนี้จะแสดงให้เห็นความยาวและความกว้างของวัตถุ

เส้นฐาน (Base Line) เป็นเส้นขอบด้านล่างของรูปด้านหน้า ซึ่งเป็นเส้นที่จะนำไปคลี่ออกให้เท่ากับความยาวจริงต่อไป

เส้นประกอบ (Element Line) เป็นเส้นสมมติที่แบ่งชิ้นงานออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งนำไปคลี่เป็นส่วน ๆ บนภาพคลี่

เส้นรัศมีของภาพแผ่นคลี่ (Stretchout Arc) เป็นเส้นแรกของการเขียนภาพแผ่นคลี่ด้วยเส้นรัศมีโดยเฉพาะ เส้นแบ่งส่วนทุก ๆ เส้น จะมีระยะห่างเท่ากับระยะในด้านภาพด้านบนและตั้งฉากซึ่งกันและกัน ความยาวของเส้นรัศมีของขอบภาพแผ่นคลี่นี้ จะมีความยาวเท่ากับเส้นรอบรูปของภาพด้านบน

4.2 วิธีการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นรัศมี

ภาพด้านบนและภาพด้านหน้าของรูปชิ้นงานที่จะนำมาเขียนแบบแผ่นคลี่ จะต้องให้ภาพด้านหน้าแสดงเส้นความสูงจริงของเส้นรัศมีด้วย จึงจะทำให้การเขียนถูกต้องและรวดเร็วการเขียนภาพให้แสดงเส้นความสูงจริง โดยการเขียนภาพด้านบนให้เส้นผ่านศูนย์กลางหรือเส้นรัศมีของฐานที่ยาวที่สุดขนานกับเส้นฐานในภาพด้านหน้า ขอบภาพด้านหน้าจึงจะมีความสูงที่แท้จริงของเส้นรัศมี

4.3 ตัวอย่างขั้นตอนการเขียนแบบแผ่นคลี่กรวยกลมด้วยเส้นรัศมี

1. เขียนรูปด้านหน้าหรือด้านข้างและด้านบนที่แสดงเส้นความสูงจริง (เส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยต้องขนานกับเส้นฐานในรูปด้านหน้า จึงจะได้เส้นสูงจริงจากเส้นขอบรูปด้านหน้า)

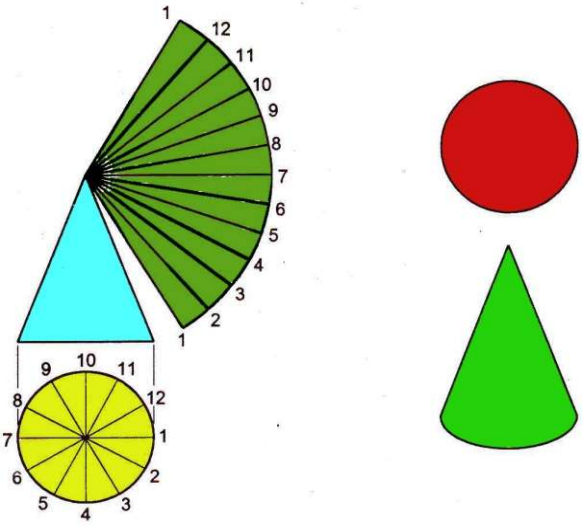
2. แบ่งรูปด้านบนออกเป็น 12 ส่วนโดยใช้ตัวเลขกำกับ

3. ลากเส้นฉายภาพแบ่งส่วนจากรูปด้านบนไปยังเส้นฐานในรูปด้านหน้า

4. จากจุดตัดของเส้นแบ่งส่วนกับเส้นฐานในรูปด้านหน้า ลากเส้นสู่จุดยอดกรวย

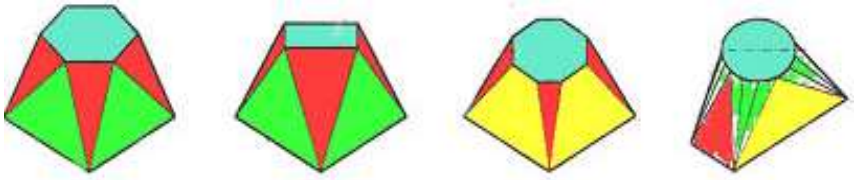
5. เขียนเส้นรัศมีขอบภาพแผ่นคลี่ เท่ากับเส้นสูงจริงจากขอบรูปด้านหน้าให้มีความยาวเท่ากับเส้นรอบรูปของรูปด้านบน

6. ทำการถ่ายแบบจำนวน 12 ส่วนลงบนเส้นรัศมีของแผ่นคลี่พร้อมทั้งเขียนหมายเลขกำกับจะได้แผ่นคลี่กรวยกลม ดังแสดงในภาพ



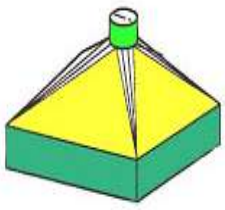

**5. การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นสามเหลี่ยม (Triangulation Line Development)**

การเขียนแบบแผ่นด้วยเส้นสามเหลี่ยม ใช้สำหรับเขียนแบบผลิตภัณฑ์โลหะแผ่น ที่ไม่สามารถด้วยวิธีอื่น ๆ ได้อย่างถูกต้อง เพราะชิ้นงานมีการเปลี่ยนรูปจากใหญ่เป็นเล็ก ผิวด้านข้างมี การเอียงและตัดเฉียง ทำให้การมองเห็นภาพด้านหน้ามีขนาดความยาวไม่แท้จริง จึงต้องหาความยาวของความสูงจริง ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เช่น ท่อกลมกับท่อสี่เหลี่ยม ท่อเหลี่ยมเยื้องศูนย์ เป็นต้น ดังแสดงในภาพ



สี่เหลี่ยม เป็นหกเหลี่ยม | สี่เหลี่ยมหมุนกลับด้าน เป็นสี่เหลี่ยม | สี่เหลี่ยม เป็นแปดเหลี่ยม | สี่เหลี่ยมมุมฉาก เป็นกลม

ฝาครอบดูดควัน



**5.1คำจำกัดความในการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นสามเหลี่ยม**

คำจำกัดความส่วนใหญ่จะเหมือนกับการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นขนานและเส้นรัศมี เพียงแต่เส้นจากขอบภาพด้านหน้าจะไม่ใช่ความสูงจริง คำจำกัดความที่แตกต่างกันมีดังนี้

เส้นตั้ง (Vertical Line) เป็นเส้นสำหรับหาความสูงจริง

เส้นนอน (Base Line) เป็นเส้นสำหรับหาความสูงจริง

เส้นความสูงจริง (True Length) เป็นการนำเอาระยะจากภาพด้านบน ด้านหน้าหรือด้านข้างคู่ใดคู่หนึ่งมาทำมุมฉากกันระยะห่างจากปลายเส้นทั้งสอง คือ ระยะของเส้นความสูงจริง

**5.2 วิธีการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยเส้นสามเหลี่ยม**

การเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีนี้จะหาเส้นความสูงจริงของชิ้นงานจากภาพด้านบนและภาพด้านหน้า นำเส้นสองเส้นมาทำมุมฉากซึ่งกันและกัน ระยะห่างของปลายเส้นทั้งสองคือ เส้นความสูงจริง แล้วนำมาเขียนแบบแผ่นคลี่ โดยใช้วงเวียนถ่ายขนาดส่วนต่าง ๆ มาเขียนให้ตัดกันจากนั้นลากเส้นเชื่อมจุดตัดต่าง ๆ ตามลักษณะของชิ้นงาน ก็จะได้แผ่นชิ้นงานตามต้องการ

**5.3 ตัวอย่างขั้นตอนการเขียนแบบแผ่นคลี่ท่อวงกลมเป็นสี่เหลี่ยมด้วยเส้นสามเหลี่ยม**

ขั้นตอนที่ 1 เขียนภาพฉายด้านหน้าและด้านบนของชิ้นงานพร้อมกำหนดขนาดและสัญลักษณ์ของจุดต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 2 หาขนาดความยาวเส้นความสูงจริงของชิ้นงาน จากภาพมีความยาวของเส้น O4, A4, A5, A6 และ A7 เป็นเส้นที่จะต้องหาความสูงจริง โดยลากเส้นต่อจากจุด B-C แล้วลากเส้นตรงตั้งฉากขึ้นไปให้มีความสูงเท่ากับความสูงของภาพด้านหน้า วัดความยาวของเส้น O4 ไปถ่ายขนาดระยะตัดกับเส้นแนวนอนที่ลากต่อจากภาพด้านหน้า ลากเส้นจากจุดตัดไปยังจุดบนของเส้นแนวตั้ง ก็จะได้ความสูงจริงของ O4

ขั้นตอนที่ 3 วัดขนาดความยาวของเส้น A4, A5, A6 และ A7 ไปถ่ายขนาดระยะตัดกับเส้นแนวนอนที่ลากต่อจากภาพด้านบนเส้นต่อแนวนอนของภาพด้านบนลากเส้นจากจุดตัดไปยัง จุดบนของเส้นแนวตั้ง ก็จะได้ความสูงจริงของเส้น A4, A5, A6 และ A7

ขั้นตอนที่ 4 เขียนแบบแผ่นคลี่โดยกำหนดให้เส้น O4 เป็นรอยต่อหรือตะเข็บชิ้นงาน โดยการลากเส้น O-B ให้มีความยาวเท่ากับครึ่งหนึ่งของเส้น A-B แล้วใช้จุด B เป็นจุดศูนย์กลาง กางวงเวียนรัศมีเท่ากับเส้นสูงจริง B4 แล้วเขียนส่วนโค้ง จากนั้นใช้จุด O เป็นจุดศูนย์กลาง กางวงเวียนเท่ากับความสูงของภาพด้านหน้าเขียนส่วนโค้งตัดกับส่วนโค้งที่เขียนไว้แล้วก็จะได้จุด 4

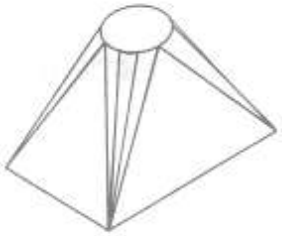
ขั้นตอนที่ 5 สร้างจุด 3 โดยใช้จุด 4 เป็นจุดศูนย์กลาง กางวงเวียนรัศมีเท่ากับจุด 4 ถึงจุด 3 แล้วเขียนส่วนโค้ง จากนั้นใช้จุด B เป็นจุดศูนย์กลาง กางวงเวียนรัศมีเท่ากับเส้นสูงจริง B3 แล้วเขียนส่วนโค้งตัดกับส่วนโค้งที่เขียนไว้แล้ว ก็จะได้จุด 3 ลากเส้น B3

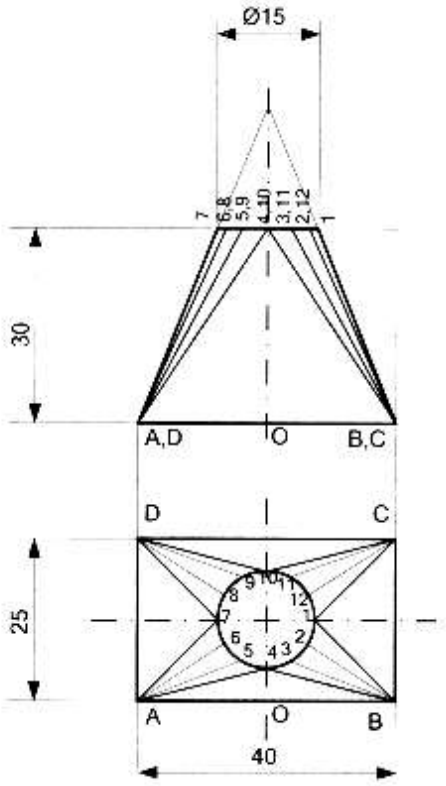
ขั้นตอนที่ 6 สร้างจุด 2 จุด 1 ตามลำดับโดยใช้หลักการเดียวกันกับการสร้างจุด 3

ขั้นตอนที่ 7 สร้างจุด C โดยใช้จุด B เป็นจุดศูนย์กลาง กางวงเวียนรัศมีเท่ากับจุด B ถึงจุด C1 แล้วเขียนส่วนโค้ง จากนั้นใช้จุด 1 เป็นจุดศูนย์กลางกางวงเวียนรัศมีเท่ากับเส้นสูงจริง C1 แล้วเขียนส่วนโค้งตัดกับส่วนโค้งที่เขียนไว้แล้ว ก็จะได้จุด C ลากเส้น B-C และ C-1 ก็จะได้สามเหลี่ยม BC1 แล้วสร้างจุด D และ A ตามลำดับโดยใช้หลักการเดียวกันกับการสร้างจุด C

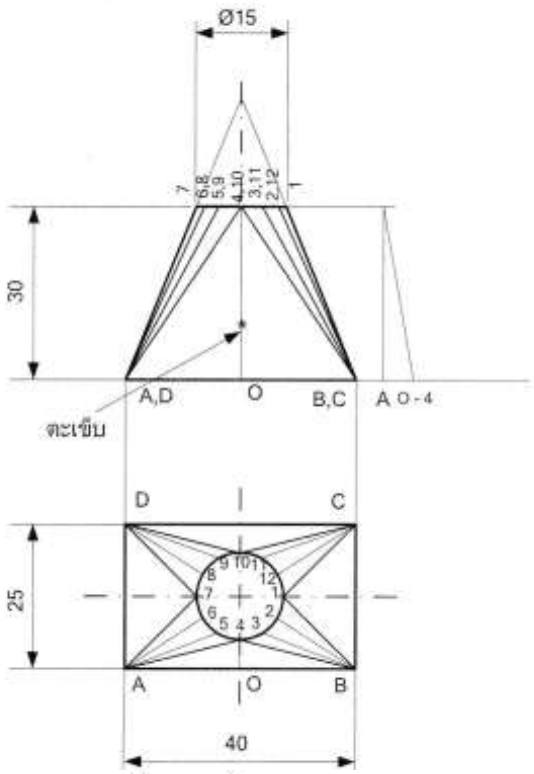
ขั้นตอนที่ 8 สร้างจุด O โดยใช้จุด A เป็นจุดศูนย์กลาง กางวงเวียนรัศมีเท่ากับครึ่งหนึ่งของเส้น A-B แล้วเขียนส่วนโค้ง จากนั้นใช้จุด 4 เป็นจุดศูนย์กลาง กางวงเวียนรัศมีเท่ากับความสูงของภาพด้านหน้าแล้วเขียนส่วนโค้งตัดกับส่วนโค้งที่เขียนไว้แล้วก็จะได้จุด O ลากเส้น A-O และ 4-O ก็จะได้สามเหลี่ยม AO4

ขั้นตอนที่ 9 ลากเส้นส่วนโค้งตามจุดตัดที่ทำเครื่องหมายไว้และเผื่อระยะขอบงานเพื่อทำตะเข็บล็อก (Groove Seam) ดังแสดงในภาพที่ 8.8

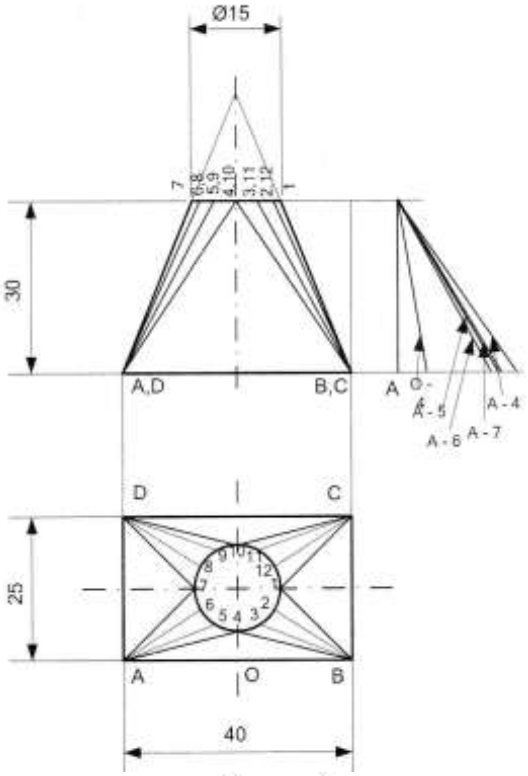




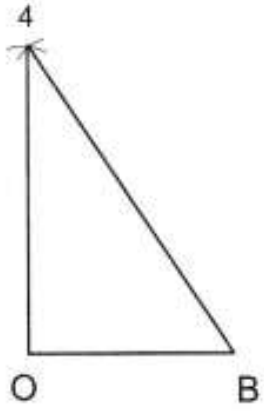

**ขั้นตอนที่ 1**



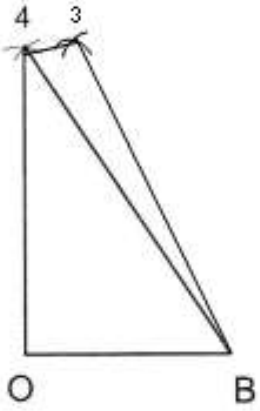

ขั้นตอนที่ 2



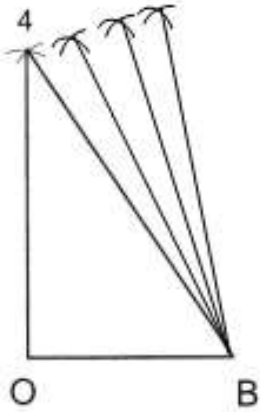

ขั้นตอนที่ 3



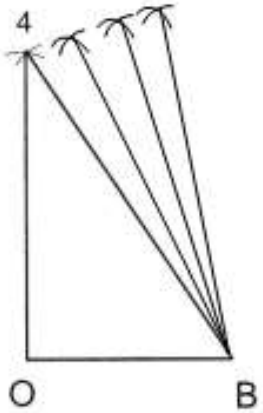

ขั้นตอนที่ 4




ขั้นตอนที่ 5




ขั้นตอนที่ 6




ขั้นตอนที่ 7

## กิจกรรมการเรียนรู้

สัปดาห์ที่ 16 - 17 งานเขียนแบบแผ่นคลี่

**ขั้นนำ** 1. แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น วิธีการเรียน วิธีการฝึกปฏิบัติ การเตรียมความพร้อม และกิจกรรมในชั้นเรียน

2. แจ้งเกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้

**ขั้นสอน** : อธิบายเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้

1. นำเข้าสู่บทเรียน
2. บรรยายเนื้อหาเกี่ยวกับหลักการเขียนแบบแผ่นคลี่ หลักการเบื้องต้นในการเขียนแบบแผ่นคลี่บนชิ้นงาน
3. แสดงตัวอย่างการเขียนแบบแผ่นคลี่อย่างง่ายโดยให้ผู้เรียนสังเกตวิธีการที่ถูกต้อง
4. ผู้สอนเตรียมตัวอย่างงานที่ขึ้นรูปเสร็จแล้วมาให้ผู้เรียนดูแล้วให้ฝึกการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีการต่างๆ ตามลักษณะชิ้นงาน ให้ทำเป็นรายงานส่งงานในสัปดาห์ถัดไป
5. ผู้สอนสาธิต การเขียนแบบแผ่นคลี่อย่างง่ายลงบนชิ้นงาน และขึ้นรูปให้นักเรียนดูพร้อมทั้งบอกปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาจากงานให้นักเรียนทราบ
6. ผู้สอนมอบหมายให้นักเรียน ฝึกเขียนแผ่นคลี่อย่างง่ายลงบนชิ้นงานและขึ้นรูปตามแบบส่งครู

**ขั้นสรุป :** ทบทวนและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ งานเขียนแบบแผ่นคลี่

1. อธิบายเพิ่มเติมและสรุปเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 8 งานเขียนแบบแผ่นคลี่
2. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 8 งานเขียนแบบแผ่นคลี่

## ขั้นประเมินผล

| | |
|---|---|
| คุณธรรม | 5 คะแนน |
| ใบงาน | 5 คะแนน |
| แบบทดสอบ | 5 คะแนน |
| แบบฝึกปฏิบัติ | 5 คะแนน |

## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือ งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น : อาคม บุณยศิริวัฒน์ ธนิต ศิริสาคร และ สุรจิตร ตรุโนภาส. บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด ,2547.
2. ใบสรุปความรู้ประจำหน่วยการเรียนรู้ที่ 2
3. แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้
4. สื่อของจริง เครื่องมือที่ใช้ในงานเขียนแบบแผ่นคลี่
5. หนังสือหรือตำราเรียนที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้อง

## หลักฐานการเรียนรู้

แบบฝึกหัด

แบบฝึกปฏิบัติ

## การวัดและประเมินผล

### เครื่องมือประเมิน

8.1.1 ประเมินจากแบบฝึกหัดและใบงาน

8.1.2 การสังเกตการณ์ปฏิบัติตามกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย

### เกณฑ์การประเมิน

วัดผลสัมฤทธิ์จากแบบฝึกหัดและใบงานมีเกณฑ์ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ร้อยละ 80-100 | หมายถึง | 4 |
| ร้อยละ 75-79 | หมายถึง | 3.5 |
| ร้อยละ 70-74 | หมายถึง | 3.0 |
| ร้อยละ 65-69 | หมายถึง | 2.5 |
| ร้อยละ 60-64 | หมายถึง | 2.0 |
| ร้อยละ 55-59 | หมายถึง | 1.5 |
| ร้อยละ 50-54 | หมายถึง | 1.0 |
| ต่ำกว่าร้อยละ 0-49 | หมายถึง | 0 |

## บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

### ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

### ปัญหาที่พบ

.....

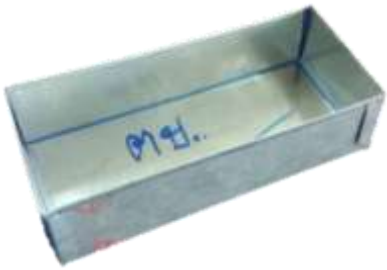
.....

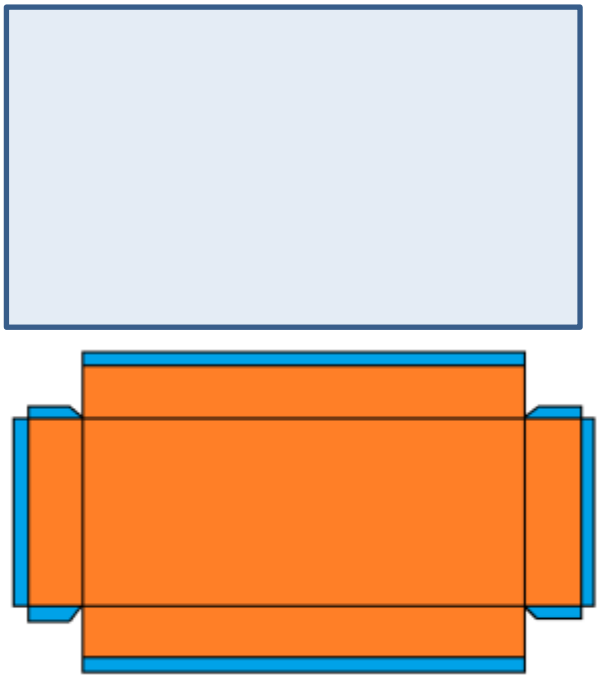
### แนวทางแก้ปัญหา

.....

.....

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา** :งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย** : พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน** : งานพับกล่องอย่างง่าย | เวลา ชั่วโมง |





**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1. เตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ในงานพับกล่องได้
2. ปฏิบัติงานพับกล่องได้ถูกต้อง ประหยัด มีวินัย ปลอดภัยตามหลักอาชีวอนามัย

**เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์**

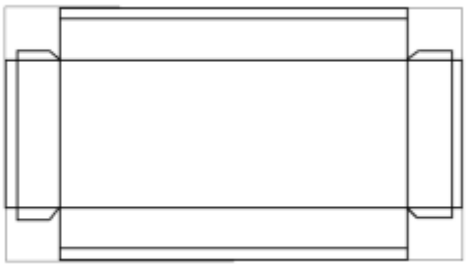
1. โลหะแผ่น เบอร์ 28
2. บรรทัดเหล็ก
3. เหล็กขีด
4. กรรไกรตัดตรง
5. เครื่องตัดโลหะแผ่น
6. ค้อนพลาสติก
7. ค้อนยาง.
8. เครื่องพับโลหะแผ่น

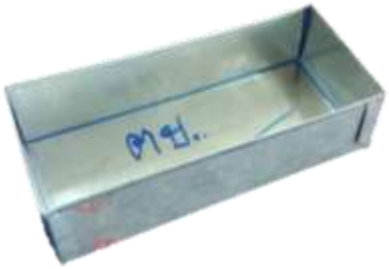
คำสั่ง :

1. จงปฏิบัติงานพับกล่องได้

| ใบงานที่ | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** พื้นฐานงานโลหะแผ่นั่วไป | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานพับกล่องอย่างง่าย | เวลา ชั่วโมง |

**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ในงานโลหะแผ่น เช่น กรรไกรตัดตรง บรรทัดเหล็ก เหล็กขีด ค้อนพลาสติก ค้อนยาง เป็นต้น |
| | 2.ตรวจเช็ค เครื่องมืออุปกรณ์ความปลอดภัย ว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีหรือไม่ |
| | 3.นักเรียนวัดขนาด และตัดโลหะแผ่นให้ได้ตามขนาด กว้าง ยาว ส่งครูตรวจขั้นตอนที่ 1 |
|  | 4.ครูผู้สอนสาธิตการร่างแบบ การเขียนแบบแผ่นคลี่อย่างง่าย การพับกล่องสี่เหลี่ยมให้นักเรียนดู พร้อมทั้งบอกปัญหาและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น |

| ภาพแสดง | คำอธิบาย |
|---|---|
| | 5.ครูผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนฝึกปฏิบัติงานการร่างแบบการเขียนแผ่นคลี่อย่างง่าย การพับกล่องสี่เหลี่ยมตามแบบที่กำหนด |
| <br>  | 6.นักเรียนปฏิบัติงานพับกล่องสี่เหลี่ยมส่งครูตรวจให้คะแนน |
| | 7.นักเรียนเก็บและทำความสะอาด เครื่องมือโลหะแผ่น เก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย กวาดพื้นที่ |

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานที่

| | |
|---|---|
| **วิชา :**งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น | รหัส 20100-1004 |
| **ชื่อหน่วย :** พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป | สัปดาห์ที่ |
| **ชื่องาน :** งานพับกล่องอย่างง่าย | เวลา ชั่วโมง |
| ชื่อ..... นามสกุล.....กลุ่ม.....เลขที่..... | |

| ลำดับที่ | จุดตรวจ | เต็ม | ทำได้ |
|---|---|---|---|
| 1. | เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ในงานโลหะแผ่นได้ถูกต้องและครบถ้วน | 10 | |
| 2. | เตรียมชิ้นงานโลหะแผ่น ตัดได้ตามขนาด 120 x 220 มม. จำนวน 1 ชิ้น<br>- ตัดได้ตามขนาด 120 x 220 มม. จำนวน 1 ชิ้น<br>- ตัดได้ตามขนาด 120 x 219 มม. จำนวน 1 ชิ้น | 10<br>9<br>8 | |
| 3. | ตกแต่งขอบชิ้นงานทั้ง 4 ด้านได้เรียบ ฉาก ไม่บาดมือ<br>- ตกแต่งขอบไม่เรียบบาดมือ 1ชิ้น<br>- ตกแต่งขอบไม่เรียบบาดมือ 2ชิ้น | 10<br>9<br>8 | |
| 4. | การร่างแบบลงบนโลหะแผ่นชิ้นงานได้ถูกต้อง | 10 | |
| 5. | การตัดได้ถูกต้องตามแบบที่ร่างไว้ | 10 | |
| 6. | การพับขอบได้ถูกต้องทั้ง 4 ด้าน | 10 | |
| 7. | การพับขึ้นรูปกล่องสี่เหลี่ยมได้ถูกต้องสวยงาม | 10 | |
| 8. | ปฏิบัติงานได้ตามเวลาที่กำหนด | 10 | |
| 9. | ความมีวินัยและกิจนิสัยในการปฏิบัติงาน<br>9.1. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัย | 12 | |
| | 9.2. การใช้และการจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.3. การบำรุงรักษาเครื่องมือ – อุปกรณ์ | 2 | |
| | 9.4. ความขยัน ความอดทนในการปฏิบัติงาน | 2 | |
| | 9.5. ความประหยัด ความพอเพียงและการมีส่วนร่วม | 2 | |
| **รวม** | | **100** | |

**เกณฑ์การให้คะแนน**

0 - 49 ปรับปรุง 50 - 59 พอใช้ 60 - 79 ดี 80 - 100 ดีมาก

**เกณฑ์ผ่าน** ผลรวมของคะแนนทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 50 %

**สรุปผลการปฏิบัติงาน**

1. คะแนนเต็ม.....คะแนน คะแนนที่ทำได้.....คะแนน
(คิดเป็นร้อยละ.....) ผลการประเมินตามเกณฑ์.....
2. ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ผู้ประเมิน.....

(นายนิโรจน์ เพ็งศรี)

**แบบบันทึกหลังการสอน**

สัปดาห์ที่.....วันที่.....รายวิชา.....รหัสวิชา.....

**บันทึกหลังการสอน**

**ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

1. เนื้อหาที่สอน.....
2. เวลา (เหมาะสมหรือไม่).....
3. กิจกรรมที่ใช้สอน (ตามแผนหรือไม่).....
4. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

**ผลการเรียนของนักเรียน**

5. จำนวนนักเรียน ชั้น.....แผนก.....เข้าเรียน.....คน ขาด.....คน
6. ผลสัมฤทธิ์การเรียนผ่านเกณฑ์.....คน ไม่ผ่านเกณฑ์.....คน
7. การมอบหมายหน้าที่และความรับผิดชอบ

.....

.....

8. บรรยากาศในการเรียน

.....

.....

9. ปัญหาและอุปสรรคการเรียนภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ.....

**ผลการสอนของครู**

10. ผู้สอน (สอนตามแผนหรือไม่).....
11. ปัญหาและอุปสรรคการสอนภาคทฤษฎีและปฏิบัติ

.....

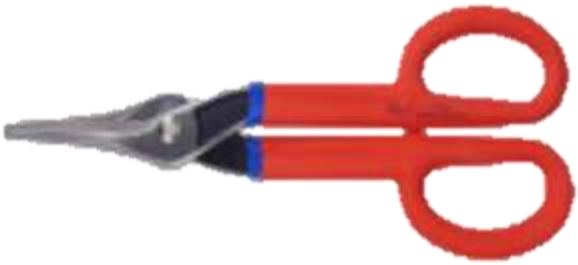
.....

(.....)

ครูผู้สอน

# สื่อการสอน หน่วยที่ 6
# พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป

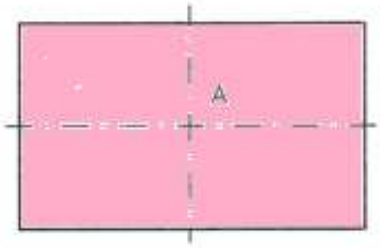
# สื่อการสอน หน่วยที่ 6
# พื้นฐานงานโลหะแผ่นทั่วไป



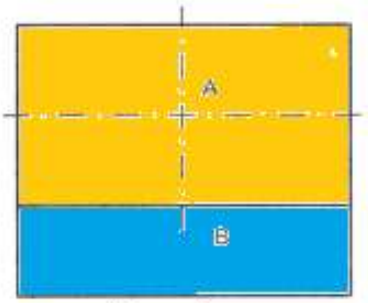
# สื่อการสอน หน่วยที่ 8
# งานเขียนแบบแผ่นคลี่

ขั้นตอนที่ 1

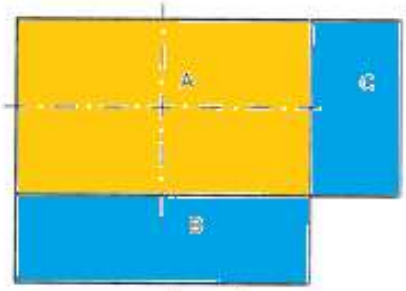
ขั้นตอนที่ 2



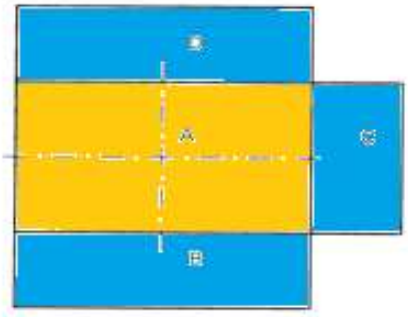

ขั้นตอนที่ 3



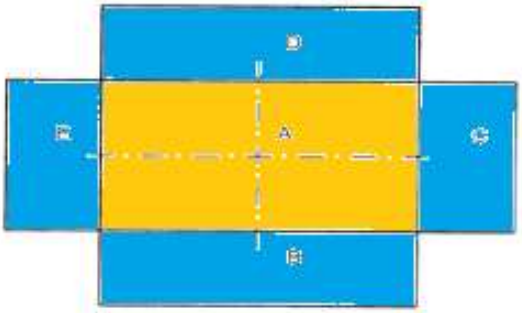

ขั้นตอนที่ 4



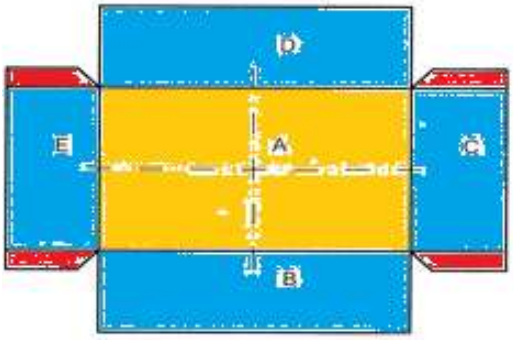

ขั้นตอนที่ 5



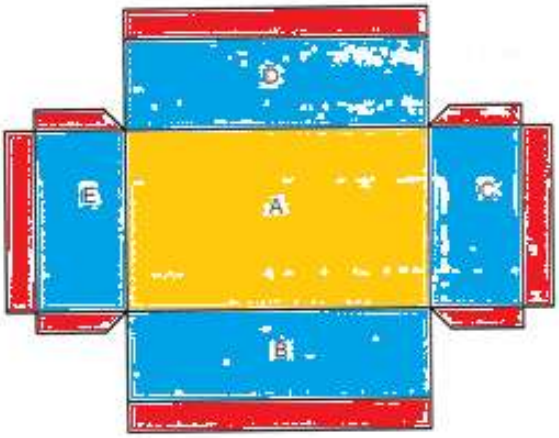

ขั้นตอนที่ 6



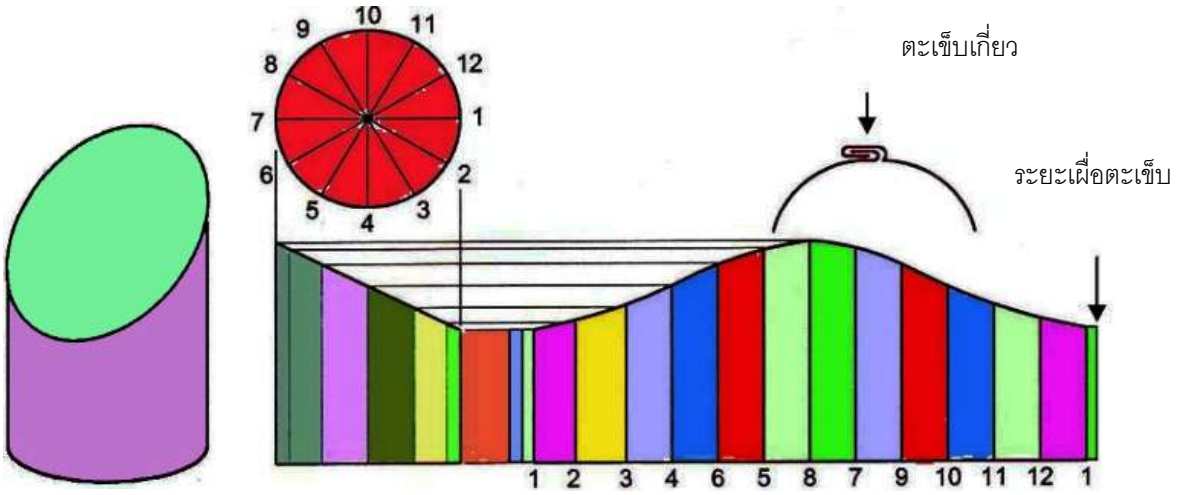

ขั้นตอนที่ 7

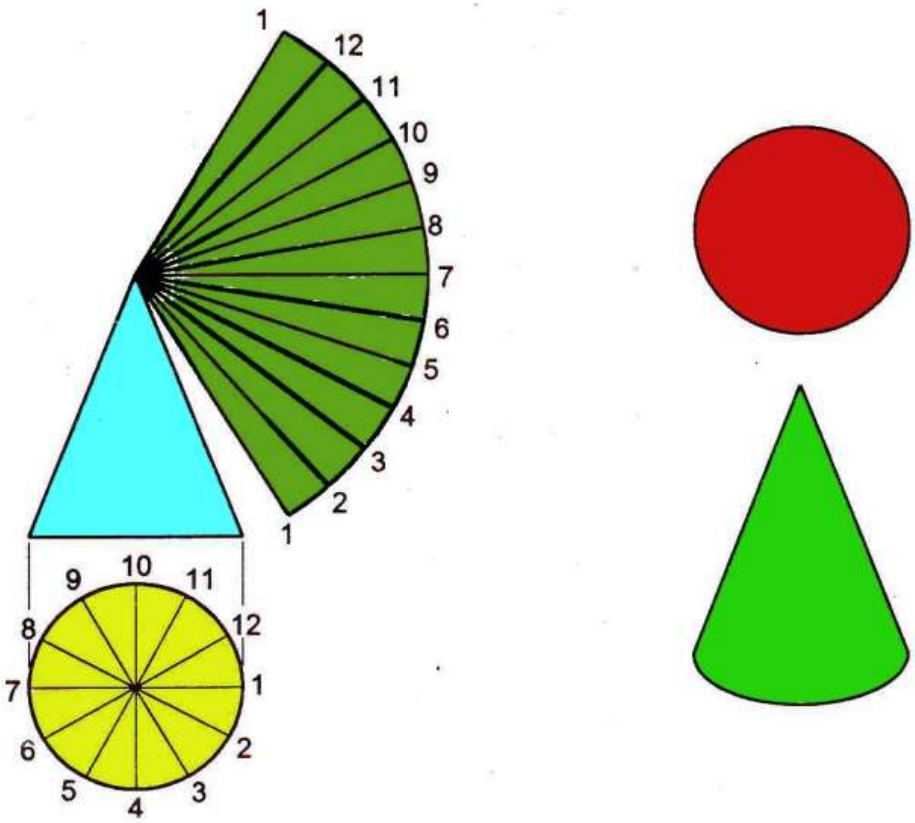



ขั้นตอนที่ 8

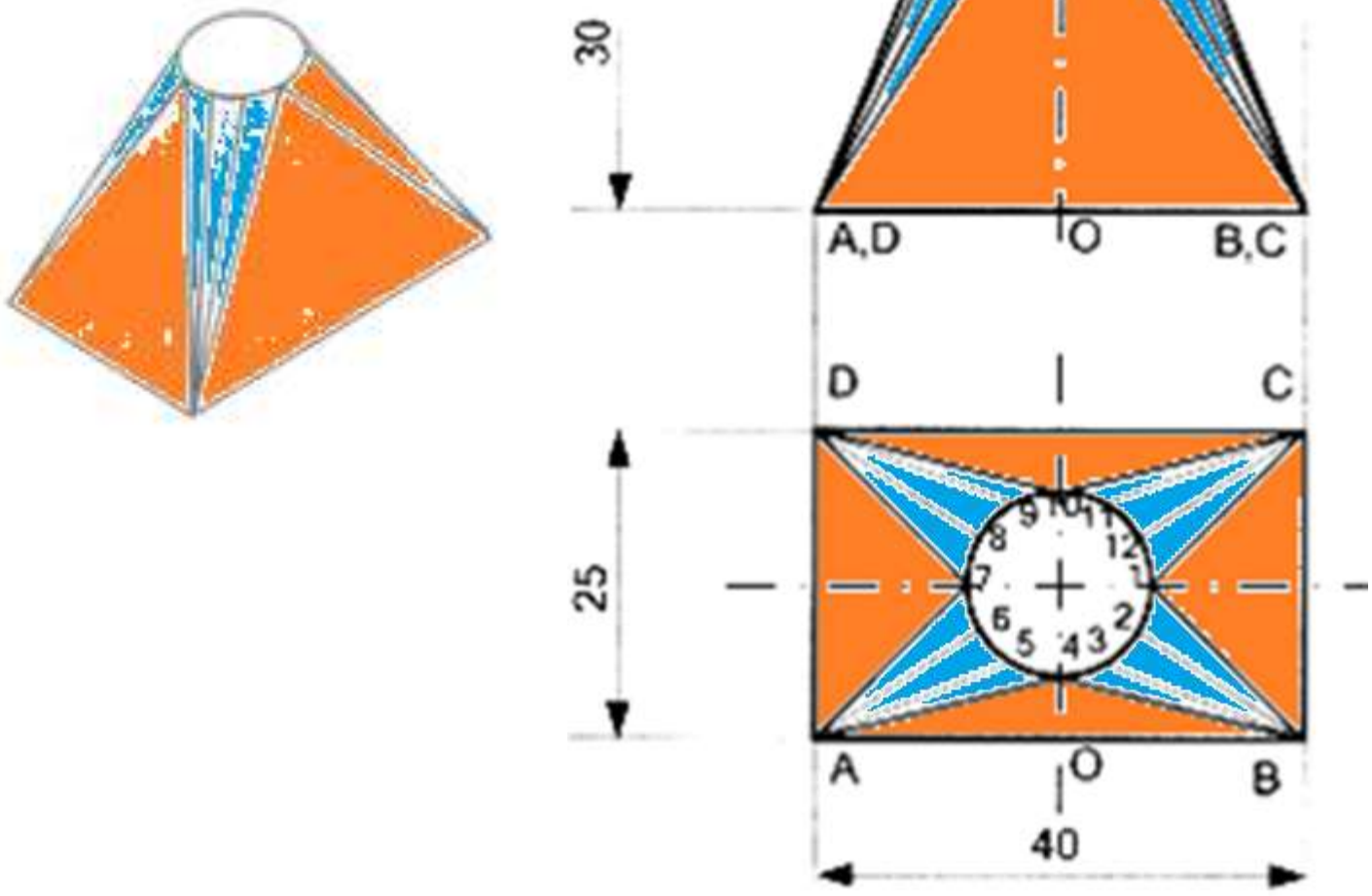


# สื่อการสอน หน่วยที่ 8
# งานเขียนแบบแผ่นคลี่

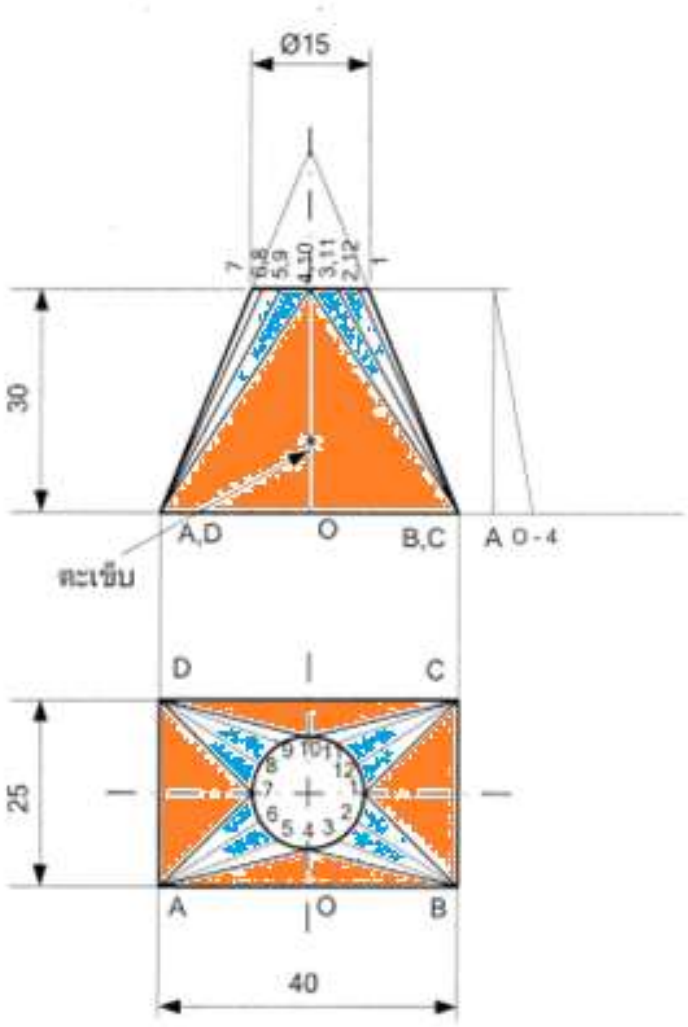


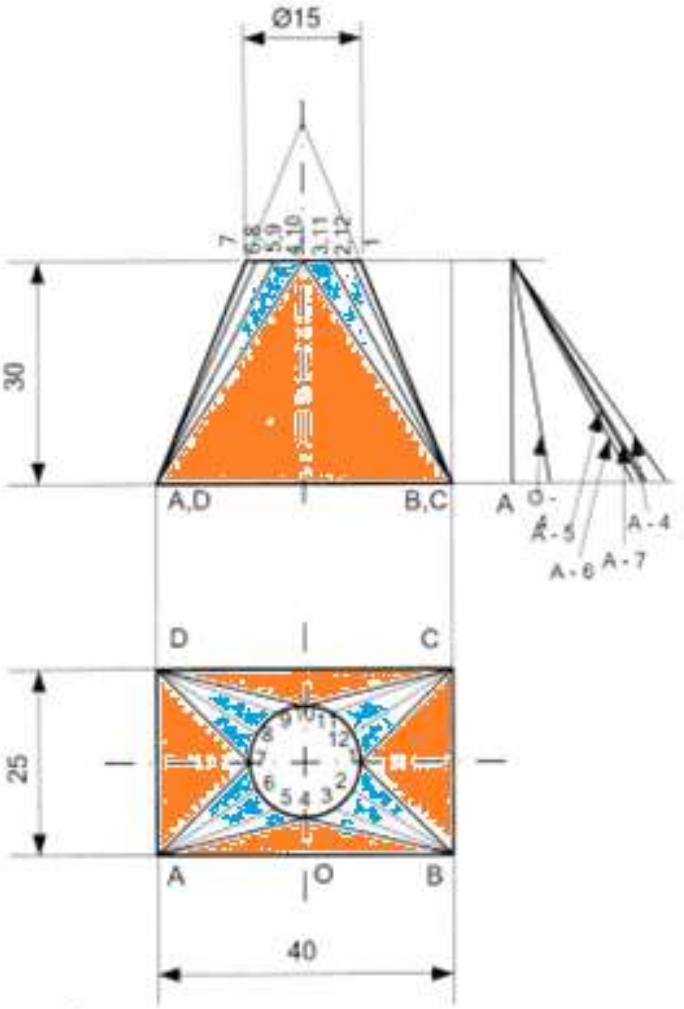



# สื่อการสอน หน่วยที่ 8
# งานเขียนแบบแผ่นคลี่



# สื่อการสอน หน่วยที่ 8
# งานเขียนแบบแผ่นคลี่



## บรรณานุกรม

อาคม บุณยศิริวัฒน์ ธนิต ศิริสาครและสุรจิตร ตรุโนภาส. งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น บริษัท สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด ,2547.

นริศ ศรีเมฆและพิชัย โอภาสอนันต์ .งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, 2551

พลตรี สังข์ศรี. งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, 2562

ไทรทอง เรืองจำรัส. งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, 2562