บทที่ 4
การเชื่อมประกอบท่อ

การเชื่อมถือเป็นลักษณะงานหลักในกระบวนการประกอบท่อ โดยเฉพาะการประกอบเส้นท่อที่โรงประกอบก่อนนำไปประกอบเป็นระบบท่อที่หน้างาน หรือในภาคสนาม เนื่องจากการเชื่อมเป็นลักษณะการประกอบท่อที่ถาวร จึงใช้กับการต่อท่อที่ไม่ต้องการการถอดประกอบออก แต่มีข้อดีคือ การรั่วไหลเกิดขึ้นได้ยากมากหากมีกระบวนการเชื่อมที่ถูกต้องด้วยช่างเชื่อมที่มีการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี

4.1 การเชื่อมและกระบวนการเชื่อมที่สำคัญ

การเชื่อม หมายถึง การประสานโลหะสองชิ้นเข้าด้วยกัน โดยให้ความร้อนแก่ชิ้นงานจนถึงจุดหลอมตัว จากนั้นใช้ลวดเชื่อมเติมรอยประสานให้ติดเป็นเนื้อเดียวกัน หรือให้ความร้อนแก่ชิ้นงานจนใกล้ถึงจุดหลอมตัว ขณะเดียวกันใช้แรงอัดอัดชิ้นงานให้ประสานติดเป็นเนื้อเดียว

กระบวนการงานเชื่อมและอัตโลหะตามที่มาตรฐานสมาคมการเชื่อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา จัดกลุ่มและแบ่งประเภทออกเป็น 98 ประเภท ดังแสดงในไดอะแกรม โดยแสดงในรูปแบบของคำย่อที่ถูกต้อง ความหมาย อุปกรณ์ และกระบวนงานการเชื่อม

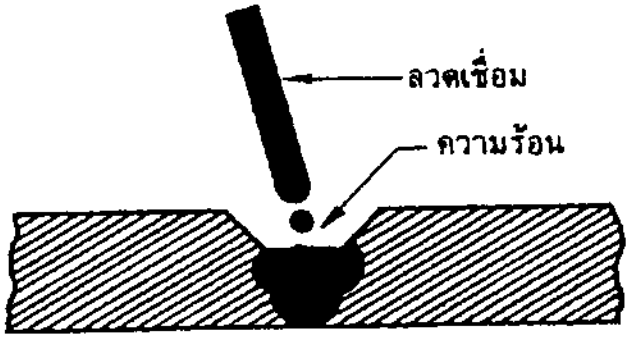
4.1.1 กรรมวิธีการเชื่อมแบบโซลิดสเตต (SSW)

การเชื่อมโลหะด้วยกรรมวิธีโซลิดสเตต ตามไดอะแกรม มี 22 ประเภท ซึ่งทุกกรรมวิธีใช้หลักการว่า โลหะชิ้นงานหลอมเหลวไม่ละลายติดกัน รอยต่อประสานด้วยวิธีการแพร่กระจายของอะตอมซึ่งเร่งปฏิกิริยาให้เร็วขึ้นด้วยความร้อนและแรงอัดที่เพิ่มขึ้นไป เช่น แรงจากความดัน หรือแรงตีอัด เพื่อให้อะตอมสามารถกระโดดข้ามผิวหน้ารอยต่อที่สัมผัสกันได้อย่างรวดเร็ว

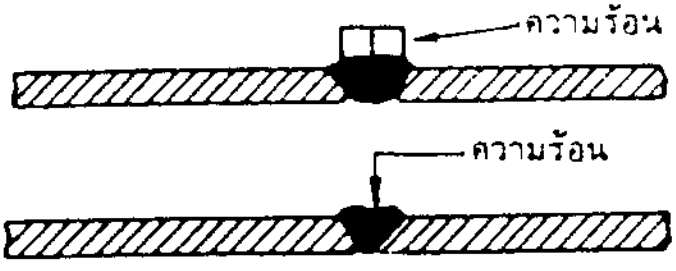
4.1.2 กรรมวิธีการเชื่อมแบบหลอมละลาย (Fusion Welding, FW)

หมายถึงการประสานโลหะสองชิ้นให้รอยต่อเกิดเป็นแนวเชื่อมติดเป็นเนื้อเดียวกันตลอดแนวประสานโดยใช้ความร้อนและลวดเชื่อมเติมเนื้อประสาน การเชื่อมอาจใช้ลวดเชื่อมเติมเนื้อประสานหรืออาจจะไม่ใช้ลวดเชื่อมเติมเนื้อประสานก็ได้ดังรูปที่ 32 และ 33 นอกจากนี้ยังจำแนกชนิดการเชื่อม ได้ตามลักษณะของ

พลังงานความร้อนที่นำมาใช้เชื่อมและตามลักษณะของม่านแก๊สที่ปกคลุมบริเวณจุดที่ทำการเชื่อมขณะโลหะหลอมเหลวไม่ให้ทำปฏิกิริยากับอากาศได้



รูปที่ 32 การเชื่อมหลอมเหลวใช้ลวดเชื่อมเติมเนื้อประสาน



รูปที่ 33 การเชื่อมหลอมเหลวไม่ใช้ลวดเชื่อมเติมเนื้อประสาน

เราสามารถแบ่งกระบวนการเชื่อมออกเป็น 31 ประเภทโดยอาศัยหลักการความแตกต่างของแหล่งให้ความร้อนซึ่งแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ออกเป็น 2 ประเภทคือ ไฟฟ้า และปฏิกิริยาเคมี

4.1.3 กรรมวิธีการบัดกรีอ่อนและบัดกรีแข็ง

เป็นการประสานเพื่อยึดให้วัสดุติดกัน โดยใช้วัสดุประสานที่มีจุดหลอมละลายต่ำกว่าจุดหลอมละลายของโลหะชิ้นงาน โดยวัสดุประสานยึดติดชิ้นงานด้วยคุณสมบัติทางโลหะวิทยา ซึ่งคล้ายกับการยึดติดด้วยกาว

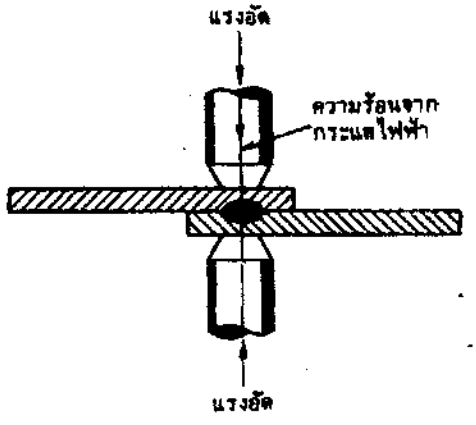
ความแตกต่างระหว่างการบัดกรีอ่อนและบัดกรีแข็งคือ จุดหลอมละลายของวัสดุประสานโดยกำหนดความแตกต่างดังนี้

(1.) ถ้าวัสดุประสานมีจุดหลอมละลายต่ำกว่า 450°C (840°F) เรียกกรรมวิธีบัดกรีอ่อน

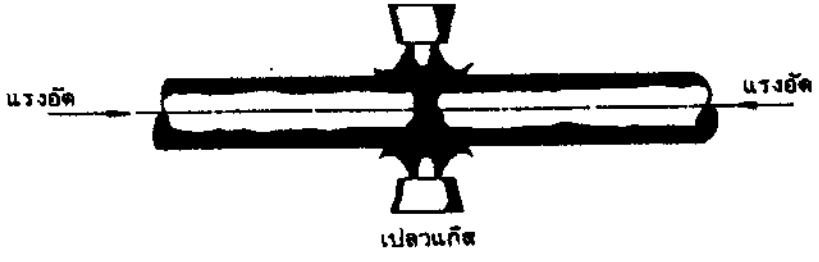
(2.) ถ้าวัสดุประสานมีจุดหลอมละลายสูงกว่า 450°C (840°F) เรียก กรรมวิธีบัดกรีแข็ง

4.1.4 การเชื่อมอัด (non fusion welding หรือ press welding)

หมายถึง การประสานโลหะ 2 ชิ้นให้ติดกัน โดยให้ความร้อนกับชิ้นงานในบริเวณที่จะทำการเชื่อม จากนั้นใช้แรงอัดส่วนที่หลอมละลายจนกระทั่งชิ้นงานติดกันเป็นจุดหรือเกิดเป็นแนว ความร้อนที่ใช้ได้จากความต้านทานไฟฟ้า เช่น การเชื่อมจุด (spot welding) ในรูปที่ 34 จากเปลวแก๊ส (gas press welding) ในรูปที่ 35 และจากน้ำยาเคมี พร้อมแรงอัดไม่ใช้ความร้อน เช่น การเชื่อมอัดเย็น (cool press welding) ดังรูปที่ 36



รูปที่ 34 การเชื่อมอัดแบบเชื่อมจุด

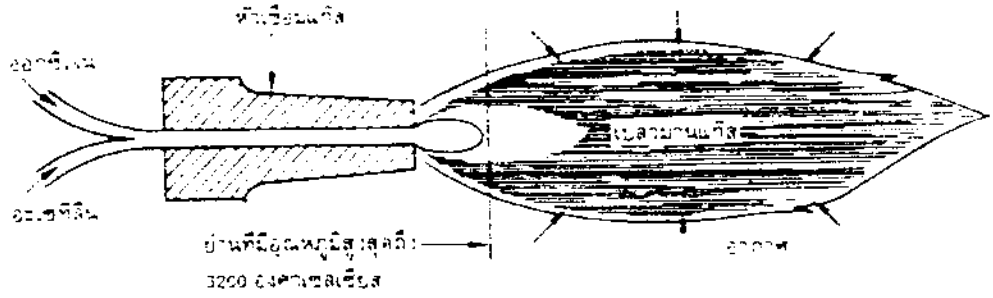


รูปที่ 35 การเชื่อมอัดด้วยเปลวแก๊ส

รูปที่ 36 การเชื่อมอัดเย็น

4.1.5 การเชื่อมแก๊ส

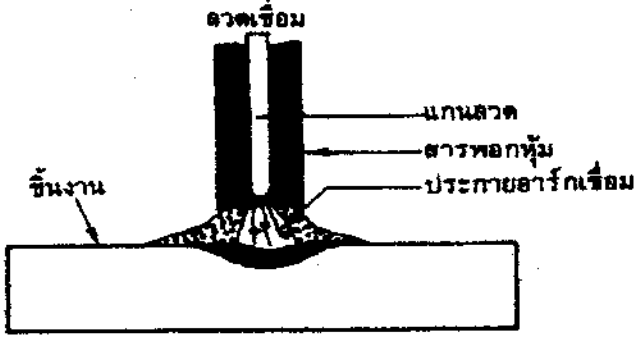
ความร้อนที่นำมาใช้เชื่อม ใช้เปลวแก๊สของแก๊สเชื้อเพลิงทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (O_2) แก๊สเชื้อเพลิงใช้แก๊สอะเซทิลีน (C_2H_2) เปลวแก๊สเมื่อลุกไหม้จะเป็นม่านแก๊สป้องกันบ่อหลอมไม่ให้ทำปฏิกิริยากับอากาศ ลักษณะของเปลวแก๊สที่ใช้เชื่อมแสดงในรูปที่ 37



รูปที่ 37 เปลวแก๊สที่ใช้ในการเชื่อมออกซิ-อะเซทิลีน

4.1.6 การเชื่อมโลหะโดยวิธีเชื่อมอาร์กแบบเปิด

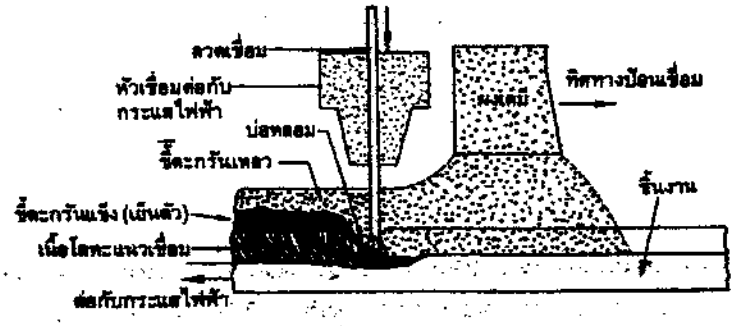
ความร้อนที่นำมาใช้เชื่อม ใช้ความร้อนจากประกายอาร์ก ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างชิ้นงานและลวดเชื่อมซึ่งหลอมละลาย (รูปที่ 38) ลวดเชื่อมจะทำหน้าที่ป้อนเนื้อโลหะให้กับแนวเชื่อม ซึ่งเป็นรอยต่อของชิ้นงานขณะทำการเชื่อม การเชื่อมทำการเชื่อมด้วยมือ ลวดเชื่อมที่ใช้ปกติจะมีสารหุ้มพอกเคลือบแกนลวดเชื่อมไว้ สารพอกหุ้มจะหลอมละลายพร้อมกับลวดเชื่อมกลายเป็นขี้ตะกรันเหลวปกคลุมบ่อหลอมไว้จนกระทั่งแนวเชื่อมเย็นตัวลง



รูปที่ 38 การเชื่อมภายใต้ม่านแก๊สเฉื่อยใช้ลวดเชื่อมโลหะ

4.1.7 การเชื่อมโลหะภายใต้ผงเคมี (submerge are welding)

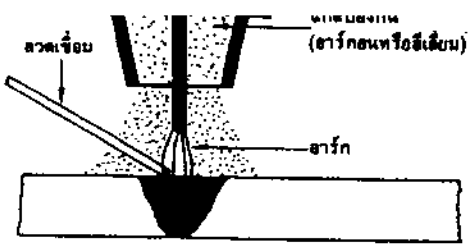
คือการเชื่อมอาร์กที่เกิดประกายอาร์กภายใต้ผงเคมีที่ปกคลุมบ่อหลอมไว้ ประกายอาร์กเกิดขึ้นระหว่างปลายลวดเชื่อมเปลือยที่หลอมละลายกับชิ้นงาน ลวดเชื่อมเปลือยอาจจะเป็นลวดเส้นกลมหรือโลหะแบนม้วนเป็นขด ป้อนให้แก่บ่อหลอมอย่างต่อเนื่อง การเชื่อมภายใต้ผงเคมีเป็นการเชื่อมอัตโนมัติ ใช้เครื่องจักรช่วยทำการเชื่อม ดังรูปที่ 39



รูปที่ 39 การเชื่อมอาร์กภายใต้ผงเคมี

4.1.8 การเชื่อมภายใต้ม่านแก๊สเฉื่อยใช้ลวดเชื่อมทังสเตน หรือ WIG (wolfram inert-gas welding) หรือ GTAW

บางครั้งก็เรียกการเชื่อมแบบ TIG ซึ่งย่อมาจาก tungsten inert-gas welding) การเชื่อมลักษณะนี้ (รูปที่ 40) เกิดประกายอาร์กเชื่อมระหว่างลวดเชื่อมวุลเฟรมและชิ้นงาน ลวดเชื่อมวุลเฟรมจะไม่หลอมละลาย เป็นแต่เพียงตัวที่ทำให้เกิดการอาร์กและความร้อนเท่านั้น ลวดเชื่อมและประกายอาร์กจะถูกปกคลุมด้วยแก๊ส ซึ่งเป็นแก๊สอาร์กอนหรือฮีเลียม แก๊สทั้งสองเป็นแก๊สป้องกันมีคุณภาพสูง

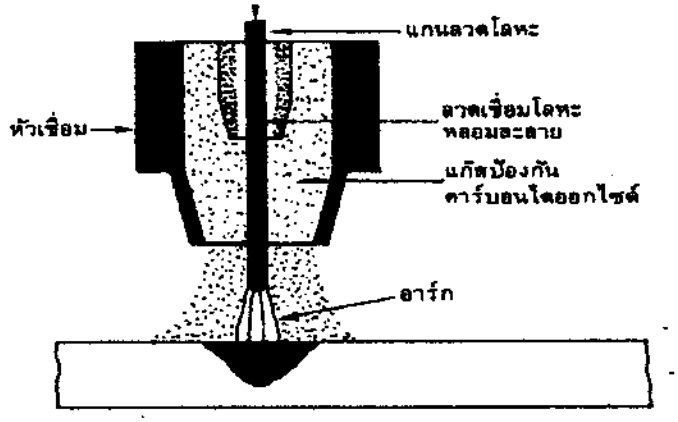


รูปที่ 40 การเชื่อมภายใต้ม่านแก๊สเฉื่อยใช้ลวดเชื่อมทั้งสอง

แก๊สเฉื่อย หมายถึง แก๊สที่สามารถรับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ เป็นแก๊สที่ปกคลุมและป้องกันบ่อหลอมไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเมื่อมีอากาศจากภายนอกมาทำปฏิกิริยากับแนวเชื่อม ในที่นี้หมายถึงแก๊สป้องกันมีคุณภาพสูงนั่นเอง การเชื่อมแบบนี้จะต้องใช้ลวดเชื่อมโลหะเติมให้แก่บ่อหลอมพร้อมกับลวดเชื่อมทังสเตนมีลักษณะเช่นเดียวกับลวดเชื่อมแก๊ส แต่ลวดเชื่อมทังสเตนไม่หลอมละลาย

4.1.9 การเชื่อมภายใต้ม่านแก๊สเฉื่อยใช้ลวดเชื่อมโลหะหรือ MIG (metal inert gas-welding) หรือ GMAW

การเชื่อมลักษณะนี้ (รูปที่ 41) เกิดประกายอาร์กเชื่อมระหว่างลวดเชื่อมเปลือยที่หลอมละลายและชิ้นงานลวดเชื่อมเปลือยเป็นลวดเส้นกลมหรือเส้นแบนม้วนเป็นขด ป้อนอัตโนมัติให้แก่บ่อหลอม ลวดเชื่อมที่หลอมละลายและประกายอาร์กจะมีแก๊สเฉื่อยปกคลุมพร้อมกับปกคลุมบ่อหลอมในขณะเดียวกัน แก๊สป้องกันซึ่งเป็นแก๊สเฉื่อยที่จะนำมาใช้จะเรียกชื่อแตกต่างกันตามชนิดของแก๊สที่ใช้ คือ ถ้าใช้แก๊สอาร์กอนก็จะเรียกว่า MIG และถ้าใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะเรียกว่า MAG



รูปที่ 41 การเชื่อมภายใต้ม่านแก๊สเฉื่อยใช้ลวดเชื่อมโลหะ

4.2 บุคลากรด้านงานการเชื่อม

การรับรองคุณวุฒิของผู้ปฏิบัติการเชื่อมและผู้ควบคุมงานเชื่อม การรับรองคุณวุฒิของบุคลากรด้านงานการเชื่อม มีด้วยกันหลายมาตรฐาน ซึ่งจะยกตัวอย่างไว้พอสังเขปดังนี้

4.2.1 มาตรฐานของประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน

มาตรฐานเกี่ยวกับการรับรอบุคลากรด้านงานการเชื่อมของประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน ได้แก่ หมายเลขรหัสที่ DIN 8560 ว่าด้วย Qualification Testing of Welding Steel การทดสอบนี้มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบฝีมือในการเชื่อมของผู้ทดสอบและทดสอบความรู้ทางทฤษฎีช่างเชื่อม

ตาม DIN 8560 ระบุว่า มาตรฐานนี้ใช้สำหรับรับรองคุณวุฒิ ทักษะฝีมือการเชื่อม และความรู้ทางเทคนิคของบุคลากรการเชื่อม โดยใช้เครื่องเชื่อม (ตัวอย่างเช่น แก๊ส ไฟฟ้า หรือแก๊สปกคลุม ได้แก่ TIG, MIG, MAG) สำหรับวัสดุเหล็กกล้าเพื่องานสร้าง เช่น หม้อน้ำ ถังความดัน งานท่ออุตสาหกรรม งานโครงสร้าง งานทางรถไฟ งานต่อเรือสำหรับจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างหรือซ่อมแซมตามเงื่อนไขกำหนด

มาตรฐานนี้แบ่งระดับฝีมือช่างเชื่อมตามระดับผลงานแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ช่างเชื่อมโลหะแผ่น และช่างเชื่อมท่อ ดังตารางที่ 10 และ 11

สำหรับผู้สอบผ่านในกลุ่มวัสดุที่ III ให้ถือว่าสอบผ่านในกลุ่มวัสดุที่ II ละ I ด้วย โดยนัยเดียวกัน ผู้ที่สอบผ่านในกลุ่มวัสดุที่ II ถือว่าสอบผ่านในกลุ่มวัสดุที่ I ด้วย แต่โดยนัยกลับกันไม่ได้ เช่น เมื่อสอบผ่านกลุ่ม BIII โดยใช้วัสดุที่กำหนดในกลุ่มนั้นไม่ต้องสอบกลุ่ม BI หรือ BII เนื่องจากการสอบผ่านกลุ่ม BIII เป็นการทดสอบในระดับที่สูงกว่ากลุ่ม BI และ BII

			B III	B IV	
				A	B
ชนิดของวัสดุ	- เหล็กโครงสร้าง เช่น St33, St37-2 หรือ St37-3, St42-2 หรือ St42-3, St52-3	- เหล็กกล้าเกรนละเอียด ความเค้นแรงดึงครากต่ำสุด < 355 N/mm² - เหล็กแผ่นทำหม้อน้ำตาม DIN 17 155 Part 1 (HIV) 13 CrMo 44 เป็นต้น - เหล็กกล้าต่อเรือ ชั้นธรรมดา และความเค้นสูงคุณสมบัติ A ถึง E36 เป็นต้น	- เหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งมีคาร์บอนประสมสูง เช่น St50, St60, St70 - เหล็กกล้าเกรนละเอียด ความเค้นแรงดึงครากต่ำสุด >355 N/mm² - เหล็กแผ่นทำหม้อน้ำตาม DIN 17 155 Part 1 (HIV) 13 CrMo 44 เป็นต้น	- เหล็กกล้าออสเตนนิติก สำหรับงานเชื่อม ซึ่งมีเฟอร์ไรต์ผสมในโลหะเชื่อม > 3% โดยน้ำหนัก เช่น ตาม DIN 17 440	- เหล็กกล้าออสเตนนิติก สำหรับงานเชื่อม ซึ่งมีเฟอร์ไรต์ผสมในโลหะเชื่อมไม่เกิน 3% โดยน้ำหนัก เช่น X5 CrNi 1613 X10 CrNi 2520 X2 CrNi 1812

ตารางที่ 10 การแบ่งระดับการสอบ (DIN 8560)

[illegible]	R I	R II	R III	R IV	
				A	B
ชนิดของวัสดุ	- ท่อเหล็กกล้า เช่น St34-2, St35, St37 St45, St52	- ท่อเหล็กกล้า ตาม DIN 17 175 (St35.8, St 45.8 และ 15 Mo 3) เทียบเคียงได้กับท่อเหล็กกล้า ตาม DIN 17 172 เป็นต้น	- เหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งมีคาร์บอนประสมสูง เช่น St55 และเหล็กกล้าประสม เช่น ท่อเหล็กกล้าตาม DIN17 175 (13CrMo44, 10CrMo910) เทียบเคียงได้กับท่อเหล็กกล้าตาม DIN17 172 เป็นต้น	- เหล็กกล้าออสเตนนิติก สำหรับการเชื่อมที่มีเฟอร์ไรต์ผสมในโลหะเชื่อมมากกว่า 3% โดยน้ำหนัก เช่น ตาม DIN 17 440	- เหล็กกล้าออสเ สำหรับการเชื่อ เฟอร์ไรต์ผสมใ โลหะเชื่อมไม่เกิ 3% โดยน้ำหนัก X 5 CrNi 1613 X10 CrNi 2520 X 2 CrNi 1812

ตารางที่ 10 (ต่อ) การแบ่งระดับการสอบ (DIN 8560)

<table>
<tr><th>กลุ่มย่อย</th><th>f (mm)</th><th>m (mm)</th><th>g (mm)</th></tr>
<tr><td>ความหนาของงานจำลอง</td><td>1.5 ถึง 2</td><td>4 ถึง 5</td><td>7 ถึง 12</td></tr>
<tr><td>ความหนาของชิ้นงาน</td><td>< 3</td><td>2.5 ถึง 6.5</td><td>> 6</td></tr>
<tr><td>หมายเหตุ</td><td>–</td><td colspan="2">- การทดสอบของกลุ่มย่อย m ด้วยวิธีการเชื่อมไฟฟ้า (E) โดยครอบคลุมถึงกลุ่มย่อย g
- การทดสอบของกลุ่มย่อย g ด้วยวิธีการเชื่อม G, MIG/MAG หรือ TIG โดยครอบคลุมถึงกลุ่มย่อย m สำหรับวิธีการเชื่อมที่ตรงกัน
- การทดสอบด้วยวิธีการเชื่อมที่ผสมกันกับ TIG/E ในกลุ่มย่อย m และ g รวมทั้งวิธีอื่น ๆ</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">- การทดสอบในกลุ่มย่อย m ด้วยวิธีการเชื่อม TIG หรือ ผสมระหว่างวิธีการเชื่อม TIG/E และครอบคลุมถึง การทดสอบช่างเชื่อม TIG ในกลุ่มย่อย f</td></tr>
</table>

ตารางที่ 11 การแบ่งกลุ่มย่อย

4.2.2 มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ฉบับที่ 1 ช่างเชื่อมไฟฟ้า

มาตรฐานฝีมือฉบับนี้ กำหนดชั้นระดับฝีมือช่างเชื่อมไฟฟ้าเป็น 2 ประเภทดังต่อไปนี้

1. มาตรฐานช่างเชื่อมเหล็กแผ่นด้วยไฟฟ้า
2. มาตรฐานช่างเชื่อมท่อด้วยไฟฟ้า

หลักการทั่วไป

(1.) กำหนดการแบ่งระดับชั้นฝีมือ 3 ระดับ โดยกำหนดให้ ช่างเชื่อมไฟฟ้าชั้น 3 เป็นชั้นต่ำที่สุด ช่างเชื่อมไฟฟ้าชั้น 2 เป็นชั้นกลาง และช่างเชื่อมไฟฟ้าชั้น 1 เป็นชั้นสูงสุด และแบ่งเป็นสาขาแผ่นเหล็กและสาขาท่อ

(2.) ผู้ที่เข้ารับการทดสอบเป็นช่างเชื่อมฝีมือมาตรฐาน ต้องเข้ารับการสอบปากเปล่าข้อเขียนละภาคปฏิบัติเพื่อแสดงว่ามีความรู้และฝีมือได้ตามมาตรฐาน

(3.) ผู้ที่เข้ารับการทดสอบเป็นช่างเชื่อมไฟฟ้าชั้นที่ 2 ไม่ว่าสาขาใดต้องผ่านการทดสอบในสาขานั้นสำหรับชั้นที่ต่ำกว่าก่อน

(4.) ลักษณะของข้อสอบแบ่งออกเป็นภาคทฤษฎี คะแนน 20 เปอร์เซ็นต์ และภาคปฏิบัติคะแนน 80 เปอร์เซ็นต์ของคะแนนเต็ม ยกเว้นช่างเชื่อมไฟฟ้าชั้น 1 ภาคทฤษฎีคะแนน 30 เปอร์เซ็นต์ และภาคปฏิบัติคะแนน 70 เปอร์เซ็นต์

(5.) การทดสอบภาคทฤษฎีช่างเชื่อมไฟฟ้าชั้น 3 ใช้เวลากว่า 1 ชั่วโมง ช่างเชื่อมไฟฟ้าชั้น 2 และชั้น 1 ใช้เวลา 1 ½ ชั่วโมง ภาคปฏิบัติ ช่างเชื่อมไฟฟ้าชั้น 3 ใช้เวลา 3 ชั่วโมง ช่างเชื่อมไฟฟ้าชั้น 2 (เหล็กแผ่น)ใช้เวลา 4 ชั่วโมง ช่างเชื่อมไฟฟ้า ชั้น 1 (เหล็กแผ่น) ใช้เวลา 3 ชั่วโมง ช่างเชื่อมไฟฟ้าชั้น 2 (ท่อ) ชุดที่ 1, 2 ใช้เวลา 3 ½ ชั่วโมง และชุดที่ 3 ใช้เวลา 2 ½ ชั่วโมง ช่างเชื่อมไฟฟ้าชั้น 1 (ท่อ) ชุดที่ 1, 2 ใช้เวลา 6 ชั่วโมงและชุดที่ 3 ใช้เวลา 4 ชั่วโมง

(6.) พิจารณาชุดในการทดสอบคือ ระยะเวลา วิธีปฏิบัติงาน ผลงานสำเร็จ การใช้วัสดุอย่างประหยัดและการระวังรักษาเครื่องมือรวมทั้งความสามารถในการทำงานอย่างปลอดภัย

<u>หมายเหตุ</u> ผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือช่างเชื่อมท่อไฟฟ้าชั้น 2 จะได้รับการรับรองว่ามีความสามารถเป็นช่างเชื่อมไฟฟ้าชั้น 2 ด้วย และผู้ผ่านการทดสอบเป็นช่างเชื่อมท่อไฟฟ้าชั้น 1 จะได้รับการรับรองว่ามีความสามารถเป็นช่างเชื่อมไฟฟ้าชั้น 1 ด้วย (แต่โดยนัยไม่กลับกัน)

4.2.2.1 การทดสอบมาตรฐานช่างเชื่อมไฟฟ้าชั้น 3

ประสบการณ์ ผู้สมัครต้องมีความชำนาญงานในสาขาอาชีพของตนไม่ต่ำกว่า 2 ปี

ความรู้ ลักษณะการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบต่างๆ ขนาดของลวดเชื่อม และการกำหนดกระแสไฟเชื่อมสำหรับเหล็กกล้าและเหล็กกล้าผสมต่ำ ลักษณะการขยายตัวและหดตัวของโลหะเนื่องจากการเชื่อมไฟฟ้าและการเตรียมวัสดุ เพื่อทำการเชื่อมสำหรับรอยต่อรูบวี ต่อเกย ต่อฉาก และต่อมุมทั้งในแนวราบและแนวนอน

ท่าเชื่อม กำหนดให้ทดสอบทั้งหมด 4 ชิ้นดังนี้ ชิ้นที่ 1 เชื่อมมุม(ท่าเชื่อม 1F)ชิ้นที่ 2 เชื่อมเกย (ท่าเชื่อม) , ชิ้นที่ 2 เชื่อมเกย (ท่าเชื่อม 2F) ชิ้นที่ 3 เชื่อมฉาก (ท่าเชื่อม 3F) ชิ้นที่ 4 เชื่อมฉาก (ท่าเชื่อม F4) โดยใช้วัสดุชิ้นงานเหล็กกล้า ความหนา 9 มิลลิเมตร ความยาว 150 มิลลิเมตรและลวดเชื่อมไฟฟ้า E 6013 (เทียบเท่า) ขนาด ϕ 2.6 มิลลิเมตร

4.2.2.2 การทดสอบมาตรฐานช่างเชื่อมเหล็กแผ่นด้วยไฟฟ้าชั้น 2

ประสบการณ์ ผู้สมัครสอบต้องได้รับวุฒิบัติช่างมาตรฐานฝีมือชั้น3 มาแล้วไม่น้อยกว่า 1 ปี

ความรู้ คุณสมบัติของเหล็กกลาและเหล็กกล้าผสม สัญลักษณ์และการอ่านแบบงานเชื่อม การเตรียมงาน และการเชื่อมต่อชนท่อเหล็กกล้าผสมต่ำขนาด ϕ 2 นิ้ว (50 มิลลิเมตร) การเชื่อมขึ้นรูปลักษณะต่างๆและการเลือกขนาดและชนิดของลวดเชื่อม

ท่าเชื่อม กำหนดให้ทดสอบด้วยการเชื่อมแผ่นกล้าต่อชนบากร่อง รอยต่อมี 2 ประเภทคือ ประเภทแรก ไม่มีแผ่นรองหลังจำนวน 2 ชิ้น ได้แก่ท่าราบ (1G) และท่าแนวระดับ (2G) ประเภทที่ 2 มีแผ่นรองหลัง จำนวน 2 ชิ้น ได้แก่ ท่าตั้ง (3G) และท่าเหนือศีรษะ (4G) ด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้า E 6013 (เทียบเท่า) ขนาด ϕ 3.2 และ 4 มิลลิเมตร สำหรับชิ้นงานความหนา 9 มิลลิเมตร ความยาวแนวเชื่อม 150 มิลลิเมตร

4.2.2.3 การทดสอบมาตรฐานช่างเชื่อมเหล็กแผ่นด้วยไฟฟ้า ชั้น 1

ประสบการณ์ ผู้ที่สมัครต้องได้รับวุฒิบัตรช่างมาตรฐานฝีมือชั้น 2 ในแขนงอาชีพนั้นๆไม่น้อยกว่า 1 ปี และมีอายุไม่ต่ำกว่า 21 ปี

ความรู้ การตรวจสอบงานเชื่อม การทดสอบ อ่านแบบ ร่างแบบ และเขียนแบบชิ้นงานเชื่อม เทคนิคการเชื่อมเหล็กกล้าและเหล็กกล้าผสมสูง

ทักษะ การเชื่อมต่อชนและปลอกสวมในขนาดต่างๆ ทั้งในแนวระดับและแนวดิ่ง เชื่อมท่อขนาดต่างๆตามมุมที่กำหนดให้โดยไม่เคลื่อนที่ และเชื่อมพอกผิว

ท่าเชื่อม กำหนดให้ทดสอบด้วยการเชื่อมเหล็กกล้าต่อชนบากร่อง โดยกำหนดท่าเชื่อมเหมือนกับช่างเชื่อมเหล็กแผ่นด้วยไฟฟ้าชั้น 2 ด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้าขนาด 4 มิลลิเมตร

4.2.2.4 การทดสอบมาตรฐานช่างเชื่อมท่อด้วยไฟฟ้าชั้น 2

กำหนดให้ทดสอบด้วยงานเชื่อมต่อเหล็กกล้าต่อชนบากร่อง ด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้า E6013 (เทียบเท่า) ขนาด ϕ2.6 หรือ 3.2 มิลลิเมตร ในท่าเชื่อม 2G และ 5G หรือ 6G วัสดุท่อเหล็กเหนียว (SA106 Grade 6:เทียบเท่า) ขนาดϕ203 มิลลิเมตร Schedule No.40 (ความหนา 8.2 มิลิเมตร) กำหนดชิ้นงานเชื่อมเป็น 3 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 : 1.1 เชื่อมต่อชนแนวระดับ ท่าเชื่อม 2G (ยึดท่ออยู่กับที่)

1.2 เชื่อมต่อชน ท่าเชื่อม (ยึดท่ออยู่กับที่)

ชุดที่ 2 : ท่ารวม 2G และ 5G ในรอยต่อเดียวกันโดยกำหนดท่าเชื่อม 2G เป็นมุม 100 องศา และท่าเชื่อม 5G เป็นมุม 260 องศา

ชุดที่ 3 : ท่าเชื่อมต่อชน 6G แกนท่อเอียงเป็นมุม 45 +/-5 องศา(ยึดท่ออยู่กับที่)

4.2.2.5 การทดสอบมาตรฐานช่างเชื่อมท่อด้วยไฟฟ้าชั้น 1

กำหนดให้ทดสอบด้วยงานเชื่อมต่อเหล็กกล้าต่อชน บากร่อง ด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้า E6013 (เทียบเท่า) ขนาดϕ4-6 มิลลิเมตรในท่าเชื่อม 2G และ 5G หรือ 6G (มีแหวนรองหลังหรือไม่มีก็ได้) สำหรับวัสดุท่อเหล็กกล้า (SA 106 Grade B : เทียบเท่า)ขนาดϕ 203 มิลลิเมตร Sch No.160 (ความหนา 23 มิลลิเมตร) กำหนดชิ้นงานเชื่อมเป็น 3ชุดเหมือนกับมาตรฐานช่างเชื่อมท่อด้วยไฟฟ้า ชั้น 2

4.2.3 มาตรฐานของสมาคมการเชื่อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา

การทดสอบช่างเชื่อมตามมาตรฐานของสมาคมการเชื่อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา หมายเลขรหัส AWS D10.9 ว่าด้วย Standard for Qualification of Welding Procedures and Welders for Piping and Tubing

ตามมาตรฐานหมายเลขรหัส AWS D10.9 กำหนดแบ่งระดับความสามารถของช่างเชื่อมท่อออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

AR-1 : Aeceptance Requirement 1

AR-2 : Aeceptance Requirement 2

AR-3 : Aeceptance Requirement 3

4.2.3.1 ลักษณะการใช้งานของแต่ละระดับ

AR-1 ระดับความสามารถสูงสุดที่ใช้กับงานที่ต้องการงานเชื่อมที่มีคุณภาพสูงสุด ซึ่งเป็นงานระบบท่อที่ต้องการความมั่นใจและความปลอดภัยสูง ตัวอย่างเช่น งานเกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์ ยานอวกาศ งานเกี่ยวกับความดันสูง อุณหภูมิสูง เคมี และแก๊สเชื้อเพลิง บางครั้งข้อกำหนดในสัญญาการจ้างอาจระบุระดับความต้องการสูงกว่าระดับคุณภาพ AR-1 เสียอีก ดังนั้นในกรณีเช่นนี้จึงต้องทำการทดสอบในระดับ AR-1 รวมกับการทดสอบตรวจสอบและการยอมรับตามมาตรฐานที่ระบุไว้ในเงื่อนไข

AR-2 ระดับความสามารถสูงเหมาะสมกับงานที่ต้องการแนวเชื่อมที่มีคุณภาพสูง โดยกำหนดระดับความไว้วางใจเท่าที่จำเป็น เช่น งานที่เกี่ยวกับท่อพลังงานนิวเคลียร์ ท่อไอน้ำ ท่อน้ำ ท่อน้ำมันปิโตรเลียม ท่อแก๊สเชื้อเพลิง และท่อเคมี

AR-3 ระดับความสามารถสูงเหมาะสมกับงานที่ต้องการคุณภาพโดยต้องการระดับความไว้วางใจอย่างเพียงพอสำหรับระบบท่อความดันต่ำ เช่น ระบบท่อทำความร้อน ระบบท่อทำความเย็น ระบบท่อน้ำเป็นต้น

4.3 ท่าที่ใช้ในการประกอบท่อ

การทดสอบช่างเชื่อมตามมาตรฐานของสมาคมการเชื่อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา หมายเลขรหัส AWS D1.1 ว่าด้วย Structural Welding Code : Steel กำหนดลักษณะการเชื่อมแบ่งเป็น 4 ท่าเชื่อมได้แก่ ท่าราบ ท่าขนาน ท่าตั้ง และท่าเหนือศรีษะ โดยใช้ประกอบลักษณะการต่องานท่อดังนี้

4.3.1 การเชื่อมโลหะแผ่นรอยต่อชนบากงาน

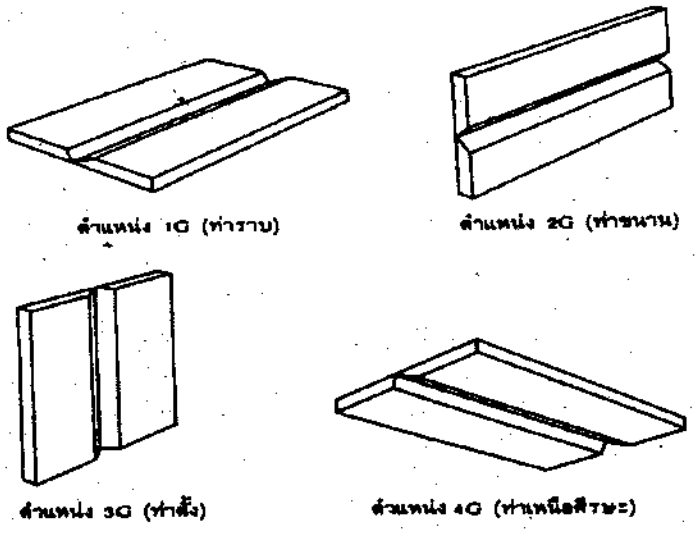
4.3.1.1 การเชื่อมโลหะแผ่น (รูปที่ 42) โดยใช้รอยต่อชนบากงาน แบ่งเป็น 4 ประเภท คือ

(1.) ตำแหน่ง 1G (ท่าราบ)

(2.) ตำแหน่ง 2G (ท่าขนาน)

(3.) ตำแหน่ง 3G (ท่าตั้ง)

(4.) ตำแหน่ง 4G (ท่าเหนือศรีษะ)



รูปที่ 42 ตำแหน่งท่าเชื่อมโลหะแผ่นสำหรับรอยต่อชน

4.3.1.2 การเชื่อมท่อรอยต่อชนบากงาน

การเชื่อมท่อโดยใช้รอยต่อชนบากงาน (รูปที่ 43) แบ่งออกเป็น 5 ประเภทคือ

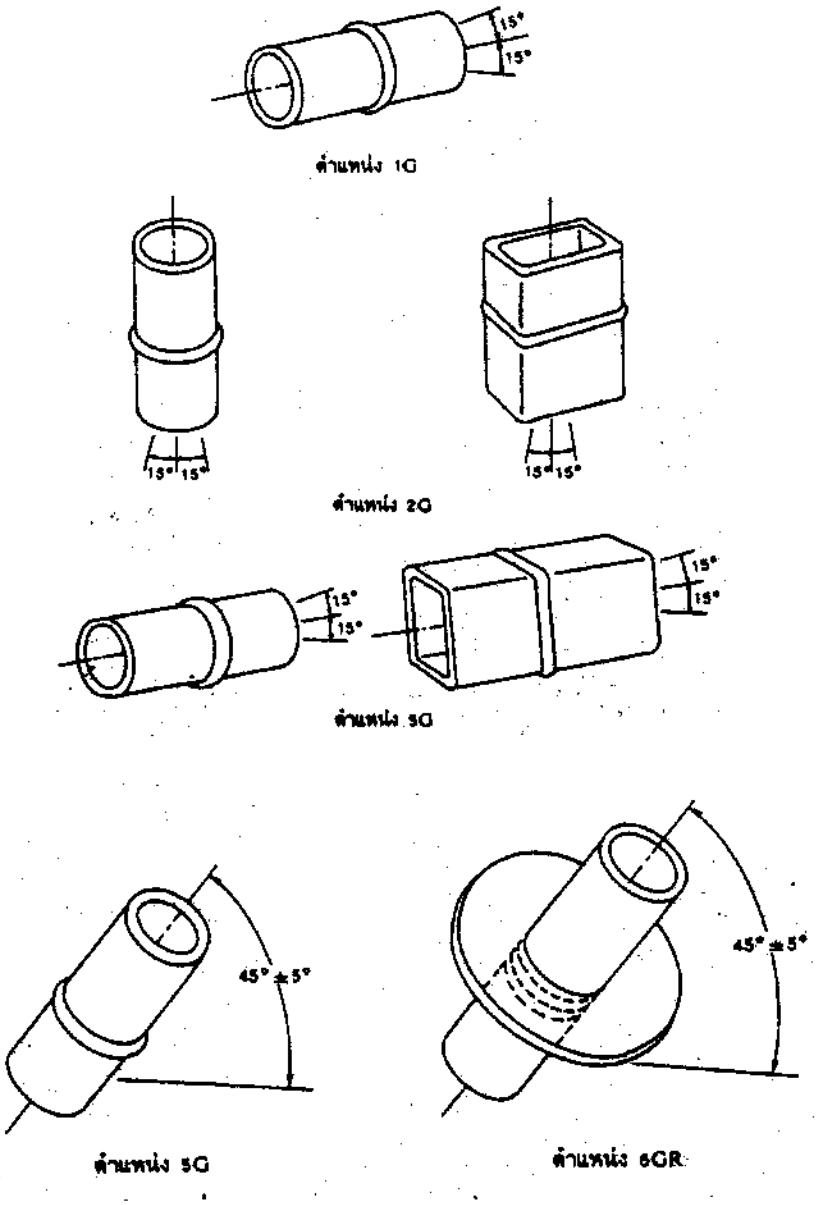
(1.) ตำแหน่ง 1G ตำแหน่งของท่ออยู่ในแนวขนาน การเชื่อมการทำเฉพาะด้านบน โดยกำหนดให้หมุนท่อในการเชื่อม

(2.) ตำแหน่ง 2G ตำแหน่งของท่ออยู่ในแนวดิ่ง การเชื่อมอยู่ในแนวขนานโดยกำหนดไม่ให้สามารถหมุนท่อในการเชื่อม

(3.) ตำแหน่ง 5G ตำแหน่งของท่ออยู่ในแนวขนาน การเชื่อมการทำในแนวเส้นรอบวงของท่อ โดยกำหนดให้จับยึดท่ออยู่กับที่

(4.) ตำแหน่ง 6G ตำแหน่งของท่ออยู่ในแนวเอียง (มุม45°+/-5°) การเชื่อมอยู่ในแนวเส้นรอบวงของท่อ โดยกำหนดให้จับยึดท่ออยู่กับที่

(5.) ตำแหน่ง 6GR ตำแหน่งของท่ออยู่ในแนวเฉียง (มุม45°+/-5°) การเชื่อมกระทำในแนวเส้นรอบวงของท่อ สำหรับรอยต่อรูปตัวที (T) รูปตัวเค (K) หรือรูปตัววาย (Y) โดยกำหนดให้จับยึดท่ออยู่กับที่และมีแผ่นวงแหวน สำหรับจำกัดขอบเขตการเชื่อม



รูปที่ 43 ตำแหน่งของท่าเชื่อมท่อต่อบากงาน

4.3.1.3 การเชื่อมรอยต่อฉาก

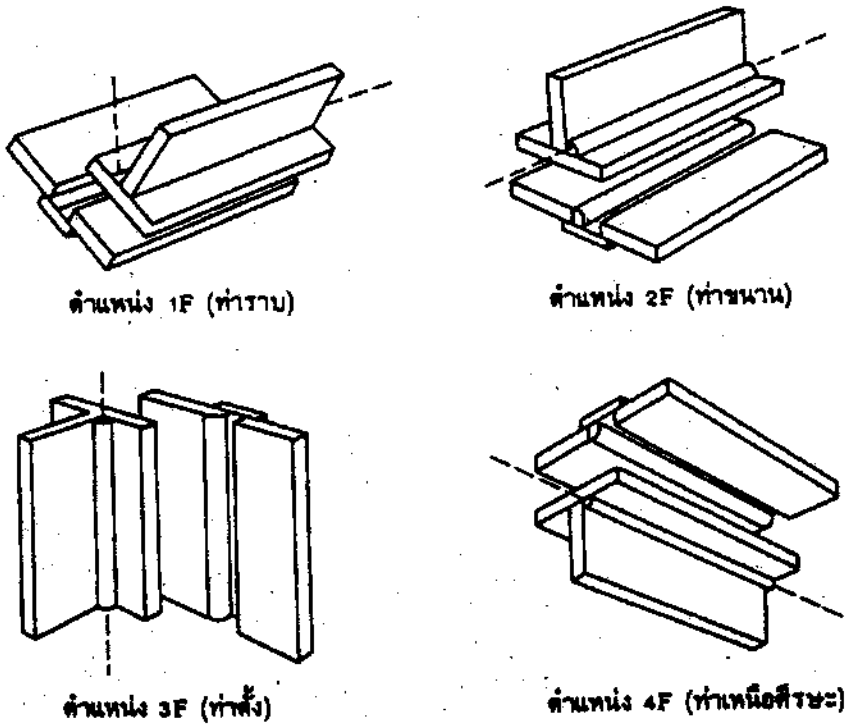
การเชื่อมโลหะแผ่นโดยใช้รอยต่อฉาก (รูปที่ 44) แบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

(1.) ตำแหน่ง 1F (ท่าราบ)

(2.) ตำแหน่ง 2F (ท่าขนาน)

(3.) ตำแหน่ง 3F (ท่าตั้ง)

(4.) ตำแหน่ง 4F (ท่าเหนือศีรษะ)



รูปที่ 44 ตำแหน่งท่าเชื่อมโลหะแผ่นสำหรับรอยต่อฉาก

4.4 สรุป

การทดสอบช่างเชื่อมภายในคลังปิโตรเลียมช่างเชื่อมนั้นจะต้องผ่านการทดสอบมาตรฐานตาม ASME ด้วยท่าเชื่อม 6G สำหรับงานท่อและ 2G, 3G สำหรับงานถังบรรจุน้ำมัน โดยช่างเชื่อมอาจต้องทำการทดสอบใหม่เมื่อตรวจพบว่าการเชื่อมไม่ถูกต้อง,เปลี่ยนกรรมวิธีเชื่อมใหม่ เปลี่ยนประเภทของโลหะหรือลวดเชื่อมต่างชนิดไปที่เคยทดสอบ

การเชื่อมท่อในคลังปิโตรเลียมจะกระทำโดยการนำท่อทั้งสองที่ทำการบากหน้าแล้วมาวางติดกันโดยให้ระดับของท่อทั้งสองนั้นอยู่ในแนวเดียวกันแล้วจึงทำการเชื่อมยาแนว โดยเชื่อมเป็นจุดเล็กๆ 3 จุดรอบท่อแล้วจึงทำการวัดดูระดับว่าตรองกับที่วางไว้แต่ต้นหรือไม่ถ้าตรงดีแล้ว จะทำการเชื่อมประกอบท่อโดยจะทำการเชื่อม 3 ครั้งต่อรอยต่อท่อ 1 รอย การเชื่อมท่อรอบแรกหรือที่เรียกกันว่า การยัดไส้ จะใช้การเชื่อมแบบ TIG ซึ่งใช้แก๊สอาร์กอนเป็นตัวปกคลุมลวดเชื่อมและประกายอาร์กส่วนรอบที่สองเรียกว่าการ part กับรอบที่สามเรียกว่า cover หรือการราดหน้า จะใช้การเชื่อมแบบเชื่อมไฟฟ้า ซึ่งการเชื่อมสองวิธีนี้จะใช้กับ ท่อน้ำมันและท่อก๊าซ แต่ท่อน้ำดับเพลิงยังสามารถใช้การเชื่อมแบบเชื่อมไฟฟ้าทั้งสามชั้นหมดได้