DEPARTMENT OF SKILL DEVELOPMENT
กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน

คู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ

กลุ่มสาขาอาชีพช่างอุตสาหการ

สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๑

(ภาคความรู้)

มาตรฐาน
ฝีมือแรงงานแห่งชาติ

มาตรฐาน
ฝีมือแรงงานแห่งชาติ

คำนำ

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการพัฒนาฝีมือแรงงานให้แก่กลุ่มแรงงานใหม่ก่อนเข้าสู่ตลาดแรงงาน ให้มีความรู้ความสามารถตามความต้องการของตลาดแรงงาน และพัฒนากลุ่มแรงงานที่อยู่ในตลาดแรงงานให้สามารถประกอบอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้พัฒนามาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาอาชีพต่างๆ ให้สอดคล้องกับความต้องการตลาดแรงงานและความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี เพื่อใช้ในการทดสอบความรู้ ความสามารถ และทัศนคติของแรงงานก่อนเข้าสู่สถานประกอบกิจการ

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน ได้จัดทำคู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๑ (ภาคความรู้) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ให้แก่ผู้สนใจที่จะเข้ารับการทดสอบ ได้ศึกษา ค้นคว้าเนื้อหาที่ใช้ในการทดสอบภาคความรู้ก่อนเข้ารับการทดสอบ ซึ่งจะช่วยสร้างโอกาสในการทำงาน และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการประกอบอาชีพได้อีกด้วย

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อแรงงาน ผู้ประกอบกิจการ และผู้สนใจ ตลอดจนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้การทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

หม่อมหลวงปุณฑริก สมิติ
อธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
กันยายน ๒๕๕๘

สารบัญ

หน้า

บทที่ ๑ บทนำ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

๑.๑ เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพ ช่างเชื่อมแม็ก ๑

๑.๒ เรื่อง คุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ สาขาอาชีพ ช่างเชื่อมแม็ก ๓๔

๑.๓ เรื่อง วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานและการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๑ ..... ๓๖

บทที่ ๒ หัวข้อวิชา

๒.๑ ความปลอดภัยทั่วไปในพื้นที่ปฏิบัติงาน ๓๙

๒.๒ ความปลอดภัยในการเชื่อมและตัด ๔๑

๒.๓ การใช้เครื่องมือวัด ๕๗

๒.๔ การใช้เครื่องมือทั่วไป ๕๗

๒.๕ การใช้เครื่องมือกล ๕๘

๒.๖ เครื่องเชื่อมอุปกรณ์และวงจรไฟฟ้า ๕๙

๒.๗ เทคโนโลยีการเชื่อม ๖๗

๒.๘ สมบัติและความสามารถเชื่อมได้ของโลหะ ๙๑

๒.๙ ลวดเติมและแก๊สปกป้อง ๙๕

๒.๑๐ ข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม ๑๐๓

๒.๑๑ คณิตศาสตร์ประยุกต์ที่สัมพันธ์กับการร่างแบบงานเชื่อม ๑๐๔

๒.๑๒ วิทยาศาสตร์เบื้องต้นที่สัมพันธ์กับงานเชื่อม ๑๐๕

๒.๑๓ การตรวจสอบและการรับรองงานเชื่อม ๑๐๖

๒.๑๔ ท่อเหล็กกล้า ๑๑๖

บทที่ ๓ บทสรุปคู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๑ (ภาคความรู้) ๑๑๗

บทที่ ๑ บทนำ
ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

๑.๑ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก

เล่ม ๑๒๓ ตอนพิเศษ ๑๑๘ ง ราชกิจจานุเบกษา ๙ พฤศจิกายน ๒๕๔๙

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน
เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๒ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๕ คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน จึงกำหนดมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก โดยความเห็นชอบของรัฐมนตรีว่าการกระทรวงแรงงาน ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ในประกาศนี้ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก หมายถึง ผู้ที่ทำการเชื่อมด้วยมือหรือกึ่งอัตโนมัติด้วยกระบวนการเชื่อมแบบอาร์ก โดยใช้ลวดเชื่อมต่อเนื่องและใช้แก๊สแอคทีฟปกป้อง แก๊สแอคทีฟที่ใช้ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ หรือแก๊สผสมคาร์บอนไดออกไซด์-อาร์กอน หรือแก๊สผสมอื่น ๆ

ข้อ ๒ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก แบ่งออกเป็น ๓ ระดับ

๒.๑ ระดับ ๑ หมายถึง ช่างที่สามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (เหล็กแผ่นและท่อ) ที่เป็นแนวเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet Weld) ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่าง ๆ ได้ทุกตำแหน่ง โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อม ระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗ ด้วยกระบวนการเชื่อมแบบอาร์ก โดยใช้ลวดเชื่อมต่อเนื่องและใช้แก๊สแอคทีฟ ปกป้อง แก๊สแอคทีฟที่ใช้ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ หรือแก๊สผสมคาร์บอนไดออกไซด์-อาร์กอน หรือแก๊สผสมอื่น ๆ

๒.๒ ระดับ ๒ หมายถึง ช่างที่สามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (เหล็กแผ่น) ที่เป็นแนวเชื่อมต่อ (Butt-Weld) ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่าง ๆ ได้ทุกตำแหน่ง โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อม ระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗ ด้วยกระบวนการเชื่อมแบบอาร์ก โดยใช้ลวดเชื่อมต่อเนื่องและใช้แก๊สแอคทีฟปกป้อง แก๊สแอคทีฟที่ใช้ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ หรือแก๊สผสมคาร์บอนไดออกไซด์-อาร์กอน หรือแก๊สผสมอื่น ๆ

๒.๓ ระดับ ๓ หมายถึง ช่างที่สามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (ท่อ) ที่เป็นแนวเชื่อมต่อชน (Butt Weld) ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่าง ๆ ได้ทุกตำแหน่ง โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อม ระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗ ด้วยกระบวนการเชื่อมแบบอาร์ก โดยใช้ลวดเชื่อมต่อเนื่องและใช้แก๊สแอคทีฟปกป้อง แก๊สแอคทีฟที่ใช้ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ หรือแก๊สผสมคาร์บอนไดออกไซด์-อาร์กอน หรือแก๊สผสมอื่น ๆ

ข้อ ๓ ข้อกำหนดทางวิชาการที่ใช้เป็นเกณฑ์วัดความรู้ ความสามารถและทัศนคติในการทำงานของผู้ประกอบอาชีพในสาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ให้เป็น ดังนี้

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ได้แก่

๓.๑ ความรู้ ประกอบด้วย ขอบเขตความรู้ ความเข้าใจในเรื่องดังต่อไปนี้

๓.๑.๑ ความปลอดภัยทั่วไปในพื้นที่ปฏิบัติงาน (General Safety in the Working Area)

(๑) ประเภทของอุบัติเหตุต่าง ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั่วไปในสภาพแวดล้อมของการทำงาน การรู้สาเหตุและขั้นตอนต่าง ๆ จะสามารถนำมาใช้ป้องกันอุบัติเหตุได้

(๒) สาเหตุของการเกิดอัคคีภัยและการระเบิด มาตรการป้องกันการเกิดอัคคีภัยชนิดของเครื่องดับเพลิงและข้อแนะนำการใช้

(๓) การรู้จักใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น แว่นตานิรภัย แว่นตาเชื่อม หน้ากากเชื่อม ถุงมือ เอี๊ยมกันไฟ รองเท้านิรภัย อุปกรณ์ป้องกันหู กรองอากาศ ป้องกันศีรษะ

(๔) การตรวจสอบสถานที่ทำงานสำหรับความปลอดภัยและสภาพแวดล้อมของการทำงานเชื่อม หลักการในการจัดการและการรักษาความปลอดภัยในที่ทำงาน

(๕) หลักการในการใช้เครื่องมือ (Hand Tools) และเครื่องมือกล (Power Tools) อย่างปลอดภัย

(๖) การปฐมพยาบาลเบื้องต้นจากไฟไหม้ บาดเจ็บเล็กน้อยและบาดเจ็บสาหัส

(๗) หลักการปฐมพยาบาลเบื้องต้นในการดูแลบุคคลบาดเจ็บจากไฟฟ้าดูดซึ่งจะรวมถึงการปั๊มหัวใจ (Coronary Pulmonary Resuscitation : CPR)

(๘) การปฐมพยาบาลเบื้องต้นสำหรับผู้ได้รับควัน ไอระเหย และแก๊สที่เป็นพิษ

(๙) กฎระเบียบที่สัมพันธ์กับภาวการณ์ทำงาน ความปลอดภัย การถูกสุขลักษณะและสิ่งแวดล้อมภายในและรอบ ๆ พื้นที่ทำงาน

๓.๑.๒ ความปลอดภัยในการเชื่อมและตัด (Welding and Cutting Safety)

(๑) มาตรการป้องกันส่วนบุคคลสำหรับการเกิดไฟฟ้าดูด รังสีไหม้ผิวหนังและตา การบาดเจ็บจากโลหะร้อน สะเก็ดจากการตัดแก๊สและเชื่อม ควันที่ออกมาจากการเผาไหม้ของไอระเหยของโลหะเติมและชิ้นงานเชื่อม

(๒) มาตรการป้องกันการเกิดอัคคีภัยขณะทำงานใกล้วัสดุติดไฟ

(๓) การเกิดแก๊สพิษเนื่องจากการเชื่อมและการตัดเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊สการบาดเจ็บของช่างเชื่อมจากแก๊สพิษที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมและการตัดเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส

(๔) มาตรการป้องกันในการใช้ขวดแก๊ส (Cylinder) ความดันสูง

(๕) มาตรการป้องกันการเกิดอันตราย ขณะทำงานใกล้เครื่องมืออุปกรณ์ที่อยู่ในพื้นที่ทำการเชื่อม

๓.๑.๓ การใช้เครื่องมือวัด (Measuring Tools)

(๑) การใช้เครื่องมือร่างแบบ เช่น สายวัดระยะ ฉากบรรทัดเหล็ก เวอร์เนียคาลิปเปอร์ โปรแทรกเตอร์ ระดับน้ำ และบรรทัดอ่อน

(๒) การใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เช่น ที่วัดอุณหภูมิแบบสัมผัส (Contact Pyrometer) ชอล์กวัดอุณหภูมิ สีวัดอุณหภูมิ และเทอร์โมคัปเปิ้ล

(๓) การใช้อุปกรณ์การวัดแนวเชื่อม (เกจวัด แว่นขยาย ไฟฉาย กระจกเงา ฯลฯ)

(๔) การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือวัด

๓.๑.๔ การใช้เครื่องมือทั่วไป (Hand Tools)

(๑) คีม คีมล็อค แคลมป์ ปากกา

(๒) ตะไบและเลื่อยมือ

(๓) ค้อนและสกัด

(๔) ดอกสว่านและเครื่องเจาะ

(๕) ประแจต่างๆ

(๖) ชะแลง ลิ่ม แม่แรงยกของ

(๗) แปรงลวด

(๘) หินเจียระไนมือ (Hand Grinder)

(๙) การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือ

๓.๑.๕ การใช้เครื่องมือกล (Power Tools)

(๑) เครื่องเจียระไน

(๒) เครื่องขัดผิวโลหะ

(๓) เครื่องกดไฮดรอลิกส์

(๔) เครื่องทดสอบการดัดงอ

(๕) เครื่องตัดชิ้นงานและเครื่องเลื่อย

(๖) อุปกรณ์จับยึด

(๗) เครื่องดูดควัน

(๘) การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือกล

๓.๑.๖ เครื่องเชื่อมและวงจรไฟฟ้า (Welding Power Sources and Related Electrical circuits)

(๑) ชนิดของเครื่องเชื่อม

(๒) การติดตั้งเครื่องเชื่อม

(๓) ขั้นตอนการทำงานของระบบเครื่องเชื่อมและอุปกรณ์

(๔) การปรับค่าพารามิเตอร์ในการใช้เครื่องเชื่อม

(๕) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสไฟฟ้า (Volt-Amperage Characteristic)

(๖) วัฏจักรการทำงาน (Duty-Cycle) ของเครื่องเชื่อม

(๗) ความต้านทานไฟฟ้าของสายเชื่อมและข้อต่อ

(๘) การต่อขั้วสายไฟเชื่อมกับชิ้นงาน

(๙) การเลือกใช้ การบำรุงรักษา การตรวจสอบอุปกรณ์ เช่น หัวเชื่อม สายเชื่อม อุปกรณ์ปรับกระแส (Remote Control) ขั้วเชื่อม ข้อต่อสายเชื่อม

(๑๐) ชนิดของกระแสไฟเชื่อมและชนิดของพัลส์ (Pulse)

(๑๑) ขนาดและสัญลักษณ์สีของท่อแก๊ส อุปกรณ์ปรับความดันและมาตรวัดอัตราการไหลของแก๊ส

๓.๑.๗ เทคนิคการเชื่อม (Welding Technique)

(๑) ประเภทของการอาร์กแบบลัดวงจร (Short-Arc Transfers) การอาร์กแบบหยด (Globular-Arc Transfers) การอาร์กแบบสเปรย์ (Spray-Arc Transfers)

(๒) หลักการพื้นฐานของการเชื่อมแม็ก

(๓) ค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้า อัตราและความเร็วป้อนลวดสำหรับการเชื่อมแม็ก

(๔) ประเภท ขนาด สมบัติของหัวฉีด (Nozzle) ท่อนำกระแส (Contact Tube) และการบำรุงรักษา

(๕) การป้องกันและการแก้ไขการบิดตัวของความเค้นตกค้าง

(๖) ความสัมพันธ์ระหว่างท่าเชื่อมและเทคนิคการเชื่อม

(๗) ผลกระทบของระยะยื่น (Stick Out) ของลวดเชื่อม

(๘) หลักการของระบบพัลส์ (Pulse System)

๓.๑.๘ สมบัติและความสามารถเชื่อมได้ของโลหะ (Weld Ability of Metals)

(๑) ชนิดและชั้นคุณภาพของเหล็กกล้า

(๒) สมบัติเหล็กกล้า รวมไปถึงค่าความต้านแรงดึง ค่าความต้านแรงกระแทก ความแข็ง ความเหนียว (Toughness) ลักษณะการกัดกร่อน

(๓) กรรมวิธีของการตรวจสอบคุณภาพ รวมไปถึงการทดสอบแบบทำลายและการทดสอบแบบไม่ทำลาย

(๔) มาตรฐานเกี่ยวกับโลหะชิ้นงาน เช่น ISO ๖๓๐, JIS G๓๑๐๑, DIN ๑๗๑๐๐ ASTM A๓๖ ฯลฯ

(๕) สมบัติทางเคมีและลักษณะการกัดกร่อนของโลหะชิ้นงาน

(๖) รูปทรงของเหล็กกล้า แผ่นบาง แผ่นหนา เส้นแบน กลม ฉาก ราง เหล็กตัวไอ เหล็กตัวเอ็ช หน้าแปลน ท่อ (pipe) ท่อบาง (tube) กลม สี่เหลี่ยม

๓.๑.๙ ลวดเชื่อมและแก๊สปกป้อง (Wire Electrodes and Shielding Gases)

(๑) ข้อกำหนดตามมาตรฐานของลวดเชื่อม สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสมต่ำ เหล็กกล้าเกรนละเอียด

(๒) การเลือกชนิดของลวดเชื่อม ขนาด ความสามารถใช้ได้ของลวดเชื่อม

(๓) การเก็บรักษา การใช้ลวดเชื่อม

(๔) การกำหนดค่าแรงดัน (Volt) การปรับตั้งกระแสไฟให้เหมาะสมกับขนาดของลวดและท่าเชื่อม

(๕) การกำหนดขั้วเชื่อมเป็น DC+

(๖) ชนิดมาตรฐานของแก๊สปกป้องและการเลือกใช้

(๗) ผลกระทบของการเอียงหัวเชื่อมแบบเดินหน้าและถอยหลัง

(๘) ผลกระทบของการใช้ปริมาณของแก๊สปกป้องมากหรือน้อยเกินไป

(๙) แก๊สปกป้องแนวราก ความจำเป็นและวิธีการใช้

๓.๑.๑๐ ข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม (Welding Procedure Specifications-WPS)

(๑) จุดมุ่งหมาย ตามข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม

(๒) การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของการเชื่อม

(๓) การเลือกลวดเชื่อมให้เหมาะกับโลหะชิ้นงาน

(๔) สัญลักษณ์งานเชื่อม

(๕) ลักษณะเฉพาะของแนวต่องานเชื่อม รวมทั้งชนิดแนวต่อ รูปทรงเรขาคณิต ขนาดที่สัมพันธ์กับสัญลักษณ์งานเชื่อม

๓.๑.๑๑ คณิตศาสตร์ประยุกต์ที่สัมพันธ์กับการร่างแบบงานเชื่อม

(๑) คณิตศาสตร์พื้นฐาน การบวก ลบ คูณ หาร การหาร้อยละ

(๒) การวัดและการคำนวณความยาว มุม พื้นที่ ปริมาตร น้ำหนัก ความดัน

(๓) การแปลงหน่วยของมาตรวัด มาตรฐานต่างๆ

(๔) การใช้เครื่องคำนวณ

๓.๑.๑๒ วิทยาศาสตร์เบื้องต้นที่สัมพันธ์กับงานเชื่อม

(๑) สาเหตุและการป้องกันการกัดกร่อนและการสึกหรอ

(๒) โลหะวิทยาที่สัมพันธ์กับงานเชื่อมอิทธิพลของความร้อนที่มีต่อชิ้นงานเชื่อมการอุ่น ชิ้นงาน (Preheat) และการให้ความร้อนหลังเชื่อม (Post Heat)

๓.๑.๑๓ การตรวจสอบและคุณภาพของงานเชื่อม

(๑) การตรวจสอบพินิจ (Visual Inspection) การเตรียมแนวต่อก่อนการเชื่อม

(๒) การตรวจสอบพินิจตัวแปรของงานโดยช่างเชื่อมในระหว่างการเชื่อม

(๓) การตรวจสอบพินิจ ความนูนด้านหน้าแนวเชื่อมและด้านราก ภายหลังจากการเชื่อมเสร็จ (รวมทั้งแนวกัดแหว่ง รูพรุน สารฝังใน (Inclusion) การหลอมไม่สมบูรณ์ รอยร้าว ความกว้าง ความสูง รูปร่างแนวเชื่อม ความสม่ำเสมอของแนวเชื่อม)

(๔) การวัดขนาดแนวเชื่อม

(๕) การซ่อมจุดบกพร่อง (Defects) ของชิ้นงานก่อนและหลังการเชื่อมเสร็จ

๓.๑.๑๔ ท่อ (Pipe)

(๑) ชนิดและขนาดของท่อ

(๒) การวัดความกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของผนัง ความเหลื่อม (Misalignment) การร่วมศูนย์เดียวกัน

(๓) ข้อต่อท่อ หน้าแปลน

(๔) การต่อท่อ การปรับแนวต่อ ข้อต่อท่อและหน้าแปลน

(๕) คุณภาพของงานเชื่อมท่อ

(๖) การซ่อมจุดบกพร่องของแนวเชื่อมท่อ

๓.๒ ความสามารถ ประกอบด้วย ขอบเขตความสามารถในการปฏิบัติงาน ดังต่อไปนี้

๓.๒.๑ การทำงานอย่างปลอดภัย

(๑) การป้องกันอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานเชื่อม

(๒) มาตรการป้องกันอัคคีภัย การรู้ตำแหน่งของเครื่องดับเพลิง

(๓) การสวมใส่และการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม

(๔) การรักษาพื้นที่ทำงานให้ปลอดภัย สะอาดและเป็นระเบียบ

(๕) การใช้หน้ากากกรองแสง การระบายอากาศ และแสงสว่างอย่างเหมาะสม

(๖) การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างปลอดภัยและถูกวิธี

(๗) การป้องกันอุบัติเหตุในการทำงานในสถานที่จำกัด

(๘) การป้องกันแก๊สพิษจากปฏิบัติงานเชื่อม

๓.๒.๒ เครื่องมือวัดอุปกรณ์และเครื่องมือร่างแบบ

(๑) สาธิตการใช้เครื่องมือวัดอุปกรณ์ และเครื่องมือร่างแบบอย่างถูกต้องระหว่างการสอบปฏิบัติ

(๒) ช่างเชื่อมจะต้องร่างแบบบนชิ้นงานเชื่อมอย่างถูกต้อง โดยใช้ตลับเมตรฉากบรรทัดและนำศูนย์

(๓) ระหว่างการทดสอบ ต้องใช้เครื่องวัดอัตราการไหล เกจปรับแรงดัน เครื่องมือวัดอุณหภูมิ และมาตรวัดไฟฟ้า ด้วยความระมัดระวังอย่างเหมาะสม

(๔) ช่างเชื่อมจะต้องแสดงวิธีการเก็บบำรุงรักษาเครื่องมือวัด และเครื่องมือร่างแบบอย่างเหมาะสม

๓.๒.๓ การใช้เครื่องมือและเครื่องมือกลอย่างถูกต้อง ในระหว่างการสอบภาคปฏิบัติ

(๑) ช่างเชื่อมควรใช้เครื่องมือและเครื่องมือกลอย่างปลอดภัย และถูกต้องในระหว่างการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๒) ช่างเชื่อมควรแสดงให้เห็นถึงวิธีการดูแล การเก็บการบำรุงรักษาเครื่องมือและเครื่องมือกลอย่างเหมาะสมระหว่างการทดสอบ

๓.๒.๔ ให้มีข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อมเป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบการรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๑) เลือกและเตรียมคูปองเชื่อม เพื่อให้สอดคล้องตามเงื่อนไขของข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม คูปองเชื่อมจะต้องได้รับการตรวจสอบเพื่อการยอมรับโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๒) จะต้องเตรียมและปรับเครื่องเชื่อม ให้เป็นไปตามเงื่อนไขของข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม ช่างเชื่อมสามารถใช้ชิ้นงานทดลองสำหรับปรับเครื่องเชื่อมให้ถูกต้อง และให้เกิดความคุ้นเคยในการใช้เครื่องเชื่อมก่อนเริ่มทำการสอบ

(๓) จะต้องประกอบและทำการเชื่อมยึด และปรับตำแหน่งของคูปองเชื่อมสำหรับการสอบ ชิ้นงานสอบที่เตรียมไว้จะถูกตรวจสอบก่อนทำการเชื่อม เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อมโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๔) จะต้องเชื่อมแนวราก ขัดด้วยแปรงและแนวรากจะต้องได้รับการยอมรับจากผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๕) ให้เชื่อมแนวกลาง (Fill Pass) จนเสร็จ ยกเว้นแนวปิด (CAP) ชั้นระหว่างกลางจะต้องได้รับการยอมรับโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๖) จะต้องเชื่อมแนวปิด ขัดด้วยแปรงและแนวเชื่อมที่สมบูรณ์จะต้องได้รับการตรวจสอบพินิจโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๗) ชิ้นงานเชื่อมจะต้องเตรียมสำหรับการทดสอบทางกล หรือในกรณีถ้าทำการถ่ายภาพรังสี ทดสอบและประเมินผลโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI) การถ่ายภาพรังสี และการเตรียมชิ้นทดสอบทางกลสามารถดำเนินการโดยสถานประกอบการหรือบุคคลที่ได้รับการรับรอง

๓.๒.๕ การตรวจสอบและประเมินผล

(๑) การตรวจสอบพินิจและการประเมินผลจะต้องทำตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ทั้งหมดที่มีในข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อมและการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๒) การทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีและการประเมินผลจะต้องทำตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ทั้งหมดที่มีในข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อมและการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๓) การทดสอบดัดงอและการประเมินผลจะต้องทำตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ทั้งหมดที่มีในข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อมและการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๔) การทดสอบแตกหักและการประเมินผลจะต้องทำตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ทั้งหมดที่มีในข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อมและการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๕) ผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI) สามารถยุติการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อมได้ทุกเวลาถ้าเห็นว่าช่างเชื่อมที่ทำการสอบไม่มีระดับทักษะที่จะทำให้การสอบได้สำเร็จ

(๖) เมื่อได้ประเมินผลการสอบเรียบร้อยแล้ว ถ้าการทดสอบเป็นไปตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ที่มี จึงจะทำบันทึกและออกใบและบัตรรับรองฝีมือช่างเชื่อม โดยกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน/สมาคมการเชื่อมโลหะแห่งประเทศไทย(DSD/TWS)

๓.๒.๖ ข้อกำหนดการยอมรับด้านคุณภาพ (Acceptable Quality Requirements)

(๑) ISO ๕๘๑๗ มาตรฐานสากลสำหรับการเชื่อมเหล็กกล้า/ข้อแนะนำในการประเมินระดับคุณภาพของความไม่สมบูรณ์ (International Standard for Arc-Welded Joints in Steel/Guidance on Quality Levels for Imperfections) สามารถนำมาใช้ประเมินข้อกำหนดของคุณภาพสำหรับความไม่สมบูรณ์ (Imperfections)

(๒) แต่ละมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ที่กำหนดไว้สามารถนำมาใช้ประเมินผลการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อมได้ ต่อเมื่อได้ทำตามมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard)

๓.๓ ทัศนคติ ประกอบด้วย การปฏิบัติงานที่ตรงต่อเวลา การรักษาวินัย มีความซื่อสัตย์และประหยัด

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๒ ได้แก่

๓.๔ ความรู้ ประกอบด้วย ขอบเขตความรู้ ความเข้าใจในเรื่องดังต่อไปนี้

๓.๔.๑ ความปลอดภัยทั่วไปในพื้นที่ปฏิบัติงาน (General Safety in the Working Area)

(๑) ประเภทของอุบัติเหตุต่าง ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั่วไปในสภาพแวดล้อมของการทำงาน การรู้สาเหตุและขั้นตอนต่าง ๆ จะสามารถนำมาใช้ป้องกันอุบัติเหตุได้

(๒) สาเหตุของการเกิดอัคคีภัยและการระเบิด มาตรการป้องกันการเกิดอัคคีภัยชนิดของเครื่องดับเพลิงและข้อแนะนำการใช้

(๓) การรู้จักใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น แว่นตานิรภัย แว่นตาเชื่อม หน้ากากเชื่อม ถุงมือ เอี๊ยมกันไฟ รองเท้านิรภัย อุปกรณ์ป้องกันหู กรองอากาศ ป้องกันศีรษะ

(๔) การตรวจสอบสถานที่ทำงานสำหรับความปลอดภัย และสภาพแวดล้อมของการทำงานเชื่อม หลักการในการจัดการและการรักษาความปลอดภัยในที่ทำงาน

(๕) หลักการในการใช้เครื่องมือ (Hand Tools) และเครื่องมือกล (Power Tools) อย่างปลอดภัย

(๖) การปฐมพยาบาลเบื้องต้นจากไฟไหม้ บาดเจ็บเล็กน้อยและบาดเจ็บสาหัส

(๗) หลักการปฐมพยาบาลเบื้องต้นในการดูแลบุคคลบาดเจ็บจากไฟฟ้าดูด ซึ่งจะรวมถึงการปั๊มหัวใจ (Coronary Pulmonary Resuscitation : CPR)

(๘) การปฐมพยาบาลเบื้องต้นสำหรับผู้ได้รับควันไอระเหยและแก๊สที่เป็นพิษ

(๙) กฎระเบียบที่สัมพันธ์กับภาวการณ์ทำงาน ความปลอดภัย การถูกสุขลักษณะและสิ่งแวดล้อมภายในและรอบ ๆ พื้นที่ทำงาน

๓.๔.๒ ความปลอดภัยในการเชื่อมและตัด (Welding and Cutting Safety)

(๑) มาตรการป้องกันส่วนบุคคลสำหรับการเกิดไฟฟ้าดูด รังสีไหม้ผิวหนังและตาการบาดเจ็บจากโลหะร้อน สะเก็ดจากการตัดแก๊สและเชื่อม ควันที่ออกมาจากการเผาไหม้ของไอระเหยของโลหะเติมและชิ้นงานเชื่อม

(๒) มาตรการป้องกันการเกิดอัคคีภัยขณะทำงานใกล้วัสดุติดไฟ

(๓) การเกิดแก๊สพิษเนื่องจากการเชื่อมและการตัดเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊สการบาดเจ็บของช่างเชื่อมจากแก๊สพิษที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมและการตัดเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส

(๔) มาตรการป้องกันในการใช้ขวดแก๊ส (Cylinder) ความดันสูง

(๕) มาตรการป้องกันการเกิดอันตราย ขณะทำงานใกล้เครื่องมืออุปกรณ์ที่อยู่ในพื้นที่ทำการเชื่อม

๓.๔.๓ การใช้เครื่องมือวัด (Measuring Tools)

(๑) การใช้เครื่องมือร่างแบบ เช่น สายวัดระยะ ฉากบรรทัดเหล็ก เวอร์เนียคาลิปเปอร์ โปรแทรกเตอร์ ระดับน้ำและบรรทัดอ่อน

(๒) การใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เช่น ที่วัดอุณหภูมิแบบสัมผัส (Contact Pyrometer) ชอล์กวัดอุณหภูมิ สีวัดอุณหภูมิ และเทอร์โมคัปเปิ้ล

(๓) การใช้อุปกรณ์การวัดแนวเชื่อม (เกจวัด แว่นขยาย ไฟฉาย กระจกเงา ฯลฯ)

(๔) การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือวัด

๓.๔.๔ การใช้เครื่องมือทั่วไป (Hand Tools)

(๑) คีม คีมล็อค แคลมป์ ปากกา

(๒) ตะไบและเลื่อยมือ

(๓) ค้อนและสกัด

(๔) ดอกสว่านและเครื่องเจาะ

(๕) ประแจต่าง ๆ

(๖) ชะแลง ลิ่ม แม่แรงยกของ

(๗) แปรงลวด

(๘) หินเจียระไนมือ (Hand Grinder)

(๙) การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือ

๓.๔.๕ การใช้เครื่องมือกล (Power Tools)

(๑) เครื่องเจียระไน

(๒) เครื่องขัดผิวโลหะ

(๓) เครื่องกดไฮดรอลิกส์

(๔) เครื่องทดสอบการดัดงอ

(๕) เครื่องตัดชิ้นงานและเครื่องเลื่อย

(๖) อุปกรณ์จับยึด

(๗) เครื่องดูดควัน

(๘) การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือกล

๓.๔.๖ เครื่องเชื่อม และวงจรไฟฟ้า (Welding Power Sources and Related Electrical circuits)

(๑) ชนิดของเครื่องเชื่อม

(๒) การติดตั้งเครื่องเชื่อม

(๓) ขั้นตอนการทำงานของระบบเครื่องเชื่อมและอุปกรณ์

(๔) การปรับค่าพารามิเตอร์ในการใช้เครื่องเชื่อม

(๕) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสไฟฟ้า (Volt-Amperage Characteristic)

(๖) วัฏจักรการทำงาน (Duty-Cycle) ของเครื่องเชื่อม

(๗) ความต้านทานไฟฟ้าของสายเชื่อมและข้อต่อ

(๘) การต่อขั้วสายไฟเชื่อมกับชิ้นงาน

(๙) การเลือกใช้ การบำรุงรักษา การตรวจสอบอุปกรณ์ เช่น หัวเชื่อม สายเชื่อม อุปกรณ์ปรับกระแส (Remote Control) ขั้วเชื่อม ข้อต่อสายเชื่อม

(๑๐) ชนิดของกระแสไฟเชื่อม และชนิดของพัลส์ (Pulse)

(๑๑) ขนาดและสัญลักษณ์สีของท่อแก๊ส อุปกรณ์ปรับความดัน และมาตรวัดอัตราการไหลของแก๊ส

๓.๔.๗ เทคนิคการเชื่อม (Welding Technique)

(๑) ประเภทของการอาร์กแบบลัดวงจร (Short-Arc Transfers) การอาร์กแบบหยด (Globular-Arc Transfers) การอาร์กแบบสเปรย์ (Spray-Arc Transfers)

(๒) หลักการพื้นฐานของการเชื่อมแม็ก

(๓) ค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้า อัตราและความเร็วป้อนลวดสำหรับการเชื่อมแม็ก

(๔) ประเภท ขนาด สมบัติของหัวฉีด (Nozzle) ท่อนำกระแส (Contact Tube) และการบำรุงรักษา

(๕) การป้องกันและการแก้ไขการบิดตัวของความเค้นตกค้าง

(๖) ความสัมพันธ์ระหว่างท่าเชื่อมและเทคนิคการเชื่อม

(๗) ผลกระทบของระยะยื่น (Stick Out) ของลวดเชื่อม

(๘) หลักการของระบบพัลส์ (Pulse System)

๓.๔.๘ สมบัติและความสามารถเชื่อมได้ของโลหะ (Weld Ability of Metals)

(๑) ชนิดและชั้นคุณภาพของเหล็กกล้า

(๒) สมบัติเหล็กกล้า รวมไปถึงค่าความต้านแรงดึง ค่าความต้านแรงกระแทก ความแข็ง ความเหนียว (Toughness) ลักษณะการกัดกร่อน

(๓) กรรมวิธีของการตรวจสอบคุณภาพ รวมไปถึงการทดสอบแบบทำลาย และการทดสอบแบบไม่ทำลาย

(๔) มาตรฐานเกี่ยวกับโลหะชิ้นงาน เช่น ISO ๖๓๐, JIS G๓๑๐๑, DIN ๑๗๑๐๐ ASTM A๓๖ ฯลฯ

(๕) สมบัติทางเคมีและลักษณะการกัดกร่อนของโลหะชิ้นงาน

(๖) รูปทรงของเหล็กกล้า แผ่นบาง แผ่นหนา เส้นแบน กลม ฉาก ราง เหล็กตัวไอ เหล็กตัวเอ็ช หน้าแปลน ท่อ (pipe) ท่อบาง (tube) กลม สี่เหลี่ยม

๓.๔.๙ ลวดเชื่อมและแก๊สปกป้อง (Wire Electrodes and Shielding Gases)

(๑) ข้อกำหนดตามมาตรฐานของลวดเชื่อม สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสมต่ำ เหล็กกล้าเกรนละเอียด

(๒) การเลือกชนิดของลวดเชื่อม ขนาด ความสามารถใช้ได้ของลวดเชื่อม

(๓) การเก็บรักษา การใช้ลวดเชื่อม

(๔) การกำหนดค่าแรงดัน (Volt) การปรับตั้งกระแสไฟให้เหมาะสมกับขนาดของลวดและท่าเชื่อม

(๕) การกำหนดขั้วเชื่อมเป็น DC+

(๖) ชนิดมาตรฐานของแก๊สปกป้องและการเลือกใช้

(๗) ผลกระทบของการเอียงหัวเชื่อมแบบเดินหน้าและถอยหลัง

(๘) ผลกระทบของการใช้ปริมาณของแก๊สปกป้องมากหรือน้อยเกินไป

(๙) แก๊สปกป้องแนวราก ความจำเป็นและวิธีการใช้

๓.๔.๑๐ ข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม (Welding Procedure Specifications-WPS)

(๑) จุดมุ่งหมาย ตามข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม

(๒) การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของการเชื่อม

(๓) การเลือกลวดเชื่อมให้เหมาะกับโลหะชิ้นงาน

(๔) สัญลักษณ์งานเชื่อม

(๕) ลักษณะเฉพาะของแนวต่องานเชื่อม รวมทั้งชนิดแนวต่อ รูปทรงเรขาคณิต ขนาด ที่สัมพันธ์กับสัญลักษณ์งานเชื่อม

๓.๔.๑๑ คณิตศาสตร์ประยุกต์ที่สัมพันธ์กับการร่างแบบงานเชื่อม

(๑) คณิตศาสตร์พื้นฐาน การบวก ลบ คูณ หาร การหาร้อยละ

(๒) การวัดและการคำนวณความยาว มุม พื้นที่ ปริมาตร น้ำหนัก ความดัน

(๓) การแปลงหน่วยของมาตรวัด มาตรฐานต่างๆ

(๔) การใช้เครื่องคำนวณ

๓.๔.๑๒ วิทยาศาสตร์เบื้องต้นที่สัมพันธ์กับงานเชื่อม

(๑) สาเหตุและการป้องกันการกัดกร่อนและการสึกหรอ

(๒) โลหะวิทยาที่สัมพันธ์กับงานเชื่อมอิทธิพลของความร้อนที่มีต่อชิ้นงานเชื่อมการอุ่นชิ้นงาน (Preheat) และการให้ความร้อนหลังเชื่อม (Post Heat)

๓.๔.๑๓ การตรวจสอบและคุณภาพของงานเชื่อม

(๑) การตรวจสอบพินิจ (Visual Inspection) การเตรียมแนวต่อก่อนการเชื่อม

(๒) การตรวจสอบพินิจตัวแปรของงานโดยช่างเชื่อมในระหว่างการเชื่อม

(๓) การตรวจสอบพินิจ ความนูนด้านหน้าแนวเชื่อมและด้านราก ภายหลังจากการเชื่อมเสร็จ (รวมทั้งแนวกัดแหว่ง รูพรุน สารฝังใน (Inclusion) การหลอมไม่สมบูรณ์ รอยร้าว ความกว้าง ความสูง รูปร่างแนวเชื่อม ความสม่ำเสมอของแนวเชื่อม)

(๔) การวัดขนาดแนวเชื่อม

(๕) การซ่อมจุดบกพร่อง (Defects) ของชิ้นงานก่อนและหลังการเชื่อมเสร็จ

๓.๔.๑๔ ท่อ (Pipe)

(๑) ชนิดและขนาดของท่อ

(๒) การวัดความกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของผนัง ความเหลื่อม (Misalignment) การร่วมศูนย์เดียวกัน

(๓) ข้อต่อท่อ หน้าแปลน

(๔) การต่อท่อ การปรับแนวต่อ ข้อต่อท่อและหน้าแปลน

(๕) คุณภาพของงานเชื่อมท่อ

(๖) การซ่อมจุดบกพร่องของแนวเชื่อมท่อ

๓.๕ ความสามารถ ประกอบด้วย ขอบเขตความสามารถในการปฏิบัติงาน ดังต่อไปนี้

๓.๕.๑ การทำงานอย่างปลอดภัย

(๑) การป้องกันอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานเชื่อม

(๒) มาตรการป้องกันอัคคีภัย การรู้ตำแหน่งของเครื่องดับเพลิง

(๓) การสวมใส่และการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม

(๔) การรักษาพื้นที่ทำงานให้ปลอดภัย สะอาดและเป็นระเบียบ

(๕) การใช้หน้ากากกรองแสง การระบายอากาศ และแสงสว่างอย่างเหมาะสม

(๖) การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างปลอดภัยและถูกวิธี

(๗) การป้องกันอุบัติเหตุในการทำงานในสถานที่จำกัด

(๘) การป้องกันแก๊สพิษจากปฏิบัติงานเชื่อม

๓.๕.๒ เครื่องมือวัดอุปกรณ์และเครื่องมือร่างแบบ

(๑) สาธิตการใช้เครื่องมือวัดอุปกรณ์ และเครื่องมือร่างแบบอย่างถูกต้องระหว่างการสอบปฏิบัติ

(๒) ช่างเชื่อมจะต้องร่างแบบบนชิ้นงานเชื่อมอย่างถูกต้อง โดยใช้ตลับเมตร ฉาก บรรทัด และนำศูนย์

(๓) ระหว่างการทดสอบ ต้องใช้เครื่องวัดอัตราการไหล เกจปรับแรงดัน เครื่องมือวัดอุณหภูมิ และมาตรวัดไฟฟ้า ด้วยความระมัดระวังอย่างเหมาะสม

(๔) ช่างเชื่อมจะต้องแสดงวิธีการเก็บบำรุงรักษาเครื่องมือวัด และเครื่องมือร่างแบบอย่างเหมาะสม

๓.๕.๓ การใช้เครื่องมือและเครื่องมือกลอย่างถูกต้องในระหว่างการสอบภาคปฏิบัติ

(๑) ช่างเชื่อมควรใช้เครื่องมือและเครื่องมือกลอย่างปลอดภัย และถูกต้องในระหว่างการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๒) ช่างเชื่อมควรแสดงให้เห็นถึงวิธีการดูแล การเก็บการบำรุงรักษาเครื่องมือและเครื่องมือกลอย่างเหมาะสมระหว่างการทดสอบ

๓.๕.๔ ให้มีข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อมเป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบการรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๑) เลือกและเตรียมคูปองเชื่อม เพื่อให้สอดคล้องตามเงื่อนไขของข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม คูปองเชื่อมจะต้องได้รับการตรวจสอบเพื่อการยอมรับโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๒) จะต้องเตรียมและปรับเครื่องเชื่อม ให้เป็นไปตามเงื่อนไขของข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม ช่างเชื่อมสามารถใช้ชิ้นงานทดลองสำหรับปรับเครื่องเชื่อมให้ถูกต้อง และให้เกิดความคุ้นเคยในการใช้เครื่องเชื่อมก่อนเริ่มทำการสอบ

(๓) จะต้องประกอบและทำการเชื่อมยึด และปรับตำแหน่งของคูปองเชื่อมสำหรับการสอบ ชิ้นงานสอบที่เตรียมไว้จะถูกตรวจสอบก่อนทำการเชื่อม เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อมโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๔) จะต้องเชื่อมแนวราก ขัดด้วยแปรง และแนวรากจะต้องได้รับการยอมรับจากผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๕) ให้เชื่อมแนวกลาง (Fill Pass) จนเสร็จ ยกเว้นแนวปิด (CAP) ชั้นระหว่างกลางจะต้องได้รับการยอมรับโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๖) จะต้องเชื่อมแนวปิด ขัดด้วยแปรง และแนวเชื่อมที่สมบูรณ์จะต้องได้รับการตรวจสอบพินิจ โดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๗) ชิ้นงานเชื่อมจะต้องเตรียมสำหรับการทดสอบทางกล หรือในกรณีถ้าทำการถ่ายภาพรังสี ทดสอบและประเมินผลโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI) การถ่ายภาพ

รังสี และการเตรียมชิ้นทดสอบทางกลสามารถดำเนินการโดยสถานประกอบการหรือบุคคลที่ได้รับการรับรอง

๓.๕.๕ การตรวจสอบและประเมินผล

(๑) การตรวจสอบพินิจและการประเมินผลจะต้องทำตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ทั้งหมดที่มีในข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อมและการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๒) การทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีและการประเมินผลจะต้องทำตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ทั้งหมดที่มีในข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อมและการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๓) การทดสอบดัดงอและการประเมินผลจะต้องทำตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ทั้งหมดที่มีในข้อกำหนด กรรมวิธีการเชื่อมและการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๔) การทดสอบแตกหักและการประเมินผลจะต้องทำตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ทั้งหมดที่มีในข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อมและการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๕) ผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI) สามารถยุติการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อมได้ทุกเวลาถ้าเห็นว่าช่างเชื่อมที่ทำการสอบไม่มีระดับทักษะที่จะทำให้การสอบได้สำเร็จ

(๖) เมื่อได้ประเมินผลการสอบเรียบร้อยแล้ว ถ้าการทดสอบเป็นไปตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ที่มี จึงจะทำบันทึกและออกใบและบัตรรับรองฝีมือช่างเชื่อม โดยกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน/สมาคมการเชื่อมโลหะแห่งประเทศไทย (DSD/TWS)

๓.๕.๖ ข้อกำหนดการยอมรับด้านคุณภาพ (Acceptable Quality Requirements) ISO ๕๘๑๗ มาตรฐานสากลสำหรับการเชื่อมเหล็กกล้า/ข้อแนะนำในการประเมิน ระดับคุณภาพของความไม่สมบูรณ์ (International Standard for Arc-Welded Joints in Steel/Guidance on Quality Levels for

Imperfections) สามารถนำมาใช้ประเมินข้อกำหนดของคุณภาพสำหรับความไม่สมบูรณ์ (Imperfections)

๓.๖ ทัศนคติ ประกอบด้วย แนวความคิดเห็นในเรื่องการพัฒนาความรู้ วิเคราะห์งาน สามารถตัดสินใจ แก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน และให้คำแนะนำแก่ผู้ใต้บังคับบัญชา

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๓ ได้แก่

๓.๗ ความรู้ ประกอบด้วย ขอบเขตความรู้ ความเข้าใจในเรื่องดังต่อไปนี้

๓.๗.๑ ความปลอดภัยทั่วไปในพื้นที่ปฏิบัติงาน (General Safety in the Working Area)

(๑) ประเภทของอุบัติเหตุต่าง ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั่วไปในสภาพแวดล้อมของการทำงาน การรู้สาเหตุและขั้นตอนต่าง ๆ จะสามารถนำมาใช้ป้องกันอุบัติเหตุได้

(๒) สาเหตุของการเกิดอัคคีภัยและการระเบิด มาตรการป้องกันการเกิดอัคคีภัยชนิดของเครื่องดับเพลิงและข้อแนะนำการใช้

(๓) การรู้จักใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น แว่นตานิรภัย แว่นตาเชื่อม หน้ากากเชื่อม ถุงมือ เอี๊ยมกันไฟ รองเท้านิรภัย อุปกรณ์ป้องกันหู กรองอากาศ ป้องกันศีรษะ

(๔) การตรวจสอบสถานที่ทำงานสำหรับความปลอดภัย และสภาพแวดล้อมของการทำงานเชื่อม หลักการในการจัดการและการรักษาความปลอดภัยในที่ทำงาน

(๕) หลักการในการใช้เครื่องมือ (Hand Tools) และเครื่องมือกล (Power Tools) อย่างปลอดภัย

(๖) การปฐมพยาบาลเบื้องต้นจากไฟไหม้ บาดเจ็บเล็กน้อยและบาดเจ็บสาหัส

(๗) หลักการปฐมพยาบาลเบื้องต้นในการดูแลบุคคลบาดเจ็บจากไฟฟ้าดูด ซึ่งจะรวมถึงการปั๊มหัวใจ (Coronary Pulmonary Resuscitation : CPR)

(๘) การปฐมพยาบาลเบื้องต้นสำหรับผู้ได้รับควัน ไอระเหยและแก๊สที่เป็นพิษ

(๙) กฎระเบียบที่สัมพันธ์กับภาวการณ์ทำงาน ความปลอดภัย การถูกสุขลักษณะ และสิ่งแวดล้อมภายในและรอบ ๆ พื้นที่ทำงาน

๓.๗.๒ ความปลอดภัยในการเชื่อมและตัด (Welding and Cutting Safety)

(๑) มาตรการป้องกันส่วนบุคคลสำหรับการเกิดไฟฟ้าดูด รังสีไหม้ผิวหนังและตาการบาดเจ็บจากโลหะร้อน สะเก็ดจากการตัดแก๊สและเชื่อม ควันที่ออกมาจากการเผาไหม้ของไอระเหยของโลหะเติมและชิ้นงานเชื่อม

(๒) มาตรการป้องกันการเกิดอัคคีภัยขณะทำงานใกล้วัสดุติดไฟ

(๓) การเกิดแก๊สพิษ เนื่องจากการเชื่อมและการตัดเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส การบาดเจ็บของช่างเชื่อมจากแก๊สพิษที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมและการตัดเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส

(๔) มาตรการป้องกันในการใช้ขวดแก๊ส (Cylinder) ความดันสูง

(๕) มาตรการป้องกันการเกิดอันตราย ขณะทำงานใกล้เครื่องมืออุปกรณ์ที่อยู่ในพื้นที่ทำการเชื่อม

๓.๗.๓ การใช้เครื่องมือวัด (Measuring Tools)

(๑) การใช้เครื่องมือร่างแบบ เช่น สายวัดระยะ ฉากบรรทัดเหล็ก เวอร์เนียคาลิปเปอร์ โปรแทรกเตอร์ ระดับน้ำและบรรทัดอ่อน

(๒) การใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เช่น ที่วัดอุณหภูมิแบบสัมผัส (Contact Pyrometer) ซอล์กวัดอุณหภูมิ สีวัดอุณหภูมิ และเทอร์โมคัปเปิ้ล

(๓) การใช้อุปกรณ์การวัดแนวเชื่อม (เกจวัด แว่นขยาย ไฟฉาย กระจกเงา ฯลฯ)

(๔) การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือวัด

๓.๗.๔ การใช้เครื่องมือทั่วไป (Hand Tools)

(๑) คีม คีมล็อค แคลมป์ ปากกา

(๒) ตะไบและเลื่อยมือ

(๓) ค้อนและสกัด

(๔) ดอกสว่านและเครื่องเจาะ

(๕) ประแจต่าง ๆ

(๖) ชะแลง ลิ่ม แม่แรงยกของ

(๗) แปรงลวด

(๘) หินเจียระไนมือ (Hand Grinder)

(๙) การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือ

๓.๗.๕ การใช้เครื่องมือกล (Power Tools)

(๑) เครื่องเจียระไน

(๒) เครื่องขัดผิวโลหะ

(๓) เครื่องกดไฮดรอลิกส์

(๔) เครื่องทดสอบการดัดงอ

(๕) เครื่องตัดชิ้นงานและเครื่องเลื่อย

(๖) อุปกรณ์จับยึด

(๗) เครื่องดูดควัน

(๘) การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือกล

๓.๗.๖ เครื่องเชื่อม และวงจรไฟฟ้า (Welding Power Sources and Related Electrical circuits)

(๑) ชนิดของเครื่องเชื่อม

(๒) การติดตั้งเครื่องเชื่อม

(๓) ขั้นตอนการทำงานของระบบเครื่องเชื่อมและอุปกรณ์

(๔) การปรับค่าพารามิเตอร์ในการใช้เครื่องเชื่อม

(๕) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสไฟฟ้า (Volt-Amperage Characteristic)

(๖) วัฏจักรการทำงาน (Duty-Cycle) ของเครื่องเชื่อม

(๗) ความต้านทานไฟฟ้าของสายเชื่อมและข้อต่อ

(๘) การต่อขั้วสายไฟเชื่อมกับชิ้นงาน

(๙) การเลือกใช้ การบำรุงรักษา การตรวจสอบอุปกรณ์ เช่น หัวเชื่อม สายเชื่อม อุปกรณ์ปรับกระแส (Remote Control) ขั้วเชื่อม ข้อต่อสายเชื่อม

(๑๐) ชนิดของกระแสไฟเชื่อม และชนิดของพัลส์ (Pulse)

(๑๑) ขนาดและสัญลักษณ์สีของท่อแก๊ส อุปกรณ์ปรับความดัน และมาตรวัดอัตราการไหลของแก๊ส

๓.๗.๗ เทคนิคการเชื่อม (Welding Technique)

(๑) ประเภทของการอาร์กแบบลัดวงจร (Short-Arc Transfers) การอาร์กแบบหยด (Globular-Arc Transfers) การอาร์กแบบสเปรย์ (Spray-Arc Transfers)

(๒) หลักการพื้นฐานของการเชื่อมแม็ก

(๓) ค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้า อัตราและความเร็วป้อนลวดสำหรับการเชื่อมแม็ก

(๔) ประเภท ขนาด สมบัติของหัวฉีด (Nozzle) ท่อนำกระแส (Contact Tube) และการบำรุงรักษา

(๕) การป้องกันและการแก้ไขการบิดตัวของความเค้นตกค้าง

(๖) ความสัมพันธ์ระหว่างท่าเชื่อมและเทคนิคการเชื่อม

(๗) ผลกระทบของระยะยื่น (Stick Out) ของลวดเชื่อม

(๘) หลักการของระบบพัลส์ (Pulse System)

๓.๗.๘ สมบัติและความสามารถเชื่อมได้ของโลหะ (Weld Ability of Metals)

(๑) ชนิดและชั้นคุณภาพของเหล็กกล้า

(๒) สมบัติเหล็กกล้า รวมไปถึงค่าความต้านแรงดึง ค่าความต้านแรงกระแทก ความแข็ง ความเหนียว (Toughness) ลักษณะการกัดกร่อน

(๓) กรรมวิธีของการตรวจสอบคุณภาพ รวมไปถึงการทดสอบแบบทำลาย และการทดสอบแบบไม่ทำลาย

(๔) มาตรฐานเกี่ยวกับโลหะชิ้นงาน เช่น ISO ๖๓๐, JIS G๓๑๐๑, DIN ๑๗๑๐๐ ASTM A๓๖ ฯลฯ

(๕) สมบัติทางเคมีและลักษณะการกัดกร่อนของโลหะชิ้นงาน

(๖) รูปทรงของเหล็กกล้า แผ่นบาง แผ่นหนา เส้นแบน กลม ฉาก ราง เหล็กตัวไอ เหล็กตัวเอ็ช หน้าแปลน ท่อ (pipe) ท่อบาง (tube) กลม สี่เหลี่ยม

๓.๗.๙ ลวดเชื่อมและแก๊สปกป้อง (Wire Electrodes and Shielding Gases)

(๑) ข้อกำหนดตามมาตรฐานของลวดเชื่อม สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสมต่ำ เหล็กกล้าเกรนละเอียด

(๒) การเลือกชนิดของลวดเชื่อม ขนาด ความสามารถใช้ได้ของลวดเชื่อม

(๓) การเก็บรักษา การใช้ลวดเชื่อม

(๔) การกำหนดค่าแรงดัน (Volt) การปรับตั้งกระแสไฟให้เหมาะสมกับขนาดของลวดและท่าเชื่อม

(๕) การกำหนดขั้วเชื่อมเป็น DC+

(๖) ชนิดมาตรฐานของแก๊สปกป้องและการเลือกใช้

(๗) ผลกระทบของการเอียงหัวเชื่อมแบบเดินหน้าและถอยหลัง

(๘) ผลกระทบของการใช้ปริมาณของแก๊สปกป้องมากหรือน้อยเกินไป

(๙) แก๊สปกป้องแนวราก ความจำเป็นและวิธีการใช้

๓.๗.๑๐ ข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม (Welding Procedure Specifications-WPS)

(๑) จุดมุ่งหมายตามข้อกำหนด กรรมวิธีการเชื่อม

(๒) การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของการเชื่อม

(๓) การเลือกลวดเชื่อมให้เหมาะกับโลหะชิ้นงาน

(๔) สัญลักษณ์งานเชื่อม

(๕) ลักษณะเฉพาะของแนวต่องานเชื่อม รวมทั้งชนิดแนวต่อ รูปทรงเรขาคณิต ขนาดที่สัมพันธ์กับสัญลักษณ์งานเชื่อม

๓.๗.๑๑ คณิตศาสตร์ประยุกต์ที่สัมพันธ์กับการร่างแบบงานเชื่อม

(๑) คณิตศาสตร์พื้นฐาน การบวก ลบ คูณ หาร การหาร้อยละ

(๒) การวัดและการคำนวณความยาว มุม พื้นที่ ปริมาตร น้ำหนัก ความดัน

(๓) การแปลงหน่วยของมาตรวัด มาตรฐานต่างๆ

(๔) การใช้เครื่องคำนวณ

๓.๗.๑๒ วิทยาศาสตร์เบื้องต้นที่สัมพันธ์กับงานเชื่อม

(๑) สาเหตุและการป้องกันการกัดกร่อนและการสึกหรอ

(๒) โลหะวิทยาที่สัมพันธ์กับงานเชื่อมอิทธิพลของความร้อนที่มีต่อชิ้นงานเชื่อม การอุ่นชิ้นงาน (Preheat) และการให้ความร้อนหลังเชื่อม (Post Heat)

๓.๗.๑๓ การตรวจสอบและคุณภาพของงานเชื่อม

(๑) การตรวจสอบพินิจ (Visual Inspection) การเตรียมแนวต่อก่อนการเชื่อม

(๒) การตรวจสอบพินิจตัวแปรของงานโดยช่างเชื่อมในระหว่างการเชื่อม

(๓) การตรวจสอบพินิจ ความนูนด้านหน้าแนวเชื่อมและด้านราก ภายหลังจากการเชื่อมเสร็จ (รวมทั้งแนวกัดแหว่ง รูพรุน สารฝังใน (Inclusion) การหลอมไม่สมบูรณ์ รอยร้าว ความกว้าง ความสูง รูปร่างแนวเชื่อม ความสม่ำเสมอของแนวเชื่อม)

(๔) การวัดขนาดแนวเชื่อม

(๕) การซ่อมจุดบกพร่อง (Defects) ของชิ้นงานก่อนและหลังการเชื่อมเสร็จ

๓.๗.๑๔ ท่อ (Pipe)

(๑) ชนิดและขนาดของท่อ

(๒) การวัดความกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของผนัง ความเหลื่อม (Misalignment) การร่วมศูนย์เดียวกัน

(๓) ข้อต่อท่อ หน้าแปลน

(๔) การต่อท่อ การปรับแนวต่อ ข้อต่อท่อและหน้าแปลน

(๕) คุณภาพของงานเชื่อมท่อ

(๖) การซ่อมจุดบกพร่องของแนวเชื่อมท่อ

๓.๘ ความสามารถ ประกอบด้วย ขอบเขตความสามารถในการปฏิบัติงาน ดังต่อไปนี้

๓.๘.๑ การทำงานอย่างปลอดภัย

(๑) การป้องกันอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานเชื่อม

(๒) มาตรการป้องกันอัคคีภัย การรู้ตำแหน่งของเครื่องดับเพลิง

(๓) การสวมใส่และการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม

(๔) การรักษาพื้นที่ทำงานให้ปลอดภัย สะอาดและเป็นระเบียบ

(๕) การใช้หน้ากากกรองแสง การระบายอากาศ และแสงสว่างอย่างเหมาะสม

(๖) การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างปลอดภัยและถูกวิธี

(๗) การป้องกันอุบัติเหตุในการทำงานในสถานที่จำกัด

(๘) การป้องกันแก๊สพิษจากปฏิบัติงานเชื่อม

๓.๘.๒ เครื่องมือวัดอุปกรณ์และเครื่องมือร่างแบบ

(๑) สาธิตการใช้เครื่องมือวัดอุปกรณ์และเครื่องมือร่างแบบอย่างถูกต้องระหว่างการสอบปฏิบัติ

(๒) ช่างเชื่อมจะต้องร่างแบบบนชิ้นงานเชื่อมอย่างถูกต้อง โดยใช้ตลับเมตร ฉากบรรทัด และนำศูนย์

(๓) ระหว่างการทดสอบ ต้องใช้เครื่องวัดอัตราการไหล เกจปรับแรงดัน เครื่องมือ วัดอุณหภูมิ และมาตรวัดไฟฟ้า ด้วยความระมัดระวังอย่างเหมาะสม

(๔) ช่างเชื่อมจะต้องแสดงวิธีการเก็บบำรุงรักษาเครื่องมือวัด และเครื่องมือร่างแบบอย่างเหมาะสม

๓.๘.๓ การใช้เครื่องมือและเครื่องมือกลอย่างถูกต้องในระหว่างการสอบภาคปฏิบัติ

(๑) ช่างเชื่อมควรใช้เครื่องมือและเครื่องมือกลอย่างปลอดภัย และถูกต้องในระหว่าง การทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๒) ช่างเชื่อมควรแสดงให้เห็นถึงวิธีการดูแล การเก็บการบำรุงรักษาเครื่องมือและเครื่องมือกลอย่างเหมาะสมระหว่างการทดสอบ

๓.๘.๔ ให้มีข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อมเป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบการรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๑) เลือกและเตรียมคูปองเชื่อม เพื่อให้สอดคล้องตามเงื่อนไขของข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม คูปองเชื่อมจะต้องได้รับการตรวจสอบเพื่อการยอมรับ โดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๒) จะต้องเตรียมและปรับเครื่องเชื่อม ให้เป็นไปตามเงื่อนไขของข้อกำหนด กรรมวิธีการเชื่อม ช่างเชื่อมสามารถใช้ชิ้นงานทดลองสำหรับปรับเครื่องเชื่อมให้ถูกต้อง และให้เกิดความคุ้นเคยในการใช้เครื่องเชื่อมก่อนเริ่มทำการสอบ

(๓) จะต้องประกอบและทำการเชื่อมยึด และปรับตำแหน่งของคูปองเชื่อมสำหรับการสอบ ชิ้นงานสอบที่เตรียมไว้จะถูกตรวจสอบก่อนทำการเชื่อม เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม โดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๔) จะต้องเชื่อมแนวราก ขัดด้วยแปรงและแนวรากจะต้องได้รับการยอมรับจากผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๕) ให้เชื่อมแนวกลาง (Fill Pass) จนเสร็จ ยกเว้นแนวปิด (CAP) ชั้นระหว่างกลางจะต้องได้รับการยอมรับ โดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๖) จะต้องเชื่อมแนวปิด ขัดด้วยแปรงและแนวเชื่อมที่สมบูรณ์จะต้องได้รับการตรวจสอบพินิจ โดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI)

(๗) ชิ้นงานเชื่อมจะต้องเตรียมสำหรับการทดสอบทางกล หรือในกรณีถ้าทำการถ่ายภาพรังสี ทดสอบและประเมินผลโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector-AWI) การถ่ายภาพรังสีและการเตรียมชิ้นทดสอบทางกลสามารถดำเนินการโดยสถานประกอบการ หรือบุคคลที่ได้รับการรับรอง

๓.๘.๕ การตรวจสอบและประเมินผล

(๑) การตรวจสอบพินิจและการประเมินผลจะต้องทำตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ทั้งหมดที่มีในข้อกำหนด กรรมวิธีการเชื่อมและการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๒) การทดสอบถ่ายภาพด้วยรังสีและการประเมินผลจะต้องทำตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ทั้งหมดที่มีในข้อกำหนด กรรมวิธีการเชื่อมและการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๓) การทดสอบดัดงอและการประเมินผลจะต้องทำตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ทั้งหมดที่มีในข้อกำหนด กรรมวิธีการเชื่อมและการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๔) การทดสอบแตกหักและการประเมินผลจะต้องทำตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ทั้งหมดที่มีในข้อกำหนด กรรมวิธีการเชื่อมและการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๕) ผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector- AWI) สามารถยุติการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อมได้ทุกเวลา ถ้าเห็นว่าช่างเชื่อมที่ทำการสอบไม่มีระดับทักษะที่จะทำให้การสอบได้สำเร็จ

(๖) เมื่อได้ประเมินผลการสอบเรียบร้อยแล้ว ถ้าการทดสอบเป็นไปตามเงื่อนไขของมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ที่มี จึงจะทำบันทึกและออกใบและบัตรรับรองฝีมือช่างเชื่อม โดยกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน/สมาคมการเชื่อมโลหะแห่งประเทศไทย (DSD/TWS)

๓.๘.๖ ข้อกำหนดการยอมรับด้านคุณภาพ (Acceptable Quality Requirements)

(๑) ISO ๕๘๑๗ มาตรฐานสากลสำหรับการเชื่อมเหล็กกล้า/ข้อแนะนำในการประเมินระดับคุณภาพของความไม่สมบูรณ์ (International Standard for Arc-Welded Joints in Steel/Guidance on Quality Levels for Imperfections) สามารถนำมาใช้ประเมินข้อกำหนดของคุณภาพสำหรับความไม่สมบูรณ์ (Imperfections)

๓.๙ ทัศนคติ ประกอบด้วย แนวความคิดในการวิเคราะห์ การวางแผนและการแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงาน

ประกาศ ณ วันที่ ๔ กันยายน พ.ศ. ๒๕๔๙
ฐาปบุตร ชมเสวี
รองปลัดกระทรวงแรงงาน
หัวหน้ากลุ่มภารกิจด้านส่งเสริมขีดความสามารถ
ในการแข่งขันของประเทศ
ประธานกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

๑.๒ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง คุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก

เล่ม ๑๒๖ ตอนพิเศษ ๑๖๙ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๐ พฤศจิกายน ๒๕๕๒

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน
เรื่อง คุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๒ วรรคสาม แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๕ คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน จึงกำหนดคุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็กไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๑

๑.๑ ผู้เข้ารับการทดสอบต้องมีอายุไม่ต่ำกว่า ๑๘ ปีบริบูรณ์นับถึงวันสมัครเข้ารับการทดสอบ และ

๑.๒ มีประสบการณ์การทำงานหรือประกอบอาชีพเกี่ยวกับสาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ไม่น้อยกว่า ๑ ปี หรือ

๑.๓ ผ่านการฝึกฝีมือแรงงานหรือฝึกอาชีพ ในสาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ไม่น้อยกว่า ๑๐๐ ชั่วโมง หรือ

๑.๔ เป็นผู้ที่จบการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพในสาขาที่เกี่ยวข้องกับอาชีพนี้

ข้อ ๒ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๒

๒.๑ ผู้เข้ารับการทดสอบต้องมีอายุไม่ต่ำกว่า ๑๘ ปีบริบูรณ์นับถึงวันสมัครเข้ารับการทดสอบ และ

๒.๒ มีประสบการณ์การทำงานหรือประกอบอาชีพเกี่ยวกับสาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ไม่น้อยกว่า ๒ ปี หรือ

๒.๓ ผ่านการฝึกฝีมือแรงงานหรือฝึกอาชีพ ในสาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ไม่น้อยกว่า ๑๕๐ ชั่วโมง หรือ

๒.๔ เป็นผู้ที่จบการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพในสาขาที่เกี่ยวข้องกับอาชีพนี้

๒.๕ ได้คะแนนรวมในการทดสอบ ระดับ ๑ ไม่ต่ำกว่าร้อยละแปดสิบ

ข้อ ๓ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๓

๓.๑ ผู้เข้ารับการทดสอบต้องมีอายุไม่ต่ำกว่า ๑๘ ปีบริบูรณ์นับถึงวันสมัครเข้ารับการทดสอบ และ

๓.๒ มีประสบการณ์การทำงานหรือประกอบอาชีพเกี่ยวกับสาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ไม่น้อยกว่า ๓ ปี หรือ

๓.๓ ผ่านการฝึกฝีมือแรงงานหรือฝึกอาชีพ ในสาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ไม่น้อยกว่า ๒๐๐ ชั่วโมง หรือ

๓.๔ เป็นผู้ที่จบการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพในสาขาที่เกี่ยวข้องกับอาชีพนี้

๓.๕ ได้คะแนนรวมในการทดสอบ ระดับ ๒ ไม่ต่ำกว่าร้อยละแปดสิบ

ประกาศ ณ วันที่ ๑๑ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๕๒

สมชาย ชุ่มรัตน์

ปลัดกระทรวงแรงงาน

ประธานกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

๑.๓ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๑

เล่ม ๑๒๔ ตอนพิเศษ ๑๕๙ ง ราชกิจจานุเบกษา ๑๙ ตุลาคม ๒๕๕๐

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน
เรื่อง วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือรับรอง
ว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ
สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๑

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๒ วรรคสาม แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๕ คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน จึงกำหนดวิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานและการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๑ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๑

๑.๑ การทดสอบภาคความรู้

เป็นการทดสอบความรู้ ลักษณะข้อสอบเป็นแบบปรนัย ชนิด ๔ ตัวเลือก จำนวนข้อสอบ ๕๐ ข้อ ใช้เวลาในการทดสอบ ๑ ชั่วโมง คะแนนเต็ม ๕๐ คะแนน

๑.๒ การทดสอบภาคความสามารถ

ช่างเชื่อมแม็ก จะต้องมีประสบการณ์ในการเชื่อมเหล็กกล้ากลุ่ม W๐๑ ตาม ISO ๙๖๐๖-๑ (AWS D๑.๑ Group ๑) เชื่อมแผ่นเหล็กกล้าและเชื่อมท่อต่อกับแผ่นเหล็ก แนวเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet Weld) ที่มีความหนา ๑.๕ ถึง ๓ มม. และ ๓ ถึง ๒๐ มม. ทุกตำแหน่งท่าเชื่อมตาม ISO ๙๖๐๖-๑ มี

คะแนนเต็มภาคความสามารถ ๑๐๐ คะแนน โดยมีการทดสอบรับรองภาคความสามารถ ๒ ประเภท สามารถเลือกเชื่อมประเภทใดประเภทหนึ่งได้ การทดสอบมีดังนี้

ประเภทที่ ๑ การเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนแผ่นหนา ต่อฟิลเล็ท มีชิ้นงานทดสอบ ๔ รายการ ใช้เวลา ๒ ชั่วโมง ดังนี้

(๑) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๓๕ P FW W๐๑ t๑๐ PB ss (AWS ๒F)

(๒) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๓๕ P FW W๐๑ t๑๐ PF ss (AWS ๓F-up)

(๓) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๓๕ P FW W๐๑ t๑๐ PD ss (AWS ๔F)

(๔) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๓๕ T FW W๐๑ t๖.๐ D๑๕๐ PF ss (AWS ๕F-up)

ประเภทที่ ๒ การเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนแผ่นบาง ต่อฟิลเล็ท มีชิ้นงานทดสอบ ๔ รายการ ใช้เวลา ๑ ชั่วโมง ดังนี้

(๑) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๓๕ P FW W๐๑ t๑.๕ PB ss (AWS ๒F)

(๒) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๓๕ P FW W๐๑ t๑.๕ PG ss (AWS ๓F-down)

(๓) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๓๕ P FW W๐๑ t๑.๕ PD ss (AWS ๔F)

(๔) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๓๕ T FW W๐๑ B t๒ OD๑๑๔ PG ss (AWS ๕F-down)

๑.๓ รายละเอียดวิธีการทดสอบให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการประกาศกำหนด

ข้อ ๒ การออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๑ จะออกให้แก่ผู้ผ่านการทดสอบ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

ผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องสอบทั้งภาคความรู้ ภาคความสามารถ โดยจะต้องสอบได้คะแนนรวมทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละเจ็ดสิบของคะแนนทั้งหมด จึงถือว่าสอบผ่านมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๑

ประกาศ ณ วันที่ ๑๗ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๐
พรชัย อยู่ประยงค์
รองปลัดกระทรวงแรงงาน
หัวหน้ากลุ่มภารกิจด้านส่งเสริมขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ
ประธานกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

บทที่ ๒
หัวข้อวิชา

๒.๑ ความปลอดภัยทั่วไปในพื้นที่ปฏิบัติงาน

สภาพเศรษฐกิจและสังคมปัจจุบันทำให้ผู้ประกอบอาชีพต้องทำงานในสภาพของการแข่งขัน เร่งรีบ ทำงานแข่งกับเวลา ไม่ว่าจะเป็นงานอาชีพด้านใดก็ตาม ทุกคนต้องพยายามปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในด้านเทคโนโลยีใหม่ๆ เจ้าของกิจการมุ่งแต่ผลผลิตจนกระทั่งขาดความสนใจในเรื่องความปลอดภัย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอันตรายจากการประสบอุบัติเหตุของคนงาน เกิดการบาดเจ็บ หรือเสี่ยงต่อโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ ได้เสมอ ทำให้เกิดการเจ็บป่วยทุกข์ทรมานทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจจนกระทั่งเสียชีวิตได้ ส่งผลกระทบในระยะยาวถึงครอบครัว สังคมและประเทศชาติต่อไปด้วย นอกจากนั้นการเจ็บป่วยของผู้ปฏิบัติงานยังก่อให้เกิดผลกระทบกับสถานประกอบการเนื่องจากคนที่ประสบอันตรายไม่สามารถมาทำงานได้ ขาดคนทำงาน ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น และทำให้คนงานเสียขวัญและกำลังใจในการทำงาน

ในปัจจุบันสถานประกอบการให้ความสนใจในการดำเนินการเกี่ยวกับเรื่องความปลอดภัยในการทำงานกันมากยิ่งขึ้น และในขณะเดียวกันเจ้าของกิจการก็จะคำนึงถึงผลประโยชน์ในด้านการเพิ่มผลผลิตและการป้องกันหรือลดการสูญเสียของกำลังงานกับวัตถุดิบไปพร้อมกันด้วย ดังนั้นสถานประกอบการหรือเจ้าของกิจการก็จะพยายามพัฒนาแรงงานให้เท่าทันเทคโนโลยีและผลักดันให้คนงานเพิ่มขีดความสามารถ ด้วยวิธีการจัดการฝึกอบรมให้การศึกษาอย่างต่อเนื่องและจัดสวัสดิการที่เหมาะสมให้กับคนงานเพิ่มมากขึ้นเพื่อเป็นการลดสถิติการเกิดอุบัติเหตุและความไม่ปลอดภัยในการทำงานลงให้ได้

๒.๑.๑ ผู้บริหาร หรือเจ้าของกิจการ ที่รับผิดชอบโดยตรง จะต้องจัดให้มีการฝึกอบรม เรื่องความปลอดภัยในการทำงาน การใช้เครื่องมืออุปกรณ์

กระบวนการขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้ในการทำงาน รวมทั้งขั้นตอนการปฏิบัติขณะเกิดเหตุฉุกเฉิน การสื่อความหมายให้กับผู้ปฏิบัติ หรือพนักงาน การจัดการเรื่องความปลอดภัยจะต้องมีความเข้าใจตรงกันระหว่างผู้ปฏิบัติและผู้บริหาร การปฏิบัติตามเอกสารแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ข้อมูลทางเทคนิคมีความสำคัญก่อนจะเริ่มปฏิบัติงานเสมอ การจัดพื้นที่และความรับผิดชอบพื้นที่ปฏิบัติงาน ต้องจัดให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน และผ่านการเห็นชอบของผู้รับผิดชอบการตรวจสอบสภาพความพร้อม ก่อนเริ่มการปฏิบัติงาน จะต้องตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลด้วย

๒.๑.๒ ผู้ควบคุมงาน หรือหัวหน้างาน (Supervisors) คือ ผู้ควบคุมการปฏิบัติงาน มีหน้าที่ความรับผิดชอบในการควบคุมการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่ปลอดภัยของผู้ใต้บังคับบัญชา ในกระบวนการทำงานทั้งหมด รวมถึงอันตรายจากเพลิงไหม้ การเกิดระเบิด ผู้ควบคุมงานต้องดูแลใกล้ชิด วัสดุหรือเชื้อเพลิงในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน จะต้องแน่ใจว่าไม่เกิดเพลิงไหม้หรือการระเบิดขึ้นในระหว่างปฏิบัติงาน ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบพื้นที่การปฏิบัติงานให้มั่นใจก่อนสั่งการให้ปฏิบัติงาน อุปกรณ์ความปลอดภัยและการป้องกันเพลิงไหม้จัดเตรียมอุปกรณ์ดับเพลิงไว้ก่อนลงมือปฏิบัติงาน

๒.๑.๓ ช่างเชื่อม (Welder) คือ ผู้ปฏิบัติงานเชื่อม โดยใช้เครื่องมืออุปกรณ์ด้วยความปลอดภัย ช่างเชื่อมจะต้องมีความเข้าใจเรื่องความปลอดภัย ในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ และขั้นตอนต่างๆ ในการทำงาน ช่างเชื่อมจะต้องได้รับอนุญาตในการเริ่มต้นปฏิบัติงาน จากผู้ควบคุมงานก่อนการปฏิบัติงานเสมอ ก่อนการปฏิบัติงานช่างเชื่อมจะต้องตรวจสอบพื้นที่ปฏิบัติงานว่ามีความปลอดภัยในการทำงานหรือไม่ เช่น อันตรายจากไฟฟ้า การดูดอากาศ การเกิดเพลิงไหม้ การระเบิด เป็นต้น

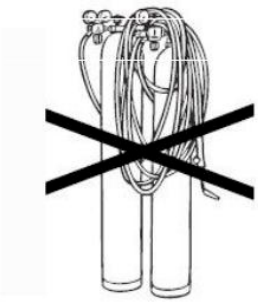
๒.๒ ความปลอดภัยในการเชื่อมและตัด

งานเชื่อมและงานตัดด้วยแก๊ส เป็นกระบวนการที่มีอันตราย การลดความเสี่ยงต่ออันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการเชื่อมและการตัดในสถานการณ์ต่างๆ ความปลอดภัยและอาชีวอนามัยเป็นสิ่งสำคัญ จึงจำเป็นต้องเรียนรู้สาเหตุของการเกิดอันตรายต่างๆ ดังนี้

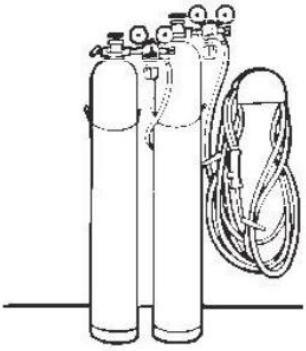
๒.๒.๑ อันตรายจากอะเซทิลีน เกิดจากอะเซทิลีนแตกตัว เปลี่ยนสภาพความดัน ทำให้เกิดการระเบิด ซึ่งเป็นอันตรายสูงสุด เมื่อเทียบกับอันตรายที่เกิดจากการเชื่อม เช่น กระแสไฟฟ้า รังสี ควัน และไอระเหย โดยมีสาเหตุเกิดจากไฟย้อนกลับจากหัวทอร์ชเชื่อมสู่ขวดบรรจุอะเซทิลีนทรงกระบอก หรือความร้อนภายนอกสูงเกินไป ลักษณะที่เกิดอุณหภูมิของผนังขวดบรรจุอะเซทิลีนสูงขึ้น ทำให้เกิดแก๊สไหลออกมา สังเกตได้จากการมีเขม่าและกลิ่นแสบจมูก เมื่ออะเซทิลีนเปลี่ยนสภาพความดัน ควรทำการปิดวาล์วขวดแก๊สทรงกระบอกทันที เมื่อขวดแก๊สทรงกระบอกมีความร้อนสูงขึ้น ให้วางขวดในที่ปลอดภัย เอาน้ำราดเพื่อทำให้ขวดบรรจุเย็นลง และห้ามใช้ขวดแก๊สทรงกระบอกนั้นอีก ต้องปล่อยให้เย็นอย่างน้อย ๒๔ ชั่วโมง มีการตรวจสอบบ่อยๆ แล้วแจ้งให้ผู้ส่งแก๊สทราบรายงานทุกการระเบิด (ตัวอย่าง เช่น ขวดแก๊สทรงกระบอกปริ แตก) และมีไฟไหม้ขวดทรงกระบอก เพื่อดำเนินการด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัย

๒.๒.๒ อันตรายจากออกซิเจน การเกิดไฟขึ้นที่วาล์วและข้อต่อ สาเหตุเกิดจาก น้ำมัน จาระบี หรือวัสดุกันซึม ถูกสันดาป (เผาไหม้) กับออกซิเจนที่ความดันสูงเกิดความร้อนสะสม เมื่อเปิดวาล์วขวดทรงกระบอกอย่างรวดเร็ว ผลก็คือเกิดอัคคีภัย เกิดความร้อนสูงจนทำให้วัสดุเกิดการลุกไหม้ เรียกว่าจุดติดไฟ มีเปลวไฟลุกลามเผาเรกูเลเตอร์ความดันและวาล์วจนหลอมละลาย ข้อควรระวังอย่าใช้น้ำมัน และจาระบีในข้อต่อขวดออกซิเจนเด็ดขาด ออกซิเจนสามารถรั่วออกจากสายแก๊ส ข้อต่อ และวาล์วได้ถ้ามีรอยรั่ว การมีออกซิเจนมากๆ ในอากาศจะเป็นอันตราย โดยเฉพาะในบริเวณที่มีเนื้อที่จำกัด หากมีประกายไฟ ก็จะเกิดการสันดาปและระเบิดได้อย่างทันทีทันใด แม้ว่าจะใช้วัสดุที่ไม่ติดไฟ ข้อ

ควรระวังอย่าใช้ออกซิเจนในการระบายอากาศ หรือพ่นเป่าเสื้อผ้า (ให้สะอาดหรือให้แห้ง) ด้วยออกซิเจน นอกจากนั้นจะต้องจัดเก็บอุปกรณ์ และถังบรรจุให้เรียบร้อย ดังรูป



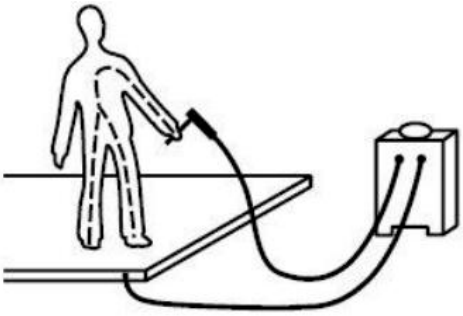
รูปที่ ๑ การเก็บสายวิธีที่ผิด



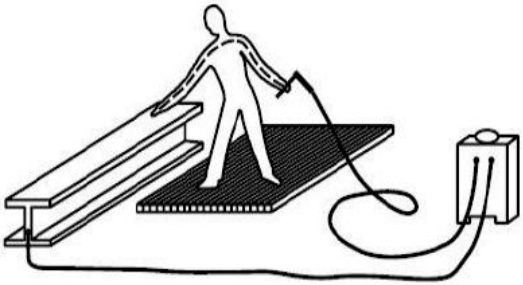
รูปที่ ๒ การเก็บสายวิธีที่ถูก

๒.๒.๓ อันตรายจากกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานสำหรับกระบวนการเชื่อมอาร์กไฟฟ้าและการตัดด้วยพลาสมา ช่างเชื่อมต้องตระหนักถึงการเกิดอันตรายจากไฟฟ้าและรังสีที่เป็นอันตรายสูงสุด ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องเชื่อมอาจมีกระแสไฟฟ้าที่เป็นอันตรายสำหรับช่างเชื่อม ห้ามสัมผัสโดยตรงกับชิ้นส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ได้แก่ คีมจับลวดเชื่อม แคลมป์สำหรับสายดิน หรืออิเล็กโทรด ปลายทิปหัวเชื่อม ลวดเชื่อมที่เติมในแนวเชื่อม และหัวทอร์ชเชื่อม ชิ้นส่วนที่ไม่ได้หุ้มฉนวนในสายไฟที่กระแสไหลกลับ (สายดิน) กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านร่างกายเมื่อสัมผัสกับชิ้นส่วนที่มีกระแสไฟฟ้า ผลกระทบของกระแสไฟฟ้าต่อร่างกาย ขึ้นอยู่กับชนิดของกระแสไฟฟ้า (กระแสตรงและ กระแสสลับ) ระดับกระแสสูงมีอันตรายยิ่งกว่ากระแสต่ำ เส้นทางการเดินของกระแสไฟฟ้า การไหลของกระแสไฟฟ้าในแนวยาวของร่างกาย มีอันตรายกว่ากระแสไฟฟ้าในแนวขวาง หากถูกกระแสไฟฟ้า

ดูดเกิน ๐.๓ วินาที จะเป็นอันตรายวิกฤต จุดที่พึงระวัง ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นอันตรายกว่าไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นการเชื่อมในที่คับแคบควรเลือกใช้เครื่องเชื่อมชนิด กระแสตรง DC



รูปที่ ๓ กระแสไหลผ่านร่างกายแนวยาว



รูปที่ ๔ กระแสไหลผ่านร่างกายแนวขวาง

ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการ แต่ถ้าใช้ไม่ถูกต้องอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ชีวิตและทรัพย์สินได้ อันตรายที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า เมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้น ควรปิดสวิตช์ที่เครื่องเชื่อมทันทีและแจ้งหัวหน้าทราบ และติดป้ายเตือน สายไฟชำรุด ใช้ไฟฟ้ามากเกินไปในเต้าเสียบเดียวกัน เปิดใช้ไฟฟ้านานเกินไปจนเกิดความร้อนสะสม ใช้ฟิวส์ผิด

ขนาด ใช้ไฟผิดประเภท ไม่ได้ต่อสายดิน ใช้ไฟขณะร่างกายเปียกชื้น เป็นต้น อันตรายอันเนื่องจากกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่จะมีความรุนแรงมาก จึงต้องมีการระมัดระวังเป็นพิเศษ การแบ่งลักษณะของอันตรายที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า มี ๒ ลักษณะ ได้แก่ไฟฟ้าดูด กับ การเกิดเพลิงไหม้เนื่องจากไฟฟ้าลัดวงจร สำหรับอันตรายจากกระแสไฟฟ้าดูด มักเกิดกับช่างเชื่อมบ่อยครั้ง เนื่องจากร่างกายไปสัมผัส หรือต่อเข้ากับส่วนของวงจรไฟฟ้าทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านอวัยวะที่สำคัญ เช่น ศีรษะและทรวงอก อาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ การปฐมพยาบาลเพื่อช่วยในการหายใจ เป็นสิ่งแรกที่ต้องปฏิบัติในทันทีเพื่อนร่วมงานถูกไฟฟ้าดูด ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและปฏิกิริยาการตอบสนองของร่างกายมีดังนี้

ตารางที่ ๑ การแบ่งลักษณะของอันตรายที่อาจเกิดกับถูกไฟฟ้าช็อต

ปริมาณกระแสไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)	อาการ
ต่ำกว่า ๐.๕	ยังไม่มีผลหรือไม่รู้สึก
๐.๕ - ๒	รู้สึกจั๊กจี้หรือกระตุกเล็กน้อย
๒ - ๘	กระทบกระเทือนต่อระบบประสาท กล้ามเนื้อหดตัวเกิดอาการกระตุกปานกลาง หรือรุนแรงไม่ถึงขั้นอันตราย
๘ - ๒๐	กระทบกระเทือนต่อระบบประสาท เจ็บปวด กล้ามเนื้อเกร็งหดตัวอย่างรุนแรง บางคนไม่สามารถปล่อยมือหลุดออกได้
๒๐ - ๕๐	กระทบกระเทือนต่อระบบประสาท กล้ามเนื้อหดตัวอย่างรุนแรง ทำให้ปอดทำงานผิดปกติ ไม่สามารถปล่อยมือออกได้ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสมองมีโอกาสเสียชีวิตในเวลาเพียง ๒ - ๓ นาที
๕๐ - ๑๐๐	กระทบกระเทือนต่อระบบประสาท หัวใจเต้นผิดปกติ หัวใจเต้นอ่อนหรือเต้นถี่รัว มีผลทำให้เกิด

ปริมาณกระแสไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)	อาการ
	การเปลี่ยนแปลงในสมอง ไม่สามารถปล่อยมือหลุดออกได้มีโอกาสเสียชีวิตในเวลา ๒ - ๓ นาที
สูงกว่า ๑๐๐	หัวใจหยุดเต้น ผิวหนังไหม้ หรือเนื้อเยื่อไหม้อย่างรุนแรงกล้ามเนื้อไม่ทำงาน

กฎของโอห์ม I = U/R

I เป็นกระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น แอมป์

U เป็นแรงดันไฟฟ้า หรือแรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น โวลต์

R เป็นความต้านทาน หน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

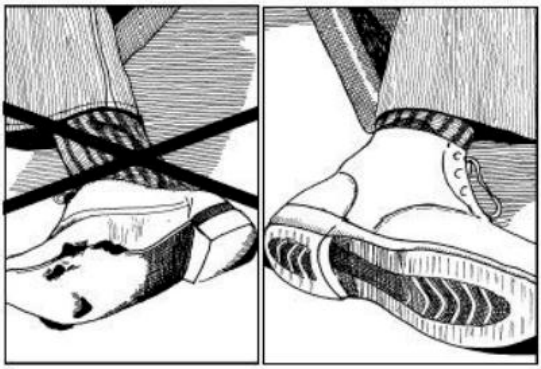
ความต้านทานไฟฟ้าของร่างกายมนุษย์ (ประมาณ ๑๐๐๐ โอห์ม)

ตัวอย่าง กรณีมือไปจับสวิตช์แสงสว่างที่ชำรุด

I = U/R = ๒๒๐ V / ๑๐๐๐ Ω = ๐.๒๒ A = ๒๒๐ mA (มิลลิแอมป์)

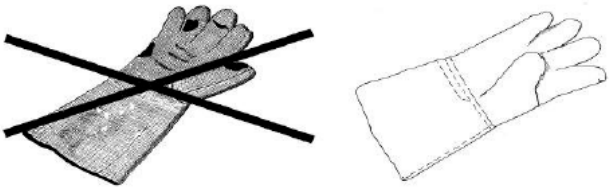
ผลลัพธ์ที่ได้ จะเป็นอันตรายต่ออวัยวะหรือไม่นั้น ดูได้จากการป้องกันความปลอดภัยจะไม่มีอันตราย ถ้าหากว่าใส่รองเท้าพื้นยางที่มีความต้านทาน (ความต้านทาน R ประมาณ ๑๐,๐๐๐ Ω)

I = U/R = ๒๒๐ V / ๑๐๐๐๐ Ω = ๐.๐๒๒ A = ๒๒ mA (มิลลิแอมป์)



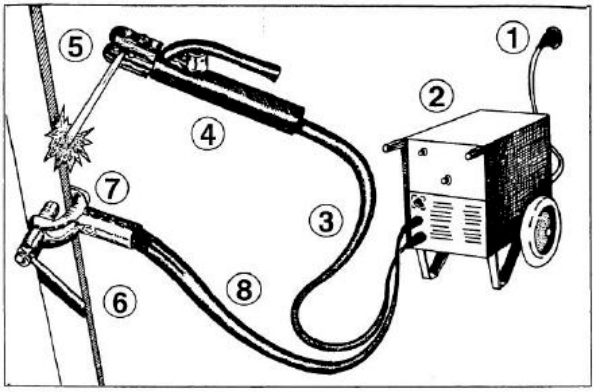
รูปที่ ๕ การใส่รองเท้าที่ถูกต้อง

การป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายต้องควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (สังเกตแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดของเครื่องเชื่อม) ควรใส่อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้า ดังนี้ สวมถุงมือหนังทั้งสองข้างและทนต่อความร้อนด้วย สวมชุดปฏิบัติงานที่แห้งและสามารถป้องกันได้ สวมรองเท้านิรภัยเพื่อป้องกันไฟฟ้าดูดและป้องกันของหนักตกใส่ ศึกษาวิธีการใช้งานอุปกรณ์ประกอบที่ส่งผลต่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน



รูปที่ ๖ การใช้ถุงมือนิรภัยที่ถูกต้อง

ชุดอุปกรณ์การเชื่อมอาร์กไฟฟ้า



รูปที่ ๗ ชุดอุปกรณ์การเชื่อมอาร์กไฟฟ้า

(๑) ปลั๊กไฟที่ต่อกับสายไฟฟ้า

(๒) เครื่องเชื่อม

(๓) การเคเบิลเชื่อม

(๔) ด้ามจับลวดเชื่อม หรือหัวทอร์ชเชื่อมไฟฟ้า

(๕) ลวดเชื่อม /ลวดเติมแนวเชื่อม

(๖) ชิ้นงาน

(๗) สายดิน

(๘) สายเคเบิล (กระแสไหลกลับ)

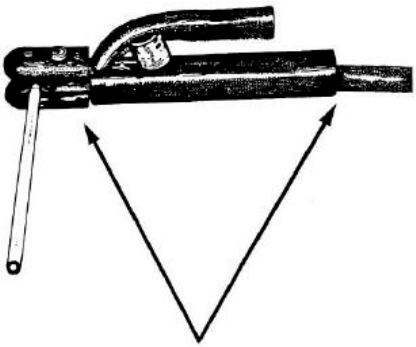
เครื่องเชื่อม เป็นอุปกรณ์ที่ต้องได้มาตรฐานในการผลิต เครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ชำรุดถ้านำมาใช้ปฏิบัติการเชื่อมจะเกิดอันตราย ควรซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ปลอดภัย เครื่องเชื่อมจะมีมาตรฐานควบคุมตามข้อกำหนดที่ต้องการ เช่น แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด ซึ่งแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่สูงจะเป็นอันตรายมาก สำหรับผู้ปฏิบัติงานเชื่อม จึงต้องมีค่ามาตรฐานในการใช้งาน ดังตารางที่ ๒

ตารางที่ ๒ มาตรฐาน IEC ๙๗๔ ส่วนที่ ๑

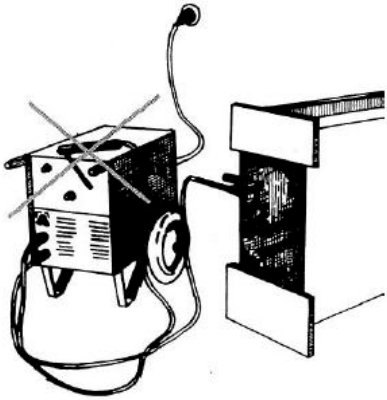
แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด			
สถานภาพการปฏิบัติการ	แรงดันไฟฟ้า	ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (โวลต์)	
	ชนิด	ค่าสูงสุด	ค่าสัมฤทธิ์ผล
ก) อันตรายเพิ่มขึ้นจากไฟฟ้าช็อต	กระแสตรง	๑๑๓	--
	กระแสสลับ	๖๘	๔๘
ข) ปราศจากการเพิ่มอันตราย	กระแสตรง	๑๑๓	--
	กระแสสลับ	๑๑๓	๘๐
ค) การเชื่อมแบบหัวทอร์ช	กระแสตรง	๑๔๑	--
	กระแสสลับ	๑๔๑	๑๐๐
ง) กระบวนการเชื่อมพลาสมา	กระแสตรง	๗๑๐	--
	กระแสสลับ	๗๑๐	๕๐๐

อนุญาตให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดสูงขึ้น เมื่ออยู่ในเงื่อนไข ก) ข) และ ค) ถ้าใช้อุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ

หัวจับอิเล็กโทรด หรือด้ามจับอิเล็กโทรด จะต้องมีฉนวนหุ้ม เพื่อป้องกันชิ้นส่วนที่มีกระแสไฟฟ้า (รวมทั้งสายเชื่อม) และควรทำจากวัสดุทนแรงกระแทก มีการนำความร้อนต่ำ เปลี่ยนฉนวนหุ้มได้หากชำรุดเสียหาย อย่าปอกฉนวนออกจากสายเชื่อมมากเกินไป การเดินสายไฟฟ้า หรือต่อสายไฟฟ้าให้กระทำโดยช่างไฟฟ้า หรือบุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมมาแล้วเท่านั้น ภายใต้การดูแลควบคุมของหัวหน้างาน การวางด้ามจับอิเล็กโทรดหรือลวดเชื่อมบนเครื่องเชื่อมอาจจะทำให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้นห้ามกระทำโดยเด็ดขาด ควรวางไว้บนวัสดุที่ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า หรือแขวนไว้บนที่รองรับที่เป็นฉนวน โดยให้ปลดเศษปลายลวดเชื่อม (Stub) ออกก่อน

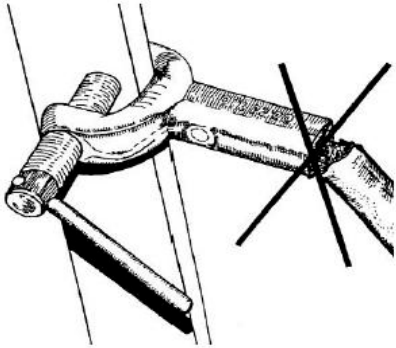


รูปที่ ๘ ด้ามจับอิเล็กโทรด



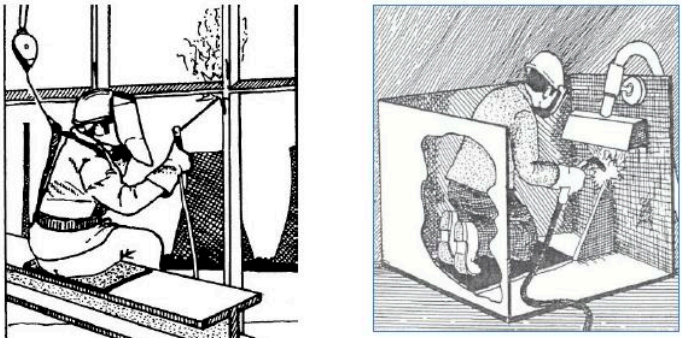
รูปที่ ๙ ห้ามวางด้ามจับอิเล็กโทรดบนเครื่องเชื่อม

สายเชื่อมจะต้องมีฉนวนหุ้มให้เรียบร้อยและไม่ชำรุดเสียหาย ควรมีระบบป้องกันการเสียหาย สายเคเบิลที่ให้กระแสไหลกลับ (โดยทั่วไปช่างเชื่อมมักจะเรียกว่าสายดิน ซึ่งเป็นการเรียกที่ผิด) สายเคเบิลจะต้องยึดให้แน่นกับชิ้นงานหรือตัวยึดชิ้นงาน ถ้ายึดไม่แน่นอาจเกิดการอาร์กอย่างรุนแรง



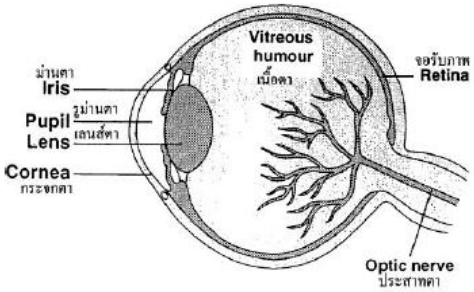
รูปที่ ๑๐ แคล้มป์ยึดที่ชำรุดเสียหาย

อันตรายจากกระแสไฟฟ้าดูดระหว่างปฏิบัติการเชื่อม สถานที่ปฏิบัติงานที่มีการสัมผัสชิ้นส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าโดยปราศจากการป้องกันร่างกายระหว่างปฏิบัติการเชื่อม เช่น การนั่งคุกเข่า การนั่ง การนอน หรือการพิง ต้องมีเนื้อที่เพียงพอต่อการเคลื่อนไหวของร่างกายระหว่างชิ้นส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าไม่น้อยกว่า ๒ เมตร (อันตรายจากอุบัติเหตุที่เกิดจากการสัมผัส) ในสถานที่เปียก ชื้น หรือร้อน (ซึ่งสามารถลดอันตรายด้วยการสวมเสื้อผ้าที่แห้งและอุปกรณ์ป้องกันผิวหนัง) ผลที่เกิดขึ้นคือมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย (ไฟฟ้าดูด) หากผู้ปฏิบัติงานเกิดไฟฟ้าดูดติดอยู่กับวงจรไฟฟ้า เราจะต้องตัดวงจรไฟฟ้าทันที และใช้เครื่องเชื่อมที่เหมาะสม มีเครื่องหมายสัญลักษณ์ความปลอดภัยด้านไฟฟ้าตามมาตรฐาน (อย่าติดตั้งเครื่องเชื่อมในพื้นที่ที่เสี่ยงต่ออันตรายไฟฟ้าดูด) ควรใช้ฉนวนหุ้มเป็นชั้นๆ เช่น ยาง เป็นต้น



รูปที่ ๑๑ การทำงานในพื้นที่อันตราย โดยมีอุปกรณ์ป้องกัน

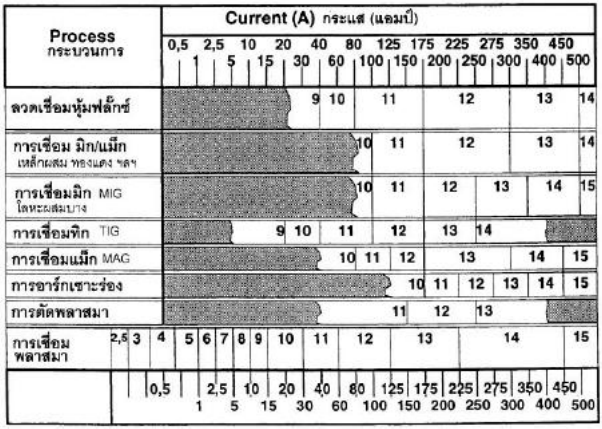
รังสีที่เป็นอันตรายต่อสายตา รังสีอุลตราไวโอเล็ตความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง ๒๐๐ ถึง ๓๘๐ นาโนเมตร ช่วงความยาวคลื่นที่เป็นอันตราย อยู่ระหว่าง ๒๐๐ ถึง ๓๑๕ นาโนเมตร รังสีอุลตราไวโอเล็ตไม่สามารถแทรกซึมเข้าสู่นัยน์ตา แต่จะซึมผ่านกระจกตาทำให้เกิดการอักเสบ เรียกอีกอย่างว่า Arc Eye (แสงอาร์กเข้าตา) มีอาการปวดนัยน์ตา รังสีอุลตราไวโอเล็ตเป็นสาเหตุให้เกิดผิวหนังแดง ไหม้ (เหมือนแสงแดดเผา) เป็นรังสีที่มีผลกระทบกับตามากที่สุด รังสีหรือแสงที่มองเห็น (แสงวาบ) ความยาวคลื่น อยู่ระหว่าง ๓๘๐ ถึง ๗๘๐ นาโนเมตร แสงที่มองเห็นมีผลกระทบต่อเยื่อตา (Retina) ส่งผลต่อการมองเห็นกับสมอง การเพ่งผ่านเลนส์นัยน์ตา ทำให้เกิดความเข้มแสงสูง ทำให้มีปฏิกิริยาปิดรูม่านตา เป็นอันตรายต่อม่านตา ซึ่งจะพยายามลดอันตรายต่อนัยน์ตาลงอัตโนมัติ รังสีอีกชนิด คือ รังสีอินฟราเรด ความยาวคลื่น อยู่ระหว่าง ๗๘๐ ถึง ๔๐๐๐ นาโนเมตร ช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง ๗๘๐ ถึง ๑๔๐๐ นาโนเมตร ผลกระทบจะคล้ายกับแสงที่มองเห็นด้วยนัยน์ตานอกจากนั้น ยังเกิดความร้อนเผาเนื้อและเลนส์นัยน์ตา ช่วงความยาวคลื่น อยู่ระหว่าง ๑๔๐๐ ถึง ๒๐๐๐ นาโนเมตร รังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นสูงอาจทำให้ตาบอด ผลกระทบต่อสายตาจะแปรผัน เนื่องจากตัวกลางในการส่งแสงผ่านและความแตกต่างของเนื้อเยื่อของตาที่แตกต่างกัน



รูปที่ ๑๒ โครงสร้างของนัยน์ตามนุษย์

การป้องกันผิวหนัง ควรสวมเครื่องป้องกันร่างกาย เพื่อป้องกันจากการแผ่รังสีที่เป็นอันตรายต่อสายตา ความร้อน ประกายไฟและสะเก็ดไฟการปฏิบัติงานต้องสวมแว่นตานิรภัย สวมเสื้อที่ปิดคอและรองเท้าที่ปิดมิดชิด นอกจากนั้น ระหว่างการเชื่อมอาร์กไฟฟ้า การตัดด้วยกรรมวิธีความร้อน และการทำสเปรย์ด้วยความร้อน ควรสวมเครื่องป้องกันเพิ่มเติม สวมเอี๊ยมหนังป้องกันความร้อนและไฟไหม้หรือชุดป้องกันสำหรับช่างเชื่อม พร้อมทั้งอุปกรณ์นิรภัยสำหรับช่างเชื่อม การป้องกันดวงตาและใบหน้า ช่างเชื่อมต้องใช้หน้ากากเชื่อมแบบมือถือหรือสวมหัว และกระจกกรองแสงที่ใช้ในการเชื่อมที่ได้มาตรฐาน ห้ามสวมแว่นตาดำในการเชื่อมเด็ดขาด ต้องใช้กระจกกรองแสงตามมาตรฐาน เช่น EN ๑๖๙ แนะนำการใช้งาน ดังนี้ หมายเลขความเข้มกรองแสงในกระบวนการเชื่อมอาร์กไฟฟ้าและกระบวนการที่เกี่ยวข้อง ในกระบวนการเชื่อมทิกทั่วๆ ไปควรใช้เลนส์กรองแสงเบอร์ ๑๐ และสำหรับงานตัดด้วยแก๊สควรใช้เลนส์กรองแสงเบอร์ ๕ สิ่งที่บ่งบอกถึงการเลือกเลนส์กรองแสง คือ กรรมวิธีการเชื่อม

รูปที่ ๑๓ เลนส์กรองแสงที่ได้มาตรฐาน



รูปที่ ๑๔ การเลือกใช้เลนส์กรองแสงที่ได้มาตรฐาน

การเชื่อมในเนื้อที่ที่จำกัด ข้อควรปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า พื้นที่ปฏิบัติงานต้องเป็นวัสดุทนไฟ ไม่ขรุขระและไม่มีน้ำขัง อันตรายในการเชื่อมในเนื้อที่ที่จำกัด เกิดจากมีสารที่คงเหลือหรือตกค้างอยู่ในพื้นที่ เช่น ไอของสาร อุปกรณ์เครื่องมือ (อุปกรณ์ภายในเครื่อง ชิ้นส่วนที่เคลื่อนย้าย อุปกรณ์ไฟฟ้า) นอกจากนั้นควรต้องดำเนินการป้องกันเพิ่มเติม ได้แก่ กำหนดเขตความปลอดภัย วิธีการทำงาน กำหนดกฎ ระเบียบการป้องกันโดยการสวมชุด/อุปกรณ์นิรภัย ให้เป็นลายลักษณ์อักษรให้ชัดเจนตรวจสอบโดยหัวหน้างาน เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ คำแนะนำเพิ่ม (ด้วยวาจา หรือ แจ้งไว้ ณ สถานที่ทำงาน) ระบายวัสดุออก และ/หรือกำจัดสารตกค้างในพื้นที่นั้นออกให้หมด หากงานไหนมีสารที่เป็นอันตรายให้แยกงานนั้นออกจากงานอื่นเป็นกรณีพิเศษ ให้ยึดชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ได้ให้แน่นอย่าให้ขยับ เตรียมชุดอุปกรณ์กู้ภัย หรือเพื่อความช่วยเหลือให้พร้อม การเชื่อมในพื้นที่อันตรายที่สุดและมีแก๊สพิษมากที่สุด คือ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เคมี ควรมีการระบายอากาศที่ดี (ให้แน่ใจว่ามีอากาศบริสุทธิ์เพียงพอ) ใช้ชุดอุปกรณ์ช่วยหายใจส่วนบุคคล สวมชุดเสื้อผ้าที่ไม่ติดไฟ อย่าให้มีขวดแก๊สทรงกระบอกวางในบริเวณพื้นที่ ห้ามใช้ออกซิเจนในการระบายอากาศ หากเป็นไปได้การเชื่อมในถังที่มีแก๊สพิษ อย่าปล่อยให้ทำงานคนเดียวอย่างน้อยควรให้มีคนอื่นเห็นหรือสังเกตได้ และมีพัดลมดูดระบายอากาศ หากมีการเสี่ยงต่อไฟฟ้าดูด ให้ดำเนินการดังนี้ ใช้ฉนวนหุ้มจุดที่จะสัมผัสกับกระแสไฟฟ้า ใช้เครื่องเชื่อมที่มีเครื่องหมายสัญลักษณ์ S การเชื่อมในพื้นที่ที่จำกัด พื้นที่ที่ปราศจากอากาศธรรมชาติ หรือการระบายอากาศปริมาตรของอากาศน้อยกว่า ๑๐๐ ลูกบาศก์เมตร หรือมีขนาดมิติที่น้อยกว่า ๒ เมตร ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นที่จำกัด ได้แก่ แท็งก์ ถังพัก หม้อไอน้ำ ถังภาชนะท่อส่งน้ำ ท่อส่งน้ำมัน ท่อส่งแก๊ส ภายในเรือ เป็นต้น อันตรายที่เกิดจากการเชื่อมในบริเวณพื้นที่ที่จำกัด คือ การฟอร์มตัวหรือสะสมของสารอันตราย เช่น แก๊สไนตรัส ไอแก๊สเชื่อม การสะสมของแก๊สเชื้อเพลิง เช่น อะเซทิลีน หรือออกซิเจนมากเกินไป อันตรายที่เกิดจากควันและฝุ่นเชื่อม (Welding Fumes & Welding Dusts)

เป็นส่วนที่มีขนาดเล็กระดับจุลภาคที่ติดเข้าไปกับลมหายใจ และสะสมอยู่ในช่องว่างของปอดจนกระทั่งปอดอักเสบ จนถึงขั้นเป็นมะเร็งในปอด อาการไข้ที่เกิดจากควันของโลหะเป็นอันตรายที่สูงสุดอันหนึ่งในงานเชื่อม ที่เกิดจากการเปลี่ยนรูปฟอร์มออกไซด์ของโลหะประเภทต่าง ๆ เช่น สังกะสีออกไซด์ สำหรับโลหะเคลือบผิวเป็นที่รู้จักดีของช่างเชื่อม ถ้ามีผู้รับเข้าไปจะมีอาการภายหลังจากรับไม่กี่ชั่วโมงและจะเกิดอาการป่วยตามมาสำหรับรายการของควันที่เกิดขึ้นจะสะสมในร่างกาย จะทำให้ร่างกายเกิดอาการต่าง ๆ เช่น สารแคลเซียมฟลูออไรด์ (CaF_2) ที่ละเอียดอ่อน สารตัวนี้จะเกิดขึ้นจากสารพอกหุ้มแกนลวดเชื่อมที่เป็นด่าง (Basic Coated Lime-Fluoride or Low-Hydrogen) จะเป็นสารอันตรายตัวหนึ่งซึ่งจะไม่ละลายตัวในสภาวะปกติแต่มีปฏิกิริยาสูงเมื่อผสมกับบรรยากาศที่มีความชื้น จะเกิดกรดไฮโดรฟลูออริค (HF) สูงมากขึ้นซึ่งสารตัวนี้เป็นพิษ แก๊ส (Gases) อาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างการปฏิบัติงาน ในบางครั้งอาจเกิดแก๊สขึ้นหลายชนิด ซึ่งจะมีผลกระทบอย่างหนึ่งอย่างใดขึ้นได้ ดังรายการต่อไปนี้ ก่อให้เกิดการอักเสบที่ปอด (Inflammation of the Lung) น้ำท่วมปอด (Pulmonary Edema) ปอดบวม และมีน้ำสะสม สูญเสียการยืดหยุ่นของปอด (Bronchitis) หลอดลมอักเสบเรื้อรัง (Chromic Bronchitis) ทำให้เป็นลมและสลบได้ (Asphyxiation) ในเบื้องต้นที่ทำให้เกิดแก๊สพิษขึ้นจากการเชื่อม คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ โอโซน และออกไซด์ของไนโตรเจน (Nitric Oxide and Nitrogen Dioxide) จากลักษณะดังกล่าวจะเกิดแก๊สพิษได้สูงมากดังนั้นจะต้องมีการระมัดระวังป้องกัน อาการไข้เนื่องจากไอระเหยของโลหะ (Metal fume fever) เกิดขึ้นในผู้ป่วยที่ได้รับไอระเหยของออกไซด์สังกะสี (Zinc oxide fume) มากเกินไป อาการที่เกิดขึ้นจะคล้ายกับอาการของไข้หวัดใหญ่ โดยปกติจะเกิดอาการขึ้นหลังจากได้รับไอระเหยไปแล้วหลายชั่วโมงอาจจะมีอาการไข้ หนาวสั่น เจ็บแสบคอ กระหายน้ำ ปวดกล้ามเนื้อหรืออ่อนเพลีย เจ็บกระเพาะอาหารและลำไส้ คลื่นไส้อาเจียน อาการเหล่านี้จะบรรเทาลงภายในหนึ่งถึงสามวันหลังจากได้รับไอระเหยและไม่มีผลตกค้าง อาการเนื่องจากการได้รับโอโซนมากเกินไป

(Exposure to zone) การเชื่อมโลหะด้วยระบบ MIG/MAG หรือพลาสมา จะก่อให้เกิดแก๊สโอโซนและจะเกิดมากในการเชื่อมด้วยระบบ TIG หากมีการสูดดมแก๊สนี้ในปริมาณมากเกินไปอาจจะมีอาการน้ำมูกไหลมาก ปวดศีรษะ ง่วงนอน เซื่องซึม ระคายเคืองตา หรือระคายเคืองทางเดินหายใจหรืออาจทำให้ทางเดินหายใจอักเสบได้ หากอาการรุนแรงอาจจะมีของเหลวหรือเลือดคั่งในปอด แต่อย่างไรก็ตามอาการระคายเคืองเหล่านี้อาจจะไม่เกิดทันทีทันได อาการเนื่องจากการได้รับไนโตรเจนออกไซด์มากเกินไป (Exposure to nitrogen oxide) ไนโตรเจนออกไซด์ประกอบด้วยไนตริกออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่ได้จากการเชื่อมอาร์ก เมื่อได้รับไนโตรเจนออกไซด์จะมีการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจคล้ายกับการได้รับโอโซน มักจะไม่เกิดอาการทันที แต่อาจจะมีผลทำให้มีของเหลวในปอดหรือมีอาการน้ำท่วมปอด ในเวลาไม่กี่ชั่วโมงหลังจากหยุดการรับไอระเหยนอกจากไนโตรเจนออกไซด์แล้ว ในการเชื่อมโลหะยังก่อให้เกิดแก๊สที่เป็นอันตรายอีกหลายชนิด เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มักจะใช้ในการเชื่อมแม็ก (MAG) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะเป็นอันตรายหากทำการเชื่อมในที่อับอากาศหรือสถานที่คับแคบซึ่งมีการระบายอากาศไม่พอเพียง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะเข้าไปแทนที่ออกซิเจนทำให้บริเวณการเชื่อมนั้นขาดออกซิเจน และสามารถทำให้ช่างเชื่อมหมดสติได้โดยไม่รู้ตัว แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สชนิดนี้เกิดขึ้นจากการใช้แก๊สปกป้องเมื่อทำการเชื่อมแม็ก (MAG) เช่นกัน และจะมีอยู่ในบริเวณที่ทำการเชื่อม และเมื่อบริเวณนั้นมีการระบายอากาศที่ไม่ดีพอ ช่างเชื่อมจะมีโอกาสได้รับแก๊สพิษนี้ในปริมาณสูง การได้รับแก๊สชนิดนี้มากเกินไปจะก่อให้เกิดอาการง่วงซึม ปวดศีรษะอาเจียน และอาจหมดสติได้

๒.๓ การใช้เครื่องมือวัด

เครื่องมือวัด (Measuring Tool) คือ เครื่องมือสำหรับใช้ในการวัดเพื่อบ่งชี้บอกระยะหรือขนาดในการกำหนดตำแหน่ง ตรวจสอบระยะหรือขนาดความกว้าง ความยาว ความสูงหรือความหนาของวัสดุชิ้นงาน ฯลฯ เครื่องมือวัดมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีลักษณะ รูปร่างที่แตกต่างกันตามประโยชน์ใช้งานตามตัวอย่าง ดังนี้

ฟุตเหล็ก หรือบรรทัดเหล็ก (Stainless Steel Ruler) ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ทนต่อการสึกหรอ และคราบน้ำมัน ใช้วัดขนาดที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก

บรรทัดฉาก (เหล็ก) ใช้สำหรับวัดมุมของชิ้นส่วนเพื่อให้ได้ฉาก ๙๐ องศา นำมาใช้ในงานประกอบโลหะ และงานประกอบโครงสร้าง

ตลับเมตร (Measurement tape) ใช้สำหรับวัดขนาดหรือกำหนดขนาดอย่างหยาบๆ เช่น การวัดขนาดความยาว ความกว้างของชิ้นงาน เป็นต้น

เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper) ใช้วัดงานละเอียดได้ถึง ๐.๐๑ มม. หรือ ๐.๐๐๑ นิ้ว วัดได้ทั้ง วัดนอก วัดใน และวัดความลึก ระยะกว้างสุดวัดได้ถึง ๑๒๐ มม. หรือ ๖ นิ้ว

๒.๔ การใช้เครื่องมือทั่วไป

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าเครื่องมือ เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการปฏิบัติงานช่าง เพราะเครื่องมือเป็นสิ่งที่ช่วยผ่อนแรงในการทำงาน และช่วยให้งานสำเร็จตามเป้าหมาย เป็นที่ต้องการของผู้ใช้ โดยเราต้องรู้จักการใช้เครื่องมืออย่างถูกวิธี และการดูแลรักษาที่เหมาะสมกับชนิดของงานการใช้เครื่องมือจึงถือเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่สำคัญในการทำงานช่าง โดยเครื่องมือในงานช่างพื้นฐานโดยทั่วไปมีมากมายหลายชนิด เช่น ปากกาจับงาน ค้อน ตะไบ เป็นต้น

ปากกาจับงาน เป็นเครื่องมือสำหรับประกอบหรือใช้สำหรับการทำงาน โดยใช้จับชิ้นงานให้แน่นเพื่อความสะดวกต่อการปฏิบัติงานอื่น เช่น จับโลหะ ไม้ พลาสติก ฯลฯ ในการตัด เจาะ ขัด ตอก หรือตะไบ เป็นต้น ปากกาจับโลหะ ลักษณะการใช้ เป็นปากกาที่ยึดแน่นบนโต๊ะฝึกงาน ใช้สำหรับจับโลหะให้แน่นเพื่อตัด ขัด เจาะ ตะไบ เป็นต้น มีขนาดเล็ก ใหญ่ ทำด้วยเหล็กหล่อ ไม่ควรใช้ปากการองรับเหล็กเพื่อทุบ จะทำให้ปากกาหักได้ง่าย การบำรุงรักษาให้ทำความสะอาดทุกส่วนของปากกา ชโลมด้วยน้ำมันเพื่อป้องกันสนิม เมื่อเลิกใช้งาน ขันปากกาให้เข้าไปให้ชิด

ค้อน ก่อนใช้งานควรตรวจสอบความพร้อมของด้าม ความแน่นของด้ามจับ หลังใช้งานควรทำความสะอาด และเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

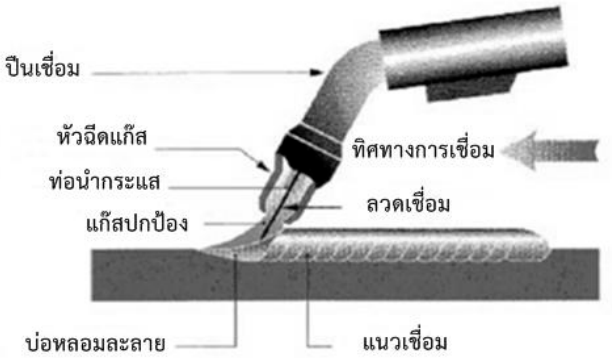
ตะไบ เป็นเครื่องมือตัดเฉือนที่มีประโยชน์มาก ซึ่งใช้ในการปรับลดขนาดชิ้นงาน ให้เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ปรับตกแต่งผิวงานให้เรียบ เพื่องานประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน หรือใช้ตกแต่งและซ่อมแซมชิ้นงาน การใช้งานและการบำรุงรักษา อย่าใช้ตะไบที่ไม่มีด้าม อย่าใช้ตะไบแทนค้อนหรือทำตกพื้นเพราะจะทำให้แตกหัก อย่าใช้น้ำมันหล่อลื่นทาตะไบ เพราะจะทำให้คมของตะไบลื่น เลือกใช้ตะไบให้เหมาะสมกับงาน ควรแยกตะไบออกจากเครื่องมือชนิดอื่น และไม่ควรเก็บกองรวมกัน ต้องเก็บไว้ในที่เก็บโดยเฉพาะ

๒.๕ การใช้เครื่องมือกล

เครื่องมือกล เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญ ในการปฏิบัติงานช่าง โดยเฉพาะงานที่ใช้เหล็กในขบวนการผลิต เป็นเพราะความจำเป็นในการต้องตัดตกแต่ง จึงต้องใช้เครื่องมือกลในการทำงานทั้งสิ้น ในการปฏิบัติงานเชื่อมเช่นกัน การใช้เครื่องมือกลในการตัดชิ้นงาน การเจียตกแต่งชิ้นงาน ล้วนแล้วแต่เป็นเครื่องมือกลทั้งสิ้น ดังนั้นเราจำเป็นต้องศึกษา ถึงขั้นตอน วิธีการใช้งาน วิธีการบำรุงรักษา ข้อควรระวังในการใช้งาน ให้ครอบคลุมทั้งหมดเพื่อการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

๒.๖ เครื่องเชื่อมอุปกรณ์และวงจรไฟฟ้า

การเชื่อมอาร์กโลหะโดยใช้แก๊สคลุม (MIG/MAG) เป็นกระบวนการเชื่อมแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยมีกระแสไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานในการให้ความร้อนในการเชื่อมซึ่งขั้วบวก (DC+ หรือ DCEP) จะถูกต่อเข้ากับหัวเชื่อม (Torch) และขั้วลบ (DC- หรือ DCEN) จะถูกต่อเข้าที่ชิ้นงาน (Base Metal) ทั้งนี้เพื่อให้การหลอมละลายที่สมบูรณ์ลวดเชื่อมจะถูกป้อนผ่าน Contact tube ซึ่งทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟเชื่อมไปที่ลวดเชื่อม จนทำให้เกิดการอาร์กขึ้น ความร้อนจากการอาร์กทำให้เกิดการหลอมละลายที่ชิ้นงาน (Molten Metal)และลวดเชื่อม ในขณะเดียวกันแก๊สปกคลุม (Gas shield) จะถูกส่งผ่านหัวฉีดแก๊ส (Nozzle) เพื่อปกคลุมบริเวณที่หลอมละลายจนเกิดเป็นรอยเชื่อม (Bead) ขึ้น ตามมาตรฐาน ISO ๔๐๖๓ กำหนดรหัสตัวเลขในกระบวนการเชื่อมนี้ คือ ๑๓๕

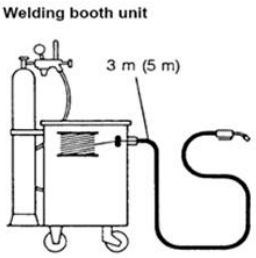


รูปที่ ๑๕ กระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (GMAW)

ในกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะโดยใช้แก๊สคลุม มีการออกแบบเครื่องเชื่อมและอุปกรณ์ประกอบอยู่หลายลักษณะ ดังนี้

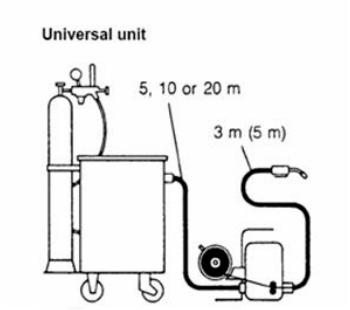
๒.๖.๑ เครื่องเชื่อมและอุปกรณ์ประกอบ (Welding machine) ที่ใช้ในงานเชื่อม MIG/MAG ถูกออกแบบเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน มีหลายรูปแบบ ดังนี้

Welding booth unit ถูกออกแบบให้ใช้งานในระยะการทำงานที่ไม่เกิน ๕ เมตร มีชุดป้อนลวดเชื่อมอยู่ภายในตัวเครื่อง ชุดปรับกระแสไฟและปรับความเร็วลวดเชื่อม อยู่บริเวณหน้าเครื่อง เหมาะกับทำงานในที่แคบและลึกกว่า ๓ เมตร



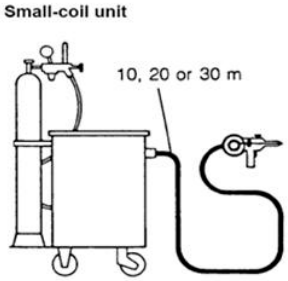
รูปที่ ๑๖ เครื่องเชื่อมมิก/แม็กแบบ Welding booth unit

Universal Unit ชุดป้อนลวดแบบแยกออกจากเครื่องเชื่อมออกแบบมาเพื่อใช้งานในบริเวณพื้นที่ทำการเชื่อมห่างจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า เช่น ลักษณะชิ้นงานโครงสร้างที่ยาวและซับซ้อน หรือบริเวณพื้นที่ที่ไม่สามารถนำเครื่องเชื่อมเข้าไปในบริเวณทำการเชื่อมได้ เป็นต้น ซึ่งสามารถนำชุดป้อนลวดเชื่อมไปยังบริเวณทำการเชื่อมได้โดยสะดวก



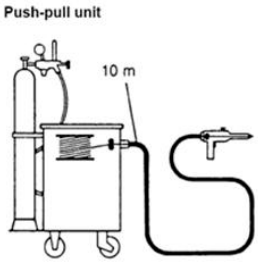
รูปที่ ๑๗ เครื่องเชื่อมมิก/แม็กแบบ Universal Unit

Small-coil Unit ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในงานซ่อมแซม หรือชิ้นงานเล็กๆ ในบริเวณแคบๆ และไม่สามารถนำเครื่องเชื่อมเข้าไปในบริเวณทำการเชื่อมได้



รูปที่ ๑๘ เครื่องเชื่อมมิก/แม็กแบบ Small-coil unit

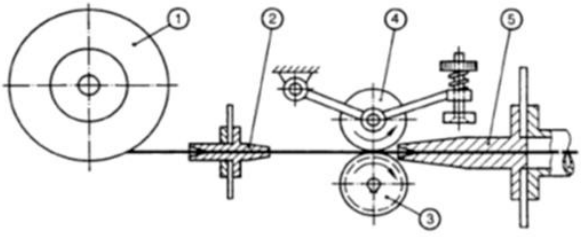
Push-pull Unit ได้ออกแบบเพื่อให้เหมาะสมกับการเชื่อมวัสดุที่ใช้ลวดเชื่อมที่มีความอ่อนตัวสูง ได้แก่ อะลูมิเนียม และการเชื่อมในบริเวณที่หัวเชื่อมห่างจากเครื่องเชื่อมมากๆ จึงต้องใช้ชุดป้อนลวดเชื่อมที่มีการดันที่เครื่องเชื่อมและดึงที่ปืนเชื่อม



รูปที่ ๑๙ เครื่องเชื่อมมิก/แม็กแบบ Push-pull unit

๒.๖.๒ ชุดป้อนลวดเชื่อม (Wire Feed Unit) มีความสำคัญมากในงานเชื่อม MIG/MAG ดังที่กล่าวมาแล้วว่ากระบวนการเชื่อมนี้เป็นการเชื่อมแบบกึ่งอัตโนมัติ ดังนั้นชุดป้อนลวดเชื่อมจำเป็นต้องมีความเที่ยงตรงสูง ชุดป้อนลวดเชื่อมที่ใช้กันในปัจจุบันมีด้วยกัน ๒ แบบ แบบที่หนึ่งคือแบบล้อขับสองล้อ แบบที่สองคือแบบล้อขับสี่ล้อ

ชุดป้อนลวดเชื่อมแบบล้อขับสองล้อ



รูปที่ ๒๐ ชุดป้อนลวดแบบสองล้อ

๑ ลวดเชื่อมแบบม้วน (Wire Electrode Coil)

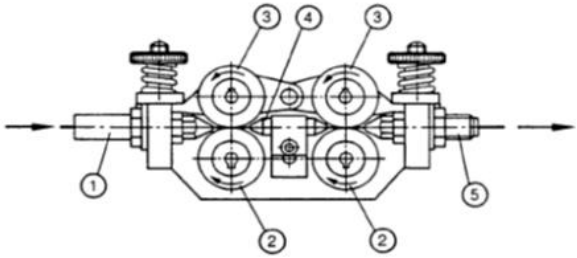
๒ ตัวนำลวด (Wire guide)

๓ ล้อขับลวด (Wire feed roller)

๔ ตัวปรับแรงกดลวด (Pressure roller)

๕ ตัวนำลวดเข้าสายเชื่อม (Wire lead-in nozzle)

ชุดป้อนลวดเชื่อมแบบล้อขับสี่ล้อ



รูปที่ ๒๑ ชุดป้อนลวดแบบสี่ล้อ

๑ ตัวนำลวด (Wire guide)

๒ ล้อขับลวด (Wire feed roller)

๓ ตัวปรับแรงกดลวด (Pressure roller)

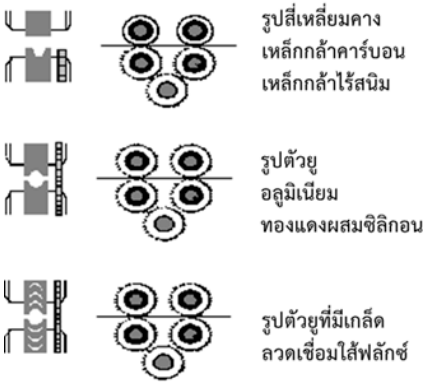
๔ ตัวนำลวด (Wire guide)

๕ ตัวนำลวดเข้าสายเชื่อม (Wire lead-in nozzle)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดป้อนลวดเชื่อมทั้งสองแบบ จะเห็นว่าชุดป้อนลวดเชื่อมแบบล้อขับสี่ล้อ สามารถขับลวดเชื่อมได้เสถียร ต่อเนื่อง และประคองลวดเชื่อมได้เป็นเส้นตรงไม่ทำให้ลวดเชื่อมเกิดการเสียหายขึ้นในระหว่างใช้งาน และความนิ่งในการป้อนลวดเชื่อมยังส่งผลให้เกิดความเสถียรในการส่งจ่ายกระแสไฟเชื่อมได้ดี เหมาะกับการเชื่อมอะลูมิเนียม และฟลักซ์คอร์ ส่วนชุดป้อนลวดเชื่อมแบบล้อขับสองล้อ เหมาะกับการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมเหล็กกล้า

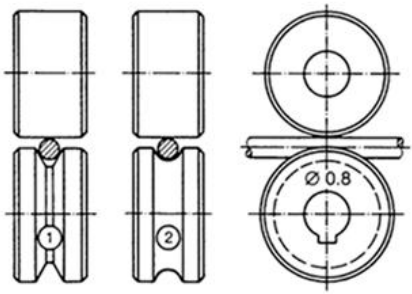
๒.๖.๓ ล้อขับลวดเชื่อม (Wire feed roller) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับขับลวดเชื่อม ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประกอบในชุดป้อนลวดเชื่อม ล้อขับลวดเชื่อมถูก

ออกแบบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของลวดเชื่อมที่ใช้ ถ้าใช้ลวดเชื่อมที่เป็นเหล็กเหนียว หรือเหล็กกล้าไร้สนิม ล้อขับลวดเชื่อมจะถูกออกแบบเป็นร่องรูปสี่เหลี่ยมคางหมูหรือร่องวี และถ้าใช้ลวดเชื่อมที่เป็นโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น อะลูมิเนียม ทองแดง แมกนีเซียม เราต้องเลือกใช้ล้อขับลวดเชื่อมที่ออกแบบเป็นรูปตัวยู และใช้ระบบป้อนลวดแบบล้อขับสี่ล้อ ถ้าใช้ลวดเชื่อมใส้ฟลักซ์ เราต้องเลือกใช้ล้อขับลวดเชื่อมที่ออกแบบเป็นรูปตัวยูที่มีเกล็ดอยู่ในร่องตัวยู เพื่อช่วยในการขับเคลื่อนลวดเชื่อมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น



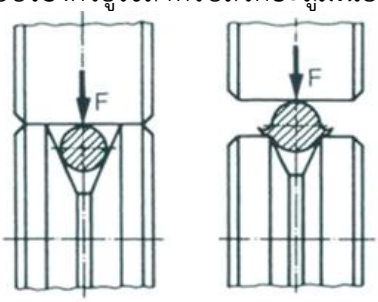
รูปที่ ๒๒ ล้อขับชนิดต่างๆ

วิธีการเลือกใช้ล้อขับลวดเชื่อมนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของลวดเชื่อมที่ใช้ ถ้าเลือกใช้ขนาดลวดเชื่อมขนาดเท่าไร ก็จะต้องเลือกใช้ขนาดของร่องล้อขับในขนาดเดียวกัน เช่น ถ้าเลือกใช้ลวดเชื่อมขนาด ๑.๒ มม. ต้องเลือกใช้ขนาดร่องล้อขับ ๑.๒ มม. ซึ่งจะเขียนไว้ที่ด้านข้างของล้อขับ และถ้าเลือกใช้ไม่ถูกต้องจะทำให้ลวดเชื่อมเสียหายและทำให้ผลของการเชื่อมมีประสิทธิภาพน้อยลง



รูปที่ ๒๓ วิธีการใช้ล้อขับลวดเชื่อมอย่างถูกต้อง

๑ ล้อขับลวดแบบร่องตัววีใช้สำหรับลวดเหล็กกล้า
๒ ล้อขับลวดแบบร่องตัวยูใช้สำหรับลวดอะลูมิเนียม



รูปที่ ๒๔ วิธีการใช้ล้อขับลวดเชื่อมที่ไม่ถูกต้อง

๒.๖.๔ หัวเชื่อมในกระบวนการเชื่อมมิก/แม็ก ถูกออกแบบเพื่อใช้ในการเชื่อมแบบต่อเนื่องและเป็นเวลานาน ในกรณีที่ทำการเชื่อมที่ใช้กระแสไฟไม่สูงมากและใช้เวลาไม่นาน หัวเชื่อมจะถูกออกแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ แต่ในกรณีที่ทำการเชื่อมกระไฟสูง ๒๐๐ แอมป์ ขึ้นไป และใช้เวลาในการเชื่อมนาน หัวเชื่อมจะถูกออกแบบระบายความร้อนด้วยด้วยน้ำ ซึ่งใช้น้ำสะอาดผสมน้ำหล่อเย็น

รูปที่ ๒๕ หัวเชื่อมแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

รูปที่ ๒๖ หัวเชื่อมแบบระบาย
ความร้อนด้วยอากาศ

๒.๖.๕ ระบบไฟฟ้าที่ใช้กันทั่วไปตามบ้าน หลอดไฟและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไปใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ๑ เฟส ๒ สาย แรงดัน ๒๒๐ โวลต์ ความถี่ ๕๐ เฮิรตซ์ โดยสายไฟ ๒ สายที่ใช้กันตามบ้านนี้ สายหนึ่งจะมีกระแสไฟฟ้าเรียกว่าสายเคอร์เรนต์ (current line) ส่วนอีกสายหนึ่งจะเป็นสายที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่หรือเรียกว่าสายนิวทรัล (neutral line) การทดสอบว่ามีกระแสไฟฟ้าในวงจรหรือไม่เราต้องตรวจสอบโดยใช้ไขควงทดสอบไฟ หรือใช้โวลต์มิเตอร์ หรืออาจวัดด้วยหลอดไฟ

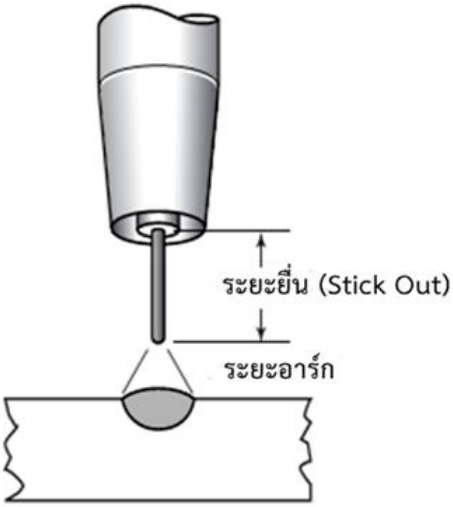
ระบบไฟฟ้า ๓ เฟสเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับมี ๓ เฟส (๓ Phase) ๔ สาย แรงดัน ๓๘๐ โวลต์ ความถี่ ๕๐ เฮิรตซ์ โดยที่ ๓ สายจะเป็นสายที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยทั่วไประบบไฟฟ้า ๓ เฟส เป็นระบบไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องจักรต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่เพราะเครื่องจักรเหล่านี้มัก

มีขนาดใหญ่จึงต้องการแรงดันไฟฟ้าที่สูง การต่อไฟฟ้าเข้ากับเครื่องจักร จะต้องทำการบาลานซ์เฟส (Balance Phase) เพื่อไม่ให้กระแสไหลในเฟสใดเฟสหนึ่งมากเกินไป เพื่อป้องไฟฟ้าลัดวงจร และลดการสูญเสียในสาย

๒.๗ เทคโนโลยีการเชื่อม

กระบวนการเชื่อมต่างๆ ในปัจจุบันได้พัฒนาโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการเชื่อมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะโดยใช้แก๊สคลุม ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อมแบบกึ่งอัตโนมัติ เทคโนโลยีที่มีส่วนช่วยในการปรับปรุงกรรมวิธีการเชื่อม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

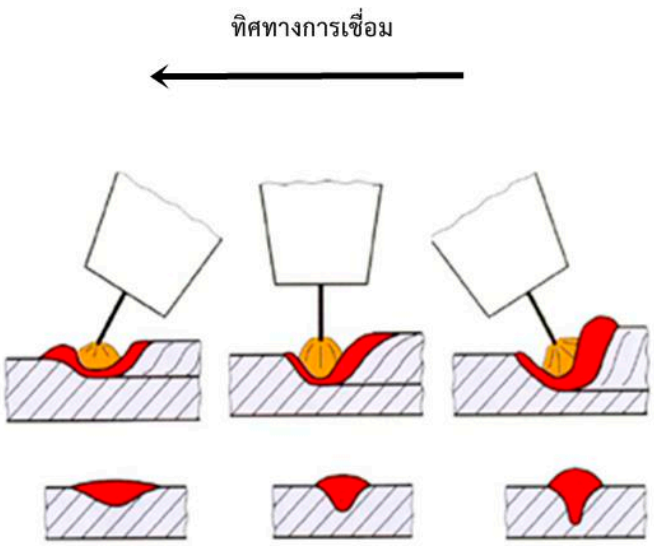
๒.๗.๑ การปรับตั้งระยะจากท่อนำลวดเชื่อมถึงชิ้นงาน (Contact tube to work piece distance) ในการเชื่อมอาร์กโลหะโดยใช้แก๊สคลุม (GMAW) การปรับตั้งระยะจากท่อนำลวดเชื่อมถึงปลายลวดเชื่อม ซึ่งเรียกว่าระยะยื่น (Stick Out) เป็นระยะที่ช่างเชื่อมสามารถมองเห็น ไม่นับรวมระยะอาร์ก นับว่ามีความสำคัญมากในการเชื่อมด้วยกระบวนการนี้ อย่างที่กล่าวมาแล้วว่าท่อนำลวดเชื่อมเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่จ่ายกระแสไฟในการเชื่อม ทำมาจากทองแดงหรือทองแดงผสม มีสมบัตินำกระแสไฟได้ดี ดังนั้นการตั้งระยะส่งผลต่อค่ากระแสไฟเชื่อม และจะส่งผลกระทบต่อชิ้นงานเชื่อม ดังนั้นในการตั้งระยะจะมีค่าที่กำหนดไว้เพื่อให้ประสิทธิภาพในการเชื่อมสูงสุด



รูปที่ ๒๗ ระยะยื่น (Stick Out)

การกำหนดระยะยื่น (Stick Out) ถ้าระยะยื่นยาว ลวดเชื่อมจะเพิ่มความต้านทานกระแสไฟเชื่อม ทำให้ค่ากระแสไฟเชื่อมลดลง ส่งผลให้รอยเชื่อมเกิดการหลอมละลายลดลง และเกิดการหลอมละลายเนื้อโลหะเชื่อมที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete Fusion) ในทางกลับกัน ถ้าระยะยื่นสั้น ลวดเชื่อมจะลดความต้านทานกระแสไฟเชื่อม ทำให้ค่ากระแสไฟเชื่อมเพิ่มขึ้น ส่งผลให้รอยเชื่อมเกิดการหลอมละลายสูงขึ้นเช่นกัน ระยะยื่นที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง ๑๐-๒๐ มิลลิเมตร

๒.๗.๒ การปรับตั้งมุมหัวเชื่อมกับชิ้นงาน ในการเชื่อม MIG/MAG ทิศทางการเชื่อมและการปรับตั้งมุมหัวเชื่อมมีความสำคัญกับผลของการเชื่อมเป็นอย่างมาก การเชื่อม MIG/MAG สามารถทำการเชื่อมได้ทุกทิศทาง ไม่ว่าจะเชื่อมแบบเดินหน้าหรือถอยหลัง เชื่อมขึ้นหรือเชื่อมลง แต่ผลของการเชื่อมจะแตกต่างกัน ซึ่งจะกล่าวต่อไป



รูปที่ ๒๘ การตั้งมุมหัวเชื่อมในการเชื่อม

ตารางที่ ๓ แสดงผลของการปรับตั้งมุมหัวเชื่อม

ตำแหน่งของหัวเชื่อม	การเชื่อมเดินหน้า	หัวเชื่อมตั้งตรง	การเชื่อมถอยหลัง
การหลอมลึก	ตื้น	ปานกลาง	ลึก
การเชื่อมแนวราก	ดีเยี่ยม	ปานกลาง	แย่
การอาร์กเสถียร	แย่	ปานกลาง	ดีเยี่ยม
การเกิดสะเก็ดเชื่อม	มาก	ปานกลาง	น้อย
ความกว้างแนวเชื่อม	กว้าง	ปานกลาง	แคบมาก

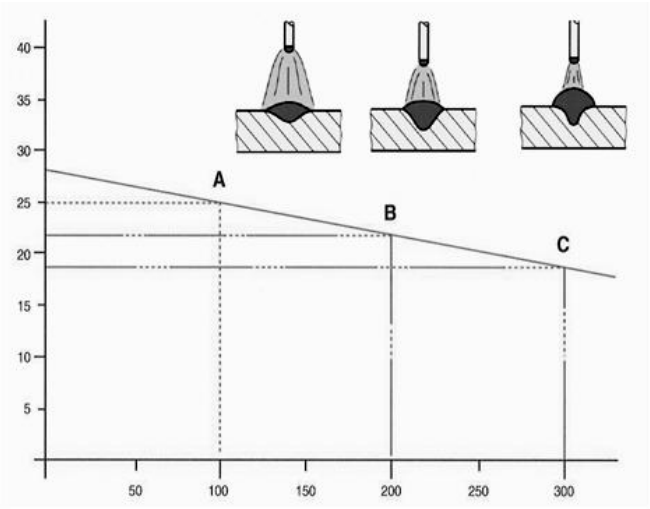
เทคนิคการเชื่อมแบบเดินหน้ารูปซ้ายมือ จะเห็นว่าแนวเชื่อมกับลวดเชื่อมจะทำมุมน้อยกว่า ๙๐ องศา และมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ลักษณะการเชื่อมแบบนี้จะทำให้เกิดรอยซึมลึกเล็กน้อยและทำให้ขนาดความกว้างของรอยเชื่อมมากกว่าการเดินถอยหลัง และสามารถทำการเชื่อมได้เร็ว

กว่าการเชื่อมแบบถอยหลัง เทคนิคการเชื่อมแบบถอยหลังรูปขวามือ จะเห็นว่าแนวเชื่อมกับลวดเชื่อมจะทำมุมมากกว่า ๙๐ องศา และมีทิศทางการเคลื่อนที่แบบถอยหลัง ลักษณะการเชื่อมแบบนี้จะทำให้เกิดรอยซึมลึกมาก และทำให้ขนาดความกว้างของรอยเชื่อมแคบกว่าการเชื่อมแบบเดินหน้า และสามารถทำการเชื่อมได้ช้ากว่าเชื่อมแบบเดินหน้า

๒.๗.๓ หลักการทำงานของเครื่องเชื่อมอาร์กโลหะโดยใช้แก๊สคลุม เครื่องเชื่อมที่ใช้เป็นเครื่องเชื่อมชนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าคงที่ (Constant Voltage : CV) กระแสตรงกลับขั้ว (DCEP หรือ DC+) ซึ่งแรงเคลื่อนทางออกจะคงที่ตลอดเวลาไม่ว่ากระแสไฟเชื่อมจะเปลี่ยนไปอย่างไร เครื่องเชื่อมจะเพิ่มหรือลดพลังงานในการเชื่อมโดยปรับปริมาณของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้ มีทั้งชนิดหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเรียงกระแส และชนิดอินเวอร์เตอร์แบบดิจิตอล มีขนาดตั้งแต่ ๑๕๐ – ๑๐๐๐ แอมแปร์ รอบการทำงาน (Duty cycle) ๖๐ – ๑๐๐ % ถ้ารอบการทำงานของเครื่องเชื่อมขนาด ๒๐๐ แอมป์ ที่ ๖๐% หมายถึง ถ้าใช้กระไฟเชื่อม ๒๐๐ แอมป์ สามารถเชื่อมได้ต่อเนื่องนาน ๖ นาที และพัก ๔ นาที ในช่วงเวลา ๑๐ นาที การเลือกใช้เครื่องเชื่อมแม็กจะขึ้นอยู่กับขนาดความโตของลวดเชื่อม

รูปที่ ๒๙ เครื่องเชื่อมอาร์กโลหะโดยใช้แก๊สคลุม

เครื่องเชื่อมอาร์กโลหะโดยใช้แก๊สคลุมจะใช้เครื่องเชื่อมชนิดแรงเคลื่อนคงที่ (CV) การทำงานของเครื่องเชื่อมชนิดนี้สามารถอธิบายหลักการทำงานโดยใช้เส้นกราฟสมรรถนะ (Characteristic Curve) โดยแกนตั้งแสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) และแกนนอนแสดงค่าของกระแสไฟฟ้า (Amperage)

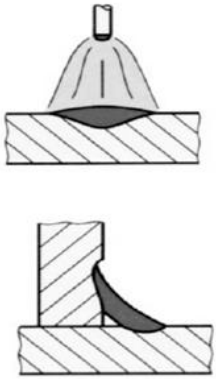


รูปที่ ๓๐ เส้นกราฟสมรรถนะ เครื่องเชื่อมชนิดแรงเคลื่อนคงที่ (constant voltage cv)

จากรูปแสดงการทำงานของเครื่องเชื่อมชนิดแรงเคลื่อนคงที่ จะเกิดลักษณะการอาร์กขึ้น ๓ ลักษณะ บริเวณจุด A ,B และ C ซึ่งเกิดความแตกต่างในระหว่างการเชื่อมอย่างมาก โดยปกติเครื่องเชื่อมชนิดนี้ สามารถปรับค่าตัวแปรหลักสองตัว ได้แก่ ค่าแรงเคลื่อนกับค่ากระแส จากรูปจะอธิบายการทำงานแบบความเร็วในการป้อนลวดเชื่อมเปลี่ยนแปลงในขณะที่แรงเคลื่อนคงที่

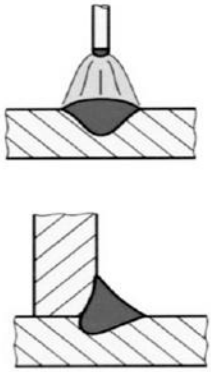
จุด A เป็นการเชื่อมแบบระยะอาร์กยาว (Long Arc) การเชื่อมลักษณะนี้เกิดจากการปรับความเร็วในการป้อนลวดเชื่อมช้าหรือโวทต์สูงกว่าปกติ ลวดเชื่อมจะถูกหลอมละลายได้ดีทำให้ระยะในการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงานยาวขึ้น จะมีข้อดีในการเชื่อมในแนวทับหน้า เพราะระยะอาร์กที่ยาวจะทำให้ความกว้างของแนวเชื่อมและเกิดการหลอมละลายระหว่างชิ้นงานกับลวดเชื่อมดีขึ้น แต่มีข้อเสียบางประการคือ ในบางลักษณะงานอาจเกิดข้อบกพร่องแบบรอย

กัดแหว่ง (Undercut) และมีสะเก็ดเชื่อม (Spatter) เพราะการปรับตัวแปรการเชื่อมแบบนี้จะทำให้ค่าแรงเคลื่อนสูง และค่ากระแสต่ำ



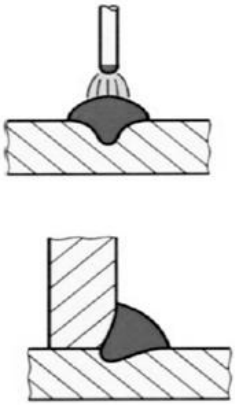
รูปที่ ๓๑ ระยะอาร์กปกติ (Medium Arc)

จุด B เป็นการเชื่อมแบบระยะอาร์กปกติ (Medium Arc) การเชื่อมลักษณะนี้เกิดจากการปรับความเร็วในการป้อนลวดเชื่อมปกติ ลวดเชื่อมจะถูกหลอมละลายได้ดี ทำให้ระยะในการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงานปกติ ลักษณะดังกล่าวนี้จะมีข้อดีคือเกิดการซึมลึกดีขึ้น แนวเชื่อมแคบกว่าแบบระยะอาร์กยาว สะเก็ดในการเชื่อมลดลง สามารถทำการเชื่อมชิ้นงานได้ทุกลักษณะและทุกรอยต่อ



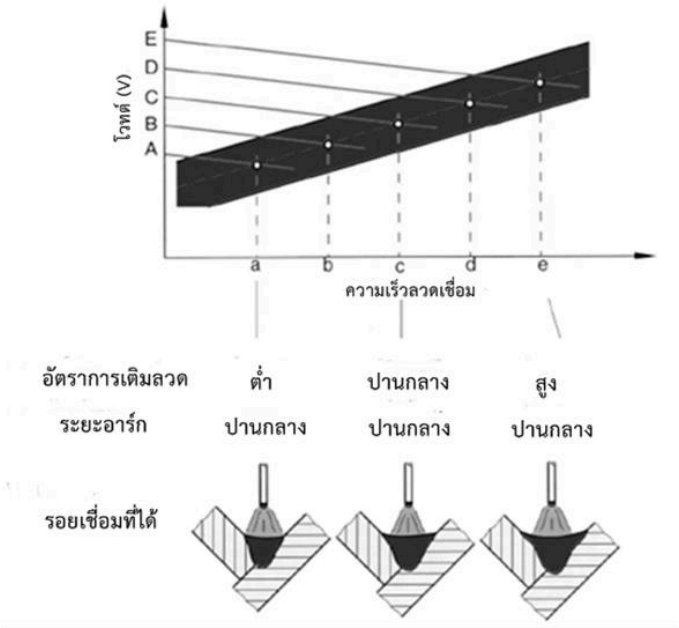
รูปที่ ๓๒ ระยะอาร์กปกติ (Medium Arc)

จุด C เป็นการเชื่อมแบบระยะอาร์กสั้น (Short Arc) การเชื่อมลักษณะนี้เกิดจากการปรับความเร็วในการป้อนลวดเชื่อมเร็วกว่าปกติ ลวดเชื่อมจะถูกหลอมละลายช้ากว่าปกติ ทำให้ระยะอาร์กระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงานสั้นลง ลักษณะดังกล่าวนี้ จะมีข้อดีในการเชื่อมที่มีร่องแคบ (Bridge) เพราะระยะอาร์กที่สั้นจะทำให้การอาร์กเข้าถึงบริเวณที่ต้องการให้เกิดการหลอมละลาย และเกิดการหลอมละลายระหว่างชิ้นงานกับลวดเชื่อมดีขึ้น แต่ก็มีข้อเสียบางประการคือ ในบางลักษณะงานอาจเกิดข้อบกพร่องแบบรอยเชื่อมนูน(Excessive Reinforcement) และเกิดสะเก็ดเชื่อม (Spatter) มากขึ้น เพราะการปรับตัวแปรที่ให้ค่ากระแสสูงจะทำให้ความเร็วในการป้อนลวดเชื่อมมากกว่าปกติ เป็นเหตุให้เกิดความนูนของรอยเชื่อมมากกว่าปกติ



รูปที่ ๓๓ ระยะอาร์กสั้น (Short Arc)

๒.๗.๔ อัตราการเติมเนื้อเชื่อม (Rate of Deposition) ในการเชื่อมแบบการเชื่อมอาร์กโลหะโดยใช้แก๊สคลุม จะมีข้อดีในการเชื่อมและนิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมต่างๆ คือมีอัตราในการเติมเนื้อเชื่อมสูง ซึ่งในการปรับตัวแปรในการเชื่อมจะคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนกับกระแสไฟเชื่อม การเพิ่มอัตราการเติมลวดเชื่อมจะต้องปรับตัวแปรดังกล่าวให้สัมพันธ์กันเพื่อให้การเชื่อมมีประสิทธิภาพสูงสุด การเพิ่มความเร็วลวดเชื่อมและแรงเคลื่อนจะเป็นการเพิ่มอัตราการเติมลวดเชื่อมด้วย



รูปที่ ๓๔ อัตราการเติมเนื้อเชื่อม (Rate of deposition)

๒.๗.๕ การคำนวณหาค่าแรงเคลื่อนในการเชื่อมอาร์กโลหะโดยใช้แก๊สคลุม (GMAW) เราสามารถคำนวณค่าแรงเคลื่อนด้วยการนำค่ากระแสไฟเชื่อมมาคำนวณโดยใช้สูตร Uw = ๑๔ + (๐.๐๕ x Iw)

โดย Uw = แรงเคลื่อนที่ใช้ในการเชื่อม (V) Iw = ค่ากระแสไฟเชื่อม (amp)

<u>ตัวอย่าง</u> ในการเชื่อมชิ้นงานเหล็กเหนียวโดยใช้กระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะโดยใช้แก๊สคลุม ช่างเชื่อมปรับกระแสไฟเชื่อม ๒๐๐ amp. อยากทราบว่าเครื่องเชื่อมจะใช้แรงเคลื่อนเท่าไรในการอาร์ก จากสูตร Uw = ๑๔ + (๐.๐๕ x Iw)

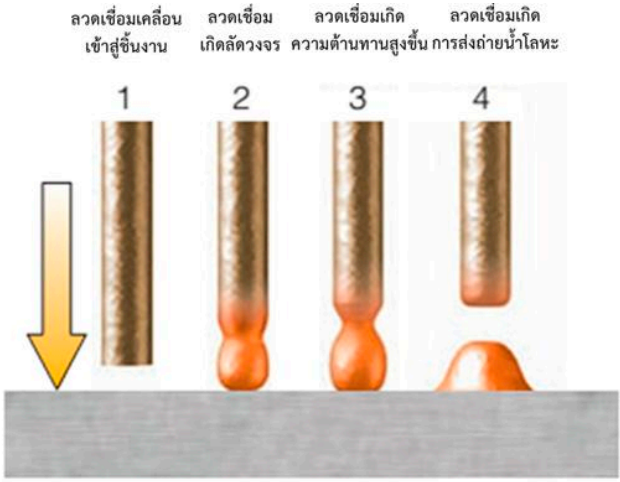
แทนค่า Uw = ๑๔+(๐.๐๕ x ๒๐๐)

= ๒๔ V

๒.๗.๖ การส่งถ่ายน้ำโลหะในงานเชื่อมแม็กแบบต่างๆ การส่งถ่ายน้ำโลหะ หมายถึง กระบวนการในการเปลี่ยนถ่ายลวดเติมเป็นน้ำโลหะสู่บ่อหลอม

ละลายจนเกิดเป็นรอยเชื่อม โดยทั่วไปจะมีการส่งถ่ายอยู่หลายแบบ ได้แก่ แบบจุ่ม (Short-Circuit) แบบก้อนโต (Globular) แบบพ่น (Spray) และแบบกระแสพัลส์ (Pulsed) การส่งถ่ายน้ำโลหะจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีองค์ประกอบคือ ชนิดของชิ้นงาน ส่วนผสมของธาตุในลวดเติม ขนาดของลวดเติม ค่ากระแสไฟเชื่อม ค่าแรงเคลื่อน ชนิดของแก๊สปกป้อง และตำแหน่งการเชื่อม

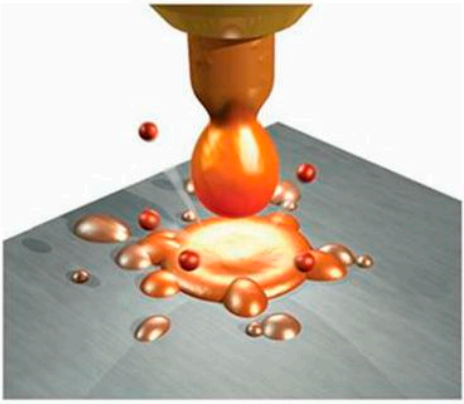
การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบจุ่ม (Short Circuit arc Transfer) เป็นการส่งถ่ายน้ำโลหะที่ลวดเชื่อมสัมผัสชิ้นงาน ใช้กระแสไฟเชื่อมและแรงเคลื่อนต่ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของลวดเชื่อม ซึ่งจากการทดลองโดยใช้ขนาดลวดเชื่อมที่ ๑.๐ มม. ใช้แก๊สผสมอาร์กอนกับคาร์บอนไดออกไซด์ ($Ar+Co_2$) ที่ปริมาณ ๘๒:๑๘ เปอร์เซ็นต์ พบว่าขนาดของค่ากระแสไฟเชื่อมไม่เกิน ๑๕๐ Amp. ในขณะที่แรงเคลื่อนประมาณไม่เกิน ๒๐ V. จะทำให้เกิดการส่งถ่ายน้ำโลหะจากปลายลวดเชื่อมสู่ชิ้นงานเป็นแบบจุ่ม



รูปที่ ๓๕ การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบจุ่ม (short circuit arc transfer)

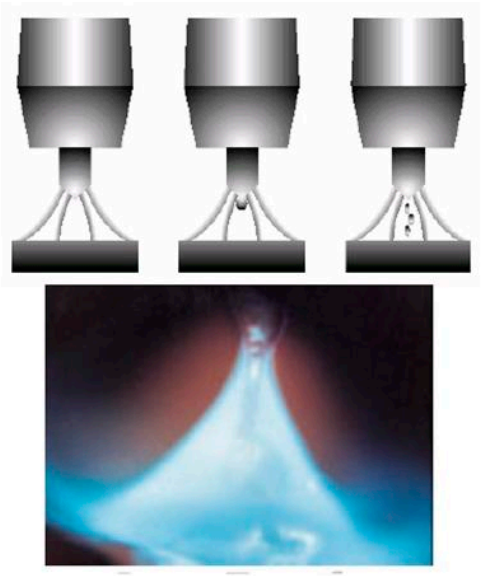
การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบก้อนโต (Globular arc Transfer) เป็นการส่งถ่ายน้ำโลหะที่ใช้กระแสไฟและแรงเคลื่อนที่มีค่าสูงกว่าการส่งถ่ายน้ำโลหะ

แบบจุ่ม และต่ำกว่าการส่งถ่ายน้ำโลหะแบบพ่น การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบนี้ จะเกิดหยดน้ำโลหะเป็นก้อนโตและมีสะเก็ดเชื่อมมาก การควบคุมการเชื่อมหรือการอาร์กยาก ส่วนใหญ่ในการเชื่อมแม็กเรามักจะหลีกเลี่ยงการเชื่อมที่มีการส่งถ่ายน้ำโลหะแบบก้อนโต



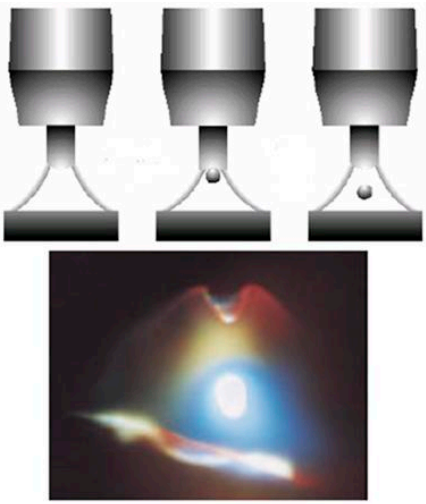
รูปที่ ๓๖ การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบก้อนโต (Globular arc transfer)

การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบพ่น (Spray arc Transfer) เป็นการส่งถ่ายน้ำโลหะที่ใช้กระแสไฟเชื่อมตั้งแต่ ๒๕๐ amp ขึ้นไป และค่าแรงเคลื่อน ๒๖.๕ V ขึ้นไป ซึ่งสูงกว่าการส่งถ่ายน้ำโลหะแบบก้อนโต การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบพ่นมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องคือ ขนาดของลวดเติมที่ไม่โตเกินไป ชนิดของแก๊สที่ใช้ปกคลุมต้องใช้แก๊สชนิดเฉื่อย ได้แก่ อาร์กอน ฮีเลี่ยม หรืออาจเป็นแก๊สผสม ระหว่างอาร์กอนกับออกซิเจน หรืออาร์กอนกับคาร์บอนไดออกไซด์

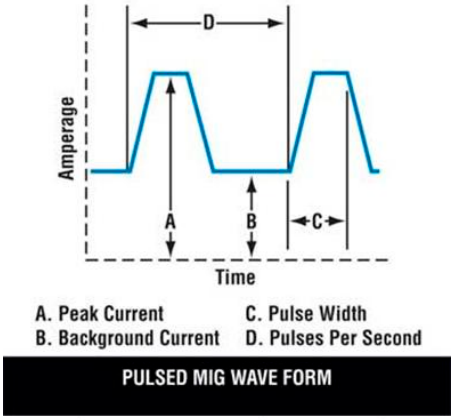


รูปที่ ๓๗ การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบพ่น (spray arc transfer)

การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบกระแสพัลส์ (Puls arc Transfer) เป็นการส่งถ่ายน้ำโลหะที่ใช้กระแสพัลส์ที่ผลิตจากเครื่องที่มีระบบอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาควบคุมการทำงาน โดยใช้ความถี่และค่ากระแสไฟเชื่อมที่มีค่าสูงและต่ำสลับกันไป รวมทั้งสามารถปรับตั้งค่ากระแสไฟเชื่อมและความถี่ได้ตามต้องการ ลักษณะเช่นนี้จะทำให้การส่งถ่ายน้ำโลหะเกิดขึ้นเป็นหยดเล็กๆ ต่อเนื่องกันในช่วงเวลาที่แน่นอน เกิดเป็นรอยเชื่อมที่สวยงาม และลดความร้อนที่เกิดกับชิ้นงานได้มาก



รูปที่ ๓๘ การส่งถ่ายน้ำโลหะแบบกระแสพัลส์ (Puls arc transfer)

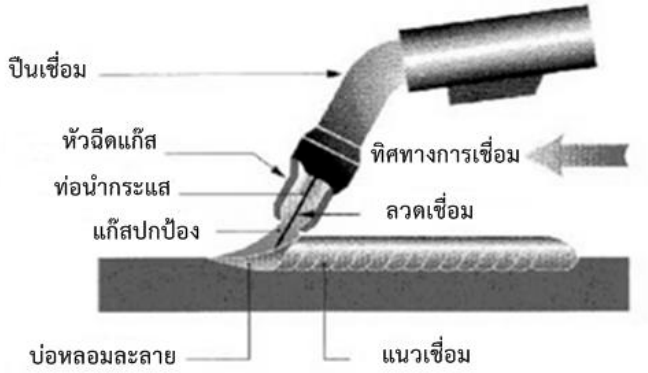


รูปที่ ๓๙ ลักษณะของคลื่นกระแสไฟเชื่อม
แบบกระแสพัลส์ (Puls arc transfer)

จากรูป จะเห็นลักษณะของคลื่นกระแสไฟเชื่อมช่วง A คือช่วงกระแสสูงสุด ช่วง B คือช่วงกระแสไฟต่ำสุด ช่วง C คือช่วงความกว้างของกระแสพัลส์ ช่วง D คือช่วงเวลาของกระแสพัลส์

๒.๗.๗ สมาคมการเชื่อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำจำกัดความของกระบวนการเชื่อมว่า “เป็นกระบวนการในการเชื่อมติดเนื้อวัสดุเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นการรวมตัวกันโดยการให้ความร้อนกับวัสดุด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสม อาจจะมีการใช้แรงดันร่วมด้วย หรืออาจจะใช้แรงดันเพียงอย่างเดียว และอาจจะใช้สารตัวเติมหรือลวดเชื่อมด้วยก็ได้” กระบวนการเชื่อมดังกล่าวที่ควรจะรู้ มีดังนี้

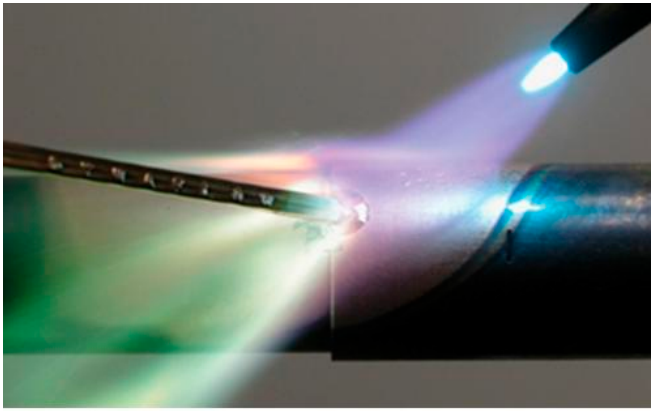
การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (GMAW) เป็นกระบวนการเชื่อมอาร์กแบบหลอมเหลว (Fusion Welding) ที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมที่มีลักษณะเป็นลวดตันที่ป้อนเข้าไปแบบต่อเนื่องกับชิ้นงาน ทำให้ลวดเชื่อมและชิ้นงานบริเวณการอาร์กเกิดการหลอมละลายรวมตัวกันเป็นรอยเชื่อม บริเวณการอาร์กจะได้รับการปกคลุมจากแก๊สที่จ่ายมาจากแหล่งกำเนิดภายนอก แบ่งออกตามชนิดของแก๊สคลุมได้ ๒ ชนิด คือ การเชื่อมมิก (Metal Inert Gas : MIG) ที่ใช้แก๊สเฉื่อย เช่น อาร์กอนหรือฮีเลียม หรือทั้งสองอย่างผสมกันมาใช้เป็นแก๊สปกคลุม อีกชนิดหนึ่งคือ การเชื่อมแม็ก (MAG : Metal Active Gas) จะใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สปกคลุม ปัจจุบันเป็นกระบวนการเชื่อมที่นิยมใช้กันมาก เพราะสามารถเชื่อมได้เร็วและต่อเนื่อง เมื่อเทียบกับกระบวนการเชื่อมอื่นๆ เช่น เชื่อมแก๊ส เชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ เชื่อมมิก/แม็ก และเชื่อมทิก งานเชื่อมแม็กยังเหมาะกับการเชื่อมพอกผิวแข็ง (Hard Facing) ในเหล็กบางอีกด้วย



รูปที่ ๔๐ การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม

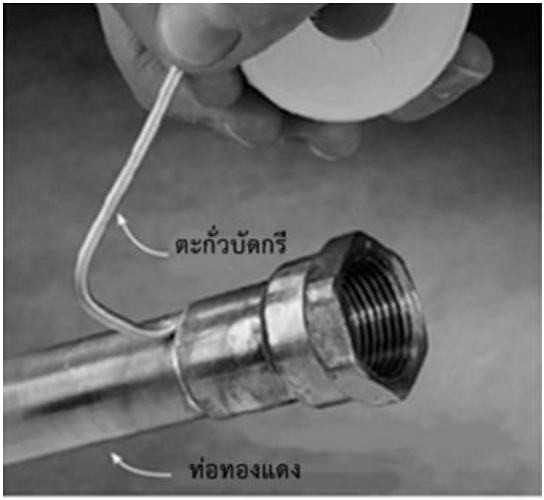
การเชื่อมแก๊ส (Gas Welding) อาศัยความร้อนจากการเผาไหม้ของแก๊สเชื้อเพลิง ได้แก่ แก๊สอะเซทีลีนกับแก๊สออกซิเจน อุณหภูมิของการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ให้ความร้อนสูง ๓,๒๐๐ องศาเซลเซียส และจะไม่มีเขม่าหรือควันในการเชื่อม จะใช้ลวดเติมหรือไม่ใช้ก็ได้ ลวดเติมมีลักษณะเปลือยเคลือบด้วยทองแดงกันสนิม

การแล่นประสานหรือการบัดกรีแข็ง (Brazing) คือกรรมวิธีการต่อโลหะตั้งแต่สองชิ้นหรือมากกว่า โดยที่โลหะนั้นเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ อุณหภูมิที่ใช้สูงกว่า ๔๕๐ องศาเซลเซียส แต่ชิ้นงานไม่หลอมละลายและมีโลหะเติม เช่น เงิน หรือโลหะผสม เช่น ทองเหลือง โลหะเติมจะมีอุณหภูมิสูงกว่า ๔๕๐ องศาเซลเซียส และต่ำกว่าจุดหลอมของโลหะชิ้นงาน



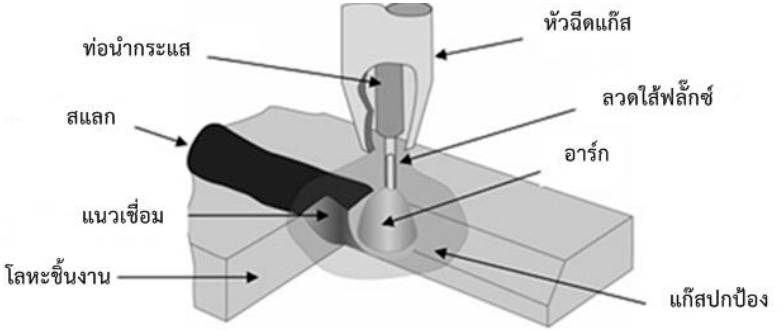
รูปที่ ๔๑ การแล่นประสานหรือการบัดกรีแข็ง(Brazing)

การบัดกรีอ่อน (Soldering) คือกรรมวิธีการต่อโลหะตั้งแต่สองชิ้นหรือมากกว่าเข้าด้วยกัน โดยที่โลหะนั้นจะเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ ให้ความร้อนแก่รอยต่อที่อุณหภูมิต่ำกว่า ๔๕๐ องศาเซลเซียส ใช้โลหะเติมที่เป็นโลหะที่มีอุณหภูมิหลอมเหลวต่ำ เช่นตะกั่ว หรือดีบุก เติมลงไปที่รอยต่อของชิ้นงาน โลหะเติมนี้จะหลอมละลายและแทรกตัวซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างรอยต่อด้วยปฏิกิริยาคาปิลารี (Capillary Action) ลักษณะงานที่ใช้การต่อโลหะด้วยการบัดกรีอ่อนได้แก่ งานบัดกรีท่อทองแดงสำหรับงานแรงดันต่ำ หรืองานที่มีอุณหภูมิการใช้งานไม่เกิน ๒๐๐-๓๐๐ องศาเซลเซียส หรืองานบัดกรีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ติดกับแผ่นวงจรพิมพ์ จากที่ได้กล่าวมาแล้วเพื่อให้เป็นที่เข้าใจมากยิ่งขึ้น อาจพอสรุปได้ว่าจุดสังเกตของการบัดกรีที่ต่างจากการเชื่อม คือชนิดของโลหะที่นำมาประสานรอยต่อ อุณหภูมิการปฏิบัติงาน รวมทั้งลักษณะการประสานของรอยต่อ เมื่อเรานำชิ้นงานที่ได้จากการบัดกรีมาตัดในแนวขวางของรอยต่อ เราจะเห็นได้ชัดเจนว่าในการต่อโลหะด้วยวิธีการบัดกรีนั้นโลหะชิ้นงานจะไม่หลอมละลาย



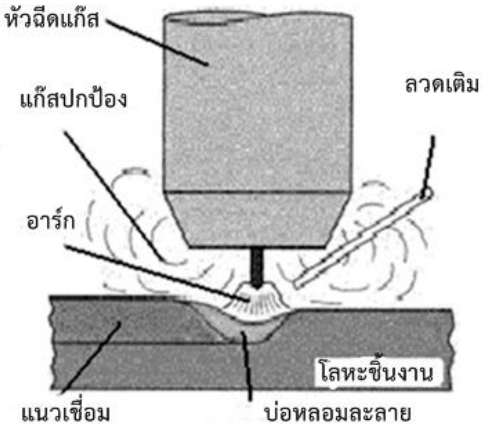
รูปที่ ๔๒ การบัดกรีอ่อน (Soldering)

การเชื่อมฟลักซ์คอร์ (FCAW) เป็นกระบวนการที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมที่มีฟลักซ์อยู่ในแกนกลาง ซึ่งป้อนเข้ามาอย่างต่อเนื่องกับชิ้นงาน บริเวณอาร์กจะมีแก๊สและสแลกปกคลุมแนวเชื่อมซึ่งเกิดจากการหลอมของฟลักซ์ในแกนลวดเชื่อม ถ้าต้องการแนวเชื่อมที่มีคุณภาพจะใช้แก๊สปกคลุมจากภายนอกมาช่วย เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือแก๊สผสม ระหว่างแก๊สอาร์กอนผสมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นกระบวนการเชื่อมที่ให้อัตราการเติมสูง



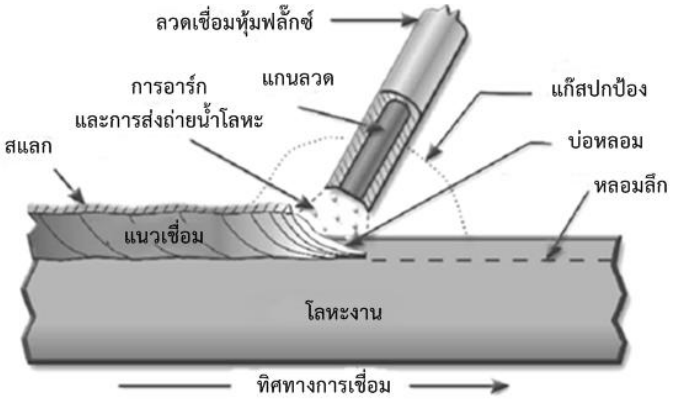
รูปที่ ๔๓ การเชื่อมฟลักซ์คอร์ (FCAW)

การเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม (GTAW) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการเชื่อมทิก (TIG) เป็นกระบวนการเชื่อมที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างแท่งทังสเตน (ไม่หลอมละลาย) กับชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานบริเวณการอาร์กหลอมละลายซึ่งจะเติมลวดเชื่อมหรือไม่เติมก็ได้ ในกระบวนการเชื่อมทิกใช้รหัสตามมาตรฐาน ISO ๔๐๖๓ คือ ๑๔๑



รูปที่ ๔๔ การเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม (GTAW)

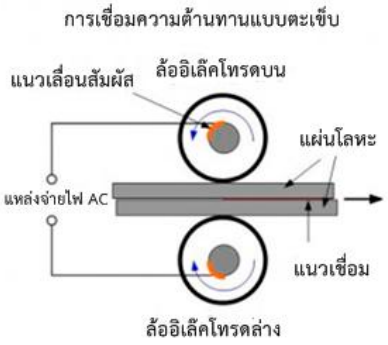
การเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ (MMAW) เป็นกระบวนการที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กของกระแสไฟฟ้าระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงาน ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้แรงกดเป็นพิเศษในการเชื่อม ลวดเชื่อมและชิ้นงานบริเวณการอาร์กจะหลอมละลายรวมตัวกันเป็นรอยเชื่อม ส่วนสารพอกหุ้มจะเกิดเป็นแก๊สและสแลกปกคลุมรอยเชื่อมจากบรรยากาศภายนอก ในการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือจะต้องควบคุมระยะอาร์กให้สม่ำเสมอตลอดการเชื่อม โดยใช้ระยะอาร์กเท่ากับขนาดความโตของแกนลวดเชื่อม การปรับตั้งกระแสไฟเชื่อมขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของลวดเชื่อม



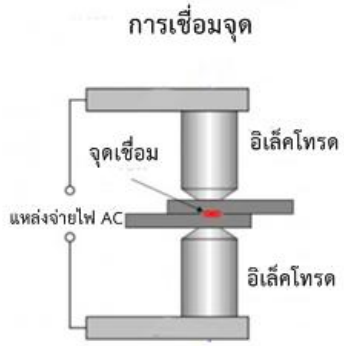
รูปที่ ๔๕ การเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ (MMAW)

การเชื่อมด้วยความต้านทาน (RW) เป็นกระบวนการเชื่อมโดยอาศัยความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าของตัวชิ้นงานเอง ทำให้เกิดความร้อนหลอมชิ้นงานบริเวณที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยใช้แท่งอิเล็กโทรดบนและล่างแล้วใช้แรงกดให้ชิ้นงานที่วางซ้อนกันเกิดความต้านทานจนร้อนใกล้จุดหลอมแล้วใช้แรงกด ความแตกต่างของงานเชื่อมแบบนี้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบงานเชื่อมและเครื่องจักรที่ใช้ ได้แก่ การเชื่อมเฟล็ซ (FW) การเชื่อมจุด (RSW) การเชื่อม

ตะเข็บ (RSEW) ส่วนการเชื่อมด้วยการเสียดสี (Friction Welding) ไม่จัดอยู่ใน การเชื่อมแบบความต้านทาน



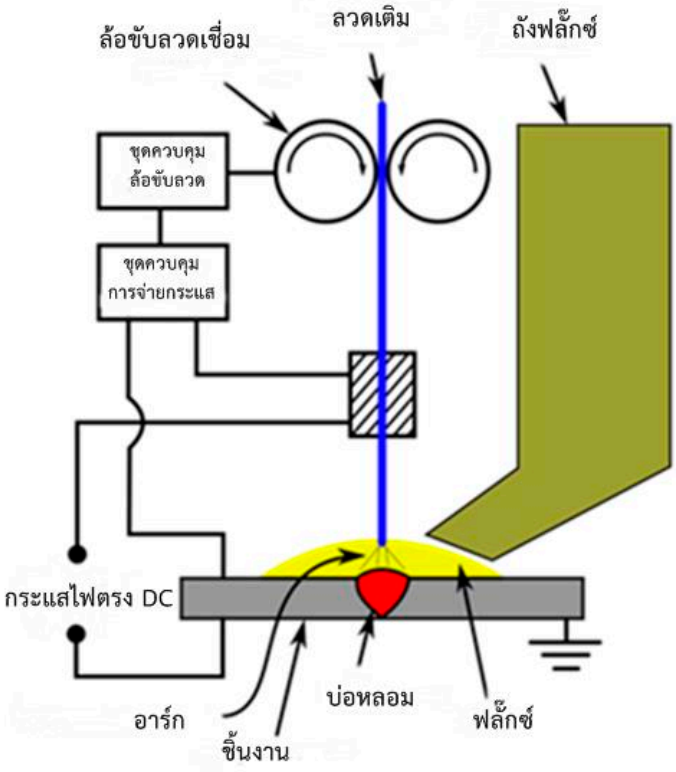
รูปที่ ๔๖ การเชื่อมด้วยความต้านทาน (RW)



รูปที่ ๔๗ การเชื่อมด้วยความต้านทาน (RW)

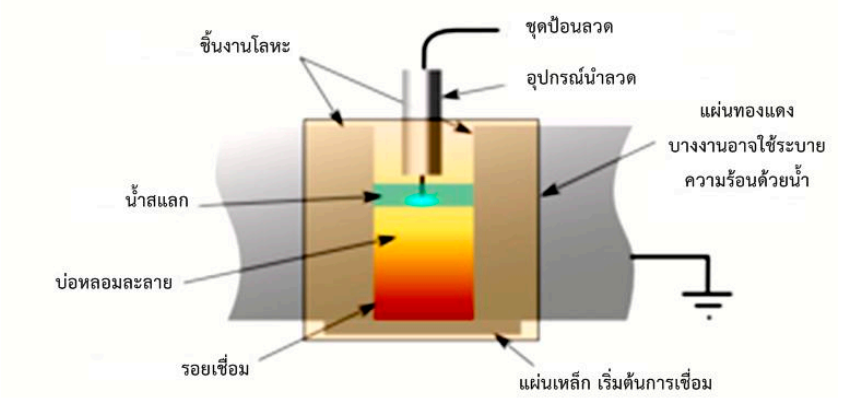
การเชื่อมในสถานะของแข็ง เป็นกระบวนการเชื่อมโดยการหลอมเนื้อโลหะเข้าด้วยกันที่อุณหภูมิเฉพาะ ซึ่งต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของเนื้อโลหะ อาจจะใช้แรงกดร่วมด้วยหรือไม่ก็ได้ เช่น การเชื่อมกดเย็น (CW) การเชื่อมกดเสียดทาน (FRW)

กระบวนการเชื่อมซับเมอร์จอาร์ก (SAW) เป็นกระบวนการเชื่อมอาร์กโดยใช้ผงฟลักซ์โรยนำหน้าบริเวณที่ทำการเชื่อม พร้อมกันนั้นลวดเชื่อมจะถูกป้อนโดยเครื่องเชื่อมผ่านชุดป้อนลวดเจาะผ่านผงฟลักซ์และทำการอาร์กภายใต้ผงฟลักซ์โดยใช้กระแสไฟเชื่อมสูง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ากระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์ เป็นกระบวนการเชื่อมอัตโนมัติเชื่อมได้เฉพาะท่าราบ และเป็นกระบวนการเชื่อมที่ให้อัตราการเติมสูง



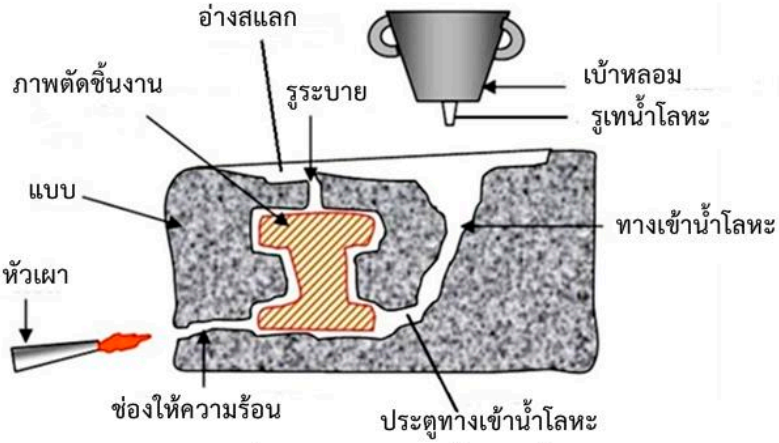
รูปที่ ๔๘ กระบวนการเชื่อมซับเมอร์จอาร์ก SAW

๒.๗.๘ กระบวนการเชื่อมอิเล็กโทรสแลก เป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมต่อเหล็กแผ่นหนา ซึ่งต้องเชื่อมในแนวตั้ง ลวดเชื่อมเป็นแบบม้วนมีชุดขับลวดเชื่อม และมีระบบระบายความร้อนของชิ้นงานเพราะใช้กระแสไฟเชื่อมสูงมาก และมีอัตราการเติมสูง



รูปที่ ๔๙ การเชื่อมอิเล็กโทรสแลก

๒.๗.๙ กระบวนการเชื่อมเทอร์มิก (Thermic Welding) เป็นกระบวนการเชื่อมต่อรางรถไฟ ในการเชื่อมต้องทำความสะอาดชิ้นงานให้ปราศจาก สนิม คราบน้ำมัน และสิ่งสกปรกต่างๆ จากนั้นเตรียมงานให้มีช่องว่างเพื่อเตรียมเทน้ำโลหะลงเบ้าหลอมตามรูป กระบวนการเชื่อมเทอร์มิก (Thermic Welding) ไม่ได้จัดอยู่ในกระบวนการเชื่อมด้วยแรงกด

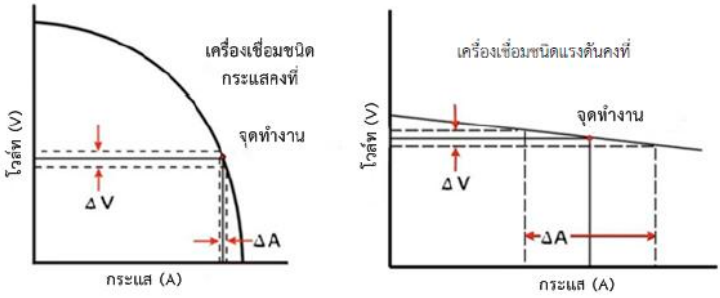


รูปที่ ๕๐ กระบวนการเชื่อมเทอร์มิก

๒.๗.๑๐ การเชื่อมโลหะที่ใช้ไฟฟ้าเป็นต้นกำเนิดความร้อนจะทำให้เกิดการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงาน สำหรับกระแสไฟบ้าน ๒๒๐ โวลต์ ไม่สามารถนำมาใช้กับการเชื่อมได้เนื่องจากขนาดแรงดันไฟฟ้าสูงเกินไป อาจจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ ในการเชื่อมไม่ต้องการแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงแต่ต้องการจำนวนกระแสไฟฟ้ามาก ดังนั้นเครื่องเชื่อมจะต้องมีลักษณะที่มีขนาดแรงดันไฟฟ้าอยู่ระหว่าง ๔๐-๑๐๐ โวลต์ (วงจรเปิดคือแรงดันไฟฟ้าขณะเริ่มจุดอาร์ก) แต่ขณะเชื่อมแรงดันไฟฟ้าอยู่ระหว่าง ๑๘-๓๔ โวลต์ กระแสเชื่อมสูง แต่แรงเคลื่อนต่ำและสามารถควบคุมขนาดกระแสเชื่อมได้ ปัจจุบันเครื่องเชื่อมได้มีการพัฒนาไปอย่างมาก ทั้งความสามารถในการใช้งาน การประหยัดกระแสไฟ ซึ่งเครื่องเชื่อมแต่ละแบบนั้นราคาแตกต่างกันมาก ดังนั้นผู้ใช้จะต้องมีความรู้ความเข้าใจทางเทคนิคของเครื่องเชื่อมแต่ละแบบอย่างชัดเจน จึงจะสามารถเลือกเครื่องเชื่อมที่มีอยู่ให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน ชนิดของเครื่องเชื่อมที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมงานเชื่อม ได้จัดแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ตามลักษณะการจ่ายพลังงาน ดังนี้

เครื่องเชื่อมชนิดกระแสคงที่ (Constant Current : CC) เป็นเครื่องเชื่อมที่มีการจ่ายพลังงานออกมาแล้วนำไปเขียนแผนภาพจะได้เส้นแผนภาพที่มี

ลักษณะลาดชัน ขณะวงจรเปิด (Open Circuit) จะไม่มีกระแสไฟฟ้าและมีแรงเคลื่อนสูง และขณะวงจรปิดหรือในขณะทำการเชื่อมหากปรับกระแสไฟเชื่อมสูงแรงเคลื่อนจะลดลงตามจำนวนของกระแสที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นระบบที่ใช้กับเครื่องเชื่อมทั่วไปโดยใช้กับกรรมวิธีเชื่อมแบบต่างๆ เช่น เชื่อมหุ้มฟลักซ์ (MMAW) เชื่อมทิก (TIG) เชื่อมใต้ฟลักซ์ (SAW)



รูปที่ ๕๑ เส้นกราฟแสดงชนิดของเครื่องเชื่อม

เครื่องเชื่อมชนิดแรงดันคงที่ (Constant Voltage : CV) เป็นเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานออกมาแล้วนำไปเขียนแผนภาพจะได้เส้นแผนภาพในลักษณะแบนเรียบ เมื่อวงจรเปิดไม่มีกระแสไฟฟ้าแรงดันจะอยู่ประมาณ ๔๐ โวลต์ ขณะทำการเชื่อมหรือวงจรปิดแรงเคลื่อนจะอยู่คงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก หากปรับกระแสไฟเชื่อมสูงแรงเคลื่อนจะลดลงเล็กน้อยจึงเป็นระบบที่ใช้กับเครื่องเชื่อมแบบอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติที่ใช้เครื่องป้อนลวดแบบความเร็วคงที่ เช่น เชื่อมมิก/แม็ก เชื่อมใต้ฟลักซ์ (SAW) ที่ใช้ลวดเชื่อมขนาดเล็ก เครื่องเชื่อมแบบนี้จะผลิตออกมาเฉพาะกระแสตรง (DC) เท่านั้น

๒.๘ สมบัติและความสามารถเชื่อมได้ของโลหะ

แร่เหล็ก (Iron Ore) เกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยทั่วไปจะไม่พบแร่เหล็กบริสุทธิ์ในธรรมชาติ แต่จะพบในรูปของสารประกอบ เช่น ในรูปของออกไซด์

ได้แก่ แร่ฮีมาไทต์ (Hematite) มีสูตรทางเคมีว่า Fe_2O_3 และแร่แมกนีไทต์ (Magnetite) มีสูตรทางเคมีว่า Fe_2O_4 แร่เหล่านี้จะถูกใช้เป็นวัตถุดิบในการถลุงเป็นเหล็กต่อไป กระบวนการถลุงเหล็กด้วยเตาพ่นลม (Blast Furnace) เหล็กที่ได้จากกระบวนการนี้เรียกว่าเหล็กถลุงหรือเหล็กดิบ (Pig Iron) โดยวิธีลดออกซิเจนโดยตรง (Direct Reduction Process) โลหะเหล็กที่ได้จากกระบวนการนี้เรียกว่าเหล็กพรุน (Sponge Iron)

๒.๘.๑ เหล็กหล่อ เป็นเหล็กที่มีส่วนผสมของคาร์บอนในเนื้อเหล็กประมาณ ๒-๔% โดยน้ำหนัก เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเหล็กกล้า (Steel) เหล็กหล่อจะมีข้อด้อยกว่าเหล็กกล้าในแง่ของความแข็งแรง ความเหนียว และความยืดหยุ่น แต่จะมีข้อได้เปรียบในงานหล่อ กล่าวคือในสภาวะหลอมละลายน้ำเหล็กของเหล็กหล่อจะไหลเข้าแบบหล่อได้ดีกว่าน้ำเหล็กของเหล็กกล้า ทำให้เหล็กหล่อสามารถที่จะถูกหล่อเป็นชิ้นงานที่รูปร่างซับซ้อนได้ดี เหล็กหล่อที่สำคัญในงานอุตสาหกรรมมีดังนี้

เหล็กหล่อขาว (White Cast Iron) มีคาร์บอนอยู่ในเนื้อเหล็กในรูปของคาร์ไบด์ ทำให้มีเม็ดเกรนสีเงิน คาร์ไบด์นี้เองที่ส่งผลให้เหล็กมีความแข็งเปราะ และปาดผิวยากมาก ผิวของเหล็กหล่อขาวทนต่อการเสียดสีและต้านทานการสึกหรอได้ดี

เหล็กหล่อเทา (Gray Cast Iron) มีคาร์บอนผสมในเนื้อเหล็กในรูปของแกรไฟต์ มีเม็ดเกรนสีเทา มีความแข็งน้อยกว่าเหล็กหล่อขาว กลึงขึ้นรูปได้ง่าย

เหล็กหล่อเหนียว (Ductile Cast Iron) มีคาร์บอนอยู่ในเนื้อเหล็กในรูปของแกรไฟต์ก้อนกลม บางครั้งจึงถูกเรียกว่า เหล็กหล่อแกรไฟต์ก้อนกลม มีคุณสมบัติคล้ายเหล็กหล่อเทา แต่จะมีสมบัติทางกลที่ดีกว่า

เหล็กหล่ออบเหนียว (Malleable Cast Iron) ได้จากการนำเหล็กหล่อขาวมาผ่านกรรมวิธีทางความร้อน (heat treatment) เพื่อเปลี่ยนคาร์บอนในรูปของคาร์ไบด์ให้กลายเป็นแกรไฟต์ ทำให้เหล็กหล่ออบเหนียวมีความอ่อนตัวเพราะไม่มีคาร์บอนในรูปของคาร์ไบด์อีกต่อไป

๒.๘.๒ เหล็กกล้า (Steel) เป็นเหล็กที่มีส่วนผสมของคาร์บอนในเนื้อเหล็กไม่เกิน ๒% โดยน้ำหนัก การที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำจะช่วยให้ความสามารถในการขึ้นรูป (Forming Ability) ดีขึ้นจึงสามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงหลากหลาย มีความแข็งแรง ความเหนียว และความยืดหยุ่นสูง ทนต่อแรงกระแทกได้ดี นำไปปาดผิวด้วยเครื่องจักรได้ดี เหล็กกล้าจึงเป็นเหล็กที่ใช้มากที่สุด เหล็กกล้าที่สำคัญในงานอุตสาหกรรม มีดังนี้

เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel) มีสมบัติเด่น คือสามารถชุบเพิ่มความแข็ง (Hardness) หรือเปลี่ยนสมบัติทางกายภาพอื่นๆได้ เหล็กกล้าที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำจะเพิ่มหรือลดความแข็งได้ไม่ดีเท่าเหล็กกล้าที่มีปริมาณคาร์บอนสูง และช่วยเพิ่มการต้านแรงดึง เหล็กกล้าคาร์บอนจะมีธาตุหลักที่ผสมอยู่ คือซิลิกอน แมงกานีส กำมะถัน ฟอสฟอรัส ซึ่ง กำมะถันและฟอสฟอรัส เป็นสารมลทินที่ไม่ต้องการแต่ไม่สามารถขจัดออกได้หมด และกำมะถันจะส่งผลเสียต่อการเชื่อมอย่างมาก เหล็กกล้าคาร์บอนแบ่งออก ตามปริมาณคาร์บอนในเนื้อเหล็กได้ ๓ ชนิด คือ

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel) หรือเหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) มีคาร์บอนผสมในเนื้อเหล็กไม่เกิน ๐.๒๕% สามารถเชื่อมได้ง่าย ส่วนใหญ่ใช้ในงานก่อสร้าง เหล็กกล้ามีจุดหลอมเหลวสูงกว่าเมื่อเทียบกับเหล็กหล่อ ทองแดงและอะลูมิเนียม

เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel) มีคาร์บอนผสมในเนื้อเหล็กระหว่าง ๐.๒๕– ๐.๕๐% ถ้าจะเชื่อมชิ้นงานที่มีความหนามากๆ จะต้องมีการกำหนดเงื่อนไขในการเชื่อมด้วย

เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel) เป็นเหล็กที่มีความแข็งแรงและทนความเค้นแรงดึงสูง มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอน ๐.๕-๑.๕% สามารถทำการชุบแข็งได้แต่จะเปราะเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความต้านทานต่อการสึกหรอ เช่น ดอกสว่าน สกัด กรรไกร มีดกลึง ใบเลื่อยตัดเหล็ก ดอกทำเกลียว (Tap) ใบมีดโกน ตะไบ แผ่นเกจ เหล็กกัด สปริงแหนบ ลูกบอล แบริ่งลูกปืน ถ้าทำการเชื่อม

โดยไม่อุ่นชิ้นงานจะเกิดรอยแตกข้างรอยเชื่อม การอุ่นชิ้นงานก่อนการเชื่อม เพื่อป้องกันความเค้นตกค้างในชิ้นงานและการหลอมละลายไม่สมบูรณ์

๒.๘.๓ เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) ถึงแม้ว่าเหล็กกล้าไร้สนิม จะถือว่าเป็นเหล็กกล้าผสมชนิดหนึ่ง แต่ด้วยความสำคัญตลอดจนมีบทบาทมากในการใช้งาน เหล็กกล้าไร้สนิมหมายถึง เหล็กกล้าที่ผสมโครเมียมไม่น้อยกว่า ๑๐.๕% มีสมบัติต้านทานการกัดกร่อน โดยเหล็กกล้าไร้สนิมจะสร้างฟิล์มของโครเมียมออกไซด์ที่บางและแน่นที่ผิว ซึ่งจะปกป้องเหล็กกล้าจากบรรยากาศภายนอก เหล็กกล้าไร้สนิมสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างจุลภาคได้เป็น ๕ กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก (Ferritic Stainless Steel) มีส่วนผสมโครเมียม (Cr) ประมาณ ๑๒-๑๗% มีนิเกิลผสมน้อยมาก (ติดมากับวัตถุดิบ) เหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มนี้ จะมีโครงสร้างจุลภาคเป็นเฟอร์ไรต์ และมีสมบัติที่แม่เหล็กสามารถดูดติดได้

เหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติก (Austenitic Stainless Steel) ที่ใช้กันมากจะผสมโครเมียมประมาณ ๑๗% และนิเกิล ๙% โดยนิเกิลจะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน และทำให้โครงสร้างจุลภาคเป็นออสเตนไนต์ ทนทานต่อการกัดกร่อนดีกว่าเหล็กกลุ่มเฟอร์ริติก เหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติกไม่ต้องอุ่นชิ้นงานก่อนทำการเชื่อม

เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (Duplex Stainless Steel) จะมีโครงสร้างผสมระหว่างออสเตนไนต์และเฟอร์ไรต์ มีโครเมียมผสมประมาณ ๒๑–๒๘% และมีนิเกิลประมาณ ๓-๗.๕%

เหล็กกล้าไร้สนิมมาร์เทนซิติก (Martensitic Stainless Steel) จะผสมโครเมียมประมาณ ๑๑.๕–๑๘% เหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มนี้มีคาร์บอนพอเหมาะและสามารถชุบแข็งได้

เหล็กกล้าไร้สนิมอบชุบแข็งด้วยการตกผลึก (PH ; Precipitation – Hardenable Stainless Steel) มีโครเมียมผสมประมาณ ๑๕–๑๘% และมีนิกเกิลประมาณ ๓–๘% เหล็กกล้ากลุ่มนี้สามารถทำการชุบแข็งได้

๒.๘.๔ อะลูมิเนียม มีสมบัติต่อต้านการกัดกร่อนได้ดี ความหนาแน่นต่ำ อัตราความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง และมีความเหนียวที่ต้านการแตกหักสูง มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ ๖๖๐ องศาเซลเซียส ด้วยสมบัติเหล่านี้ อะลูมิเนียมจึงเป็นหนึ่งในวัสดุที่มีผลต่อเศรษฐกิจ และการทำโครงสร้าง ที่ใช้ในการค้าขาย และอุปกรณ์ทางการทหาร เมื่อสัมผัสกับอากาศ จะทำให้เกิดชั้นฟิล์มบางๆ เรียกว่าอะลูมิเนียมออกไซด์ อยู่ที่ชั้นผิวของอะลูมิเนียม ซึ่งชั้นผิวนี้จะสามารถป้องกันการกัดกร่อน และกรดต่างๆได้ แต่สามารถป้องกันอัลคาลิสได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น อะลูมิเนียมบริสุทธิ์ จะมีค่าแรงดึงไม่สูงนัก แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มธาตุบางชนิดเข้าไป เช่น แม็กนีเซียม ซิลิคอน ทองแดง และแมงกานีส สามารถเพิ่มสมบัติความแข็งแรงให้กับอะลูมิเนียมได้ และได้อัลลอยด์ที่มีสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งานนั้นๆ อะลูมิเนียมเป็นตัวนำความร้อนที่ดีเยี่ยม และนำความร้อนได้ดีกว่าเหล็กถึงสามเท่า ด้วยสมบัติเหล่านี้ทำให้อะลูมิเนียมเป็นวัสดุที่มีความสำคัญกับทั้งงานที่ใช้ความเย็นและความร้อน เช่น ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat-Exchangers) อะลูมิเนียมบริษุทธิ์ถูกใช้อย่างกว้างขวางในการผลิตอุปกรณ์การทำอาหาร และชุดเครื่องครัว อะลูมิเนียมมีน้ำหนักเพียง ๑ ใน ๓ เท่าของเหล็กหรือทองแดง ทำให้เป็นโลหะในเชิงพาณิชที่มีน้ำหนักเบาที่สุดเทียบกับทองแดงแล้วอะลูมิเนียมถือว่ามีความสามารถในการนำไฟฟ้าเพียงพอที่จะใช้ทำเป็นตัวนำไฟฟ้าได้

๒.๙ ลวดเติมและแก๊สปกป้อง

วัสดุที่ใช้ในปัจจุบันได้ถูกพัฒนาและผลิตขึ้นใช้งานมากมายตามลักษณะการใช้งาน ดังนั้นลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมจึงถูกผลิตขึ้นตามวัสดุที่ใช้ตามลักษณะงานนั้นๆ อย่างไรก็ตามการผลิตลวดเชื่อมในอุตสาหกรรมการเชื่อมจะมีมาตรฐานการผลิต ซึ่งมีองค์กรของแต่ละประเทศเป็นตัวควบคุมมาตรฐานใน

การผลิต เช่น AWS, ISO หรือแม้กระทั่งมาตรฐานของไทย (มอก.) คือลวดเชื่อมเปลือยใช้เชื่อมเหล็กกล้าละมุนด้วยการอารกโดยมีกาซปกคลุมตามมาตรฐาน มอก. ๕๙๗-๒๕๒๘ ดังนั้นเราควรศึกษาว่าในแต่ละมาตรฐานนั้นมีการกำหนดเกณฑ์ในการผลิตไว้อย่างไร เพื่อการเลือกใช้ได้ถูกต้องตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

๒.๙.๑ มาตรฐานลวดเชื่อมของอเมริกา (AWS) มาตรฐานลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมอาร์กโลหะโดยใช้แก๊สคลุมตามมาตรฐานอเมริกา จะถูกกำหนดด้วยรหัส ดังนั้นมีความจำเป็นต้องรู้ความหมายรหัสเพื่อการนำไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง

ตัวอย่าง ER ๗๐ S - X

ER หมายถึง ลวดเชื่อมอิเล็กโทรด

๗๐ หมายถึง ค่าทนแรงดึงต่ำสุดของเนื้อเชื่อม (๗๐,๐๐๐ psi)

S หมายถึง ลวดตัน

X หมายถึง ส่วนผสมทางเคมีของลวดเชื่อม

จากรหัสดังกล่าวสามารถอ่านและเข้าใจได้ว่าลวดเชื่อมสามารถนำไปใช้เชื่อมวัสดุอะไร ตามรหัสที่กำหนดด้วยสัญลักษณ์ X บอกถึงส่วนผสมทางเคมีตามมาตรฐาน AWS A๕.๑๘ ลวดเชื่อมเหล็กกล้าละมุนจะมีตารางอธิบายส่วนผสมทางเคมี ดังนี้

ตารางที่ ๔ ส่วนผสมทางเคมีของลวดเชื่อมตาม AWS A๕.๑๘

AWS Classification[b]		UNS[c]	Weight Percent[a]												
A5.18	A5.18M	Number	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu[d]	Ti	Zr	Al
ER70S-2	ER48S-2	K10726	0.07	0.90 to 1.40	0.40 to 0.70	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	0.05 to 0.15	0.02 to 0.12	0.05 to 0.15
ER70S-3	ER48S-3	K11022	0.06 to 0.15	0.90 to 1.40	0.45 to 0.75	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
ER70S-4	ER48S-4	K11132	0.06 to 0.15	1.00 to 1.50	0.65 to 0.85	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
ER70S-6	ER48S-6	K11140	0.06 to 0.15	1.40 to 1.85	0.80 to 1.15	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
ER70S-7	ER48S-7	K11125	0.07 to 0.15	1.50 to 2.00[e]	0.50 to 0.80	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—

อิทธิพลของธาตุที่ผสมในลวดเชื่อมตามมาตรฐาน มีดังนี้

คาร์บอน (Carbon) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ C เป็นธาตุที่สำคัญที่สุด จะต้องมีผสมอยู่ในเนื้อเหล็ก มีสมบัติทำให้เหล็กแข็งเพิ่มขึ้นหลังจากนำไปอบชุบ (Heat Treatment) โดยรวมตัวกับเนื้อเหล็กเป็นสารที่เรียกว่ามาร์เทนไซต์ (Martensite) และซีเมนไตด์ (Cementite) นอกจากนั้น คาร์บอนยังสามารถรวมตัวกับเหล็กและธาตุอื่นๆ กลายเป็นคาร์ไบด์ (Carbide) ซึ่งจะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอของเหล็ก อย่างไรก็ตามคาร์บอนจะลดความยืดหยุ่น (Elasticity) ความสามารถในการตีขึ้นรูป (Forging) และความสามารถในการเชื่อม (Welding) และไม่มีผลต่อความต้านทานการกัดกร่อน

อะลูมิเนียม (Aluminium) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Al เป็นธาตุที่นิยมใช้เป็นตัวไล่แก๊สออกซิเจน และไนโตรเจน (Deoxidizer และ Denitrizer) มากที่สุด ซึ่งผสมอยู่เล็กน้อยในเหล็ก จะมีผลทำให้เนื้อละเอียดขึ้นเมื่อใช้ผสมลงในเหล็กที่จะนำไปผ่านกระบวนการอบชุบแข็ง โดยวิธีไนไตรดิ้ง (Nitriding) ทั้งนี้เนื่องจากอะลูมิเนียมสามารถรวมตัวกับไนโตรเจน เป็นสารที่แข็งมากใช้ผสมลงในเหล็กทนความร้อนบางชนิด เพื่อให้ต้านทานต่อการตกสะเก็ด (Scale) ได้ดีขึ้น

โครเมียม (Chromium) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Cr ทำให้เหล็กอบชุบได้ง่ายขึ้นเพราะลดอัตราการเย็นตัววิกฤตลงอย่างมาก สามารถชุบในน้ำมันหรืออากาศได้ (Oil or Air Quenching) เพิ่มความแข็งให้เหล็กแต่ลดความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact) โครเมียมที่ผสมในเหล็กจะรวมตัวกับคาร์บอน เป็นสารประกอบพวกคาร์ไบด์ซึ่งแข็งมาก ดังนั้นจึงทำให้เหล็กทนทานต่อแรงเสียดสี และบริเวณที่เป็นรอยคมหรือความคมไม่ลบง่ายทำให้เหล็กเป็นสนิมได้ยาก เพิ่มความแข็งแรงของเหล็กที่ใช้งานที่อุณหภูมิสูง เพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารต่างๆ ได้ดีขึ้น

ทองแดง (Copper) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Cu เพิ่มความแข็งแรงถ้ามีทองแดงผสมอยู่ในเหล็กแม้เพียงเล็กน้อยและใช้ในการเคลือบผิวลวดเติมเหล็กจะไม่เกิดสนิมเมื่อใช้งานในบรรยากาศ ทองแดงจะไม่มีผลเสียต่อความสามารถในการเชื่อมของเหล็กแต่อย่างใด

แมงกานีส (Manganese) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Mn ใช้เป็นตัวไล่กำมะถัน (S) ซึ่งเป็นตัวที่ไม่ต้องการในเนื้อเหล็ก จะถูกกำจัดออกในขณะหลอม ทำให้เหล็กอบชุบแข็งง่ายขึ้น เนื่องจากเป็นตัวลดอัตราการเย็นตัววิกฤต (Critical Cooling Rate) ทำให้เหล็กทนทานต่อแรงดึงได้มากขึ้นเพิ่มสัมประสิทธิ์การขยายตัวของเหล็กเมื่อถูกความร้อนแต่จะลดคุณสมบัติในการเป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อน นอกจากนั้นแมงกานีสยังมีอิทธิพลต่อการขึ้นรูปหรือเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนที่มีปริมาณแมงกานีสเพิ่มขึ้นจะทนต่อการเสียดสีได้ดีขึ้นมาก

โมลิบดีนัม (Molybdenum) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Mo ปกติจะใช้ผสมรวมกับธาตุอื่นๆเป็นตัวลดอัตราการเย็นตัววิกฤต ทำให้อบชุบง่ายขึ้น ป้องกันการเปราะขณะอบคืนตัว (Temper Brittleness) ทำให้เหล็กมีเนื้อละเอียดเพิ่มความทนทานต่อแรงดึงแก่เหล็กมากขึ้นสามารถรวมตัวกับคาร์บอนเป็นคาร์ไบด์ได้ง่ายมาก ดังนั้นจึงปรับปรุงคุณสมบัติในการตัดโลหะ (Cutting) ของเหล็กไฮสปีดได้ดีขึ้น เพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน (Corrosion Resistance) อย่างไรก็ตามเหล็กที่มีโมลิบดินั่มสูงจะตีขึ้นรูปยาก

นิกเกิล (Nickel) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Ni เป็นตัวที่เพิ่มความทนทานต่อแรงกระแทกของเหล็ก ดังนั้นจึงใช้ผสมในเหล็กที่จะนำไปชุบแข็งที่ผิว ใช้ผสมกับโครเมียมทำให้เหล็กทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดี ไม่เป็นสนิมง่าย ทนต่อความร้อน

ฟอสฟอรัส (Phosphorus) และกำมะถัน (Sulphur) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ P และ S ตามลำดับ เป็นตัวทำลายสมบัติที่ดีของเหล็กแต่มักผสมอยู่ในเนื้อเหล็กโดยไม่ได้ตั้งใจต้องพยายามให้มีน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ มักจะเรียกสารเหล่านี้ว่า สารมลทิน (Impurities) เหล็กเกรดสูงจะต้องมีฟอสฟอรัสไม่เกิน ๐.๐๓–๐.๐๕% ส่วนกำมะถันจะทำให้เหล็กเกิด Red Shortness จึงแตกเปราะง่าย โดยทั่วไปจึงจำกัดปริมาณกำมะถันในเหล็กไม่เกิน ๐.๐๒๕% หรือ ๐.๐๓ % ยกเว้นเหล็กฟรีแมชชีนนิ่ง (Free Machining) ที่เติมกำมะถันถึง ๐.๓ % เพื่อให้เกิดซัลไฟด์ขนาดเล็กกระจายทั่วเนื้อเหล็ก ทำให้ขี้กลึงขาดง่ายจึงตัดแต่งด้วยเครื่องมือกลได้ง่าย

ซิลิคอน (Silicon) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Si ซิลิคอนจะปรากฏในเหล็กทุกชนิดเนื่องจากสินแร่เหล็กมักมีซิลิคอนผสมอยู่ด้วยเสมอ ซิลิคอนไม่ใช่โลหะแต่มีสภาพเหมือนโลหะ ใช้เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิ่ง (Oxidizing) ทำให้เหล็กแข็งแรงและทนทานต่อการเสียดสีได้ดีขึ้น เพิ่มค่าแรงดึงที่จุดคราก (Yield Point) ของเหล็กให้สูงขึ้นมาก ดังนั้น จึงใช้ผสมในการทำเหล็กสปริง (Spring Steels) ช่วยทำให้เหล็กทนทานต่อการตกสะเก็ด (Scale) ที่อุณหภูมิสูงได้ดีจึงใช้ผสมในเหล็กทนความร้อน เหล็กกล้าที่มีซิลิคอนสูงจะมีเกรนหยาบ

ไทเทเนียม (Titanium) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Ti เป็นโลหะที่แข็งมาก ทำให้เกิดคาร์ไบด์ได้ดี เป็นธาตุผสมที่สำคัญในเหล็กสเตนเลสเพื่อป้องกันการผุกร่อนตามขอบเกรน นอกจากนั้นไทเทเนียมยังช่วยทำให้เหล็กมีเกรนละเอียด

ทังสเตน (Tungsten) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ W สามารถรวมตัวกับคาร์บอนเป็น คาร์ไบด์ที่แข็งมาก จึงทำให้เหล็กที่ผสมทังสเตนมีความแข็งมาก หลังจากผ่านการอบชุบจึงใช้ทำพวกเครื่องมือคม (Cutting Tools) ต่างๆ ทำให้

เหล็กเหนียวขึ้นและป้องกันไม่ให้เหล็กเกิดเนื้อหยาบ เนื่องจากการที่เกรนขยายตัวเพิ่มความทนทานต่อการเสียดสีของเหล็ก ดังนั้น จึงนิยมเติมทังสเตนในเหล็กไฮสปีด (Hi-Speed) และเหล็กที่ต้องอบชุบแข็งโดยทั่วไป

การเลือกใช้ลวดเชื่อมตามมาตรฐาน AWS A๕.๑๘

ER ๗๐S-๒ เป็นลวดเชื่อมที่เหมาะกับเหล็กกล้า เชื่อมแนวเดียว บางครั้งอาจเชื่อมหลายแนวได้ เป็นลวดเชื่อมที่มีคุณภาพสูง สามารถเชื่อมพื้นผิวงานที่เป็นสนิมเล็กน้อยได้

ER ๗๐S-๓ เป็นลวดเชื่อมที่เหมาะกับเหล็กกล้า เชื่อมแนวเดียว หรือเชื่อมหลายแนวได้ เป็นลวดเชื่อมที่มีคุณภาพสูง เป็นลวดเชื่อมที่ใช้งานเหมือน ER ๗๐S-๒

ER ๗๐S-๔ เป็นลวดเชื่อมที่เหมาะกับเหล็กกล้า เชื่อมแนวเดียว หรือเชื่อมหลายแนวได้ เป็นลวดเชื่อมที่มีคุณภาพสูง และต้องการการจำกัดออกซิเจน (Deoxidation) ในเนื้อเชื่อมออกได้มากกว่า ER ๗๐S-๓

ER ๗๐S-๖ เป็นลวดเชื่อมที่เหมาะกับเหล็กกล้า เชื่อมแนวเดียว หรือเชื่อมหลายแนวได้ เป็นลวดเชื่อมที่มีคุณภาพสูง โดยเฉพาะใช้เชื่อมงานโลหะแผ่นบาง งานโครงสร้าง แนวเชื่อมเรียบ สามารถเชื่อมผิวงานที่เป็นสนิมและสารมลทินบางๆ ได้โดยไม่ต้องทำความสะอาด ในการเชื่อมสามารถใช้ได้ทั้งแก๊ส CO_2, $Ar+O_2$, $Ar+CO_2$

ค่าทนแรงดึงต่ำสุดของเนื้อเชื่อมในรหัสกำหนดไว้คือ ๗๐ ในมาตรฐาน AWS A๕.๑๘ กำหนดเป็นค่าทนแรงดึงต่ำสุดของเนื้อเชื่อม โดยมีหน่วยเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว psi. แต่ต้องคูณด้วย ๑,๐๐๐ = ๗๐,๐๐๐ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

๒.๙.๒ ลวดเชื่อมตามมาตรฐานยุโรป (EN) จะใกล้เคียงกับมาตรฐานสากล (ISO) ในบางครั้งเราจะเห็นรูปแบบการเขียนเป็น ISO-EN แล้วตามด้วยหมายเลข เพราะมาตรฐาน ISO กำเนิดในแถบประเทศยุโรป ซึ่งประเทศในแถบยุโรปใช้มาตรฐาน EN มาก่อนจะเปลี่ยนมาใช้มาตรฐาน ISO

แทนการใช้มาตรฐาน EN อย่างไรก็ตามมาตรฐานยังถูกกำหนดด้วยรหัส ซึ่งเราจำเป็นต้องรู้ความหมายของรหัสเพื่อการเลือกใช้งานให้ถูกต้องตามที่มาตรฐานกำหนด เช่น EN ๔๔๐ G ๔๖ ๓ M G๓Si๑

G คือกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะโดยใช้แก๊สคลุม (Gas Shielded Metal Arc Welding)

๔๖ คือค่าต้านแรงดึง ณ จุดครากของเนื้อเชื่อม(Minimum Yield Strength of Weld Metal ๔๖๐ N/mm^{๒})

๓ คือค่าทนแรงกระแทก (Minimum Impact Energy ๔๗ J at -๓๐°C)

G๓Si๑ คือส่วนผสมทางเคมี (Chemical Composition)

M คือแก๊สคลุม (Shielding Gas)

ในมาตรฐานยุโรปจะกำหนดค่าต่างๆ ไว้ในตารางซึ่งสามารถอ่านค่าได้โดยง่าย ดังแสดงไว้ ดังนี้

ตารางที่ ๕ แสดงค่าต้านแรงดึง ณ จุดคราก ของเนื้อเชื่อม

รหัส	ค่าต้านแรงดึง ณ จุดคราก (นิวตัน/มม.^{๒})	ค่าต้านแรงดึง (นิวตัน/มม.^{๒})	ค่าการยืดตัวต่ำสุด (นิวตัน/มม.^{๒})
๓๕	๓๕๕	๔๔๐-๕๗๐	๒๒
๓๘	๓๘๐	๔๗๐-๖๐๐	๒๐
๔๒	๔๒๐	๕๐๐-๖๔๐	๒๐
๔๖	๔๖๐	๕๓๐-๖๘๐	๒๐
๕๐	๕๐๐	๕๖๐-๗๒๐	๑๘

ค่าต้านแรงดึง ณ จุดครากของเนื้อเชื่อม โดยรหัสตัวเลขจะบอกถึงค่าต้านแรงดึง ณ จุดคราก และในตารางจะระบุค่าต้านแรงดึง และค่าการยืดตัว เพื่อใช้ในการคำนวณในการออกแบบในแต่ละลักษณะงาน

ตารางที่ ๖ แสดงค่าทนแรงกระแทก

สัญลักษณ์	ค่าทนแรงกระแทกต่ำสุดที่ ๔๗ จูล (องศาเซลเซียส)
Z	-
A	+๒๐
๐	๐
๒	-๒๐
๓	-๓๐
๔	-๔๐
๕	-๕๐
๖	-๖๐

ค่าทนแรงกระแทก เป็นการบอกถึงความสามารถของเนื้อเชื่อมที่สามารถรับแรงที่ตกกระทบหรือกระแทกโดยมีตัวแปร ณ อุณหภูมิต่างกันโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ณ อุณหภูมิติดลบ

ตารางที่ ๗ ตารางแสดงส่วนผสมทางเคมี

symbol	chemical composition in % (m/m) 1) 2) 3)								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	Al	Ti and Zr
G0	other agreed compositions								
G2Si1	0.06 - 0.14	0.50 - 0.80	0.90 - 1.30	0.025	0.025	0.15	0.15	0.02	0.15
G3Si1	0.06 - 0.14	0.70 - 1.00	1.30 - 1.60	0.025	0.025	0.15	0.15	0.02	0.15
G4Si1	0.06 - 0.14	0.80 - 1.20	1.60 - 1.90	0.025	0.025	0.15	0.15	0.02	0.15
G3Si2	0.06 - 0.14	1.00 - 1.20	1.30 - 1.60	0.025	0.025	0.15	0.15	0.02	0.15
G2Ti	0.04 - 0.14	0.40 - 0.80	0.90 - 1.40	0.025	0.025	0.15	0.15	0.05 - 0.20	0.05 - 0.25
G3Ni1	0.06 - 0.14	0.50 - 0.90	1.00 - 1.60	0.020	0.020	0.80 - 1.50	0.15	0.02	0.15
G2Ni2	0.06 - 0.14	0.40 - 0.80	0.80 - 1.40	0.020	0.020	0.40 - 0.60	0.15	0.02	0.15
G2Mo	0.08 - 0.12	0.30 - 0.70	0.90 - 1.30	0.020	0.020	0.15	0.40 - 0.60	0.02	0.15
G4Mo	0.06 - 0.14	0.50 - 0.80	1.70 - 2.10	0.025	0.025	0.15	0.40 - 0.60	0.02	0.15
G2Al	0.08 - 0.14	0.30 - 0.50	0.90 - 1.30	0.025	0.025	0.15	0.15	0.35 - 0.75	0.15

ส่วนผสมทางเคมีของธาตุต่างๆ ที่ผสมในลวดเชื่อม การเลือกส่วนผสมทางเคมีของลวดเชื่อมต้องให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่จะทำการเชื่อมตามมาตรฐาน DIN/EN ๔๔๐ ลวดเชื่อมแม็ก

๒.๙.๓ แก๊สปกป้อง ในงานเชื่อมแม็กเป็นกระบวนการเชื่อมอาร์กโดยใช้แก๊สคลุม ซึ่งแก๊สที่ใช้คือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ สมบัติของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่ติดไฟ ไม่เป็นแก๊สเฉื่อย หนักกว่าอากาศ ๑.๕ เท่า สามารถนำมาเป็นแก๊สปกป้องและผสมกับแก๊สชนิดอื่นได้ เป็นแก๊สที่ทำปฏิกิริยา Active Gas ใช้ในการเชื่อมเหล็กกล้าละมุน การเก็บรักษาขวดแก๊สต้องเก็บไว้ในที่ร่มและต้องทำที่ยึดขวดแก๊สให้แน่น ถ้าขวดแก๊สตากแดดหรืออยู่ในพื้นที่อากาศร้อนจัด ทำให้แก๊สขยายตัวขวดบรรจุอาจรับภาระไม่ไหวเกิดการระเบิดได้ ข้อควรระวังในการทำการเชื่อมโดยใช้แก๊สคลุมไม่ว่าเป็นแก๊สอาร์กอน หรือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ควรเชื่อมในพื้นที่อับอากาศ

๒.๙.๔ แก๊สเฉื่อย คือแก๊สที่ไม่ทำปฏิกิริยาใดๆ ในการเชื่อม แก๊สเฉื่อยที่นำมาทำเป็นแก๊สปกป้องในงานเชื่อม คือ แก๊สอาร์กอน และแก๊สฮีเลียม ใช้ในกระบวนการเชื่อมมิก และการเชื่อมทิก ส่วนแก๊สซีนอลเป็นแก๊สเฉื่อยแต่ไม่ได้นำมาใช้เป็นแก๊สปกป้องในงานเชื่อม ในการใช้งานแก๊สจะถูกบรรจุลงในขวดโดยขวดแก๊สเต็มมีความจุที่ ๑๕๐ บาร์ การนำไปใช้งานต้องใช้อุปกรณ์วัดปริมาณการไหลของแก๊สเพื่อควบคุมปริมาณการใช้งาน

๒.๑๐ ข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม

ข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม คือตัวแปรต่างๆที่กำหนดในกระบวนการเชื่อม (Welding Process) ถูกกำหนดเป็นรหัสตามมาตรฐานสากล เช่น

๑๑๑ การเชื่อมอาร์กโลหะดวยมือ (Manual arc Welding)

๑๒ การเชื่อมซับเมิอรก (Submerge arc Welding)

๑๓๑ การเชื่อมที่ใชแก๊สเฉื่อย (Inert Gas) เปนแก๊สปกปอง

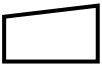
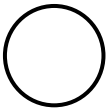
๑๓๕ การเชื่อมที่ใชแอคทีพแก๊ส (CO_2) เปนแก๊สปกปอง

๑๓๖ การเชื่อมฟลักคอร์ (Flux Cored arc Welding)

๑๔๑ การเชื่อมโลหะโดยใชทังสเตน (Tungsten) เปนตัวอารกและใชแก๊สเฉื่อยเป็นแก๊สปกปอง (TIG-Welding) Welding)

๒.๑๑ คณิตศาสตร์ประยุกต์ที่สัมพันธ์กับการร่างแบบงานเชื่อม

ตารางที่ ๘ การคำนวณหาพื้นที่

รูป	สูตรการคำนวณ
พื้นที่สามเหลี่ยม	$^{๑}/_{๒}$ x ฐาน x สูง
พื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส	ด้าน x ด้าน หรือ $^{๑}/_{๒}$ x ผลคูณของเส้นทแยงมุม
พื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า	กว้าง x ยาว
พื้นที่สี่เหลี่ยม ขนมเปียกปูน	$^{๑}/_{๒}$ x ผลคูณของเส้นทแยงมุม
พื้นที่สี่เหลี่ยมด้านขนาน	ฐาน x สูง
พื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู 	$^{๑}/_{๒}$ x ผลบวกของด้านคู่ขนาน x สูง
พื้นที่วงกลม 	¶$r^{๒}$

๒.๑๒ วิทยาศาสตร์เบื้องต้นที่สัมพันธ์กับงานเชื่อม

การนำความร้อน คือการส่งผ่านความร้อนจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังจุดทีมีอุณหภูมิต่ำกว่า มีวัตถุเป็นตัวกลางโดยวัตถุจะอยู่กับที่ แต่ความร้อนจะค่อยๆ แผ่กระจายไปตามเนื้อวัตถุนั้น เช่น เราจับแก้วน้ำร้อนตอนแรกๆ จะไม่รู้สึกร้อนแต่จะค่อยๆ ร้อนจนจับไม่ได้ วัสดุที่เป็นชิ้นงานเชื่อมทำจากโลหะที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่างกันในแต่ละวัสดุ ทองแดงจัดเป็นวัสดุหนึ่งที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง เมื่อเปรียบเทียบกับโลหะอื่นๆ นอกจากนั้นทองแดงยังใช้เป็นแผ่นรองหลังชิ้นงานเชื่อม เพื่อดึงความร้อนออกจากตำแหน่งแนวเชื่อม

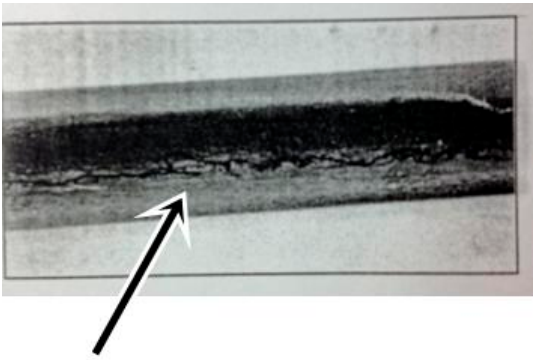
ความรู้อีกอย่างหนึ่งที่ช่างเชื่อมต้องมี คือการทำความสะอาดหลังการเชื่อมสเตนเลส การทำความสะอาดชิ้นงานเชื่อมสเตนเลสที่ใช้ในปัจจุบัน เป็นชนิดครีม เป็นสารละลายที่เป็นครีมเหมาะกับการใช้งานกับรอยเชื่อม โดยใช้แปลงจุ่มสารละลายทาบริเวณรอยเชื่อมแล้วทิ้งไว้ประมาณ ๑-๒ นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำแนวเชื่อมก็สะอาด อีกวิธีหนึ่งทำความสะอาดโดยใช้สารละลายชนิดกรด โดยใช้กรดไนตริกประมาณ ๑๕-๒๕% ผสมกรดไฮโดรฟลูออริก ๑-๘% ที่อุณหภูมิ ๒๑-๖๐ องศาเซลเซียส ใช้เวลา ๕-๑๕ นาที

เหล็กกล้าไร้สนิม หรือสเตนเลส (อังกฤษ: Stainless Steel) มีโครเมียมผสม ๑๐.๕% ขึ้นไป ซึ่งมากที่สุดในบรรดาธาตุต่างๆ ที่ผสมในเหล็กกล้าไร้สนิม เนื่องจากโลหะผสมดังกล่าวไม่เป็นสนิมที่มีสาเหตุมาจากการทำปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนในอากาศกับโครเมียมในเนื้อสเตนเลสจนเกิดเป็นฟิล์มบางๆ เคลือบผิวไว้ทำหน้าที่ปกป้องการเกิดความเสียหายให้กับตัวเนื้อสเตนเลสได้เป็นอย่างดี ปกป้องการกัดกร่อนและไม่ชำรุดหรือสึกกร่อนง่ายอย่างโลหะทั่วไป

๒.๑๓ การตรวจสอบและการรับรองงานเชื่อม

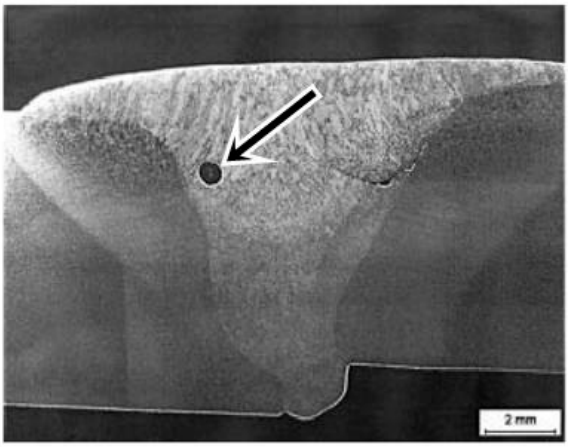
การตรวจสอบในงานเชื่อมแม็ก (MAG) มีรอยบกพร่องที่ต้องศึกษา ดังนี้

๒.๑๓.๑ รอยแยกชั้น (Laminations) ส่วนใหญ่จะเกิดตามยาวของวัสดุปกติจะพบที่กึ่งกลางของชิ้นงาน ตรวจสอบได้โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง และถ้าเกิดรอยแยกชั้นออกมาที่บริเวณหน้าตัดของชิ้นงาน สามารถตรวจสอบด้วยสารแทรกซึมหรืออนุภาคแม่เหล็กได้ รอยแยกชั้นเกิดจากฟองอากาศ โพรงแก๊สจากการเย็นตัวของแท่งอินก็อด (Ingot) สารมลทินฝังในเมื่อผ่านการรีดจะทำให้จุดบกพร่องเหล่านี้แบนราบขนานไปตามทิศทางของแนววัสดุที่มีรอยแยกชั้นภายในไม่สามารถรับแรงในแนวตั้งฉากกับความหนาได้ สิ่งบกพร่องชนิดนี้มักเกิดกับเหล็กกล้าแผ่นหนา ก่อนกระบวนการผลิตจำเป็นต้องตรวจหารอยบกพร่องชนิดนี้ เพราะเป็นรอยบกพร่องที่ก่อให้เกิดอันตรายเป็นอย่างมาก เป็นรอยบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการผลิตเหล็กไม่ใช่การเชื่อม และสิ่งที่ต้องปฏิบัติพร้อมกันคือการทดสอบช่างเชื่อมเพื่อเตรียมความพร้อมในการวางแผนการปฏิบัติงานอีกด้วย



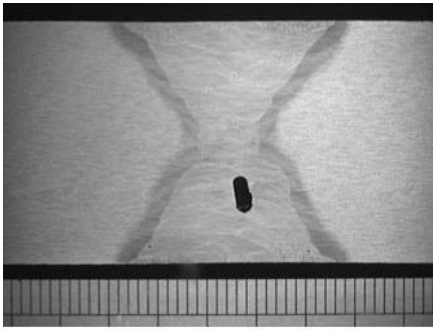
รูปที่ ๕๒ รอยแยกชั้น (Laminations)

๒.๑๓.๒ รูพรุน (Gas Pores) เป็นรอยบกพร่องที่เกิดจากการเชื่อมอาร์กโลหะได้ง่าย มีสาเหตุหลายประการ เช่น การปกป้องของแก๊สคลุมที่ไม่สมบูรณ์ อัตราการไหลของแก๊สคลุมไม่เหมาะสม ความไม่สะอาดของชิ้นงาน คราบน้ำมัน สนิม ความชื่น และเทคนิคการเชื่อม โดยเฉพาะกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (GMAW) ต้องคอยระมัดระวังเรื่องความแรงของลมที่พัดเอาแก๊สคลุมออกไปทำให้การปกป้องไม่สมบูรณ์



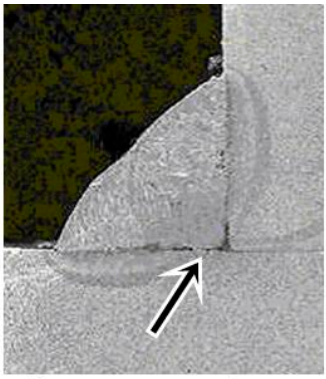
รูปที่ ๕๓ รูพรุน (Gas pores)

๒.๑๓.๓ สแลกฝังใน (Slag Inclusion) เป็นรอยบกพร่องที่เกิดจากทักษะฝีมือของช่างเชื่อม ที่ยังขาดความชำนาญหรือขาดความละเอียดในการทำงาน โดยเฉพาะกับชิ้นงานหนามากๆ และกระบวนการเชื่อมที่มีฟลักซ์หุ้มหรือกระบวนการเชื่อมที่ใช้ฟลักซ์ เช่น การเชื่อมฟลักซ์คอร์ การเชื่อมใต้ฟลักซ์ การเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ กระบวนการเชื่อมที่ไม่เกิดสแลกฝังในคือกระบวนการเชื่อมแก๊ส



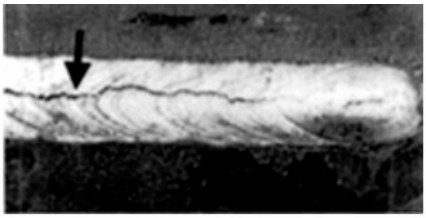
รูปที่ ๕๔ สแลกฝังใน (Slag Inclusion)

๒.๑๓.๔ การหลอมลึกที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete Penetration) อาจเกิดขึ้นได้บริเวณชิ้นงานกับเนื้อรอยเชื่อม หรือบริเวณรอยเชื่อมกับรอยเชื่อม สาเหตุเกิดจากช่างเชื่อมปรับตั้งกระแสไฟเชื่อมต่ำเกินไป ในงานเชื่อมแม็กอาจเกิดจากอัตราการป้อนลวดช้าเกินไป ทำให้ไม่เกิดการหลอมละลายติดกันระหว่างเนื้อเชื่อมกับชิ้นงาน โดยเฉพาะบริเวณจุดเริ่มต้นจะเกิดรอยหลอมละลายไม่สมบูรณ์ (Lack of Fusion)

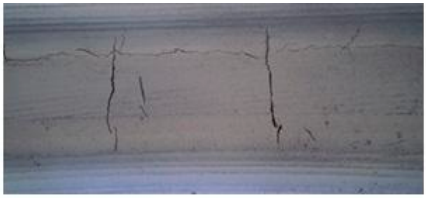


รูปที่ ๕๕ การหลอมลึกที่ไม่สมบูรณ์
(Incomplete penetration)

๒.๑๓.๕ รอยแตก (Crack) รอยแตกสามารถเกิดขึ้นได้ในเนื้อเชื่อมและโลหะชิ้นงาน จะเกิดขึ้นเมื่อได้รับความเค้นสูงเหนือจุดความแข็งแรงของวัสดุ (Ultimate Strength) โดยทั่วไปรอยแตกจะเกิดจากความเค้นในรอยเชื่อม หรือในวัสดุงานหรือความเค้นอันเกิดจากการออกแบบแนวเชื่อมที่ทำให้เกิดรอยบาก (Notch) และรอยแตกยังอาจเกิดจากไฮโดรเจนที่แทรกตัวอยู่ในรอยเชื่อมและวัสดุงานและจะเกิดกับวัสดุที่เปราะหรือวัสดุที่มีสภาวะพลาสติกน้อย (Plastic Deformation) รอยแตก แบ่งออกเป็นรอยแตกร้อนและรอยแตกเย็น (Hot Crack and Cold Crack) รอยแตกร้อนสาเหตุเกิดจากการเย็นตัวไม่พร้อมกันอันเกิดมาจากจุดแข็งตัวของธาตุต่างๆ ที่ไม่เท่ากัน รอยแตกเย็นจะเกิดหลังจากโลหะเย็นตัวแล้วอันเนื่องมาจากไฮโดรเจน รอยแตกเย็นจะแตกระหว่างขอบเกรนหรืออาจจะแตกผ่าเกรน ทิศทางของรอยแตกจะเกิดตามความยาวของแนวเชื่อมหรือตามขวางของแนวเชื่อม รอยแตกที่ขนานกับแกนของแนวเชื่อมจะเรียกว่ารอยแตกตามยาว (Longitudinal Crack) อาจจะเกิดกลางแนวเชื่อมหรือในเขตที่มีผลกระทบจากความร้อน (HAZ) ใกล้กับแนวเชื่อม รอยแตกตามขวาง (Transverse Crack) จะเกิดตั้งฉากกับแกนของแนวเชื่อมที่รอยเชื่อมหรือเขตกระทบร้อน ในบางครั้งรอยแตกตามขวางจะเกิดที่โลหะชิ้นงานแต่ไม่แตกที่รอยเชื่อม รอยแตกตามยาว (Longitudinal Cracks) อาจจะเกิดได้ในการเชื่อมแบบใต้ฟลักซ์ (Submerge Arc Welding) เพราะความเร็วในการเชื่อมสูง หรือบางครั้งอาจจะมีโพรงอากาศอยู่ภายใต้แนวเชื่อม รอยแตกตามยาวจะเกิดกับรอยเชื่อมขนาดเล็กกับชิ้นงานที่มีความหนามากๆ เพราะมีอัตราความเร็วของการเย็นตัวสูง

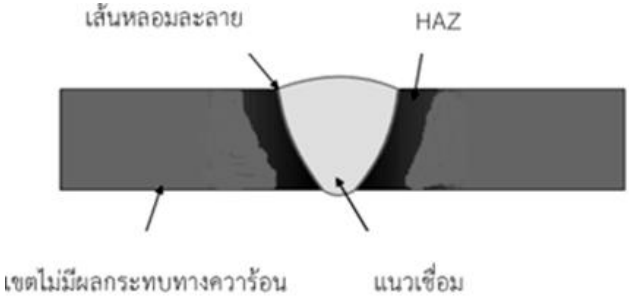


รูปที่ ๕๖ รอยแตกตามยาว (Longitudinal Crack)



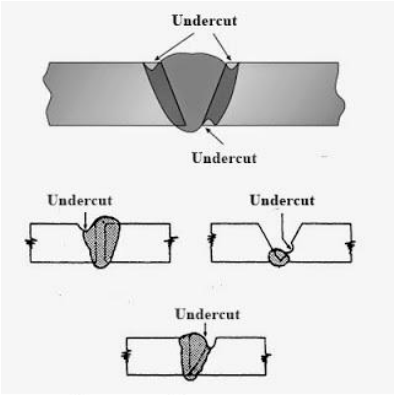
รูปที่ ๕๗ รอยแตกตามขวาง (Transverse Cracks)

๒.๑๓.๖ การตรวจบริเวณกระทบร้อน (HAZ) เป็นบริเวณที่อยู่ใกล้แนวรอยเชื่อมซึ่งมีอุณหภูมิสูงมากขณะทำการเชื่อม แต่อุณหภูมิไม่สูงเพียงพอที่จะเกิดการหลอมละลายเป็นเนื้อรอยเชื่อม บริเวณนี้จะได้รับความร้อนสูงมากขณะเชื่อมและจะเกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะชิ้นงานที่มีพื้นที่หน้าตัดมากหรือมีความหนาของชิ้นงานมาก จากการเย็นตัวที่รวดเร็วทำให้บริเวณ HAZ มีโครงสร้างที่แข็งเปราะ และมีความต้านทานต่อการแตกร้าวได้ต่ำ HAZ จึงเป็นบริเวณที่มีโอกาสเกิดความเสียหายได้มาก การตรวจสอบมักตรวจหารอยร้าวและการตรวจสอบความแข็ง ไม่ได้เป็นการตรวจสอบระดับฝีมือช่างเชื่อม อย่างไรก็ตามรอยแตกร้าวเป็นรอยบกพร่องที่ไม่สามารถยอมรับได้ในงานเชื่อม และเป็นรอยบกพร่องที่อันตรายที่สุดในงานเชื่อม ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดรอยแตกบริเวณ HAZ ต้องทำการอุ่นชิ้นงานก่อนการเชื่อม



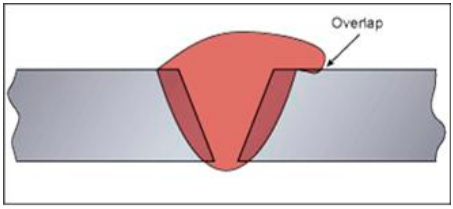
รูปที่ ๕๘ บริเวณกระทบร้อน (HAZ)

๒.๑๓.๗ รอยกัดขอบ (Under cut) เป็นรอยบกพร่องที่เกิดจากฝีมือช่างที่ขาดทักษะในการเชื่อม และขาดเทคนิคในการปรับตั้งกระแสไฟเชื่อม อาจปรับตั้งกระไฟเชื่อมสูงเกินไป และในมุมหัวเชื่อมผิด ทำให้เกิดรอยบกพร่องที่ทำให้ชิ้นงานขาดความแข็งแรง ในการเชื่อมแม็กอาจเกิดจากอัตราการป้อนลวดเร็วเกินไป เพราะทำให้ชิ้นงานขาดความหนาและเป็นรอยบากเล็กบริเวณขอบรอยเชื่อม เป็นจุดที่อาจเกิดการแตกหักได้



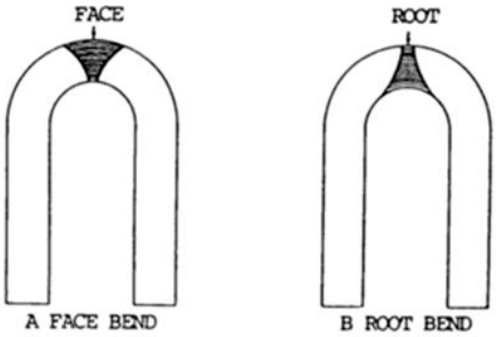
รูปที่ ๕๙ รอยกัดขอบ (Under cut)

๒.๑๓.๘ รอยเกย (Over lap) ในกระบวนการเชื่อมแม็ก เกิดรอยเกยได้หลายสาเหตุ อาจเกิดจากระยะยื่นยาวเกินไป การเคลื่อนหัวเชื่อมเร็วเกินไป ความเร็วในการป้อนลวดช้าเกินไป



รูปที่ ๖๐ รอยเกย (Over lap)

๒.๑๓.๙ การทดสอบดัดโค้ง เป็นการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการแปรรูปของวัสดุเมื่อได้รับแรงดัดโค้งด้วยรัศมีความโค้งที่กำหนดจนได้มุมตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการทดสอบ จากนั้นจะพิจารณาดูว่าที่ผิวด้านนอกของชิ้นทดสอบตรงบริเวณที่ทำการดัดโค้งเกิดรอยแตกขึ้นหรือไม่เมื่อชิ้นงานได้รับแรงทำให้เกิดแรงดึงและแรงกดในฝั่งตรงกันข้ามกันแล้วเป็นผลให้ชิ้นงานเกิดการโก่งงอ จะเรียกว่าวัสดุอยู่ภายใต้แรงดัด (Bending) การทดสอบการดัดโค้งด้านราก (Root Bend) ให้ด้านรากแนวเชื่อม (Root) รับแรงดึงถ้าทำการทดสอบการดัดโค้งด้านหน้า (Face Bend) ให้ด้านหน้าแนวเชื่อม (Face) รับแรงดึง ในการทดสอบฝีมือช่างเชื่อมชิ้นทดสอบจะถูกตัดเป็นชิ้นๆ เพื่อทำการตรวจสอบ โดยทั่วไปจะตัดจำนวน ๒ ชิ้น

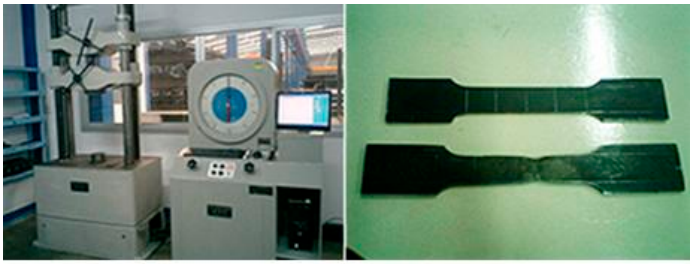


รูปที่ ๖๑ การทดสอบดัดโค้ง

๒.๑๓.๑๐ การทดสอบโดยการตีหัก (Fracture Test) เป็นการทดสอบแบบทำลายชิ้นงานเพื่อหารอยบกพร่องที่อยู่ภายในเนื้อเชื่อม ส่วนใหญ่ใช้ทดสอบชิ้นงานเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet weld) เพื่อตรวจหารอยบกพร่องชนิดโพรงอากาศ การหลอมไม่สมบูรณ์ เป็นต้น

รูปที่ ๖๒ การทดสอบโดยการตีหัก (Fracture Test)

๒.๑๓.๑๑ การทดสอบแรงดึง (Tensile Test) เป็นการทดสอบชิ้นงานเชื่อม หรือชิ้นงานที่ต้องการวัดค่าแรงดึง ว่าชิ้นงานสามารถทนแรงดึงได้มากน้อยเท่าไร เพื่อใช้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างและงานที่ต้องรับความแข็งแรงต่างๆ ในงานเชื่อมการทดสอบแรงดึงเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าแรงดึงของเนื้อเชื่อม ว่าสามารถทนแรงดึงได้เท่าไรในการออกแบบลวดเชื่อมไม่ได้ทดสอบชิ้นงานเพื่อวัดระดับฝีมือช่างเชื่อมแต่อย่างใด

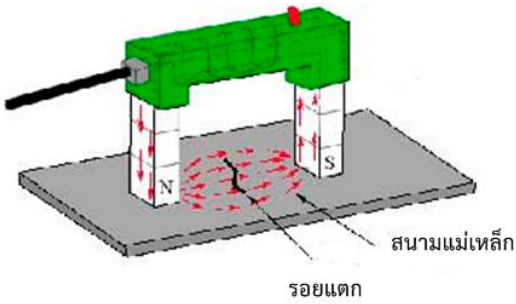


รูปที่ ๖๓ การทดสอบแรงดึง (Tensile test)

๒.๑๓.๑๒ การทดสอบด้วยสารแทรกซึม (Penetrant Testing - PT) เป็นการทดสอบแบบไม่ทำลายสภาพ สำหรับใช้หาจุดบกพร่องบนพื้นผิว (Surface Method) ในชิ้นงานที่เป็นโลหะและอโลหะได้ทุกชนิด ยกเว้นเนื้อวัสดุงานที่มีลักษณะผิวหยาบ พรุน และดูดซึมของเหลวง่าย

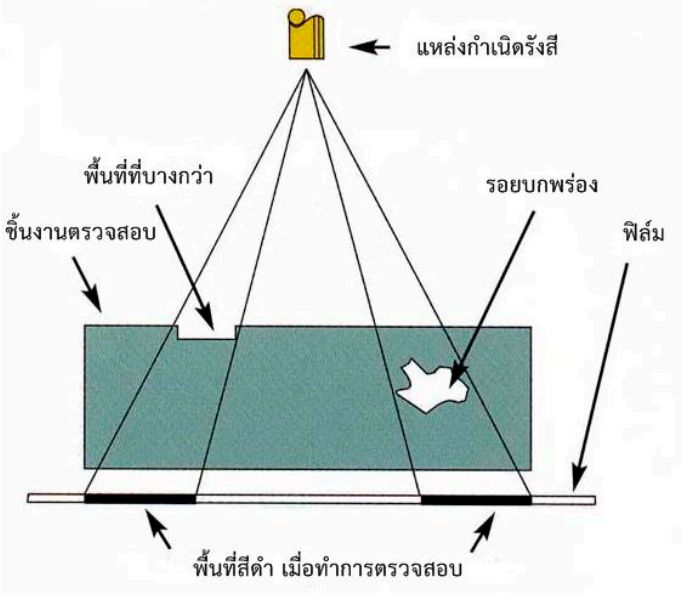
รูปที่ ๖๔ การทดสอบด้วยสารแทรกซึม (Penetrant Testing - PT)

๒.๑๓.๑๓ การตรวจสอบโดยใช้อนุภาคแม่เหล็กเป็นการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย สามารถตรวจหารอยบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ทั้งบนผิวและใต้ผิวของชิ้นงาน จึงทำให้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังมีจุดเด่นหลายประการเมื่อเทียบกับวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายวิธีอื่น เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบมีราคาไม่สูงมาก ใช้เวลาในการตรวจสอบน้อย และวิธีการตรวจสอบรวมถึงการประเมินผลไม่ซับซ้อน ข้อจำกัดในการตรวจสอบแบบนี้คือชิ้นงานที่ทำการทดสอบต้องสามารถสร้างสนามแม่เหล็กได้ วัสดุประเภทอะลูมิเนียม ทองแดง เหล็กไร้สนิมกลุ่ม ๓๐๔ ไม่สามารถทำการทดสอบได้เพราะไม่สามารถสร้างสนามแม่เหล็กได้



รูปที่ ๖๕ การตรวจสอบโดยใช้อนุภาคแม่เหล็ก

๒.๑๓.๑๔ การตรวจสอบโดยใช้ภาพถ่ายรังสี (Radiographic Testing - RT) เป็นการตรวจสอบหารอยบกพร่องภายในชิ้นงานจากภาพถ่ายรังสี โดยใช้รังสีผ่านชิ้นงาน ไปยังฟิล์มที่อยู่อีกด้านหนึ่งของชิ้นงาน การที่ชิ้นงานสามารถดูดซับรังสีได้แตกต่างกันตามความหนาของชิ้นงาน เมื่อมีความไม่ต่อเนื่องหรือรอยบกพร่องเกิดขึ้น ทำให้ความหนาของชิ้นงานต่างกัน จึงเกิดความแตกต่างกันที่ความเข้มของฟิล์ม ทำให้สามารถหาความไม่ต่อเนื่องของชิ้นงานได้ แหล่งกำเนิดรังสีในการตรวจสอบมี ๒ ชนิด คือ รังสีเอกซ์และรังสีแกรมม่า รังสีเอกซ์เกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนรังสีแกรมม่าเกิดจากการสลายตัว มาจากนิวเคลียสของอะตอมธาตุที่เป็นไอโซโทปรังสี หรือที่เราเรียกกันว่า สารกัมมันตรังสี เช่น สารโคบอลต์๖๐ การตรวจสอบโดยใช้ภาพถ่ายรังสีสามารถตรวจสอบวัสดุได้ทุกชนิด แม้กระทั่งวัสดุที่เป็นอะลูมิเนียม



รูปที่ ๖๖ การตรวจสอบโดยใช้ภาพถ่ายรังสี (Radiographic Testing - RT)

๒.๑๔ ท่อเหล็กกล้า

ท่อเหล็กกล้า ถูกใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ท่อในอุตสาหกรรมเคมี ท่อแก๊ส ท่อน้ำมัน ท่อสำหรับงานก่อสร้าง โดยมีวิธีผลิตต่างกันไป โดยทั่วไปท่อเหล็กจะแบ่งเป็น ๒ กลุ่มหลัก คือท่อที่ได้จากการม้วนและเชื่อมเหล็กแผ่น (Welded Pipe) และท่อที่ไม่ผ่านการเชื่อม (Seamless Pipe) ได้จากการแปรรูปร้อน การผลิตท่อเหล็กกล้า มี ๔ วิธี

๒.๑๔.๑ ท่อที่ผลิตโดยการเชื่อมเหล็กแผ่น โดยอาศัยความต้านทานไฟฟ้า (Electric Resistance Welding -ERW) ท่อชนิดนี้หนาไม่เกิน ๘ มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน ๘ มิลลิเมตร

๒.๑๔.๒ ท่อเชื่อมแนวตะเข็บตรงแบบ Arc Welding เช่น Double Submerged Arc Weld Pipe เป็นการผลิตท่อโดยใช้กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์ เป็นการเชื่อมทั้งสองด้าน เกิดการหลอมลึกสมบูรณ์ ใช้ผลิตท่อขนาดใหญ่

๒.๑๔.๓ ท่อแบบเชื่อม Spiral เป็นการผลิตท่อโดยใช้กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์ โดยแนวเชื่อมมีลักษณะเป็นวงคล้ายสปริง สามารถผลิตท่อขนาดใหญ่และมีความยาวมากได้

๒.๑๔.๔ ท่อไร้ตะเข็บ (Seamless Pipe) เป็นท่อที่มีคุณภาพสูง มีความต้านแรงภายในได้สูง ใช้ในงานทนแรงดันสูง

บทที่ ๓
บทสรุปคู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๑ (ภาคความรู้)

ช่างเชื่อมแม็ก คือผู้ที่ทำการเชื่อมด้วยมือหรือกึ่งอัตโนมัติด้วยกระบวนการเชื่อมแบบอาร์ก โดยใช้ลวดเชื่อมต่อเนื่องและใช้แก๊สแอคทีฟปกป้อง แก๊สแอคทีฟที่ใช้ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ หรือแก๊สผสมคาร์บอนไดออกไซด์กับอาร์กอน หรือแก๊สผสมอื่นๆ ตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๑ ได้กำหนดกรอบความสามารถไว้กล่าวคือ เป็นผู้ที่สามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (เหล็กแผ่นและท่อ) ที่เป็นแนวเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet Weld) ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่าง ๆ ได้ทุกตำแหน่ง โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อมระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗ ด้วยกระบวนการเชื่อมแบบอาร์ก โดยใช้ลวดเชื่อมต่อเนื่องและใช้แก๊สแอคทีฟปกป้อง แก๊สแอคทีฟที่ใช้ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ หรือแก๊สผสมคาร์บอนไดออกไซด์กับอาร์กอน หรือแก๊สผสมอื่น ๆ ช่างเชื่อมแม็กนอกจากมีความรู้ความสามารถแล้ว จะต้องมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ในการประกอบอาชีพ อันประกอบด้วยจรรยาบรรณ ได้แก่ การปฏิบัติหน้าที่ด้วยความซื่อสัตย์สุจริต ใช้เวลาและทรัพย์สินขององค์กรให้เกิดประโยชน์สูงสุด ไม่แสดงความคิดเห็นถึงบุคคลภายนอกในเรื่องที่อาจจะส่งผลเสียต่อองค์กร ไม่เอาแต่ใจตนเอง ไม่มีฐิติ ไม่โอ้อวดเกินความจริง ไม่ดูหมิ่นเหยียดหยาม เยาะเย้ย ถากถางผู้ร่วมงาน มีน้ำใจ เสียสละ มีความอดทน มีความยินดีรับฟังเหตุผลและการตำหนิของผู้อื่น หลีกเลี่ยงการกระทำที่ก่อให้เกิดความขัดแย้ง ร่วมมือและเสริมสร้างความสามัคคีในหมู่เพื่อนร่วมงาน ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นเป็นของตัวเอง รักษาความลับขององค์กรอย่างเคร่งครัด ตระหนักถึงความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม และความรับผิดชอบต่อสังคม ได้แก่ ไม่เอารัดเอาเปรียบสังคมและนำเสนอแต่สิ่งที่ดีๆ ต่อสังคม ส่งเสริมให้มีการแข่งขันในการปฏิบัติงานของพนักงานในเรื่องที่ดีงาม ยกระดับการดำรงชีพและส่งเสริมให้

เกิดการจ้างงาน ปฏิบัติตามกฎหมาย ข้อบังคับต่างๆ ของรัฐ ให้ผลตอบแทน รางวัล สวัสดิการที่เหมาะสมแก่ลูกจ้าง ตระหนักถึงความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนทางการศึกษาแก่บุคคลที่เกี่ยวข้อง

คู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ ๑ ตามที่ได้นำเสนอนี้จะกล่าวถึงเฉพาะภาคความรู้เท่านั้น มีเป้าหมายสำคัญเพื่อเผยแพร่ให้แรงงานใหม่ นักศึกษา ช่างเชื่อม หรือผู้ประกอบกิจการที่สนใจจะเข้ารับการทดสอบได้นำไปศึกษา ค้นคว้าเนื้อหาตามข้อกำหนดการทดสอบภาคความรู้ก่อนเข้ารับการทดสอบ ซึ่งจะช่วยสร้างโอกาสในการผ่านการทดสอบได้สูงขึ้น และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการประกอบอาชีพได้อีกด้วย

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อแรงงาน นักศึกษา ผู้ประกอบกิจการ วิทยากร และครูฝึก ตลอดจนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้การทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

คณะผู้ดำเนินการ

ที่ปรึกษา

หม่อมหลวงปุณฑริก สมิติ	อธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
นายวิชัย คงรัตนชาติ	รองอธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
นายสิงหเดช ชูอำนาจ	รองอธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
นายสุภพ ปิงตา	รองอธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
นางอัจฉรา แก้วกำชัยเจริญ	ผู้อำนวยการสำนักพัฒนามาตรฐานและทดสอบฝีมือแรงงาน

ผู้จัดทำ

สำนักพัฒนามาตรฐานและทดสอบฝีมือแรงงาน

ข้อปฏิบัติเพื่อการเป็นช่างที่ดี

ตรงต่อเวลา
เอาใจใส่หน้าที่
มีความอดทน
รีบหาความรู้ใหม่
หัดบำรุงรักษาเครื่องมือ
ใฝ่คิดสร้างสรรค์
รักษาวินัย
สมานสามัคคี
หมั่นฝึกฝนอาชีพ
ใช้วัสดุประหยัด
ถือกฎความปลอดภัย
ยึดมั่นคุณธรรม

กลุ่มงานทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานและวิชาชีพควบคุม
สำนักพัฒนามาตรฐานและทดสอบฝีมือแรงงาน
กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน