กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน DEPARTMENT OF SKILL DEVELOPMENT

คู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ

กลุ่มสาขาอาชีพช่างอุตสาหกรรม

สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑

(ภาคความรู้)

มาตรฐาน ฝีมือแรงงานแห่งชาติ

มาตรฐาน
ฝีมือแรงงานแห่งชาติ

คำนำ

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการพัฒนาฝีมือแรงงานให้แก่กลุ่มแรงงานใหม่ก่อนเข้าสู่ตลาดแรงงาน ให้มีความรู้ความสามารถตามความต้องการของตลาดแรงงาน และพัฒนากลุ่มแรงงานที่อยู่ในตลาดแรงงานให้สามารถประกอบอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้พัฒนามาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาอาชีพต่างๆ ให้สอดคล้องกับความต้องการตลาดแรงงานและความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี เพื่อใช้ในการทดสอบความรู้ ความสามารถ และทัศนคติของแรงงานก่อนเข้าสู่สถานประกอบกิจการ

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน ได้จัดทำคู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑ (ภาคความรู้) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ให้แก่ผู้สนใจที่จะเข้ารับการทดสอบได้ศึกษา 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 สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ๑

๑.๒ เรื่อง คุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ๑๔

๑.๓ เรื่อง วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานและการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑ ๑๖

บทที่ ๒ หัวข้อวิชา

๒.๑ ความปลอดภัยทั่วไปในพื้นที่ปฏิบัติงาน ๑๙

๒.๒ ความปลอดภัยในการเชื่อมและตัด ๒๑

๒.๓ การใช้เครื่องมือวัด ๓๖

๒.๔ การใช้เครื่องมือทั่วไป ๓๗

๒.๕ การใช้เครื่องมือกล ๓๘

๒.๖ เครื่องเชื่อมอุปกรณ์และวงจรไฟฟ้า ๓๘

๒.๗ เทคโนโลยีการเชื่อม ๔๕

๒.๘ สมบัติและความสามารถเชื่อมได้ของโลหะ ๔๙

๒.๙ ลวดเติมและแก๊สปกป้อง ๕๓

๒.๑๐ ข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม ๖๓

๒.๑๑ คณิตศาสตร์ประยุกต์ที่สัมพันธ์กับการร่างแบบงานเชื่อม ๖๔

๒.๑๒ วิทยาศาสตร์เบื้องต้นที่สัมพันธ์กับงานเชื่อม ๖๕

๒.๑๓ การตรวจสอบและการรับรองงานเชื่อม ๖๖

๒.๑๔ ท่อเหล็กกล้า ๗๖

บทที่ ๓ บทสรุปคู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑ (ภาคความรู้) ๗๗

บทที่ ๑ บทนำ

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

๑.๑ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก

เล่ม ๑๒๙ ตอนพิเศษ ๓๙ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๕

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน
เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๒ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงานพ.ศ. ๒๕๔๕ คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน จึงกำหนดมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก โดยความเห็นชอบของรัฐมนตรีว่าการกระทรวงแรงงาน ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ในประกาศนี้ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก หมายถึง ผู้ที่ทำการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหรือเหล็กกล้าสเตนเลสด้วยมือหรือกึ่งอัตโนมัติ โดยกระบวนการเชื่อมอาร์กซึ่งใช้แท่งทังสเตนเป็นอิเล็กโทรด และใช้แก๊สเฉื่อยเป็นแก๊สปกป้อง

ข้อ ๒ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก แบ่งออกเป็น ๓ ระดับ

๒.๑ ระดับ ๑ หมายถึง ผู้ที่สามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหรือเหล็กกล้าสเตนเลสด้วยมือหรือกึ่งอัตโนมัติ โดยกระบวนการเชื่อมอาร์กซึ่งใช้แท่งทังสเตนเป็นอิเล็กโทรด และใช้แก๊สเฉื่อยเป็นแก๊สปกป้องที่เป็นแนวเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet Weld) ทั้งในลักษณะการเชื่อมเหล็กแผ่นกับเหล็กแผ่น และเหล็กแผ่นกับท่อ ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่างๆ ได้ทุกตำแหน่ง ตามมาตรฐาน ISO ๙๖๐๖-๑ โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อม ระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗

๒.๒ ระดับ ๒ หมายถึง ผู้ที่สามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหรือเหล็กกล้าสเตนเลสด้วยมือหรือกึ่งอัตโนมัติ โดยกระบวนการเชื่อมอาร์กซึ่งใช้แท่งทังสเตนเป็นอิเล็กโทรด และใช้แก๊สเฉื่อยเป็นแก๊สปกป้องที่เป็นแนวเชื่อมต่อชน (Butt - Weld) ในลักษณะการเชื่อมเหล็กแผ่นกับเหล็กแผ่น ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่างๆ ได้ทุกตำแหน่ง ตามมาตรฐาน ISO ๙๖๐๖-๑ โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อมระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗

๒.๓ ระดับ ๓ หมายถึง ผู้ที่สามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหรือเหล็กกล้าสเตนเลสด้วยมือหรือกึ่งอัตโนมัติ โดยกระบวนการเชื่อมอาร์กซึ่งใช้แท่งทังสเตนเป็นอิเล็กโทรด และใช้แก๊สเฉื่อยเป็นแก๊สปกป้องที่เป็นแนวเชื่อมต่อชน (Butt - Weld) ในลักษณะการเชื่อมท่อ ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่างๆ ได้ทุกตำแหน่ง ตามมาตรฐาน ISO ๙๖๐๖-๑ โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อม ระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗

ข้อ ๓ ข้อกำหนดทางวิชาการที่ใช้เป็นเกณฑ์วัดความรู้ความสามารถและทัศนคติในการทำงานของผู้ประกอบอาชีพในสาขาอาชีพช่างเชื่อมทิกให้เป็นดังนี้

๓.๑ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ได้แก่

๓.๑.๑ ความรู้ ประกอบด้วยขอบเขตความรู้ ความเข้าใจในเรื่องดังต่อไปนี้

๓.๑.๑.๑ ความปลอดภัยทั่วไปในพื้นที่ปฏิบัติงาน (General Safety in the Working Area)

(๑) ประเภทของอุบัติเหตุต่างๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั่วไปในสภาพแวดล้อมของการทำงาน การรู้สาเหตุและขั้นตอนต่างๆ จะสามารถนำมาใช้ป้องกันอุบัติเหตุได้

(๒) สาเหตุของการเกิดอัคคีภัยและการระเบิด มาตรการป้องกันการเกิดอัคคีภัย ชนิดของเครื่องดับเพลิงและข้อแนะนำการใช้

(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) หลักการปฐมพยาบาลเบื้องต้นในการดูแลบุคคลบาดเจ็บจากไฟฟ้าดูด ซึ่งจะรวมถึงการปั๊มหัวใจ (Coronary Pulmonary Resuscitation : CPR)

(๘) การปฐมพยาบาลเบื้องต้นสำหรับผู้ได้รับควัน ไอระเหย และแก๊สที่เป็นพิษ

(๙) กฎระเบียบที่สัมพันธ์กับภาวการณ์ทำงาน ความปลอดภัย การถูกสุขลักษณะและสิ่งแวดล้อมภายในและรอบๆ พื้นที่ทำงาน

๓.๑.๑.๒ ความปลอดภัยในการเชื่อมและตัด (Welding and Cutting Safety)

(๑) มาตรการป้องกันส่วนบุคคลสำหรับการเกิดไฟฟ้าดูดรังสีไหม้ผิวหนังและตา การบาดเจ็บจากโลหะร้อน สะเก็ดจากการตัดแก๊สและเชื่อม ควันที่ออกมาจากการเผาไหม้ของไอระเหยของโลหะเติมและชิ้นงานเชื่อม

(๒) มาตรการป้องกันการเกิดอัคคีภัยขณะทำงานใกล้วัสดุติดไฟ

(๓) การเกิดแก๊สพิษเนื่องจากการเชื่อมและการตัดแก๊ส การบาดเจ็บของช่างเชื่อมจากแก๊สพิษที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมและการตัดแก๊ส

(๔) มาตรการป้องกันในการใช้ท่อแก๊สความดันสูง

(๕) มาตรการป้องกันการเกิดอันตรายขณะทำงานใกล้เครื่องมืออุปกรณ์ที่อยู่ในพื้นที่ทำการเชื่อม

๓.๑.๑.๓ การใช้เครื่องมือวัด (Measuring Tools)

(๑) การใช้เครื่องมือร่างแบบ เช่น สายวัดระยะ ฉาก บรรทัดเหล็ก เวอร์เนียคาลิปเปอร์ โปรแทรกเตอร์ ระดับน้ำ และบรรทัดอ่อน

(๒) การใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เช่น ที่วัดแบบสัมผัส (Contact Pyrometer) ชอล์ควัดอุณหภูมิ สีวัดอุณหภูมิ และเทอร์โมคัปเปิ้ล

(๓) การใช้อุปกรณ์การวัดแนวเชื่อม (เกจวัดแว่นขยาย ไฟฉาย กระจกเงา ฯลฯ)

(๔) การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือวัด

๓.๑.๑.๔ การใช้เครื่องมือทั่วไป (Hand Tools)

(๑) คีม คีมล็อค แคลมป์ ปากกา

(๒) ตะไบและเลื่อยมือ

(๓) ค้อน และสกัด

(๔) ดอกสว่านและเครื่องเจาะ

(๕) ประแจต่างๆ

(๖) ชะแลง ลิ่ม แม่แรงยกของ

(๗) แปรงลวด

(๘) หินเจีย (Hand Grinder)

(๙) การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือ

๓.๑.๑.๕ การใช้เครื่องมือกล (Power Tools)

(๑) เครื่องเจียแท่งทังสเตนอิเล็กโทรด

(๒) เครื่องขัดผิวโลหะ

(๓) เครื่องกดไฮดรอลิกส์

(๔) เครื่องทดสอบการดัดงอ

(๕) เครื่องตัดชิ้นงานและเครื่องเลื่อย

(๖) อุปกรณ์จับยึด

(๗) เครื่องดูดควัน

(๘) การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือกล

๓.๑.๑.๖ เครื่องเชื่อม อุปกรณ์และวงจรไฟฟ้า (Welding Power sources and Related Electrical Circuits)

(๑) ชนิดของเครื่องเชื่อม

(๒) การติดตั้งเครื่องเชื่อม และชุดแก๊สปกป้อง

(๓) ขั้นตอนการทำงานของระบบเครื่องเชื่อมและอุปกรณ์

(๔) วัฏจักรการทำงาน (Duty - cycle) ของเครื่องเชื่อม

(๕) ความต้านทานไฟฟ้าของสายเชื่อมและข้อต่อ

(๖) การต่อขั้วสายไฟเชื่อมกับชิ้นงาน

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

(๘) ชนิดของกระแสไฟเชื่อม และชนิดของพัลส์ (Pulse)

(๙) ขนาดและสัญลักษณ์สีของขวดแก๊ส อุปกรณ์ปรับความดัน และมาตรวัดอัตราการไหลของแก๊ส

(๑๐) อุปกรณ์ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

๓.๑.๑.๗ เทคโนโลยีการเชื่อม (Welding Technology)

(๑) ประเภทของการอาร์ก (Short-arc) การอาร์กใช้ความถี่สูง (High frequency)

(๒) หลักการพื้นฐานของการเชื่อมทิก และเทคนิคการป้อนลวดเติม

(๓) ค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้า และความเร็วสำหรับการเคลื่อนหัวเชื่อมทิก

(๔) ประเภท ขนาด สมบัติของหัวครอบ และการบำรุงรักษา (Nozzle)

(๕) การป้องกัน และการแก้ไขการบิดตัวของความเค้นตกค้าง

(๖) ความสัมพันธ์ระหว่างท่าเชื่อม ตาม ISO ๖๙๔๗ และ AWS A ๒.๔ และเทคนิคการเชื่อมเดินหน้า

(๗) ผลกระทบของระยะยื่น (Stick out) ของอิเล็กโทรดทังสเตน

(๘) หลักการของระบบพัลส์ (Pulse system)

(๙) สมบัติของแก๊สปกป้อง และการเลือกใช้อัตราการไหลของแก๊ส

(๑๐) การเลือกชนิด และการเจียแต่งปลายแท่งทังสเตน

(๑๑) การเลือกใช้แก๊สเลนซ์

(๑๒) การปรับค่าความสมดุลของกระแสสลับ (AC Balance)

๓.๑.๑.๘ สมบัติและความสามารถเชื่อมได้ของโลหะ (Weld ability of Metals)

(๑) ชนิดและชั้นคุณภาพของเหล็กกล้า

(๒) สมบัติเหล็กกล้า รวมไปถึงค่าความต้านแรงดึง ค่าความต้านทานแรงกระแทก ความแข็ง ความเหนียวแน่น (Toughness) ลักษณะการกัดกร่อน

(๓) กรรมวิธีของการตรวจสอบคุณภาพ รวมไปถึงการทดสอบแบบทำลาย และการทดสอบแบบไม่ทำลาย

(๔) มาตรฐานเกี่ยวกับโลหะชิ้นงาน เช่น ISO ๖๓๐, JISG ๓๑๐๑, DIN ๑๗๑๐๐, ASTM A๓๖ W๐๑ และ W๑๑ ฯลฯ

(๕) สมบัติทางเคมี และการกัดกร่อนของโลหะชิ้นงาน

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

๓.๑.๑.๙ ลวดเติมและแก๊สปกป้อง (Filler Rod and shielding gases)

(๑) ข้อกำหนดตามมาตรฐานของลวดเติม สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าเจือ

(๒) การเลือกชนิดของลวดเติม ขนาดความสามารถใช้ได้ของลวดเติม

(๓) การเก็บรักษาการใช้ลวดเติม

(๔) การปรับตั้งกระแสไฟให้เหมาะสมกับความหนาของชิ้นงาน และท่าเชื่อม

(๕) การกำหนดขั้วเชื่อมเป็น DC+ หรือ DC-

(๖) ชนิด มาตรฐานของแก๊สปกป้องและการเลือกใช้

(๗) ผลกระทบของการเอียงหัวเชื่อมแบบเดินหน้า

(๘) ผลกระทบของการใช้ปริมาณของแก๊สปกป้องมากหรือน้อยเกินไป

(๙) แก๊สปกป้องด้านหลังแนวราก ความจำเป็นในการใช้ และวิธีการใช้

๓.๑.๑.๑๐ ข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม (Welding Procedure Specifications)

(๑) จุดมุ่งหมาย ตามข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม

(๒) การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของการเชื่อม

(๓) การเลือกลวดเติมให้เหมาะกับโลหะชิ้นงาน

(๔) สัญลักษณ์งานเชื่อม ตาม ISO ๖๙๔๗ และ AWS A ๒.๔

(๕) ลักษณะเฉพาะของแนวต่องานเชื่อม รวมทั้งชนิดแนวต่อรูปทรงเรขาคณิต ขนาดที่สัมพันธ์กับสัญลักษณ์งานเชื่อม

๓.๑.๑.๑๑ คณิตศาสตร์ประยุกต์ที่สัมพันธ์กับการร่างแบบงานเชื่อม (Applied Mathematics Related to Layout and Welding)

(๑) คณิตศาสตร์พื้นฐาน การบวก ลบ คูณ หาร การหาร้อยละ

(๒) การวัดและการคำนวณความยาว มุม พื้นที่ ปริมาตร น้ำหนัก ความดัน

(๓) การแปลงหน่วยของมาตรวัด มาตรฐานต่างๆ

(๔) การใช้เครื่องคำนวณ

๓.๑.๑.๑๒ วิทยาศาสตร์เบื้องต้นที่สัมพันธ์กับงานเชื่อม (Basic Science Related to Welding)

(๑) สาเหตุและการป้องกันการกัดกร่อนและการสึกหรอ

(๒) โลหะวิทยาที่สัมพันธ์กับงานเชื่อมอิทธิพลของความร้อนที่มีต่อชิ้นงานเชื่อมการอุ่นชิ้นงาน (Preheat) และการให้ความร้อนหลังเชื่อม (Post-heat)

๓.๑.๑.๑๓ การตรวจสอบและการรับรองงานเชื่อม (Inspection and Welding Qualification)

(๑) การตรวจสอบพินิจตัวแปรของงานโดยช่างเชื่อมในระหว่างการเชื่อม

(๒) การตรวจสอบพินิจตัวแปรของงานโดยช่างเชื่อมในระหว่างการเชื่อม

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

(๔) การวัดขนาดแนวเชื่อม

(๕) การตรวจสอบด้วยรังสี (RT)

(๖) การซ่อมจุดบกพร่อง (Defects) ของชิ้นงานก่อนและหลังการเชื่อมเสร็จ

(๗) การทดสอบการดัดโค้ง (Bending Test)

๓.๑.๑.๑๔ ท่อเหล็กกล้า (Steel Pipe)

(๑) ชนิดและขนาดของท่อ

(๒) การวัดความกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของผนัง ความเหลื่อม (Misalignment) การร่วมศูนย์เดียวกัน

(๓) ข้อต่อท่อ หน้าแปลน

(๔) การต่อท่อ การปรับรอยต่อ ข้อต่อท่อและหน้าแปลน

(๕) คุณภาพของงานเชื่อมท่อ

(๖) การซ่อมข้อบกพร่องของแนวเชื่อมท่อ

๓.๑.๒ ความสามารถ ประกอบด้วย ขอบเขตความสามารถในการปฏิบัติงาน ดังต่อไปนี้

๓.๑.๒.๑ การทำงานอย่างปลอดภัย (Working Safety)

(๑) การป้องกันอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานเชื่อม

(๒) มาตรการป้องกันอัคคีภัย การรู้ตำแหน่งของเครื่องดับเพลิง

(๓) การสวมใส่และการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม

(๔) การรักษาพื้นที่ทำงานให้ปลอดภัย สะอาดและเป็นระเบียบ

(๕) การใช้หน้ากากกรองแสง การระบายอากาศและแสงสว่างอย่างเหมาะสม

(๖) การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างปลอดภัยและถูกวิธี

(๗) การป้องกันอุบัติเหตุในการทำงานในสถานที่จำกัด

(๘) การป้องกันแก๊สพิษจากปฏิบัติงานเชื่อม

๓.๑.๒.๒ การใช้เครื่องมือวัด อุปกรณ์และเครื่องมือร่างแบบ (Measuring Equipment and Drawing Tool)

(๑) ใช้เครื่องมือวัด อุปกรณ์และเครื่องมือร่างแบบได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

(๒) ร่างแบบบนชิ้นงานเชื่อมอย่างถูกต้อง โดยใช้ตลับเมตร ฉาก บรรทัดนำศูนย์

(๓) ใช้เครื่องวัดอัตราการไหล เกจวัดแรงดัน เครื่องมือวัดอุณหภูมิ และมาตรวัดไฟฟ้า ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

(๔) เก็บรักษาเครื่องมือวัด และเครื่องมือร่างแบบได้อย่างเหมาะสม

๓.๑.๒.๓ การใช้เครื่องมือและเครื่องมือกล ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

(๑) ใช้เครื่องมือและเครื่องมือกล ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

(๒) เก็บรักษาเครื่องมือ และเครื่องมือกล ได้อย่างเหมาะสม

๓.๑.๒.๔ สามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหรือเหล็กกล้าสเตนเลสด้วยมือหรือกึ่งอัตโนมัติ โดยกระบวนการเชื่อมอาร์กซึ่งใช้แท่งทังสเตนเป็นอิเล็กโทรด และใช้แก๊สเฉื่อยเป็นแก๊สปกป้องที่เป็นแนวเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet Weld) ทั้งในลักษณะการเชื่อมเหล็กแผ่นกับเหล็กแผ่นและเหล็กแผ่นกับท่อ ที่มีความหนา ๑.๕ มิลลิเมตร ถึง ๓ มิลลิเมตร ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่างๆ ได้ทุกตำแหน่ง ตามมาตรฐาน ISO ๙๖๐๖-๑ โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อม ระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗

๓.๑.๓ ทัศนคติ ประกอบด้วย การปฏิบัติงานที่ตรงต่อเวลา การรักษาวินัยในการทำงาน ความปลอดภัยในการทำงาน ความซื่อสัตย์ ความละเอียดรอบคอบ และความประหยัด

๓.๒ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๒ ได้แก่

๓.๒.๑ ความรู้ ประกอบด้วย ขอบเขตความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ข้อ ๓.๑.๑

๓.๒.๒ ความสามารถ ประกอบด้วย ขอบเขตความสามารถในการปฏิบัติงาน ดังต่อไปนี้

๓.๒.๒.๑ การทำงานอย่างปลอดภัย (Working Safety) ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ข้อ ๓.๑.๒.๑

๓.๒.๒.๒ การใช้เครื่องมือวัด อุปกรณ์และเครื่องมือร่างแบบ (Measuring Equipment and Drawing Tool) ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ข้อ ๓.๑.๒.๒

๓.๒.๒.๓ การใช้เครื่องมือ และเครื่องมือกล ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ข้อ ๓.๑.๒.๓

๓.๒.๒.๔ สามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหรือเหล็กกล้าสเตนเลสด้วยมือหรือกึ่งอัตโนมัติ โดยกระบวนการเชื่อมอาร์กซึ่งใช้แท่งทังสเตนเป็นอิเล็กโทรด และใช้แก๊สเฉื่อยเป็นแก๊สปกป้อง ที่เป็นแนวเชื่อมต่อชน (Butt Weld) ในลักษณะการเชื่อมเหล็กแผ่นกับเหล็กแผ่น ที่มีความหนา ๑.๕ มิลลิเมตร ถึง ๓ มิลลิเมตร ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่างๆ ได้ทุกตำแหน่ง ตามมาตรฐาน ISO ๙๖๐๖-๑ โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อม ระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗

๓.๒.๓ ทัศนคติ ประกอบด้วย การปฏิบัติงานที่ตรงต่อเวลา การรักษาวินัยในการทำงาน ความปลอดภัยในการทำงาน ความซื่อสัตย์ ความละเอียดรอบคอบ และความประหยัด

๓.๓ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๓ ได้แก่

๓.๓.๑ ความรู้ ประกอบด้วย ขอบเขตความรู้ ความเข้าใจในเรื่องต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ข้อ ๓.๑.๑

๓.๓.๒ ความสามารถ ประกอบด้วย ขอบเขตความสามารถในการปฏิบัติงาน ดังต่อไปนี้

๓.๓.๒.๑ การทำงานอย่างปลอดภัย (Working Safety) ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ข้อ ๓.๑.๒.๑

๓.๓.๒.๒ การใช้เครื่องมือวัด อุปกรณ์และเครื่องมือร่างแบบ (Measuring Equipment and Drawing Tool) ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ข้อ ๓.๑.๒.๒

๓.๓.๒.๓ การใช้เครื่องมือ และเครื่องมือกล ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ข้อ ๓.๑.๒.๓

๓.๓.๒.๔ สามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหรือเหล็กกล้าสเตนเลสด้วยมือหรือกึ่งอัตโนมัติ โดยกระบวนการเชื่อมอาร์กซึ่งใช้แท่งทังสเตนเป็นอิเล็กโทรด และใช้แก๊สเฉื่อยเป็นแก๊สปกป้อง ที่เป็นแนวเชื่อมต่อชน (Butt-Weld) ในลักษณะการเชื่อมท่อ ที่มีความหนา ๒ มิลลิเมตร ถึง ๖ มิลลิเมตร ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่างๆ ได้ทุกตำแหน่ง ตามมาตรฐาน ISO ๙๖๐๖-๑ โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อม ระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗

๓.๓.๓ ทัศนคติ ประกอบด้วย การปฏิบัติงานที่ตรงต่อเวลา การรักษาวินัยในการทำงาน ความปลอดภัยในการทำงาน ความซื่อสัตย์ ความละเอียดรอบคอบ และความประหยัด

ประกาศ ณ วันที่ ๑๑ มกราคม พ.ศ. ๒๕๕๕
สมเกียรติ ฉายะศรีวงศ์
ปลัดกระทรวงแรงงาน
ประธานกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

๑.๒ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง คุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก

เล่ม ๑๒๙ ตอนพิเศษ ๓๙ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๕

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน
เรื่อง คุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๒ วรรคสามแห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงานพ.ศ. ๒๕๔๕ คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน จึงกำหนดคุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑

๑.๑ ผู้เข้ารับการทดสอบต้องมีอายุไม่ต่ำกว่า ๑๘ ปีบริบูรณ์นับถึงวันสมัครเข้ารับการทดสอบ และ

๑.๒ มีประสบการณ์การทำงานหรือประกอบอาชีพเกี่ยวกับสาขาอาชีพช่างเชื่อมทิกไม่น้อยกว่า ๑ ปี หรือ

๑.๓ ผ่านการฝึกเตรียมเข้าทำงาน (Pre-Employment) สาขาอาชีพช่างเชื่อมไม่น้อยกว่า ๒๐๐ ชั่วโมง หรือผ่านการฝึกยกระดับ (Up-Grade Training) สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิกไม่น้อยกว่า ๙๐ ชั่วโมง หรือผ่านการฝึกอบรมตามหลักสูตรช่างเชื่อมสากล (International Welder Course) ไม่น้อยกว่า ๙๐ ชั่วโมง หรือผ่านการฝึกอบรมหลักสูตรอื่นที่เกี่ยวข้องกับสาขาอาชีพช่างเชื่อมทิกไม่น้อยกว่า ๑๒๐ ชั่วโมง หรือ

๑.๔ เป็นผู้ที่จบการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพในสาขาอาชีพที่เกี่ยวข้องกับอาชีพนี้

ข้อ ๒ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๒

๒.๑ มีประสบการณ์การทำงานหรือประกอบอาชีพเกี่ยวกับสาขาอาชีพช่างเชื่อมทิกไม่น้อยกว่า ๑ ปี นับตั้งแต่วันที่ได้รับหนังสือรับรองมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑ หรือ

๒.๒ ได้คะแนนรวมทั้งภาคความรู้และภาคความสามารถในการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑ ไม่ต่ำกว่าร้อยละแปดสิบ

ข้อ ๓ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๓

๓.๑ มีประสบการณ์การทำงานหรือประกอบอาชีพเกี่ยวกับสาขาอาชีพช่างเชื่อมทิกไม่น้อยกว่า ๑ ปี นับตั้งแต่วันที่ได้รับหนังสือรับรองมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๒ หรือ

๓.๒ ได้คะแนนรวมทั้งภาคความรู้และภาคความสามารถในการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๒ ไม่ต่ำกว่าร้อยละแปดสิบ

ประกาศ ณ วันที่ ๑๑ มกราคม พ.ศ. ๒๕๕๕

สมเกียรติ ฉายะศรีวงศ์

ปลัดกระทรวงแรงงาน

ประธานกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

๑.๓ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑

เล่ม ๑๒๙ ตอนพิเศษ ๓๙ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๕

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน
เรื่อง วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือรับรอง
ว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ
สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๒ วรรคสาม แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๕ คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน จึงกำหนดวิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑ ไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑

๑.๑ การทดสอบความรู้

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

๑.๒ การทดสอบความสามารถ

เป็นการทดสอบความสามารถซึ่งเกิดจากการสะสมประสบการณ์จนเกิดความชำนาญเพียงพอที่จะปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและมีคุณภาพตามข้อกำหนด รวมถึงสามารถปฏิบัติงานแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่

กำหนด ลักษณะแบบทดสอบ เป็นการทดสอบทักษะฝีมือในการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหรือเหล็กกล้าสเตนเลส ด้วยมือหรือกึ่งอัตโนมัติ โดยกระบวนการเชื่อมอาร์กซึ่งใช้แท่งทังสเตนเป็นอิเล็กโทรด และใช้แก๊สเฉื่อยเป็นแก๊สปกป้องที่เป็นแนวเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet Weld) ทั้งในลักษณะการเชื่อมเหล็กแผ่นกับเหล็กแผ่นและเหล็กแผ่นกับท่อ ที่มีความหนา ๑.๕ มิลลิเมตร ถึง ๓ มิลลิเมตร ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่างๆ ได้ทุกตำแหน่ง ตามมาตรฐาน ISO ๙๖๐๖-๑ โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อม ระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗ ใช้เวลาในการทดสอบ ๒ ชั่วโมง คะแนนเต็ม ๑๐๐ คะแนน ผู้เข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ต้องสอบได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละเจ็ดสิบ โดยมีการทดสอบ ๒ ประเภท ซึ่งผู้เข้ารับการทดสอบสามารถเลือกทดสอบประเภทใดประเภทหนึ่งได้ ดังนี้

ประเภทที่ ๑ การเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน (W๐๑) รอยเชื่อมฟิลเล็ท มีชิ้นงานทดสอบ ๔ รายการ ดังนี้

(๑) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๔๑ P FW W๐๑ S t๑.๕ PB sl (AWS ๒F)

(๒) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๔๑ P FW W๐๑ S t๑.๕ PF sl (AWS ๓F-up)

(๓) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๔๑ P FW W๐๑ S t๓.๒ D๑๑๔ PD sl (AWS ๔F)

(๔) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๔๑ P/T FW W๐๑ S t๓.๒ D๑๑๔ PF sl (AWS ๕F-up)

ประเภทที่ ๒ การเชื่อมเหล็กกล้าสเตนเลส (W๑๑) รอยเชื่อมฟิลเล็ท มีชิ้นงานทดสอบ ๔ รายการ ดังนี้

(๑) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๔๑ P FW W๑๑ S t๑.๕ PB sl (AWS ๒F)

(๒) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๔๑ P FW W๑๑ S t๑.๕ PF sl (AWS ๓F-down)

(๓) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๔๑ P/T FW W๑๑ S t๓ D๑๑๔ PD sl (AWS ๔F)

(๔) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๔๑ P/T FW W๑๑ S t๓ D๑๑๔ PF sl (AWS ๕F-down)

๑.๓ ในกรณีที่ผู้ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานพบว่าชิ้นงานทดสอบเกิดการแตกหักเนื่องจากโลหะวิทยา หรือสาเหตุภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับฝีมือของผู้เข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน ให้ผู้ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน ทำการเปลี่ยนวัสดุทดสอบให้แก่ผู้เข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และให้ผู้เข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน ทำการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน ตามวิธีการทดสอบในใบงานเดิมทันที

๑.๔ รายละเอียดวิธีการทดสอบให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการประกาศกำหนด

ข้อ ๒ การออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑ จะออกให้แก่ผู้ผ่านการทดสอบ โดยมีเกณฑ์ ดังนี้

๒.๑ ผู้เข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน ต้องสอบทั้งภาคความรู้ ภาคความสามารถ โดยต้องสอบได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละเจ็ดสิบของคะแนนในแต่ละภาค จึงจะถือว่าผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑ และมีสิทธิ์ได้รับหนังสือรับรอง

๒.๒ หนังสือรับรองมีอายุ ๔ ปี นับตั้งแต่วันที่ออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน

ประกาศ ณ วันที่ ๑๑ มกราคม พ.ศ. ๒๕๕๕
สมเกียรติ ฉายะศรีวงศ์
ปลัดกระทรวงแรงงาน
ประธานกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

บทที่ ๒
หัวข้อวิชา

๒.๑ ความปลอดภัยทั่วไปในพื้นที่ปฏิบัติงาน

สภาพเศรษฐกิจและสังคมปัจจุบันทำให้ผู้ประกอบอาชีพต้องทำงานในสภาพของการแข่งขัน เร่งรีบ ทำงานแข่งกับเวลา ไม่ว่าจะเป็นงานอาชีพด้านใดก็ตาม ทุกคนต้องพยายามปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในด้านเทคโนโลยีใหม่ๆ เจ้าของกิจการมุ่งแต่ผลผลิตจนกระทั่งขาดความสนใจในเรื่องความปลอดภัย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอันตรายจากการประสบอุบัติเหตุของคนงาน เกิดการบาดเจ็บ หรือเสี่ยงต่อโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ ได้เสมอ ทำให้เกิดการเจ็บป่วยทุกข์ทรมานทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ จนกระทั่งเสียชีวิตได้ 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) คือผู้ปฏิบัติงานเชื่อม โดยใช้เครื่องมืออุปกรณ์ด้วยความปลอดภัย ช่างเชื่อมจะต้องมีความเข้าใจเรื่องความปลอดภัย ในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ และขั้นตอนต่างๆ ในการทำงาน ช่างเชื่อมจะต้องได้รับอนุญาตในการเริ่มต้นปฏิบัติงาน จากผู้ควบคุมงานก่อนการปฏิบัติงานเสมอ ก่อนการปฏิบัติงานช่างเชื่อมจะต้องตรวจสอบพื้นที่ปฏิบัติงานว่ามีความปลอดภัยในการทำงานหรือไม่ เช่น อันตรายจากไฟฟ้า การดูดอากาศ การเกิดเพลิงไหม้ การระเบิด เป็นต้น

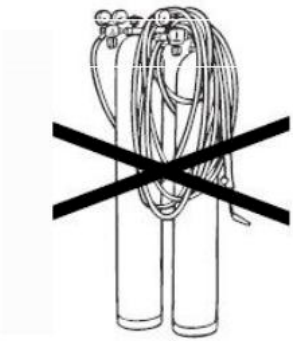
๒.๒ ความปลอดภัยในการเชื่อมและตัด

งานเชื่อมและงานตัดด้วยแก๊ส เป็นกระบวนการที่มีอันตราย การลดความเสี่ยงต่ออันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการเชื่อมและการตัดในสถานการณ์ต่างๆ ความปลอดภัยและอาชีวอนามัยเป็นสิ่งสำคัญ จึงจำเป็นต้องเรียนรู้สาเหตุของการเกิดอันตรายต่างๆ ดังนี้

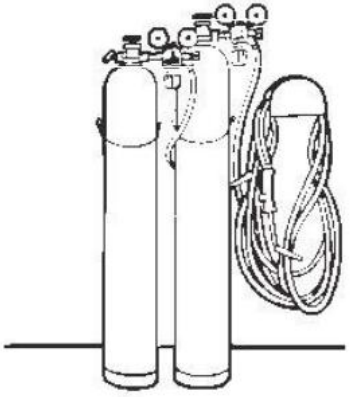
๒.๒.๑ อันตรายจากอะเซทิลีน เกิดจากอะเซทิลีนแตกตัว เปลี่ยนสภาพความดัน ทำให้เกิดการระเบิด ซึ่งเป็นอันตรายสูงสุด เมื่อเทียบกับอันตรายที่เกิดจากการเชื่อม เช่น กระแสไฟฟ้า รังสี ควัน และไอระเหย โดยมีสาเหตุเกิดจากไฟย้อนกลับจากหัวทอร์ชเชื่อมสู่ขวดบรรจุอะเซทิลีนทรงกระบอก หรือความร้อนภายนอกสูงเกินไป ลักษณะที่เกิดอุณหภูมิของผนังขวดบรรจุอะเซทิลีนสูงขึ้น 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 หากมีประกายไฟก็จะเกิดการสันดาปและระเบิดได้อย่างทันทีทันใด แม้ว่าจะใช้วัสดุที่ไม่ติดไฟ

ข้อควรระวังอย่าใช้ออกซิเจนในการระบายอากาศ หรือพ่นเป่าเสื้อผ้า (ให้สะอาดหรือให้แห้ง) ด้วยออกซิเจน นอกจากนั้นจะต้องจัดเก็บอุปกรณ์ และถังบรรจุให้เรียบร้อย ดังรูป



รูปที่ ๑ การเก็บสายวิธีที่ผิด

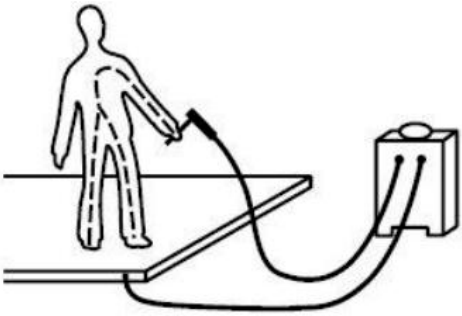


รูปที่ ๒ การเก็บสายวิธีที่ถูก

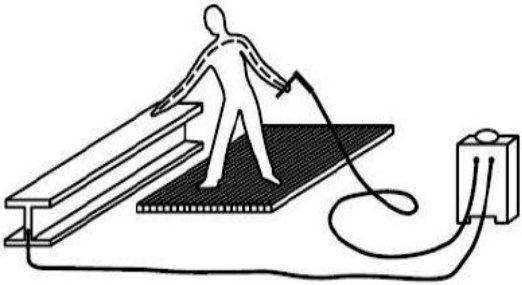
๒.๒.๓ กระบวนการเชื่อมอาร์กไฟฟ้า อันตรายที่เกิดขึ้น ที่ช่างเชื่อมต้องศึกษาถึงสิ่งที่ก่อให้เกิดอันตราย ได้แก่ กระแสไฟฟ้า รังสีเป็นอันตรายต่อสายตา อันตรายจากความร้อน สารอันตราย และการเชื่อมในเนื้อที่จำกัด

กระแสไฟฟ้า เป็นแหล่งพลังงาน (ให้ความร้อน) สำหรับกระบวนการเชื่อมอาร์กไฟฟ้า และการตัดด้วยพลาสมา บอกเตือนช่างเชื่อมถึงการเกิดอันตรายจากไฟฟ้า และรังสีเป็นอันตรายสูงสุด ทั้งไฟฟ้าดูด และดวงตา ชิ้นส่วนต่างๆ ในเครื่องเชื่อมอาจมีกระแสไฟฟ้าที่เป็นอันตรายสำหรับช่างเชื่อม ห้ามสัมผัสโดยตรงกับชิ้นส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ได้แก่ คีมจับลวดเชื่อม แคลมป์สำหรับสายดิน หรืออิเล็กโทรด ปลายทิปหัวเชื่อม ลวดเชื่อมที่เติมในแนวเชื่อม และหัวทอร์ชเชื่อม ชิ้นส่วนที่ไม่ได้หุ้มฉนวนในสายไฟที่กระแสไหลกลับ (สายดิน) กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านร่างกายเมื่อสัมผัสกับชิ้นส่วนที่มีกระแสไฟฟ้า ผลกระทบของกระแสไฟฟ้าต่อ

ร่างกาย ขึ้นอยู่กับชนิดของกระแสไฟฟ้า (กระแสตรง DC หรือ กระแสสลับ AC) ระดับกระแสสูงมีอันตรายยิ่งกว่ากระแสต่ำ เส้นทางการเดินของกระแสไฟฟ้า การไหลของกระแสไฟฟ้าในแนวยาวของร่างกาย มีอันตรายกว่ากระแสไฟฟ้าในแนวขวาง หากถูกกระแสไฟฟ้าดูดเกิน ๐.๓ วินาที จะเป็นอันตรายวิกฤต จุดที่พึงระวังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นอันตรายกว่าไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นการเชื่อมในที่คับแคบควรเลือกใช้เครื่องเชื่อมชนิด กระแสตรง DC



รูปที่ ๓ กระแสไหลผ่านร่างกายแนวยาว



รูปที่ ๔ กระแสไหลผ่านร่างกายแนวขวาง

ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการ แต่ถ้าใช้ไม่ถูกต้องอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ชีวิตและทรัพย์สินได้ อันตรายที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า เมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้น ควรปิดสวิตช์ที่เครื่องเชื่อมทันทีและแจ้งหัวหน้าทราบ และติดป้ายเตือน สายไฟชำรุด ใช้ไฟฟ้ามากเกินไปในเต้าเสียบเดียวกัน เปิดใช้ไฟฟ้านานเกินไปจนเกิดความร้อนสะสม ใช้ฟิวส์ผิดขนาด ใช้ไฟผิดประเภท ไม่ได้ต่อสายดิน ใช้ไฟขณะร่างกายเปียกชื้น เป็นต้น อันตรายอันเนื่องจากกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่จะมีความรุนแรงมาก จึงต้องมีการระมัดระวังเป็นพิเศษ การแบ่งลักษณะของอันตรายที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า มี ๒ ลักษณะ ได้แก่ไฟฟ้าดูด กับ การเกิดเพลิงไหม้เนื่องจากไฟฟ้าลัดวงจร สำหรับอันตรายจากกระแสไฟฟ้าดูด มักเกิดกับช่างเชื่อมบ่อยครั้ง เนื่องจากร่างกายไปสัมผัส หรือต่อเข้ากับส่วนของวงจรไฟฟ้าทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านอวัยวะที่สำคัญ เช่น ศีรษะและทรวงอก อาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ การปฐมพยาบาลเพื่อช่วยในการหายใจ เป็นสิ่งแรกที่ต้องปฏิบัติในทันที เพื่อนร่วมงานถูกไฟฟ้าดูด ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและปฏิกิริยา การตอบสนองของร่างกายมีดังนี้

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 กล้ามเนื้อหด

ปริมาณกระแสไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)	อาการ
	ตัวอย่างรุนแรง ทำให้ปอดทำงานผิดปกติ ไม่สามารถปล่อยมือออกได้ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสมองมีโอกาสเสียชีวิตในเวลาเพียง ๒ - ๓ นาที
๕๐ - ๑๐๐	กระทบกระเทือนต่อระบบประสาท หัวใจเต้นผิดปกติ หัวใจเต้นอ่อนหรือเต้นถี่รัว มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสมอง 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)

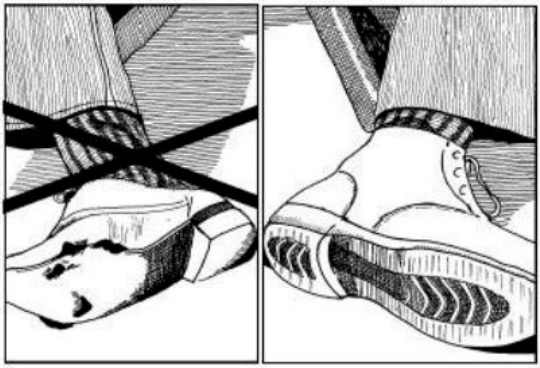
ความต้านทานไฟฟ้าของร่างกายมนุษย์ (ประมาณ ๑๐๐๐ โอห์ม)

ตัวอย่าง กรณีมือไปจับสวิตช์แสงสว่างที่ชำรุด

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

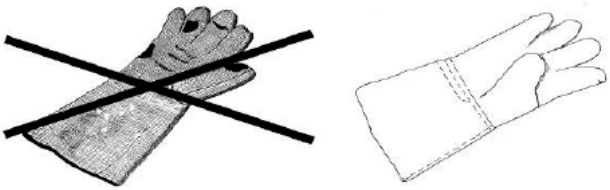
ผลลัพธ์ที่ได้ จะเป็นอันตรายต่ออวัยวะหรือไม่นั้น ดูได้จากการป้องกันความปลอดภัยจะไม่มีอันตราย ถ้าหากว่าใส่รองเท้าพื้นยางที่มีความต้านทาน (ความต้านทาน R ประมาณ ๑๐,๐๐๐ Ω)

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



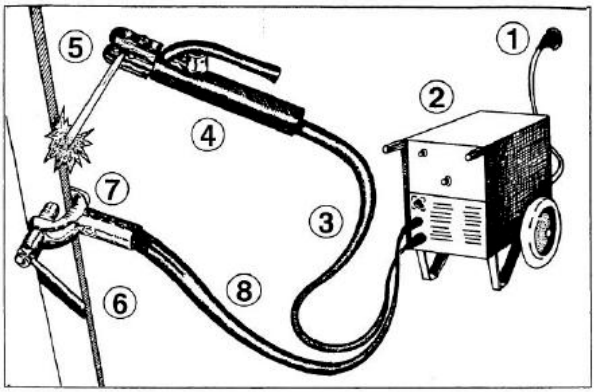
รูปที่ ๕ การใส่รองเท้าที่ถูกต้อง

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)

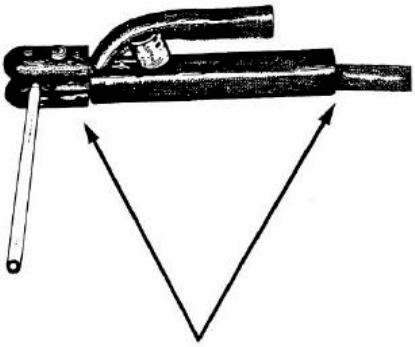
เครื่องเชื่อม เป็นอุปกรณ์ที่ต้องได้มาตรฐานในการผลิต เครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ชำรุดถ้านำมาใช้ปฏิบัติการเชื่อมจะเกิดอันตราย ควรซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ปลอดภัย เครื่องเชื่อมจะมีมาตรฐานควบคุมตามข้อกำหนดที่ต้องการ เช่น แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด ซึ่งแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่สูงจะเป็นอันตรายมาก สำหรับผู้ปฏิบัติงานเชื่อม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

ตารางที่ ๒ มาตรฐาน IEC ๙๗๔ ส่วนที่ ๑

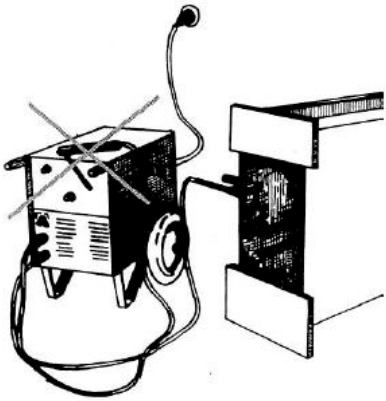
แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด			
สถานภาพการปฏิบัติการ	แรงดันไฟฟ้า	ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (โวลต์)	
	ชนิด	ค่าสูงสุด	ค่าสัมฤทธิ์ผล
ก) อันตรายเพิ่มขึ้นจากไฟฟ้าช็อต	กระแสตรง กระแสสลับ	๑๑๓ ๖๘	-- ๔๘
ข) ปราศจากการเพิ่มอันตราย	กระแสตรง กระแสสลับ	๑๑๓ ๑๑๓	-- ๘๐
ค) การเชื่อมแบบหัวทอร์ช	กระแสตรง กระแสสลับ	๑๔๑ ๑๔๑	-- ๑๐๐
ง) กระบวนการเชื่อมพลาสมา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

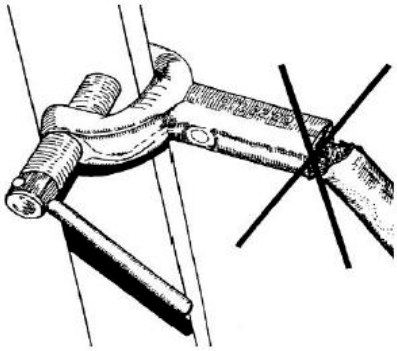


รูปที่ ๘ ด้ามจับอิเล็กโทรด



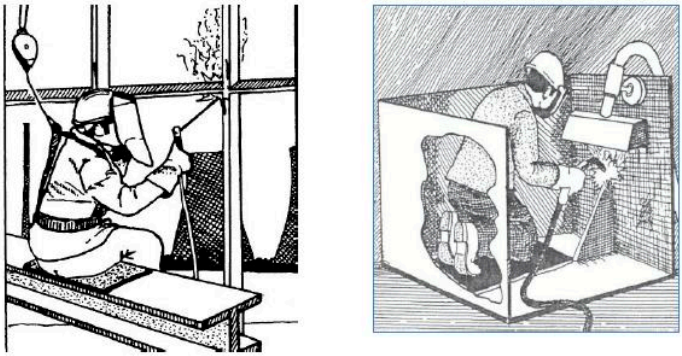
รูปที่ ๙ ห้ามวางด้ามจับอิเล็กโทรดบนเครื่องเชื่อม

สายเชื่อมจะต้องมีฉนวนหุ้มให้เรียบร้อยและไม่ชำรุดเสียหาย ควรมีระบบป้องกันการเสียหาย สายเคเบิลที่ให้กระแสไหลกลับ (โดยทั่วไปช่างเชื่อมมักจะเรียกว่าสายดิน ซึ่งเป็นการเรียกที่ผิด) สายเคเบิลจะต้องยึดให้แน่นกับชิ้นงานหรือตัวยึดชิ้นงาน ถ้ายึดไม่แน่นอาจเกิดการอาร์กอย่างรุนแรง



รูปที่ ๑๐ แคล้มป์ยึดที่ชำรุดเสียหาย

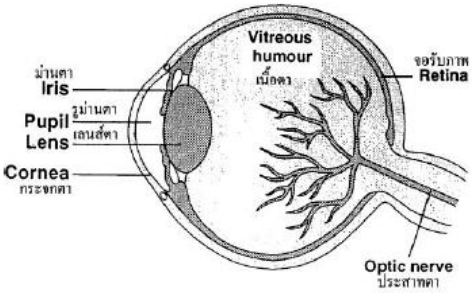
อันตรายจากกระแสไฟฟ้าดูดระหว่างปฏิบัติการเชื่อม สถานที่ปฏิบัติงานที่มีการสัมผัสชิ้นส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าโดยปราศจากการป้องกันร่างกายระหว่างปฏิบัติการเชื่อม เช่น การนั่งคุกเข่า การนั่ง การนอน หรือการพิง ต้องมีเนื้อที่เพียงพอต่อการเคลื่อนไหวของร่างกายระหว่างชิ้นส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าไม่น้อยกว่า ๒ เมตร (อันตรายจากอุบัติเหตุที่เกิดจากการสัมผัส) 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 รังสีอินฟราเรดที่มี

ความยาวคลื่นสูงอาจทำให้ตาบอด 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

Process กระบวนการ	Current (A) กระแส (แอมป์) 0,5 1 2,5 5 10 15 20 30 40 60 80 100 125 150 175 200 225 250 275 300 350 400 450 500
ลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์	9 10 11 12 13 14
การเชื่อม มิก/แม็ก เหล็กผสม ทองแดง ฯลฯ	10 11 12 13 14
การเชื่อมมิก MIG โลหะผสมบาง	10 11 12 13 14 15
การเชื่อมทิก TIG	9 10 11 12 13 14
การเชื่อมแม็ก MAG	10 11 12 13 14 15
การอาร์กเซาะร่อง	10 11 12 13 14 15
การตัดพลาสมา	11 12 13
การเชื่อม พลาสมา	2,5 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
	0,5 1 2,5 5 10 15 20 30 40 60 80 100 125 150 175 200 225 250 275 300 350 400 450 500

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 ถังภาชนะ ท่อส่งน้ำ ท่อส่งน้ำมัน ท่อส่งแก๊ส ภายในเรือ เป็นต้น อันตรายที่เกิดจากการเชื่อมในบริเวณพื้นที่ที่จำกัด คือ การฟอร์มตัวหรือสะสมของสารอันตราย เช่น แก๊สไนตรัส ไอแก๊สเชื่อม การสะสมของแก๊สเชื้อเพลิง เช่น อะเซทิลีน หรือออกซิเจนมากเกินไป อันตรายที่เกิดจากควันและฝุ่นเชื่อม (Welding Fumes &

Welding Dusts) เป็นส่วนที่มีขนาดเล็กระดับจุลภาคที่ติดเข้าไปกับลมหายใจและสะสมอยู่ในช่องว่างของปอดจนกระทั่งปอดอักเสบ จนถึงขั้นเป็นมะเร็งในปอด อาการไข้ที่เกิดจากควันของโลหะเป็นอันตรายที่สูงสุดอันหนึ่งในงานเชื่อม ที่เกิดจากการเปลี่ยนรูปฟอร์มออกไซด์ของโลหะประเภทต่าง ๆ เช่น สังกะสีออกไซด์ สำหรับโลหะเคลือบผิวเป็นที่รู้จักดีของช่างเชื่อม ถ้ามีผู้รับเข้าไปจะมีอาการภายหลังจากรับไม่กี่ชั่วโมงและจะเกิดอาการป่วยตามมาสำหรับรายการของควันที่เกิดขึ้นจะสะสมในร่างกาย จะทำให้ร่างกายเกิดอาการต่าง ๆ เช่น สารแคลเซียมฟลูออไรด์ (CaF_2) ที่ละเอียดอ่อน สารตัวนี้จะเกิดขึ้นจากสารพอกหุ้มแกนลวดเชื่อมที่เป็นด่าง (Basic Coated Lime-Fluoride or Low-Hydrogen) จะเป็นอันตรายตัวหนึ่งจะไม่ละลายตัวในสภาวะปกติแต่มีปฏิกิริยาสูงเมื่อผสมกับบรรยากาศที่มีความชื้น 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 ดังเช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มักจะใช้ในการเชื่อมแม็ก (MAG) ทั่วไปแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะเป็นอันตราย หากทำการเชื่อมในที่อับอากาศหรือสถานที่คับแคบซึ่งมีการระบายอากาศไม่พอเพียง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะเข้าไปแทนที่ออกซิเจนทำให้บริเวณการเชื่อมนั้นขาดออกซิเจน และสามารถทำให้ช่างเชื่อมหมดสติได้โดยไม่รู้ตัว แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สชนิดนี้เกิดขึ้นจากการใช้แก๊สปกป้องเมื่อทำการเชื่อมแม็ก (MAG) เช่นกัน และจะมีอยู่ในบริเวณที่ทำการเชื่อม และเมื่อบริเวณนั้นมีการระบายอากาศที่ไม่ดีพอ ช่างเชื่อมจะมีโอกาสได้รับแก๊สพิษนี้ในปริมาณสูง การได้รับแก๊สชนิดนี้มากเกินไปจะก่อให้เกิดอาการง่วงซึม ปวดศีรษะ อาเจียน และอาจหมดสติได้

๒.๓ การใช้เครื่องมือวัด

เครื่องมือวัด (Measuring Tool) คือ เครื่องมือสำหรับใช้ในการวัดเพื่อบ่งชี้บอกระยะหรือขนาดในการกำหนดตำแหน่ง ตรวจสอบระยะหรือขนาด

ความกว้าง ความยาว ความสูงหรือความหนาของวัสดุชิ้นงาน ฯลฯ เครื่องมือวัดมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีลักษณะ รูปร่างที่แตกต่างกันตามประโยชน์ใช้งาน ตามตัวอย่าง 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 เป็นเครื่องมือสำหรับประกอบหรือใช้สำหรับการทำงานโดยใช้จับชิ้นงานให้แน่นเพื่อความสะดวกต่อการปฏิบัติงานอื่น เช่น จับโลหะ ไม้ พลาสติก ฯลฯ ในการตัด เจาะ ขัด ตอก หรือตะไบ เป็นต้น ปากกาจับโลหะ ลักษณะการใช้ เป็นปากกาที่ยึดแน่นบนโต๊ะฝึกงาน ใช้สำหรับจับโลหะ

ให้แน่นเพื่อตัด 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

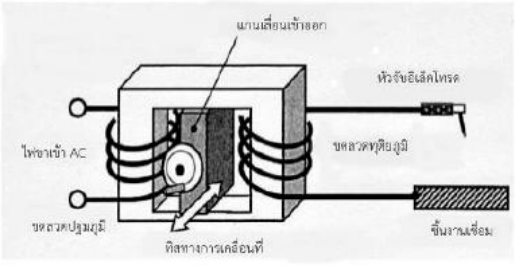
เครื่องมือกล เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญ ในการปฏิบัติงานช่าง โดยเฉพาะงานที่ใช้เหล็กในขบวนการผลิต เป็นเพราะความจำเป็นในการต้องตัดตกแต่ง จึงต้องใช้เครื่องมือกลในการทำงานทั้งสิ้น ในการปฏิบัติงานเชื่อมเช่นกัน การใช้เครื่องมือกลในการตัดชิ้นงาน การเจียตกแต่งชิ้นงาน ล้วนแล้วแต่เป็นเครื่องมือกลทั้งสิ้น ดังนั้นเราจำเป็นต้องศึกษา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

๒.๖ เครื่องเชื่อม อุปกรณ์และวงจรไฟฟ้า

กระบวนการเชื่อมทิก เป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้ทังสเตนเป็นแท่งอาร์ก นับว่าเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุด เป็นแท่งอาร์กให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน โดย

ทังสเตนไม่หลอมละลาย และจะต้องมีลวดเติมเพื่อสร้างเนื้อรอยเชื่อม เครื่องเชื่อมในงานเชื่อมทิกที่ใช้ในปัจจุบันมีทั้งแบบหม้อแปลงที่ผลิตแรงดันต่ำ และกระแสสูง แบบเจนเนอเรเตอร์ชนิดเครื่องยนต์ และชนิดมอเตอร์ที่ผลิตกระแสตรง (DC) รวมถึงเครื่องเชื่อมแบบเรคติไฟเออร์ที่ผลิตทั้งกระแสตรง (DC) และกระแสสลับ (AC) เราจึงจำเป็นต้องศึกษาว่าระบบการทำงานของเครื่องเชื่อมทำงานอย่างไร เพื่อการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

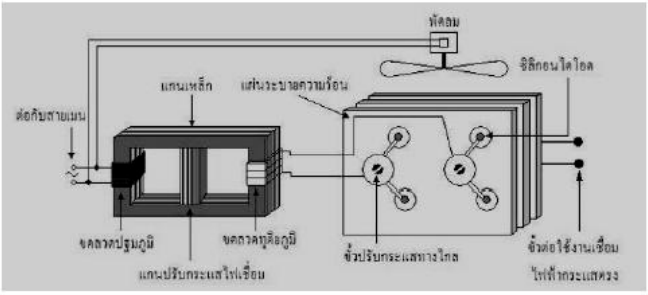
๒.๖.๑ เครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer Welding Machine) เครื่องเชื่อมแบบนี้เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป ซึ่งจะผลิตเฉพาะกระแสไฟสลับ (AC) เท่านั้น โดยมีหลักการทำงานเหมือนกับหม้อแปลงไฟทั่วๆ ไป ซึ่งจะนำกระแสที่มีแรงดันสูง (๒๒๐ โวลต์) ต่อเข้าทางขดลวดปฐมภูมิ (primary) และจ่ายออกทางขดลวดทุติภูมิ (secondary) เป็นกระแสไฟที่มีแรงดันต่ำ กระแสสูง วงจรเปิดประมาณ ๘๐-๑๐๐ V กระแสไฟขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องเชื่อม



รูปที่ ๑๕ เครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงไฟฟ้า

๒.๖.๒ เครื่องเชื่อมแบบเรคติไฟเออร์ (Rectifier Welding) ประกอบด้วยหมอแปลงและตัวเรียงกระแส (Rectifier) ตัวเรียงกระแส เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนกระแสสลับให้เป็นกระแสตรง เครื่องเรียงกระแสสลับให้เป็นกระแสตรงนี้จะใช้สารกึ่งตัวนำ เช่น แผ่นซิลิกอน (Silicon) และซีลิเนียม (Selenium)

สำหรับเปลี่ยนกระแสสลับเป็นกระแสตรง ซึ่งโลหะกึ่งตัวนำนี้จะยอมให้กระแสไหลผ่านได้สะดวกเพียงทางเดียว และปรับตั้งกระแสไฟโดยใช้รีซีฟเวอร์ ดังรูป

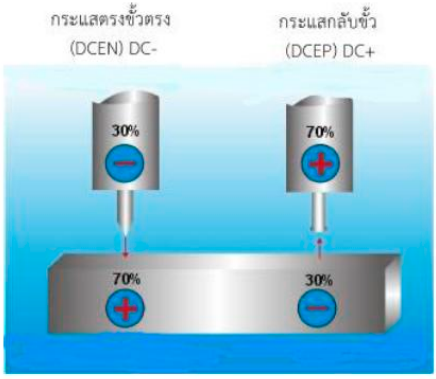


รูปที่ ๑๖ เครื่องเชื่อมแบบเรคติไฟเออร์

๒.๖.๓ เครื่องเชื่อมแบบมอเตอร์เจนเนอเรเตอร์ (Motor Generator) เป็นเครื่องเชื่อมที่ใช้กำลังไฟฟ้าเป็นตัวต้นกำลังในการขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยใช้ไฟฟ้าแบบกระแสสลับ ซึ่งทั่วไปจะใช้แรงเคลื่อน ๓๘๐ โวลต์ เพลาของมอเตอร์จะต่อร่วมกับเพลาของเจนเนอเรเตอร์ เครื่องเจนเนอเรเตอร์ให้กระแสไฟสูงแรงดันต่ำเป็นเครื่องขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์จึงไม่เกิดเสียงดังเมื่อเทียบกับการขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์

รูปที่ ๑๗ เครื่องเชื่อมแบบมอเตอร์เจนเนอเรเตอร์

๒.๖.๔ การต่อขั้วเชื่อม กระแสไฟตรง (DC) ประจุไฟฟ้าจะไหลจากประจุลบไปยังประจุบวก ลักษณะเช่นนี้จะทำให้เกิดความร้อนในการเชื่อมที่ขั้วบวกมากกว่า ในการเชื่อมด้วยไฟกระแสตรง เราสามารถสลับขั้วเชื่อมได้ โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ กระแสตรงขั้วตรง (DCEN) DC- คือการต่อหัวเชื่อมเข้ากับขั้วลบ และต่อชิ้นงานเป็นขั้วบวก ลักษณะเช่นนี้ประจุไฟฟ้าลบจะไหลจากหัวเชื่อมไปสู่ชิ้นงานความร้อนจะเกิดที่ชิ้นงานเชื่อมมากกว่า เหมาะกับชิ้นงานหนา



รูปที่ ๑๘ การต่อขั้วเชื่อม กระแสไฟตรง

กระแสตรงกลับขั้ว (DCEP) DC+ คือ การต่อหัวเชื่อมเข้ากับขั้วบวก และต่อชิ้นงานเป็นขั้วลบ ลักษณะเช่นนี้ประจุไฟฟ้าลบจะไหลจากชิ้นงานไปสู่หัวเชื่อมหรืออิเล็กโทรด ความร้อนจะเกิดที่หัวเชื่อมมากกว่า

๒.๖.๕ ชุดหัวเชื่อมทิก ถูกออกแบบตามการใช้งานมีทั้งแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ และระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการใช้งาน ถ้าเชื่อมชิ้นงานหนามากๆ หรือต้องการตั้งกระแสไฟเชื่อมสูงๆ จำเป็นต้องใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ ถ้าใช้เชื่อมเหล็กบางกระแสไฟต่ำควรใช้แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ สายเคเบิลในงานเชื่อมทิก หรือสายหัวเชื่อมมีหน้าที่นำกระกระแสไฟจากเครื่องไปยังหัวเชื่อมทำด้วยทองแดง เป็นตัวนำที่ดี มีความต้านทานต่ำ มีท่อแก๊สอยู่ภายใน มีน้ำหนักเบา ทนต่อความร้อนสูง มีความแข็งแรง และสายดินที่ต่อกับแคลมป์หนีบจะต้องจับกับชิ้นงานให้แน่น มิฉะนั้นอาจเกิดการอาร์กอย่างรุนแรงทำความเสียหายแก่ชิ้นงาน

รูปที่ ๑๙ ชุดหัวเชื่อมทิก

๒.๖.๖ วงจรไฟฟ้าที่เกี่ยวกับเครื่องเชื่อม สิ่งแรกที่ต้องคำนึง คือความปลอดภัยจากการต่อสายลงดินของเครื่องเชื่อมและอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อความปลอดภัยต่อผู้ใช้ และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ การต่อลงดินช่วยขจัดความบกพร่องที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายอย่างทันท่วงที การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า หมายถึงการต่อส่วนหนึ่งส่วนใดของระบบไฟฟ้าที่กระแสไหลผ่านลงดินเพื่อช่วยจำกัดแรงดันไฟฟ้าเกินที่เกิดขึ้นจากการลัดวงจร และป้องกันอันตรายจากไฟฟ้ารั่ว

รูปที่ ๒๐ การต่อสายดิน

๒.๖.๗ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า มีหลายประเภท แต่ที่นิยมใช้หรือใช้กันบ่อยคือ โวลต์มิเตอร์ แอมป์มิเตอร์ มัลติมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากการใช้งานที่เอนกประสงค์ ใช้ง่าย ราคาถูก สามารถใช้วัดได้ทั้งกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า นับว่าเป็นอุปกรณ์ประจำกายของช่าง ดังนั้นเราจำเป็นต้องศึกษาวิธีใช้งาน การวัดค่าทางไฟฟ้าต่างๆ การคำนวณค่ากระแส แรงดัน ความต้านทานไฟฟ้า และค่าพลังงานไฟฟ้า ที่ช่างเชื่อมต้องรู้

ค่ากระแสไฟฟ้า (I) เป็นปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนหรือการไหลของอิเล็กตรอนในสายไฟ หรือตัวนำไฟฟ้า หรือพูดง่ายๆ คือปริมาณกระแสที่ไหลผ่านตัวนำโดยมีแรงดัน (Volt) ผลักดันให้ผ่าน

วงจร วัสดุตัวนำไฟฟ้า เช่น โลหะต่างๆ ที่มีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ดี เช่น เงิน นับว่าเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด ค่ากะแสไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากสูตร I= U/R และสามารถวัดได้โดยใช้แอมป์มิเตอร์ ถ้าเราต้องการใช้กระแสสูงๆ เราต้องเพิ่มขนาดของตัวนำให้โตตามไปด้วย

ค่าแรงดันไฟฟ้า (U) คือกระแสไฟฟ้าเกิดจากการที่มีอิเล็กตรอนไหลตามสายไฟ ซึ่งการที่อิเล็กตรอนไหลหรือเคลื่อนที่ได้นั้นจะต้องมีแรงมากระทำต่ออิเล็กตรอนทำให้เกิดกระแสไหล แรงดังกล่าวนี้เรียกว่าแรงดันไฟฟ้า หน่วยของแรงดันไฟฟ้า คือโวลต์ (Voltage) ซึ่งแทนด้วยอักษร V แรงดันไฟฟ้า ๑ โวลต์ คือแรงดันที่ทำให้กระแสไฟฟ้า ๑ แอมแปร์ไหลผ่านเข้าไปในความต้านทาน ๑ โอห์ม สามารถคำนวณได้จากสูตร I = U/R ค่าแรงดันไฟฟ้าสามารถสามารถคำนวณได้จากสูตร U= I X E

ค่าความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistance : R) คือ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสไฟฟ้าของวัตถุ วัตถุที่มีความต้านทานต่ำ ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย เรียกว่า ตัวนำไฟฟ้า ในขณะที่ฉนวนไฟฟ้ามีความต้านทานสูงมากและกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ยากป้องกันการลัดวงจร ป้องกันไฟฟ้ารั่วลงดิน ป้องกันไฟฟ้าดูด โดยที่สายดินที่เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ผลิตเป็นสายไฟ จะมีสีเขียว หรือสีเขียวแถบเหลือง ค่าความต้านทานไฟฟ้า ใช้สัญลักษณ์ R มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω) กฎของโอห์มแสดง ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า (V) กระแสไฟฟ้า (I) และความต้านทาน (R) ไว้ดังนี้ R=V/I

การคำนวณหาค่าทางไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า หน่วยวัด คือ วัตต์ (Watt) หมายถึง งานที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้า ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตรแรงดันไฟฟ้าคูณด้วยค่ากระแสไฟฟ้า (W=V X I)

๒.๖.๘ ระบบไฟฟ้า ๑ เฟส ๒๒๐ V. กับ ๓ เฟส ๓๘๐ V. เป็นระบบไฟฟ้าที่ใช้กันทั่วไปตามบ้าน หลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไปใช้ไฟฟ้ากระแสสลับระบบ ๑ เฟส (๑- phase) ๒ สาย แรงดัน ๒๒๐ โวลต์ ความถี่ ๕๐ เฮิรตซ์ โดยสายไฟ ๒ สายที่ใช้กันตามบ้านนี้ สายหนึ่งจะมี

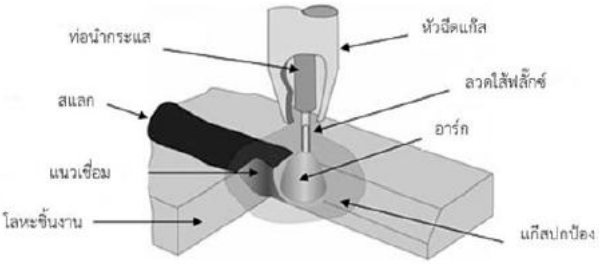
กระแสไฟฟ้าเรียกว่าสายเคอร์เรนต์ (Current line) ส่วนอีกสายหนึ่งจะเป็นสายที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่หรือเรียกว่า สายนิวทรัล (Neutral line) การทดสอบว่ามีกระแสไฟฟ้าในวงจรหรือไม่ เราต้องตรวจสอบโดยใช้ไขควงทดสอบไฟฟ้า หรือใช้โวลต์มิเตอร์ หรืออาจวัดด้วยหลอดไฟ ระบบไฟฟ้า ๓ เฟส เป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส (๓ - phase) ๔ สาย แรงดัน ๓๘๐ โวลต์ ความถี่ ๕๐ เฮิรตซ์ โดยที่ ๓ สายจะเป็นสายที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยทั่วไประบบไฟฟ้า ๓ เฟส เป็นระบบที่ไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องจักรต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่เพราะเครื่องจักรเหล่านี้มักมีขนาดใหญ่จึงต้องการแรงดันไฟฟ้าที่สูง การต่อไฟฟ้าเข้าใช้งานกับเครื่องจักรจะต้องทำการบาลานซ์เฟส (Balance Phase) เพื่อไม่ให้กระแสไหลในเฟสไดเฟสหนึ่งมากเกินไป เพื่อป้องไฟฟ้าลัดวงจร และลดการสูญเสียในสาย

๒.๗ เทคโนโลยีการเชื่อม

การเชื่อมโลหะในปัจจุบัน เทคโนโลยีในการผลิตเครื่องเชื่อมได้พัฒนาอย่างมาก กระบวนการเชื่อม (Welding Process) ต่างๆ ก็ได้พัฒนาประสิทธิภาพการใช้งานขึ้น เพื่อตอบสนองการทำงานที่ยากขึ้นและทันเวลาที่ต้องการ ก่อนที่จะศึกษากระบวนการเชื่อมเรามาศึกษาคำกำจัดความของการเชื่อม สมาคมการเชื่อมของอเมริกาได้ให้คำจำกัดความกระบวนการการเชื่อมว่า “เป็นกระบวนการในการเชื่อมติดเนื้อวัสดุเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นการรวมตัวกันโดยการให้ความร้อนกับวัสดุด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสม อาจจะมีการใช้แรงดันร่วมด้วย หรืออาจจะใช้แรงดันเพียงอย่างเดียว และอาจจะใช้สารตัวเติมหรือลวดเชื่อมด้วยก็ได้” โดยมีกระบวนการเชื่อมแบบต่างๆ ดังนี้

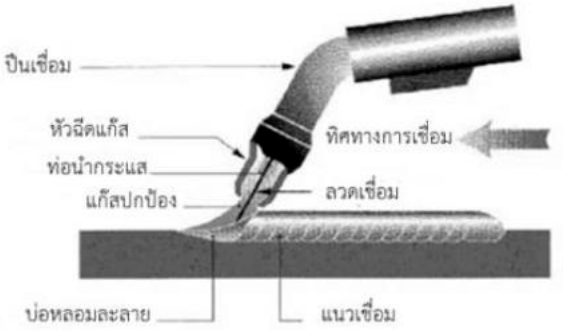
๒.๗.๑ กระบวนการเชื่อมฟลักซ์คอร์ (FCAW) เป็นกระบวนการที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมที่มีฟลักซ์อยู่ในแกนกลางซึ่งป้อนเข้ามาอย่างต่อเนื่องกับชิ้นงาน บริเวณอาร์กจะมีแก๊สและสแลกปกคลุมแนวเชื่อม ซึ่งเกิดจากการหลอมของฟลักซ์ ถ้าต้องการแนวเชื่อมที่มีคุณภาพจะใช้แก๊สปกคลุม

จากภายนอกมาช่วย เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หรือแก๊สผสมระหว่างอาร์กอนร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์เป็นกระบวนการเชื่อมที่ให้อัตราการหลอมลวดสูง



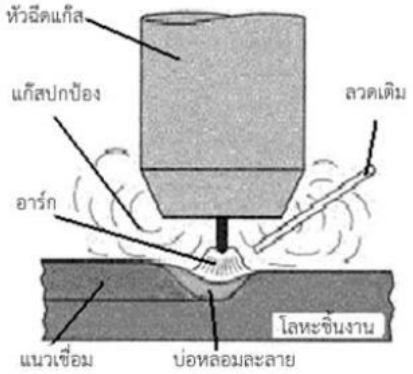
รูปที่ ๒๑ กระบวนการเชื่อมฟลักซ์คอร์

๒.๗.๒ การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (GMAW) เป็นกระบวนการที่ได้รับความร้อนจากการอาร์ก ระหว่างลวดเชื่อมที่ป้อนเข้ามาแบบต่อเนื่องกับชิ้นงาน ทำให้ลวดเชื่อมและชิ้นงานบริเวณการอาร์กหลอมละลายรวมตัวกันเป็นแนวเชื่อม บริเวณการอาร์กจะได้รับการปกคลุมจากแก๊สที่จ่ายมาจากแหล่งกำเนิดภายนอก แบ่งออกตามชนิดของแก๊สคลุมได้ ๒ ชนิด คือ การเชื่อมมิก (Metal Inert Gas : MIG) ใช้แก๊สเฉื่อย เช่น อาร์กอน ฮีเลียม หรือทั้งสองอย่างผสมกันมาใช้เป็นแก๊สปกคลุม อีกชนิดหนึ่งคือการเชื่อมแม็ก (MAG : Metal Active Gas) จะใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สปกคลุม ปัจจุบันนิยมใช้กันมากขึ้น เพราะสามารถเชื่อมได้เร็วในการเชื่อมชิ้นงานบางๆ การส่งถ่ายน้ำโลหะ (Metal transfer) แบบลัดวงจร (Short arc transfer) เป็นการส่งถ่ายแบบลวดเชื่อมแตะชิ้นงาน ทำให้สามารถเชื่อมชิ้นงานบางๆ ได้ดีและไม่มีสแลกจึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน



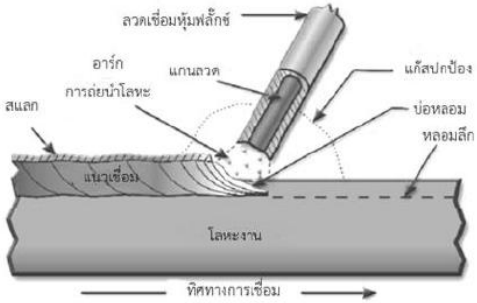
รูปที่ ๒๒ การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม

๒.๗.๓ การเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม (GTAW) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการเชื่อมทิก (TIG) เป็นกระบวนการเชื่อมที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างแท่งทังสเตน (ไม่หลอมละลาย) กับชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานบริเวณการอาร์กหลอมละลาย ซึ่งจะเติมลวดเชื่อมหรือไม่เติมลวดเชื่อมก็ได้ในกระบวนการเชื่อม TIG ใช้รหัสตามมาตรฐาน ISO ๔๐๖๓ คือ ๑๔๑



รูปที่ ๒๓ การเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊ส

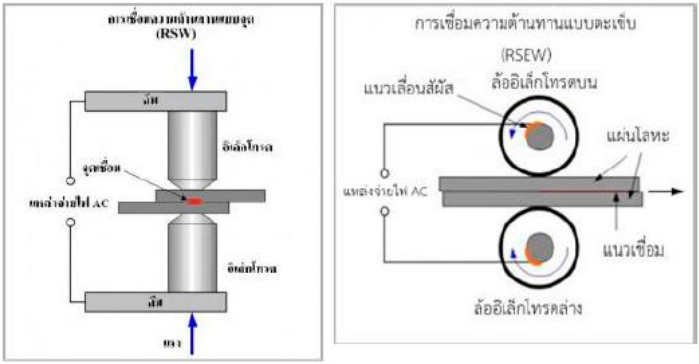
๒.๗.๔ การเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ (MMAW) เป็นกระบวนการเชื่อมที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงาน ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้แรงกดเป็นพิเศษในการเชื่อม ลวดเชื่อมและชิ้นงานบริเวณการอาร์กจะหลอมละลายรวมตัวกันเป็นแนวเชื่อม ส่วนสารพอกหุ้มจะเกิดเผาไหม้เป็นแก๊สปกคลุมป้องกันจากบรรยากาศภายนอกไม่ให้รวมตัวกับแนวเชื่อมและเกิดสแลกปกคลุมแนวเชื่อม



รูปที่ ๒๔ การเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ

๒.๗.๕ การเชื่อมแก๊ส (Gas Welding) อาศัยความร้อนจากการเผาไหม้ของแก๊สเชื้อเพลิง เช่น แก๊สอะเซทีลีนกับแก๊สออกซิเจน เป็นต้น อุณหภูมิการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ให้ความร้อนสูง ๓๒๐๐ องศาเซลเซียส และจะไม่มีเขม่าหรือควัน ใช้ลวดเติมเป็นแท่งเปลือย

๒.๗.๖ การเชื่อมด้วยความต้านทาน (RW) เป็นกระบวนการเชื่อมโดยอาศัยความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าของตัวชิ้นงานเองทำให้เกิดความร้อนขึ้นหลอมชิ้นงานบริเวณที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแล้วใช้แรงกดให้ชิ้นงานติดกันโดยแท่งอิเล็กโทรดบนและล่าง ความแตกต่างของงานเชื่อมแบบนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบงานเชื่อมและเครื่องจักรที่ใช้ ได้แก่ การเชื่อมเฟล็ซ (FW) การเชื่อมจุด (RSW) การเชื่อมตะเข็บ (RSEW)



รูปที่ ๒๕ การเชื่อมด้วยความต้านทาน

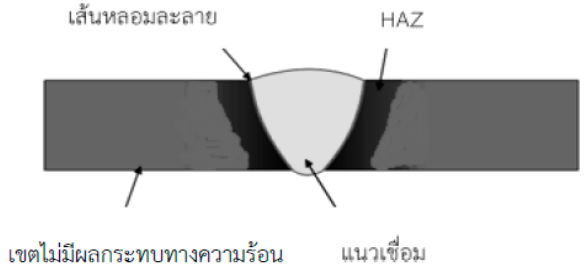
๒.๗.๗ การเชื่อมในสถานะของแข็งเป็นกระบวนการเชื่อมโดยการหลอมเนื้อโลหะเข้าด้วยกันที่อุณหภูมิเฉพาะ ซึ่งต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของเนื้อโลหะ อาจจะใช้แรงกดร่วมด้วยหรือไม่ก็ได้ เช่น การเชื่อมกดเย็น (CW) การเชื่อมกดเสียดทาน (FRW) เป็นต้น

๒.๘ สมบัติและความสามารถเชื่อมได้ของโลหะ

โลหะต่างๆที่เรานำมาเชื่อม จะมีส่วนผสมของธาตุต่างๆหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะส่งผลถึงสมบัติที่เปลี่ยนไปของโลหะ ทั้งทางด้านกายภาพ ทางกล ทางเคมี ดังนั้นเราจำเป็นต้องศึกษาว่าธาตุแต่ละชนิดส่งผลถึงความสามารถในการเชื่อมได้ของโลหะชนิดนั้นอย่างไร

๒.๘.๑ คาร์บอน (Carbon) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ C คาร์บอนเป็นธาตุที่ผสมในเหล็กกล้าแล้วทำให้สมบัติของเหล็กกล้าเปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นธาตุที่สำคัญที่สุดที่จะต้องมีผสมอยู่ในเนื้อเหล็ก โดยมีสมบัติทำให้เหล็กแข็งเพิ่มขึ้น หลังจากนำไปอบชุบ (Heat Treatment) โดยรวมตัวกับเนื้อเหล็ก เป็นสารที่เรียกว่ามาร์เทนไซต์ (Martensite) และซีเมนไตด์ (Cementite) นอกจากนั้นคาร์บอนยังสามารถรวมตัวกับเหล็ก และธาตุอื่น ๆ กลายเป็นคาร์ไบด์ (Carbide) ซึ่งจะช่วย

เพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอของเหล็ก ความสามารถในการรับค่าความต้านแรงดึงได้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม คาร์บอนจะลดความยืดหยุ่น (Elasticity) ลดความสามารถในการตีขึ้นรูป (Forging) และลดความสามารถในการเชื่อม (Welding) และไม่มีผลต่อความต้านทานการกัดกร่อน อิทธิพลของคาร์บอนที่ผสมในเนื้อเหล็ก ที่ส่งผลกับความสามารถในการเชื่อม และความจำเป็นต้องอุ่นชิ้นงานก่อนการเชื่อม เพื่อช่วยลดการแตกร้าวของรอยเชื่อม ในกรณีที่มีส่วนผสมของธาตุคาร์บอนในปริมาณสูงที่ส่งผลต่อการเชื่อม คือ ๐.๕% คาร์บอนขึ้นไป (เหล็กกล้าคาร์บอนผสมสูง) และเหล็กกล้าคาร์บอนที่มีความหนาเกิน ๒๕ มิลลิเมตร ส่วนเหล็กในกลุ่มเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติกไม่จำเป็นต้องทำการอุ่นชิ้นงานก่อนการเชื่อม ถึงแม้ชิ้นงานจะหนามากก็ตามเนื่องจากมีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน ๐.๑๕% การอุ่นชิ้นงานก่อนการเชื่อมมีจุดประสงค์เพื่อลดการแตกร้าวของแนวเชื่อมอันเนื่องมากจากความชื่นของชิ้นงาน โดยเฉพาะชิ้นงานที่มีพื้นที่หน้าตัดมาก หรือมีความหนาของชิ้นงานมาก จากการเย็นตัวที่รวดเร็วทำให้บริเวณ HAZ มีโครงสร้างที่แข็งเปราะ และมีความต้านทานต่อการแตกร้าวได้ต่ำ HAZ จึงเป็นบริเวณที่มีโอกาสเกิดความเสียหายได้มาก บริเวณกระทบร้อน (HAZ) เป็นบริเวณที่อยู่ใกล้แนวรอยเชื่อมซึ่งมีอุณหภูมิสูงมากขณะทำการเชื่อม แต่มีอุณหภูมิไม่สูงเพียงพอที่จะเกิดการหลอมละลายเป็นเนื้อรอยเชื่อม บริเวณนี้จะได้รับความร้อนสูงมากขณะเชื่อมและจะเกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว



รูปที่ ๒๖ บริเวณกระทบร้อน (HAZ)

๒.๘.๒ แมกนีเซียม มีความหนาแน่นต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะอื่นๆ แมกนีเซียมมีความหนาแน่นประมาณ ๑.๗๔ กก./ดม^{๓} จุดหลอมเหลว ๖๕๐°C แมกนีเซียมเป็นโลหะที่มีความสำคัญอีกชนิดหนึ่งและถูกนำมาใช้งานทางด้านการค้าเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะอื่นๆ สมบัติที่เด่นที่สุดคือเป็นโลหะที่มีน้ำหนักเบา นอกจากนั้นยังมีสมบัติในการแปรรูปบนเครื่องจักรได้ดีมากและมีความแข็งแรงซึ่งความแข็งแรงนั้นจะขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ยิ่งบริสุทธิ์มากเท่าใด ความแข็งแรงก็ยิ่งลดลงด้วยเหตุนี้แมกนีเซียมเกือบทั้งหมดที่ถูกนำมาใช้งานจึงอยู่ในรูปของแมกนีเซียมผสม แมกนีเซียมผสมแบ่งได้ ๒ ประเภท คือแมกนีเซียมเหนียวผสม และแมกนีเซียมหล่อผสม แมกนีเซียมผสมดังกล่าวนี้ สามารถชุบแข็งได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนของบรรยากาศ แต่จะสามารถลุกเป็นไฟได้โดยง่าย ซึ่งในการดับไฟที่เกิดจากแมกนีเซียมนี้จะต้องใช้ทรายดับ ห้ามใช้น้ำดับ เพราะน้ำไม่สามารถดับได้ แมกนีเซียมผสมสามารถปาดผิวได้ง่ายและขึ้นรูปด้วยการ รีด ดึง ตี ได้โดยง่าย โดยสามารถทำเป็นแผ่น เส้นท่อ นำไปใช้ทำดอกไม้ไฟ พลุ และใช้เป็นวัสดุผสม เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นในโลหะต่าง ๆ เช่น อะลูมิเนียมผสม ทองแดงผสม หรือเหล็กหล่อเหนียว และทำหลอดไฟวาบเป็นต้น อนึ่ง แมกนีเซียมผสมถ้าถูกน้ำจะเกิดการกัดกร่อนและในการประกอบชิ้นส่วนที่ทำจากแมกนีเซียมกับโลหะหนักจะต้องทาจาระบี ทาสี หรือใช้ถุงพลาสติกหุ้มเป็นฉนวนเอาไว้ ไม่เช่นนั้นจะเกิดไฟฟ้าต่างศักย์ทำให้เกิดการกัดกร่อนได้ง่าย

๒.๘.๓ อะลูมิเนียม การเชื่อมอะลูมิเนียม กระแสไฟสลับและระบบความถี่สูง AC. High frequency กระแสไฟสลับเป็นสิ่งจำเป็นในการเชื่อมโลหะที่มีออกไซด์ฉาบอยู่บริเวณผิวของชิ้นงาน เช่น อะลูมิเนียม ซึ่งมีสมบัติแข็งและมีจุดหลอมเหลวสูงกว่า ๒๐๐๐°C ในขณะที่เนื้ออะลูมิเนียมมีจุดหลอมเหลวเพียง ๖๖๐°C ซึ่งต่ำกว่าเหล็กและทองแดง จึงจำเป็นต้องขจัดออกไซด์ออกก่อนทำการเชื่อม ถ้าพิจารณาคลื่นของกระแสไฟสลับ จะพบว่าในครึ่งไซเกิลแรกที่ทังสเตนอิเล็กโทรดเป็นขั้วบวก ออกไซด์ที่ผิวของชิ้นงานตรงบริเวณที่ทำการอาร์กจะถูกขจัดออกไป ในครึ่งไซเกิลต่อมาทังสเตนอิเล็กโทรดเป็นขั้วลบทำให้ทังสเตน

อิเล็กโทรดเย็นตัวลง แต่กลับเกิดความร้อนมากที่ชิ้นงานตรงบริเวณที่เกิดการอาร์กจึงทำให้เกิดบ่อหลอมละลายบนชิ้นงาน แต่ความเป็นจริงแล้วออกไซด์และความชื้นจะเป็นฉนวนกันไม่ให้กระแสผ่านจากแท่งทังสเตนอิเล็กโทรดไปยังชิ้นงานได้สะดวก เพื่อเป็นการขจัดปัญหาเหล่านั้นจึงนำเอาระบบความถี่สง (High Frequency) มาช่วยกระตุ้นการอาร์ก และระบบความถี่สูงนี้จะสร้างความร้อนและทำการเปิดผิวออกไซด์ของอลูมิเนียมได้ต่อเนื่อง การทำเช่นนั้นจะทำให้กระแสไหลออกจากแท่งทังสเตนอิเล็กโทรดไปสู่ชิ้นงานได้ตลอดเวลาและสม่ำเสมอ

๒.๘.๔ ทองเหลือง (Brass) เป็นโลหะผสมที่มีทองแดงและสังกะสีเป็นส่วนประกอบหลัก ปริมาณของสังกะสีนั้นแปรเปลี่ยนไป ระหว่าง ๕-๔๕% ทำให้ได้ทองเหลืองที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไป ทองเหลืองแตกต่างจากสำริดตรงที่ สำริดมีส่วนประกอบของทองแดงและดีบุกเป็นหลัก การที่ผสมสังกะสีรวมกับทองแดงทำให้ทองแดงมีคุณสมบัติที่สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย และทำให้คุณสมบัติของทองเหลืองด้านความแข็งเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นทองเหลืองจะมีความแข็งมากกว่าทองแดง ในขณะที่ทองแดงมีจุดหลอมละลายที่ ๑๐๗๐-๑๐๙๐°C แต่ทองเหลืองมีจุดหลอมละลาย ๘๕๐°C

๒.๘.๕ เหล็กกล้าคาร์บอนผสมสูง เป็นเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่สูง คือมีคาร์บอนอยู่ในเนื้อเหล็กมากกว่า ๐.๕๐% หรืออาจมีมากกว่า ๑% เลยก็ได้ (แต่ไม่เกิน ๒% เพราะเหล็กจะกลายสภาพเป็นเหล็กหล่อ) ถ้าเหล็กกล้าชนิดนี้ผ่านการปรับสภาพทางความร้อนจะทำให้มีความแข็ง และความแข็งแกร่งที่สูงมาก ข้อเสียของความแข็งที่มีมากในเหล็กกล้าชนิดนี้ก็คือ เมื่อเหล็กถูกแรงกระทำค่าหนึ่งจนเสียรูปไป การแตกร้าว และการพังเสียหายก็จะเกิดขึ้นในเนื้อเหล็กได้ง่าย เนื่องจากเกิดการแตกร้าวได้ง่ายเมื่อทำการเชื่อม จึงจำเป็นต้องอุ่นชิ้นงานก่อนการเชื่อม เหล็กกล้าคาร์บอนสูงนี้นิยมนำมาใช้งาน เช่น นำมาทำเครื่องมือ ทำแม่พิมพ์ (Dies) มีดตัดงานบางชนิดของเครื่องมือกลล้อ กับรางรถไฟ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการความแข็ง

๒.๙ ลวดเติมและแก๊สปกป้อง

การเชื่อมทิก (TIG) คล้ายกับการเชื่อมด้วยแก๊ส มีลักษณะการเชื่อมโดยการสร้างบ่อหลอมละลายให้ชิ้นงานสองชิ้นหลอมละลายติดกัน หรือการเชื่อมสร้างบ่อหลอมละลายแล้วเติมลวดเติม (Rod) ลงไปในเนื้อแนวเชื่อม โดยที่กระบวนการเชื่อมทิกใช้แก๊สปกป้องชนิดแก๊สเฉื่อย คือแก๊สอาร์กอน (Ar) หรือฮีเลียม (He) เป็นแก๊สปกป้อง โดยส่วนใหญ่บรรจุในขวดแก๊ส ขนาด ๑๕๐ บาร์ และใช้หลอดโฟลว์มิเตอร์ ในการควบคุมอัตราการไหลของแก๊สปกป้อง ส่วนการเชื่อมแก๊สใช้แก๊สเชื้อเพลิงเป็นแหล่งให้พลังงานความร้อน

การเลือกลวดเติมที่เหมาะสมกับชิ้นงานในการเชื่อม เนื้อแนวเชื่อมที่ได้จะมีต้องสมบัติที่เหมือนกับลวดเติม หรือเข้ากันได้ เช่น ถ้าทำการเชื่อมเหล็กไร้สนิมเกรด AISI ๓๐๔ เราควรเลือกลวดเติมที่มีเกรดสูงกว่า คือ ๓๐๘ และใช้เครื่องเชื่อมชนิดกระแสตรง (DC)

รูปที่ ๒๗ ลวดเติม ER ๓๐๘

๒.๙.๑ ทังสเตนอิเล็กโทรด เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในขบวนการเชื่อมทิก ทำหน้าที่เป็นแท่งอาร์กให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน โดยตัวมันเองไม่หลอมละลาย ซึ่งมีให้เลือกหลายชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของกระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อมและชนิด

ของชิ้นงานเชื่อม ประเภทของลวดเชื่อมทังสเตน ตามมาตรฐาน AWS A ๕.๑๒ ทังสเตนบริสุทธิ์ EWP (Pure Tungsten) โค๊ดสีที่ปลายทังสเตน คือสีเขียว ใช้กับกระแสไฟสลับเหมาะสำหรับการเชื่อมอะลูมิเนียมและแมกนีเซียม การใช้งานต้องแต่งปลายของทังสเตนให้ปลายมน แล้วอาร์กกับแผ่นทองแดงเพื่อทำความสะอาด และทำให้ปลายทังเตนกลม (Form ball)

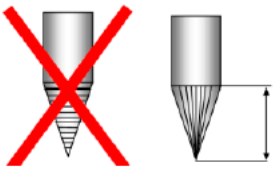
รูปที่ ๒๘ ทังสเตนบริสุทธิ์ EWP หัวสีเขียว

๒.๙.๒ ทอเรียมทังสเตน EWTh๑-EWTh๒ (Thoriated Tungsten) โค๊ดสีที่ปลายทังสเตนชนิด EWTh๑ คือ สีเหลือง โค๊ดสีที่ปลายทังสเตนชนิด EWTh๒ คือ สีแดง ทังสเตนที่ผสมทอเรี่ยม ๒% จะทำให้เพิ่มค่าการเป็นตัวนำไฟฟ้าให้การเริ่มต้นอาร์กได้ดี ใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง เหมาะสำหรับเชื่อมเหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) เหล็กกล้าไร้สนิมทุกกลุ่ม โดยแต่งปลายของทังสเตนให้แหลม

รูปที่ ๒๙ ทอเรียมทังสเตน EWTh๒

รูปที่ ๓๐ ทอเรียมทังสเตน EWTh๑

๒.๙.๓ การปรับหรือลับปลายทังสเตนอิเล็กโทรด ในการเชื่อมนั้นจะมีเทคนิคการลับที่ถูกวิธี คือต้องลับปลายด้วยหินเจียชนิดละเอียดและแข็ง ทิศทางตามยาว เพราะจะทำให้ปลายทังสเตนอิเล็กโทรดมีรูปร่างที่ถูกต้องและเจียจากปลายโดยให้มีความยาวประมาณ ๒.๕ – ๓ เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และลับปลายออกประมาณ ๑/๖๔ นิ้ว ส่วนในการเชื่อมอะลูมิเนียมเตรียมปลายเล็กน้อยแล้วทำการอาร์กกับแท่งทองแดงเพื่อให้เกิดบอลที่ปลายและรักษาความสะอาดของปลายทังสเตน



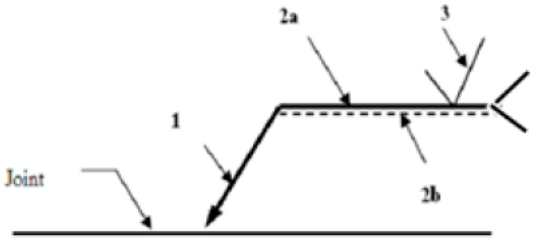
รูปที่ ๓๑ การลับปลายทังสเตนอิเล็กโทรดที่เหมาะสม

๒.๙.๔ ระยะที่ลวดทังสเตนยื่นออกจาก หัวฉีดแก๊ส (Nozzle) โดยทั่วไปเท่ากับ ๒.๕ เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางลวดทังสเตน แต่ในบางลักษณะรอยต่อจำเป็นต้องยื่นระยะปลายทังสเตนออกมามากกว่าปกติ เราจำเป็นต้องชดเชยแก๊ส

ปกป้องที่อาจปกคลุมบริเวณบ่อหลอมไม่ทั่วถึง โดยการเพิ่มปริมาณแก๊ส และต้องระวังปลายทังสเตนจุ่มลงในบ่อหลอมละลาย ทำให้ปลายทังสเตนหักติดกับแนวเชื่อม และในขณะเชื่อมจะต้องไม่ขยับปลายลวดออกนอกการปกป้องของแก๊สคลุม อาจทำให้เกิดรูพรุนซึ่งเกิดจากความผิดพลาดของช่างเชื่อม ข้อควรระวังในการปรับระยะยื่นของแท่งทังสเตนอิเล็กโทรด ปลายแหลมของแท่งทังสเตนมักอาจหักติดกับบ่อหลอมละลายกลายเป็นจุดพกพร่อง ประเภททังสเตนฝังใน ซึ่งเกิดจากช่างเชื่อมขาดทักษะ ช่างเชื่อมต้องฝึกทักษะในการรักษาระยะอาร์กและจังหวะการป้อนลวดให้คงที่

การให้ความร้อนชิ้นงานจนเกิดการหลอมละลายต้องให้อุณหภูมิสูงมาก ดังนั้นหัวฉีดแก๊ส จึงต้องทำจากวัสดุที่ทนอุณหภูมิสูง ซึ่งนิยมทำจากเซรามิก

๒.๙.๔ สัญลักษณ์การเชื่อม เป็นสื่อหรือภาษาที่ใช้ในการสั่งงาน ช่างเชื่อมหรือบุคคลากรทางด้านงานเชื่อม ต้องมีความรู้และความเข้าใจส่วนประกอบของสัญลักษณ์การเชื่อม ตามมาตรฐาน ISO ๒๕๕๓ ดังต่อไปนี้



รูปที่ ๓๒ สัญลักษณ์การเชื่อม

1 เส้นลูกศร (Arrow Line) ชี้บอกตำแหน่งรอยต่อที่จะทำการเชื่อม

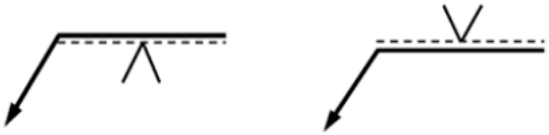
2a เส้นอ้างอิง (Reference Line)

2b เส้นอ้างอิงย่อย เป็นเส้นประ อยู่ด้านบนหรือด้านล้างเส้นอ้างอิง

3 สัญลักษณ์รอยต่อ

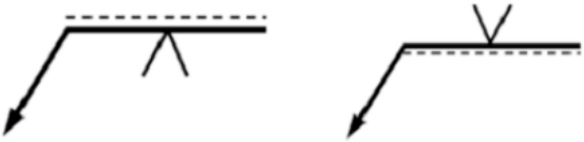
4 หาง (Tail) ส่วนท้ายของลูกศร ที่ใช้แสดงข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับกระบวนการเชื่อม ชนิดของลวดเชื่อม กระแสไฟ หรือข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนการเชื่อม

การสั่งงานโดยใช้สัญลักษณ์งานเชื่อม เราต้องรู้ว่าเป็นสัญลักษณ์รอยต่อชนิดใด ต้องเชื่อมด้านไหน การเชื่อมตรงข้ามหัวลูกศรชี้ สัญลักษณ์รอยต่อจะอยู่บนเส้นประ อยู่ด้านบนหรือล่างเส้นอ้างอิงก็ได้ ดังรูป



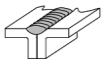
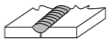
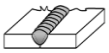
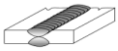
รูปที่ ๓๓ การเชื่อมตรงข้ามหัวลูกศรชี้

การเชื่อมด้านหัวลูกศรชี้ สัญลักษณ์รอยต่อจะอยู่บนเส้นอ้างอิง อยู่ด้านบนหรือล่างเส้นอ้างอิงก็ได้ ดังรูป



รูปที่ ๓๔ การเชื่อมด้านหัวลูกศรชี้

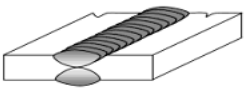
ตารางที่ ๓ สัญลักษณ์ ชนิดรอยต่อ และชนิดของรอยเชื่อม

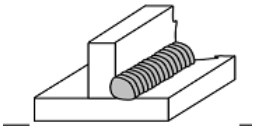
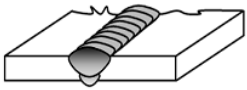
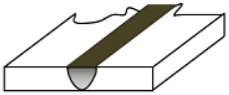
สัญลักษณ์ ชนิดรอยต่อ และชนิดของรอยเชื่อม		
รายละเอียดรอยต่อ	ตัวอย่างงานเชื่อม	สัญลักษณ์
การเชื่อมต่อชนขอบหน้าแปลน		
การเชื่อมต่อชนไม่บากหน้างาน		
การเชื่อมต่อชนบากหน้างานรูปตัววี		
การเชื่อมต่อชนบากหน้างานรูปตัววีทั้งสองด้าน		
การเชื่อมต่อชนบากหน้างานรูปครึ่งตัววีทั้งสองด้าน		
การเชื่อมต่อชนบากหน้างานรูปตัววายทั้งสองด้าน		

ตารางที่ ๔ สัญลักษณ์ ชนิดรอยต่อ และชนิดของรอยเชื่อม

สัญลักษณ์เพิ่มเติม	
ลักษณ์ผิวหน้ารอยเชื่อม	สัญลักษณ์
รอยเชื่อมราบเรียบ	
รอยเชื่อมนูน	
รอยเชื่อมเว้า	
รอยเชื่อมด้านหลัง	

ตารางที่ ๕ สัญลักษณ์ผสม

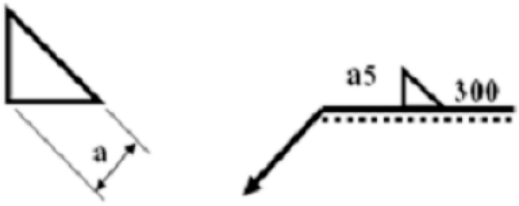
สัญลักษณ์ผสม		
รายละเอียด	ตัวอย่างงานเชื่อม	สัญลักษณ์
การเชื่อมต่อชนบากหน้างานรูปตัววีในตำแหน่งท่าราบผิวหน้ารอยเชื่อมราบเรียบ		
การเชื่อมต่อชนบากหน้างานรูปตัววีทั้งสองด้านผิวหน้ารอยเชื่อมนูน		

สัญลักษณ์ผสม		
รายละเอียด	ตัวอย่างงานเชื่อม	สัญลักษณ์
การเชื่อมต่อตัวทีรอยเชื่อมฉากผิวหน้านูน		
การเชื่อมต่อชนบากหน้างานรูปตัววีหลอมลึกด้านหลัง		
การเชื่อมต่อชนบากหน้างานรูปตัววีตกแต่งหน้าให้ราบเรียบ		

ขนาดขาของแนวเชื่อม (Leg) อักษรย่อ คือ Z

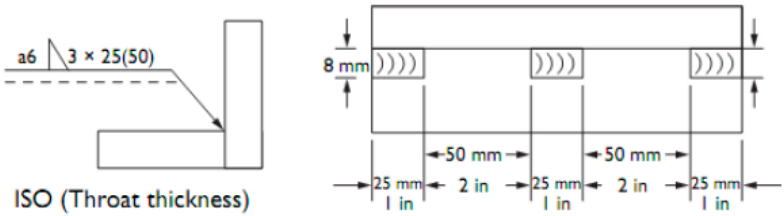
รูปที่ ๓๕ ขนาดขาของแนวเชื่อม

ขนาดความหนาของแนวเชื่อม (Throat) อักษรย่อ คือ a



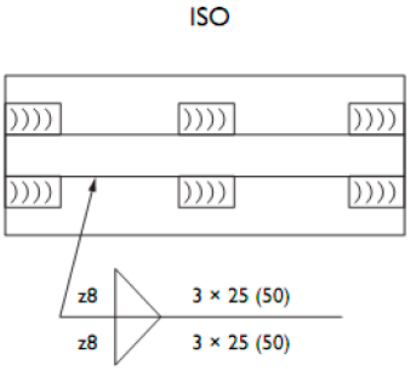
รูปที่ ๓๖ ขนาดความหนาของแนวเชื่อม

สัญลักษณ์การเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet weld Longitudinal)



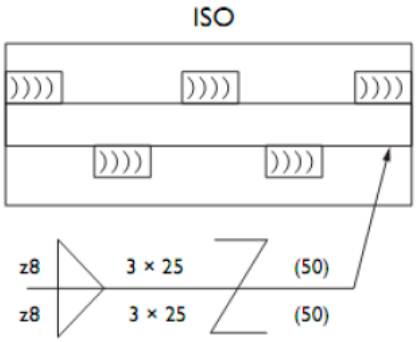
รูปที่ ๓๗ สัญลักษณ์การเชื่อมฟิลเล็ท

สัญลักษณ์งานเชื่อมฟิลเล็ท เชื่อมทั้งสองด้านตรงกัน ระยะโทรด (Throat) ๖ มิลลิเมตร เชื่อม ๓ แนว ความยาวแนวเชื่อม ๒๕ มิลลิเมตร เว้นระยะ ๕๐ มิลลิเมตร



รูปที่ ๓๘ สัญลักษณ์การเชื่อมฟิลเล็ท

สัญลักษณ์งานเชื่อมฟิลเล็ท เชื่อมทั้งสองด้านเยื้องกัน ระยะขา (Leg) ๘ มิลลิเมตร เชื่อม ๓ แนว ความยาวแนวเชื่อม ๒๕ มิลลิเมตร เว้นระยะ ๕๐ มิลลิเมตร



รูปที่ ๓๙ สัญลักษณ์การเชื่อมฟิลเล็ท

๒.๑๐ ข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม

ข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม คือตัวแปรต่างๆที่กำหนดในกระบวนการเชื่อม (Welding Process) ถูกกำหนดเป็นรหัสตามมาตรฐานสากล เช่น

๑๑๑ การเชื่อมอาร์กโลหะดวยมือ (Manual arc Welding)

๑๒ การเชื่อมซับเมิอรก (Submerge arc Welding)

๑๓๑ การเชื่อมที่ใชแก๊สเฉื่อย (Inert Gas) เปนแก๊สปกปอง

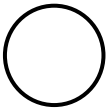
๑๓๕ การเชื่อมที่ใชแอคทีพแก๊ส (CO_2) เปนแก๊สปกปอง

๑๓๖ การเชื่อมฟลักคอร์ (Flux Cored arc Welding)

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

๒.๑๑ คณิตศาสตร์ประยุกต์ที่สัมพันธ์กับการร่างแบบงานเชื่อม

ตารางที่ ๖ การหาพื้นที่

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

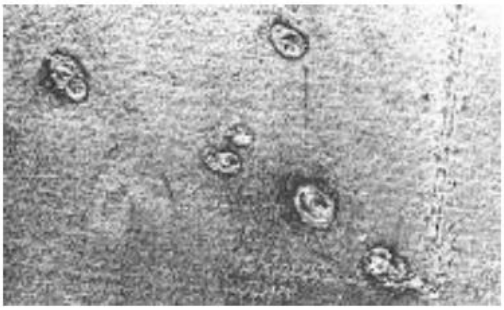
ความรู้อีกอย่างหนึ่งที่ช่างเชื่อมต้องมี คือ การทำความสะอาดหลังการเชื่อมสเตนเลส การทำความสะอาดชิ้นงานเชื่อมสเตนเลส ที่ใช้ในปัจจุบัน จะมีชนิดครีม เป็นสารละลายที่เป็นครีมเหมาะกับการใช้งานกับรอยเชื่อม โดยใช้แปลงจุ่มสารละลาย ทาบริเวณรอยเชื่อม แล้วทิ้งไว้ประมาณ ๑-๒ นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำ แนวเชื่อมก็สะอาด อีกวิธีหนึ่ง ทำความสะอาดโดยใช้สารละลายชนิดกรด โดยใช้กรดไนตริกประมาณ ๑๕-๒๕% ผสมกรดไฮโดรฟลูออริก ๑-๘% ที่อุณหภูมิ ๒๑-๖๐ องศาเซลเซียส ใช้เวลา ๕-๑๕ นาที

เหล็กกล้าไร้สนิม หรือสเตนเลส (อังกฤษ: Stainless steel) นั้นมีโครเมียมผสมอย่างน้อยที่สุด ๑๐.๕% ซึ่งมากที่สุดในบรรดาธาตุต่างๆ ผสมในเหล็กกล้าไร้สนิม เนื่องจากโลหะผสมดังกล่าวไม่เป็นสนิมที่มีสาเหตุจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างออกซิเจนในอากาศกับโครเมียมในเนื้อสเตนเลส เกิดเป็นฟิล์มบางๆ เคลือบผิวไว้ ทำหน้าที่ปกป้องการเกิดความเสียหายให้กับตัวเนื้อสเตนเลสได้เป็นอย่างดี ปกป้องการกัดกร่อน และไม่ชำรุดหรือสึกกร่อนง่ายอย่างโลหะทั่วไป

๒.๑๓ การตรวจสอบและการรับรองงานเชื่อม

การตรวจสอบ เป็นวิธีในการตรวจหารอยบกพร่องในการรับรองงานเชื่อม ในมาตรฐานงานเชื่อมการตรวจสอบจุดบกพร่องด้วยวิธีพินิจ จะเป็นวิธีที่จะต้องทำอีกหนึ่งวิธี ในงานตรวจสอบ จุดเสีย และจุดบกพร่อง มีความหมายต่างกัน จุดเสียเป็นจุดบกพร่องที่ไม่สามารถยอมรับได้ ส่วนจุดบกพร่องในบางกรณีสามารถยอมรับได้ ซึ่งรอยบกพร่องที่เกิดกับงานเชื่อมมีหลายชนิด เช่น รอยอาร์ก (Arc strike) รูพรุน สารฝังใน เป็นต้น เราต้องศึกษาสาเหตุการเกิดและวิธีแก้ไข

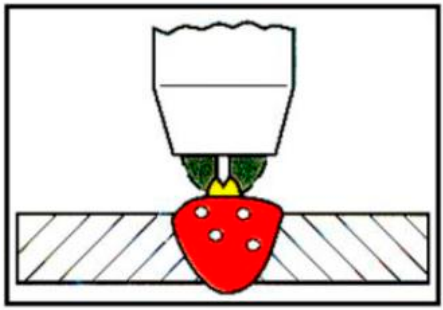
๒.๑๓.๑ รอยอาร์ก (Arc strike) อาจจะเป็นรอยบกพร่องที่ทำให้ชิ้นงานเกิดความไม่สวยงาม เป็นที่ไม่ยอมรับ แต่ในวัสดุที่มีผลกระทบทางความร้อน โดยเฉพาะชิ้นงานที่มีผลกระทบทางความร้อน อาจทำให้เกิดรอยแตกเล็กๆ และขยายใหญ่ได้ อาจเกิดอันตรายในอนาคตจึงเป็นรอยบกพร่องที่ไม่สามารถยอมรับได้



รูปที่ ๔๐ รอยอาร์ก

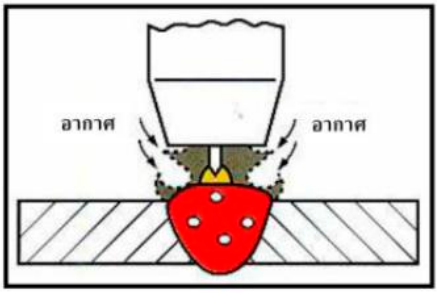
๒.๑๓.๒ รูพรุน สาเหตุการเกิดรอยบกพร่องชนิดรูพรุนในงานเชื่อมทิก สิ่งแรกที่ช่างเชื่อมต้องปฏิบัติคือการทำความสะอาดชิ้นงานเชื่อม ชิ้นงานจะต้องไม่มีคราบสกปรกจากคราบน้ำมัน สนิม สารเคลือบต่างๆ นอกจากนั้นสิ่งที่ต้องปฏิบัติคือ การปรับตั้งปริมาณแก๊สคลุมที่ไม่เหมาะสม การปรับความ

ดันแก๊สที่ใช้ในการเชื่อมที่น้อยเกินไป จะทำให้แก๊สปกคลุมไม่ทั่วถึงทำให้อาการภายนอกเข้าทำปฏิกิริยา ทำให้เกิดรูพรุนขึ้นในรอยเชื่อม



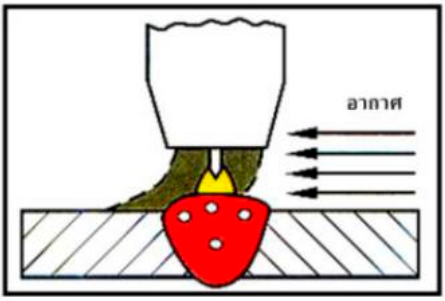
รูปที่ ๔๑ การปรับตั้งปริมาณแก๊สคลุมที่ไม่เหมาะสม

การปรับตั้งปริมาณแก๊สคลุมที่ไม่เหมาะสม ในการปรับอัตราการไหลของแก๊สปกป้องนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะชิ้นงาน การปรับความดันแก๊สที่ใช้ในการเชื่อมที่มากเกินไปจะทำให้แก๊สปรกคลุมฟุ้งกระจายดึงเอาอากาศเข้ารวมกับแนวเชื่อม ทำให้เกิดรูพรุนขึ้นในรอยเชื่อม



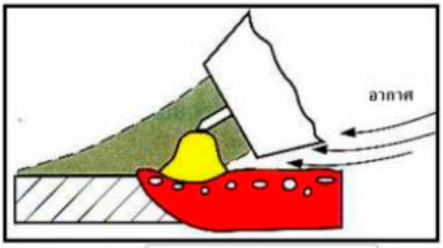
รูปที่ ๔๒ การปรับความดันแก๊สที่ใช้ในการเชื่อมที่มากเกินไป

เกิดจากลมพัดจากภายนอกที่มีความเร็วลมมากกว่า ๑ ม./วินาที ทำให้พัดไล่อากาศที่ปกคลุมแนวเชื่อมออกทำให้อากาศภายนอกรวมตัวกับเนื้อแนวเชื่อม ต้องกั้นบริเวณทำการเชื่อมไม่ให้ลมพัด



รูปที่ ๔๓ รูพรุนที่เกิดจากลมพัดจากภายนอก

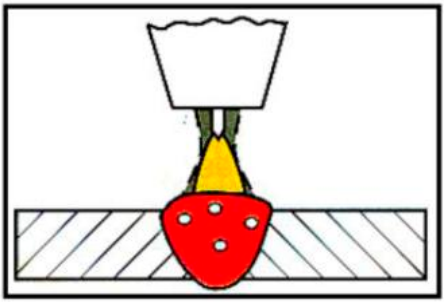
การเกิดรูพรุนที่เกิดจากสาเหตุการตั้งมุมหัวเชื่อมเอียงเกินไป ทำให้ความดันแก๊สที่ปกคลุมแนวเชื่อมดึงเอาอากาศเข้ารวมตัวกับแนวเชื่อม เป็นสาเหตุให้เกิดรูพรุน



รูปที่ ๔๔ ตั้งมุมหัวเชื่อมเอียงเกินไป

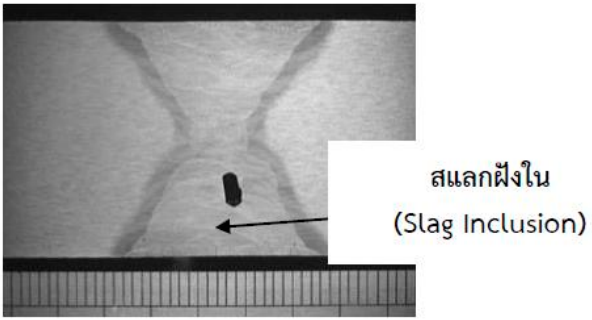
การยกระยะหัวเชื่อมสูงเกินไป ทำให้ความดันแก๊สที่ปรับความดันที่เหมาะสมการเชื่อมแบบปรกติ ไม่สามารถปกคลุมบริเวณบ่อหลอมละลายได้ทั่วถึงเป็น

สาเหตุให้เกิดรูพรุน ในบางกรณีการยกปลายที่ร้อนของลวดเชื่อมออกจากเขตปกป้องของแก๊สหรือหัวฉีด อาจเกิดรูพรุนที่ผิวแนวเชื่อมได้เช่นกัน



รูปที่ ๔๕ การยกระยะหัวเชื่อมสูงเกินไป

๒.๑๓.๓ สแลกฝังใน (Slag Inclusion) เป็นรอยบกพร่องที่เกิดจากทักษะฝีมือของช่างเชื่อม ที่ยังขาดความชำนาญหรือขาดความละเอียดในการทำงาน โดยเฉพาะกับชิ้นงานหนามากๆ สารฝังในมักเกิดขึ้นในกระบวนการเชื่อมที่มีฟลั๊กซ์หุ้ม เช่น อาร์กโลหะด้วยมือ เป็นต้น

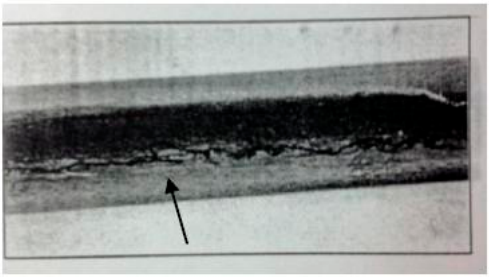


รูปที่ ๔๖ สแลกฝังใน

๒.๑๓.๔ การหลอมลึกที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete penetration) สาเหตุเกิดจากช่างเชื่อมปรับตั้งกระแสไฟเชื่อมต่ำเกินไป ทำให้ไม่เกิดการหลอมละลายติดกันระหว่างเนื้อเชื่อมกับชิ้นงาน

รูปที่ ๔๗ การหลอมลึกที่ไม่สมบูรณ์

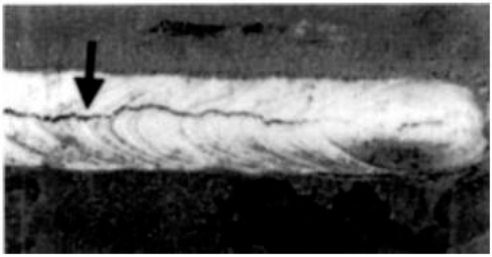
๒.๑๓.๕ รอยแยกชั้น (Laminations) ส่วนใหญ่จะเกิดตามยาวของวัสดุ ปกติจะพบที่กึ่งกลางของชิ้นงาน อาจจะตรวจได้โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง และถ้าเกิดรอยแยกชั้นออกมาที่บริเวณหน้าตัดของชิ้นงาน อาจตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม หรืออนุภาคแม่เหล็กได้ รอยแยกชั้นอาจเกิดมาจากฟองอากาศโพรงอากาศจากการหดตัว สารมลทินฝังในเมื่อผ่านการรีดจะทำให้จุดบกพร่องเหล่านี้แบนราบขนานไปทิศทางของแนววัสดุที่มีรอยแยกชั้นภายในไม่สามารถรับแรงในแนวตั้งฉากกับความหนาได้ สิ่งบกพร่องชนิดนี้มักเกิดกับเหล็กกล้าแผ่นหนาก่อนกระบวนการผลิตจำเป็นต้องตรวจหารอยบกพร่องชนิดนี้ เพราะเป็นรอยบกพร่องที่ก่อให้เกิดอันตรายเป็นอย่างมาก และสิ่งที่ต้องปฏิบัติพร้อมกันคือการทดสอบช่างเชื่อม เพื่อเตรียมความพร้อมในการวางแผนการปฏิบัติงานอีกด้วย



รูปที่ ๔๘ รอยแยกชั้น (Lamination)

๒.๑๓.๖ รอยแตกร้อน (Hot crack) รอยแตกสามารถเกิดขึ้นได้ในเนื้อเชื่อม และโลหะชิ้นงานจะเกิดขึ้นเมื่อได้รับความเค้นสูง เหนือจุดความแข็งแรงของวัสดุ (Ultimate Strength) โดยทั่วไปรอยแตกจะเกิดจากความเค้นในรอยเชื่อม หรือในวัสดุงาน หรือความเค้นอันเกิดจากการออกแบบแนวเชื่อมที่ทำให้เกิดรอยบาก (Notch) และรอยแตกยังอาจเกิดจากไฮโดรเจนที่แทรกตัวอยู่ในรอยเชื่อมและวัสดุงานและจะเกิดกับวัสดุที่เปราะหรือวัสดุที่มีสภาวะพลาสติกน้อย (Plastic Deformation) รอยแตก (Crack) รอยแตกอาจจะแบ่งออกเป็นรอยแตกร้อน และรอยแตกเย็น (Hot Crack and Cold Crack) รอยแตกร้อนสาเหตุมาจากการเย็นตัวไม่เท่ากันอันเกิดมาจากจุดแข็งตัวของธาตุต่างๆ ไม่เท่ากัน มักเกิดตามยาวกลางแนวเชื่อม รอยแตกเย็นจะเกิดหลังจากโลหะเย็นตัวแล้วอันเนื่องมาจากไฮโดรเจน รอยแตกเย็นจะแตกระหว่างขอบเกรน หรืออาจจะแตกผ่าเกรน ทิศทางของรอยแตกจะเกิดตามความยาวของแนวเชื่อมหรือตามขวางของแนวเชื่อมขึ้นอยู่กับทิศทางจะเกิดขึ้น รอยแตกที่ขนานกับแกนของแนวเชื่อมจะเรียกว่ารอยแตกตามยาว (Longitudinal Crack) อาจจะเกิดกลางแนวเชื่อมหรือในเขตที่มีผลกระทบจากความร้อน (HAZ) ใกล้กับแนวเชื่อม รอยแตกตามขวาง (Transverse Crack) จะเกิดตั้งฉากกับแนวเชื่อม อาจจะแตกอยู่ภายในแนวเชื่อม หรือเลยออกมาทางเขตที่ผลกระทบจากความ

ร้อนในโลหะชิ้นงาน ในบางครั้งรอยแตกตามขวางจะเกิดที่โลหะชิ้นงานแต่ไม่แตกที่รอยเชื่อม รอยแตกตามยาว (Longitudinal Cracks) อาจจะเกิดได้ในการเชื่อมแบบใต้ผงฟลักซ์ (Submerge Arc Welding) เพราะความเร็วในการเชื่อมสูง หรือบางครั้งอาจจะมีโพรงอากาศอยู่ภายใต้แนวเชื่อม รอยแตกตามยาวจะเกิดกับรอยเชื่อมขนาดเล็กกับชิ้นงานที่มีความหนามากๆ เพราะมีอัตราความเร็วของการเย็นตัวสูง



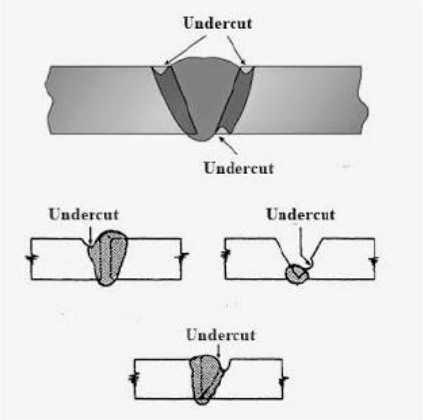
รูปที่ ๔๙ รอยแตกตามยาว

รอยแตกตามขวาง (Transverse Cracks) รอยแตกแบบนี้เกิดจากสาเหตุของการหดตัวตามความยาวของแนวเชื่อม ส่วนใหญ่จะเกิดกับวัสดุที่เปราะ

รูปที่ ๕๐ รอยแตกตามขวาง

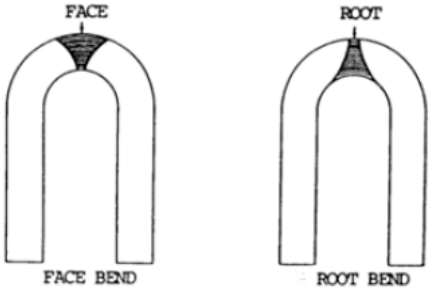
๒.๑๓.๗ รอยกัดขอบ (Under cut) เป็นรอยบกพร่องที่เกิดจากฝีมือช่างที่ขาดทักษะในการเชื่อม และขาดเทคนิคในการปรับตั้งกระแสไฟเชื่อม อาจ

ปรับตั้งกระแสไฟเชื่อมสูงเกินไป และมุมหัวเชื่อมผิด ทำให้เกิดรอยบกพร่องที่ทำให้ชิ้นงานขาดความแข็งแรง เพราะทำให้ความหนาชิ้นงานลดลง และเป็นรอยบากเล็กบริเวณขอบรอยเชื่อม ซึ่งเป็นจุดที่อาจเกิดการแตกหักได้



รูปที่ ๕๑ รอยกัดขอบ

๒.๑๓.๘ การทดสอบดัดโค้ง เป็นการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการแปรรูปของวัสดุเมื่อได้รับแรงดัดโค้งด้วยรัศมีความโค้งที่กำหนด จนได้มุมตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการทดสอบ จากนั้นจะพิจารณาดูว่าที่ผิวด้านนอกของชิ้นทดสอบตรงบริเวณที่ทำการดัดโค้งเกิดรอยแตกขึ้นหรือไม่เมื่อชิ้นงานได้รับแรงทำให้เกิดแรงดึงและแรงกดในฝั่งตรงกันข้ามกัน แล้วเป็นผลให้ชิ้นงานเกิดการโก่งงอ จะเรียกว่าวัสดุอยู่ภายใต้แรงดัด (Bending) การทดสอบการดัดโค้งด้านราก (Root Bend) ให้ด้านรากแนวเชื่อม (Root) รับแรงดึงถ้าทำการทดสอบการดัดโค้งด้านหน้า (Face Bend) ให้ด้านหน้าแนวเชื่อม (Face) รับแรงดึง



รูปที่ ๕๒ การทดสอบการดัดโค้ง

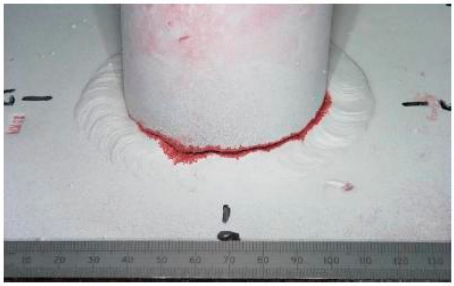
๒.๑๓.๙ การทดสอบโดยการตีหัก (Fracture Test) เป็นการทดสอบแบบทำลายชิ้นงาน เพื่อหารอยบกพร่องที่อยู่ภายในเนื้อเชื่อม ส่วนใหญ่ใช้ทดสอบชิ้นงานเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet weld) เพื่อตรวจหารอยบกพร่องชนิด โพรงอากาศ การหลอมไม่สมบูรณ์ เป็นต้น

รูปที่ ๕๓ การทดสอบโดยการตีหัก

๒.๑๓.๑๐ การทดสอบแรงดึง (Tensile test) เป็นการทดสอบชิ้นงานเชื่อม หรือชิ้นงานที่ต้องการวัดค่าแรงดึงว่าชิ้นงานสามารถทนแรงดึงได้มากน้อยเท่าไร เพื่อใช้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างและงานที่ต้องรับความแข็งแรงต่างๆ สำหรับในงานเชื่อมการทดสอบแรงดึงเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าแรงดึงของเนื้อเชื่อมว่าสามารถทนแรงดึงได้เท่าไร ในการออกแบบลวดเชื่อมไม่ได้ทดสอบชิ้นงานเพื่อวัดระดับฝีมือช่างเชื่อมแต่อย่างใด แต่เป็นการทดสอบวัสดุเพื่อหาข้อบกพร่องในการออกแบบวัสดุ ว่าสามารถยอมรับได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่

รูปที่ ๕๔ การทดสอบโดยการดึง

๒.๑๓.๑๑ การทดสอบด้วยสารแทรกซึม (Penetrant Testing - PT) เป็นการทดสอบแบบไม่ทำลายสภาพ สำหรับใช้หาจุดบกพร่องเฉพาะบนพื้นผิว (Surface Method) ชิ้นงานที่เป็นโลหะและอโลหะได้ทุกชนิด ยกเว้นเนื้อวัสดุงานที่มีลักษณะผิวหยาบ พรุน ดูดซึมของเหลวได้ง่าย



รูปที่ ๕๕ การทดสอบด้วยสารแทรกซึม

๒.๑๔ ท่อเหล็กกล้า

ท่อเหล็กกล้า ถูกใช้ในอุตสาหกรรมต่าง เช่น ท่อในอุตสาหกรรมเคมี ท่อแก๊ส ท่อน้ำมัน ท่อสำหรับงานก่อสร้าง โดยมีวิธีผลิตต่างกันไป โดยทั่วไปท่อเหล็กจะแบ่งเป็น ๒ กลุ่มหลัก ท่อที่ได้จากการม้วนและเชื่อมเหล็กแผ่น (Welded Pipe) และ ท่อที่ไม่ผ่านการเชื่อม (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 เชื่อมทั้งสองด้าน เกิดหลอมลึกสมบูรณ์ ใช้ผลิตท่อขนาดใหญ่

๒.๑๔.๓ ท่อแบบเชื่อม Spiral เป็นการผลิตท่อโดยใช้กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์ โดยแนวเชื่อมมีลักษณะเป็นวงคล้ายสปริง สามารถผลิตท่อได้ใหญ่ และมีความยาวมากๆ ได้

๒.๑๔.๔ ท่อไร้ตะเข็บ (Seamless Pipe) เป็นท่อที่มีคุณภาพสูง มีความต้านแรงภายในได้สูง ใช้ในงานทนแรงดันสูง

บทที่ ๓
บทสรุปคู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑ (ภาคความรู้)

ช่างเชื่อมทิก คือผู้ที่ทำการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหรือเหล็กกล้าสเตนเลสด้วยมือหรือกึ่งอัตโนมัติ โดยกระบวนการเชื่อมอาร์กซึ่งใช้แท่งทังสเตนเป็นอิเล็กโทรด และใช้แก๊สเฉื่อยเป็นแก๊สปกป้อง ตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ ๑ ได้กำหนดกรอบความสามารถไว้กล่าวคือ เป็นผู้ที่สามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนหรือเหล็กกล้าสเตนเลสด้วยมือหรือกึ่งอัตโนมัติ โดยกระบวนการเชื่อมอาร์กซึ่งใช้แท่งทังสเตนเป็นอิเล็กโทรด และใช้แก๊สเฉื่อยเป็นแก๊สปกป้องที่เป็นแนวเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet Weld) ทั้งในลักษณะการเชื่อมเหล็กแผ่นกับเหล็กแผ่น และเหล็กแผ่นกับท่อ ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่างๆ ได้ทุกตำแหน่งตามมาตรฐาน ISO ๙๖๐๖-๑ โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อม ระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗ ช่างเชื่อมทิกนอกจากมีความรู้ความสามารถแล้ว จะต้องมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ในการประกอบอาชีพ อันประกอบด้วยจรรยาบรรณ ได้แก่ การปฏิบัติหน้าที่ด้วยความซื่อสัตย์สุจริต ใช้เวลาและทรัพย์สินขององค์กรให้เกิดประโยชน์สูงสุด ไม่แสดงความคิดเห็นถึงบุคคลภายนอกในเรื่องที่อาจจะส่งผลเสียต่อองค์กร ไม่เอาแต่ใจตนเอง ไม่มีฐิติ ไม่โอ้อวดเกินความจริง ไม่ดูหมิ่นเหยียดหยาม เยาะเย้ย ถากถางผู้ร่วมงาน มีน้ำใจ เสียสละ มีความอดทน มีความยินดีรับฟังเหตุผลและการตำหนิของผู้อื่น หลีกเลี่ยงการกระทำที่ก่อให้เกิดความขัดแย้ง ร่วมมือและเสริมสร้างความสามัคคีในหมู่เพื่อนร่วมงาน ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นเป็นของตัวเอง รักษาความลับขององค์กรอย่างเคร่งครัด ตระหนักถึงความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม และความรับผิดชอบต่อสังคม ได้แก่ ไม่เอารัดเอาเปรียบสังคม และนำเสนอแต่สิ่งที่ดีๆ ต่อสังคม ส่งเสริมให้มีการแข่งขันในการปฏิบัติงานของพนักงานในเรื่องที่ดีงาม ยกระดับการดำรงชีพและส่งเสริมให้เกิดการจ้างงาน ปฏิบัติตามกฎหมาย ข้อบังคับต่างๆ ของรัฐ ให้ผลตอบแทน รางวัล สวัสดิการที่

เหมาะสมแก่ลูกจ้าง ตระหนักถึงความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนทางการศึกษาแก่บุคคลที่เกี่ยวข้อง

คู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมทิก 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