

งานเชื่อมโลหะ

ดัดแปลงจากเอกสารคำสอนของ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย ลีลากวีวงศ์
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร

208281 Workshop Practice Created by Prateep Chaisermatwan



งานเชื่อม (Welding)

การเชื่อมโลหะหมายถึงกรรมวิธีกระบวนการเชื่อมต่อโลหะให้ติดกันอย่างแข็งแรงสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถกระทำได้หลาย ๆ วิธี ทั้งแบบกรรมวิธีใช้แรงดันและกรรมวิธีการหลอมละลาย ช่างเชื่อมหรือผู้เกี่ยวข้องจะต้องเลือกใช้วิธีการเชื่อมให้ถูกต้องและเหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงาน เพื่อให้ได้งานเชื่อมที่ถูกต้องสมบูรณ์ ประหยัดทั้งเวลา ค่าแรงงาน ค่าวัสดุ และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ



ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อม

แบ่งได้ 3 ยุค ดังนี้ โลหะ

1. วิวัฒนาการจากยุคโบราณ

- โลหะที่มนุษย์เริ่มใช้ คือ ทองแดง เพราะเหนียว และอ่อนตัวได้ดี เริ่มใช้ช่วง 1,000 ปีก่อน ค.ศ
- ส่วนการเชื่อมแก๊สได้มีการพัฒนาขึ้นช่วงต้นศตวรรษที่ 19 โดย Edmund Davy ค้นพบแก๊สอะเซทิลีนและได้นำมาผลิตใช้กับการเชื่อมและตัดโลหะด้วยออกซิอะเซทิลีน
- พ.ศ. 2344 Sir Humphry Davy ค้นพบประกายไฟฟ้า ขณะทำการทดลองเกี่ยวกับไฟฟ้า

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ

(ต่อ)

- จากเอกสารแสดงว่า การเชื่อมโลหะที่มีการหลอมละลายของโลหะเป็นครั้งแรก คือ Auguste de Meritens
- พ.ศ. 2424 Auguste de Meritens ได้ทำการเชื่อมแผ่นตะกั่วที่ใช้ในแบตเตอรี่เข้าด้วยกันโดยใช้ขั้วไฟฟ้าที่ทำจากแท่งคาร์บอน
- พ.ศ. 2428 Bernados N. และ Olszeweskis ทำการพัฒนาเครื่องเชื่อมขึ้นแทนแบตเตอรี่แต่ยังใช้แท่งคาร์บอนอาร์กให้ความร้อนแก่ชิ้นงานอยู่

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ (ต่อ)

- พ.ศ. 2431 N.G. Slavianoff ชาวรัสเซีย ได้นำขั้วเชื่อมโลหะที่ไม่มีสารพอกหุ้มมาใช้เป็นครั้งแรกแต่ยังมีปัญหาอยู่
- พ.ศ. 2435 C.L. Coffin ชาวสหรัฐอเมริกา ได้บุกเบิกกรรมวิธีการเชื่อมโลหะแบบขั้วเชื่อมโลหะที่ไม่มีสารพอกหุ้มเช่นกัน
- พ.ศ. 2435 N.G. Slavianoff ได้สิทธิบัตรในกรรมวิธีการเชื่อมโลหะแบบขั้วโลหะที่ไม่มีสารพอกหุ้ม

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ (ต่อ)

- พ.ศ. 2455 Kjellberg วิศวกรชาวสวีเดนได้จดสิทธิบัตรกรรมวิธีการเชื่อมแบบขั้วเชื่อมที่มีสารพอกหุ้มหนา ทำจากแอสเบสตอส มีโซเดียมซิลิเกตเป็นตัวประสาน ทำให้อาร์ก สม่่าเสมอ และได้เนื้อโลหะที่มีความบริสุทธิ์ดีกว่าใช้ลวดเปลือย



แนวเชื่อมที่สามารถขยายขนาดได้ตามต้องการ
ไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมแผ่นโลหะหรือท่อต่าง ๆ
ทำให้วงการอุตสาหกรรมเติบโตขึ้น

รูปแสดงแนวเชื่อมที่ดีและสม่ำเสมอ

2. วิวัฒนาการจากยุคกลาง

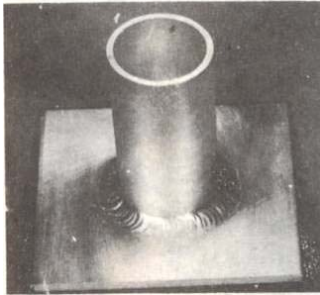
ช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 เครื่องเชื่อมที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องเชื่อมกระแสตรง

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ (ต่อ)

- พ.ศ. 2473 หลังช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 Gobart และ Devers ได้นำกรรมวิธีการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมหรือการเชื่อมมิกซ์ออกมาเผยแพร่ ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อมที่มีประสิทธิภาพสูง การหลอมละลายลึกสูง แนวเชื่อมแคบ เชื่อมได้ด้วยความเร็วสูง
- พ.ศ. 2485 The Linde Company ได้รับใบอนุญาตให้พัฒนากกรรมวิธีการเชื่อมแบบ GTAW (Gas Tungsten-Arc Welding) หรือ TIG สงครามโลกครั้งที่ 2 ได้กระตุ้นให้มีการพัฒนาการเชื่อมโดยใช้แก๊สเฉื่อยช่วยทำให้งานเชื่อมมีความสะอาด

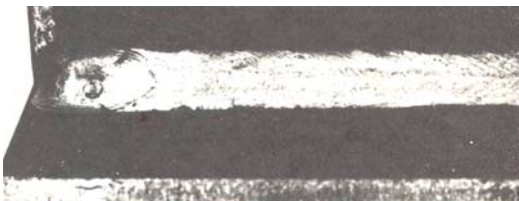
ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ (ต่อ)

- การเชื่อม GTAW ทำให้การใช้ลู่มีเนียมและแมกนีเซียมในงานอุตสาหกรรมได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว



กรรมวิธีการเชื่อมแบบ GTAW(TIG) ที่ใช้เชื่อมอะลูมิเนียมไม่เป็นปัญหา และสำหรับเหล็กกล้าก็สามารถทำได้เช่นกัน

- พ.ศ. 2491 ได้มีการจดสิทธิบัตรกรรมวิธีการเชื่อมแบบ GMAW (Gas Metal-Arc Welding)
- สาเหตุที่มีการพัฒนา GMAW เพราะต้องการที่จะลดน้ำหนัก และให้ทนทานต่อการเกิดสนิมของแนวเชื่อม
- กรรมวิธีนี้จะให้ความร้อนเป็นจุด สร้างแนวเชื่อมที่ลึกและแคบเมื่อเขตความร้อนที่แตกต่างนี้จะทำให้เชื่อมได้เร็วขึ้น และไม่ต้องทำความสะอาดบ่อยครั้ง
- ผลที่ได้ คือ แนวเชื่อมจะไม่บิดเบี้ยวหรือโค้งงอ



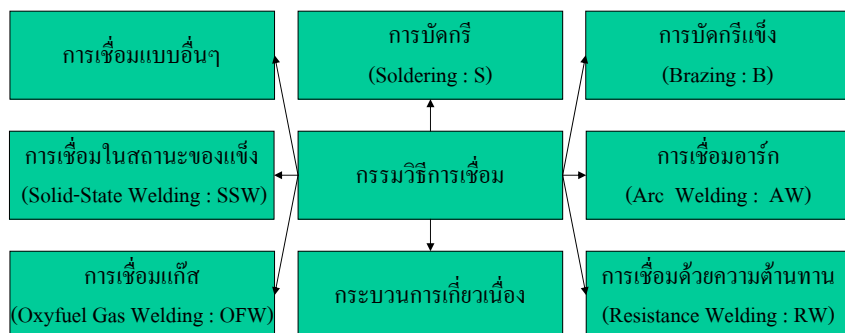
เป็นการเชื่อมแบบ GMAW(MIG) ใช้ลวดเชื่อมมีฟลักซ์หุ้ม นิยมใช้มากในอุตสาหกรรม

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ (ต่อ)

3. วิวัฒนาการยุคปัจจุบัน

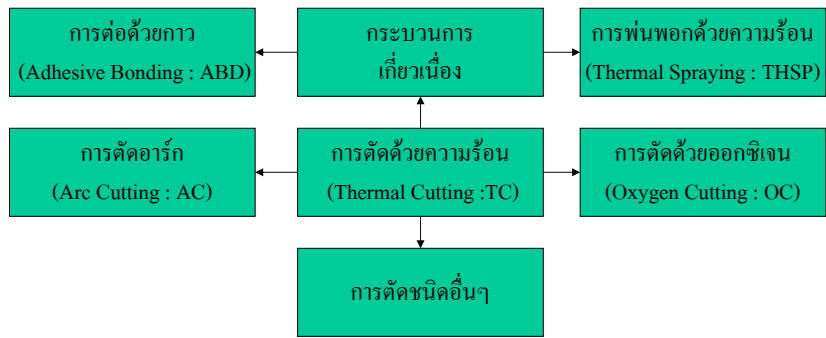
- ปัจจุบันกรรมวิธีการเชื่อมได้พัฒนาขึ้น ซึ่งวิธีการเหล่านี้ได้รับการออกแบบตามความต้องการเฉพาะด้าน สมาคมการเชื่อมของอเมริกา (ASW) ได้จัดแบ่งไว้มากกว่า 50 ชนิด

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ (ต่อ)



การแบ่งประเภทของกระบวนการเชื่อมตาม American Welding Society : AWS

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ (ต่อ)



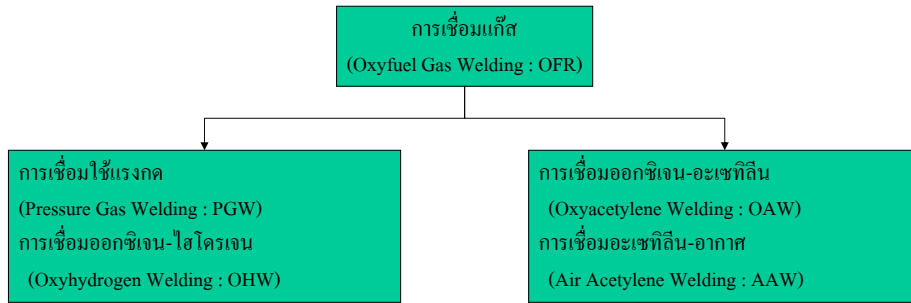
การแบ่งประเภทของกระบวนการเชื่อมตาม AWS

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ (ต่อ)



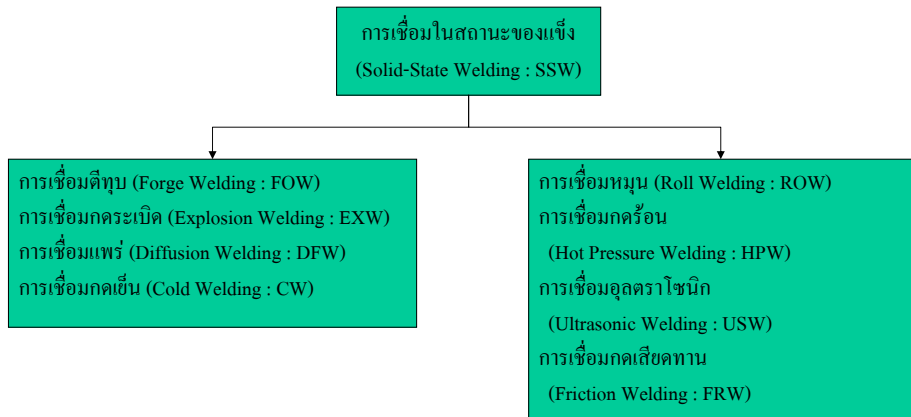
การแบ่งประเภทของกระบวนการเชื่อมตาม AWS

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ (ต่อ)



การแบ่งประเภทของกระบวนการเชื่อมตาม AWS

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ (ต่อ)



การแบ่งประเภทของกระบวนการเชื่อมตาม AWS

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ

(ต่อ)

การเชื่อมด้วยความต้านทาน
(Resistance Welding : RW)

การเชื่อมอัทเสท (Upset Welding : UW)
การเชื่อมโปรเจกชัน (Projection Welding : RPW)
การเชื่อมตะเข็บ (Resistance Seam Welding : RSEW)
การเชื่อมจุด (Resistance Spot Welding : RSW)

การเชื่อมความต้านทานความถี่สูง (HFRW)
การเชื่อมกระแทก (PEW)
การเชื่อมชนวาบ (FW)

การแบ่งประเภทของกระบวนการเชื่อมตาม AWS

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ

(ต่อ)

การเชื่อมแบบอื่นๆ

การเชื่อมลำอิเล็กตรอน
(Electron Beam Welding : EBW)
การเชื่อมแบบโฟล (Flow Welding : FLOW)

การเชื่อมเลเซอร์ (Laser Beam Welding : LBW)
การเชื่อมเทอร์มิต (Thermit Welding : TW)
การเชื่อมเหนี่ยวนำ (Induction Welding : IW)

การแบ่งประเภทของกระบวนการเชื่อมตาม AWS

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ

(ต่อ)

การบัดกรี
(Soldering : S)

การบัดกรีด้วยความต้านทาน
(Resistance Soldering : RS)
การบัดกรีด้วยเปลวไฟ (Torch Soldering : TS)
การบัดกรีด้วยคลื่น (Wave Soldering : WS)
การบัดกรีด้วยหัวแร่ (Iron Soldering : INS)

การบัดกรีในเตา (Furnace Soldering : FS)
การบัดกรีในเตาเหนี่ยวนำ
(Induction Soldering : IS)
การบัดกรีด้วยอินฟราเรด
(Infrared Soldering : IRS)
การบัดกรีแบบจุ่ม (Dip Soldering : DS)

การแบ่งประเภทของกระบวนการเชื่อมตาม AWS

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ

(ต่อ)

การบัดกรีแข็ง (Brazing : B)

การบัดกรีแข็งเป็นกลุ่ม (Block Brazing : BB)
การบัดกรีแข็งแพร่ (Diffusion Brazing : DFB)
การบัดกรีแข็งแบบจุ่ม (Dip Brazing : DB)
การบัดกรีแบบไหล (Flow Brazing : FLB)

การบัดกรีแข็งเหนี่ยวนำ (Induction Brazing : IB)
การบัดกรีแข็งอินฟราเรด (Infrared Brazing : IRB)
การบัดกรีแข็งด้วยความต้านทาน (Resistance Brazing : RB)
การบัดกรีแข็งด้วยเปลวไฟ (Torch Brazing : TB)
การบัดกรีแข็งคาร์บอนอาร์ค
(Twin Carbon Arc Brazing : TCAB)
การบัดกรีแข็งในเตา (Furnace Brazing : FB)

การแบ่งประเภทของกระบวนการเชื่อมตาม AWS

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ

(ต่อ)

การตัดด้วยออกซิเจน
(Oxygen Cutting : OC)

การตัดด้วยแก๊ส (Oxyfuel gas Cutting : OFC)

- ตัดออกซิ-ไฮโดรเจน (Oxyhydrogen Cutting : OFC-H)
- ตัดออกซิ-อะเซทิลีน (Oxyacetylene Cutting : OFC-A)
- ตัดออกซิ-แก๊สธรรมชาติ (Oxynatural Cutting : OFC-N)
- ตัดออกซิ-โพรเพน (Oxypropane gas Cutting : OFC-P)

การตัดใช้ผงเหล็ก (Metal Powder Cutting : POC)

- การตัดออกซิเจนอาร์ก (Oxygen Arc Cutting : AOC)
- การตัดใช้ฟลักซ์เคมี (Chemical Flux Cutting : FOC)
- การตัดออกซิเจนเลนส์ (Oxygen Lance Cutting : LOC)

การแบ่งประเภทของกระบวนการเชื่อมตาม AWS

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ

(ต่อ)

การตัดด้วยการอาร์ก
(Arc Cutting : AC)

การตัดพลาสมา (Plasma Arc Cutting : PAC)

การตัดอาร์กโลหะ (Metal Arc Cutting : MAC)

การตัดด้วยลวดหุ้มฟลักซ์
(Shield Metal Arc Cutting : SMAC)

การตัดอาร์กคาร์บอน

(Carbon Arc Cutting : CAC)

การตัดอาร์กโลหะแก๊สคลุม

(Gas Metal Arc Cutting : GMAC)

การตัดอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม

(Gas Tungsten Arc Cutting : GTAC)

การตัดอาร์กคาร์บอน-อากาศ

(Air Carbon Arc Cutting : AAC)

การแบ่งประเภทของกระบวนการเชื่อมตาม AWS

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อม

โลหะ (ต่อ)

การตัดชนิดอื่นๆ

การตัดด้วยลำแสงเลเซอร์
(Laser Beam Cutting : LBC)
การตัดด้วยลำอิเล็กตรอน
(Electron Beam Cutting : EBC)

การแบ่งประเภทของกระบวนการเชื่อมตาม AWS

ประวัติและวิวัฒนาการของการเชื่อมโลหะ

(ต่อ)

การพ่นพอกด้วยความร้อน
(Thermal Spraying : THS)

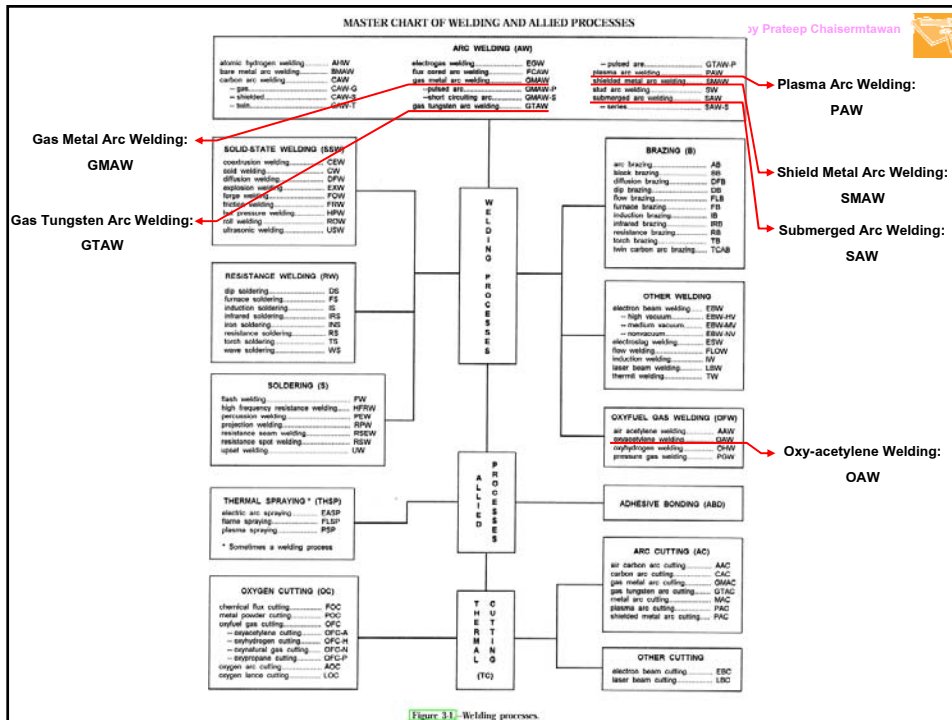
การพ่นพอกด้วยเปลวไฟ (Flame Spraying : FLSP)
การพ่นพอกด้วยพลาสมา (Plasma Spraying : PSP)
การพ่นพอกด้วยอาร์ก (Electric Arc Spraying : EASP)

การแบ่งประเภทของกระบวนการเชื่อมตาม AWS



กระบวนการเชื่อมโลหะ

กระบวนการเชื่อมโลหะ (Welding Processes) เกิดขึ้นมาตั้งแต่ในอดีตในยุคที่มีมนุษย์รู้จักการนำโลหะมาประยุกต์เป็นเครื่องมือเครื่องใช้และกระบวนการเชื่อมได้วิวัฒนาการและพัฒนาการมาเป็นลำดับ ซึ่งการเชื่อมได้ถูกคิดค้นกระบวนการเชื่อมใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นมากมาย โดยอาศัยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีขั้นสูงสมัยใหม่ ประกอบกับประสบการณ์ ได้ปรับปรุงเพิ่มเติมพัฒนากระบวนการเชื่อมที่มีอยู่ก่อน เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพงาน ตรงตามความต้องการของผู้ใช้และลักษณะงาน ไม่ว่าจะเป็งานผลิตหรืองานซ่อมบำรุงก็ตาม โดยพยายามให้เป็นกระบวนการเชื่อมที่มีประสิทธิภาพสมบูรณ์เฝามากที่สุด ด้วยเหตุนี้จึงมีกระบวนการเชื่อมมากมายไม่น้อยกว่า 40 ชนิด





กระบวนการเชื่อมโลหะ

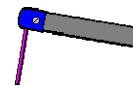
จากกระบวนการเชื่อมที่มีอยู่หลายวิธีนั้น กระบวนการเชื่อมที่เป็นที่นิยมได้แก่

1. กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
(Shield Metal Arc Welding Process : SMAW)
2. กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์
(Submerged Arc Welding Process : SAW)
3. กระบวนการเชื่อมโลหะก๊าซคลุม
(Gas Metal Arc Welding Process : GMAW)
4. กระบวนการเชื่อมอาร์คทังสเตนก๊าซคลุม
(Gas Tungsten Arc Welding)
5. กระบวนการเชื่อมโลหะด้วยก๊าซออกซิ-อะเซทิลีน
(The Oxy-acetylene Welding Process : OAW)
6. กระบวนการเชื่อมพลาสมา
(Plasma Arc Welding : PAW)

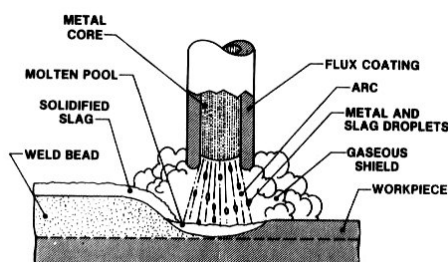
กระบวนการเชื่อมโลหะ



กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
(Shield Metal Arc Welding Process : SMAW)



กระบวนการเชื่อมเกิดจากการอาร์คระหว่างปลายลวดเชื่อมไฟฟ้า (Electrode) กับชิ้นงาน (Base Metal) ทำให้เกิดความร้อนอันรุนแรง (ประมาณ $3,300^{\circ}\text{C} - 5,500^{\circ}\text{C}$) เผาแผ่นโลหะงานตรงจุดที่อาร์คให้หลอมละลายเป็นแอ่ง ขณะเดียวกันปลายลวดเชื่อมก็หลอมละลายและหดเต็กลงไปในแอ่งนั้น

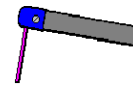


กระบวนการเชื่อมโลหะ

208281 Workshop Practice Created by Prateep Chaisermtawan



กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
(Shield Metal Arc Welding Process : SMAW)



อุปกรณ์ SMAW



Arc Welding Accessories

กระบวนการเชื่อมโลหะ

208281 Workshop Practice Created by Prateep Chaisermtawan



จากกระบวนการเชื่อมที่มีอยู่หลายวิธีนั้น กระบวนการเชื่อมที่เป็นที่นิยมได้แก่

1. กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
(Shield Metal Arc Welding Process : SMAW)
2. กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์
(Submerged Arc Welding Process : SAW)
3. กระบวนการเชื่อมโลหะก๊าซคลุม
(Gas Metal Arc Welding Process : GMAW)
4. กระบวนการเชื่อมอาร์คทังสเตนก๊าซคลุม
(Gas Tungsten Arc Welding)
5. กระบวนการเชื่อมโลหะด้วยก๊าซออกซิ-อะเซทิลีน
(The Oxy-acetylene Welding Process : OAW)
6. กระบวนการเชื่อมพลาสมา
(Plasma Arc Welding : PAW)

กระบวนการเชื่อมโลหะ

208281 Workshop Practice Created by Prateep Chaisermatwan

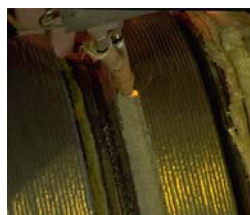
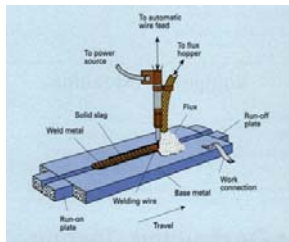


กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์

(Submerged Arc Welding Process : SAW)



เป็นกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ใช้ความร้อนจากการอาร์คระหว่างลวดเชื่อมเปลี่ยนกับโลหะชิ้นงาน ลวดเชื่อมถูกป้อนมาอย่างต่อเนื่องโดยอุปกรณ์ป้อนลวดก่อนเริ่มต้นเชื่อมและขณะเชื่อมจะมีผงฟลักซ์ชนิดเม็ดละเอียดจากถังใส่ฟลักซ์ (Flux Hopper) ไหลลงมาคลุมปกปิดการอาร์ค และไหลอย่างต่อเนื่องขณะเครื่องเชื่อมเคลื่อนที่ไปจนสุดแนว



กระบวนการเชื่อมโลหะ

208281 Workshop Practice Created by Prateep Chaisermatwan



กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์

(Submerged Arc Welding Process : SAW)



อุปกรณ์ SAW

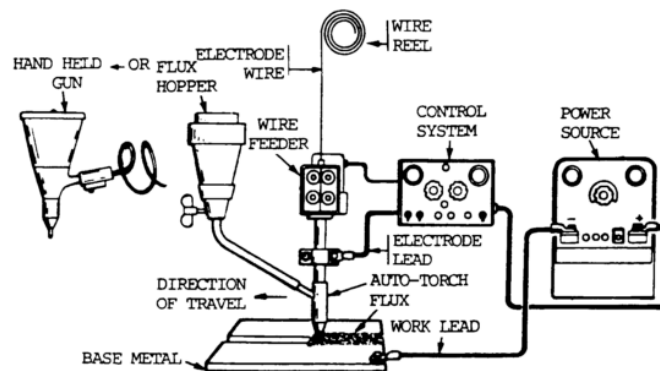


Figure 10-59. Block diagram - SAW.



กระบวนการเชื่อมโลหะ

จากกระบวนการเชื่อมที่มีอยู่หลายวิธีนั้น กระบวนการเชื่อมที่เป็นที่นิยมได้แก่

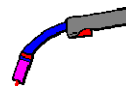
1. กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
(Shield Metal Arc Welding Process : SMAW)
2. กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์
(Submerged Arc Welding Process : SAW)
3. กระบวนการเชื่อมโลหะก๊าซคลุม
(Gas Metal Arc Welding Process : GMAW)
4. กระบวนการเชื่อมอาร์คทังสเตนก๊าซคลุม
(Gas Tungsten Arc Welding)
5. กระบวนการเชื่อมโลหะด้วยก๊าซออกซิ-อะเซทิลีน
(The Oxy-acetylene Welding Process : OAW)
6. กระบวนการเชื่อมพลาสมา
(Plasma Arc Welding : PAW)

กระบวนการเชื่อมโลหะ



กระบวนการเชื่อมโลหะก๊าซคลุม

(Gas Metal Arc Welding Process : GMAW)



การเชื่อมอาร์คโลหะก๊าซคลุม หรือเรียกว่า การเชื่อมมิก (MIG มาจาก Metal Inert Gas) เป็นกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าแบบอาร์ค ซึ่งการอาร์คเกิดขึ้นระหว่างลวดเชื่อมเคลื่อนที่ที่ถูกป้อนมาอย่างต่อเนื่องกับโลหะชิ้นงาน ความร้อนจากการอาร์ค จะทำให้ปลายลวดเชื่อมหลอมละลาย เติมลงไปรวมตัวกับหน้าโลหะบนชิ้นงานได้เป็นแนวเชื่อม ขณะเดียวกันบริเวณการอาร์คจะถูกปกคลุมด้วยก๊าซซึ่งจ่ายมาจากหัวเชื่อม เพื่อเป็นการป้องกันก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจนจากบรรยากาศ

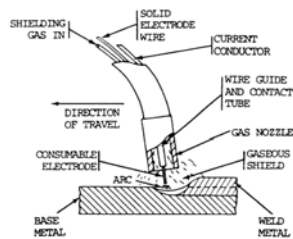


Figure 6-6. Gas metal arc welding.



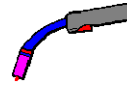
กระบวนการเชื่อมโลหะ

208281 Workshop Practice Created by Prateep Chaisermtawan



กระบวนการเชื่อมโลหะก๊าซคลุม

(Gas Metal Arc Welding Process : GMAW)



อุปกรณ์ GMAW

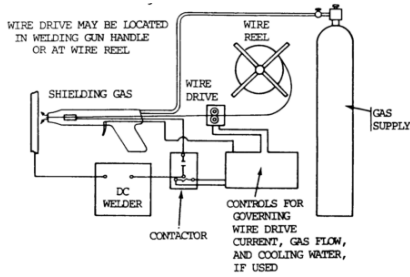


Figure 10-45. MIG welding process.

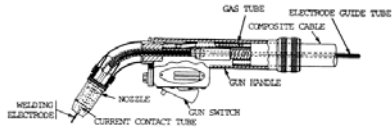


Figure 10-46. Typical semiautomatic gas-cooled, curved-neck gas metal arc welding gun.



ก๊าซคลุม (Shielding Gas) ได้แก่ Ar, He, CO₂ และก๊าซผสมเช่น ก๊าซอาร์กอนผสมออกซิเจน หรือก๊าซอาร์กอนผสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

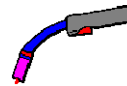
กระบวนการเชื่อมโลหะ

208281 Workshop Practice Created by Prateep Chaisermtawan



กระบวนการเชื่อมโลหะก๊าซคลุม

(Gas Metal Arc Welding Process : GMAW)





กระบวนการเชื่อมโลหะ

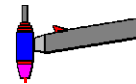
จากกระบวนการเชื่อมที่มีอยู่หลายวิธีนั้น กระบวนการเชื่อมที่เป็นที่นิยมได้แก่

1. กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
(Shield Metal Arc Welding Process : SMAW)
2. กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์
(Submerged Arc Welding Process : SAW)
3. กระบวนการเชื่อมโลหะก๊าซคลุม
(Gas Metal Arc Welding Process : GMAW)
4. กระบวนการเชื่อมอาร์คทังสแตนก๊าซคลุม
(Gas Tungsten Arc Welding)
5. กระบวนการเชื่อมโลหะด้วยก๊าซออกซิ-อะเซทิลีน
(The Oxy-acetylene Welding Process : OAW)
6. กระบวนการเชื่อมพลาสมา
(Plasma Arc Welding : PAW)

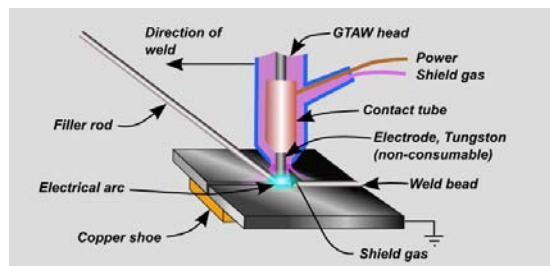
กระบวนการเชื่อมโลหะ



กระบวนการเชื่อมอาร์คทังสแตนก๊าซคลุม (Gas Tungsten Arc Welding : GTAW)



กระบวนการเชื่อมอาร์คทังสแตนก๊าซคลุม หรือเรียกว่า กระบวนการเชื่อมทิก (TIG มาจาก Tungsten Inert Gas) เป็นกระบวนการเชื่อมที่มีประสิทธิภาพ กระบวนการเชื่อมชนิดนี้การอาร์คเกิดขึ้นระหว่างแท่งอิเล็กโทรดทังสแตน (Tungsten Electrode) กับโลหะชิ้นงาน และบริเวณการอาร์คจะปกคลุมด้วยก๊าซเฉื่อยหรือก๊าซคลุม ซึ่งพ่นมาจากหัวเชื่อม โดยลวดเชื่อมที่เติมลงไปแนวเชื่อมจะใช้หรือไม่ใช้ก็ได้ขึ้นอยู่กับชิ้นงานเชื่อม

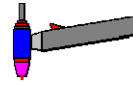


กระบวนการเชื่อมโลหะ

208281 Workshop Practice Created by Prateep Chaisermatwan



กระบวนการเชื่อมอาร์คทังสเตนก๊าซคลุม
(Gas Tungsten Arc Welding : GTAW)

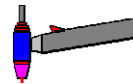


กระบวนการเชื่อมโลหะ

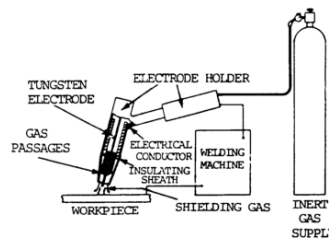
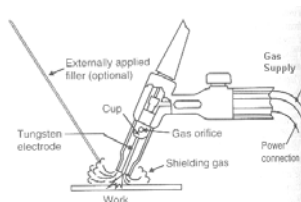
208281 Workshop Practice Created by Prateep Chaisermatwan



กระบวนการเชื่อมอาร์คทังสเตนก๊าซคลุม
(Gas Tungsten Arc Welding : GTAW)



อุปกรณ์ GMAW



NOTE
A water-cooled welding torch is used when cooling from the inert gas shield is inadequate.

Figure 10-33. Gas tungsten arc welding equipment arrangement.

ก๊าซคลุม (Shielding Gas) ได้แก่ Ar, He



กระบวนการเชื่อมโลหะ

จากกระบวนการเชื่อมที่มีอยู่หลายวิธีนั้น กระบวนการเชื่อมที่เป็นที่นิยมได้แก่

1. กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
(Shield Metal Arc Welding Process : SMAW)
2. กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์
(Submerged Arc Welding Process : SAW)
3. กระบวนการเชื่อมโลหะก๊าซคลุม
(Gas Metal Arc Welding Process : GMAW)
4. กระบวนการเชื่อมอาร์คทังสเทนก๊าซคลุม
(Gas Tungsten Arc Welding)
5. กระบวนการเชื่อมโลหะด้วยก๊าซออกซิ-อะเซทิลีน
(The Oxy-acetylene Welding Process : OAW)
6. กระบวนการเชื่อมพลาสมา
(Plasma Arc Welding : PAW)

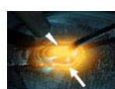
กระบวนการเชื่อมโลหะ



กระบวนการเชื่อมโลหะด้วยก๊าซออกซิ-อะเซทิลีน
(The Oxy-acetylene Welding Process : OAW)



เป็นกระบวนการเชื่อมโลหะแบบหลอมละลาย โดยใช้เปลวไฟจากการผสมระหว่าง
ก๊าซออกซิเจน (O_2) กับก๊าซอะเซทิลีน (C_2H_2) ซึ่งได้เปลวไฟที่มีความร้อนแรง
(ประมาณ $3,100\text{ }^{\circ}C - 3,500\text{ }^{\circ}C$) เผลาโลหะบริเวณแนวที่จะเชื่อมให้หลอมละลายเชื่อม
เข้าด้วยกัน โดยไม่ต้องใช้แรงอัด จะเติมลวดเชื่อมหรือไม่เติมก็ได้ขึ้นอยู่กับชิ้นงาน



กระบวนการเชื่อมโลหะ

208281 Workshop Practice Created by Prateep Chaisermtawan

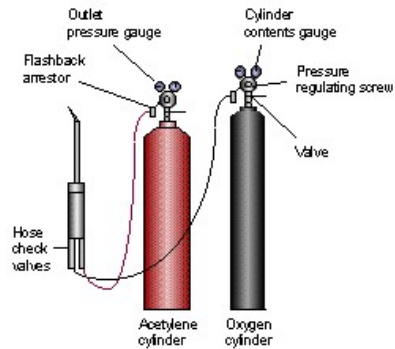


กระบวนการเชื่อมโลหะด้วยก๊าซออกซิ-อะเซทิลีน

(The Oxy-acetylene Welding Process : OAW)



อุปกรณ์ OAW



กระบวนการเชื่อมโลหะ

208281 Workshop Practice Created by Prateep Chaisermtawan



จากกระบวนการเชื่อมที่มีอยู่หลายวิธีนั้น กระบวนการเชื่อมที่เป็นที่นิยมได้แก่

1. กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
(Shield Metal Arc Welding Process : SMAW)
2. กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์
(Submerged Arc Welding Process : SAW)
3. กระบวนการเชื่อมโลหะก๊าซคลูม
(Gas Metal Arc Welding Process : GMAW)
4. กระบวนการเชื่อมอาร์ค 텅สแตนก๊าซคลูม
(Gas Tungsten Arc Welding)
5. กระบวนการเชื่อมโลหะด้วยก๊าซออกซิ-อะเซทิลีน
(The Oxy-acetylene Welding Process : OAW)
6. กระบวนการเชื่อมพลาสมา
(Plasma Arc Welding : PAW)

กระบวนการเชื่อมโลหะ

208281 Workshop Practice Created by Prateep Chaisermtawan

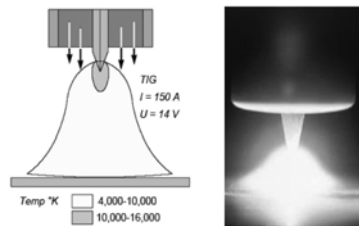


กระบวนการเชื่อมพลาสมา

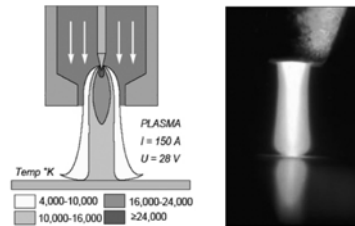
(Plasma Arc Welding : PAW)



เป็นกระบวนการเชื่อมด้วยไฟฟ้าแบบหนึ่ง ที่มีลักษณะคล้ายกับการเชื่อมอาร์คทั้งสแตนเลสหรือการเชื่อม TIG ความร้อนจากเปลวอาร์คจะถูกบังคับให้เคลื่อนที่ผ่านท่อซีล (Constricted Arc) จากแท่งอิเล็กโทรดทั้งสแตนไปยังชิ้นงาน (Transferred Arc) หรือระหว่างแท่งอิเล็กโทรดทั้งสแตนรูปร่างบีบ (Constricting Orifice)



(a) GTAW (TIG) arc



(b) Plasma arc

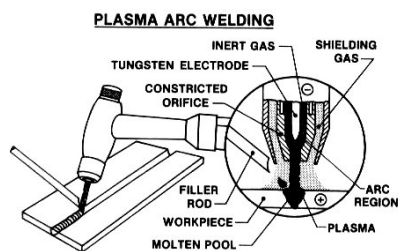
กระบวนการเชื่อมโลหะ

208281 Workshop Practice Created by Prateep Chaisermtawan



กระบวนการเชื่อมพลาสมา

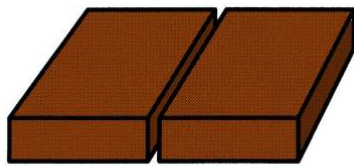
(Plasma Arc Welding : PAW)



การต่อกัน 5 รูปแบบ (5 Types of Joints)

1. Butt joint

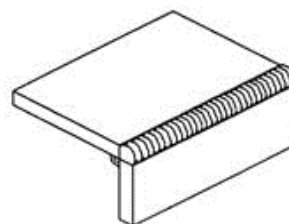
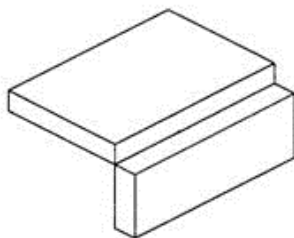
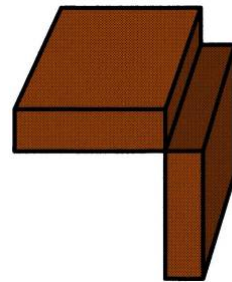
- วางชิ้นงาน 2 ชิ้นแนวเดียวกัน
- เอามุมชนกัน



การต่อกัน 5 รูปแบบ (ต่อ)

2. Corner joint

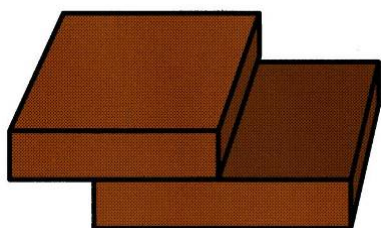
- วางชิ้นงาน 2 ชิ้นเอามุมใดมุมหนึ่งชนกัน
- ทำมุมต่อกัน



การต่อกัน 5 รูปแบบ (ต่อ)

3. Lap joint

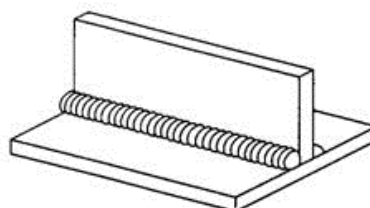
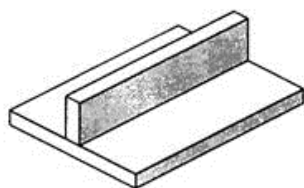
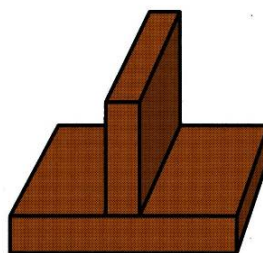
- วางชิ้นงาน 2 ชิ้นเหลื่อมๆ กัน



การต่อกัน 5 รูปแบบ (ต่อ)

4. Tee joint

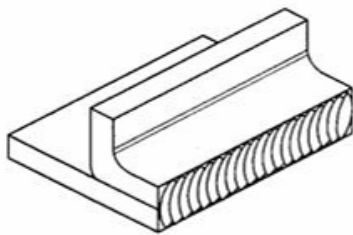
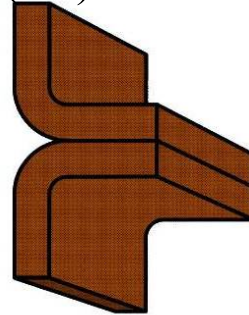
- วางชิ้นงาน 2 ชิ้น ในลักษณะตั้งฉาก
- เหมือนรูปตัว " T "



การต่อกัน 5 รูปแบบ (ต่อ)

5. Edge joint

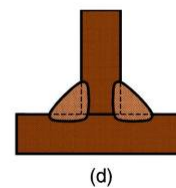
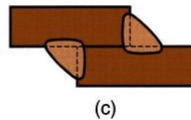
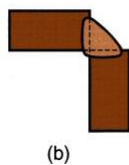
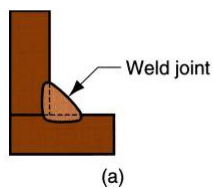
- วางชิ้นงาน 2 ชิ้นเอ้าขอบชนกัน



รูปแบบงานเชื่อม (Types of Welds)

Fillet Weld เป็นการเชื่อมขอบให้ติดเกิดเป็นมุม มี 4 แบบ

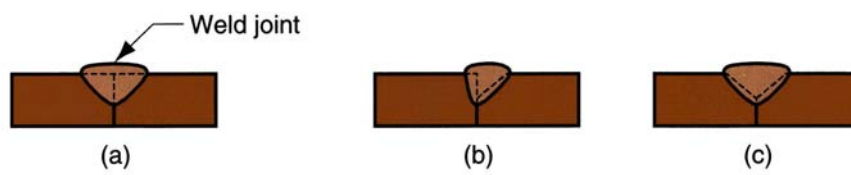
- เชื่อมมุมด้านใน
- เชื่อมมุมด้านนอก
- เชื่อมมุมด้านนอก 2 ฝั่ง
- เชื่อมมุมรูปตัว " T "



รูปแบบงานเชื่อม (ต่อ)

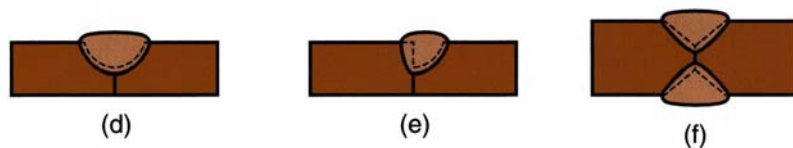
Groove Weld เป็นการเชื่อมงานที่มีร่อง มี 6 แบบ

- a. เชื่อมร่อง 1 ด้าน
- b. เชื่อมบาก 1 บาก
- c. เชื่อมร่องรูปตัว "V" 1 ด้าน



รูปแบบงานเชื่อม (ต่อ)

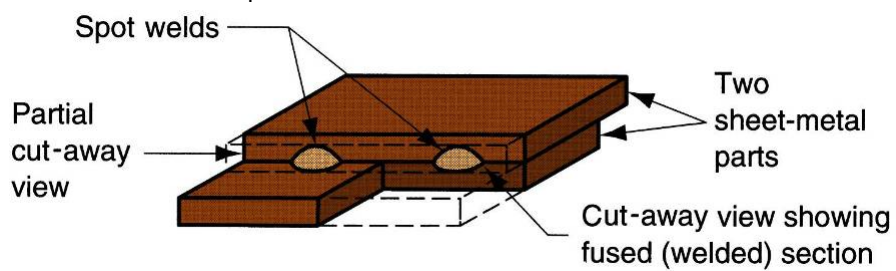
- d. เชื่อมร่องรูปตัว "U" 1 ด้าน
- e. เชื่อมร่องรูปตัว "J" 1 ด้าน
- f. เชื่อมร่องรูปตัว "V" 1 คู่



รูปแบบงานเชื่อม (ต่อ)

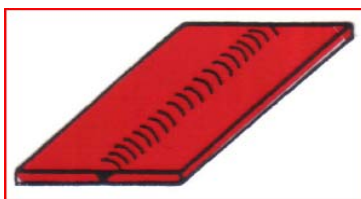
Spot Weld เป็นการเชื่อมจุดระหว่างชิ้นงาน 2 ชิ้น

- วางชิ้นงาน 2 ชิ้น ในลักษณะขนานกัน
- แล้วเชื่อมจุด

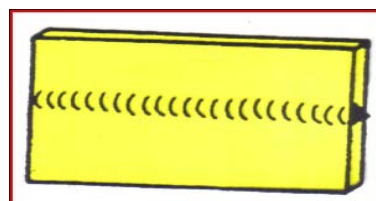


ตำแหน่งท่าเชื่อมสำหรับงานแผ่น

เชื่อมต่อชน (Butt Weld)



ท่าเชื่อม (PA Flat)



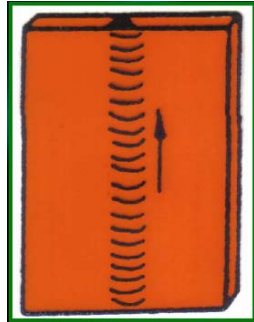
ท่าระดับหรือท่าขนาน
(PC Horizontal Vertical)



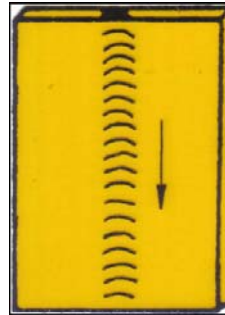
ท่าเหนือหัว (PE Overhead)

ตำแหน่งท่าเชื่อมสำหรับงานแผ่น

เชื่อมต่อน (Butt Weld)



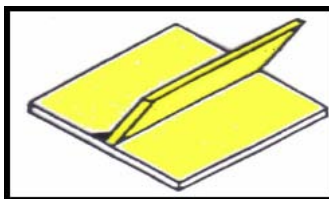
ทำตั้งขึ้น
(PF Vertical Upwards)



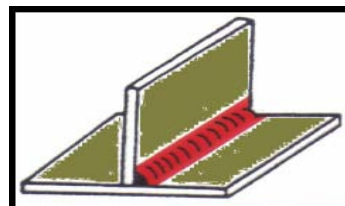
ทำตั้งลง
(PG Vertical Downwards)

ตำแหน่งท่าเชื่อมสำหรับงานแผ่น

เชื่อมต่อนฟิลเลท (Fillet Weld)



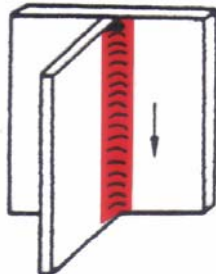
ทำราบ
(PA Flat)



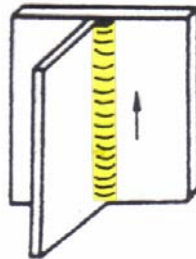
ทำระดับหรือทำขนาน
(PB Horizontal Vertical)

ตำแหน่งทำเชื่อมสำหรับงานแผ่น

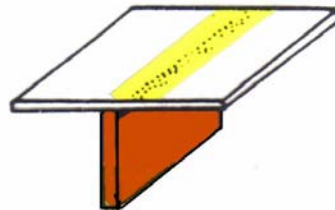
เชื่อมต่อชนฟิลเลท (Fillet Weld)



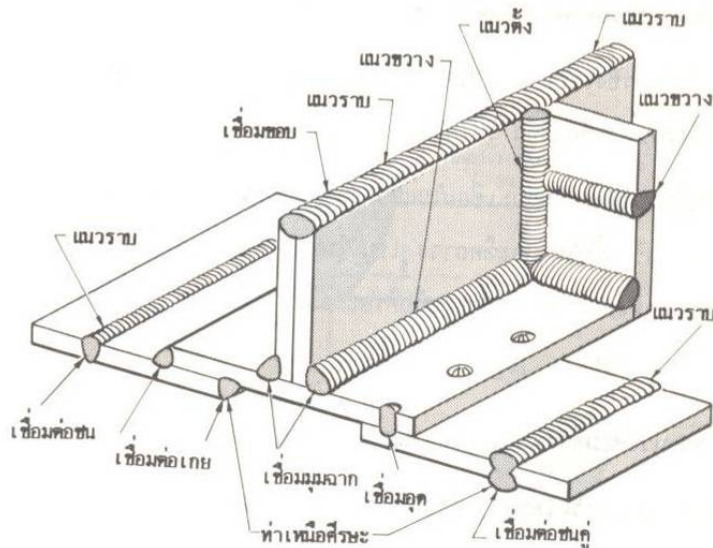
ทำตั้งลง
(PG Vertical Downwards)



ทำตั้งขึ้น
(PF Vertical Upwards)



ทำเหนือหัว
(PD Horizontal Overhead)



ตัวอย่างแนวเชื่อมและทำเชื่อมต่าง ๆ

สัญลักษณ์ในงานเขียนแบบ

- สัญลักษณ์งานเขียนแบบที่ใช้แทนงานเชื่อม

Fillet	Plug or slot	Stud	Spot or projection	Seam	Groove in V

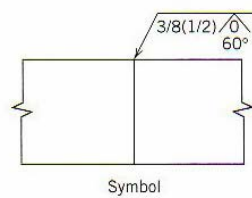
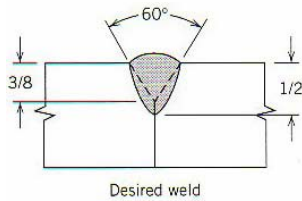


Figure 13.3
Example of the welding symbol for a single-V-groove weld.

คุณสมบัติทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อม

จุดหลอมเหลว (Melting point)

- อุณหภูมิที่สารเปลี่ยนแปลงจากของแข็งเป็นของเหลว
- เหล็กกล้ามีจุดหลอมเหลวประมาณ 1,482 °C

ความสามารถในการเชื่อม (Weld ability)

- เป็นความสามารถของโมเลกุลของสารโลหะที่ยึดเหนี่ยวกันภายใต้แรงดัน

คุณสมบัติทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อม (ต่อ)

ความสามารถในการหลอม (Fusibility)

- ความง่ายที่โลหะจะหลอมตัว

ความสามารถในการระเหิด (Volatility)

- ความง่ายของสารที่จะกลายเป็นไอ

คุณสมบัติทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อม (ต่อ)

ความนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

- ความสามารถของสารในการนำกระแสไฟฟ้า

ความต้านทานไฟฟ้า (Electrical resistance)

- ความต้านทานของเส้นลวด

คุณสมบัติทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อม (ต่อ)

ความนำความร้อน (Thermal conductivity)

- ความสามารถของสารในการนำความร้อนที่ไหลผ่านโลหะยาวขณะเชื่อม

สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Coefficient of thermal expansion)

- การขยายตัวของโลหะเมื่อได้รับความร้อน
- การหดตัวเมื่อเย็นลง

คุณสมบัติทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อม (ต่อ)

ความเปราะเนื่องจากความร้อน (Hot shortness)

- วัสดุเปราะแตกง่ายเมื่อร้อน

ความร้อนสูงเกินปกติ (Overheating)

- เมื่อโลหะได้รับความร้อนสูงเกินจุดวิกฤตจะทำให้คุณสมบัติทางกลลดลงอย่างรวดเร็ว

คุณสมบัติทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อม (ต่อ)

ความเปราะเนื่องจากความร้อน (Hot shortness)

- วัสดุเปราะแตกง่ายเมื่อร้อน

ความร้อนสูงเกินปกติ (Overheating)

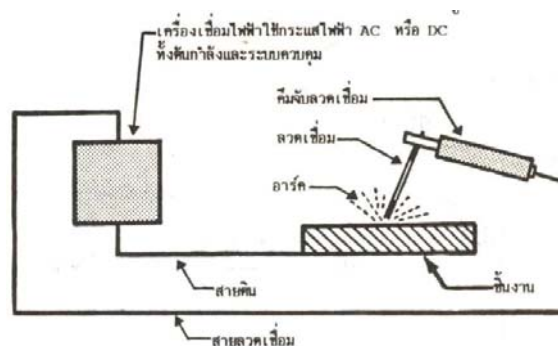
- เมื่อโลหะได้รับความร้อนสูงเกินจุดวิกฤตจะทำให้คุณสมบัติทางกลลดลงอย่างรวดเร็ว

หลักการของการเชื่อมไฟฟ้า

- การเชื่อมไฟฟ้าแบบอาร์คโลหะปกคลุม
- ชื่อภาษาอังกฤษ เรียกว่า Shielded metal-arc-welding : SMAW
- การเผาไหม้และการแยกสลายของลวดเชื่อม
 - >> เกิดก๊าซปกคลุมที่ละลายลวดเชื่อมและบ่อหลอม
- เป็นกระบวนการอาร์คของกระแสไฟฟ้าระหว่างลวดเชื่อม กับโลหะงาน

หลักการของการเชื่อมไฟฟ้า

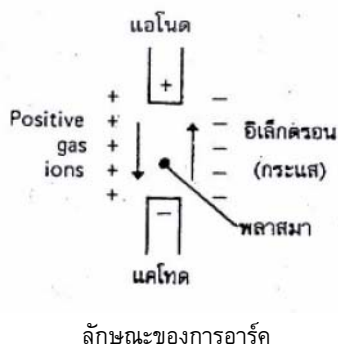
- วงจรไฟฟ้าสำหรับการเชื่อมอาร์คไฟฟ้าแบบมีการปกคลุม



ความร้อนจากไฟฟ้าจะทำให้โลหะงานและลวดเชื่อม อยู่ในสภาวะหลอมเหลว อุณหภูมิอยู่ในช่วง 6000 °F – 9000 °F (3315 °C– 4982 °C)

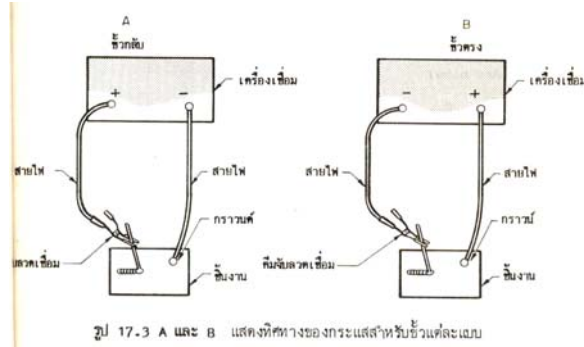
- ใช้กระแสไฟฟ้าเป็นพลังงาน มี 2 แบบ คือ
 - 1.) แบบความต้านทาน (Resistance welding)
 - 2.) แบบอาร์ค (Arc welding)
 - กระแสไฟฟ้าผ่านช่องว่างในบรรยากาศของแก๊สจากตัวนำไฟฟ้าตัวหนึ่งไปยังตัวนำไฟฟ้าอีกตัวหนึ่ง เรียกว่า “อาร์ค”
 - มีความร้อนประมาณ 10,000 – 12,000 องศาฟาเรนไฮต์
 - บริเวณอาร์คสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 บริเวณ ได้แก่
 - แคโทด (Cathode)
 - แอโนด (Anode)
 - ลำอาร์ค (Arc Plasma)

- ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ขั้วของแคโทดเกิดจากอิออนบวกวิ่งกระทบผิวหน้าของแคโทด
- ส่วนความร้อนที่ขั้วแอโนดเกิดจากอิเล็กตรอนวิ่งกระทบแอโนด



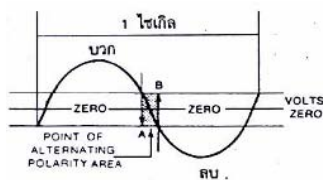
• ขั้ว (Polarity)

- >> ขั้วเป็นตัวกำหนดทิศทางกระแสไหล ซึ่งจะออกแบบเป็น DCPR หรือ DCSP ในวงจร d.c. (กระแสจะไหลในทิศทางเดียว) เส้นหนึ่งเป็นบวก เส้นหนึ่งเป็นลบ
- >> ในวงจร A.C. จะไม่มีขั้ว

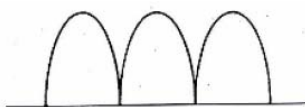


รูป 17.3 A และ B แสดงทิศทางของกระแสสำหรับขั้วแต่ละแบบ

รูป A และ B แสดงทิศทางของกระแสสำหรับขั้วแต่ละแบบ



ลักษณะของคลื่นกระแสสลับ 1 รอบ



ลักษณะของคลื่นกระแสตรง

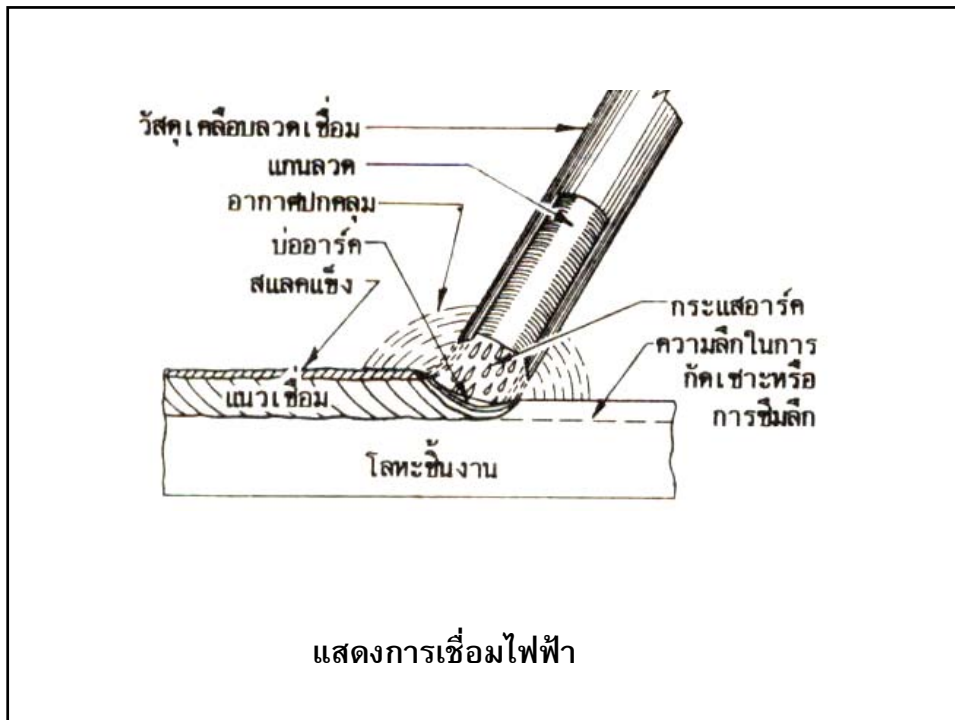
กระแสเชื่อม (Welding Current) มีอยู่ 2 ชนิด คือ

กระแสสลับ (Alternating Current : AC)

- เครื่องเชื่อมจะเป็นตัวจ่ายกระแสไฟสลับ มีทิศทางการเคลื่อนที่สลับกันเป็นคลื่น มีความถี่ 50 Hz (1 วินาทีจะมี 50 รอบ)

กระแสตรง (Direct Current : DC)

- เป็นกระแสที่มีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในทิศทางตามยาวของตัวนำในทิศทางเดียวกัน
- การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนนั้นเปรียบเสมือนน้ำประปาที่ไหลในท่อกระแสไฟสลับมีการเปลี่ยนขั้ว 100 Hz ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขั้ว



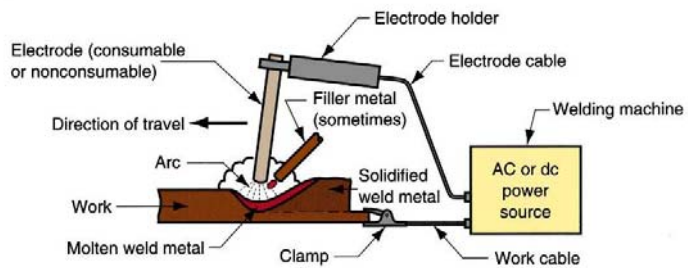
- แก๊สที่ปกคลุมทำให้การอาร์คมีเสถียรภาพและลดเม็ดน้ำโลหะ
- โลหะหลอมใหม่ในบ่อเชื่อมจะปกคลุมโดยฟลักซ์
- เมื่อเย็นตัวแล้วฟลักซ์จะแข็งและเปราะ เรียกว่า "สแลก (Slag)"
- แกนโลหะของลวดเชื่อม เป็นตัวจ่ายโลหะเชื่อม

ลวดเชื่อมทำหน้าที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าและละลายเป็นเนื้อโลหะ



เครื่องมือ - อุปกรณ์

- เครื่องเชื่อม / แหล่งพลังงาน
- คีมจับลวดเชื่อม
- สายเคเบิลไฟฟ้า
- ลวดเชื่อม:
- ชิ้นงาน

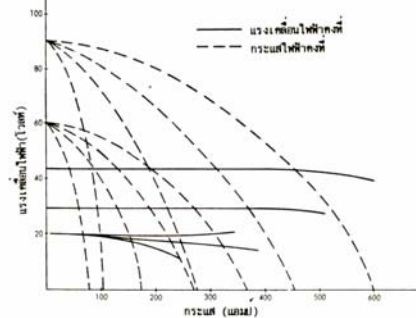


เครื่องมือ - อุปกรณ์

1) เครื่องเชื่อม / แหล่งพลังงาน (Type of Power Source)

เครื่องเชื่อมจะแบ่งเป็น 2 ประเภทตามชนิดของสิ่งเหล่านี้คือ

1.1) เออร์ทพุตสโลป (output slop) ซึ่งอาจจะเป็นแบบกระแสคงที่ หรือไม่ก็เป็นแบบโวลเทจคงที่



เออร์ทพุตสโลปสำหรับกระแสคงที่และ โวลเทจคงที่

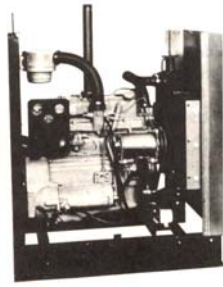
1.2) แหล่งพลังงาน โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 แบบ

- มอเตอร์-เจนเนอเรเตอร์
- หม้อแปลง – เรคตีไฟเออร์กระแสตรง
หรือ กระแสสลับ - กระแสตรง
- หม้อแปลงกระแสสลับ

เครื่องมือ - อุปกรณ์

>> มอเตอร์-เจนเนอเรเตอร์

- ขับโดยมอเตอร์กระแสตรงหรือกระแสสลับ ผลิต กระแสเอาร์ทพุท เป็นกระแสตรง กระแสสลับ
- โดยมากจะเป็นแบบกระแสคงที่
- ประกอบด้วยมอเตอร์กระแสสลับเจนเนอเรเตอร์กระแสตรง / กระแสสลับและตัวกระตุ้นแม่เหล็ก
- สามารถใช้ในสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้าได้



เครื่องเชื่อมที่ใช้เครื่องยนต์จับ



เครื่องเชื่อมที่ใช้เครื่องยนต์จับขนาด 400
แอมแปร์กระแสตรง



เครื่องเชื่อมกระแสสลับที่ใช้เครื่องยนต์จับสามารถ
ผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสสลับขามฉุกเฉินสำหรับ
ให้แสงสว่าง และเครื่องมือต่าง ๆ

จุดที่ควรเน้นการบำรุงรักษา >> แปรงถ่าน หน้าของคอมพิวเตอร์ จุดสัมผัสของสตาร์ทเตอร์และ
คอนโทรลรีโอสแตท

- เชื้อเพลิงที่ใช้ เช่น
น้ำมันดีเซล เบนซิน แก๊ส
- มีลักษณะ
 1. มีอำนาจในการทะลุทะลวงสูง
 2. เชื่อมโลหะได้ทุกชนิดที่สามารถ
เชื่อมได้
 3. มีความยืดหยุ่น สามารถเชื่อม
ได้ทุก ๆ ท่าเชื่อม / ทุกตำแหน่ง
 4. มีความทนทาน

>> เครื่องเชื่อมหม้อแปลง - เรคตีไฟเออร์กระแสตรง

ใช้หม้อแปลงเพื่อลดโวลเทจอินพุทไปที่โวลเทจเอาท์พุทที่ใช้เชื่อมผ่านเรคตีไฟเออร์ เพื่อเปลี่ยน a.c. เป็น d.c.



ชิ้นส่วนพื้นฐาน

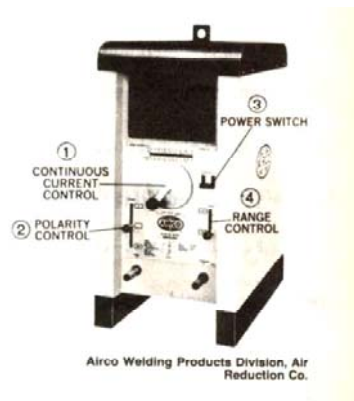
- หม้อแปลงสำหรับบังคับกระแสสลับ ซึ่งผ่านเข้าเครื่อง
- เรคตีไฟเออร์ ซึ่งเปลี่ยนกระแสสลับเป็นกระแสตรง

เครื่องเชื่อมกระแสตรงชนิดคอนเรคตีไฟเออร์

>> เครื่องเชื่อมหม้อแปลงเรคตีไฟเออร์ ชนิดกระแสสลับ - กระแสตรง

ให้เลือกระหว่างกระแสสลับและ กระแสตรงและขั้วบวกและขั้วลบ

- 1) ควบคุมกระแสต่อเนื่อง
- 2) ควบคุมขั้ว
- 3) สวิตช์ไฟฟ้กำลัง
- 4) ควบคุมระยะ



เครื่องเชื่อมกระแสสลับ-กระแสตรงแบบหม้อแปลง-เรคตีไฟเออร์

>> หม้อแปลงกระแสสลับ

- ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าลดโวลเทจอินพุทเป็นโวลเทจที่ใช้ในการเชื่อม
- ลักษณะของกระแสสลับ คือ การย้อนกลับของกระแสในทุก ๆ 1/120 นาที
- เหมาะสมกับการเชื่อมร่องและรอยเชื่อมโลหะแผ่นหนาราบและทำเชื่อมลง



เครื่องเชื่อมกระแสสลับแบบหม้อแปลงที่ควบคุมกระแสต่อเนื่องได้

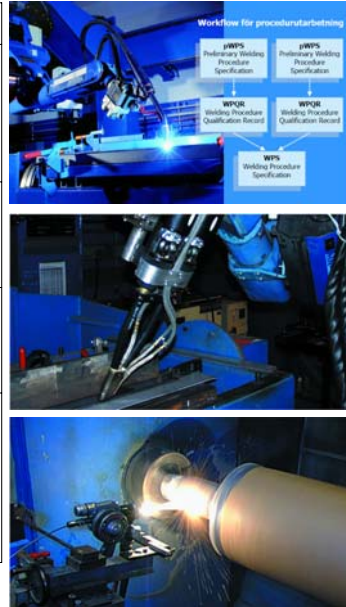
เครื่องเชื่อมเลเซอร์ไฟฟ้า

- >> สามารถเข้าถึงจุดที่ยากต่อการเชื่อมได้
- >> ใช้เชื่อมงานที่มีขนาดเล็ก (0.01 มม.) และบาง ได้เป็นอย่างดี
- >> ทำงานได้เร็ว มีความเที่ยงตรงสูง
- >> ชิ้นงานไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อนที่เชื่อมต่ำมาก
- >> สามารถเชื่อมแม่พิมพ์ขนาดเล็กมาก – ใหญ่มาก (0.01 มม. – 20 ตัน)
- >> เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมที่ต้องการลดค่าใช้จ่ายด้านการซ่อมบำรุง



ข้อได้เปรียบของการเชื่อมแบบ Laser เมื่อเทียบกับวิธีการเชื่อมแบบอื่น ๆ

Competing Process	Advantages of Laser Welding
Gas Metal Arc	<ul style="list-style-type: none"> - อัตราการเชื่อมรวดเร็วกว่า - การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างวัสดุน้อยกว่า - ไม่ต้องใช้สารปกคลุม - สามารถปรับจากการเชื่อม 1 หัวเป็น 2 หัวได้
Submerged Arc	<ul style="list-style-type: none"> - อัตราการเชื่อมรวดเร็วกว่า - การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างวัสดุน้อยกว่า - ไม่ต้องใช้ ฟลักซ์ หรือ สารปกคลุม
Resistance Welding	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่ต้องใช้หน้าสัมผัส - ไม่มีการสะสมของเศษโลหะ - อัตราการเชื่อมรวดเร็วกว่า
Electron Beam	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่จำเป็นต้องปฏิบัติการในสุญญากาศ - เป็นระบบ on-line processing - รอบของกระบวนการสูงกว่า - ใช้หลักการเชื่อมด้วยสนามแม่เหล็กจึงไม่ต้องใช้ radiation shielding



เครื่องเชื่อมขั้นสูง



Robot—9 Axis Arc Welding



Robot—Twin Weld Gun Cell

การนำมาใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ ด้วยการผสมผสานระบบ
robotic welding and cutting systems

เครื่องมือ - อุปกรณ์

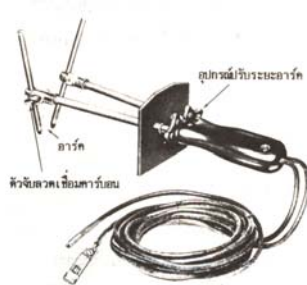
2) คีมจับลวดเชื่อม (Electrode holders)

- เป็นตัวนำกระแสจากเคเบิลไปยังลวดเชื่อม มีฉนวนหุ้มเพื่อป้องกันความร้อน
- คีมควรทำจากโลหะที่มีสภาพการนำไฟฟ้าสูง
- การหนีบลวดจะต้องหนีบอย่างมั่นคงทุกที่ ทุกมุม
- การหนีบต้องหนีบง่าย มีน้ำหนักเบา สมดุลดี
- ขนาดของคีมต้องสมดุลกับเครื่องเชื่อม เช่น เครื่องเชื่อมขนาด 400 แอมแปร์ ต้องใช้คีมจับที่ใหญ่กว่าที่ใช้กับเครื่องเชื่อมขนาด 200 แอมแปร์



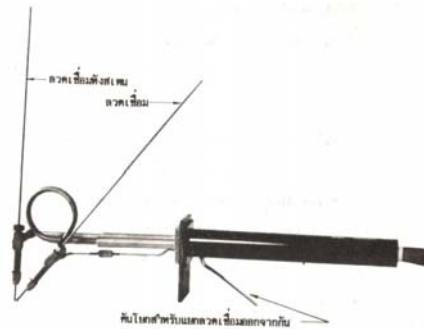
รูปคีมจับลวดเชื่อมมีฉนวนหุ้มตลอด

คีมจับลวดเชื่อม แบบต่าง ๆ



คีมจับลวดเชื่อมคาร์บอนคู่

การเชื่อมคาร์บอนจะร้อนกว่าลวดเชื่อมโลหะดังนั้นจึงต้องใช้กลไกการจับลวดเชื่อมที่แตกต่างกัน ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าคีมจับ ลวดเชื่อมโลหะ



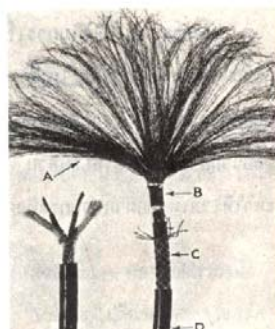
คีมจับลวดเชื่อมอาร์คอะตอมมิกไฮโดรเจน

การอาร์คแบบนี้จะปกคลุมด้วยไฮโดรเจน ซึ่งป้องกันความสกปรกจากอากาศและส่งผ่านความร้อนไปยังชิ้นงาน การอาร์คจะเกิดขึ้นระหว่าง 2 ลวดเชื่อม อุณหภูมิ 4148 °C

เครื่องมือ - อุปกรณ์

3) สายเคเบิลไฟฟ้า

- เป็นสายที่ทนต่อการส่งผ่านกระแสได้ดี ที่เอาไว้ด้วยเพื่อกันการชอร์ต
- ถ้าจำนวนกระแสและระยะทางมากขึ้น ขนาดของสายก็จะใหญ่ขึ้น
- ความต้านทานลดลงถ้าสายเล็กลง
- สายยาวมากจะทำให้โวลเทจตกมาก



โครงสร้างภายในของสายเชื่อม

ตาราง การเลือกขนาดสายเชื่อมที่ถูกต้อง

ความยาวสูงสุดของสายเชื่อมที่ใช้ (ฟุต)							
กระแสไฟฟ้า เป็นแอมแปร์	50	75	100	125	150	175	200
100	2	2	2	2	1	1/0	1/0
150	2	2	1	1/0	2/0	2/0	3/0
200	2	1	1/0	2/0	3/0	4/0	4/0
250	2	1/0	2/0	3/0	4/0		
300	1	2/0	3/0	4/0			
350	1/0	3/0	4/0				
400	1/0	3/0	4/0				
450	2/0	3/0					
500	3/0	4/0					

เครื่องมือ - อุปกรณ์

4) ห่วงยึดปลายสายและขั้วยึดสายดิน

(Cable Lugs and Ground Clamps)

- ขั้วต่อสายดินและสายเคเบิลต้องใช้ช่วงปลายสายไฟที่เหมาะสม
- ยึดให้แน่น ขั้วต่อที่หลวมจะทำให้ห่วงร้อนและจะหลอมโลหะที่ยึดสายกับห่วง อาจทำให้ไหม้ได้
- ปลายอีกด้านหนึ่งต่อกับคีมจับลวดเชื่อม
- ดินต่อกับชิ้นงาน



รูป แสดงห่วงยึดปลายสายดินและสายลวดเชื่อม

เครื่องมือ - อุปกรณ์

5) ลวดเชื่อม

- >> ลวดเชื่อมที่นำมาใช้จะต้องเข้ากันได้กับความต้านทานแรงและคุณสมบัติของโลหะชิ้นงาน
- >> แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ
 - 1) แบบลวดเชื่อมเคลือบ
 - 2) แบบลวดเชื่อมเปลือย
- >> การใช้ลวดเชื่อมเคลือบ จะดีกว่า ลวดเชื่อมเปลือย เพราะวัสดุที่เคลือบจะป้องกันการอาร์คและปกคลุมโลหะเชื่อมจากบรรยากาศในช่วงหลอมเหลว

- ลวดเชื่อมสำหรับการเชื่อมไฟฟ้าแบ่งตามเงื่อนไขการใช้งานดังนี้
 - >> ด้านทานแรงกระแทกอย่างรุนแรง
 - >> ด้านทานการสึกอย่างรุนแรง
 - >> ด้านทานการสึกและการกัดกร่อนที่อุณหภูมิสูง
 - >> ด้านทานการสึกเมื่อแรงกระแทกปานกลาง
 - >> ด้านทานเมื่อแรงกระแทกปานกลาง จนถึงอย่างหนัก

การควบคุมการอาร์ค

- วัสดุเคลือบทำให้เริ่มต้นอาร์คได้ง่าย / อาร์คได้คงที่ตลอดการทำงาน
- ลวดเชื่อมที่ใหญ่ขึ้นจะต้องใช้การควบคุมการอาร์คที่ดีขึ้น

ส่วนประกอบของวัสดุเคลือบ

- ชนิดของวัสดุเคลือบจะมีผลต่อระยะอาร์ค และ โวลเทจ รวมทั้งตำแหน่งเชื่อม

หน้าที่ของวัสดุเคลือบ

- >> ช่วยการปกคลุมและปกคลุมโลหะหลอมเหลวด้วยสแลค หลอมเหลว
- >> กำจัดออกไซด์ และสารมลทิน
- >> ทำให้อัตราการเย็นตัวช้าลง ทำให้อรอยเชื่อมมีความเหนียว
- >> ทำให้เริ่มต้นอาร์คได้ง่าย มีเสถียรภาพ
- >> ควบคุมรูปร่างและลักษณะของรอยเชื่อมได้
- >> เพิ่มความเร็วในการเชื่อม

อุปกรณ์ป้องกันอื่น ๆ



เครื่องป้องกันมือถือ
โดยทั่วไปใช้กับผู้ตรวจสอบหรือผู้ควบคุมงาน



เครื่องป้องกันสวมศีรษะ ป้องกัน
แสงที่ตามองไม่เห็น คือ อุลตราไวโอเล็ตและ
อินฟราเรด ที่เกิดจากการอาร์คจะทำอันตราย
แก่ตาถ้าไม่สวมเครื่องป้องกัน



เครื่องป้องกันชนิดเปิด-ปิดเลนส์ด้านหน้าได้

แว่นตากันแสง ต้องมีน้ำหนักรเบา
ระบายอากาศได้ดี ให้ความสบาย



- เสื้อที่ใช้เป็นวัสดุที่ต้านทานไฟ
- เสื้อที่ทำจากโลหะหนัก จะใช้ป้องกันรังสี
- เสื้อป้องกันช่วยป้องกันไม่ให้ผู้เชื่อมได้
รับอันตรายจากประกายไฟและความร้อน



เสื้อป้องกันช่วยป้องกันไม่ให้ผู้เชื่อม
ได้รับอันตรายจากประกายไฟและความร้อน



ส่วนเครื่องแต่งกายที่ทำด้วยหนังทั้งชุด
จะป้องกันอันตรายต่าง ๆ ที่เกิดแก่ร่างกาย

ปัจจัยสำคัญ 6 ประการของการเชื่อมไฟฟ้า

1. การเลือกหลอดเชื่อม (Correct Electrode)
2. ท่าเชื่อม (Welding Position)
3. การเลือกและปรับแต่งกระแสไฟ (Correct Current)
4. ระยะอาร์คหรือแรงเคลื่อน (Correct Arc Length or Voltage)
5. มุมหลอดเชื่อม (Correct Electrode Angle)
6. ความเร็วในการเดินหลอดเชื่อม (Correct Travel Speed)

1. การเลือกหลอดเชื่อม (Correct Electrode)

การเลือกขนาด หลอดเชื่อม เพื่อใช้กับงานต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

- >> การออกแบบรอยต่อ
- >> ความหนาของวัสดุ => ต้องใช้หลอดเชื่อมใหญ่ขึ้นสำหรับวัสดุหนาขึ้น
- >> ความหนาของชั้นรอยเชื่อม => ในท่าราบโลหะจะพอกได้มากกว่าท่าแนวตั้งและท่าเหนือศีรษะ
- >> ท่าเชื่อม => ท่าเชื่อมแนวราบและแนวนอนควรใช้ หลอดเชื่อมที่ใหญ่กว่าท่าแนวตั้งและท่าเหนือศีรษะ
- >> ปริมาณกระแส => ยิ่งปริมาณกระแสมาก ขนาดของหลอดเชื่อมก็ต้องใหญ่ขึ้น
- >> ความชำนาญของผู้เชื่อม
- >> คุณสมบัติทางกลและส่วนผสมของชิ้นงาน

>> โลหะที่เหมาะสม

โลหะที่เหมาะสมกับการเชื่อมไฟฟ้า

โลหะที่เหมาะสมกับการเชื่อมไฟฟ้า

- >> โลหะประเภทเหล็กกล้าคาร์บอน
- >> เหล็กกล้าอัลลอยด์ต่ำ
- >> เหล็กกล้าไร้สนิม
- >> เหล็กต้านทานความร้อน

โลหะอ่อน

เช่น สังกะสี ตะกั่ว ดีบุก
ซึ่งมีอุณหภูมิหลอมเหลวต่ำ
ไม่ค่อยใช้กระบวนการนี้

หมายเหตุ : เหล็กกล้าชนิดต้านทานแรงสูงก็สามารถเชื่อมได้ด้วยวิธีนี้โดยการให้ความร้อนก่อน (Preheating)

ตารางแสดงลักษณะเฉพาะตัวของโลหะเชื่อมของลวดเชื่อมแบบต่าง ๆ

	โลหะเชื่อมของลวดเชื่อมแบบแท่ง	โลหะเชื่อมของลวดเชื่อมแบบมีวัสดุเคลือบ	โลหะชิ้นงาน
ความเค้นสูงสุด (psi)	50 – 60,000	60 – 75,000	55 – 70,000
จุดล้า (psi)	38 – 45,000	45 – 60,000	30 – 32,000
ระยะยืด (% ใน 2 นิ้ว)	5.0 – 10.0	20.0 – 40.0	30.0 – 40.0
ระยะยืดตัดอิสระ (%)	10.0 – 20.0	35.0 – 60.0	...
พื้นที่ลดลง (%)	8.0 – 20.0	35.0 – 65.0	60.0 – 70.0
ความหนาแน่น (gm/cm ³)	7.5 – 7.7	7.80 – 7.85	7.85
ขีดจำกัดของความคงทน (psi)	12 – 18,000	26 – 30,000	26 – 30,000
การกระทบ ft./lb	5-15	40-70	50 - 80

การบอกประเภทของลวดเชื่อม
 ขึ้นต้นด้วย E นำหน้า และประกอบด้วยตัวเลข 4 หรือ 5 ตัว โดย

E XX X X

ชนิดกระแส / ชนิดของวัสดุเคลือบ

ทำเชื่อม เลข 1 เชื่อมได้ทุกท่า
 เลข 2 เชื่อมได้เพียงท่าราบและท่าแนวนอน
 เลข 3 เชื่อมได้เฉพาะท่าแนวราบ

แสดงถึงตัวต้านทานแรงดึงที่น้อยที่สุด แต่ต้องคูณด้วย 100 มี
 หน่วยเป็น psi (เลข 2 ตัวแรก หรือ 3 ตัวแรก กรณีมีเลข 5 ตัว)

E หมายถึง ลวดเชื่อมที่ใช้สำหรับการเชื่อมไฟฟ้า

ตารางแสดง ความหมายของตัวเลขตัวสุดท้ายในระบบการแบ่งประเภทของลวดเชื่อม AWS

ระบุชื่อ	กระแส	ชนิดของการปกคลุม
E 6010	DCRP เท่านั้น	สารอินทรีย์
E 6011	DCRP หรือ a.c.	สารอินทรีย์
E 6012	DCSP หรือ a.c.	รัทไธล์
E 6013	DCSP, DCRP หรือ a.c.	รัทไธล์
E 7014	DCSP, DCRP หรือ a.c.	รัทไธล์ ผงเหล็ก (30%)
E 7015	DCRP เท่านั้น	ไฮโดรเจนต่ำ
E 7016	DCRP หรือ a.c.	ไฮโดรเจนต่ำ
E 7018	DCRP หรือ a.c.	ไฮโดรเจนต่ำ ผลเหล็ก (25%)
E 7020	DCSP,DCRP หรือ a.c.	เหล็กออกไซด์สูง
E 7024	DCSP,DCRP หรือ a.c.	รัทไธล์ / ผงเหล็ก 50%
E 6027	DCSP,DCRP หรือ a.c.	แร่ / ผงเหล็ก (50%)
E 7028	DCRP หรือ a.c.	ไฮโดรเจนต่ำ / ผงเหล็ก (50%)

ตัวอย่าง

E 6010

E	หมายถึง ลวดเชื่อมอาร์คไฟฟ้า
60	หมายถึง 60,000 psi
1	หมายถึง เชื่อมได้ทุกท่า
0	หมายถึง กระแส DCRP เท่านั้น ใช้ สารอินทรีย์เป็นวัสดุเคลือบ

2. ท่าเชื่อม (Welding Position)

- >> ท่าเชื่อมเป็นตัวพิจารณาในการเลือก ลวดเชื่อมที่สำคัญ
- >> ลวดเชื่อมหลายชนิดใช้กับท่าแนวราบเพียงอย่างเดียว
- >> ชนิดท่าเชื่อมมีผลต่อราคาการเชื่อม
- >> ท่าเชื่อมที่ประหยัดที่สุดคือท่าแนวราบ => ท่าแนวนอน=> แนวตั้ง และท่าเหนือศีรษะประหยัดน้อยที่สุด

ตารางการแบ่งลักษณะลวดเชื่อมที่เหมาะสมกับท่าเชื่อมต่าง ๆ

ลำดับ	ลวดเชื่อม	ลักษณะท่าเชื่อม	หมายเหตุ
1	E XX20, E XX24, E XX27, E XX28	ท่าแนวราบ	
2	E XX15, E XX16, E XX18, E XX12, E XX13, E XX20, E XX24, E XX27, E XX28	ท่าแนวราบ ท่าแนวนอน	E 6012 ใช้กับกระแสตรง ขั้วกลับหรือสลักก็ได้ มักใช้กับงานประดิษฐ์เหล็กกล้าชนิดต่าง ๆ จะมีความเสถียรภาพ รอยเชื่อมที่ได้มักเกิดการซึมลึก
3	E XX10(ใช้ดีที่สุด) E XX11, E XX16, E XX18	ท่าแนวตั้ง	E 6010 มักใช้ได้กับงานโครงสร้าง
		ท่าเหนือศีรษะ	E 6011 ใช้เหมือนกับ E 6010 แต่ใช้กับกระแสสลับ
4	E XX12, E XX13,	ท่าแนวตั้งที่ลดลง (จะใช้เชื่อมได้ง่ายที่สุด)	

3. การเลือกและปรับแต่งกระแสไฟ (Correct Current)

การปรับกระแสสูง-ต่ำขึ้นอยู่กับ

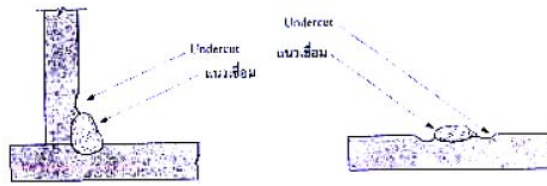
- >> ขนาดของชิ้นงาน
- >> ลักษณะงาน
- >> ชนิดของลวดเชื่อม



กระแสต่ำเกินไป กระแสสูงเกินไป การหลอมละลาย ชิมลึกถูกต้อง

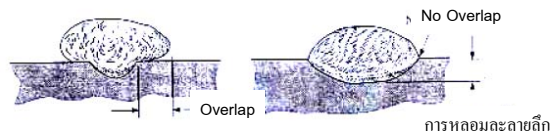
การเปรียบเทียบความแตกต่างของแนวเชื่อม
เมื่อกระแสไฟต่างกัน

การปรับกระแสไฟสูงเกินไป
จะทำให้บ่อหลอมละลายกว้าง
ไม่สม่ำเสมอ ควบคุมยาก
เป็นเหตุให้เกิดรอยแห้วงที่
ขอบแนวเชื่อม เรียกว่า **Undercut**



ลักษณะการเกิด Undercut

การปรับกระแสต่ำเกินไป
จะเกิดรอยนูนขึ้น คือ โลหะลวดเชื่อม
ไม่หลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับชิ้นงาน
จะเกิดในบริเวณขอบของแนวเชื่อม
เช่นกัน เรียกว่า **Overlap**



ตารางแสดงค่ากระแสต่าง ๆ ที่แปรตามชนิดและขนาดของลวดเชื่อม (สำหรับปรับที่เครื่องเชื่อม)

เส้นผ่าศูนย์กลาง กลางของ ลวดเชื่อม	ช่วงกระแส (แอมป์)								
	ชนิดของลวดเชื่อม								
	E6010, E6011DC+	E6012	E6013	E6020	E6027	E7014	E7015, E7016	E7018	E7024,E 7028
1/16	-	20-40	20-40	-	-	-	-	-	-
5/64	-	25-60	25-60	-	-	-	-	-	-
3/32	40 - 80	35-85	45-90	-	-	80-125	65-110	70-100	100-145*
1/8	75-125	80-140	80-130	100-150	125-185	110-160	100-150	115-165	140-190
5/32	110-170	110-190	105-180	130-190	160-240	150-210	140-200	150-220	180-250
3/16	140-215	140-240	150-230	175-250	210-300	200-275	180-255	200-275	230-305
7/32	170-250	200-300	210-300	225-310	250-350	260-340	240-320	260-340	275-365
1/4	210-320	250-400	250-350	275-375	300-420	330-415	300-390	315-400	335-430
5/16	275-425	300-500	320-430	340-450	375-475	390-500	375-475	375-470	400-525*

4. ระยะอาร์คหรือแรงเคลื่อน(Correct Arc Length or Voltage)

แรงเคลื่อนจะขึ้นอยู่กับระยะอาร์ค

>> ถ้าระยะอาร์คยาวหรือห่างเพิ่มขึ้น แรงเคลื่อนก็จะเพิ่มขึ้นตาม

>> ถ้าระยะอาร์คสั้นลง แรงเคลื่อนก็จะลดลงด้วย

ระยะห่างของการอาร์ค

>> **ถ้ามากเกินไป** จะทำให้แนวเชื่อมกว้าง ไม่เรียบร้อยและมีเม็ดโลหะกระเด็น การซึมลึกน้อย

>> **ถ้าสั้นเกินไป** จะทำให้แนวเชื่อมไม่สม่ำเสมอ ไม่เรียบร้อย ปลายลวดเชื่อมติดชิ้นงานง่าย การซึมลึกน้อย รอยเชื่อมแคบและนูน (มักเหมาะกับตำแหน่งทำเชื่อมตั้ง และทำเหนือศีรษะ เพราะน้ำโลหะไม่ย้อย) ลดผลของการ อาร์คโบลว์ (Arc blow)

หมายเหตุ : Arc Blow คือ การโค้งออกไปจากเส้นทางการอาร์คเนื่องจากแรงสนามแม่เหล็ก

รูปร่างตัดและรูปแนวราบของรอยเชื่อมภายใต้สภาวะต่าง ๆ



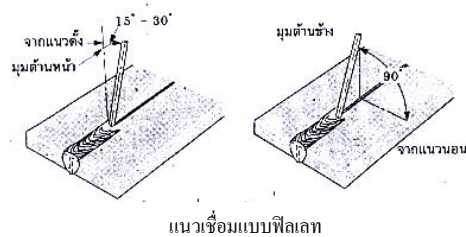
5. มุมลวดเชื่อม (Correct Electrode Angle)

ถ้ามุมลวดเชื่อมไม่ถูก แนวเชื่อมที่ออกมาจะไม่ดี

>> ถ้าทำมุมกับแผ่นงานน้อยเกินไป => แนวเชื่อมแบน กว้าง การเชื่อมลึกลงไม่ดี

>> ถ้าทำมุมกับแผ่นงานมากเกินไป => แนวเชื่อมจะเล็ก เชื่อมได้ยาก

การเชื่อมลึกลงไม่ดี



ลักษณะของมุมลวดเชื่อมขึ้นอยู่กับลักษณะรอยต่อและตำแหน่งทำเชื่อมของชิ้นงาน

6. ความเร็วในการเดินลวดเชื่อม (Correct Travel

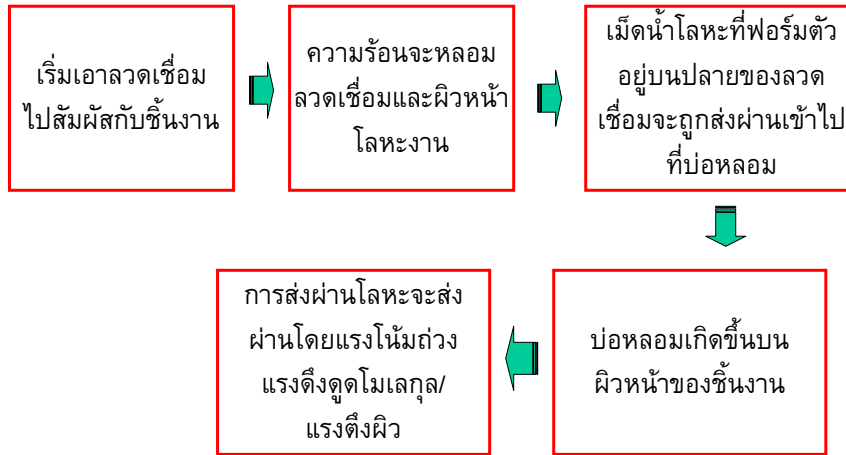
Speed)

>> ถ้าเดินเร็วเกินไปจะได้แนวเชื่อมที่เล็กเกินไป การเชื่อมน้อย ความแข็งแรงที่ได้จากการเชื่อมน้อย

>> ถ้าเดินลวดเชื่อมช้าเกินไป จะได้แนวเชื่อมใหญ่ โลหะเชื่อมไปกองอยู่มาก / สิ้นเปลืองและเสียเวลา

การปฏิบัติการเชื่อมไฟฟ้า

• ขั้นตอนการเชื่อมไฟฟ้าที่ถูกต้อง



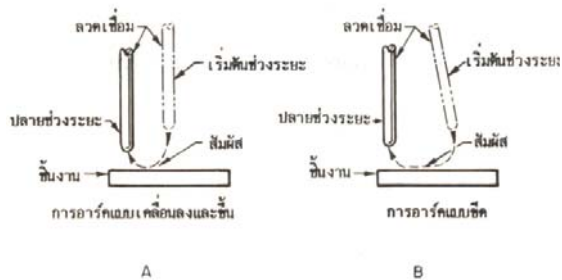
การปฏิบัติการเชื่อมไฟฟ้า

- 1) เตรียมแผ่นโลหะ
- 2) เตรียมชิ้นงาน
- 3) ทำเครื่องหมายด้วยเหล็กนำศูนย์
- 4) เตรียมลวดเชื่อม
- 5) จัดชิ้นงานและทำเชื่อมตามความเหมาะสม
- 6) ปฏิบัติการเชื่อม
- 7) เคาะสแลคออก เอาแปรงขัด และตรวจสอบ

การปฏิบัติการเชื่อมไฟฟ้า

เทคนิคการเชื่อม : เริ่มต้นการอาร์ค

- >> การอาร์คเกิดขึ้นโดยการแตะแผ่นโลหะเบา ๆ ด้วยลวดเชื่อม
- >> ทำการยกลวดเชื่อมขึ้น (ถ้าดึงลวดเชื่อมออกไม่เร็วพอ จะติดกับแผ่นโลหะ



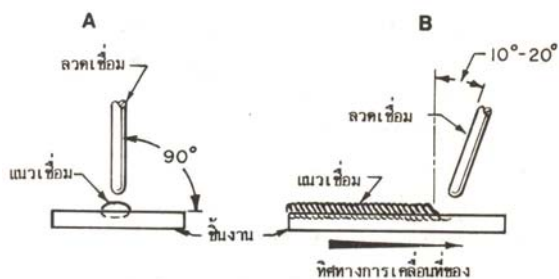
แสดงวิธีอาร์ค 2 วิธี

ถ้าติดกับแผ่นโลหะ สามารถทำให้หลุดได้โดยการสะบัดข้อมือ

เทคนิคการเชื่อม : วิธีการเดินแนวเชื่อมแบบทำราบ

- >> จับลวดทำมุม 90° กับแผ่นโลหะ แล้วเอียงไปทางทิศการเชื่อม $10^\circ - 20^\circ$
- >> ปรับกระแสอย่างให้มากเกินไปจนเกิด Arc blow
- >> ระยะอาร์คต้องคงที่
- >> ความเร็วคงที่ ถ้าเร็วเกินไปจะทำให้รอยเชื่อมแคบ

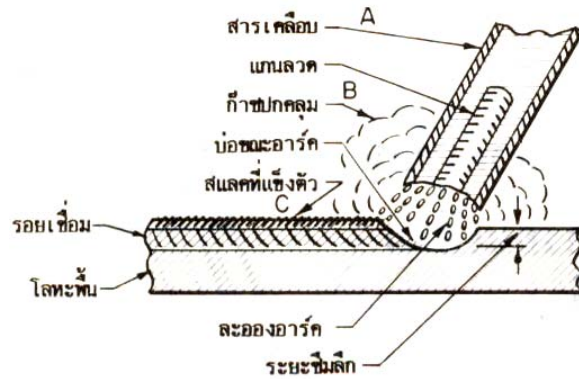
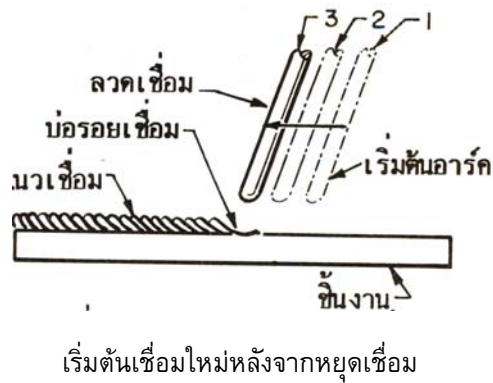
ความลึกของบ่อ จะชี้ให้เห็นถึงการซึมลึก (บริเวณปลายของแนวเชื่อม)



ตำแหน่งของลวดเชื่อม สำหรับการเชื่อมทำราบ

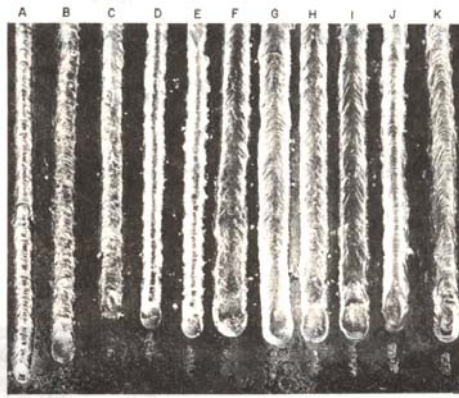
เทคนิคการเชื่อม : การเริ่มต้นอาร์คหลังจากการหยุดเชื่อม

- >> ถ้าการอาร์คหยุดลง จะต้องทำการอาร์คใหม่ทางด้านหน้าของบ่อ
- >> เคลื่อนลวดเชื่อมข้ามบ่อ ไปที่ขอบด้านหน้าของแนวเชื่อม
- >> ถ้าเคลื่อนกลับมากเกินไปจะทำให้โลหะเชื่อมซ้อนกันเป็นชั้นหนา



ลักษณะการอาร์คของลวดเชื่อม

- ตำแหน่ง A สารเคลือบถูกใช้ไปในอัตราที่น้อยกว่าแกนลวด ดังนั้นมันจึงหุ้มแกนลวดไว้เพื่อป้องกันลวดและอาร์คและควบคุมทิศทางการอาร์ค
- ตำแหน่ง B แก๊สที่ปกคลุมเกิดขึ้นโดยการเผาไหม้ของสารเคลือบ
- ตำแหน่ง C สแลคที่เกิดขึ้นเหนือรอยเชื่อม

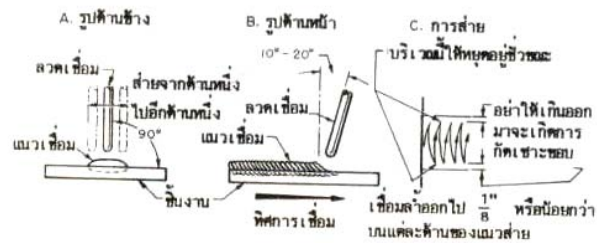


อธิบายหน้า 590

รูปแสดง ลักษณะของแนวเชื่อม

เทคนิคการเชื่อม : การเชื่อมชิ้นงานแบบต่อเกยทำราบ

- >> ระยะอาร์คค่อนข้างสั้น
- >> ลวดเชื่อม ควรจะชี้ไปที่โคนของรอยต่อและผิวระนาบ
- >> เคลื่อนที่กลับไปกลับมาไปตามแนวเส้นแนวเชื่อม
- >> ถ้าช้ามากเกินไป จะทำให้โลหะเชื่อมพอก เกิดความเค้นหนาแน่น



ตำแหน่งลวดเชื่อมสำหรับแนวเชื่อมรูปคลื่น

A. รูปด้านข้าง

B. รูปด้านบน

ทิศทางเคลื่อน

ตำแหน่งลวดเชื่อม สำหรับรอยต่อเกยทำราบ

แนวเชื่อมต่อเกยเชื่อมด้วยลวดเชื่อม DCSP หรือ A,C,

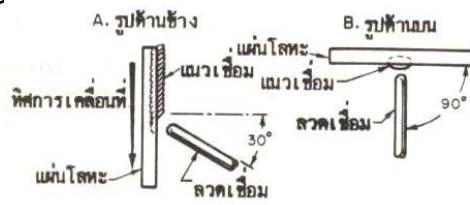
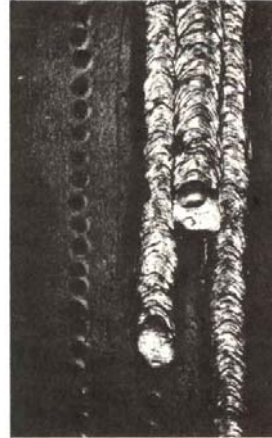
ขนาดโดยประมาณ

วิธีทดสอบรอยต่อเกย

การทดสอบแบบทำลาย คือ การใช้ลิ้มตอก เพื่อดูผิวหน้าของรอยแตก เช่น รอยเชื่อมไม่เป็นรูป การซึมลึกที่โคน รอยเชื่อมไม่กระเทาะลอก

เทคนิคการเชื่อม : การเชื่อมทำตั้งแบบเคลื่อนที่ลง

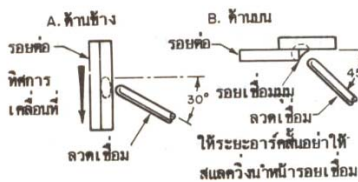
- >> เอียงลวดเชื่อม 90° กับผิวแผ่นโลหะ
- >> เอียงลวดเชื่อม 30° ในทิศการเคลื่อนที่
- >> ระยะเวลาอาร์คให้สั้นมาก ๆ เพื่อสแลคจะไม่
วิ่งนำหน้ารอยเชื่อมพอก



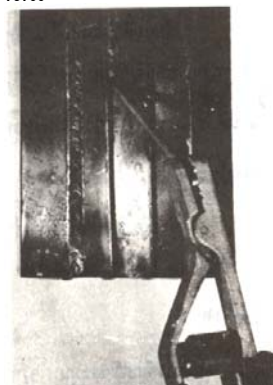
ตำแหน่งลวดเชื่อมเมื่อเชื่อม
แนวเชื่อมเส้นขนานทำตั้งเคลื่อนลง

แนวเชื่อมเส้นขนานบนแผ่นเรียบทำตั้ง
เคลื่อนลงด้วยการอาร์คลวดเชื่อม DCRP หรือ A.C.

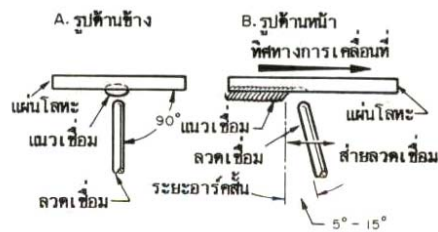
- **เทคนิคการเชื่อม : การเชื่อมต่อเกยแนวตั้งเคลื่อนที่ลง**
- >> ปรับกระแสให้สูง
- >> เอียงลวดเชื่อม 30° ลงไปตามทิศทางการเคลื่อนที่
- >> ระยะเวลาอาร์คควรสั้นและเคลื่อนที่ลวดเชื่อมค่อนข้างสม่ำเสมอ
- >> จะไม่สายลวดเชื่อม / เคลื่อนที่ค่อนข้างเป็นวงกลม



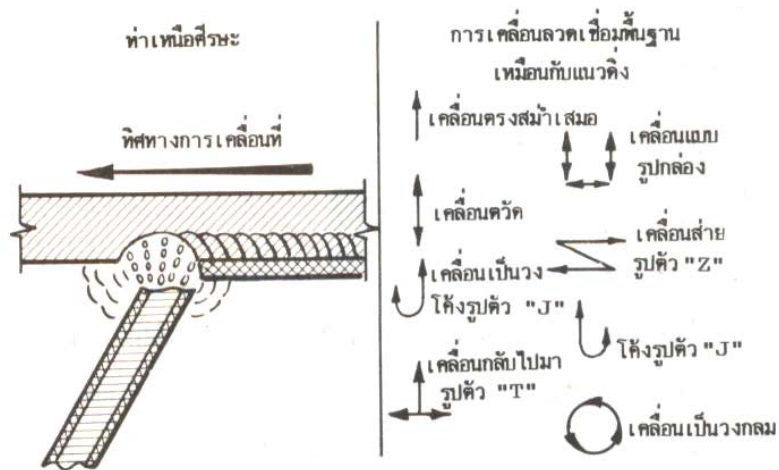
ตำแหน่งลวดเชื่อมเชื่อมรอยต่อ
เกยแนวตั้งเคลื่อนลง



- เทคนิคการเชื่อม : การเชื่อมแนวตั้ง ทำเหนือศีรษะ
- >> ปรับกระแสให้พอเหมาะ (d.c. ที่ 120 -170 แอมแปร์ หรือ a.c. ที่ 130 – 190 แอมแปร์)
- >> เอียงลวดเชื่อม 90° กับแผ่นโลหะ เมื่อมองจากด้านข้าง และเอียงทำมุม 5° - 15° ในทิศการเชื่อม
- >> เคลื่อนลวดเชื่อมในลักษณะสาย



ตำแหน่งลวดเชื่อมเมื่อเชื่อมแนวเส้นขนานทำเหนือศีรษะ



พื้นฐานการเคลื่อนที่เมื่อเชื่อมทำเหนือศีรษะ



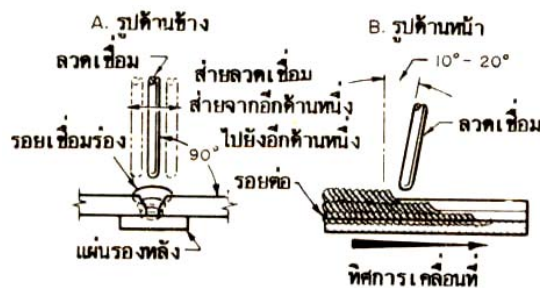
แนวเชื่อมเส้นขนานทำเนื้อสีระยะด้วย DCRP หรือ A.C.

ตำแหน่งของลวดเชื่อม และคีมจับเมื่อ
ทำการเชื่อมทำเนื้อสีระยะ

>> อย่าให้บ่อหลอมหลอมมากเกินไป

>> ถ้าบ่อหลอมโลหะร้อนเกินไป ให้เคลื่อนลวดเชื่อมออกไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว

- เทคนิคการเชื่อม : การเชื่อมรอยเชื่อมต่อชนบากร่อง V ทำระดับ
- >> ปรับกระแสให้สูง
- >> จับลวดเชื่อมมุม 90° รอยต่อ แล้วเอียงไป $10^\circ - 20^\circ$
- >> สายแนวเชื่อมเล็กน้อย



ตำแหน่งลวดเชื่อมเมื่อเชื่อมต่อชนบากร่องตัว V ทำราบ



แสดงแนวเชื่อมต่อชนบทกร่องตัว V ทำราบด้วยลวดเชื่อม DCRP หรือ A.C.

การเชื่อมใต้น้ำ (Underwater welding)

- >> มีการใช้วงจรเช่นเดียวกับการเชื่อมไฟฟ้าทั่วไป
- >> หลักการเชื่อมเช่นเดียวกับการเชื่อมไฟฟ้า
- >> มีการเคลือบด้วยด้วยฟลักซ์ชนิดพิเศษที่ลวดเชื่อมขณะเชื่อมจะแปรสภาพเป็นก๊าซเพื่อปกคลุมแนวเชื่อม (ป้องกันน้ำสู่แนวเชื่อม)
- >> การเชื่อมก็จะเชื่อมในช่อง/โพรงที่มีก๊าซปกคลุม



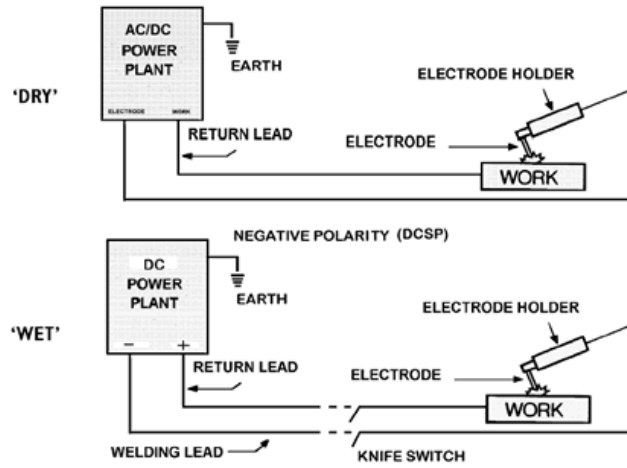
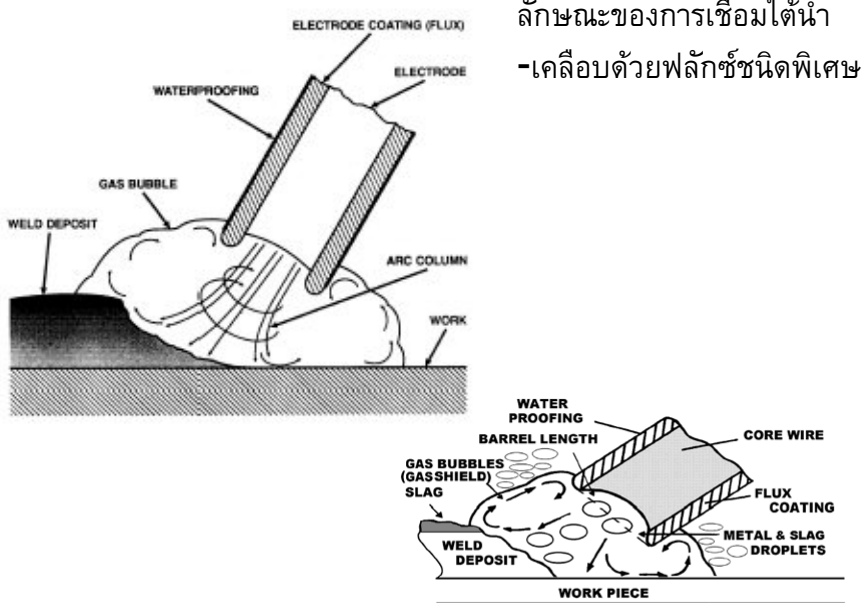


Figure 1 A typical welding circuit diagram, for surface welding (top) and wet welding (bottom).



ลักษณะของการเชื่อมใต้น้ำ
-เคลือบด้วยฟลักซ์ชนิดพิเศษ

Figure 2 Shielding of the welding arc and molten pool with a covered stick electrode.

มี 3 เทคนิคที่ใช้ในเชื่อมใต้น้ำ

1. Drag or self-consuming technique
2. Oscillation technique
3. Step-back technique

Drag or self-consuming technique

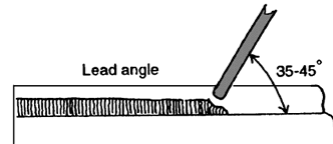


Figure 4 Correct lead angle.

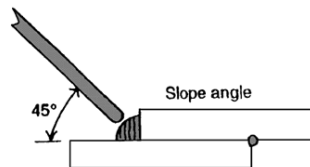


Figure 5 Correct slope angle for a single pass weld.

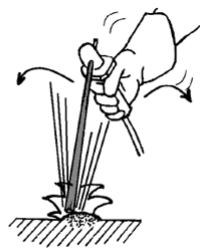


Figure 6 The principle involved when using this technique.

Oscillation technique

- >> เป็นการเดินแนวเชื่อมที่มีลักษณะเดินไปทีละน้อย
- >> ใช้อิเล็กโทรดที่มีหน้าผิวสัมผัสขนาดเล็ก
- >> เหมาะสำหรับการเดินแนวเชื่อมสำหรับเชื่อมจุด/รอยต่อ

Step-back technique

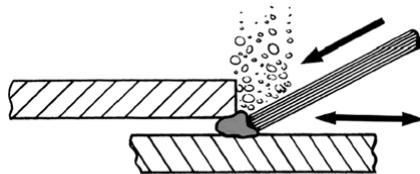
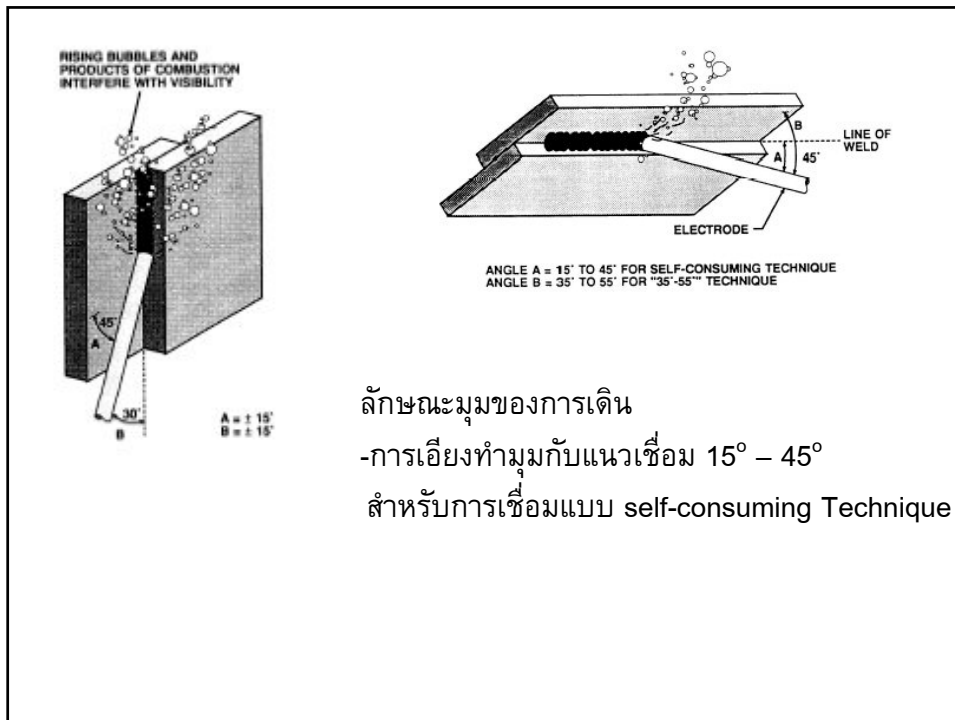


Figure 7 Basic movements involved.

- >> มีลักษณะเดินกลับไป- กลับมา (มีระยะการเคลื่อนที่ต่อครั้ง 2-3 มิลลิเมตร)
- >> ใช้เดินแนวเชื่อมที่ต้องการความหนาพิเศษ



ลักษณะมุมของการเดิน

-การเอียงทำมุมกับแนวเชื่อม $15^{\circ} - 45^{\circ}$

สำหรับการเชื่อมแบบ self-consuming Technique

หลักด้านความปลอดภัย

ข้อควรระวังในการทำงานทั่วไปในโรงงาน

(General Shop Precautions)

1. การแต่งกายต้องเรียบร้อยไม่รุ่มร่าม
2. สวมแว่นตานิรภัยเมื่อต้องการเจียร, การเชื่อม, การสกัด, หรือทำงานในลักษณะที่งานอยู่เหนือศีรษะ
3. ควรระมัดระวังเมื่อต้องใช้เครื่องมือที่มีคมหรือยาว ซึ่งอาจเป็นเหตุให้เกิดอันตรายได้
4. อย่าทำงานเชื่อมหรืออยู่ใกล้เตาไป ถ้ามีสิ่งของที่ติดไฟได้พกติดตัวอยู่

5. ถ้าจะทำการแก้ไขอุปกรณ์ไฟฟ้า จะต้องถอดปลั๊ก หรือปิดสวิตช์ไฟฟ้าก่อนทุกครั้ง
6. ก่อนจะหยิบหรือจับชิ้นงาน ต้องแน่ใจว่าชิ้นงานนั้นไม่ร้อน ควรทำเครื่องหมายไว้บนชิ้นงานที่ยังร้อนอยู่เมื่อนำออกมาจากห้องเชื่อมหรือบริเวณที่ทำงานเชื่อม
7. ใช้คีมหรืออุปกรณ์จับชิ้นงานในการจับหรือเคลื่อนย้ายชิ้นงานที่ร้อน ไม่ใช่ถุงมือหนังหยิบจับเพราะอาจไหม้ได้
8. ปรับเครื่องมือ – อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน เช่น เติมน้ำมันหลังจากทำงานเสร็จแล้วทุกครั้ง
9. ควรทราบถึงหน้าที่ วิธีการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ และเครื่องจักรต่าง ๆ เป็นอย่างดีก่อนจะใช้งาน

ความปลอดภัยในการเชื่อมไฟฟ้า (Safety in Arc Welding)

1. อันตรายจากกระแสไฟฟ้า

- >> ผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสที่จะถูกกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายได้ ถ้าอุปกรณ์ในการเชื่อมเกิดการชำรุด
- >> ขณะที่ผู้ปฏิบัติงานเชื่อมเป็นสื่อที่ดีของไฟฟ้า เช่น ทำการเชื่อมในที่ชื้นแฉะ หรือ ตัวผู้ปฏิบัติงานเปียกชื้น เป็นต้น

2. อันตรายจากรังสีหรือแสงสว่างจ้าจากการอาร์ค

การอาร์คด้วยไฟฟ้าขณะทำการเชื่อม จะทำให้เกิดแสงสว่างจ้า และประกอบด้วยรังสีที่มีอันตรายอยู่ 2 ชนิด คือ

2.1 รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultra-Violet Radiation) เป็นรังสีที่มีความเข้มของแสงมากเกินกว่าจะสามารถมองด้วยตาเปล่าได้ในระยะใกล้

- >> เมื่อตาของผู้ปฏิบัติงานหรือผู้อื่นที่อยู่ใกล้เคียงบริเวณทำการเชื่อมได้รับรังสีนี้โดยที่ไม่มีอุปกรณ์ป้องกันรังสี ก็จะทำให้เกิดอาการเจ็บตา ตาอักเสบ บวมแดง น้ำตาไหล อาการเหล่านี้เรียกว่า “ Arc eye ”
- >> อาการจะเริ่มปรากฏเมื่อได้รับรังสีไปแล้วประมาณ 6 ชั่วโมง และอาการนี้จะหายไปเองภายใน 12-24 ชั่วโมง แล้วแต่ความมากน้อยของรังสีที่ได้รับ
- >> รังสีนี้ยังทำอันตรายต่อผิวหนังทำให้ผิวหนังบริเวณที่ได้รับรังสีคล้ำ หรือผิวไหม้

2.2 รังสีอินฟราเรด (Infrared Radiation) เป็นรังสีที่เชื่อกันว่าเป็นผลทำให้เกิดต่อกระจกได้

- >> ป้องกันโดยใช้กระจกกรองแสง (Filter lens) ลดความเข้มของแสงสามารถทำให้มองเห็นการอาร์ค และนัยน์ตาไม่ได้รับอันตรายจากรังสีนั้น ๆ
- >> ส่วนผิวหนังก็ใช้อุปกรณ์ปกปิด เช่น ถุงมือหนัง , เสื้อหนัง , ปลอกแขนหนัง, เป็นต้น

3. อันตรายจากควันทัน

- >> การอาร์ความร้อน ทำให้ลวดเชื่อมหลอมละลายและเผาไหม้ฟลักซ์
- >> เกิดควันทันซึ่งมีพิษต่อร่างกายสำหรับผู้สูดควันทัน
- >> บริเวณนี้ถือว่ามีปริมาณของออกซิเจนที่น้อยมาก อาจเป็นอันตรายได้
- >> ดังนั้นในการเชื่อมบริเวณที่แคบ ๆ หรือถูกปิดกั้นการถ่ายเทของอากาศ ก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานเชื่อมอย่างมากทีเดียว วิธีการป้องกันอันตรายจากควันทันพิษ นิยมใช้พัดลมดูดระบายอากาศ หรือชุดต่อลมดูดระบายอากาศ

ข้อปฏิบัติให้เกิดความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า

1. ตรวจสอบชิ้นส่วน อุปกรณ์เพื่อให้แน่ใจว่าทุกชิ้นส่วนอยู่ในสภาพดีไม่มีไฟฟารั่ว
2. ปิดเครื่องเชื่อมทุกครั้งเมื่อทำงานเสร็จ หรือจะทำการเคลื่อนย้ายเครื่องเชื่อม
3. สวมหน้ากากเชื่อมทุกครั้งเมื่อทำการเชื่อม และใช้กระจกกกรองแสง (filter lens) เบอร์ที่เหมาะสมกับความเข้มของแสง
4. ตรวจสอบระบบเครื่องมือ อุปกรณ์ ในการทำงานเชื่อมให้พร้อม เช่น ฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า จุดต่อของเครื่องกับสายเชื่อม สายดิน เป็นต้น

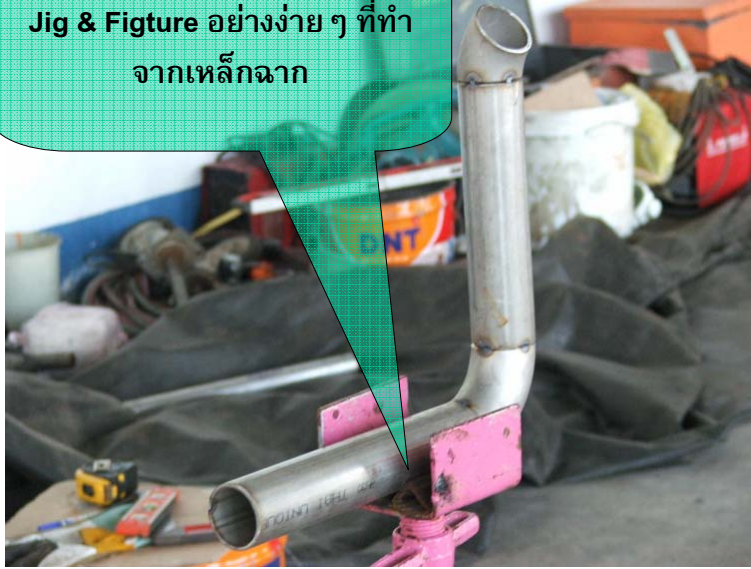
5. อย่ามองการเชื่อมด้วยตาเปล่า
6. สวมอุปกรณ์ป้องกันในการเชื่อมไฟฟ้า เช่น ถุงมือหนัง ปลอกแขนหนัง เสื้อหนัง เป็นต้น
7. ควรมีฉากป้องกันแสงจากการอาร์ค เพื่อมิให้รบกวนผู้อื่น
8. ควรเปลี่ยนหรือซ่อมหัวจับลวดเชื่อมเมื่อชำรุดหรือไหม้ไฟ
9. เมื่อทำการเชื่อมเสร็จแล้วให้เอาลวดเชื่อมออกจากหัวจับลวดเชื่อม และแขวนหัวจับลวดเชื่อมให้พ้นจากสายดิน
10. บริเวณทำงานไม่ควรเปียกชื้น เพราะเป็นสาเหตุให้ไฟฟ้าดูดได้
11. บริเวณทำงานไม่ควรมีสิ่งของอื่นเกะกะ รวมทั้งวัสดุไวไฟ และวัสดุที่ติดไฟได้ง่าย เช่น น้ำมัน กระดาษ เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

ข้อดีของกระบวนการเชื่อมไฟฟ้า

- มีต้นทุน / ราคาน้อยกว่าขบวนการเชื่อมอาร์คอย่างอื่น
- การเชื่อมนี้สามารถทำได้ทั้งในและนอกสถานที่
- การทำงานมีเสียงดังน้อย



Jig & Figure อย่างง่าย ๆ ที่ทำ
จากเหล็กฉาก



เชื่อมจุดเพื่อยึดชิ้นงานก่อนการ
เชื่อมวนต่อเนื่อง







วัดฉาก



ด้านล่าง









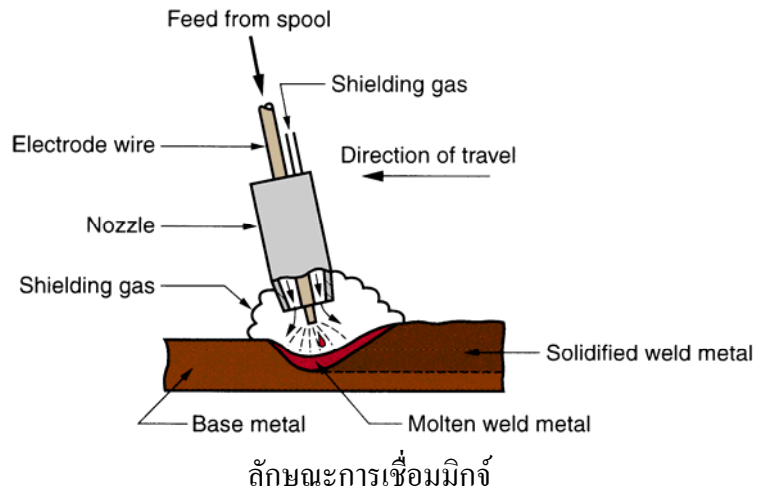


Q & A

การเชื่อมมิกซ์ (Metal Inert Gas Welding : MIG)

- เป็นขบวนการเชื่อมที่ได้รับความร้อนจากอาร์คระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงาน
- ลวดเชื่อมที่ใช้เป็นลวดเชื่อมเปลือยที่ส่งป้อนอย่างต่อเนื่องไปยังบริเวณอาร์ค
- ทำหน้าที่เป็นโลหะเติมลงยังบ่อหลอมละลาย

การเชื่อมมิกซ์ (ต่อ)



การเชื่อมมิกซ์ (ต่อ)

- บริเวณบ่อหลอมละลายปกคลุมไว้ด้วยแก๊สเฉื่อย เพื่อไม่ให้เกิดการรวมตัวกับอากาศ
- เชื่อมได้ทั้งโลหะและอโลหะตั้งแต่งานหนาหลายๆ จนถึงโลหะแผ่นบางๆ
- ไม่มีสแตก

การเชื่อมมิกซ์ (ต่อ)



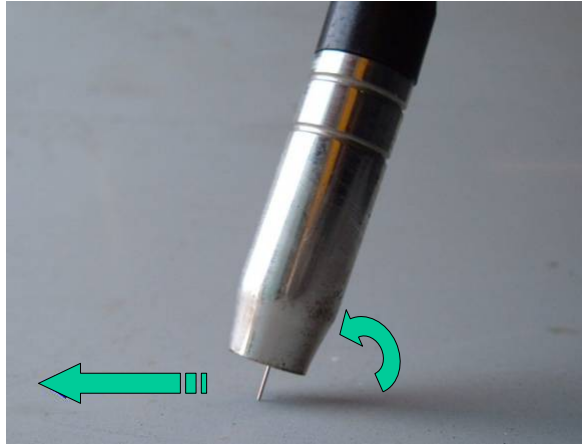
ลักษณะเครื่องเชื่อมมิกซ์

การเชื่อมมิกซ์ (ต่อ)



หัวเชื่อมมิกซ์และอุปกรณ์

การเชื่อมมิกซ์ (ต่อ)



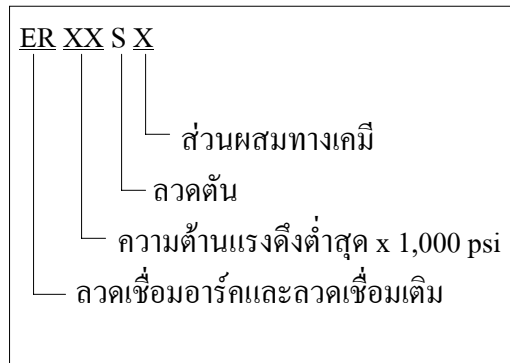
การเดินหัวเชื่อมและมุมเชื่อม

การเลือกชนิดลวดเชื่อม

- การเลือกชนิดลวดเชื่อม ควรพิจารณาปัจจัย ดังนี้
 1. วัสดุงานเชื่อม มีส่วนผสมทางเคมี และคุณสมบัติทางกลอย่างไร >> วิศวกรรมวัสดุ, โลหะวิทยา
 2. ความหนาและการออกแบบรอยต่อ >> เขียนแบบวิศวกรรม
 3. สภาพผิวงาน ขรุขระ มีสนิม
 4. ข้อกำหนดมาตรฐานต่างๆ เช่น DIN JIS มอก. เป็นต้น

มาตรฐานของลวดเชื่อม

- ตามมาตรฐาน AWS5.18 และ AWS5.28



มาตรฐานของลวดเชื่อม (ต่อ)

ตัวอย่าง

ER 70S – 6 Mild Steel Electrodes

- ER = เป็นลวดเชื่อมอาร์คและลวดเชื่อมเติมรอยต่อพร้อมกัน
- 70 = กำลังดึงต่ำสุด 70,000 psi
- S = ลวดตัน
- 6 = ตัวเลขแสดงส่วนผสมทางเคมี

มาตรฐานของลวดเชื่อม (ต่อ)

ตัวอย่าง

ER 80S – B2L Low Alloy Steel Electrodes

- ER = เป็นลวดเชื่อมอาร์คและลวดเชื่อมเติมรอยต่อพร้อมกัน
- 80 = กำลังดึงต่ำสุด 80,000 psi
- S = ลวดตัน
- B2 = ส่วนผสมทางเคมี
- L = คาร์บอนเจือต่ำ

มาตรฐานของลวดเชื่อม (ต่อ)

ตัวอย่าง

ER316 – L Stainless Steel Electrodes

- ER = เป็นลวดเชื่อมอาร์คและลวดเชื่อมเติมรอยต่อพร้อมกัน
- 316 = เกรดเหล็กกล้าไร้สนิม
- L = คาร์บอนเจือต่ำ

การเลือกกระบวนการถ่ายโอนโลหะกับวัสดุชนิด
ต่างๆ

วัสดุงานเชื่อม	ลักษณะการถ่ายโอนโลหะ			
	ลัดวงจร	ระออง	หยดขนาดใหญ่	พัลส์
อลูมิเนียม	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่	ใช่
บรอนซ์	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่	ใช่
ทองแดง	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่	ใช่
ทองแดงนิกเกิล	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่	ใช่
เหล็กหล่อ	ใช่	ไม่ใช่	ไม่ใช่	-
แมกนีเซียม	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่	ใช่

การเลือกกระบวนการถ่ายโอนโลหะกับวัสดุชนิด
ต่างๆ (ต่อ)

วัสดุงานเชื่อม	ลักษณะการถ่ายโอนโลหะ			
	ลัดวงจร	ระออง	หยดขนาดใหญ่	พัลส์
อินโคเนล	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่	ใช่
นิกเกิล	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่	ใช่
เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ	ใช่	ใช่	ใช่	-
เหล็กกล้าเจือต่ำ	ใช่	ใช่	ใช่	-
เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง	ใช่	ใช่	ใช่	-
เหล็กกล้าไร้สนิม	ใช่	ใช่	ไม่ใช่	-
ไทเทเนียม	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่	-

ความหนาวัสดุงานเชื่อม

ตัวประกอบ การเชื่อม	ความหนา (มม.)									
	0.13	0.4	1.6	3.2	4.8	6.4	10	12.7	19	25
เชื่อมทีวเดียว ไม่ต้องเตรียมรอยต่อ แบบลัดวงจร										
เชื่อมทีวเดียว เตรียมรอยต่อ										
เชื่อมหลายทีว แบบหยด ขนาดใหญ่										

ความสามารถในการเชื่อม

- นิยมใช้ทั้งการเชื่อมกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ
- นำไปใช้กับอุตสาหกรรมการผลิตที่มีปริมาณงานเชื่อมมากๆ เช่น โรงงานผลิตรถยนต์
- กระบวนการเชื่อมนี้สามารถทำงานได้ทุกตำแหน่งแนวเชื่อม

ตัวแปรของการเชื่อม

ตัวแปรของการเชื่อม

- ชนิดลวดเชื่อม
- ชนิดก๊าซคลุม
- ขนาดลวดเชื่อม
- อัตราการไหลของก๊าซคลุม
- กระแสเชื่อม

ตัวแปรของการเชื่อม (ต่อ)

- แรงดันอาร์ค
- อัตราเร็วการเคลื่อนที่หัวเชื่อม
- มุมหัวเชื่อม
- อัตราเร็วป้อนลวด

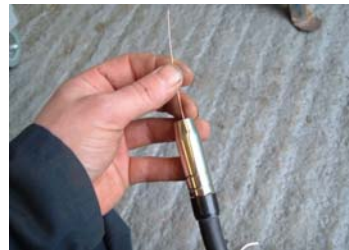
ขั้นตอนการเชื่อมมิกซ์โดยสังเขป

1. เตรียมลวดเชื่อม
 - ตัดปลายลวดเชื่อมออกเพื่อให้ปลายลวดเชื่อมเรียบ
 - ร้อยลวดเชื่อมเข้าเครื่องเชื่อม
 - ปรับแรงดึงให้เหมาะสม



ขั้นตอนการเชื่อมมิกซ์โดยสังเขป (ต่อ)

2. ปรับลวดเชื่อม
 - ร้อยลวดเชื่อมเกินหัวเชื่อมมาเล็กน้อย
 - หมุนตัวเก็บลวดเชื่อมเพื่อให้ลวดเชื่อมพอดีกับหัวเชื่อม



ขั้นตอนการเชื่อมมิกซ์โดยสังเขป (ต่อ)

3. ปรับค่าต่างๆ
 - กระแสไฟฟ้า
 - อัตราการป้อนลวดเชื่อม
 - ฯลฯ



ขั้นตอนการเชื่อมมิกซ์โดยสังเขป (ต่อ)

4. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยส่วนบุคคล
 - แว่นตา/หน้ากาก
 - รองเท้า
 - ถุงมือ
 - ชุดปฏิบัติการณ์



ขั้นตอนการเชื่อมมิกซ์โดยสังเขป (ต่อ)

5. ลงมือเชื่อม
 - กระดาษแนวเชื่อมบนชิ้นงาน
 - เชื่อมตามแนวเชื่อมที่กะไว้
 - ทำความสะอาดแนวเชื่อม



ข้อดีของการเชื่อมมิกซ์

- หัวเชื่อมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง
- ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่รอยเชื่อมต่ำ
- การเปลี่ยนเกรนของชิ้นงานไม่มาก
- เชื่อมต่อเนื่องนานกว่า เพราะไม่ต้องเปลี่ยนลวดเชื่อมบ่อยๆ
- ให้คุณสมบัติต่อการซึมลึกดี เชื่อมบากมุมแคบๆ ได้ดี

ข้อดีของการเชื่อมมิกซ์ (ต่อ)

- ไม่ต้องทำความสะอาดสแลก
- ประกายโลหะกระเด็นไม่มาก
- ประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาด
- เปลวอาร์คและบ่อหลอมสามารถมองได้ชัดเจน
- เชื่อมได้เร็วกว่าการเชื่อมแก๊ส 60%
- ใช้กระแสไฟเชื่อมน้อยกว่า

ข้อดีของการเชื่อมมิกซ์ (ต่อ)

- ลดค่าแรงได้ถึง 85% เมื่อเทียบกับการเชื่อมอื่นๆ ด้วยมือ
- สามารถใช้มือเดียวเชื่อมได้
- สามารถเชื่อมได้ทุกตำแหน่งแนวเชื่อม
- ลดควันทรมช่วงเชื่อมขณะปฏิบัติงาน
- ตะเข็บเชื่อมสวยงาม
- ไม่ต้องใช้ทักษะในการเชื่อมสูงมากนัก
- สามารถออกแบบให้เป็นการเชื่อมอัตโนมัติได้

ข้อเสียของการเชื่อมมิกซ์

ข้อเสียของการเชื่อมมิกซ์

- เครื่องเชื่อมมีราคาแพงกว่าเครื่องธรรมดาทั่วไป
- รอยต่อที่อยู่ในส่วนคับแคบเชื่อมยากไม่สะดวกในการบังคับหัวเชื่อมยากในงานเชื่อมบางจุด
- สายเชื่อมมีระยะจำกัด
- บริเวณลมแรงต้องจัดหาที่ป้องกันไม่ให้ลมเป่าก๊าซคลุมหนีจากบริเวณอาร์ค

ตัวอย่างงานเชื่อมมิกซ์



ลักษณะงานเชื่อมที่ดี

ตัวอย่างงานเชื่อมมิกค์ (ต่อ)



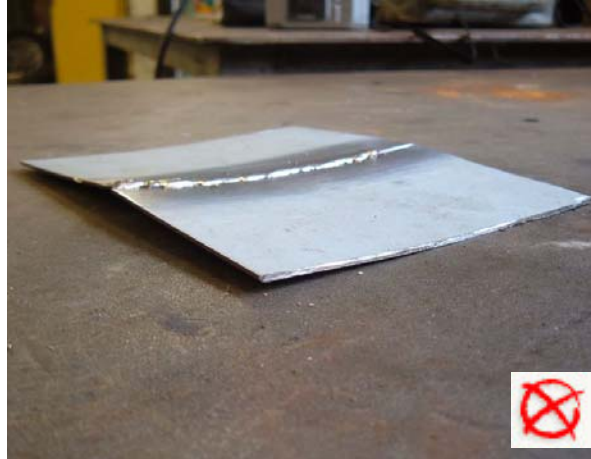
ลักษณะงานเชื่อมที่ดี

ตัวอย่างงานเชื่อมมิกค์ (ต่อ)

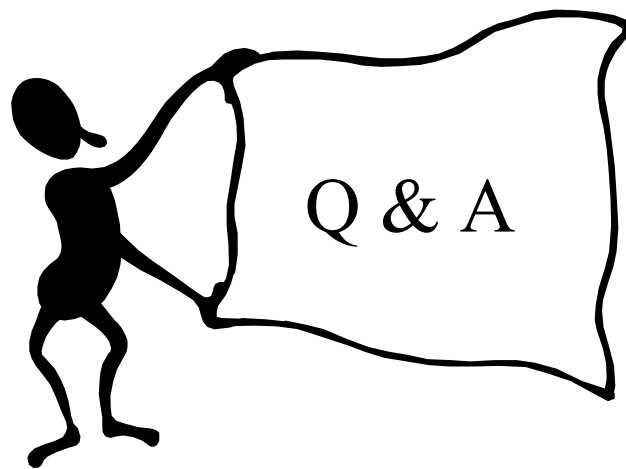


ลักษณะงานเชื่อมที่ผู้เชื่อมขาดทักษะ

ตัวอย่างงานเชื่อมมิกค์ (ต่อ)



งานเชื่อมที่ปรับค่าต่างๆ ไม่เหมาะสม งานเชื่อมจะโก่งงอ



การเชื่อมโลหะ (Welding) (3/4)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วันชัย ลีลากวีวงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร

วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

หัวข้อที่จะบรรยายวันนี้

- การเชื่อมติ๊กซ์ (Tungsten Inert Gas Welding : TIG)
- การเชื่อมพลาสมา (Plasma Arc Welding : PAW)
- การเชื่อมจุด (Spot Welding/Resistance Welding)
- การเชื่อมตะเข็บ (Resistance Seam Welding)
- การเชื่อมด้วยหุ่นยนต์ (Robotic Welding)

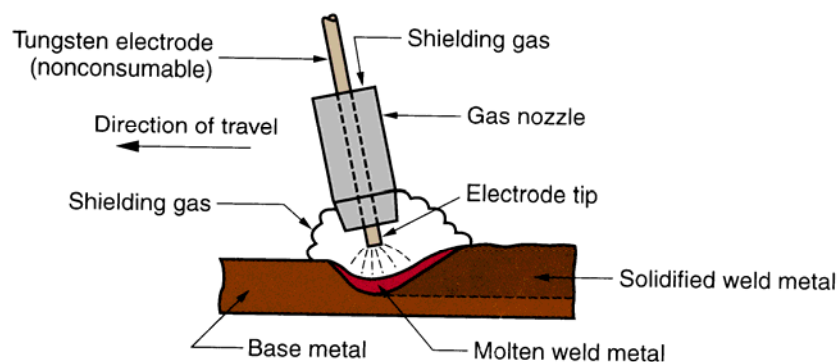


การเชื่อมติ๊กจี้ (Tungsten Inert Gas Welding : TIG)

- เป็นกรรมวิธีการเชื่อมโลหะโดยใช้ความร้อน
- เกิดจากการอาร์คระหว่างลวดทั้งสแตนกับชิ้นงานเชื่อม
- มีแก๊สเฉื่อยปกคลุมบริเวณเชื่อมและบ่อหลอมละลาย
- เพื่อไม่ให้บรรยากาศภายนอกเข้ามาทำปฏิกิริยาบริเวณแนวเชื่อม



การเชื่อมติ๊กจี้ (ต่อ)



ลักษณะการเชื่อมติ๊กจี้

การเชื่อมตีกจ (ต่อ)

- จุดหลอมเหลวของทั้งสแตนอยู่ที่ 3,410 °C
- ในยุโรปจะเรียกว่า “การเชื่อมวิก (WIG)”
- ส่วนใหญ่จะใช้เชื่อมอลูมิเนียมและเหล็กกล้าไร้สนิม



การเชื่อมตีกจ (ต่อ)



เครื่องเชื่อมตีกจ

การเชื่อมตีกั (ต่อ)



ลักษณะหัวเชื่อมตีกั

การเชื่อมตีกั (ต่อ)



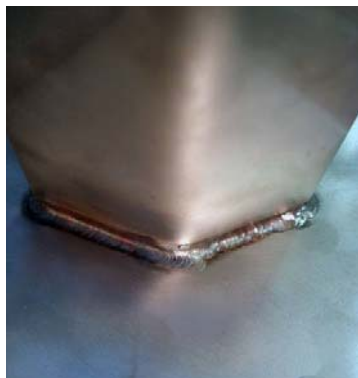
อุปกรณ์การเชื่อมตีกั

การเชื่อมตักจ์ (ต่อ)



ลักษณะการเชื่อมตักจ์

การเชื่อมตักจ์ (ต่อ)



ลักษณะงานเชื่อมตักจ์

ข้อดีของการเชื่อมตีกั (ต่อ)

- ไม่ต้องใช้ลวดเชื่อม
- คุณภาพการเชื่อมสูง
- ไม่ต้องทำความสะอาด หรือทำเพียงเล็กน้อยเท่านั้น
- ไม่มีสะเก็ดกระเด็น เนื่องจากไม่ใช้ลวดเชื่อม

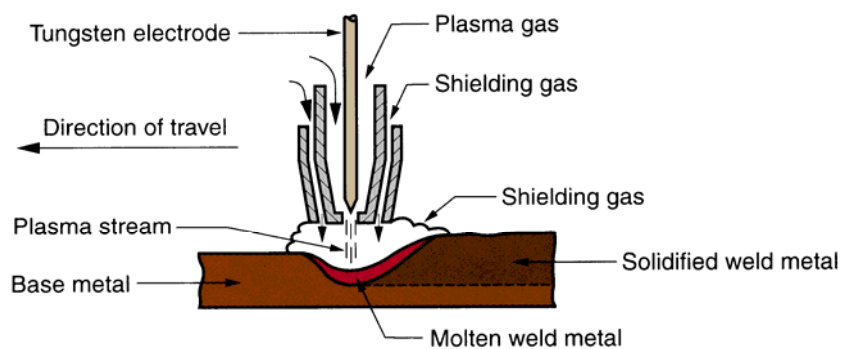
ข้อเสียของการเชื่อมตีกั (ต่อ)

- ใช้เวลาในการเชื่อมนาน
- ค่าใช้จ่ายสูงกว่าการเชื่อมแบบอื่นๆ

การเชื่อมพลาสมา (Plasma Arc Welding : PAW)

- อุณหภูมิสูงถึง 20,000 °C
- มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก
- ความเข้มข้นของพลังงานสูงมาก

การเชื่อมพลาสมา (ต่อ)



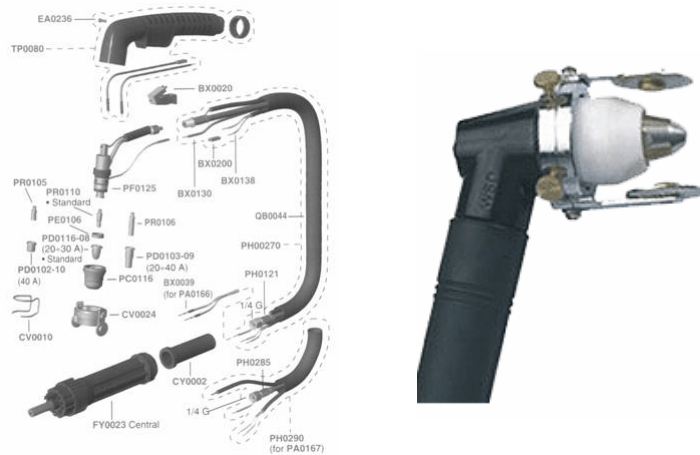
ลักษณะการเชื่อมพลาสมา

การเชื่อมพลาสติก (ต่อ)



เครื่องเชื่อมพลาสติก

การเชื่อมพลาสติก (ต่อ)



หัวเชื่อมพลาสติก

การเชื่อมพลาสติก (ต่อ)



อุปกรณ์ในการเชื่อมพลาสติก

การเชื่อมพลาสติก (ต่อ)



การเชื่อมพลาสติกแบบอัตโนมัติ

ข้อดีของการเชื่อมพลาสติก (ต่อ)

- มีความเสถียรสูง
- ใช้ในการตัดได้ดีกว่าการเชื่อมแก๊ส
- มีความเร็วสูง
- คุณภาพงานสูงมาก
- ใช้เชื่อมงานได้เกือบทุกชนิด

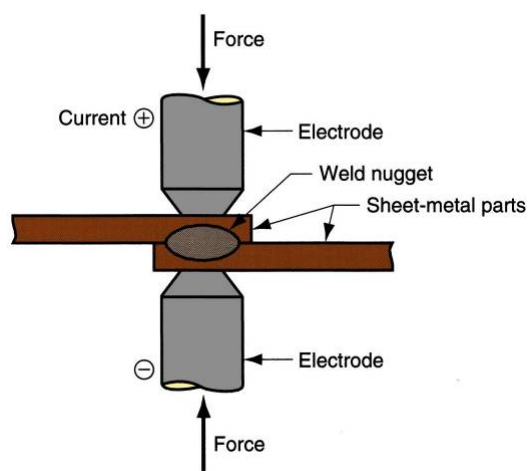
ข้อเสียของการเชื่อมพลาสติก (ต่อ)

- ค่าอุปกรณ์สูง
- หัวเชื่อมพลาสติกมีขนาดใหญ่กว่าหัวเชื่อมแก๊ส
- การเชื่อมที่มุมอับทำได้ยาก

การเชื่อมจุด (Spot Welding/Resistance Welding)

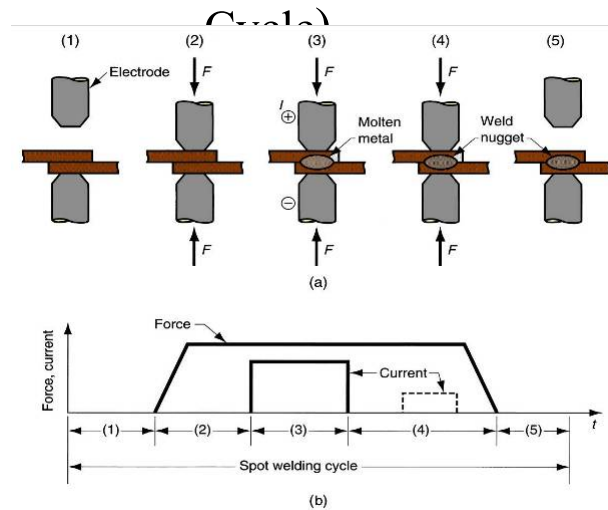
- ใช้หัวเชื่อม 2 ตัว ตรงข้ามกัน
- ใช้แรงกดระหว่างหัวเชื่อม
- สามารถกำหนดเวลาในการเชื่อมได้
- มักใช้ในการเชื่อมประกอบชิ้นส่วน เช่น ชิ้นส่วนรถยนต์ ตู้ไฟฟ้า กระจับอง ถังน้ำมัน เหล็กแผ่น เป็นต้น
- ใช้ในการผลิตงานจำนวนมาก (Mass production) เช่น รถยนต์ เฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น
 - ตัวถังรถยนต์แนวเชื่อม ~10,000 จุด

การเชื่อมจุด (ต่อ)



ลักษณะการเชื่อมจุด

วงจรในการเชื่อมจุด (Spot Welding



ลักษณะการเชื่อมจุด

วงจรในการเชื่อมจุด (ต่อ)

การเชื่อมจุดมีขั้นตอน ดังนี้

- (1) นำชิ้นงานสอดเข้าไประหว่างหัวเชื่อม
- (2) กดหัวเชื่อมลงมาสัมผัสชิ้นงาน
- (3) ครบวงจรกระแสไหลผ่าน
- (4) ครบกำหนดเวลา กระแสหยุดไหล
- (5) ยกหัวเชื่อมขึ้น

ข้อดีของการเชื่อมจุด (ต่อ)

- ไม่ต้องใช้ลวดเชื่อม
- ใช้เวลาในการเชื่อมสั้นๆ
- อัตราการผลิตสูง
- ใช้ทักษะในการเชื่อมต่ำกว่าการเชื่อมแบบอื่นๆ
- ความเชื่อมั่นสูง
- เหมาะกับงานที่ต้องการเชื่อมตำแหน่งเดิมซ้ำๆ (ควรใช้จิกซ์ฟิกเจอร์)

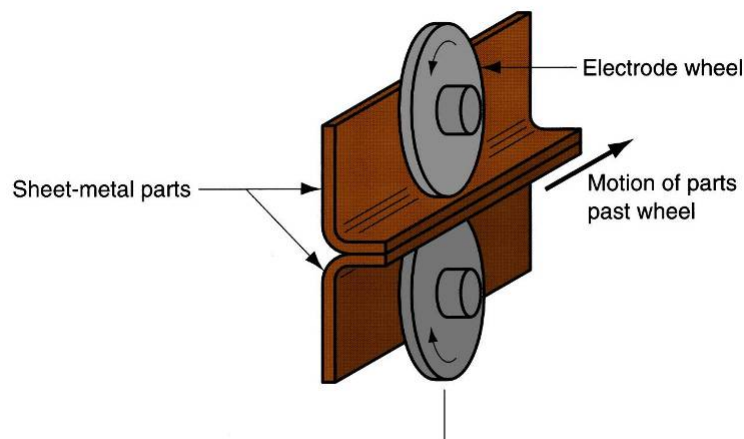
ข้อเสียของการเชื่อมจุด (ต่อ)

- ค่าเครื่องจักรมีราคาสูง
- ข้อจำกัดเฉพาะเชื่อมชิ้นงานเท่านั้น
- รับแรงดึงได้น้อย (ต่อรอยเชื่อม 1 จุด)
- เชื่อมได้แต่งานเชื่อมเท่านั้น

การเชื่อมตะเจ็บ (Resistance Seam Welding)

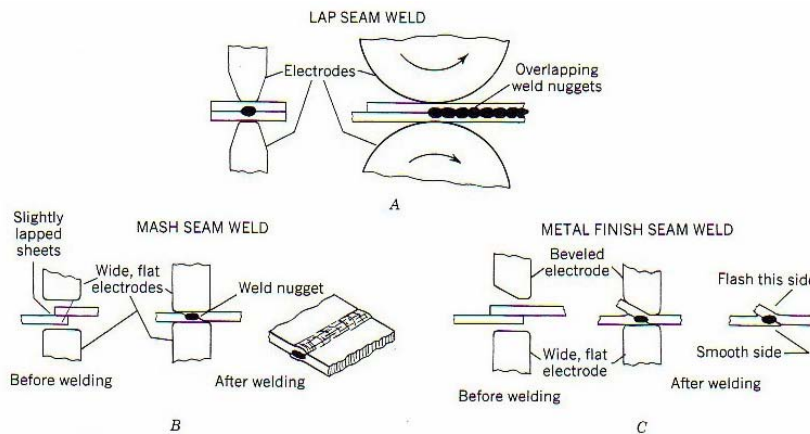
- ใช้ลวดเชื่อม 2 ตัว ตรงข้ามกัน
- ใช้แรงกดระหว่างลวดเชื่อม
- สามารถกันการรั่วซึมได้
- สามารถกำหนดเวลาในการเชื่อมได้
- มักใช้ในอุตสาหกรรม ชิ้นส่วนรถยนต์ กระจ่างอง ถังน้ำมัน งานเหล็กแผ่น เป็นต้น
- ใช้ในการผลิตงานจำนวนมาก (Mass production)

การเชื่อมตะเจ็บ (ต่อ)



ลักษณะการเชื่อมตะเจ็บ

การเชื่อมตะเข็บ (ต่อ)



ลักษณะการเชื่อมตะเข็บในแบบต่างๆ

การเชื่อมด้วยหุ่นยนต์ (Robotic Welding)

- เคลื่อนไหวตามคำสั่งของชุดโปรแกรม
- ใช้ในการผลิตงานจำนวนมาก (Mass production)
- มักใช้ในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

การเชื่อมด้วยหุ่นยนต์ (ต่อ)

มี 2 แบบ

1. Rectilinear robots

- เคลื่อนแบบแกน x y z
- พื้นที่เชื่อมงาน



การเชื่อมด้วยหุ่นยนต์ (ต่อ)

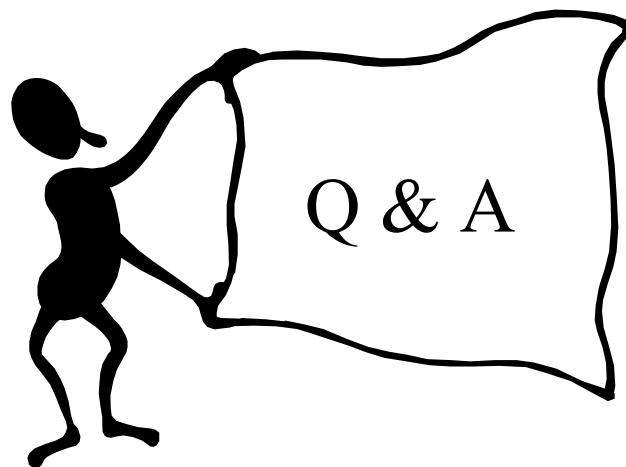
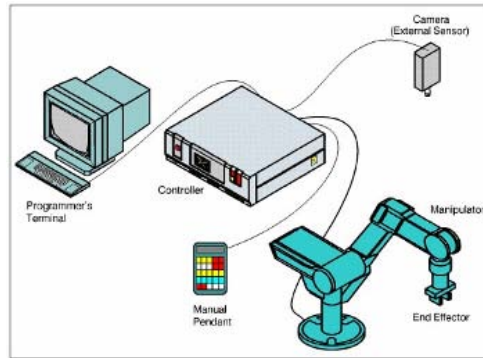
2. Articulating robots

- เคลื่อนที่คล้ายๆ กับแขนของคน
- มีจุดหมุนเหมือนข้อมือ
- ใช้ในพื้นที่ทำงาน



สิ่งที่ควรพึงระวังก่อนนำหุ่นยนต์มาใช้งาน เชื่อม

- ความแม่นยำ
- ความเชื่อมั่น
- จิกซ์ฟีกเจอร์
- การเขียน โปรแกรม
- การซ่อมบำรุง
- ค่าใช้จ่าย
- ปริมาณงานที่ผลิต



การเชื่อมโลหะ (Welding) (4/4)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วันชัย ลีลากวีวงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร

วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

หัวข้อที่จะบรรยายวันนี้

- ต้นทุนการเชื่อม
- การประกอบรอยต่อ
- แนวการเชื่อม
- กระแสเชื่อม
- ลวดเชื่อมและกระบวนการเชื่อม

ต้นทุนการเชื่อม

ต้นทุนการเชื่อมเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อ

- การออกแบบการเชื่อม
- การเลือกกระบวนการเชื่อม
- ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงอย่าให้มีรอยต่อจำนวนมากเกินไป
- การเชื่อมชิ้นงานหลายๆ ควรเลือกใช้อุปกรณ์จิกซ์ฟิกเจอร์ที่เหมาะสม
- เพื่อให้งานออกมามีมาตรฐานเดียวกัน
- ต้นทุนการเชื่อมต่ำที่สุด

ต้นทุนการเชื่อม (ต่อ)

องค์ประกอบที่มีผลกระทบต่อต้นทุนการเชื่อมมีดังนี้

- การประกอบรอยต่อ
- แนวการเชื่อม
- ตำแหน่งรอยต่องานเชื่อม (ท่าเชื่อม)
- กระแสเชื่อม
- ลวดเชื่อมและกระบวนการเชื่อม

การประกอบรอยต่อ

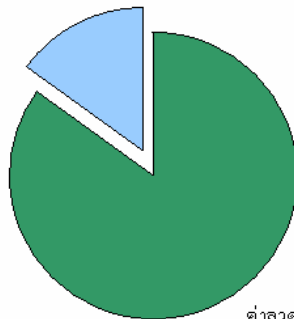
- ควรทำให้ถูกต้องตามมาตรฐาน เช่น DIN JIS มอก.
- การประกอบแผ่นงานเชื่อมควรมีระยะเว้น 1.5 – 2 มม.
- ระยะเว้นรอยต่อจะส่งผลต่ออัตราเร็วการเชื่อม

การประกอบรอยต่อ \propto ต้นทุนการเชื่อม

การประกอบรอยต่อ (ต่อ)

- ต้นทุนการเชื่อมควรมีการควบคุมให้ลู่ไปเกณฑ์ดังนี้

ค่าแรง, 15%



ค่าวัสดุเชื่อม
เครื่องเชื่อม และ
กระแสเชื่อม, 85%

แนวการเชื่อม

- งานเชื่อมต่อชนควรให้เนื้อโลหะสูงจากงานเชื่อม 1.5 มม.
- ถ้าแนวเชื่อมสูงมากขึ้นยิ่งจะทำให้ต้นทุนสูงมากขึ้นไปอีก
- ทำให้อัตราเร็วการเชื่อมลดลงอีกด้วย

การเชื่อม \propto ต้นทุนการเชื่อม

กระแสเชื่อม

- มีทั้งกระแสเชื่อมตรงและสลับ
- ใช้เครื่องกระแสสลับแบบหม้อแปลงจะประหยัดต้นทุนค่าซื้อเครื่องมากกว่าแบบเจเนอร์เตอร์
- การเชื่อมโลหะด้วยกระแสตรงจะทำได้รวดเร็วกว่ากระแสสลับประมาณ 28%

ลวดเชื่อมและกระบวนการเชื่อม

- ลวดเชื่อม
 - ขนาด
 - ชนิดลวดเชื่อม
- กระบวนการเชื่อมจะมีผลกระทบต่อ
 - เวลาในการเชื่อม

เวลาในการเชื่อม \propto ต้นทุนการเชื่อม

การประมาณต้นทุนการเชื่อม

- แบ่งองค์ประกอบ ได้ดังนี้
 1. ต้นทุนวัสดุ
 2. ต้นทุนประกอบงานเชื่อม
 - 2.1 ค่าแรงงาน
 - 2.2 ค่าไฟฟ้า
 3. ต้นทุนหลังการเชื่อม
 4. ต้นทุนอื่นๆ

การประมาณต้นทุนการเชื่อม (ต่อ)

1. ต้นทุนวัสดุ (บ.)

$$= \text{เวลาเชื่อม (ชม.)} \times \text{อัตราเร็วป้อนลวดเชื่อม (ม./ชม.)} \times \text{น้ำหนักลวดต่อหน่วยความยาว (กก./ม.)} \times \text{ราคาลวดเชื่อม (บ./กก.)}$$

2. ต้นทุนประกอบงานเชื่อม

2.1 ค่าแรงงาน (บ.)

$$= \text{ความยาวแนวเชื่อม (ม.)} \times \text{อัตราค่าแรง (บ./ชม.)} \times \text{น้ำหนักเนื้อโลหะเติมงานเชื่อม (กก./ม.)} \times \text{อัตราการเติมเนื้อโลหะ (กก./ชม.)} \times \text{ตัวประกอบดำเนินการ (%)}$$

หรือ = $\text{เวลาการเชื่อมรวม (ชม.)} \times \text{อัตราค่าแรงงาน (บ./ชม.)}$

การประมาณต้นทุนการเชื่อม (ต่อ)

- ค่าตัวประกอบดำเนินการแบ่งตามวิธีการเชื่อม

วิธีการเชื่อม	ตัวประกอบดำเนินการ (%)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
มือ										
กึ่งอัตโนมัติ										
เครื่องกลไก										
อัตโนมัติ										

การประมาณต้นทุนการเชื่อม (ต่อ)

2.2. ค่าไฟฟ้า (บ.)

$$= \frac{\text{กระแสเชื่อม (แอมป์)} \times \text{แรงดันเชื่อม (โวลต์)} \times \text{เวลาเชื่อม (ชม.)} \times \text{อัตราค่าไฟฟ้า (บ./กว. - ชม.)}}{\text{ค่าตัวประกอบดำเนินการ (\%)}}$$

3. ต้นทุนหลังการเชื่อม (บ.)

$$= \text{ค่าแต่งผิวงาน} + \text{ค่าอุปกรณ์และเครื่องมือ}$$

การประมาณต้นทุนการเชื่อม (ต่อ)

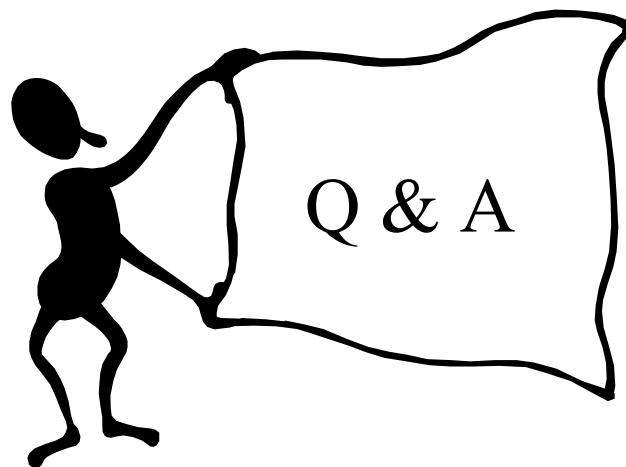
- อายุการใช้งานของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการ

ชื่ออุปกรณ์ เครื่องมือ	อายุโดยเฉลี่ย (ชม.)
หน้ากาก	2,400
กระจกเชื่อม	2,400
กระจกใส	8.5
ถุงมือ	400
ค้อนเคาะสแลก	600
แปรงลวด	200
หัวจับลวดเชื่อม	2,400
สายเชื่อม	2,400
สายไฟเชื่อม	3,600

การประมาณต้นทุนการเชื่อม (ต่อ)

- สรุป ต้นทุนเชื่อม

ต้นทุนเชื่อม	ต้นทุนวัสดุ	
	ต้นทุนประกอบงานเชื่อม	ค่าแรงงาน
		ค่าไฟฟ้า
	ต้นทุนหลังการเชื่อม	
ต้นทุนอื่น		



ลำดับการตรวจสอบงานเชื่อม

1. การรับรองการใช้มาตรฐาน
2. การรับรองขอบเขตของการตรวจสอบ
3. การรับรองกำหนดการของงานการตรวจสอบ
4. การรับรองสภาพแวดล้อมของการตรวจสอบ
5. การรับรองคุณสมบัติของบุคลากรตรวจสอบงานเชื่อม
6. การจำลองงานจริงเพื่อการซักซ้อมงานการตรวจสอบ
7. การกำหนดและรับรองสมรรถนะเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบ
8. การเตรียมสภาพชิ้นงานสำหรับการตรวจสอบ
9. การประชุมพิจารณา ร่วมกับบุคคลคณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
10. ข้อกำหนดปลีกย่อย

ขั้นตอนการตรวจสอบงานเชื่อม

1. การตรวจสอบก่อนการเชื่อม



2. การตรวจสอบระหว่างปฏิบัติงานการเชื่อม



3. การตรวจสอบภายหลังการเชื่อม

การตรวจสอบงานเชื่อม

- วิธีทดสอบที่จะแสดงถึงคุณภาพของงานเชื่อม
- แบ่งออกเป็น 3 พวกใหญ่
 - 1) การทดสอบที่ไม่ทำลาย >> การทดสอบที่ไม่สร้างความเสียหายให้แก่งานเชื่อมหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จ
 - 2) การทดสอบที่ทำลาย >> การทดสอบทางกล ซึ่งตัดมาจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง
 - 3) การตรวจสอบด้วยสายตา >> การสังเกตที่ผิวรอยเชื่อม / การสังเกตถึงความไม่สมบูรณ์ด้วยสายตา

การทดสอบที่ไม่ทำลาย (Nondestructive Testing)

- การทดสอบด้วยอนุภาคแม่เหล็ก (Magnetic Particle Testing)
- การตรวจสอบเรดิโอกราฟฟิก (Radiographic)
- การตรวจสอบการแทรกซึม (Penetrant Inspection)
- การแทรกซึมโดยย้อมสีแดง (Red Dye Penetrant)
- การตรวจสอบด้วยคลื่นเหนือเสียง (Ultrasonic Inspector)
- การทดสอบกระแสเอ็ดดี้ (Eddy Current Testing)
- การทดสอบจุกรั่ว (Leak Testing)
- การทดสอบความแข็ง (Hardness Testing)

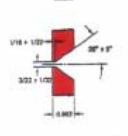
ตัวอย่าง รูปแบบเอกสารข้อกำหนดรายละเอียดการเชื่อม (WPS)

เอกสารข้อกำหนดรายละเอียดการเชื่อม (WPS)
ASME Welding Procedure Specification
(WPS) - Sheet 1

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)
See QW-201.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code

Company Name: A.S. Siam Project: Central By: Chaiyaporn Date: 2014-01-01
 Drawing No.: 01 Revision: 01 Welding Procedure No.: WPS-001
 Heating Procedure: Gas Metal Arc Welding Shielding Gas: None Electrode: None
 Position: None (Horizontal, Vertical, or Both)

JOINTS (QW-402)
Joint: Single V Position: None
 Bevel: None Root Face: None Root Opening: None
 Bevel Angle: None Root Face Width: None Root Opening: None
 Bevel: None Root Face: None Root Opening: None
 Bevel Angle: None Root Face Width: None Root Opening: None



BASE METALS (QW-403)
 Base Metal: None Thickness: None to None
 Preheat: None to None Interpass: None to None
 Post Heat: None to None Cooling Rate: None to None

FILLER METALS (QW-404)
 Filler Metal: None AWS No.: None AWS No. (Old): None
 Size of Filler Metal: None to None Thickness Range: None to None
 Preheat: None to None Interpass: None to None
 Post Heat: None to None Cooling Rate: None to None

ASME Welding Procedure Specification
(WPS) - Sheet 2

WPS No. / Rev. /

POSITIONS (QW-401)
 Position of Groove: None Position of Pipe: None
 Position of Groove: None Position of Pipe: None

PREHEAT (QW-402)
 Preheat Temp. Min.: None Interpass Temp. Max.: None
 Preheat Temperature: None

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-403)
 Current AC or DC: None Polarity: None
 Arc Length: None to None Voltage Range: None to None
 Torch Electrode Size and Type: None
 Mode of Metal Transfer for GMAW: None
 Electrode Wire Feed Speed Range: None to None

TECHNIQUE (QW-404)
 String or Bevel Bead: None
 Order of the Groove: None
 Method of Back Chipping: None
 Contact Toler to Work Diameter: None
 Travel Speed Range: None to None
 Post Heat: None to None
 Other: None

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-405)
 Temperature Range: None to None
 Time: None

WPS-406-001

WPS Level#	Process	Filler Metal		Current		Voltage Range	Travel Speed Range	Time	Other
		Class	Size	Type	Power				
1	GMAW	ER70S-3	0.035-in	None	None	21-23	21-26		None
2									Increases
3									Shielding gas
4									flow SGTs
5									when welding
6									outdoors.

ASME Welding Procedure Specification
(WPS) - Sheet 3

WPS No. / Rev. /

POSITIONS (QW-401)
 Position of Groove: None Position of Pipe: None
 Position of Groove: None Position of Pipe: None

PREHEAT (QW-402)
 Preheat Temp. Min.: None Interpass Temp. Max.: None
 Preheat Temperature: None

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-403)
 Current AC or DC: None Polarity: None
 Arc Length: None to None Voltage Range: None to None
 Torch Electrode Size and Type: None
 Mode of Metal Transfer for GMAW: None
 Electrode Wire Feed Speed Range: None to None

TECHNIQUE (QW-404)
 String or Bevel Bead: None
 Order of the Groove: None
 Method of Back Chipping: None
 Contact Toler to Work Diameter: None
 Travel Speed Range: None to None
 Post Heat: None to None
 Other: None

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-405)
 Temperature Range: None to None
 Time: None

WPS-406-001

WPS Level#	Process	Filler Metal		Current		Voltage Range	Travel Speed Range	Time	Other
		Class	Size	Type	Power				
1	GMAW	ER70S-3	0.035-in	None	None	21-23	21-26		None
2									Increases
3									Shielding gas
4									flow SGTs
5									when welding
6									outdoors.

หนังสืออ้างอิง

- สมชัย เกษมบัณฑิต, “เทคโนโลยี การเชื่อมและการประสาน”, สำนักพิมพ์ยูไนเต็ดท์บุ๊คส์, 2529
- เชิดเชลง ชิตชวนกิจและคณะ, “วิศวกรรมการเชื่อม”, สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ, 2524



End of Welding