บทเรียนที่ 6

กระบวนการเชื่อมไส้ฟลักซ์

(FLUX–CORE ARC WELDING)

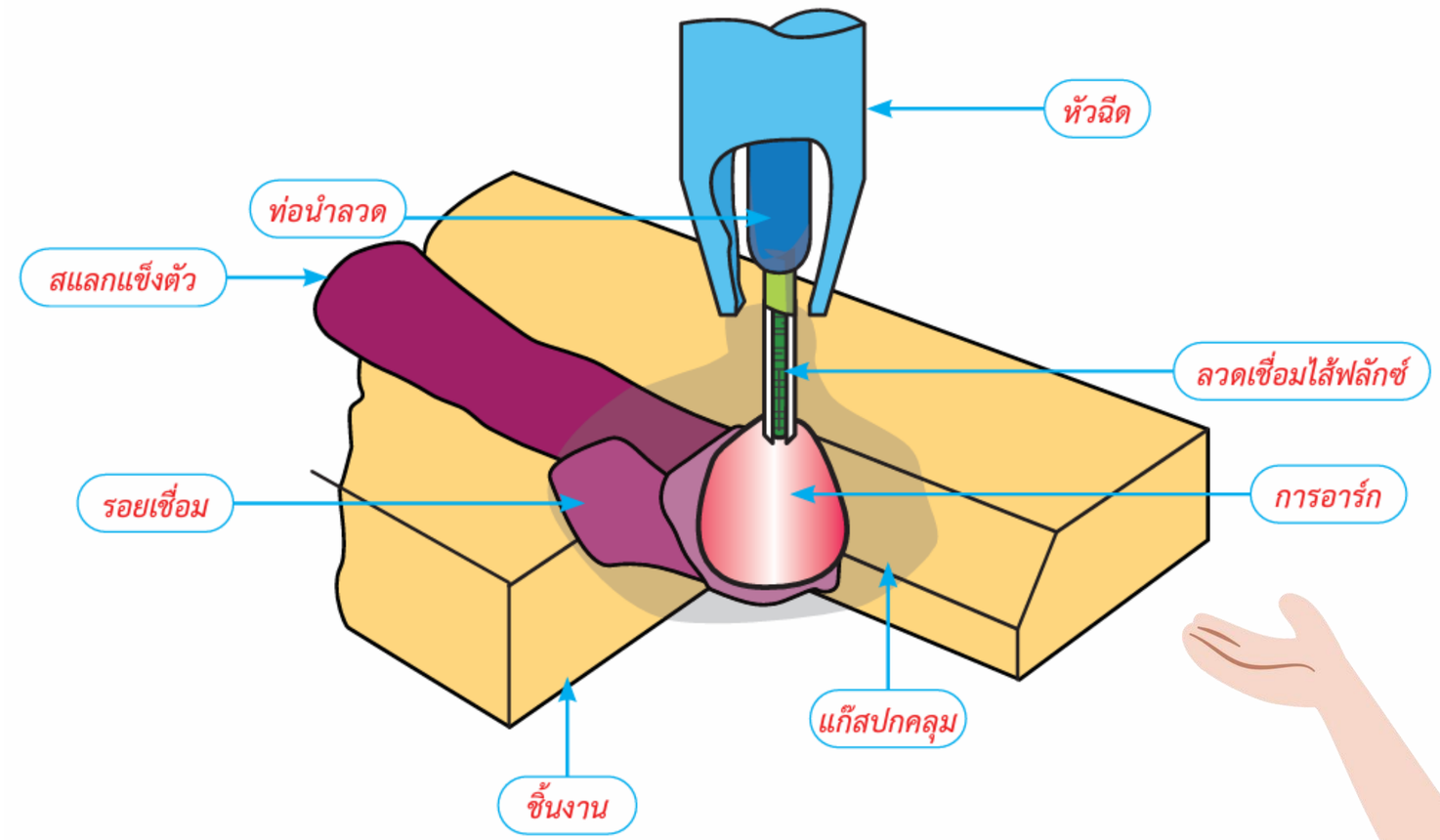
(Welding Process)
กระบวนการเชื่อม

สาระสำคัญ

กระบวนการเชื่อมไส้ฟลักซ์ (Flux–Core Arc Welding: FCAW หรือ FAW)
มีพื้นฐานมาจากกระบวนการ เชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW)
และกระบวนการเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม (GTAW)
และใช้วิธีการเดียว กับกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (GMAW)
โดยการเปลี่ยนลวดเชื่อมจากกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม
ที่ใช้ลวดเชื่อมไส้ตันมาเป็นชนิดกลวง (Tubular) บรรจุภายในด้วยฟลักซ์
โดยไส้ฟลักซ์จะทำให้เกิดสแลกหลอมละลายปกคลุม
รอยเชื่อมแก๊สปกคลุมที่จะใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

หลักการกระบวนการเชื่อมไส้ฟลักซ์

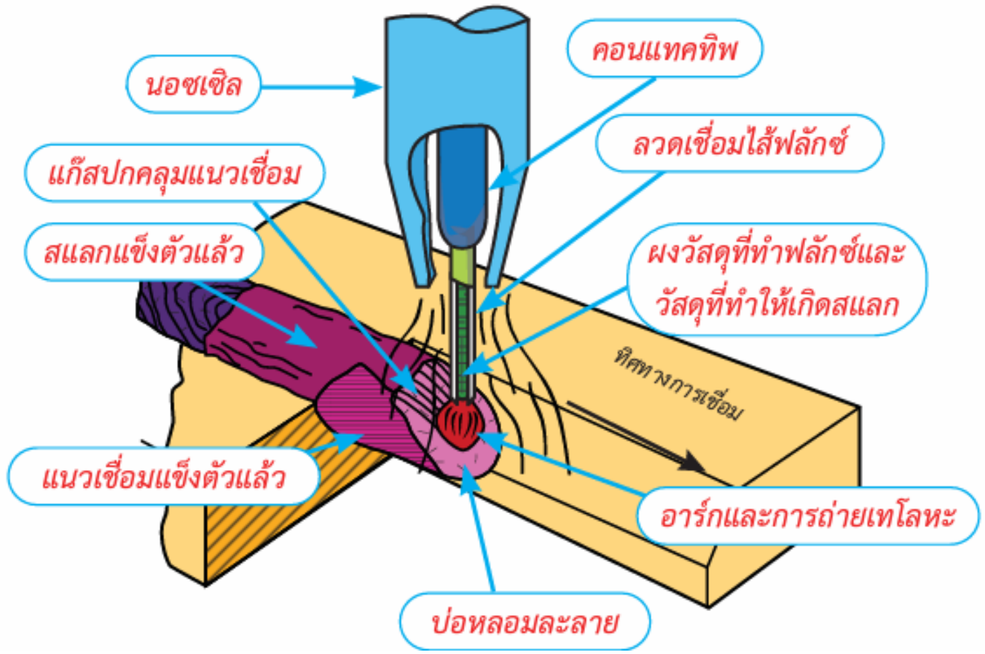
1. **กระบวนการเชื่อมไส้ฟลักซ์ หรือ Flux-Core Arc Welding (FCAW หรือ FAW)** เป็นการเชื่อมแบบอาร์กที่ใช้ อิเล็กโทรดชนิดกลวง (Tubular) ซึ่งภายในบรรจุด้วยฟลักซ์ เราเรียกอิเล็กโทรดชนิดนี้ว่า ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ ฟลักซ์ที่อยู่ภายในลวดเชื่อมมีหน้าที่สำคัญในการช่วยให้เกิดการอาร์กที่สมบูรณ์ เพิ่มสมบัติทางกล และช่วยสร้างรูปร่างของรอยเชื่อมให้สวยงาม คล้ายกับการเชื่อมแบบ SMAW ซึ่งฟลักซ์จะเคลือบอยู่ภายนอกลวดเชื่อม และทำหน้าที่ป้องกันอากาศภายนอก นอกจากนี้ยังมีความคล้ายคลึงกับกระบวนการเชื่อม GMAW โดยเฉพาะการที่ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซปกคลุมบรรยากาศภายนอก และใช้ลวดเชื่อมชนิดกลวงเช่นเดียวกัน กระบวนการเชื่อมไส้ฟลักซ์ แบ่งออกได้ 2 แบบ ดังนี้



กระบวนการเชื่อมไส้ฟลักซ์ (FCAW)

1.1 แบบใช้แก๊สปกคลุมภายนอก (GAS SHIELD FLUX CORE ARC WELDING)

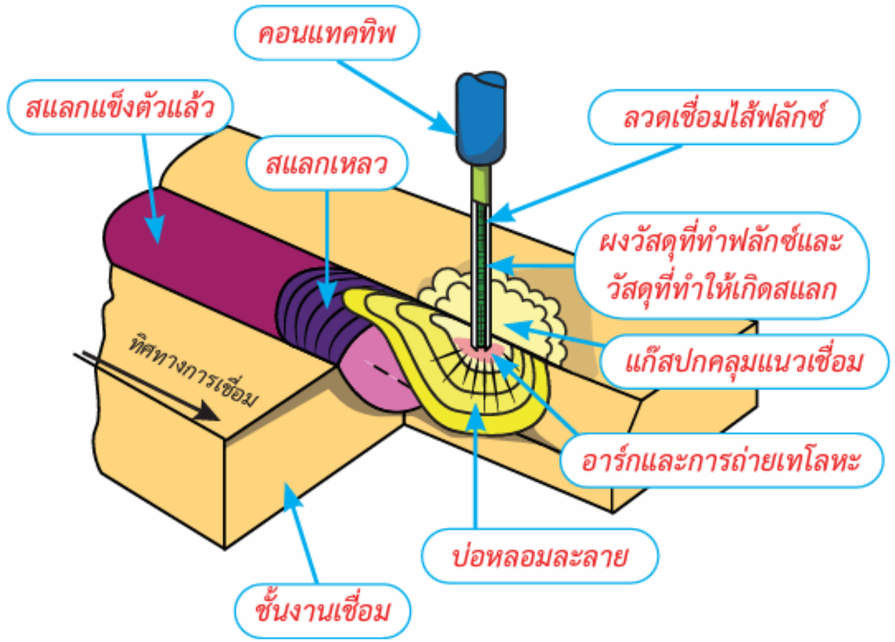
การเชื่อมแบบใช้แก๊สปกคลุมภายนอกนั้น
แก๊สที่ใช้คือ คาร์บอนไดออกไซด์
หรือ แก๊สผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์
กับอาร์กอน ซึ่งการเลือกใช้แก๊ส
จะขึ้นอยู่กับชนิดของชิ้นงานเป็นหลัก
โดยแก๊สเหล่านี้มีหน้าที่สำคัญ
ในการปกคลุมรอยเชื่อม เพื่อป้องกันไม่ให้แก๊ส
ออกซิเจนและแก๊สไนโตรเจนจากภายนอกเข้ามา
รวมตัวกับน้ำโลหะเหลว
ซึ่งจะส่งผลเสียต่อคุณภาพของรอยเชื่อม



กระบวนการเชื่อมไส้ฟลักซ์ แบบใช้แก๊สปกคลุมภายนอก

1.2 แบบสร้างแก๊สปกคลุมด้วยฟลักซ์ (SELF–SHIELD FLUX CORE ARC WELDING)

การเชื่อมแบบใช้แก๊สปกคลุมด้วยฟลักซ์ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยอาศัยปฏิกิริยาเคมีของฟลักซ์ที่อยู่ในลวดเชื่อม เมื่อได้รับความร้อน ฟลักซ์จะสลายตัวกลายเป็นไอและสร้างแก๊สขึ้นมาปกคลุมแนวเชื่อม นอกจากนี้ยังมีธาตุที่ช่วยกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในฟลักซ์ด้วย ซึ่งทั้งหมดนี้ช่วยป้องกันการรวมตัวของบรรยากาศขณะเชื่อม กระบวนการนี้เหมาะสำหรับงานเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนและสามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม



กระบวนการเชื่อมไส้ฟลักซ์ แบบใช้แก๊สปกคลุมด้วยฟลักซ์

2.

ข้อดีของกระบวนการเชื่อมไส้ฟลักซ์

1. คุณภาพของรอยเชื่อมสูง
2. รูปร่างของรอยเชื่อม ได้ขนาดสวยงาม และสะอาด
3. ประสิทธิภาพของการเติมเนื้อโลหะเชื่อมสูง
4. ทำความสะอาดก่อนการเชื่อม น้อยกว่ากระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม
5. อัตราการเติมเนื้อโลหะเชื่อมดีกว่ากระบวนการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ

6 ลดการบิดงอได้น้อยกว่ากระบวนการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ

7 อัตราการเติมเนื้อโลหะเชื่อมดีกว่ากระบวนการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ

8 ปฏิกิริยาของฟลักซ์กับน้ำโลหะจะช่วยขจัดสิ่งที่เป็นมลทินออกจากบ่อหลอมละลาย

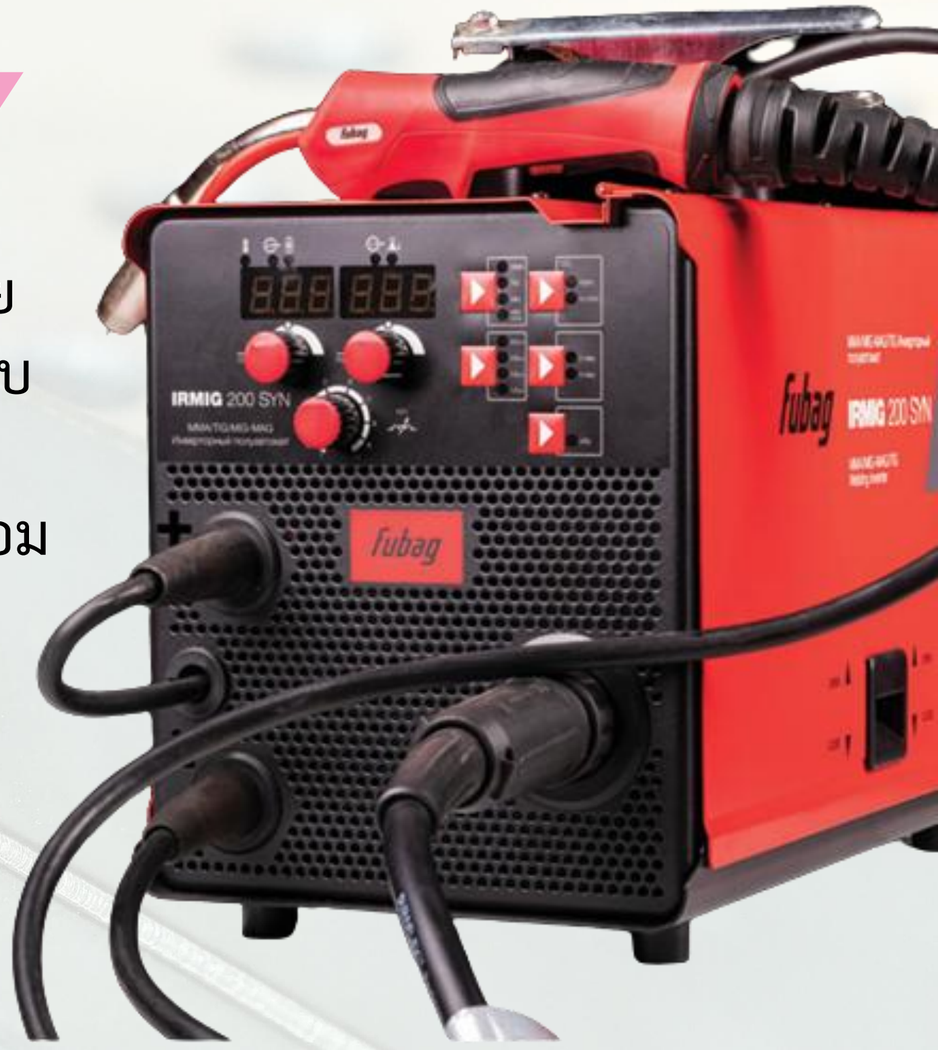
9 การเชื่อมแบบนี้จะไม่มีปัญหาเมื่อเชื่อมงานกลางแจ้งหรือในบริเวณที่มีลมแรง เนื่องจากการสร้างแก๊สปกคลุมขึ้นมาจากฟลักซ์ในลวดเชื่อม ซึ่งช่วยป้องกันกระแสลมได้เป็นอย่างดี

10 ลดปัญหาการแตกร้าวในรอยเชื่อม

3. อุปกรณ์การเชื่อมไส้ฟลักซ์

3.1 เครื่องเชื่อม (WELDING MACHINE)

การเชื่อมไส้ฟลักซ์ (FCAW) สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องเชื่อมแบบ MIG (Gas Metal Arc Welding) ได้เลย เพียงแค่เปลี่ยนจากลวดเชื่อมแบบตันมาใช้ลวดเชื่อมแบบกลวง โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนตัวนำลวดเชื่อม (Liner) เครื่องเชื่อมเหล่านี้มักเป็นชนิดกระแสตรงแบบแรงดันเชื่อมคงที่ (Constant Voltage) ซึ่งสามารถต่อได้ทั้งแบบกระแสตรงกลับขั้ว (DCEP) และกระแสตรงขั้วตรง (DCEN) ทำให้ประยุกต์ใช้ได้ทั้งกับการเชื่อมแบบอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติ



3.2 เครื่องป้อนลวด (FEED CONTROL AND CONTROL SYSTEM)

มีลักษณะคล้ายกับที่ใช้ในการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม โดยเป็นระบบดันลวดเชื่อม
จะถูกดึงออกจากม้วนด้วยลูกกลิ้ง จากนั้นถูกดันผ่านไปยังหัวเชื่อมเพื่อสร้างการอาร์กกับชิ้นงาน
การปรับความเร็วของลวดเชื่อมส่งผลโดยตรงต่อการตั้งค่ากระแสไฟในการเชื่อม
สิ่งสำคัญคือการปรับแรงกดของล้อขับลวด ควรปรับให้พอดีเพียงเพื่อให้ลวดเคลื่อนที่ได้
โดยไม่ลื่นหรือหมุนฟรี หากกดแรงเกินไป ลวดเชื่อมอาจเสียรูปและติดขัดในสายเชื่อมได้
ส่วนการปรับค่าแรงดันเชื่อมมีผลต่อลักษณะของรอยเชื่อมโดยตรง หากแรงดันเชื่อมสูงเกินไปอาจทำ
ให้เกิดรูพรุนในรอยเชื่อม แต่ถ้าต่ำเกินไป รอยเชื่อมจะนูนมากเกินไป

ลูกกลิ้งร่องแบบตัววี (V-Groove) เป็นที่นิยมใช้
สำหรับลวดเชื่อมชนิดกลวงหรือลวดเชื่อมฟลักซ์คอร์
ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 มม. (1/16 นิ้ว)
เนื่องจากช่วยป้องกันการลื่นและแรงดันที่มากเกินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3 ท่าระดับ (HORIZONTAL POSITION)

หัวเชื่อมสำหรับการเชื่อมไส้ฟลักซ์เหมือนกับอาร์กโลหะแก๊สคลุม หรือ MIG
หัวเชื่อมที่ใช้มีด้วยกัน 2 แบบคือแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled)
และแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled)

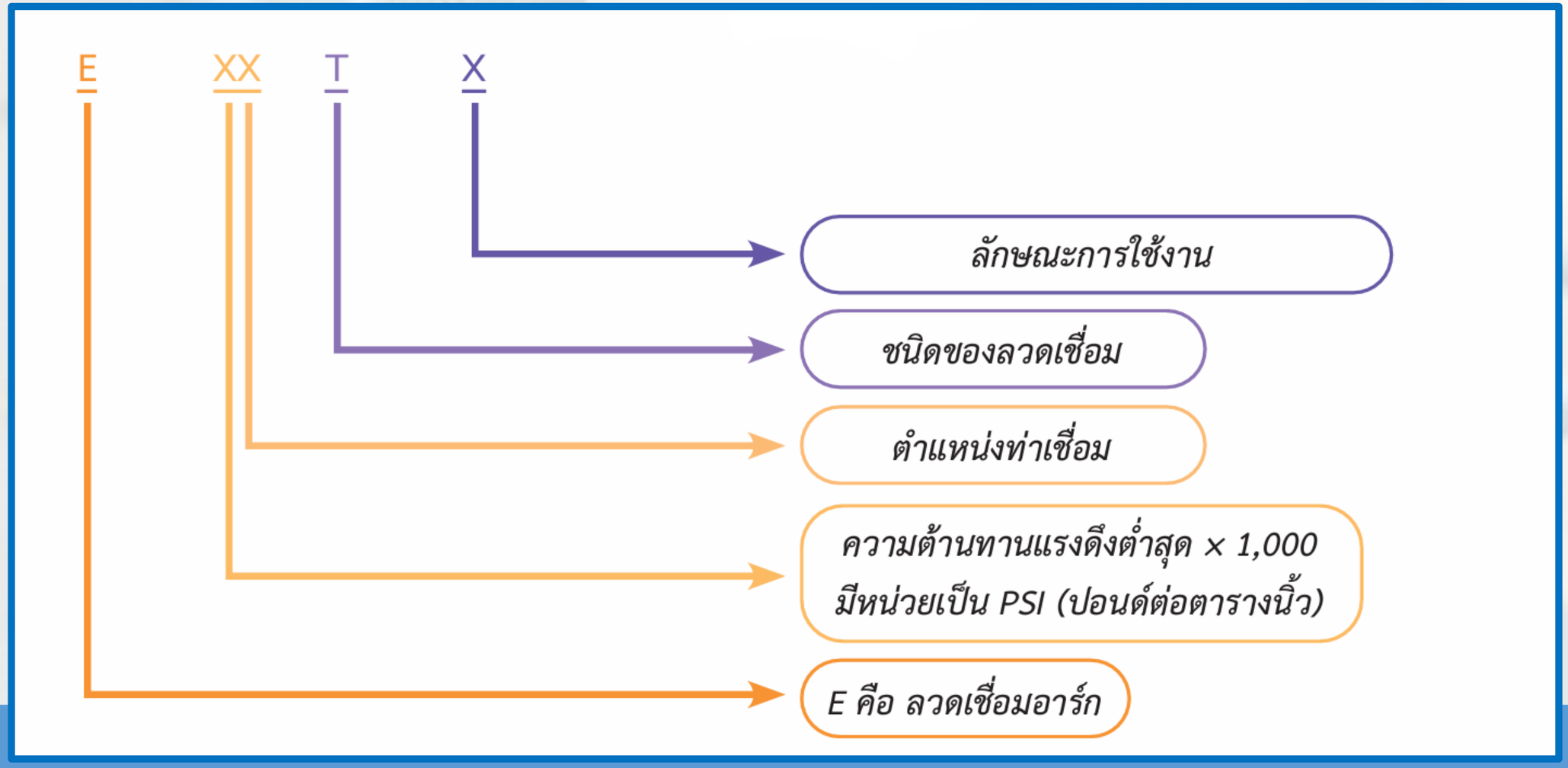
3.4 แก๊สปกคลุม (SHIELD GAS)

ในการเชื่อมแบบใช้ลวดไส้ฟลักซ์ แก๊สที่ใช้ปกคลุมรอยเชื่อมจะเหมือนกับที่ใช้ในการเชื่อม MAG (Metal Active Gas) โดยหลักแล้วจะใช้ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นแก๊สปกคลุม นอกจากนี้ยังสามารถใช้ แก๊สผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ (78%) และอาร์กอน (22%) ได้อีกด้วย คุณสมบัติของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และอุปกรณ์ควบคุมความดันการไหล ของแก๊สที่ใช้ในการเชื่อมประเภทนี้มีลักษณะคล้ายกับการเชื่อมโลหะแก๊สคลุมโดยทั่วไป

ลวดเชื่อม (Electrode Wire) สำหรับกระบวนการเชื่อมไส้ฟลักซ์

การแบ่งลวดเชื่อมสำหรับกระบวนการเชื่อมไส้ฟลักซ์ตามมาตรฐานของสมาคมการเชื่อมอเมริกา คือ A 5.20–1979 เป็นลวดเชื่อมภายในกลวงสำหรับเชื่อมเหล็กกล้าและเหล็กกล้าผสมต่ำ การกำหนดมาตรฐานของลวดเชื่อมของสมาคมการเชื่อมของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดตัวอักษร และตัวเลข

ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ หรือฟลักซ์คอร์


E
XX
T
X
ลักษณะการใช้งาน
ชนิดของลวดเชื่อม
ตำแหน่งท่าเชื่อม
ความต้านทานแรงดึงต่ำสุด x 1,000
มีหน่วยเป็น PSI (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)
E คือ ลวดเชื่อมอาร์ก

4.

ลวดเชื่อมสำหรับกระบวนการเชื่อมไส้ฟลักซ์

ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์แต่ละชนิดมีสมบัติและการนำไปใช้งานที่แตกต่างกันจึงควรพิจารณาการใช้งานตามสมบัติของลวดเชื่อมที่แตกต่างกัน คือ รหัสท้ายมีอยู่ 12 ชนิด ซึ่งมีดังนี้

ลวดเชื่อม T1

ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ชนิดนี้โดยทั่วไปใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สปกคลุม อย่างไรก็ตาม สามารถผสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับแก๊สอาร์กอนได้เพื่อเพิ่มคุณภาพของรอยเชื่อมให้ดียิ่งขึ้นและช่วยให้เชื่อมในท่าที่ยากได้ง่ายขึ้น

ลวดเชื่อม T2

ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ชนิดนี้มีสมบัติคล้ายกับลวดเชื่อมชนิด T1 ซึ่งมีแมงกานีส และซิลิคอนผสมอยู่สูง เหมาะสำหรับการเชื่อมท่าราบและท่าระดับรอยเชื่อมเดียว ลวดเชื่อมชนิดนี้มีธาตุที่ช่วยลดออกซิเจนในปริมาณสูง

ลวดเชื่อม T3

ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ชนิดนี้จะมีแก๊สปกคลุมในตัว (Self–Shield)
ใช้กับกระแสไฟ DCEP และการส่งถ่ายน้ำโลหะแบบละออง เหมาะสำหรับการเชื่อมรอยเดียว
ในท่าราบและ ท่าระดับ และเชื่อมท่าตั้ง เชื่อมลงโดยเอียงไม่เกิน 20 องศา
โดยสามารถเชื่อมด้วยความเร็วสูง ใช้เชื่อมเหล็กที่หนาไม่เกิน 4.8 มิลลิเมตร (3/16 นิ้ว)

ลวดเชื่อม T4

ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ชนิดนี้มีแก๊สปกคลุมในตัว ใช้กับกระแสไฟ DCEP
การส่งถ่ายน้ำโลหะ ท่าระดับได้ แบบหยด (Globular Transfer) ใช้กับการเชื่อม
ที่มีการหลอมละลายสูง ทำหน้าที่ ลดปริมาณของกำมะถัน ช่วยให้เนื้อของรอยเชื่อม
มีความต้านทานต่อการแตกร้าว แต่การซึมลึกต่ำ เหมาะสำหรับการเชื่อมรอยเดียว
แต่สามารถเชื่อมทับแนวในท่าราบและ

ลวดเชื่อม T5

ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ชนิดนี้เหมาะสำหรับการเชื่อมรอยเดียว
โดยใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือส่วนผสมของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
กับอาร์กอนปกคลุมระหว่างการเชื่อม สามารถเชื่อมทับรอยในท่าราบ
และท่าฟิลเล็ตระดับได้ การส่งถ่ายน้ำโลหะจะเป็นแบบหยด และมีสแลกบาง
ทำให้รอยเชื่อมที่ได้นูนเล็กน้อย แต่มีคุณสมบัติต้านทานแรงกระแทกและการแตกร้าวได้ดี

ลวดเชื่อม T6

ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ชนิดนี้มีแก๊สปกคลุมในตัว
ใช้กับกระแสไฟ DCEP การส่งถ่ายน้ำโลหะ แบบละออง ให้การซึมลึกดี
สแลกมีความเหนียวที่อุณหภูมิต่ำ และสามารถกำจัดออก ได้ง่าย
เหมาะสำหรับการเชื่อมรอยเดียว แต่สามารถเชื่อมทับรอยในท่าราบและท่าระดับได้

ลวดเชื่อม T7

ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ชนิดนี้มีแก๊สปกคลุมในตัวและเหมาะกับการใช้กระแสไฟ DCEN โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการเชื่อมลวดเชื่อมขนาดใหญ่ เพราะให้อัตราการหลอมละลายสูง และเหมาะกับการเชื่อมในท่าราบและท่าระดับ หากใช้ลวดเชื่อมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กก็สามารถเชื่อมได้ทุกท่า นอกจากนี้ ลวดเชื่อมชนิดนี้ยังมีความสามารถในการกำจัดกำมะถัน ในรอยเชื่อม ซึ่งช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการแตกร้าวได้ดี และสามารถใช้ได้ทั้งในการเชื่อมรอยเดียวหรือการทับรอยเชื่อมก็ได้

ลวดเชื่อม T8

ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ชนิดนี้มีแก๊สปกคลุมในตัว ใช้กับกระแสไฟ DCEN สามารถเชื่อมได้ทุกท่า รับแรงกระแทกได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ และยังกำจัดกำมะถันในรอยเชื่อม เพื่อเพิ่มความต้านทานต่อการแตกร้าวในรอยเชื่อม เหมาะกับการเชื่อมรอยเดียวหรือทับรอย

ลวดเชื่อม T10 ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ชนิดนี้มีแก๊สปกคลุมในตัว ใช้กับกระแสไฟ DCEN สามารถเชื่อมได้ด้วยความร้อนสูง เหมาะสำาหรับการเชื่อมรอยเดียวในท่าราบ ท่าระดับ และเชื่อมท่าตั้ง เชื่อมลงโดยเอียงไม่เกิน 20 องศา ทุก ๆ ความหนา

ลวดเชื่อม T11 ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ชนิดนี้มีแก๊สปกคลุมในตัว ใช้กับกระแสไฟ DCEN สามารถเชื่อมได้ ด้วยความเร็วสูงและเชื่อมได้ทุกท่า สามารถเชื่อมรอยเดียวหรือทับรอยเชื่อม

ลวดเชื่อม TG ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ชนิดนี้ ใช้เชื่อมทับรอยเชื่อม รายละเอียดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับข้อตกลง ของผู้ซื้อและผู้ขายเป็นผู้กำาหนด

ลวดเชื่อม TGS ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ชนิดนี้ ใช้เชื่อมรอยเชื่อมเดียว รายละเอียดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับข้อตกลง ของผู้ซื้อและผู้ขายเป็นผู้กำาหนด

ธาตุที่ผสมในลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์

5. ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์มี 2 แบบ คือ แบบใช้แก๊สปกคลุมภายนอก และแบบสร้างแก๊สปกคลุมด้วยฟลักซ์ ซึ่งทั้ง 2 แบบจะมีธาตุผสมต่าง ๆ ซึ่งธาตุผสมเหล่านี้มีหน้าที่ ดังตารางนี้

ธาตุที่ผสม	หน้าที่
แคลเซียม (Ca)	*ให้การคลุมและสร้างขี้ตะกรัน*
แมงกานีส (Mn)	*ไล่แก๊สออกซิเจนป้องกันฮอท ซอร์ตเนส (Hot Shortness) โดยรวมกับซัลเฟอร์เป็นแมงกานีสซัลเฟอร์ เป็น Mns เพิ่มความแข็ง สร้างขี้ตะกรัน*
ซิลิคอน (Si)	*ไล่แก๊สออกซิเจนและสร้างขี้ตะกรัน*
เซอร์โคเนียม (Zr)	*ไล่แก๊สออกซิเจน และไนโตรเจน*
อะลูมิเนียม (Al)	*ไล่แก๊สออกซิเจน และไนโตรเจน*

ธาตุที่ผสม	หน้าที่
ไทเทเนียม (Ti)	ไล่แก๊สออกซิเจน และไนโตรเจน สร้างขี้ตะกรันทำให้คาร์บอนคงที่ เพื่อป้องกันการรวมตัวของโครเมียมเป็นโครเมียมคาร์ไบด์ ซึ่งเป็นการสูญเสียโครเมียมในออสเทนไนต์
คาร์บอน (C)	เพิ่มความแข็งและความแข็งแรง
วาเนเดียม (Va)	เพิ่มความแข็งและความแข็งแรง
โซเดียม (Na)	ให้อาร์กสม่ำเสมอและสร้างขี้ตะกรัน
เหล็ก (Fe)	เป็นตัวลวดเติมอยู่แล้ว เจือในนิกเกิลหลัก และในลวดเชื่อมนอกกลุ่มเหล็กอื่น
โครเมียม (Cr)	การช่วยปรับปรุงการเปลี่ยนรูปอย่างช้า ๆ ของโลหะ ของความเค้นแรงดึงแบบต่าง ๆ
นิกเกิล (Ni)	การเจือปรับปรุงความแข็งแรง ความเหนียว การทนต่อความกัดกร่อน
โมลิบดีนัม (Mo)	เพิ่มความแข็งแรงและเพิ่มความทนทาน
โพแทสเซียม (K)	ให้อาร์กสม่ำเสมอและสร้างขี้ตะกรัน