บทเรียนที่ 5

การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม

(GAS METAL ARC WELDING)

(Welding Process)

กระบวนการเชื่อม

สาระสำคัญ

การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมมีชื่อภาษาอังกฤษว่า Gas Metal Arc Welding (GMAW) หรือเรียกว่า การเชื่อมมิก (Metal Inert Gas Welding: MIG) การเชื่อมแม็ก (Metal Active Gas Welding: MAG) คือ กระบวนการเชื่อม ที่อาศัยความร้อนที่เกิดจากการอาร์ก โดยใช้ลวดสิ้นเปลืองขนาดเล็กแบบต่อเนื่องและหลอมละลาย (Continuous Consumable Wire Electrode) ทำาหน้าที่นำากระแสให้เกิดการอาร์กขึ้น บริเวณการอาร์ก ซึ่งมีบ่อหลอมละลาย จะถูกปกคลุมด้วยแก๊สปกคลุมรอยเชื่อม แก๊สปกคลุมที่เป็นแก๊สเฉื่อยบริสุทธิ์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือแก๊สผสม แก๊สปกคลุมที่เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือแก๊สผสมคาร์บอนไดออกไซด์ เรียกว่า การเชื่อมแม็ก (MAG Welding)

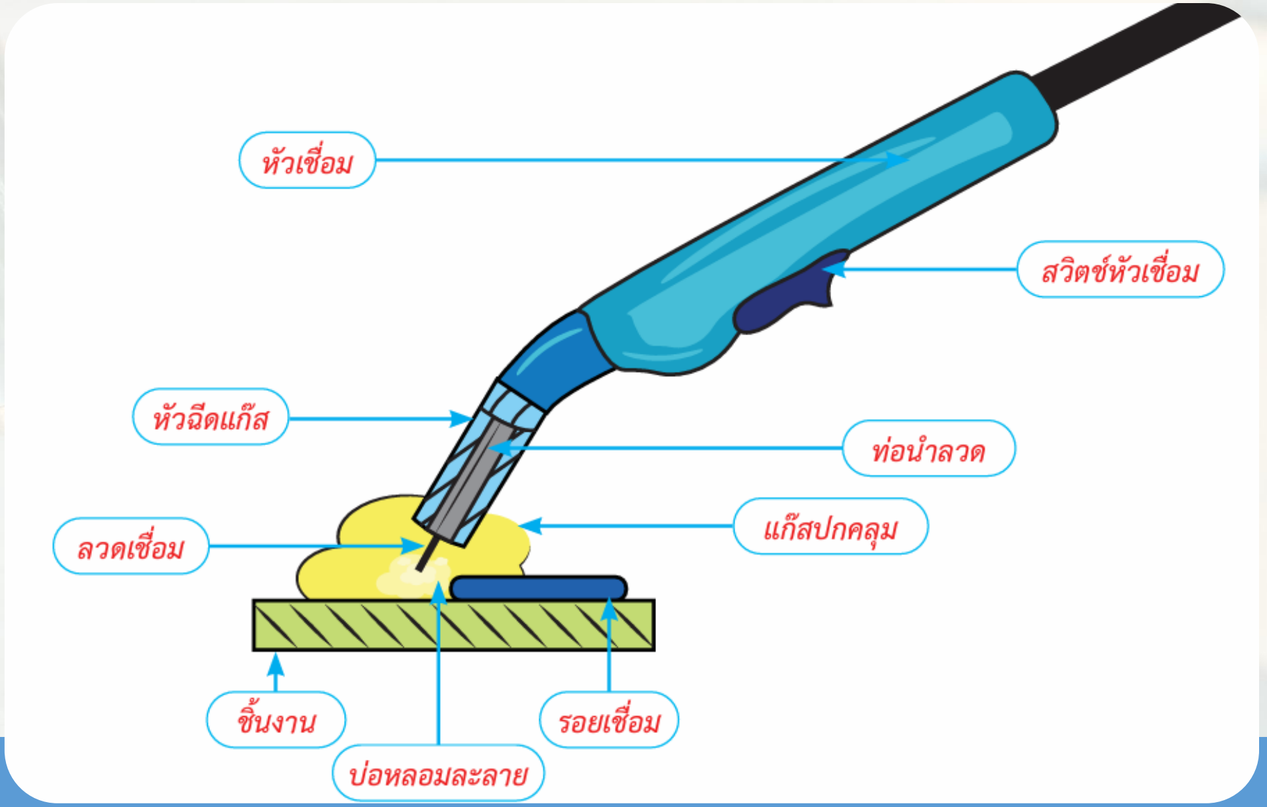
1.

หลักการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม

การเชื่อมแก๊สคลุมโลหะ หรือ Gas Metal Arc Welding (GMAW)
ค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1920 แต่รอยเชื่อมยังมีคุณภาพไม่ดีนัก
จนกระทั่งมีการพัฒนา Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)
ในปี ค.ศ. 1940 โดยได้หลักการจากการที่ฟลักซ์จากการเชื่อมอาร์ก
ด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ไหม้แล้วเกิดแก๊สมาคลุมบ่อหลอมละลาย
ต่อมา GMAW ได้รับการพัฒนาโดยเปลี่ยนจากการใช้อิเล็กโทรดทังสเตน
มาใช้ลวดเชื่อมแบบสิ้นเปลืองที่ป้อนผ่านหัวเชื่อมอย่างต่อเนื่อง
และใช้แก๊สเฉื่อยคลุมรอยเชื่อม ซึ่งเรียกการเชื่อมแบบนี้ว่า Metal Inert Gas (MIG)
ในช่วงแรกนิยมใช้เชื่อมอะลูมิเนียมเท่านั้นและใช้ได้เฉพาะแก๊สเฉื่อย

กระบวนการเชื่อมนี้ได้พัฒนาให้สามารถเชื่อมโลหะชนิดอื่น ๆ ได้ โดยมีการนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้แทนแก๊สเฉื่อยสำหรับเชื่อมโลหะจำพวกเหล็ก เพราะมีต้นทุนถูกกว่า การเชื่อมที่ใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์คลุมเรียกว่า Metal Active Gas (MAG)

ซึ่งสามารถผสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับแก๊สชนิดอื่นได้การเชื่อม GMAW/MIG/MAG มีทั้งแบบกึ่งอัตโนมัติ ที่ช่างเชื่อมควบคุมความเร็วการเคลื่อนที่และความยาวอาร์ก และแบบอัตโนมัติที่หัวเชื่อมจะถูกยึดให้เคลื่อนที่ไปตามชิ้นงานหรือชิ้นงานเคลื่อนที่เข้าหาหัวเชื่อม



ข้อดีของการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (GMAW)

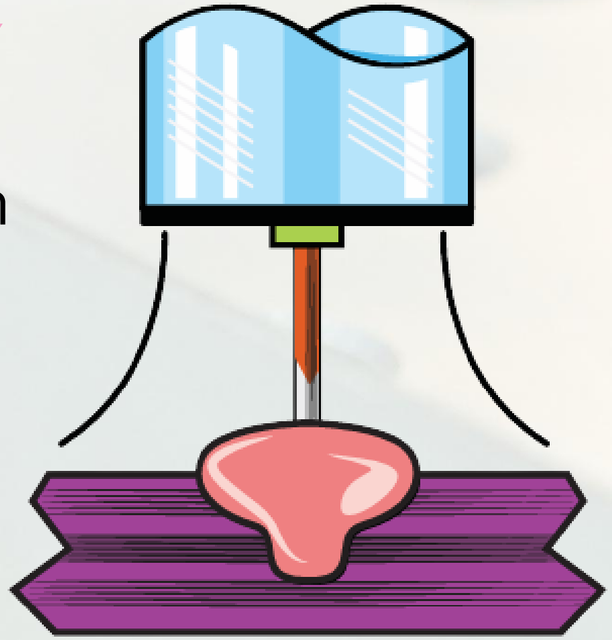
1. การเชื่อมกระทำาได้รวดเร็วกว่าวิธีอื่น ทำให้ปริมาณความร้อนเข้าสู่รอยเชื่อมต่ำ ทำให้การบิดตัวมีน้อย
2. ลวดเชื่อมป้อนอย่างต่อเนื่องไม่ต้องเสียเวลาเปลี่ยนลวดเชื่อมใหม่
3. มีการอาร์กที่รุนแรง อาร์กได้เรียบ มีสะเก็ดไฟเล็กน้อย ทำให้เชื่อมได้ง่าย
4. ไม่มีสแลกบนรอยเชื่อม จึงทำความสะอาดได้ง่าย
5. รอยเชื่อมมีคุณภาพสูง มีอำนาจการยืดหยุ่น ไม่มีรูพรุน
6. สามารถเชื่อมได้ทุกตำแหน่งท่าเชื่อม และเชื่อมโลหะได้เกือบทุกชนิด

2. การส่งถ่ายน้ำโลหะ

ในการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมแบบมิก หรือแบบแม็ก เป็นกระบวนการเชื่อมแบบสิ้นเปลือง โดยลวดเชื่อมหลอมละลายเติมลงไปบนรอยเชื่อม การที่ปลายลวดเชื่อมหลอมและเติมลงไปบนบ่อหลอมละลายเรียกว่า “การส่งถ่ายน้ำโลหะ” มีด้วยกัน 2 แบบ ได้แก่

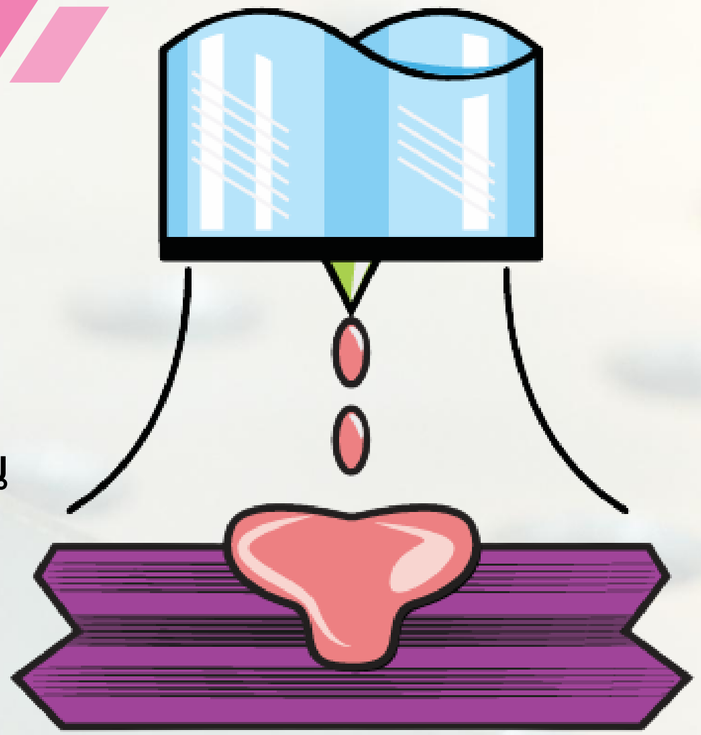
2.1 การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบลัดวงจร (SHORT CIRCUIT)

หลักการคือปลายลวดเชื่อมจะสัมผัสกับชิ้นงาน ทำให้เกิดการลัดวงจรและอาร์กขึ้นชั่วขณะหนึ่ง อุณหภูมิที่สูงจะหลอมปลายลวดเชื่อมให้กลายเป็นหยดโลหะเล็ก ๆ และด้วยความเร็วในการป้อนลวดเชื่อมที่สูง หยดโลหะเหล่านี้จะตกลงสู่บ่อหลอมละลายอย่างต่อเนื่อง เมื่อลวดเชื่อมป้อนเข้าไปสัมผัสกับชิ้นงานอีกครั้ง การอาร์กก็จะเกิดขึ้นอีกครั้ง เป็นวัฏจักรซ้ำ ๆ อย่างรวดเร็วถึง 20-200 ครั้งต่อวินาที



2.2 การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบละออง (SPRAY TRANSFER)

การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบละออง (Spray Transfer) เกิดขึ้น
เมื่อใช้กระแสไฟฟ้าสูงตั้งแต่ 250 แอมแปร์ขึ้นไป
และแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 32-40 โวลต์ ซึ่งเหมาะสำหรับ
งานเชื่อมที่มีความหนามาก ในกระบวนการนี้ ปลายลวดเชื่อม
จะหลอมละลายเป็นเม็ดเล็กๆ และถูกพ่นผ่านการอาร์กไปยังชิ้นงาน
ด้วยแรงแม่เหล็กไฟฟ้า การส่งถ่ายแบบละอองนี้ใช้กระแส
และแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่าแบบอื่น ทำให้เหมาะกับการเชื่อม
ในท่าราบเท่านั้น หากใช้เชื่อมในท่าอื่น ๆ
จำเป็นต้องควบคุมบ่อหลอมละลายให้มีขนาดเล็ก



การส่งถ่ายโลหะ แบบละออง

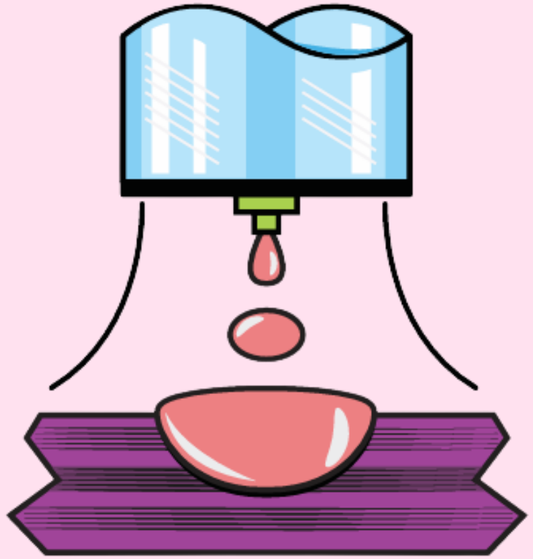
การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบละอองแบ่งได้ 2 ชนิดหลัก ๆ

1 ชนิดพ่นฝอย (Spray Arc Transfer)

จะใช้กระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูง พร้อมกับแก๊สอาร์กอนหรือแก๊สอาร์กอนผสมออกซิเจน เป็นแก๊สปกคลุม น้ำโลหะจะถูกพ่นออกจากปลายลวดเชื่อมเป็นฝอยละเอียด เรียกว่าการส่งถ่ายแบบลัดวงจร

2 ชนิดหยด (Globular Transfer)

จะใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หรือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผสมอาร์กอน เป็นแก๊สปกคลุม โดยใช้กระแสไฟต่ำกว่าชนิดแรก ทำให้หยดน้ำโลหะรวมตัวกันเป็นก้อนใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเชื่อมแล้วหยดลงสู่บ่อหลอมละลาย วิธีนี้มักทำให้รอยเชื่อมไม่สวยงาม การหลอมละลายไม่ลึกมาก และมีเม็ดโลหะกระเด็นรอบรอยเชื่อมเยอะ อย่างไรก็ตาม กระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้จะอยู่ระหว่างการส่งถ่ายแบบลัดวงจรกับการส่งถ่ายแบบพ่นฝอย



แสดงการเชื่อมแบบละออง

3. อุปกรณ์การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม

3.1 เครื่องเชื่อม (WELDING MACHINE)

เครื่องเชื่อมสำหรับการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (MIG) ส่วนใหญ่เป็นเครื่องเชื่อมกระแสตรงชนิดแรงเคลื่อนคงที่ (Constant Voltage) ที่นิยมใช้แบบ ต่อกระแสตรงกลับขั้ว (DCEP) เพราะทำให้การหลอมละลายสม่ำเสมอ การซึมลึกดี การอาร์กเสถียร และรอยเชื่อมสะอาด สามารถเชื่อมโลหะได้ทุกชนิด แต่การใช้กระแสตรงขั้วตรง (DCEN) ซึ่งลวดเชื่อมเป็นขั้วลบนั้นไม่นิยม เนื่องจากให้การซึมลึกต่ำและรอยเชื่อมไม่สะอาด

เครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงเรียงกระแส

เครื่องเชื่อม MIG ที่ใช้กันทั่วไปคือแบบหม้อแปลงเรียงกระแส (Transformer-Rectifier) ซึ่งเป็นที่นิยมมากกว่าแบบมอเตอร์เจเนอเรเตอร์ (Motor Generator) ในการเชื่อมแบบถ่ายน้ำโลหะแบบลัดวงจร กระแสไฟเชื่อมที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอาจทำให้เครื่องเสียหายได้ จึงจำเป็นต้องมี ตัวควบคุมความเหนี่ยวนำ (Inductance) ต่ออนุกรมเข้ากับเครื่องเชื่อม เพื่อควบคุมการเพิ่มของกระแส ทำให้การอาร์กสม่ำเสมอ รอยเชื่อมสมบูรณ์ การหลอมละลายซึมลึกดี และลดการเกิดเม็ดโลหะ

เครื่องเชื่อมแบบมอเตอร์เจเนอเรเตอร์

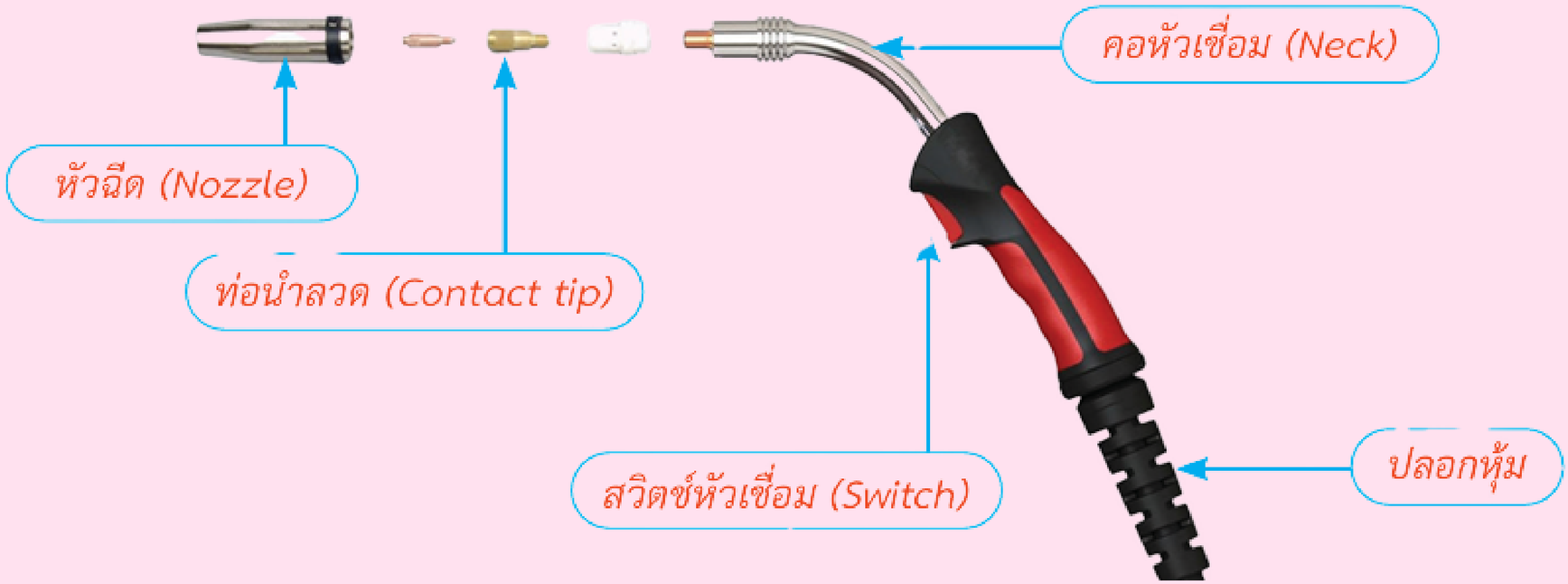
3.2 เครื่องป้อนลวด (FEED CONTROL AND CONTROL SYSTEM)

เครื่องป้อนลวดมีหน้าที่ควบคุมการส่งลวดเชื่อม
จากม้วนไปยังเครื่องเชื่อม โดยความเร็วในการป้อนต้องสัมพันธ์กัน
เครื่องป้อนลวดมีทั้งแบบที่รวมอยู่ในเครื่องเชื่อม
และแบบที่แยกออกมาต่างหาก สำหรับเครื่องป้อนลวด
แบบความเร็วคงที่ที่ใช้คู่กับเครื่องเชื่อมแบบแรงเคลื่อนคงที่นั้น
ความเร็วในการป้อนลวดจะเป็นตัวกำหนดกระแสไฟฟ้า
หากปรับให้ลวดป้อนเร็วขึ้น กระแสไฟฟ้าก็จะสูงขึ้น
แต่ถ้าป้อนช้าลง กระแสไฟฟ้าก็จะลดลงตามไปด้วย

ลักษณะเครื่องป้อนลวด

3.3 หัวเชื่อม (WELDING GUN OR TORCH)

มีหน้าที่หลักคือเป็นทางผ่านของแก๊สเพื่อปกคลุมรอยเชื่อมและเป็นทางผ่านของกระแสไฟฟ้าเข้าสู่บริเวณการเชื่อม หัวเชื่อมนี้จะติดอยู่ที่ปลายสายเชื่อม และมี 2 แบบหลักคือและมี 2 แบบหลักคือ แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ และ แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ



4. แก๊สปกคลุม (Shield Gas)

กระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม หรือ MIG
จะต้องมีแก๊สปกคลุมบริเวณการเชื่อม เพื่อทำหน้าที่ป้องกันแก๊สจากภายนอก

ไนโตรเจน ไนโตรเจนที่รวมตัวกับรอยเชื่อมจะทำให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรงขึ้น แต่จะลดความเหนียวลง ทำให้รอยเชื่อมต้านทานแรงกระแทกได้ต่ำและแตกหักง่าย

ออกซิเจน สารประกอบต่าง ๆ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่เกิดจากการรวมตัวของออกซิเจนกับคาร์บอนในเหล็ก รวมถึงสารประกอบฝังตัวอื่นๆ จากธาตุผสมอย่างแมงกานีสและซิลิคอน สามารถส่งผลเสียต่อคุณสมบัติทางกลของรอยเชื่อมได้

ไฮโดรเจน เป็นแก๊สอันตรายต่อรอยเชื่อมเหมือนกับแก๊สทั้งสองที่กล่าวมาข้างต้น แม้จะมีปริมาณน้อย ในอากาศก็ตามก็จะส่งผลให้การอาร์กไม่สม่ำเสมอ

4.1 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ในงานเชื่อม MIG/MAG แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ต้องมีความบริสุทธิ์ไม่ต่ำกว่า 99.5% และมีความชื้นน้อยกว่า 100 ppm เพื่อใช้ปกคลุมบริเวณอาร์ก เมื่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถูกความร้อนจากการอาร์ก จะแตกตัวเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สออกซิเจน ซึ่งออกซิเจนจะรวมตัวกับธาตุในโลหะหลอมเหลวกลายเป็นออกไซด์ลอยตัวขึ้นมาในรูปของขี้ตะกรันและสแลก แม้แก๊สนี้จะเป็นแอ็กทิฟแก๊สที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่ก็ให้คุณภาพรอยเชื่อมที่ดี ปราศจากตำหนิและรูพรุน อย่างไรก็ตาม แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สามารถใช้ได้เฉพาะการส่งถ่ายน้ำโลหะแบบลัดวงจร (Short Circuit) และแบบหยด (Globular Transfer) เท่านั้น ไม่สามารถใช้กับการส่งถ่ายแบบละออง (Spray Transfer) ได้ เนื่องจากการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพียงชนิดเดียวอาจทำให้รอยเชื่อมมีออกไซด์มาก จึงต้องมีการเติมธาตุลดออกซิเจน (Deoxidizing) จำนวนมากลงในลวดเชื่อมเพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์และปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของรอยเชื่อม

4.2 แก๊สอาร์กอนผสมแก๊สออกซิเจน

การนำแก๊สทั้งสองมาผสมกันต้องผสมตามเปอร์เซ็นต์ที่กำาหนดไว้จะให้ผลดีกับรอยเชื่อม มีการผสมตามอัตราส่วน ดังนี้ อาร์กอน –1%, ออกซิเจน / อาร์กอน –2%, ออกซิเจน / อาร์กอน –5%, ออกซิเจน / อาร์กอน –8% ถึง –12%, ออกซิเจน / อาร์กอน –12% ถึง –15%, ออกซิเจน

4.3 แก๊สอาร์กอนผสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

แก๊สผสมนี้มีจุดประสงค์หลักเพื่อเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กผสมต่ำโดยเฉพาะ
แต่ห้ามใช้กับสเตนเลส การเพิ่มอาร์กอนในแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยลดสะเก็ดโลหะ (Spatter)
ได้ดีกว่าการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียวไม่ว่าจะผสมในสัดส่วนใด
แก๊สผสมนี้ยังคงให้สมบัติของสเปรย์อาร์กเหมือนเดิม เมื่อใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผสม
กับแก๊สอื่นในปริมาณเล็กน้อย และเพิ่มกระแสเชื่อมเล็กน้อย
จะได้การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบละอองที่อาร์กสม่ำเสมอ

4.4 แก๊สอาร์กอนผสมแก๊สฮีเลียม

เป็นตัวเลือกที่เหมาะสำหรับการเชื่อมโลหะนอกกลุ่มเหล็ก การเพิ่มฮีเลียมเข้าไปในอาร์กอน จะช่วยเพิ่มทั้งแรงเคลื่อนและปริมาณความร้อนในการเชื่อม ทำให้สามารถเชื่อมชิ้นงานที่หนาขึ้นได้ มีการซึมลึกที่ดีขึ้น และลดการเกิดรูพรุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.5 แก๊สอาร์กอนผสมแก๊สไนโตรเจน

การใช้แก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับออกซิเจน 1% และเติมไนโตรเจนเพียงเล็กน้อย จะช่วยให้ได้รอยเชื่อมแบบออสเทนไนต์ที่สมบูรณ์ การเติมไนโตรเจน 1.5-3% เหมาะสำหรับลวดเชื่อมสเตนเลสชนิด 347 แม้การเติมไนโตรเจนถึง 10% จะทำให้เกิดควัน แต่รอยเชื่อมก็ยังคงสมบูรณ์อยู่ อย่างไรก็ตาม การเติมไนโตรเจน 2% เมื่อนำไปเชื่อมเหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) ในแบบรอยเดียวจะทำให้เกิดรูพรุนได้ และถ้าเติมน้อยกว่า 0.5% ก็จะเกิดรูพรุนในการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนแบบหลายรอยเชื่อม (Multi Pass)

4.6 แก๊สอาร์กอนผสมแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

แก๊สผสมทั้ง 3 นี้เรียกว่า ยูนิเวอร์แซล (Universal) เพราะสามารถเกิดการส่งถ่ายน้ำโลหะได้ทั้ง 3 แบบ คือ แบบลัดวงจร (Short Circuit) แบบละออง (Spray Transfer) และแบบหยด (Globular Transfer) และยังส่งถ่ายน้ำโลหะที่มีความหนาแน่นสูง แก๊สทั้ง 3 ชนิดมีให้เลือกมากขึ้นอยู่กับการส่งถ่ายน้ำโลหะ และคุณลักษณะของการอาร์ก

4.7 แก๊สอาร์กอนผสมแก๊สฮีเลียม แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สออกซิเจน

แก๊สผสมทั้ง 4 ชนิด เรียกว่า ควอดมิกใช้สำาหรับการเชื่อมที่ต้องการอัตราการเติมลวดเชื่อมสูง โดยใช้การอาร์กที่มีความหนาแน่นในการส่งถ่ายน้ำโลหะสูง ให้สมบัติทางกลดีใช้เชื่อมเหล็กกล้าผสมต่ำ และสามารถนำาไปเชื่อมเหล็กกล้าละมุนได้ แต่ต้องคิดถึงอัตราการเติมลวดและราคาแก๊ส

4.8 การพิจารณาเลือกใช้แก๊สปกคลุมรอยเชื่อม

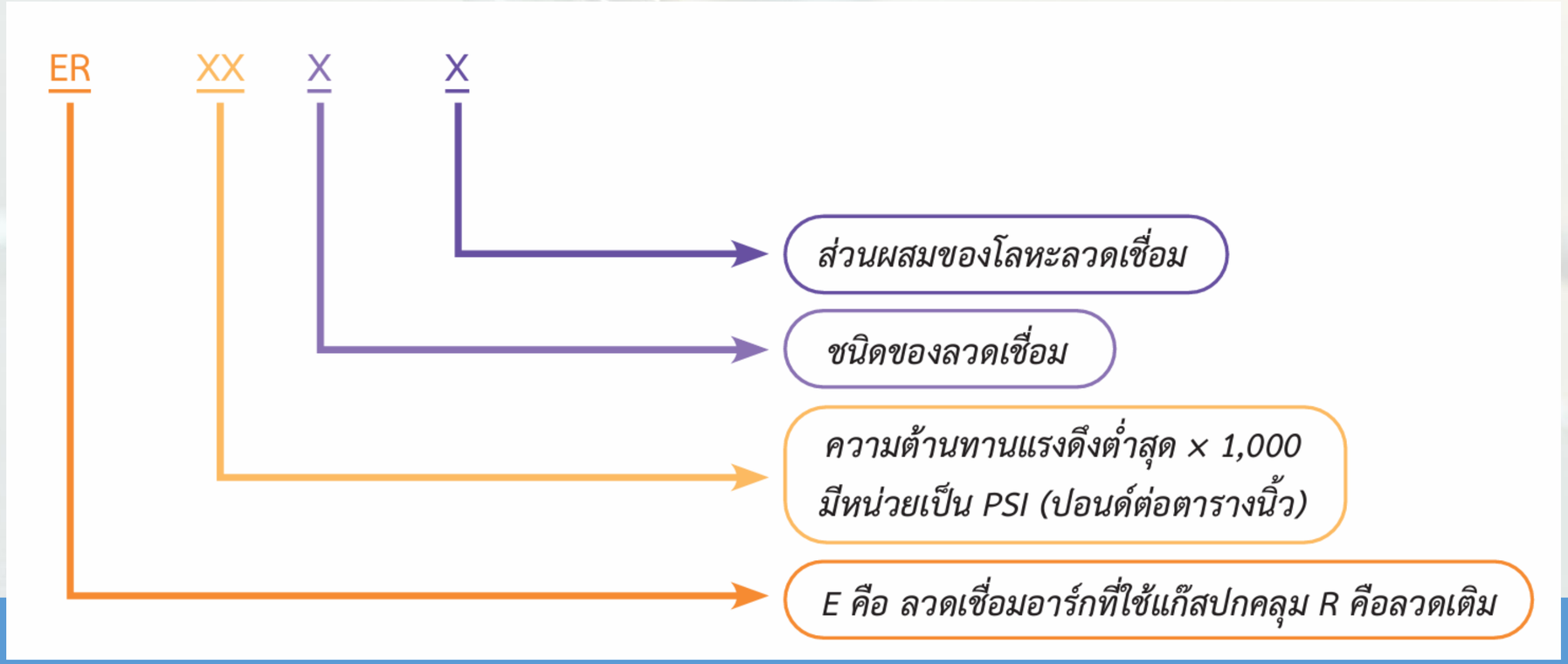
1. ชนิดของโลหะงานที่จะเชื่อม
2. ลักษณะของการอาร์กและการส่งถ่ายน้ำโลหะ
3. ความเร็วของการเชื่อม
4. การซึมลึก ความกว้างและรูปร่างของรอยเชื่อม
5. สมบัติทางกลของรอยเชื่อมที่ต้องการ
6. ความยากง่ายในการหาซื้อแก๊ส
7. ราคาแก๊ส

5.

ลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม

กระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมพัฒนา
มาจากกระบวนการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
โดยมีการเติมลวดเชื่อมลงในบ่อหลอมเหลว
ของชิ้นงานภายใต้การป้องกันด้วยแก๊สเฉื่อย
สิ่งสำคัญก่อนการเชื่อมคือการเลือกลวดเชื่อม
ที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงส่วนผสมทางเคมี
และสมบัติทางกลของชิ้นงาน ความหนา
และรูปทรง เพื่อให้ได้รอยเชื่อม
ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับชิ้นงานมากที่สุด

สมาคมการเชื่อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (AWS) ได้กำหนดมาตรฐานการแบ่งประเภทลวดเชื่อม
สำหรับกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม โดยมาตรฐาน A 5.18–1979
เป็นการกำหนดสำหรับลวดเชื่อมแบบตัน (Solid Wire) ที่ใช้เชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน
และเหล็กกล้าผสมต่ำ ซึ่งมีการกำหนดตัวอักษรและตัวเลขเพื่อระบุคุณสมบัติของลวดเชื่อมนั้น ๆ



ความยาวของลวดเชื่อมที่ยื่นออกมาจากหัวเชื่อม

ไวร์สตริกเอาต์ (Wire Stick-Out) คือ
ความยาวของลวดเชื่อมที่ยื่นพ้นออกมาจากหัวเชื่อม
ซึ่งมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของรอยเชื่อม
หากไวร์สตริกเอาต์ยาวเกินไป
จะทำให้ลวดเชื่อมร้อนมากเกินไป ส่งผลให้รอยเชื่อม
ไม่เรียบสม่ำเสมอและการซึมลึกน้อยลง แต่ถ้ายาวน้อยเกินไป
ลวดเชื่อมอาจหลอมละลายและติดกับปลายหัวฉีดได้
ความยาวที่เหมาะสมของไวร์สตริกเอาต์
ควรอยู่ที่ประมาณ 6-9 มิลลิเมตร

ระยะที่ลวดเชื่อม พ้นออกจากหัวเชื่อม