DEPARTMENT OF SKILL DEVELOPMENT
กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน

คู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ
กลุ่มสาขาอาชีพช่างอุตสาหการ
สาขาอาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑
(ภาคความรู้)

มาตรฐาน
ฝีมือแรงงานแห่งชาติ

มาตรฐาน
ฝีมือแรงงานแห่งชาติ

คำนำ

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการพัฒนาฝีมือแรงงานให้แก่กลุ่มแรงงานใหม่ก่อนเข้าสู่ตลาดแรงงาน ให้มีความรู้ความสามารถตามความต้องการของตลาดแรงงาน และพัฒนากลุ่มแรงงานที่อยู่ในตลาดแรงงานให้สามารถประกอบอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้พัฒนามาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาอาชีพต่างๆ ให้สอดคล้องกับความต้องการตลาดแรงงานและความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี เพื่อใช้ในการทดสอบความรู้ ความสามารถ และทัศนคติของแรงงานก่อนเข้าสู่สถานประกอบกิจการ

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน ได้จัดทำคู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑ (ภาคความรู้) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ให้แก่ผู้สนใจที่จะเข้ารับการทดสอบ ได้ศึกษาค้นคว้าเนื้อหาที่ใช้ในการทดสอบภาคความรู้ก่อนเข้ารับการทดสอบ ซึ่งจะช่วยสร้างโอกาสในการทำงาน และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการประกอบอาชีพได้อีกด้วย

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อแรงงาน ผู้ประกอบกิจการ และผู้สนใจ ตลอดจนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้การทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

หม่อมหลวงปุณฑริก สมิติ
อธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
กันยายน ๒๕๕๘

สารบัญ

หน้า

บทที่ ๑ บทนำ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

๑.๑ เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ๑
สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ

๑.๒ เรื่อง คุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ ๑๕
สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ

๑.๓ เรื่อง วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือ ๑๗
รับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ
สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑

บทที่ ๒ หัวข้อวิชา

๒.๑ ความปลอดภัยทั่วไปในพื้นที่ปฏิบัติงาน ๒๐

๒.๒ ความปลอดภัยในการเชื่อมและตัด ๒๒

๒.๓ การใช้เครื่องมือวัด ๓๗

๒.๔ การใช้เครื่องมือทั่วไป ๓๘

๒.๕ การใช้เครื่องมือกล ๓๙

๒.๖ เครื่องเชื่อมและวงจรไฟฟ้า ๓๙

๒.๗ เทคนิคการเชื่อม ๕๐

๒.๘ สมบัติและความสามารถเชื่อมได้ของโลหะ ๕๙

๒.๙ ลวดเชื่อม ๖๒

๒.๑๐ ข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม ๖๘

๒.๑๑ คณิตศาสตร์ประยุกต์ที่สัมพันธ์กับการร่างแบบงานเชื่อม ๗๕

๒.๑๒ วิทยาศาสตร์เบื้องต้นที่สัมพันธ์กับงานเชื่อม ๗๖

๒.๑๓ การตรวจสอบและคุณภาพของงานเชื่อม ๗๗

๒.๑๔ ท่อ ๘๕

บทที่ ๓ บทสรุปคู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ๘๗
สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑ (ภาคความรู้)

บทที่ ๑ บทนำ
ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

๑.๑ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ

เล่ม ๑๓๑ ตอนพิเศษ ๕๒ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๑ มีนาคม ๒๕๕๗

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน
เรื่อง มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ
สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ

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

ข้อ ๑ ในประกาศนี้ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ หมายถึง ผู้ที่ทำการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน โดยกระบวนการเชื่อมแบบหลอมละลายที่ใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ รอยเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet Weld) และรอยเชื่อมต่อชน (Butt Weld) ทั้งในลักษณะการเชื่อมเหล็กแผ่นกับเหล็กแผ่น เหล็กแผ่นกับท่อ และการเชื่อมท่อกับท่อ ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่าง ๆ ได้ทุกตำแหน่งตามมาตรฐาน ISO ๙๖๐๖-๑ โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อม ระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗

ข้อ ๒ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ แบ่งออกเป็น ๓ ระดับ

๒.๑ ระดับ ๑ หมายถึง ผู้ที่มีฝีมือและความรู้พื้นฐานในการปฏิบัติงานที่ต้องมีหัวหน้างานช่วยให้คำแนะนำ หรือช่วยตัดสินใจในเรื่องสำคัญเมื่อจำเป็น

๒.๒ ระดับ ๒ หมายถึง ผู้ที่มีฝีมือระดับกลาง มีความรู้ ความสามารถทักษะการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ได้ดี และประสบการณ์การทำงานสามารถให้คำแนะนำผู้ใต้บังคับบัญชาได้คุณภาพงานสูง

๒.๓ ระดับ ๓ หมายถึง ผู้ที่มีฝีมือระดับสูงสามารถวิเคราะห์วินิจฉัยปัญหา การตัดสินใจ รู้ขั้นตอนกระบวนการของงานเป็นอย่างดี สามารถช่วยแนะนำงานฝีมือผู้ใต้บังคับบัญชาได้ดี สามารถใช้หนังสือคู่มือนำความรู้และทักษะมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีใหม่ได้โดยเฉพาะการตัดสินใจและเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม

ข้อ ๓ ข้อกำหนดทางวิชาการที่ใช้เป็นเกณฑ์วัด ความรู้ ความสามารถและทัศนคติในการทำงานของผู้ประกอบอาชีพในสาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือให้เป็น ดังนี้

๓.๑ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ได้แก่

๓.๑.๑ ความรู้ ความเข้าใจ ประกอบด้วยขอบเขตความรู้ความเข้าใจในเรื่องดังต่อไปนี้

๓.๑.๑.๑ ความปลอดภัยทั่วไปในพื้นที่ปฏิบัติงาน (General Safety in The Working Area)

(๑) ประเภทของอุบัติเหตุต่างๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั่วไป ในสภาพแวดล้อมของการทำงาน การรู้สาเหตุและขั้นตอนต่างๆ จะสามารถนำมาใช้ป้องกันอุบัติเหตุได้

(๒) สาเหตุของการเกิดอัคคีภัยและการระเบิด มาตรการป้องกันการเกิดอัคคีภัย ชนิดของเครื่องดับเพลิงและข้อแนะนำการใช้

(๓) การรู้จักใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น

แว่นตานิรภัย แว่นตาเชื่อม หน้ากากเชื่อม ถุงมือ เอี๊ยมกันไฟ รองเท้านิรภัย อุปกรณ์ ป้องกันหู กรองอากาศ ป้องกันศีรษะ

(๔) การตรวจสอบสถานที่ทำงาน สำหรับความปลอดภัย และสภาพแวดล้อมของการทำงานเชื่อม หลักการในการจัดการและการรักษาความปลอดภัยในที่ทำงาน

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

(๖) การปฐมพยาบาลเบื้องต้นจากไฟไหม้ บาดเจ็บเล็กน้อย และบาดเจ็บสาหัส

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

(๘) การปฐมพยาบาลเบื้องต้นสำ หรับผู้ได้รับควัน ไอระเหย และแก๊สที่เป็นพิษ

(๙) กฎระเบียบที่สัมพันธ์กับภาวการณ์ทำงาน ความปลอดภัยการถูกสุขลักษณะและสิ่งแวดล้อมภายในและรอบ ๆ พื้นที่ทำงาน

๓.๑.๑.๒ ความปลอดภัยในการเชื่อมและตัด (Welding and Cutting Safety)

(๑) มาตรการป้องกันส่วนบุคคลสำหรับการเกิดไฟฟ้าดูด รังสีไหม้ผิวหนังและตา การบาดเจ็บจากโลหะร้อน สะเก็ดจากการตัดแก๊สและเชื่อม ควันที่ออกมาจาก การเผาไหม้ของไอระเหยของโลหะเติมและชิ้นงานเชื่อม

(๒) มาตรการป้องกันการเกิดอัคคีภัย ขณะทำงานใกล้วัสดุติดไฟ

(๓) การเกิดแก๊สพิษเนื่องจากการเชื่อมและการตัดเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส การบาดเจ็บของช่างเชื่อมจากแก๊สพิษที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมและการตัดเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส

(๔) มาตรการป้องกันในการใช้ขวดแก๊ส (Cylinder) ความดันสูง

(๕) มาตรการป้องกันการเกิดอันตราย ขณะทำงานใกล้เครื่องมืออุปกรณ์ที่อยู่ในพื้นที่ทำการเชื่อม

๓.๑.๑.๓ การใช้เครื่องมือวัด (Measuring Tools)

(๑) การใช้เครื่องมือร่างแบบ เช่น สายวัดระยะ ฉาก บรรทัดเหล็ก โปรแทรกเตอร์ เวอร์เนียคาลิปเปอร์ ระดับน้ำและบรรทัดอ่อน

(๒) การใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เช่น ที่วัดอุณหภูมิแบบสัมผัส (Contact Pyrometer) ชอล์กวัดอุณหภูมิ 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) ค้อนและสกัด

(๔) ดอกสว่านและเครื่องเจาะ

(๕) ประแจต่างๆ

(๖) ชะแลง ลิ่ม แม่แรงยกของ

(๗) แปรงลวด

(๘) กล่องอบลวดเชื่อมไฟฟ้า (Electric Oven)

(๙) หินเจียระไนมือ (Hand Grinder)

(๑๐) การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือ

๓.๑.๑.๕ การใช้เครื่องมือกล (Power Tools)

(๑) เครื่องเจียระไน

(๒) เครื่องขัดผิวโลหะ

(๓) เครื่องกดไฮดรอลิกส์

(๔) เครื่องทดสอบการดัดงอ

(๕) เครื่องตัดชิ้นงานและเครื่องเลื่อย

(๖) อุปกรณ์จับยึด

(๗) เครื่องดูดควัน

(๘) เตาอบลวดเชื่อม

(๙) การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือกล

๓.๑.๑.๖ 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

๓.๑.๑.๗ เทคนิคการเชื่อม (Welding Technique)

(๑) เปลวอาร์ก ระยะอาร์ก มุมลวดเชื่อม

(๒) หน้าที่ของฟลักซ์หุ้มลวดเชื่อม รวมถึงความสม่ำเสมอของเปลวอาร์ก การลดแก๊สในบ่อหลอม แก๊สปกคลุม สแลก สมบัติของเนื้อโลหะเชื่อม

(๓) การออกแบบรอยต่อ การเตรียมแนวเชื่อม การประกอบรอยต่อ การทำความสะอาดรอยต่อ

(๔) การอุ่นชิ้นงานและการให้ความร้อนหลังเชื่อม

(๕) เทคนิคการเชื่อม ตัวประกอบที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพ การเดินแนวแบบไม่ส่ายลวด แบบส่ายลวด การวางลำดับแนวเชื่อมสำหรับการเชื่อมหลายชั้น

๓.๑.๑.๘ สมบัติและความสามารถเชื่อมได้ของโลหะ (Weld Ability of Metals)

(๑) ชนิดและชั้นคุณภาพของเหล็กกล้า

(๒) สมบัติเหล็กกล้ารวมไปถึงค่าความต้านแรงดึงค่าความต้านแรงกระแทก ความแข็ง ความเหนียว (Toughness) ลักษณะการกัดกร่อน

(๓) กรรมวิธีของการตรวจสอบคุณภาพ รวมไปถึงการทดสอบแบบทำลาย และการทดสอบแบบไม่ทำลาย

(๔) มาตรฐานเกี่ยวกับโลหะชิ้นงาน เช่น ISO ๖๓๐, JIS G ๓๑๐, DIN ๑๗๑๐๐, ASTM A ๓๖ ฯลฯ

(๕) สมบัติทางเคมี และลักษณะการกัดกร่อนของโลหะชิ้นงาน

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

๓.๑.๑.๙ ลวดเชื่อม (Electrodes)

(๑) ข้อกำหนดมาตรฐานของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสมต่ำ เหล็กกล้าเกรนละเอียด

(๒) ชั้นคุณภาพของลวดเชื่อม ชนิดของฟลักซ์ ขนาดลวดเชื่อมและความสามารถเชื่อมได้ และการเลือกใช้

(๓) การเก็บรักษา การใช้ และการอบไล่ความชื้น

(๔) การกำหนดขั้วไฟฟ้า การปรับตั้งกระแสไฟให้เหมาะกับท่าเชื่อม

๓.๑.๑.๑๐ ข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม (Welding Procedure Specifications - WPS)

(๑) จุดมุ่งหมาย ตามข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม

(๒) การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของการเชื่อม

(๓) การเลือกลวดเชื่อมให้เหมาะกับโลหะชิ้นงาน

(๔) สัญลักษณ์งานเชื่อม

(๕) ลักษณะเฉพาะของรอยต่องานเชื่อม รวมทั้งชนิดรอยต่อ รูปทรงเรขาคณิต ขนาด ที่สัมพันธ์กับสัญลักษณ์งานเชื่อม

๓.๑.๑.๑๑ คณิตศาสตร์ประยุกต์ที่สัมพันธ์กับการร่างแบบงานเชื่อม

(๑) คณิตศาสตร์พื้นฐาน การบวก ลบ คูณ หาร การหาร้อยละ

(๒) การวัดและการคำนวณความยาว มุม พื้นที่ ปริมาตร น้ำหนัก ความดัน

(๓) การแปลงหน่วยของมาตรวัดมาตรฐานต่าง ๆ

(๔) การใช้เครื่องคำนวณ

๓.๑.๑.๑๒ วิทยาศาสตร์เบื้องต้นที่สัมพันธ์กับงานเชื่อม

(๑) สาเหตุและการป้องกันการกัดกร่อนและการสึกหรอ

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

๓.๑.๑.๑๓ การตรวจสอบและคุณภาพของงานเชื่อม

(๑) การตรวจสอบพินิจ (Visual Inspection) การเตรียมรอยต่อก่อนการเชื่อม

(๒) การตรวจสอบพินิจตัวแปรของชิ้นงานโดยช่างเชื่อมในระหว่างการเชื่อม

(๓) การตรวจสอบพินิจ ความนูนด้านหน้าแนวเชื่อมและด้านรากภายหลังจากการเชื่อมเสร็จ (รวมทั้งรอยกัดแหว่ง รูพรุน สารฝังใน (Inclusion) การหลอมไม่สมบูรณ์ รอยร้าว ความกว้าง ความสูง รูปร่างแนวเชื่อม ความสม่ำเสมอของแนวเชื่อม)

(๔) การวัดขนาดแนวเชื่อม

(๕) การซ่อมจุดบกพร่อง (Defects) ของชิ้นงานก่อนและหลังการเชื่อมเสร็จ

๓.๑.๑.๑๔ ท่อ (Pipe)

(๑) ชนิดและขนาดของท่อ

(๒) การวัดความกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของผนัง ความเหลื่อม (Misalignment) การร่วมศูนย์เดียวกัน

(๓) ข้อต่อท่อ หน้าแปลน

(๔) การต่อท่อ การปรับรอยต่อ ข้อต่อท่อและหน้าแปลน

(๕) คุณภาพของงานเชื่อมท่อ

(๖) การซ่อมจุดบกพร่องของแนวเชื่อมท่อ

๓.๑.๒ ความสามารถ ประกอบด้วย ขอบเขตความสามารถในการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

๓.๑.๒.๑ การทำงานอย่างปลอดภัย

(๑) การป้องกันอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานเชื่อม

(๒) มาตรการป้องกันอัคคีภัย การรู้ตำแหน่งของเครื่องดับเพลิง

(๓) การสวมใส่และการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม

(๔) การรักษาพื้นที่ทำงานให้ปลอดภัย สะอาด และเป็นระเบียบ

(๕) การใช้หน้ากากกรองแสง การระบายอากาศและแสงสว่างอย่างเหมาะสม

(๖) การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างปลอดภัยและถูกวิธี

(๗) การป้องกันอุบัติเหตุในการทำงานในสถานที่จำกัด

(๘) การป้องกันแก๊สพิษจากการปฏิบัติงานเชื่อม

๓.๑.๒.๒ เครื่องมือวัด อุปกรณ์และเครื่องมือร่างแบบ

(๑) สาธิตการใช้เครื่องมือวัด อุปกรณ์และเครื่องมือร่างแบบอย่างถูกต้องระหว่างการสอบภาคปฏิบัติ

(๒) ช่างเชื่อมจะต้องร่างแบบบนชิ้นงานเชื่อมอย่างถูกต้อง โดยใช้ตลับเมตร ฉาก บรรทัด และนำศูนย์

(๓) ระหว่างการทดสอบ ต้องใช้เครื่องวัดอัตราการไหล เกจปรับแรงดัน เครื่องมือวัด อุณหภูมิ และมาตรวัดไฟฟ้าด้วยความระมัดระวังอย่างเหมาะสม

(๔) ช่างเชื่อมจะต้องแสดงวิธีการเก็บบำรุงรักษาเครื่องมือวัด และเครื่องมือร่างแบบอย่างเหมาะสม

๓.๑.๒.๓ การใช้เครื่องมือและเครื่องมือกลอย่างถูกต้อง ในระหว่างการสอบภาคปฏิบัติ

(๑) ช่างเชื่อมควรใช้เครื่องมือและเครื่องมือกลอย่างปลอดภัย และถูกต้องในระหว่างการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๒) ช่างเชื่อมจะต้องแสดงถึงวิธีการดูแล การเก็บการบำรุงรักษาเครื่องมือและเครื่องมือกลอย่างเหมาะสมระหว่างการทดสอบ

๓.๑.๒.๔ ให้มีข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อมเป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบการรับรองฝีมือช่างเชื่อม

(๑) เลือกและเตรียมคูปองเชื่อม เพื่อให้สอดคล้องตามเงื่อนไขของข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม คูปองเชื่อมจะต้องได้รับการตรวจสอบเพื่อการยอมรับโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต

(๒) จะต้องเตรียมและปรับเครื่องเชื่อมให้เป็นไปตามเงื่อนไขของข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม ช่างเชื่อมสามารถใช้ชิ้นงานทดลองสำหรับปรับเครื่องเชื่อมให้ถูกต้อง และให้เกิดความคุ้นเคยในการใช้เครื่องเชื่อมก่อนเริ่มทำการสอบ

(๓) จะต้องประกอบและทำ การเชื่อมยึด และปรับตำแหน่งของคูปองเชื่อมสำหรับการสอบ ชิ้นงานสอบที่เตรียมไว้จะถูกตรวจสอบก่อนทำการเชื่อมเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อมโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต (Authorized Welding Inspector - AWI)

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

(๕) ให้เชื่อมแนวกลาง (Fill Pass) จนเสร็จ ยกเว้นแนวปิด (Cap) ชั้นระหว่างกลางจะต้องได้รับการยอมรับโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต

(๖) จะต้องเชื่อมแนวปิด ขัดด้วยแปรง และแนวเชื่อมที่สมบูรณ์จะต้องได้รับการตรวจสอบพินิจโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต

(๗) ชิ้นงานเชื่อมจะต้องเตรียมสำหรับการทดสอบทางกลหรือในกรณีถ้าทำการถ่ายภาพรังสี ทดสอบและประเมินผลโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมที่ได้รับอนุญาต การถ่ายภาพรังสีและการเตรียมชิ้นทดสอบทางกลสามารถดำเนินการโดยสถานประกอบการหรือบุคคลที่ได้รับการรับรอง

๓.๑.๒.๕ 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) ที่มีจึงจะทำบันทึกและออกใบและบัตรรับรองฝีมือช่างเชื่อมโดยกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน/สมาคมการเชื่อมโลหะแห่งประเทศไทย (DSD/TWS)

๓.๑.๒.๖ ข้อกำหนดการยอมรับด้านคุณภาพ (Acceptable Quality Requirements)

(๑) ISO ๕๘๑๗ มาตรฐานสากลสำหรับการเชื่อมเหล็กกล้า ข้อแนะนำในการประเมินระดับคุณภาพของความไม่สมบูรณ์ (International Standard for Arc – Welded Joints in Steel/Guidance on Quality Levels for Imperfections) สามารถนำมาใช้ประเมินข้อกำหนดของระดับคุณภาพสำหรับความไม่สมบูรณ์ (Imperfections) ตามข้อ ๔.๖.๑ (๒)

(๒) แต่ละมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard) ที่กำหนดไว้สามารถนำมาใช้ประเมินผลการทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อมได้ต่อเมื่อได้ทำตามมาตรฐานเฉพาะ (Code) หรือมาตรฐานทั่วไป (Standard)

๓.๑.๓ ทัศนคติ ประกอบด้วย การปฏิบัติงานที่ตรงต่อเวลา การรักษาวินัยในการทำงาน ความปลอดภัยในการทำงาน ความซื่อสัตย์ ความละเอียดรอบคอบ และความประหยัด

๓.๒ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๒ ได้แก่

๓.๒.๑ ความรู้ ความเข้าใจ ประกอบด้วย ขอบเขตความรู้ความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ข้อ ๓.๑.๑

๓.๒.๒ ความสามารถ ประกอบด้วย ขอบเขตความสามารถในการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

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 การใช้เครื่องมือและเครื่องมือกลได้อย่างถูกต้อง และปลอดภัยตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ข้อ ๓.๑.๒.๓

๓.๒.๒.๔ สามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนโดยกระบวนการเชื่อมแบบหลอมละลายที่ใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ รอยเชื่อมต่อชน (Butt Weld) ในลักษณะการเชื่อมเหล็กแผ่นกับเหล็กแผ่นที่มีความหนา ตั้งแต่ ๓ มิลลิเมตรขึ้นไป ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่าง ๆ ได้ทุกตำแหน่งตามมาตรฐาน 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 ความเข้าใจ ประกอบด้วย ขอบเขตความรู้ ความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ข้อ ๓.๑.๑

๓.๓.๒ ความสามารถ ประกอบด้วย ขอบเขตความสามารถในการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

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 การใช้เครื่องมือและเครื่องมือกลได้อย่างถูกต้อง และปลอดภัย ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ระดับ ๑ ข้อ ๓.๑.๒.๓

๓.๓.๒.๔ สามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนโดยกระบวนการเชื่อมแบบหลอมละลายที่ใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ รอยเชื่อมต่อชน (Butt Weld) ในลักษณะการเชื่อมเหล็กแผ่นกับเหล็กแผ่นที่มีความหนาตั้งแต่ ๓ มิลลิเมตรขึ้นไป ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่าง ๆ ได้ทุกตำแหน่งตามมาตรฐาน ISO ๙๖๐๖-๑ โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อม ระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗

๓.๓.๓ ทัศนคติ ประกอบด้วย การปฏิบัติงานที่ตรงต่อเวลา การรักษาวินัยในการทำงาน ความปลอดภัยในการทำงาน ความซื่อสัตย์ ความละเอียดรอบคอบ และความประหยัด

ประกาศ ณ วันที่ ๓ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๕๗
จีรศักดิ์ สุคนธชาติ
ปลัดกระทรวงแรงงาน
ประธานกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

๑.๒ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง คุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ

เล่ม ๑๓๑ ตอนพิเศษ ๕๒ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๑ มีนาคม ๒๕๕๗

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน
เรื่อง คุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๒ วรรคสาม แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๕ คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน จึงกำหนดคุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑

๑.๑ ผู้เข้ารับการทดสอบต้องมีอายุไม่ต่ำกว่า ๑๘ ปีบริบูรณ์นับถึงวันเข้ารับการทดสอบ และ

๑.๒ มีประสบการณ์การทำงานหรือประกอบอาชีพเกี่ยวกับสาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ไม่น้อยกว่า ๑ ปี หรือ

๑.๓ ผ่านการฝึกอบรมเตรียมเข้าทำงาน (Pre-Employment) สาขาช่างเชื่อมไม่น้อยกว่า ๒๐๐ ชั่วโมง หรือการฝึกอบรมยกระดับ (Up - Grade Training) สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ไม่น้อยกว่า ๓๐ ชั่วโมง หรือการฝึกอบรมตามหลักสูตรช่างเชื่อมสากล (International Welder Course) ไม่น้อยกว่า ๙๐ ชั่วโมง หรือฝึกอาชีพหลักสูตรอื่น ๆ ในสาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ไม่น้อยกว่า ๑๒๐ ชั่วโมง หรือ

๑.๔ เป็นผู้ที่จบการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพในสาขาที่เกี่ยวข้องกับอาชีพนี้

ข้อ ๒ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๒

๒.๑ มีประสบการณ์การทำงานหรือประกอบอาชีพเกี่ยวกับสาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ไม่น้อยกว่า ๑ ปี นับตั้งแต่ที่ได้รับหนังสือรับรองมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑ หรือ

๒.๒ ได้คะแนนรวมทั้งภาคความรู้และภาคความสามารถในการทดสอบฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑ ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละแปดสิบ

ข้อ ๓ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๓

๓.๑ มีประสบการณ์การทำงานหรือประกอบอาชีพเกี่ยวกับสาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ไม่น้อยกว่า ๑ ปี นับตั้งแต่ที่ได้รับหนังสือรับรองมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๒ หรือ

๓.๒ ได้คะแนนรวมทั้งภาคความรู้และภาคความสามารถในการทดสอบฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๒ ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละแปดสิบ

ประกาศ ณ วันที่ ๓ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๕๗
จีรศักดิ์ สุคนธชาติ
ปลัดกระทรวงแรงงาน
ประธานกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

๑.๓ ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน เรื่อง วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑

เล่ม ๑๒๙ ตอนพิเศษ ๓๙ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๕

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน
เรื่อง วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๒ วรรคสาม และมาตรา ๓๙ (๓) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๕ คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน จึงกำหนดวิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑ ไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑

๑.๑ การทดสอบความรู้ ความเข้าใจ

ข้อสอบเป็นแบบปรนัย ชนิด ๔ ตัวเลือก จำนวนข้อสอบ ๕๐ ข้อ ใช้เวลาในการทดสอบ ๑ ชั่วโมง คะแนนเต็ม ๕๐ คะแนน โดยผู้เข้ารับการทดสอบต้องได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละเจ็ดสิบ จึงจะมีสิทธิเข้ารับการทดสอบภาคความสามารถ

๑.๒ การทดสอบความสามารถ

เป็นการทดสอบการปฏิบัติงานเพื่อวัดความสามารถในการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน รอยเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet Weld) ในลักษณะการเชื่อมเหล็กแผ่นกับ

เหล็กแผ่น และเหล็กแผ่นกับท่อ ตั้งแต่ ๓ มิลลิเมตรขึ้นไป ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่าง ๆ ได้ทุกตำแหน่ง ตามมาตรฐาน ISO ๙๖๐๖-๑ โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อม ระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗ ใช้เวลาในการทดสอบ ๓ ชั่วโมง คะแนนเต็ม ๑๐๐ คะแนน โดยผู้เข้ารับการทดสอบต้องได้คะแนนภาคความสามารถทุกชิ้น ไม่น้อยกว่าร้อยละเจ็ดสิบ โดยทดสอบการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน (W๐๑) รอยเชื่อมฟิลเล็ท มีชิ้นงานทดสอบแบ่งเป็น ๒ ประเภท ซึ่งผู้เข้ารับการทดสอบสามารถเลือกทดสอบประเภทใด ประเภทหนึ่งได้ ดังนี้

ประเภทที่ ๑ การเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน (W๐๑) รอยเชื่อมฟิลเล็ท โดยใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ประเภทรูไทล์ มีชิ้นงานทดสอบ ๔ รายการ ดังนี้

(๑) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๑๑ P FW W๐๑ R t๑๐ PB ss (AWS ๒F)

(๒) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๑๑ P FW W๐๑ R t๑๐ PF ss (AWS ๓F-up)

(๓) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๑๑ P FW W๐๑ R t๑๐ PD ss (AWS ๔F)

(๔) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๑๑ P/T FW W๐๑ R t๗.๘ D๑๕๐ PF ss (AWS ๕F-up)

ประเภทที่ ๒ การเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน (W๐๑) รอยเชื่อมฟิลเล็ท โดยใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ประเภทด่าง มีชิ้นงานทดสอบ ๔ รายการ ดังนี้

(๑) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๑๑ P FW W๐๑ B t๑๐ PB ss (AWS ๒F)

(๒) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๑๑ P FW W๐๑ B t๑๐ PF ss (AWS ๓F-up)

(๓) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๑๑ P FW W๐๑ B t๑๐ PD ss (AWS ๔F)

(๔) ISO ๙๖๐๖-๑ ๑๑๑ P/T FW W๐๑ B t๗.๘ D๑๕๐ PF ss (AWS ๕F-up)

๑.๓ ในกรณีที่ผู้ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานพบว่า ชิ้นงานทดสอบเกิดการแตกหักเนื่องจากโลหะวิทยา หรือสาเหตุภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับฝีมือของผู้เข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน ให้ผู้ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานทำการเปลี่ยนวัสดุทดสอบให้แก่ผู้เข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และให้ผู้เข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานทำการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานตามวิธีการทดสอบในใบงานเดิมทันที

๑.๔ รายละเอียดวิธีการทดสอบให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการประกาศกำหนด

ข้อ ๒ การออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑ จะออกให้แก่ผู้ผ่านการทดสอบ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

๒.๑ ผู้เข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานต้องทดสอบทั้งภาคความรู้ ความเข้าใจและภาคความสามารถ โดยต้องได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละเจ็ดสิบของคะแนนในแต่ละภาค จึงจะถือว่าผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑

๒.๒ หนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพ ช่างอุตสาหการ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ มีอายุ ๔ ปี นับตั้งแต่วันที่ออกหนังสือรับรอง

ประกาศ ณ วันที่ ๒๑ มกราคม พ.ศ. ๒๕๕๘
นคร ศิลปอาชา
ปลัดกระทรวงแรงงาน
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) คือผู้ควบคุมการปฏิบัติงาน 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

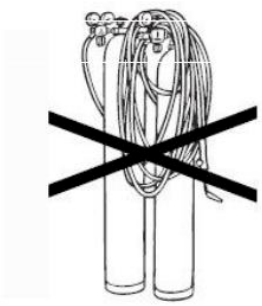
๒.๒ ความปลอดภัยในการเชื่อมและตัด

งานเชื่อมและงานตัดด้วยแก๊ส เป็นกระบวนการที่มีอันตราย การลดความเสี่ยงต่ออันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการเชื่อมและการตัดในสถานการณ์ต่างๆ ความปลอดภัยและอาชีวอนามัยเป็นสิ่งสำคัญ จึงจำเป็นต้องเรียนรู้สาเหตุของการเกิดอันตรายต่างๆ ดังนี้

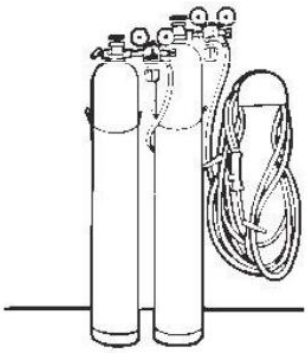
๒.๒.๑ อันตรายจากอะเซทิลีน เกิดจากอะเซทิลีนแตกตัว เปลี่ยนสภาพความดัน ทำให้เกิดการระเบิด ซึ่งเป็นอันตรายสูงสุด เมื่อเทียบกับอันตรายที่เกิดจากการเชื่อม เช่น กระแสไฟฟ้า รังสี ควัน และไอระเหย โดยมีสาเหตุเกิดจากไฟย้อนกลับจากหัวทอร์ชเชื่อมสู่ขวดบรรจุอะเซทิลีนทรงกระบอก หรือความร้อนภายนอกสูงเกินไป ลักษณะที่เกิดอุณหภูมิของผนังขวดบรรจุอะเซทิลีนสูงขึ้น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

ควรระวังอย่าใช้ออกซิเจนในการระบายอากาศ หรือพ่นเป่าเสื้อผ้า (ให้สะอาดหรือให้แห้ง) ด้วยออกซิเจน นอกจากนั้นจะต้องจัดเก็บอุปกรณ์ และถังบรรจุให้เรียบร้อย ดังรูป



รูปที่ ๑ การเก็บสายวิธีที่ผิด

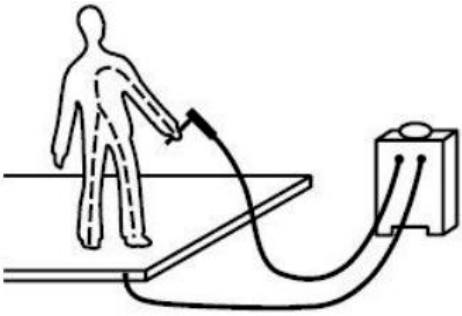


รูปที่ ๒ การเก็บสายวิธีที่ถูก

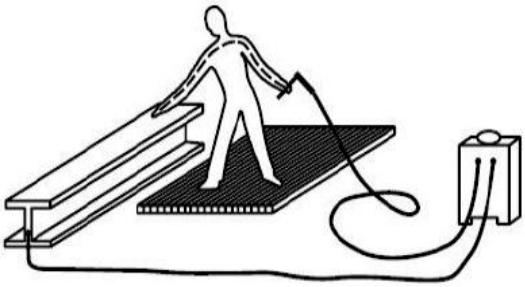
๒.๒.๓ กระบวนการเชื่อมอาร์กไฟฟ้า อันตรายที่เกิดขึ้น ที่ช่างเชื่อมต้องศึกษาถึงสิ่งที่ก่อให้เกิดอันตราย ได้แก่ กระแสไฟฟ้า รังสีเป็นอันตรายต่อสายตา อันตรายจากความร้อน สารอันตราย และการเชื่อมในเนื้อที่จำกัด

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

กระแสไฟฟ้า ผลกระทบของกระแสไฟฟ้าต่อร่างกาย ขึ้นอยู่กับชนิดของกระแสไฟฟ้า (กระแสตรง DC หรือ กระแสสลับ AC) ระดับกระแสสูงมีอันตรายยิ่งกว่ากระแสต่ำ เส้นทางการเดินของกระแสไฟฟ้า การไหลของกระแสไฟฟ้าในแนวยาวของร่างกาย มีอันตรายกว่ากระแสไฟฟ้าในแนวขวาง หากถูกกระแสไฟฟ้าดูดเกิน ๐.๓ วินาที จะเป็นอันตรายวิกฤต จุดที่พึงระวัง ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นอันตรายกว่าไฟฟ้ากระแสตรง 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 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 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)

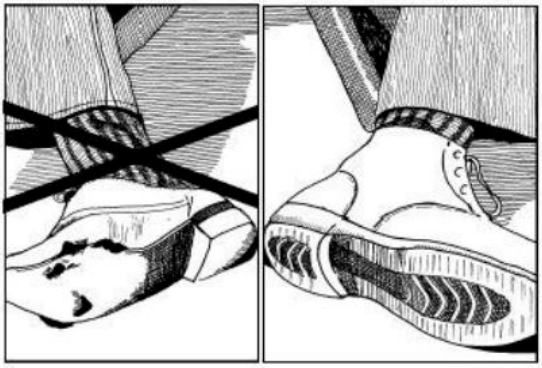
ความต้านทานไฟฟ้าของร่างกายมนุษย์ (ประมาณ ๑๐๐๐ โอห์ม)

ตัวอย่าง กรณีมือไปจับสวิตช์แสงสว่างที่ชำรุด

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

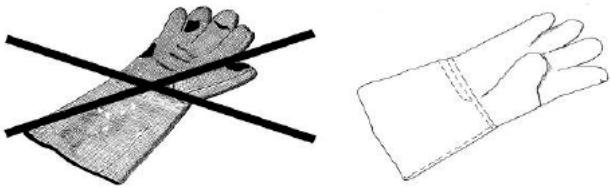
ผลลัพธ์ที่ได้ จะเป็นอันตรายต่ออวัยวะหรือไม่นั้น ดูได้จากการป้องกันความปลอดภัยจะไม่มีอันตราย ถ้าหากว่าใส่รองเท้าพื้นยางที่มีความต้านทาน (ความต้านทาน R ประมาณ ๑๐,๐๐๐ Ω)

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



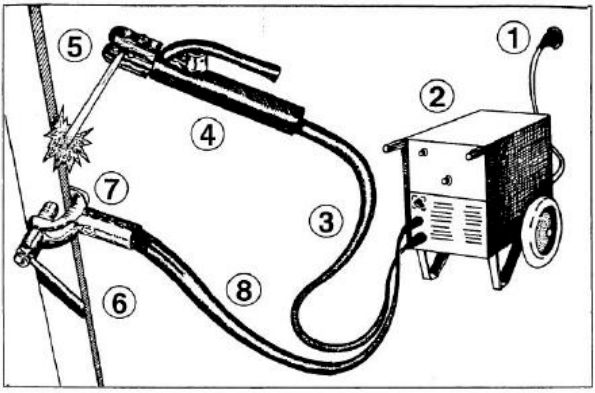
รูปที่ ๕ การใส่รองเท้าที่ถูกต้อง

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)

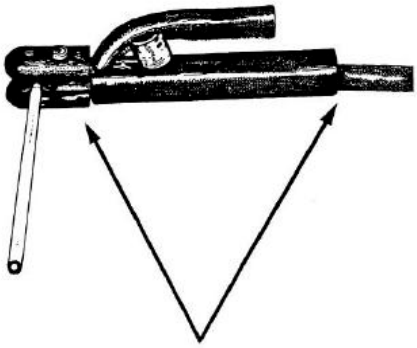
เครื่องเชื่อม เป็นอุปกรณ์ที่ต้องได้มาตรฐานในการผลิต เครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ชำรุดถ้านำมาใช้ปฏิบัติการเชื่อมจะเกิดอันตราย ควรซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ปลอดภัย เครื่องเชื่อมจะมีมาตรฐานควบคุมตามข้อกำหนดที่ต้องการ เช่น แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด ซึ่งแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่สูงจะเป็นอันตรายมาก สำหรับผู้ปฏิบัติงานเชื่อม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

ตารางที่ ๒ มาตรฐาน IEC ๙๗๔ ส่วนที่ ๑

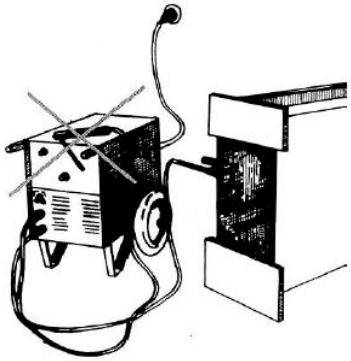
แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด			
สถานภาพการปฏิบัติการ	แรงดันไฟฟ้า	ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (โวลต์)	
	ชนิด	ค่าสูงสุด	ค่าสัมฤทธิ์ผล
ก) อันตรายเพิ่มขึ้นจากไฟฟ้าช็อต	กระแสตรง กระแสสลับ	๑๑๓ ๖๘	-- ๔๘
ข) ปราศจากการเพิ่มอันตราย	กระแสตรง กระแสสลับ	๑๑๓ ๑๑๓	-- ๘๐
ค) การเชื่อมแบบหัวทอร์ช	กระแสตรง กระแสสลับ	๑๔๑ ๑๔๑	-- ๑๐๐
ง) กระบวนการเชื่อมพลาสมา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

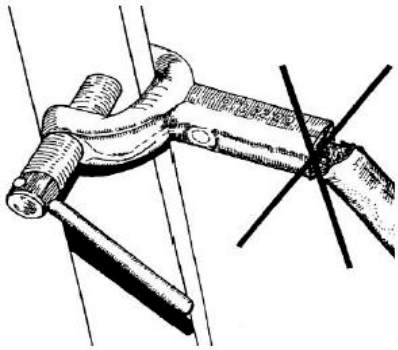


รูปที่ ๘ ด้ามจับอิเล็กโทรด



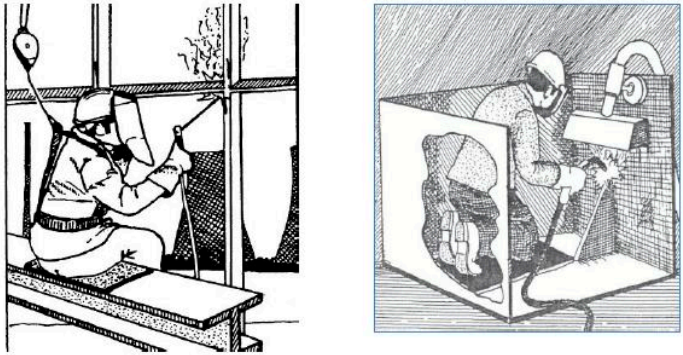
รูปที่ ๙ ห้ามวางด้ามจับอิเล็กโทรดบนเครื่องเชื่อม

สายเชื่อมจะต้องมีฉนวนหุ้มให้เรียบร้อยและไม่ชำรุดเสียหาย ควรมีระบบป้องกันการเสียหาย สายเคเบิลที่ให้กระแสไหลกลับ (โดยทั่วไปช่างเชื่อมมักจะเรียกว่าสายดิน ซึ่งเป็นการเรียกที่ผิด) สายเคเบิลจะต้องยึดให้แน่นกับชิ้นงานหรือตัวยึดชิ้นงาน ถ้ายึดไม่แน่นอาจเกิดการอาร์กอย่างรุนแรง



รูปที่ ๑๐ แคล้มป์ยึดที่ชำรุดเสียหาย

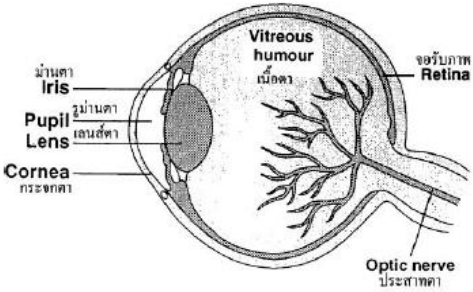
อันตรายจากกระแสไฟฟ้าดูดระหว่างปฏิบัติการเชื่อม สถานที่ปฏิบัติงานที่มีการสัมผัสชิ้นส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าโดยปราศจากการป้องกันร่างกายระหว่างปฏิบัติการเชื่อม เช่น การนั่งคุกเข่า การนั่ง การนอน หรือการพิง ต้องมีเนื้อที่เพียงพอต่อการเคลื่อนไหวของร่างกายระหว่างชิ้นส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าไม่น้อยกว่า ๒ เมตร (อันตรายจากอุบัติเหตุที่เกิดจากการสัมผัส)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



รูปที่ ๑๑ การทำงานในพื้นที่อันตราย โดยมีอุปกรณ์ป้องกัน

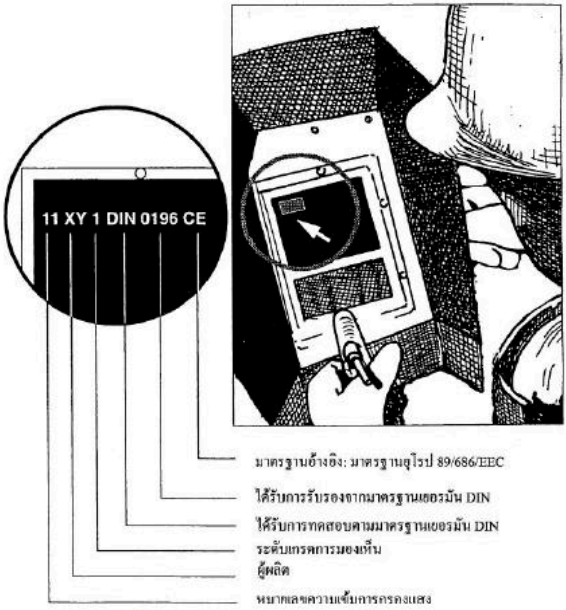
รังสีที่เป็นอันตรายต่อสายตา รังสีอุลตราไวโอเล็ตความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง ๒๐๐ ถึง ๓๘๐ นาโนเมตร ช่วงความยาวคลื่นที่เป็นอันตราย อยู่ระหว่าง ๒๐๐ ถึง ๓๑๕ นาโนเมตร รังสีอุลตราไวโอเล็ตไม่สามารถแทรกซึมเข้าสู่นัยน์ตา แต่จะซึมผ่านกระจกตาทำให้เกิดการอักเสบ เรียกอีกอย่างว่า Arc Eye (แสงอาร์กเข้าตา) มีอาการปวดนัยน์ตา 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

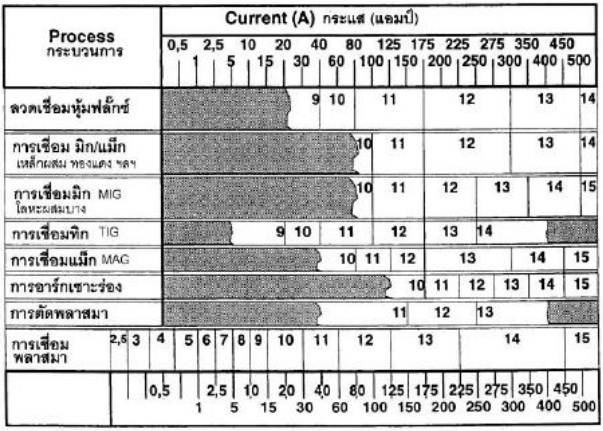


รูปที่ ๑๒ โครงสร้างของนัยน์ตามนุษย์

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



รูปที่ ๑๔ การเลือกใช้เลนส์กรองแสงที่ได้มาตรฐาน

การเชื่อมในเนื้อที่ที่จำกัด ข้อควรปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า พื้นที่ปฏิบัติงานต้องเป็นวัสดุทนไฟ ไม่ขรุขระและไม่มีน้ำขัง อันตรายในการเชื่อมในเนื้อที่ที่จำกัด เกิดจากมีสารที่คงเหลือหรือตกค้างอยู่ในพื้นที่ เช่น ไอของสาร อุปกรณ์เครื่องมือ (อุปกรณ์ภายในเครื่อง ชิ้นส่วนที่เคลื่อนย้าย อุปกรณ์ไฟฟ้า) นอกจากนั้นควรต้องดำเนินการป้องกันเพิ่มเติม ได้แก่ กำหนดเขตความปลอดภัย วิธีการทำงาน กำหนดกฎ ระเบียบการป้องกัน โดยการสวมชุด/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 ถัง ภาชนะท่อส่งน้ำ ท่อส่งน้ำมัน ท่อส่งแก๊ส ภายในเรือ เป็นต้น อันตรายที่เกิดจากการเชื่อมในบริเวณพื้นที่ที่จำกัด คือ การฟอร์มตัวหรือสะสมของสารอันตราย เช่น แก๊สไนตรัส ไอแก๊สเชื่อม การสะสมของแก๊สเชื้อเพลิง เช่น อะเซทิลีน หรือออกซิเจนมากเกินไป อันตรายที่เกิดจากควันและฝุ่นเชื่อม (Welding Fumes & Welding Dusts) เป็นส่วนที่มีขนาดเล็กระดับจุลภาคที่ติดเข้าไปกับลมหายใจ และ

สะสมอยู่ในช่องว่างของปอดจนกระทั่งปอดอักเสบ จนถึงขั้นเป็นมะเร็งในปอด อาการไข้ที่เกิดจากควันของโลหะเป็นอันตรายที่สูงสุดอันหนึ่งในงานเชื่อม ที่เกิดจากการเปลี่ยนรูปฟอร์มออกไซด์ของโลหะประเภทต่าง ๆ เช่น สังกะสีออกไซด์ สำหรับโลหะเคลือบผิวเป็นที่รู้จักดีของช่างเชื่อม ถ้ามีผู้รับเข้าไปจะมีอาการภายหลังจากรับไม่กี่ชั่วโมงและจะเกิดอาการป่วยตามมาสำหรับรายการของควันที่เกิดขึ้นจะสะสมในร่างกาย จะทำให้ร่างกายเกิดอาการต่าง ๆ เช่น สารแคลเซียมฟลูออไรด์ (CaF_2) ที่ละเอียดอ่อน สารตัวนี้จะเกิดขึ้นจากสารพอกหุ้มแกนลวดเชื่อมที่เป็นด่าง (Basic Coated Lime-Fluoride or Low-Hydrogen) เป็นสารอันตรายตัวหนึ่ง ซึ่งจะไม่ละลายตัวในสภาวะปกติแต่มีปฏิกิริยาสูงเมื่อผสมกับบรรยากาศที่มีความชื้น 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 จะก่อให้เกิดแก๊สโอโซนและจะเกิดมากในการเชื่อม

ด้วยระบบ 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 ปวดศีรษะ อาเจียน 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 เป็นเพราะความจำเป็นในการต้องตัด ตกแต่ง จึงต้องใช้เครื่องมือกลในการทำงานทั้งสิ้น ในการปฏิบัติงานเชื่อมเช่นกัน การใช้เครื่องมือกลในการตัดชิ้นงาน การเจียตกแต่งชิ้นงาน ล้วนแล้วแต่เป็นเครื่องมือกลทั้งสิ้น ดังนั้นเราจำเป็นต้องศึกษา ถึงขั้นตอน วิธีการใช้งาน วิธีการบำรุงรักษา ข้อควรระวังในการใช้งาน ให้ครอบคลุมทั้งหมดเพื่อการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

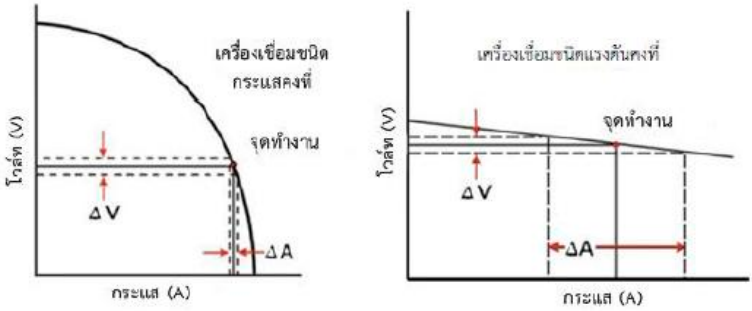
๒.๖ เครื่องเชื่อมและวงจรไฟฟ้า

การเชื่อมโลหะที่ใช้ไฟฟ้าเป็นต้นกำเนิดความร้อน จะทำให้เกิดการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงาน กระแสไฟ ๒๒๐ โวลต์ ไม่สามารถนำมาใช้กับการเชื่อมได้เนื่องจากขนาดแรงดันไฟฟ้าสูงเกินไป อาจจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ ในการเชื่อมไม่ต้องการแรงดันไฟฟ้าสูงแต่ต้องการจำนวนกระแสไฟมาก ดังนั้นเครื่องเชื่อมจะต้องมีลักษณะที่มี ขนาดแรงดันไฟฟ้าอยู่ระหว่าง ๔๐-๑๐๐ โวลต์ (วงจรเปิดคือแรงดันไฟฟ้าขณะเริ่มจุดอาร์ก) แต่ขณะทำการเชื่อมกระแสไฟสูงแต่แรงเคลื่อนต่ำ โดยจะมีแรงเคลื่อนประมาณ ๑๘โว ๓๔-ลต์ และสามารถควบคุมขนาดกระแสไฟเชื่อมได้ ปัจจุบันเครื่องเชื่อมได้มีการพัฒนาไปอย่างมาก ทั้งความสามารถ

ในการใช้งาน การประหยัดกระแสไฟฟ้า ซึ่งเครื่องเชื่อมแต่ละแบบนั้นราคาแตกต่างกันมาก ดังนั้นผู้ใช้จะต้องมีความรู้ ความเข้าใจทางเทคนิคของเครื่องเชื่อมแต่ละแบบอย่างชัดเจน จึงจะสามารถเลือกเครื่องเชื่อมที่มีอยู่ให้เหมาะสมกับลักษณะของการใช้งาน

๒.๖.๑ ชนิดของเครื่องเชื่อม ที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมงานเชื่อม ได้จัดแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ตามลักษณะการจ่ายพลังงาน ดังนี้

เครื่องเชื่อมชนิดกระแสคงที่ (Constant Current : CC) เป็นเครื่องเชื่อมที่มีการจ่ายพลังงานออกมาแล้วนำไปเขียนแผนภาพจะได้เส้นแผนภาพที่มีลักษณะลาดชัน ขณะวงจรเปิด (Open Circuit) จะไม่มีกระแสไฟฟ้าและมีแรงเคลื่อนสูง ในขณะวงจรปิดหรือทำการเชื่อมหากปรับกระแสไฟเชื่อมสูงแรงเคลื่อนจะลดลงตามจำนวนของกระแสไฟที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นระบบที่ใช้กับเครื่องเชื่อมทั่วไป โดยใช้กับกรรมวิธีเชื่อมแบบต่างๆ เช่น เชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ (MMAW) เชื่อมทิก (TIG) สำหรับการเชื่อมใต้ฟลักซ์ (SAW) ที่ใช้ลวดขนาดใหญ่จะใช้เครื่องเชื่อมลักษณะนี้แต่จะต้องใช้เครื่องป้อนลวดชนิดไวต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้า



รูปที่ ๑๕ ชนิดของเครื่องเชื่อม

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

เครื่องเชื่อมแบ่งตามลักษณะต้นกำลังผลิต เครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ผลิตกระแสออกมาทั้งระบบแรงดันคงที่และระบบกระแสคงที่จะต้องมีต้นกำลังในการผลิต ซึ่งถ้าพิจารณาตามลักษณะต้นกำลังการผลิตสามารถแบ่งเครื่องเชื่อมได้ดังนี้

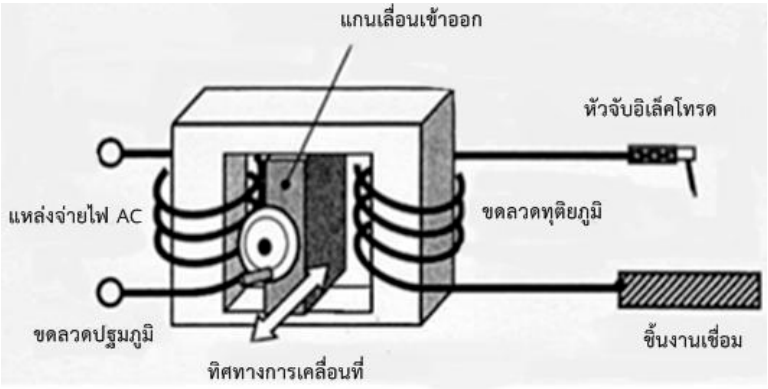
เครื่องเชื่อมแบบเยนเนอเรเตอร์ (Generators Welding Machines) เป็นเครื่องเชื่อมที่จ่ายกระแสไฟเชื่อมโดยเยนเนอเรเตอร์ (เครื่องปั่นไฟ) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเครื่องเชื่อมผลิตไฟกระแสตรง มีหลายแบบขึ้นอยู่กับต้นกำลังที่ใช้ในการขับเยนเนอเรเตอร์ ได้แก่ มอเตอร์เยนเนอเรเตอร์ (Motor Generator Welding Machines) เป็นเครื่องเชื่อมที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้นกำลังในการขับเยอเนอเรเตอร์เพื่อผลิตไฟเชื่อมกระแสตรง ซึ่งยังคงต้องอาศัยไฟเมนมาตรฐานจากโรงไฟฟ้าเพื่อให้มอเตอร์ทำงาน ผลิตกระแสตรง (DC) ในการเชื่อม ให้กระแสสูงแรงดันต่ำ และเยนเนอเรเตอร์ขับด้วยเครื่องยนต์ (Engine Generator Welding Machine) เป็นเครื่องเชื่อมที่ใช้เครื่องยนต์เป็นตัวขับเยนเนอเรเตอร์ โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลหรือเบนซิน ซึ่งเครื่องเชื่อมนี้เหมาะกับงานสนามในที่ไม่มีไฟฟ้าเข้าถึง การเคลื่อนย้ายนิยมทำเป็นรถลากเนื่องจากเครื่องเชื่อมมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก เวลาใช้งานมีเสียงดังจากเครื่องยนต์ ผลิตกระแสไฟตรง (DC)

รูปที่ ๑๖ เครื่องเชื่อมมอเตอร์เยนเนอเรเตอร์

รูปที่ ๑๗ เครื่องเชื่อมเยนเนอเรเตอร์ขับด้วยเครื่องยนต์

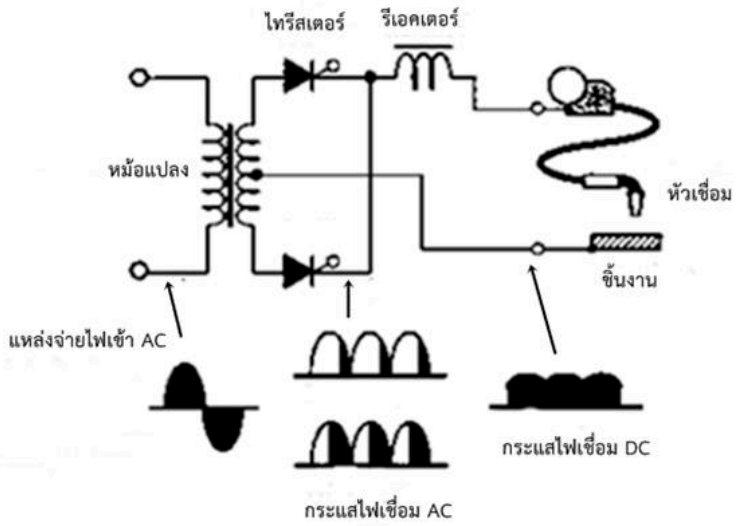
เครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer Welding Machine) เครื่องเชื่อมแบบนี้เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป เพราะมีหลายชนิดให้เลือกใช้ บางชนิดก็มีราคาถูก น้ำหนักไม่มากเกินไปเมื่อเทียบกับแบบเยนเนอเรเตอร์ ซึ่งจะผลิตเฉพาะกระแสไฟสลับ (AC) เท่านั้น โดยมีหลักการทำงานเหมือนกับหม้อแปลงไฟฟ้าทั่วๆไป ซึ่งจะนำกระแสที่มีแรงดันสูง (๒๒๐ โวลต์) ต่อเข้าทางขดลวดปฐมภูมิ (Primary) และจ่ายออกทางขดลวดทุติยภูมิ (Secondary) เป็นกระแสไฟที่มีแรงดันต่ำกระแสสูง ซึ่งเหมาะสำหรับการเชื่อมโลหะ เครื่องเชื่อมชนิดนี้เป็น

เครื่องเชื่อมที่มีหม้อแปลง จำนวน ๑ ชุด ประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิกับทุติยภูมิ การปรับกระแสเชื่อมเพิ่มขึ้นหรือลดลงต้องปรับแกนเหล็กเคลื่อนที่เข้าออก (Movable Core) ตัดกับสนามแม่เหล็ก แกนเหล็กเคลื่อนที่เข้ากระแสไฟเชื่อมจะสูง เพราะเกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสูง ถ้าเคลื่อนที่ออกการเหนี่ยวนำไฟฟ้าจะลดลง ทำให้กระแสไฟเชื่อมลดลง



รูปที่ ๑๘ เครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงไฟฟ้า

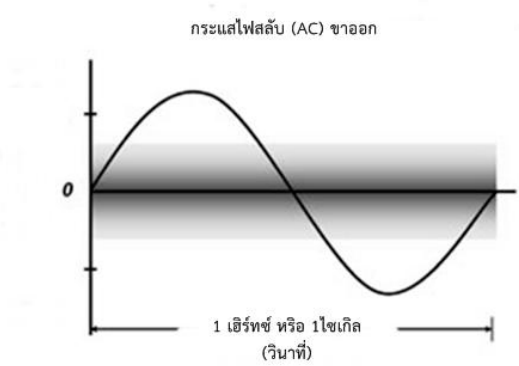
เครื่องเชื่อมหม้อแปลงแบบไทรีสเตอร์ (Thyristor Controller) เป็นเครื่องเชื่อมที่มีหม้อแปลงชุดเดียว การควบคุมและปรับกระแสไฟเชื่อมด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่าไทรีสเตอร์ วิธีการปรับกระแสไฟเชื่อมทำได้โดยหมุนปุ่มปรับกระแสซึ่งมีความสะดวกรวดเร็ว เมื่อปรับกระแสเชื่อมไปยังค่าที่ต้องการไทรีสเตอร์จะทำงานร่วมกับแผงวงจรเพื่อควบคุมปริมาณกระแสไฟเชื่อมและปริมาณไฟเมนให้เหมาะสมจึงเป็นเทคโนโลยีที่ประหยัดพลังงาน ผลิตกระแสไฟเชื่อมได้ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ



รูปที่ ๑๙ เครื่องเชื่อมหม้อแปลงแบบไทรีสเตอร์

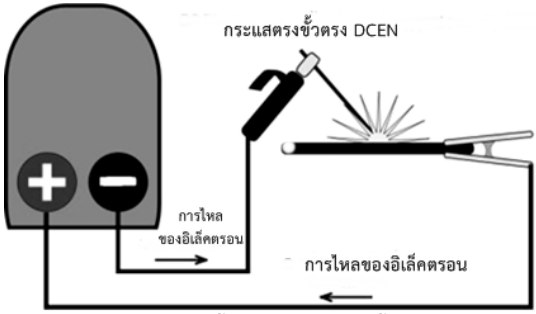
โดยสรุป เครื่องเชื่อมในการเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ที่ใช้อยู่ทั่วไป คือเครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลง เครื่องเชื่อมหม้อแปลงแบบไทรีสเตอร์ เครื่องเชื่อมแบบเยนเนอเรเตอร์ ทั้งขับด้วยมอร์เตอร์และเครื่องยนต์

๒.๖.๒ วงจรไฟฟ้าสำหรับงานเชื่อม การต่อขั้วเชื่อมกระแสไฟสลับ (AC) เครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงจะจ่ายกระแสไฟสลับ ซึ่งเป็นกระแสไฟที่มีทิศทางการเคลื่อนที่สลับกันเป็นคลื่น (Wave) โดยใน ๑ ไซเกิล จะมีกระแสไฟผ่าน ๐ จำนวน ๒ ครั้ง ผ่านคลื่นบวก ๑ ครั้ง และผ่านคลื่นลบ ๑ ครั้ง ในช่วงของคลื่นบวกอิเล็กตรอนจะไหลไปในทิศทางหนึ่งและในช่วงคลื่นลบอิเล็กตรอน จะไหลในทิศทางตรงข้ามกัน กระแสไฟฟ้าสลับปกติจะมีความถี่ ๕๐ เฮิรตซ์ หมายความว่าใน ๑ วินาทีจะเกิดคลื่น ๕๐ ครั้ง



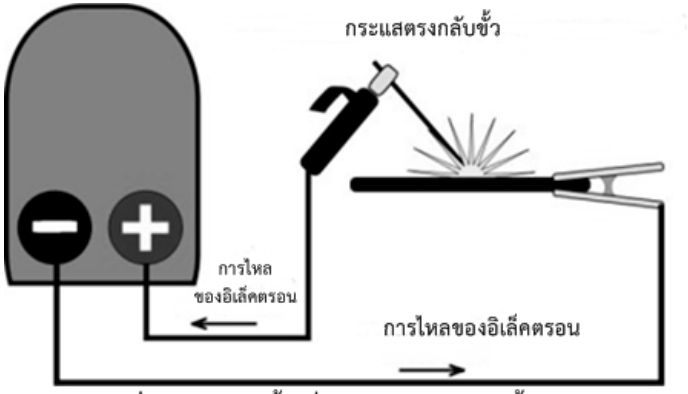
รูปที่ ๒๐ กระแสไฟสลับ (AC)

กระแสไฟตรง (DC) ประจุไฟฟ้าจะไหลจากประจุลบไปยังประจุบวก ลักษณะเช่นนี้จะทำให้เกิดความร้อนในการเชื่อมที่ขั้วบวกมากกว่า ในการเชื่อมด้วยไฟกระแสตรงสามารถสลับขั้วเชื่อมได้โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ กระแสตรงขั้วตรง (DCEN) เป็นการต่อหัวเชื่อมเข้ากับขั้วลบและต่อชิ้นงานเป็นขั้วบวก ลักษณะนี้ประจุไฟฟ้าลบจะไหลจากหัวเชื่อมไปสู่ชิ้นงานความร้อนจะเกิดที่ชิ้นงานเชื่อมมากกว่าเหมาะกับชิ้นงานหนา



รูปที่ ๒๑ การต่อขั้วเชื่อมกระแสตรงขั้วตรง DCEN

กระแสตรงกลับขั้ว (DCEP) เป็นการต่อหัวเชื่อมเข้ากับขั้วบวกและต่อชิ้นงานเป็นขั้วลบ ลักษณะเช่นนี้ประจุไฟฟ้าลบจะไหลจากชิ้นงานไปสู่หัวเชื่อมหรืออิเล็กโทรด ความร้อนจะเกิดที่หัวเชื่อมมากกว่า ใช้กับการเชื่อมชิ้นงานบางเพื่อให้ความร้อนเกิดที่ชิ้นงานน้อย ถ้าต่อขั้วเชื่อมผิดจะเห็นสิ่งผิดปกติคือการอาร์กไม่คงที่



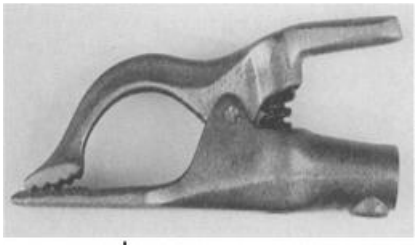
รูปที่ ๒๒ การต่อขั้วเชื่อมกระแสตรงกลับขั้ว DCEP

๒.๖.๓ อุปกรณ์เสริมสำหรับงานเชื่อมที่ต้องใช้ในการปรับตั้งวงจรเชื่อมประกอบด้วยที่จับลวดเชื่อมแบบแท่ง เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับผู้ที่ทำงานเชื่อมควรจะมีน้ำหนักเบาและง่ายต่อการถือเคลื่อนย้ายด้วยมือ ฉนวนหุ้มทนความร้อน สายเชื่อมจะต้องอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ ไม่ชำรุด กระแสเชื่อมจะต้องมีค่าที่ไม่สูงเกินกว่าที่สายเชื่อมจะทนได้ ที่จับลวดเชื่อมแบบแท่งแบ่งออกเป็น ๕ ขนาดดังตารางต่อไปนี้

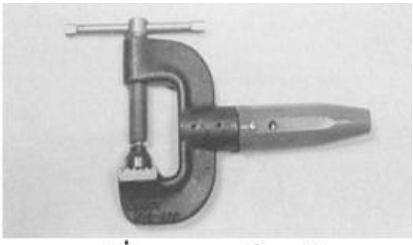
ตารางที่ ๓ แสดงความสามารถในการรับกระแสเชื่อมของหัวเชื่อม

ขนาด	ความสามารถในการรับกระแสเชื่อม		ขนาดของหัวจับลวดเชื่อมแบบแท่ง (มิลลิเมตร)
	รอบทำงาน ๖๐%	รอบทำงาน ๓๕%	
๑๐๐	๑๐๐	๑๖๐	๑ ถึง ๓.๒
๑๖๐	๑๖๐	๒๐๐	๑.๕ ถึง ๔
๒๐๐	๒๐๐	๓๐๐	๒ ถึง ๕
๓๐๐	๓๐๐	๔๐๐	๒.๕ ถึง ๖
๔๐๐	๔๐๐	๕๐๐	๔ ถึง ๘
๑๐๐	๑๐๐	๑๖๐	๑ ถึง ๓.๒

แคลมป์จับชิ้นงาน แบบยึดด้วยสกรู ใช้สำหรับยึดจุดเชื่อมต่อระหว่างสายเชื่อมและชิ้นงานให้แน่นเพื่อให้กระแสไฟเชื่อมครบวงจรสมบูรณ์ โดยทั่วไปนิยมใช้ที่จับแบบสกรู แต่ก็อาจจะบ้างที่มีการใช้ที่จับแบบแม่เหล็กซึ่งเป็นวัสดุทางแม่เหล็ก ที่จับประเภทนี้จะมีหน้าสัมผัสเรียบและไม่มีการปนเปื้อนจากเศษโลหะหรือรอยขูดขีด



รูปที่ ๒๓ แคลมป์สายดิน



รูปที่ ๒๓ แคลมป์สายดิน

รูปที่ ๒๔ การต่อสายดินสายดิน

กฎในการทำงาน เมื่อลวดเชื่อมถูกใช้งานจนหมดที่จับลวดเชื่อมจะต้องถูกวางในตำแหน่งที่เป็นฉนวน การชำรุดใดๆ ที่เกิดกับที่จับลวดเชื่อมและสายเชื่อมจะต้องถูกแก้ไขทันที การต่อสายเชื่อมและการถอดสายเชื่อมจะต้องกระทำในกรณีที่เครื่องเชื่อมถูกปิดเครื่องไว้เท่านั้น ที่จับชิ้นงานจะต้องจับชิ้นงานที่จะเชื่อมให้แน่นและสามารถนำไฟฟ้าที่จุดเชื่อมได้เป็นอย่างดี เพื่อให้กระแสไฟเชื่อมครบวงจรสมบูรณ์ จะต้องไม่ใช้รางเหล็ก ท่อ หรือวัสดุอื่นๆ ส่วนอุปกรณ์ที่ไม่สำคัญ เช่น แปลงลวด ค้อนเคาะสแลก ต้องจัดวางให้เป็นระเบียบเช่นกัน การแก้ไขเบื้องต้นสำหรับกระแสไฟฟ้าไม่เข้าเครื่องจะต้องตรวจสอบฟิวส์ที่ตัวเครื่องเชื่อมและสะพานไฟว่ามีการชำรุดเสียหายหรือไม่

๒.๖.๔ ความรู้ด้านไฟฟ้าที่เกี่ยวกับเครื่องเชื่อม ความปลอดภัยจากการต่อสายลงดินของเครื่องเชื่อมและอุปกรณ์ไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้งานมีความปลอดภัยและการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ การต่อลงดินช่วยขจัดความความบกพร่องที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายอย่างทันท่วงที

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าหมายถึงการต่อส่วนหนึ่งส่วนใดของระบบไฟฟ้าที่กระแสไหลผ่านลงดินช่วยจำกัดแรงดันไฟฟ้าเกิน ที่เกิดขึ้นจากการลัดวงจร

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้ามีหลายประเภท ได้แก่ โวลต์มิเตอร์ แอมป์มิเตอร์ และมัลติมิเตอร์ แต่ที่นิยมใช้กันมาก คือมัลติมิเตอร์ เนื่องจากการใช้งานที่เอนกประสงค์ ใช้ง่าย ราคาถูก สามารถใช้วัดได้ทั้งกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า นับว่าเป็นอุปกรณ์ประจำกายของช่างก็ว่าได้ ดังนั้นเราจำเป็นต้องศึกษาวิธีใช้งาน

ค่ากระแสไฟฟ้า (I) เป็นปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนหรือการไหลของอิเล็กตรอนในสายไฟหรือตัวนำไฟฟ้าหรือพูดง่ายๆ คือปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำโดยมีแรงดัน (Volt) ผลักดันให้ผ่านวงจร วัสดุตัวนำไฟฟ้าที่มีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ดี เช่น โลหะ เงิน ค่ากระแสไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากสูตร I = U/R ถ้าเราต้องการใช้กระแสไฟฟ้าสูงเราต้องเพิ่มขนาดของตัวนำให้โตตามไปด้วย และถ้าความยาวของสายไฟเพิ่มขึ้นความต้านทานก็จะสูงตามไปด้วย เครื่องมือที่ใช้วัดค่ากระแสไฟฟ้าคือแอมป์มิเตอร์

ค่าแรงดันไฟฟ้า (U) คือกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการที่มีอิเล็กตรอนไหลผ่านสายไฟ ซึ่งการที่อิเล็กตรอนไหลหรือเคลื่อนที่ได้นั้นจะต้องมีแรงมากระทำต่ออิเล็กตรอนทำให้เกิดกระแสไหล แรงดังกล่าวนี้เรียกว่า แรงดันไฟฟ้า หน่วยของแรงดันไฟฟ้าคือโวลต์ (Voltage ซึ่งแทนด้วย V) แรงดันไฟฟ้า ๑ โวลต์ คือ แรงดันที่ทำให้กระแสไฟฟ้า ๑ แอมแปร์ ไหลผ่านเข้าไปในความต้านทาน ๑ โอห์ม ค่าแรงดันไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากสูตร U = I x E

ค่าความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistance) คือความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสไฟฟ้าของวัตถุ วัตถุที่มีความต้านทานต่ำจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย เรียกว่าตัวนำไฟฟ้า ในขณะที่ฉนวนไฟฟ้ามีความต้านทานสูงมากและกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ยากป้องกันการลัดวงจร ป้องกันไฟฟ้ารั่วลงดิน ป้องกันไฟฟ้าดูด โดยที่ฉนวนไฟฟ้าที่หุ้มสายไฟจะมีสีเขียวหรือสี

เขียวแถบเหลือง ค่าความต้านทานไฟฟ้า ใช้สัญลักษณ์ R มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω) กฎของโอห์มแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า (U) กระแสไฟฟ้า (I) และความต้านทาน (R) ไว้ดังนี้ R = U/I

กำลังไฟฟ้า หน่วยวัดคือ วัตต์ (Watt) หมายถึงงานที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้า ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตรแรงดันไฟฟ้าคูณด้วยค่ากระแสไฟฟ้า (W = U x I) ในทางการค้า ๑ หน่วย (Unit) ใช้วัดปริมาณไฟฟ้าเท่ากับ ๑๐๐๐ วัตต์ ใน ๑ ชั่วโมง

ระบบไฟฟ้าที่ใช้กันทั่วไปตามบ้าน ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับระบบ ๑ เฟส (๑ - phase) ๒ สาย มีแรงดัน ๒๒๐ โวลต์ ความถี่ ๕๐ เฮิรตซ์ โดยสายไฟ ๒ สายที่ใช้กันตามบ้านนี้สายหนึ่งจะมีกระแสไฟฟ้าเรียกว่าสายเคอร์เรนต์ (Current Line) ส่วนอีกสายหนึ่งจะเป็นสายที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าเรียกว่าสายนิวทรัล (Neutral Line) การทดสอบว่ามีกระแสไฟฟ้าในวงจรหรือไม่เราต้องตรวจสอบโดยใช้ไขควงทดสอบไฟ หรือใช้โวลต์มิเตอร์ หรืออาจวัดด้วยหลอดไฟ

ระบบไฟฟ้า ๓ เฟส เป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส (๓ - Phase) ๔ สาย มีแรงดัน ๓๘๐ โวลต์ ความถี่ ๕๐ เฮิรตซ์ โดยที่ ๓ สายจะเป็นสายที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยทั่วไประบบไฟฟ้า ๓ เฟส เป็นระบบที่ไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องจักรต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่เพราะเครื่องจักรเหล่านี้มักมีขนาดใหญ่จึงต้องการแรงดันไฟฟ้าสูง การต่อกระแสไฟฟ้าเข้ากับเครื่องจักรจะต้องทำการบาลานซ์เฟส (Balance Phase) เพื่อไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลในเฟสใดเฟสหนึ่งมากเกินไปเพื่อป้องไฟฟ้าลัดวงจรและลดการสูญเสียในสาย

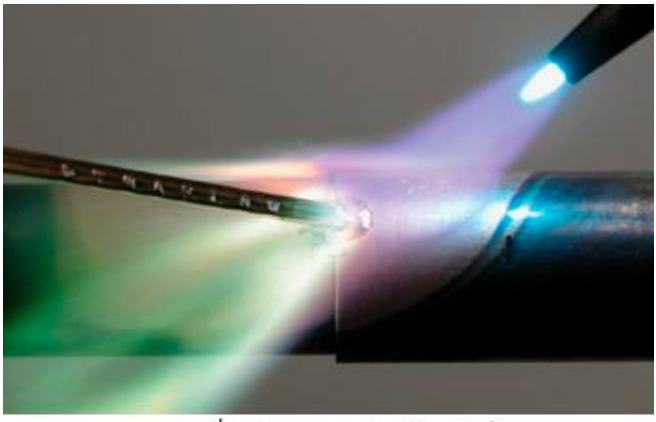
๒ ๗. เทคนิคการเชื่อม

สมาคมการเชื่อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำจำกัดความของกระบวนการเชื่อมว่า “เป็นกระบวนการในการเชื่อมติดเนื้อวัสดุเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นการรวมตัวกันโดยการให้ความร้อนกับวัสดุด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสม

อาจจะมีการใช้แรงดันร่วมด้วย หรืออาจจะใช้แรงดันเพียงอย่างเดียว และอาจจะใช้สารตัวเติมหรือลวดเชื่อมด้วยก็ได้” กระบวนการเชื่อมดังกล่าวที่ควรจะรู้ มีดังนี้

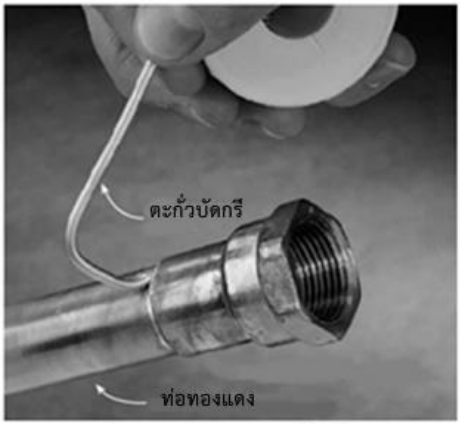
๒.๗.๑ การเชื่อมแก๊ส (Gas Welding) เป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ของแก๊สเชื้อเพลิง เช่น แก๊สอะเซทีลีนกับแก๊สออกซิเจน อุณหภูมิของการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ให้ความร้อนสูงถึง ๓,๒๐๐ องศาเซลเซียส และจะไม่มีเขม่าหรือควัน ในการเชื่อมจะใช้ลวดเติมหรือไม่ใช้ก็ได้ ลวดเติมมีลักษณะเปลือยเคลือบด้วยทองแดงเพื่อป้องกันสนิม

๒.๗.๒ การแล่นประสานหรือการบัดกรีแข็ง (Brazing) เป็นกรรมวิธีการต่อโลหะตั้งแต่สองชิ้นหรือมากกว่าโดยที่โลหะนั้นเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ อุณหภูมิที่ใช้สูงกว่า ๔๕๐ องศาเซลเซียส แต่ชิ้นงานไม่หลอมละลายและมีโลหะเติม ได้แก่ เงิน และโลหะผสม เช่น ลวดเทองเหลือง โลหะเติมจะมีอุณหภูมิหลอมเหลวสูงกว่า ๔๕๐ องศาเซลเซียส แต่ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของโลหะชิ้นงาน



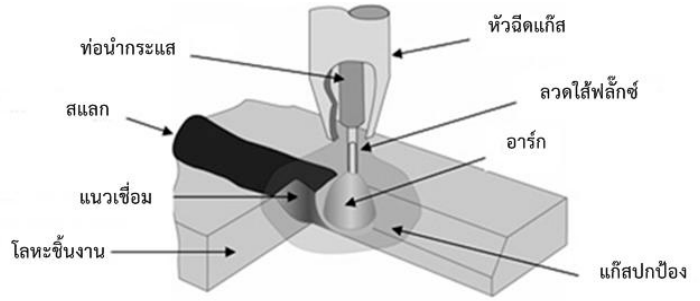
รูปที่ ๒๕ กระบวนการบัดกรีแข็ง

๒.๗.๓ การบัดกรีอ่อน (Soldering) เป็นกรรมวิธีการต่อโลหะตั้งแต่สองชิ้นหรือมากกว่าเข้าด้วยกันโดยที่โลหะนั้นจะเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ ความร้อนที่ใช้ในการบัดกรีอ่อนมีอุณหภูมิต่ำกว่า ๔๕๐ องศาเซลเซียส ใช้โลหะเติมที่เป็นโลหะที่มีอุณหภูมิหลอมเหลวต่ำ เช่น ตะกั่ว หรือดีบุก เติมลงไปที่รอยต่อของชิ้นงาน โลหะเติมนี้จะหลอมละลายและแทรกตัวซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างรอยต่อด้วยปฏิกิริยาคาปิลารี (Capillary Action) ลักษณะงานที่ใช้การต่อโลหะด้วยการบัดกรีอ่อน ได้แก่ งานบัดกรีท่อทองแดงสำหรับงานแรงดันต่ำ หรืองานที่มีอุณหภูมิการใช้งานไม่เกิน ๒๐๐-๓๐๐ องศาเซลเซียส หรืองานบัดกรีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ติดกับแผ่นวงจรพิมพ์ จากที่ได้กล่าวมาแล้วเพื่อให้เป็นที่เข้าใจมากยิ่งขึ้นอาจสรุปได้ว่าการบัดกรีแตกต่างจากการเชื่อม คือโลหะที่นำมาใช้ในการประสานรอยต่อ อุณหภูมิที่ใช้ในการปฏิบัติงาน รวมทั้งลักษณะการประสานของรอยต่อ เมื่อเรานำชิ้นงานที่ได้จากการบัดกรีมาตัดในแนวขวางของรอยต่อ จะเห็นได้ชัดเจนว่าในการต่อโลหะด้วยวิธีการบัดกรีนั้นโลหะหลักจะไม่หลอมละลาย



รูปที่ ๒๖ กระบวนการบัดกรีอ่อน

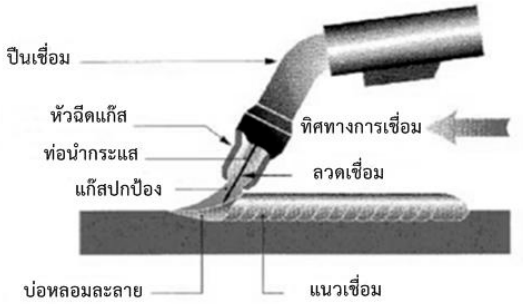
๒.๗.๔ การเชื่อมฟลักซ์คอร์ (FCAW) เป็นกระบวนการที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมที่มีฟลักซ์อยู่ในแกนกลาง ซึ่งป้อนเข้ามาอย่างต่อเนื่องกับชิ้นงาน บริเวณอาร์กจะมีแก๊สและสแลกปกคลุมแนวเชื่อมซึ่งเกิดจากการหลอมของฟลักซ์ในแกนลวดเชื่อม ถ้าต้องการแนวเชื่อมที่มีคุณภาพ จะใช้แก๊สปกคลุมจากภายนอกมาช่วย เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือแก๊สผสม ระหว่างแก๊สอาร์กอนผสมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นกระบวนการเชื่อมที่ให้อัตราการเติมสูง



รูปที่ ๒๗ กระบวนการเชื่อมอาร์กฟลักซ์คอร์

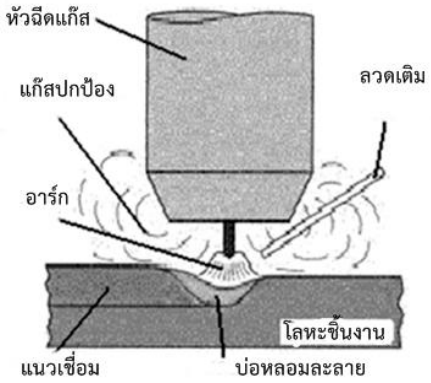
๒.๗.๕ การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (GMAW) เป็นกระบวนการเชื่อมอาร์กแบบหลอมเหลว (Fusion Welding) ที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมที่มีลักษณะเป็นลวดตันที่ป้อนเข้าไปแบบต่อเนื่องกับชิ้นงาน ทำให้ลวดเชื่อมและชิ้นงานบริเวณการอาร์กเกิดการหลอมละลายรวมตัวกันเป็นรอยเชื่อม บริเวณการอาร์กจะได้รับการปกคลุมจากแก๊สที่จ่ายมาจากแหล่งกำเนิดภายนอก แบ่งออกตามชนิดของแก๊สคลุมได้ ๒ ชนิด คือ การเชื่อมมิก (Metal Inert Gas : MIG) ที่ใช้แก๊สเฉื่อย เช่น อาร์กอนหรือฮีเลียม หรือทั้งสองอย่างผสมกันมาใช้เป็นแก๊สปกคลุม อีกชนิดหนึ่งคือ การเชื่อมแม็ก (MAG : Metal Active Gas) จะใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สปกคลุม ปัจจุบันเป็น

กระบวนการเชื่อมที่นิยมใช้กันมาก เพราะสามารถเชื่อมได้เร็วและต่อเนื่อง เมื่อเทียบกับกระบวนการเชื่อมอื่นๆ เช่น เชื่อมแก๊ส เชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ เชื่อมมิก/แม็ก และเชื่อมทิก งานเชื่อมแม็กยังเหมาะกับการเชื่อมพอกผิวแข็ง (Hard Facing) ในเหล็กบางอีกด้วย



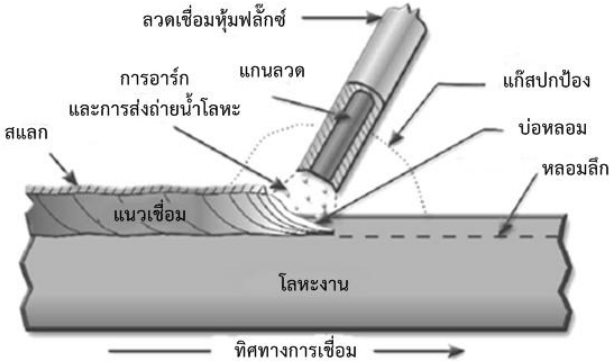
รูปที่ ๒๘ กระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม

๒.๗.๖ การเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม (GTAW) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การเชื่อมทิก (TIG) เป็นกระบวนการเชื่อมที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างแท่งทังสเตน (ไม่หลอมละลาย) กับชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานบริเวณการอาร์กหลอมละลายซึ่งจะเติมลวดเชื่อมหรือไม่เติมก็ได้ ในกระบวนการเชื่อมทิกใช้รหัสตามมาตรฐาน ISO ๔๐๖๓ คือ ๑๔๑



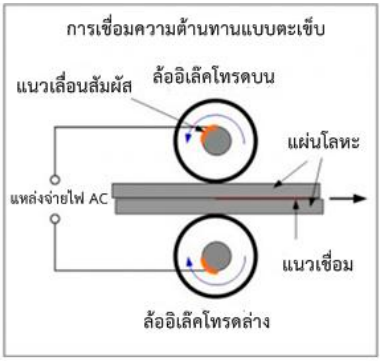
รูปที่ ๒๙ กระบวนการเชื่อมทังสเตนแก๊สคลุม

๒.๗.๗ การเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ (MMAW) เป็นกระบวนการที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กของกระแสไฟฟ้าระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงาน ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้แรงกดเป็นพิเศษในการเชื่อม ลวดเชื่อมและชิ้นงานบริเวณการอาร์กจะหลอมละลายรวมตัวกันเป็นรอยเชื่อม ส่วนสารพอกหุ้มจะเกิดเป็นแก๊สและสแลกปกคลุมรอยเชื่อมจากบรรยากาศภายนอก ในการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือจะต้องควบคุมระยะอาร์กให้สม่ำเสมอตลอดการเชื่อม โดยใช้ระยะอาร์กเท่ากับขนาดความโตของแกนลวดเชื่อม การปรับตั้งกระแสไฟเชื่อมขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของลวดเชื่อม



รูปที่ ๓๐ กระบวนการเชื่อมโลหะด้วยมือ

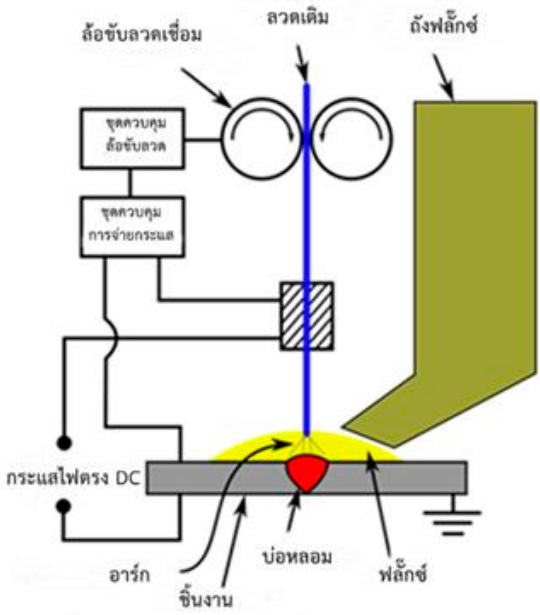
๒.๗.๘ การเชื่อมด้วยความต้านทาน (RW) เป็นกระบวนการเชื่อมโดยอาศัยความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าของตัวชิ้นงานเอง ทำให้เกิดความร้อนหลอมชิ้นงานบริเวณที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยใช้แท่งอิเล็กโทรดบนและล่างแล้วใช้แรงกดให้ชิ้นงานที่วางซ้อนกันเกิดความต้านทานจนร้อนใกล้จุดหลอมแล้วใช้แรงกด ความแตกต่างของงานเชื่อมแบบนี้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบงานเชื่อมและเครื่องจักรที่ใช้ ได้แก่ การเชื่อมเฟล็ซ (FW) การเชื่อมจุด (RSW) การเชื่อมตะเข็บ (RSEW) ส่วนการเชื่อมด้วยการเสียดสี (Friction Welding) ไม่จัดอยู่ในการเชื่อมแบบความต้านทาน



รูปที่ ๓๑ กระบวนการเชื่อมความต้านทาน

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

๒.๗.๑๐ กระบวนการเชื่อมซับเมอร์จอาร์ก (SAW) เป็นกระบวนการเชื่อมอาร์กโดยใช้ผงฟลักซ์โรยนำหน้าบริเวณที่ทำการเชื่อม พร้อมกันนั้นลวดเชื่อมจะถูกป้อนโดยเครื่องเชื่อมผ่านชุดป้อนลวดเจาะผ่านผงฟลักซ์และทำการอาร์กภายใต้ผงฟลักซ์โดยใช้กระแสไฟเชื่อมสูง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ากระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์ เป็นกระบวนการเชื่อมอัตโนมัติเชื่อมได้เฉพาะท่าราบ และเป็นกระบวนการเชื่อมที่ให้อัตราการเติมสูง



รูปที่ ๓๒ กระบวนการเชื่อมซับเมอร์จอาร์ก

๒.๗.๑๑ การยืดหด (Shrinkage) เป็นการเปลี่ยนรูปร่างของชิ้นงานในระหว่างทำการเชื่อมที่เกิดจากความร้อนและการเย็นตัวของชิ้นงาน ความเครียดที่เกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนและการเย็นตัวของชิ้นงานทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปร่างของชิ้นงาน การบิดงอในงานเชื่อมมีลักษณะการเกิดอยู่ ๔ ลักษณะ คือ การยืดหดเชิงมุมตามยาว (Longitudinal Shrinkage) การยืดหดเชิงมุมตามขวาง (Transverse Shrinkage) การบิดตัวเชิงมุม (Angular Distortion) การบิดตัวแบบเกลียวและโค้งงอ (Twisting and Bowing Distortion) การแก้ปัญหาการยืดหด คือการเผื่อมุมหรือขนาดเพื่อให้การเปลี่ยนรูปร่างได้ตรงกับความต้องการ

๒ ๘. สมบัติและความสามารถเชื่อมได้ของโลหะ

เหล็กกล้า (Steel) เป็นเหล็กที่มีส่วนผสมของคาร์บอนในเนื้อเหล็กไม่เกิน ๒% โดยน้ำหนัก การที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำจะช่วยให้ความสามารถในการขึ้นรูป (Forming Ability) ได้ดีจึงสามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงหลากหลาย มีความแข็งแรง ความเหนียว และความยืดหยุ่นสูง ทนต่อแรงกระแทกได้ดี นำไปปรับขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรได้ดี สมบัติของธาตุคาร์บอน (Carbon) สัญลักษณ์ทางเคมีคือ C เป็นธาตุที่สำคัญที่สุดจะต้องมีผสมในเหล็กกล้าแล้วทำให้สมบัติของเหล็กกล้าเปลี่ยนแปลง เช่น มีความแข็งเพิ่มขึ้นหลังจากนำไปอบชุบ (Heat Treatment) โดยรวมตัวกับเนื้อเหล็กเป็นสารที่เรียกว่ามาร์เทนไซต์ (Martensite) และซีเมนไตด์ (Cementite) นอกจากนั้น คาร์บอนยังสามารถรวมตัวกับเหล็กและธาตุอื่นๆ กลายเป็นคาร์ไบด์ (Carbide) ซึ่งจะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอของเหล็กกล้าได้ดี และมีความสามารถในการรับค่าความต้านแรงดึงได้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เหล็กกล้าที่สำคัญในงานอุตสาหกรรม มีดังนี้

๒.๘.๑ 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 ทองแดง และอะลูมิเนียม

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 ถ้าทำการเชื่อมโดยไม่อุ่นชิ้นงานจะเกิดรอยแตกข้างรอยเชื่อม การอุ่นชิ้นงานก่อนการเชื่อม เพื่อป้องกันความเค้นตกค้างในชิ้นงานและการหลอมละลายไม่สมบูรณ์

๒.๘.๒ 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

๒.๘.๓ เหล็กหล่อ เป็นเหล็กที่มีส่วนผสมของคาร์บอนในเนื้อเหล็กประมาณ ๒-๔% โดยน้ำหนัก เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเหล็กกล้า (Steel) เหล็กหล่อจะมีข้อด้อยกว่าเหล็กกล้าในแง่ของความแข็งแรง ความเหนียว และความยืดหยุ่น แต่จะมีข้อได้เปรียบในงานหล่อ กล่าวคือในสภาวะหลอมละลาย น้ำเหล็กของเหล็กหล่อจะไหลเข้าแบบหล่อได้ดีกว่าน้ำเหล็กของเหล็กกล้า ทำให้เหล็กหล่อสามารถที่จะถูกหล่อเป็นชิ้นงานที่รูปร่างซับซ้อนได้ดี เหล็กหล่อที่สำคัญในงานอุตสาหกรรมมีดังนี้

เหล็กหล่อขาว (White Cast Iron) มีคาร์บอนอยู่ในเนื้อเหล็กในรูปของคาร์ไบด์ ทำให้มีเม็ดเกรนสีเงิน คาร์ไบด์นี้เองที่ส่งผลให้เหล็กมีความแข็งเปราะ และปาดผิวยากมาก ผิวของเหล็กหล่อขาวทนต่อการเสียดสีและต้านทานการสึกหรอได้ดี

เหล็กหล่อเทา (Gray Cast Iron) มีคาร์บอนอยู่ในเนื้อเหล็กในรูปของแกรไฟต์ ทำให้มีเม็ดเกรนสีเทา มีความแข็งน้อยกว่าเหล็กหล่อขาว กลึงปาดผิวได้ง่าย

เหล็กหล่อเหนียว (Ductile Cast Iron) มีคาร์บอนอยู่ในเนื้อเหล็กในรูปของแกรไฟต์ก้อนกลม บางครั้งจึงถูกเรียกว่า เหล็กหล่อแกรไฟต์ก้อนกลม มีคุณสมบัติคล้ายเหล็กหล่อเทา แต่จะมีสมบัติทางกลที่ดีกว่า

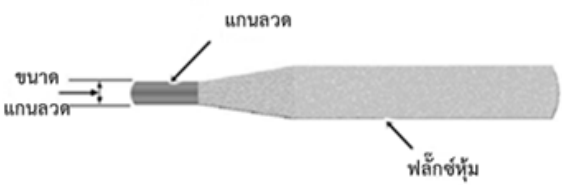
เหล็กหล่ออบเหนียว (Malleable Cast Iron) ได้จากการนำเหล็กหล่อขาวมาผ่านกรรมวิธีทางความร้อน (Heat Treatment) เพื่อเปลี่ยนคาร์บอนในรูปของคาร์ไบด์ให้กลายเป็นแกรไฟต์ ทำให้เหล็กหล่ออบเหนียวมีความอ่อนตัวเพราะไม่มีคาร์บอนในรูปของคาร์ไบด์อีกต่อไป

การทดสอบประกายไฟ คือการทดสอบชนิดของโลหะว่าเป็นชนิดเดียวกันหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบประกายไฟที่เกิดขึ้นจากการเจีย โดยทั่วไปโลหะที่มีความแข็งสูง เช่น เหล็กหล่อจะมีประกายไฟเป็นสีแดงเข้ม รูปร่างของประกายไฟเป็นแฉก ส่วนวัสดุที่อ่อนนุ่ม เช่น อะลูมิเนียมจะไม่มีประกายไฟ

๒.๘.๔ อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่อ่อนและมีน้ำหนักเบา ผิวมีลักษณะไม่เป็นเงามากนักเนื่องจากเกิดการออกซิเดชั่นขึ้นเป็นฟิล์มชั้นบางๆ เกิดขึ้นรวดเร็วเมื่อได้สัมผัสกับอากาศ อะลูมิเนียมไม่เป็นแม่เหล็กและไม่เกิดประกายไฟ มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ ๖๖๐ องศาเซลเซียส อะลูมิเนียมเป็นตัวนำความร้อนได้ดีกว่าเหล็กถึงสามเท่า ด้วยสมบัตินี้ทำให้อะลูมิเนียมเป็นวัสดุที่มีความสำคัญกับงานที่ใช้ความเย็นและความร้อน เช่น ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchangers) อะลูมิเนียมบริษุทธิ์นิยมใช้ทำอุปกรณ์การทำอาหารและชุดเครื่องครัว

๒ ๙. ลวดเชื่อม

ลวดเชื่อมในงานเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือมีหลายชนิด การนำไปใช้งานขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน ชนิดของโลหะชิ้นงาน และความแข็งแรงของงานที่จะผลิต ลวดเชื่อมจะมีมาตรฐานในการผลิต มาตรฐานการใช้งาน รวมถึงสมบัติต่างๆ ของลวดเชื่อมแต่ละชนิดซึ่งช่างเชื่อมต้องศึกษา ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Coated Electrode) ในกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ ๒ ส่วน คือ แกนลวดเชื่อม และสารพอกหุ้มหรือฟลักซ์ ดังรูป



รูปที่ ๓๓ ลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์

๒.๙.๑ แกนลวดเชื่อม (Core) ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุชิ้นงาน แกนลวดเชื่อมจะหลอมรวมกับฟลักซ์เกิดเป็นแนวเชื่อม (Deposits Metal) ถ้าชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าละมุนแกนลวดก็ทำจากเหล็กกล้าละมุน ขนาดของแกนลวดมีตั้งแต่ ๒.๖ มม. ๓.๒ มม. ๔ มม. ๕ มม. และ ๖ มม.

๒.๙.๒ ฟลักซ์ (Flux) เป็นตัวช่วยให้การเริ่มต้นอาร์กได้ง่ายขึ้นและช่วยให้การอาร์กมีความสม่ำเสมอ สร้างสแลกและแก๊สปกคลุมรอยเชื่อม ช่วยรักษาส่วนผสมทางเคมีของธาตุที่ต้องการในรอยเชื่อม ช่วยให้เนื้อโลหะเชื่อมสมบูรณ์และมีคุณภาพดี ช่วยลดการเกิดอาร์กเบี่ยงเบน (Arc Blow) ข้อเสียของการอาร์กเบี่ยงเบนคือทำให้เกิดสแลกจม บ่อหลอมละลายตื้น มีสะเก็ดเชื่อมมาก และควบคุมการเชื่อมยาก วิธีการแก้ไขคือการปรับมุมของลวดเชื่อมในขณะที่ทำการเชื่อม

๒.๙.๓ การเลือกลวดเชื่อม มีองค์ประกอบหลายประการ เช่น ความแข็งแรงของงานที่จะผลิต ชนิดของวัสดุหรือโลหะชิ้นงาน ความหนาของชิ้นงาน ลักษณะของงานที่จะทำการเชื่อม ตำแหน่งท่าเชื่อม และการออกแบบรอยต่อ การเลือกกระแสไฟเชื่อมจะขึ้นอยู่กับชนิดของลวดเชื่อมและตำแหน่งท่าเชื่อม โดยเฉพาะการเชื่อมท่าตั้งเชื่อมขึ้นต้องใช้ค่ากระแสไฟเชื่อมต่ำสุด

๒.๙.๔ ชนิดของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ขึ้นอยู่กับชนิดของฟลักซ์ที่ใช้ ได้แก่

ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ชนิดกรด (Acid) ส่วนผสมของฟลักซ์ประกอบด้วยเหล็กออกไซด์ แมงกานีสออกไซด์ และซิลิกา สแลกจะมีลักษณะคล้ายรังผึ้งหลุดออกง่าย การหลอมลึกดี ใช้ได้ทั้งไฟกระแสตรงและกระแสสลับ ฟลักซ์ชนิดนี้อาจจะก่อให้เกิดการแตกร้าวขณะร้อน (Hot Cracking) ได้ง่าย

ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ชนิดเซลลูโลส (Cellulose) ฟลักซ์ชนิดนี้มีส่วนผสมของสารอินทรีย์เป็นหลัก ทำให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนปกคลุมบริเวณการอาร์ก รอยเชื่อมที่ได้จะมีลักษณะเป็นคลื่น มีสแลกบางและหลุดออกได้ง่าย ใช้เชื่อมแนวซึมลึก (Root Pass) แนวเติม (Fill Pass) และแนวทับหน้า (Cap Pass) นิยมใช้เชื่อมชิ้นงานท่อขนาดใหญ่ ลักษณะการส่งถ่ายน้ำโลหะเป็นก้อนเล็กๆ

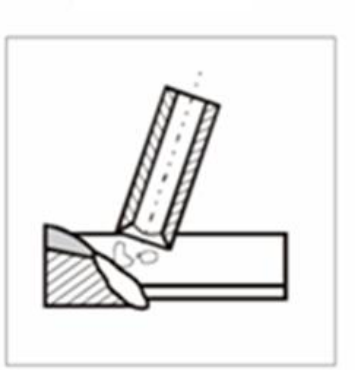
ชนิดเซลลูโลส

รูปที่๓๔ ชนิดเซลลูโลส

ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ชนิดรูไทล์ (Rutile) หรือติตาเนีย (Titanai) มีส่วนผสมของรูไทล์หรือติตาเนียเป็นหลัก รอยเชื่อมที่ได้จะเรียบ ไม่เหมาะสมกับการเชื่อมชิ้นงานที่ต้องการความแข็งแรงสูง เพราะในรอยเชื่อมมีปริมาณของแก๊สไฮโดรเจนสูง ทำให้รอยเชื่อมไม่แข็งแรงเท่าที่ควร การส่งถ่ายน้ำโลหะเป็นหยดเล็กๆ พุ่งลงสู่บ่อหลอมละลาย ลักษณะของการอาร์กไม่รุนแรง ควบคุมการอาร์กได้ง่าย สร้างรอยเชื่อมนูนหรือราบได้ สแลกเคาะออกง่าย และมีสะเก็ดเชื่อมที่สามารถขจัดออกได้ง่าย ซึ่งสะเก็ดเชื่อมเป็นข้อบกพร่องที่อันตรายน้อยที่สุดในงานเชื่อม

รูปที่๓๕ ชนิดรูไทล์

ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ชนิดด่าง (Basic) หรือชนิดไฮโดรเจนต่ำ ฟลักซ์มีส่วนผสมของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตหรือคาร์บอเนตประเภทอื่นๆ สแลกมีสีเข้มเป็นเงา หนา เคาะออกยาก ขณะอาร์กมีควันมาก ก่อนการใช้งานจะต้องทำการอบไล่ความชื่นเพื่อไม่ให้รอยเชื่อมเกิดรูพรุน และเกิดการแตกเย็น ขณะใช้งานต้องใส่กระบอกกันความชื้น ลักษณะของการส่งถ่ายน้ำโลหะเป็นหยดโตหรือเป็นสายน้ำโลหะพุ่งลงสู่บ่อหลอมละลาย การอาร์กควบคุมได้ยาก ปลายลวดติดกับชิ้นงานได้ง่าย รอยเชื่อมทนต่อแรงดึงได้ดี ใช้เชื่อมเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง เพราะมีปริมาณไฮโดรเจนในรอยเชื่อมต่ำ



รูปที่๓๖ ชนิดด่าง

๒.๙.๕ มาตรฐานลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ มาตรฐานลวดเชื่อมที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ มาตรฐานอเมริกา (AWS) มาตรฐานสากล (ISO) มาตรฐานมอก. ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ตามมาตรฐานอเมริกาสำหรับการเชื่อมเหล็กกล้าละมุนและเหล็กโครงสร้างกำหนดรหัสดังนี้

AWS A๕.๑ E XX X X

A๕.๑ หมายถึง กลุ่มลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์สำหรับเหล็กกล้าละมุน

E หมายถึง ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

XX หมายถึง ค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุด (Psi)

X หมายถึง ตำแหน่งท่าเชื่อม

X หมายถึง สมบัติต่างๆ ของลวดเชื่อม เช่น ชนิดกระแสไฟที่ใช้ ชนิดของฟลักซ์ ส่วนผสมทางเคมี เป็นต้น

๒.๙.๖ ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ชนิดต่างๆ ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

E ๖๐๑๐ เป็นลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ชนิดเซลลูโลส มีค่าความตานทานแรงดึงต่ำสุด ๖๐,๐๐๐ ปอนด์/ตารางนิ้ว เชื่อมได้ทุกตำแหน่งท่าเชื่อม ใช้กระแสไฟเชื่อม DCEP (Direct Current Electrode Positive) การอาร์กรุนแรง หลอมลึกสูง นิยมใช้ในการเชื่อมท่อขนาดใหญ่ ความแข็งแรงปานกลาง

E ๖๐๑๓ เป็นลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ชนิดรูไทล์ มีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุด ๖๐,๐๐๐ ปอนด์/ตารางนิ้ว เชื่อมได้ทุกตำแหน่งท่าเชื่อม ใช้กระแสไฟเชื่อมได้ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ การอาร์กนิ่ม การหลอมลึกต่ำ เหมาะสำหรับการเชื่อมเหล็กกล้าละมุน

E ๗๐๑๖ เป็นลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ชนิดด่าง มีไฮโดรเจนในรอยเชื่อมต่ำ มีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุด ๗๐,๐๐๐ ปอนด์/ตารางนิ้ว เชื่อมได้ทุกตำแหน่งท่าเชื่อม ใช้กระแสไฟเชื่อม AC และ DCEP การอาร์กปานกลาง การหลอมลึกปานกลาง ใช้สำหรับงานเชื่อมภาชนะรับแรงดัน หรืองานโครงสร้างที่มีความแข็งแรงสูง

E ๗๐๑๘ เป็นลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ชนิดด่าง มีไฮโดรเจนในรอยเชื่อมต่ำ มีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุด ๗๐,๐๐๐ ปอนด์/ตารางนิ้ว เชื่อมได้ทุกตำแหน่งท่าเชื่อม ใช้กระแสไฟเชื่อม AC และ DCEP การอาร์กปานกลาง การหลอมลึกปานกลาง ใช้สำหรับงานเชื่อมภาชนะรับแรงดัน หรืองานโครงสร้างที่มีความแข็งแรงสูงเหมือนกับ E ๗๐๑๖ แต่มีผงเหล็กผสมในฟลักซ์ ทำให้อัตราการเติมเนื้อโลหะเชื่อมสูง เหมาะสำหรับการเชื่อมแนวทับหน้า หรือเชื่อมพอกผิว

๒.๙.๗ มาตรฐานลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ตามมาตรฐานของประเทศไทย มอก. ๔๙-๒๕๒๘ สำหรับงานเชื่อมเหล็กกล้าละมุนมีรหัสดังนี้

E XX X B X X มีความหมายดังนี้

E หมายถึง ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

XX หมายถึง ค่าความตานทานแรงดึงของเนื้อโลหะเชื่อม

X หมายถึง ค่าความต้านทานแรงตีกระทบ

B หมายถึง ชนิดของฟลักซ์

X หมายถึง ตำแหน่งท่าเชื่อม

X หมายถึง กระแสไฟเชื่อม

ชนิดของฟลั๊กซ์ตามมาตรฐานของประเทศไทย มอก. ๔๙-๒๕๒๘

A กรดผสมเหล็กออกไซด์

AR กรดผสมรูไทล์

B ด่าง

C เซลลูโลส

O ออกซิไดซ์ (ประกอบด้วยเหล็กออกไซด์)

R รูไทล์ (ผสมเซลลูโลส ๑๕%)

RR รูไทล์ (ผสมเซลลูโลสไม่เกิน ๕%)

S ประเภทอื่นๆ

๒.๑๐ ข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม

ข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม คือตัวแปรต่างๆที่กำหนดในกระบวนการเชื่อม (Welding Process) ถูกกำหนดเป็นรหัสตามมาตรฐานสากล ได้แก่

๑๑๑ การเชื่อมอาร์กโลหะดวยมือ (Manual Arc Welding)

๑๒ การเชื่อมซับเมิอรก (Submerge Arc Welding)

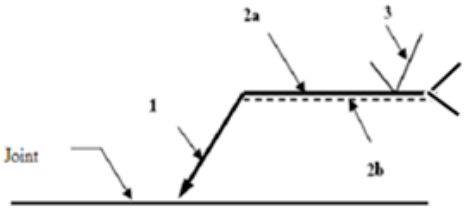
๑๓๑ การเชื่อมที่ใชแก๊สเฉื่อย (Inert gas) เปนแก๊สปกปอง

๑๓๕ การเชื่อมที่ใชแอคทีพแก๊ส (CO_2) เปนแก๊สปกปอง

๑๓๖ การเชื่อมฟลักคอร์ (Flux Cored Arc Welding)

๑๔๑ การเชื่อมโลหะโดยใชทังสเตน (Tungsten) เปนตัวอารกและใชแก๊สเฉื่อย (Argon) เป็นแก๊สปกปอง (TIG Welding)

๒.๑๐.๑ สัญลักษณ์การเชื่อม เป็นสื่อหรือภาษาที่ใช้ในการสั่งงาน ช่างเชื่อมหรือบุคคลากรทางด้านงานเชื่อมจะต้องรู้และเข้าใจส่วนประกอบของสัญลักษณ์งานเชื่อมตามมาตรฐาน ISO ๒๕๕๓ ดังต่อไปนี้



รูปที่ ๓๗ สัญลักษณ์การเชื่อม

๑ เส้นลูกศร (Arrow Line) ชี้บอกตำแหน่งรอยต่อที่จะทำการเชื่อม

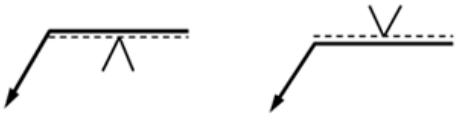
๒a เส้นอ้างอิง (Reference Line)

๒b เส้นอ้างอิงย่อย เป็นเส้นประอยู่ด้านบนหรือด้านล้างเส้นอ้างอิง

๓ สัญลักษณ์รอยต่อ

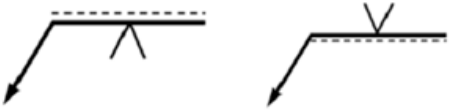
๔ หาง (Tail) ส่วนท้ายของลูกศรที่ใช้แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับกระบวนการเชื่อม ชนิดของลวดเชื่อม กระแสไฟ หรือข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนการเชื่อม

การสั่งงานโดยใช้สัญลักษณ์งานเชื่อมเราต้องรู้ว่าเป็นสัญลักษณ์รอยต่อชนิดใด ต้องเชื่อมด้านไหน การเชื่อมตรงข้ามหัวลูกศรชี้ สัญลักษณ์รอยต่อจะอยู่บนเส้นอ้างอิงย่อย (เส้นประ) แสดงไว้ด้านบนหรือด้านล่างเส้นอ้างอิงก็ได้ ดังรูป



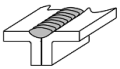
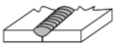
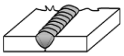
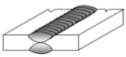
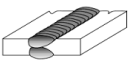
รูปที่ ๓๘ สัญลักษณ์การเชื่อมตรงข้ามหัวลูกศรชี้

การเชื่อมด้านหัวลูกศรชี้ สัญลักษณ์รอยต่อจะอยู่บนเส้นอ้างอิงด้านตรงข้ามกับเส้นอ้างอิงย่อย (สันประ) แสดงไว้ด้านบนหรือด้านล่างเส้นอ้างอิงก็ได้ ดังรูป



รูปที่ ๓๙ สัญลักษณ์การเชื่อมด้านหัวลูกศรชี้

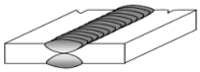
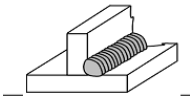
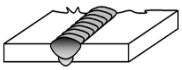
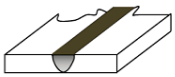
ตารางที่ ๔ สัญลักษณ์ชนิดรอยต่อและชนิดของรอยเชื่อม

รายละเอียดรอยต่อ	ตัวอย่างงานเชื่อม	สัญลักษณ์
การเชื่อมต่อชน ขอบหน้าแปลน		⊤
การเชื่อมต่อชนไม่บากหน้างาน		‖
การเชื่อมต่อชนบากหน้างาน รูปตัววี		V
การเชื่อมต่อชนบากหน้างาน รูปตัววีทั้งสองด้าน		X
การเชื่อมต่อชนบากหน้างาน รูปครึ่งตัววีทั้งสองด้าน		K
การเชื่อมต่อชนบากหน้างานรูปตัววายทั้งสองด้าน		Y

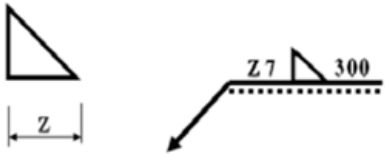
ตารางที่ ๕ สัญลักษณ์ชนิดรอยต่อและชนิดของรอยเชื่อม

สัญลักษณ์เพิ่มเติม	
ลักษณ์ผิวหน้ารอยเชื่อม	สัญลักษณ์
รอยเชื่อมราบเรียบ	
รอยเชื่อมนูน	
รอยเชื่อมเว้า	
รอยเชื่อมด้านหลัง	

ตารางที่ ๖ สัญลักษณ์ผสม

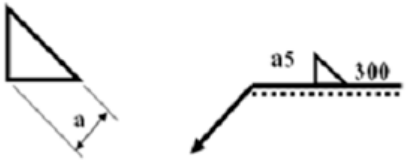
สัญลักษณ์ผสม		
รายละเอียด	ตัวอย่างงานเชื่อม	สัญลักษณ์
การเชื่อมต่อชนบากหน้างานรูปตัววีในตำแหน่งท่าราบผิวหน้ารอยเชื่อมราบเรียบ		
การเชื่อมต่อชนบากหน้างานรูปตัววีทั้งสองด้าน ผิวหน้ารอยเชื่อมนูน		
การเชื่อมต่อตัวทีรอยเชื่อมฉากผิวหน้านูน		
การเชื่อมต่อชนบากหน้างานรูปตัววีหลอมลึกด้านหลัง		
การเชื่อมต่อชนบากหน้างานรูปตัววีตกแต่งหน้าให้ราบเรียบ		

ขนาดขาของแนวเชื่อม (Leg) อักษรย่อคือ Z



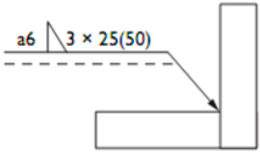
รูปที่ ๔๐ การบอกขนาดขาของแนวเชื่อม

ขนาดความหนาของแนวเชื่อม (Throat) อักษรย่อคือ a



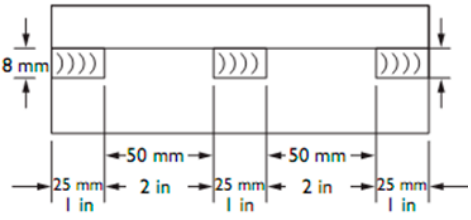
รูปที่ ๔๑ การบอกขนาดความหนา
และความยาวแนวเชื่อม

สัญลักษณ์การเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet Weld Longitudinal)



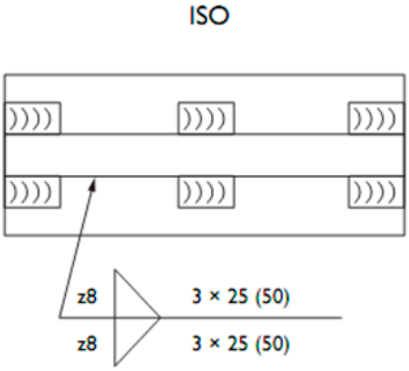
ISO (Throat thickness)

รูปที่ ๔๒ การบอกขนาดแนวเชื่อมฟิลเล็ท



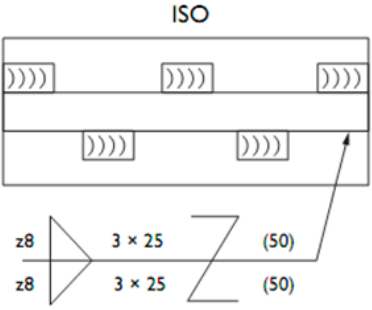
รูปที่ ๔๓ การเชื่อมฟิลเล็ทตามสัญลักษณ์

สัญลักษณ์งานเชื่อมฟิลเล็ท เชื่อมทั้งสองด้านแนวเชื่อมตรงกัน ขนาดโทรด ๖ มิลลิเมตร จำนวนเชื่อม ๓ แนว ความยาวแนวเชื่อม ๒๕ มิลลิเมตร เว้นระยะ ๕๐ มิลลิเมตร



รูปที่ ๔๔ สัญลักษณ์การเชื่อมฟิลเล็ท

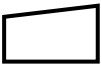
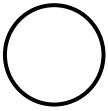
สัญลักษณ์งานเชื่อมฟิลเล็ท เชื่อมทั้งสองด้านแนวเชื่อมเยื้องกัน ขนาดขา (Leg) ๘ มิลลิเมตร จำนวนเชื่อม ๓ แนว ความยาวแนวเชื่อม ๒๕ มิลลิเมตร เว้นระยะ ๕๐ มิลลิเมตร



รูปที่ ๔๕ สัญลักษณ์การเชื่อมฟิลเล็ท

๒.๑๑ คณิตศาสตร์ประยุกต์ที่สัมพันธ์กับการร่างแบบงานเชื่อม

ตารางที่ ๗ 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

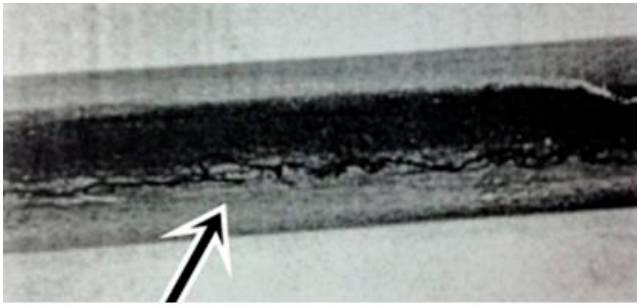
ความรู้อีกอย่างหนึ่งที่ช่างเชื่อมต้องมี คือการทำความสะอาดหลังการเชื่อมสเตนเลส การทำความสะอาดชิ้นงานเชื่อมสเตนเลสที่ใช้ในปัจจุบัน เป็นชนิดครีม เป็นสารละลายที่เป็นครีมเหมาะกับการใช้งานกับรอยเชื่อม โดยใช้แปลงจุ่มสารละลายทาบริเวณรอยเชื่อมแล้วทิ้งไว้ประมาณ ๑-๒ นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำแนวเชื่อมก็สะอาด อีกวิธีหนึ่งทำความสะอาดโดยใช้สารละลายชนิดกรด 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 การตรวจสอบและคุณภาพของงานเชื่อม

การตรวจสอบในงานเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ MMAW มีรอยบกพร่องที่ต้องศึกษา ดังนี้

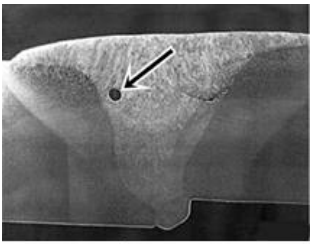
๒.๑๓.๑ รอยแยกชั้น (Laminations) ส่วนใหญ่จะเกิดตามยาวของวัสดุ ปกติจะพบที่กึ่งกลางของชิ้นงาน ตรวจสอบได้โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง และถ้าเกิดรอยแยกชั้นออกมาที่บริเวณหน้าตัดของชิ้นงาน สามารถตรวจสอบด้วยสารแทรกซึมหรืออนุภาคแม่เหล็กได้ รอยแยกชั้นเกิดจากฟองอากาศ โพรงแก๊สจากการเย็นตัวของแท่งอินก็อด (Ingot) สารมลทินฝังในเมื่อผ่านการรีดจะทำให้จุดบกพร่องเหล่านี้แบนราบขนานไป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



รูปที่ ๔๖ รอยแยกชั้น (Laminations)

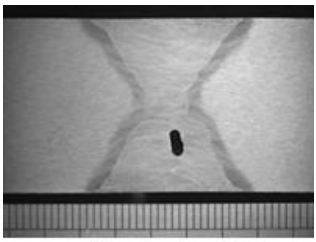
๒.๑๓.๒ รูพรุน (Gas Pores) เป็นรอยบกพร่องที่เกิดกับการเชื่อมอาร์กโลหะได้ง่าย เกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น การปกป้องของแก๊สที่ไม่

เพียงพอ ชิ้นงานไม่สะอาดมีสารมลทิน ได้แก่ คราบน้ำมัน สมิน และความชื้น เทคนิคการเชื่อมไม่ถูกต้อง เช่น กระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์ชนิดด่างมีจำเป็นต้องอบลวดเชื่อมเพื่อไล่ความชื้นก่อนทำการเชื่อม เพราะถ้าลวดเชื่อมมีความชื้นเป็นสาเหตุให้เกิดรูพรุนในแนวเชื่อมได้



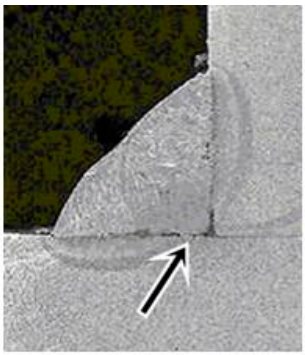
รูปที่ ๔๗ รูพรุน

๒.๑๓.๔ สแลกฝังใน (Slag Inclusion) เป็นรอยบกพร่องที่เกิดจากทักษะฝีมือของช่างเชื่อม ที่ยังขาดความชำนาญหรือขาดความละเอียดในการทำงาน โดยเฉพาะกับชิ้นงานหนามากๆ และกระบวนการเชื่อมที่มีฟลักซ์หุ้มหรือกระบวนการเชื่อมที่ใช้ฟลักซ์ เช่น การเชื่อมฟลักซ์คอร์ การเชื่อมใต้ฟลักซ์ และการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ส่วนกระบวนการเชื่อมที่ไม่เกิดสแลกฝังในคือกระบวนการเชื่อมแก๊ส



รูปที่ ๔๘ สแลกฝังใน

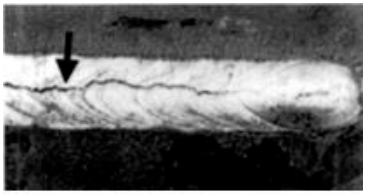
๒.๑๓.๕ หลอมลึกที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete Penetration) อาจเกิดขึ้นได้บริเวณชิ้นงานกับเนื้อรอยเชื่อม หรือบริเวณรอยเชื่อมกับรอยเชื่อม สาเหตุเกิดจากช่างเชื่อมปรับตั้งกระแสไฟเชื่อมต่ำเกินไป ทำให้ไม่เกิดการหลอมละลายติดกันระหว่างเนื้อเชื่อมกับชิ้นงาน หรือรอยเชื่อมกับรอยเชื่อม



รูปที่ ๔๙ การหลอมลึกไม่สมบูรณ์

๒.๑๓.๖ รอยแตก (Crack) รอยแตกสามารถเกิดขึ้นได้ในเนื้อเชื่อมและโลหะชิ้นงาน จะเกิดขึ้นเมื่อได้รับความเค้นสูงเหนือจุดความแข็งแรงของวัสดุ (Ultimate Strength) โดยทั่วไปรอยแตกจะเกิดจากความเค้นในรอยเชื่อม หรือในวัสดุงานหรือความเค้นอันเกิดจากการออกแบบแนวเชื่อมที่ทำให้เกิดรอยบาก (Notch) และรอยแตกยังอาจเกิดจากไฮโดรเจนที่แทรกตัวอยู่ในรอยเชื่อมและวัสดุงานและจะเกิดกับวัสดุที่เปราะหรือวัสดุที่มีสภาวะพลาสติกน้อย (Plastic Deformation) รอยแตก แบ่งออกเป็นรอยแตกร้อนและรอยแตกเย็น (Hot Crack and Cold Crack) รอยแตกร้อนสาเหตุเกิดจากการเย็นตัวไม่พร้อมกันอันเกิดมาจากจุดแข็งตัวของธาตุต่างๆ ที่ไม่เท่ากัน รอยแตกเย็นจะเกิดหลังจากโลหะเย็นตัวแล้วอันเนื่องมาจากไฮโดรเจน รอยแตกเย็นจะแตกระหว่างขอบเกรนหรืออาจจะแตกผ่าเกรน ทิศทางของรอยแตกจะเกิดตามความยาวของแนวเชื่อมหรือตามขวาง

ของแนวเชื่อม รอยแตกที่ขนานกับแกนของแนวเชื่อมจะเรียกว่ารอยแตกตามยาว (Longitudinal Crack) อาจจะเกิดกลางแนวเชื่อมหรือในเขตที่มีผลกระทบจากความร้อน (HAZ) ใกล้กับแนวเชื่อม รอยแตกตามขวาง (Transverse Crack) จะเกิดตั้งฉากกับแกนของแนวเชื่อมที่รอยเชื่อมหรือเขตกระทบร้อน ในบางครั้งรอยแตกตามขวางจะเกิดที่โลหะชิ้นงานแต่ไม่แตกที่รอยเชื่อม รอยแตกตามยาว (Longitudinal Cracks) อาจจะเกิดได้ในการเชื่อมแบบใต้ฟลักซ์ (Submerge Arc Welding) เพราะความเร็วในการเชื่อมสูง หรือบางครั้งอาจจะมีโพรงอากาศอยู่ภายใต้แนวเชื่อม รอยแตกตามยาวจะเกิดกับรอยเชื่อมขนาดเล็กกับชิ้นงานที่มีความหนามากๆ เพราะมีอัตราความเร็วของการเย็นตัวสูง

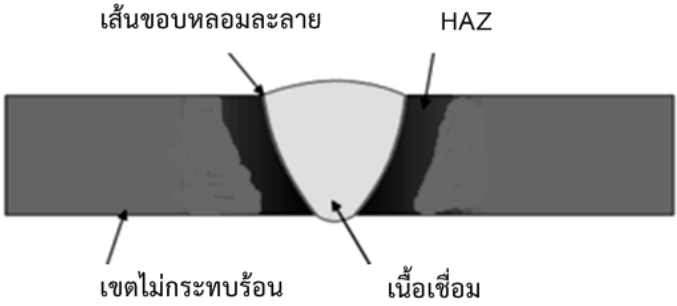


รูปที่ ๕๐ รอยแตกตามยาว

รูปที่ ๕๑ รอยแตกตามขวาง

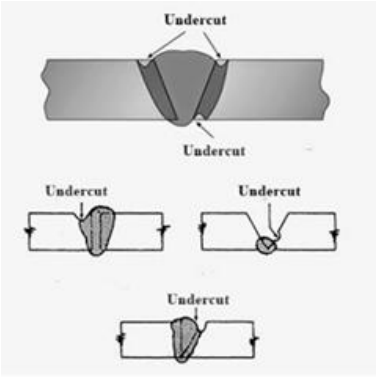
๒.๑๓.๗ การตรวจบริเวณกระทบร้อน (HAZ) เป็นบริเวณที่อยู่ใกล้แนวรอยเชื่อม ซึ่งมีอุณหภูมิสูงมากขณะทำการเชื่อม แต่ไม่สูงเพียงพอที่จะเกิดการ

หลอมละลายเป็นเนื้อรอยเชื่อม บริเวณนี้จะได้รับความร้อนสูงมากขณะเชื่อม และจะเกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะชิ้นงานที่มีพื้นที่หน้าตัดมาก หรือมีความหนาของชิ้นงานมาก จากการเย็นตัวที่รวดเร็วทำให้บริเวณ HAZ มีโครงสร้างที่แข็งเปราะและมีความต้านทานต่อการแตกร้าวได้ต่ำ HAZ จึงเป็นบริเวณที่มีโอกาสเกิดความเสียหายได้มาก การตรวจสอบมักตรวจหารอยร้าว และการตรวจสอบความแข็งที่บริเวณนี้ ไม่ได้เป็นการตรวจสอบความบกพร่องที่เกิดจากฝีมือช่างเชื่อม



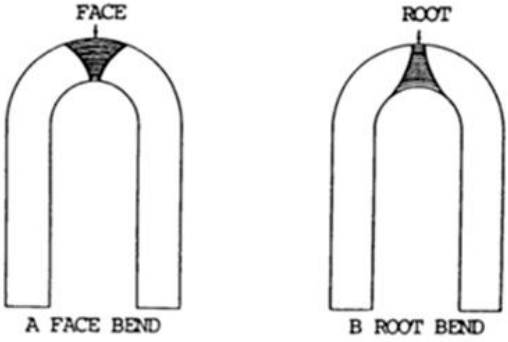
รูปที่ ๕๒ บริเวณกระทบร้อน (HAZ)

๒.๑๓.๘ รอยกัดขอบ (Under Cut) เป็นรอยบกพร่องที่เกิดจากฝีมือช่างเชื่อมที่ขาดทักษะในการเชื่อม และขาดเทคนิคในการปรับตั้งกระแสไฟเชื่อม อาจปรับตั้งกระไฟเชื่อมสูงเกินไปและมุมหัวเชื่อมผิด ทำให้เกิดรอยบากเล็กๆ บริเวณขอบรอยเชื่อมทำให้ชิ้นงานมีความหนาลดลงและขาดความแข็งแรง ซึ่งเป็นจุดที่อาจจะเกิดการแตกหักได้เมื่อนำชิ้นงานไปใช้งาน



รูปที่ ๕๓ รอยกัดแหว่ง

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

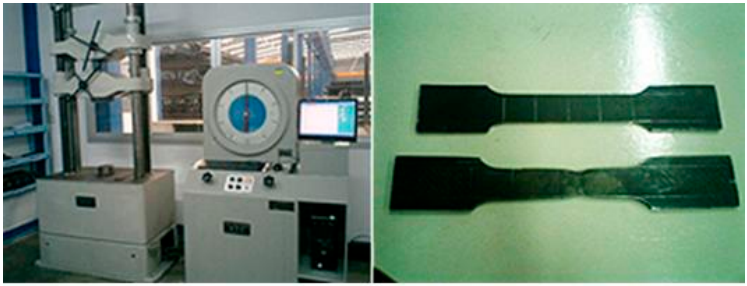


รูปที่ ๕๔ การทดสอบการดัดโค้ง

๒.๑๓.๑๐ การทดสอบโดยการตีหัก (Fracture Test) เป็นการทดสอบแบบทำลายชิ้นงาน เพื่อตรวจหารอยบกพร่องที่อยู่ภายในเนื้อเชื่อม ส่วนใหญ่ใช้ทดสอบชิ้นงานเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet Weld) เพื่อตรวจหาโพรงอากาศ การหลอมไม่สมบูรณ์ และสแลกฝังใน เป็นต้น

รูปที่ ๕๕ การทดสอบโดยการตีหัก

๒.๑๓.๑๑ การทดสอบแรงดึง (Tensile Test) เป็นการทดสอบชิ้นงานเชื่อมหรือชิ้นงานที่ต้องการวัดค่าแรงดึง ว่าสามารถทนแรงดึงได้มากน้อยเท่าใด เพื่อใช้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างและงานที่ต้องรับภาระต่างๆ สำหรับในงานเชื่อมการทดสอบแรงดึงเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าแรงดึงของรอยเชื่อม สำหรับการออกแบบลวดเชื่อม ไม่ได้ทดสอบชิ้นงานเพื่อวัดระดับฝีมือของช่างเชื่อมแต่อย่างใด



รูปที่ ๕๖ การทดสอบแรงดึง

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

๒.๑๓.๑๓ การตรวจสอบโดยใช้อนุภาคแม่เหล็กเป็นการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย สามารถตรวจหารอยบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ทั้งบนผิวและใต้ผิวของชิ้นงาน จึงทำให้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังมีจุดเด่นหลายประการเมื่อเทียบกับวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายวิธีอื่น เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบมีราคาไม่สูงมาก ใช้เวลาในการตรวจสอบน้อย และวิธีการตรวจสอบรวมถึงการประเมินผลไม่ซับซ้อน ข้อจำกัดในการตรวจสอบแบบนี้คือชิ้นงานที่ทำการทดสอบต้องสามารถสร้างสนามแม่เหล็กได้ วัสดุประเภท

อะลูมิเนียม ทองแดง เหล็กไร้สนิมกลุ่ม ๓๐๔ ไม่สามารถทำการทดสอบได้เพราะไม่สามารถสร้างสนามแม่เหล็กได้

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

๒.๑๔ ท่อ

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 เส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน ๘ มิลลิเมตร

๒.๑๔.๒ ท่อเชื่อมแนวตะเข็บตรงแบบ Arc Welding เช่น Double Submerged Arc Weld Pipe เป็นการผลิตท่อโดยในกระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์เชื่อมทั้งสองด้าน เกิดหลอมลึกสมบูรณ์ ผลิตท่อขนาดใหญ่

๒.๑๔.๓ ท่อแบบเชื่อม Spiral เป็นการผลิตท่อโดยในกระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์ โดยแนวเชื่อมมีลักษณะเป็นวงคล้ายสปริง สามารถผลิตท่อได้ใหญ่ และมีความยาวมากได้

๒.๑๔.๔ ท่อไร้ตะเข็บ (Seamless Pipe) เป็นท่อที่มีคุณภาพสูง มีความต้านแรงภายในได้สูง ใช้ในงานทนแรงดันสูง

บทที่ ๓
บทสรุปคู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑ (ภาคความรู้)

ช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ คือผู้ที่ทำการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน โดยกระบวนการเชื่อมแบบหลอมละลายที่ใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ ๑ ได้กำหนดกรอบความสามารถไว้ กล่าวคือเป็นผู้ที่สามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน โดยกระบวนการเชื่อมอาร์กซึ่งใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ที่เป็นแนวเชื่อมฟิลเล็ท (Fillet Weld) ทั้งในลักษณะการเชื่อมเหล็กแผ่นกับเหล็กแผ่น และเหล็กแผ่นกับท่อ ในตำแหน่งท่าเชื่อมต่างๆ ได้ทุกตำแหน่ง ตามมาตรฐาน ISO ๙๖๐๖-๑ โดยมีคุณภาพของรอยเชื่อมระดับ B Class ตามมาตรฐาน ISO ๕๘๑๗ ช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือนอกจากมีความรู้ความสามารถแล้ว จะต้องมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ในการประกอบอาชีพอันประกอบด้วยจรรยาบรรณ ได้แก่ การปฏิบัติหน้าที่ด้วยความซื่อสัตย์สุจริต ใช้เวลาและทรัพย์สินขององค์กรให้เกิดประโยชน์สูงสุด ไม่แสดงความคิดเห็นถึงบุคคลภายนอกในเรื่องที่อาจจะส่งผลเสียต่อองค์กร ไม่เอาแต่ใจตนเอง ไม่มีฐิติ ไม่โอ้อวดเกินความจริง ไม่ดูหมิ่นเหยียดหยาม เยาะเย้ย ถากถางผู้ร่วมงาน มีน้ำใจเสียสละ มีความอดทน มีความยินดีรับฟังเหตุผลและการตำหนิของผู้อื่น หลีกเลี่ยงการกระทำที่ก่อให้เกิดความขัดแย้ง ร่วมมือและเสริมสร้างความสามัคคีในหมู่เพื่อนร่วมงาน ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นเป็นของตัวเอง รักษาความลับขององค์กรอย่างเคร่งครัด ตระหนักถึงความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม และความรับผิดชอบต่อสังคม ได้แก่ ไม่เอารัดเอาเปรียบสังคมและนำเสนอแต่สิ่งที่ดีๆ ต่อสังคม ส่งเสริมให้มีการแข่งขันในการปฏิบัติงานของพนักงานในเรื่องที่ดีงาม ยกระดับการดำรงชีพและส่งเสริมให้เกิดการจ้างงาน ปฏิบัติตามกฎหมาย ข้อบังคับต่างๆ ให้ผลตอบแทน รางวัล สวัสดิการที่เหมาะสมแก่ลูกจ้าง ตระหนักถึงความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนทางการศึกษาแก่บุคคลที่เกี่ยวข้อง

คู่มือเตรียมทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ 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