

มาตรฐานการกำหนดและการทดสอบ WPS

ก่อนที่จะเริ่มในงานเชื่อมใด ๆ ก็ตาม จะต้องมีการกำหนดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมเสียก่อน เช่น

- 1. วัสดุที่จะนำมาเชื่อมให้ติดกัน
- 2. ลวดเชื่อมที่จะใช้เป็นลวดเชื่อมใด คุณสมบัติเป็นอย่างไรบ้าง
- 3. การกำหนดกระบวนการหรือวิธีการเชื่อม
- 4. จะทราบได้อย่างไรว่าเมื่อทำการเชื่อมไปแล้วจะสามารถใช้งานได้จริง
- 5. ช่างเชื่อมคนใดที่มีฝีมือ และสมควรที่จะเอนในงานนั้น ๆ

จากข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ จึงต้องมีวิธีการรวบรวมข้อมูล และกำหนดข้อมูลต่างๆ ขึ้นมา เพื่อให้ได้งานเชื่อมที่มีคุณภาพตรงตามที่ต้องการ ข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งบอกถึงวิธีการที่จะใช้ในการเชื่อมเรียกว่า Welding Procedure Specification (WPS) เมื่อกำหนดวิธีการและข้อมูลต่าง ๆ ลงใน WPS แล้ว จะทำการทดสอบข้อมูลที่เรากำหนดลงไปนั้น มีสมบัติทางกลตรงตามที่ต้องการหรือไม่ หลังจากนั้นนำผลการทดสอบนั้นเขียนลงในเอกสารอีกฉบับหนึ่งเรียกว่า Procedure Qualification Test Record (PQR) เมื่อสรุปได้ว่าวิธีการต่างๆ ตามที่กำหนดใน WPS สามารถใช้งานได้ ก็ทำการทดสอบฝีมือช่างเชื่อมว่าแต่ละคนมีความสามารถที่จะเชื่อมตามที่ WPS ระบุไว้หรือไม่

การกำหนดและการทดสอบของ WPS และการทดสอบฝีมือช่างเชื่อมจะมีอยู่หลายมาตรฐานด้วยกัน ดังแสดงในตารางที่ 9.1

ตารางที่ 9.1 แสดงมาตรฐานในการกำหนดและการทดสอบ WPS

มาตรฐาน	ประเทศ	การใช้งาน
ASME SECTION IX	อเมริกา	ใช้สำหรับงานเชื่อมถึงความดัน และระบบ
API 1104	อเมริกา	ท่อ
AWS D1.1	อเมริกา	ใช้สำหรับงานเชื่อมท่อ
DIN 8560	เยอรมนี	ใช้สำหรับงานเชื่อมโครงสร้างเหล็ก
		ใช้สำหรับงานเชื่อมทั่วไป

นอกจากมาตรฐานที่กล่าวมาแล้ว ยังมีมาตรฐานอื่น ๆ อีก หรือในบางครั้งเจ้าของงานจะเป็นผู้กำหนดเพิ่มเติมเข้าไปในมาตรฐานเหล่านี้ อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าผู้ออกแบบหรือเจ้าของงานจะใช้มาตรฐานใดอ้างอิง ข้อกำหนดของผู้ออกแบบหรือเจ้าของงานเพิ่มเติมต้องถือว่าสำคัญกว่ามาตรฐานเพราะทุกมาตรฐานไม่ว่าสามารถครอบคลุมถึงสิ่งที่ผู้ออกแบบไว้ทั้งหมด

Welding Procedure Specification (WPS) หมายถึงข้อกำหนดที่ผู้ออกแบบงานเชื่อมได้เป็นผู้กำหนดขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานเชื่อมมาแก่งเชื่อม และผู้ทำหน้าที่ควบคุมงานเชื่อมปฏิบัติตาม ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อให้งานเชื่อมมีคุณภาพที่เหมาะสมกับงานนั้น ๆ

สิ่งที่ผู้ออกแบบกำหนดลงใน WPS เรียกว่า ตัวแปร (Variables) ตามมาตรฐาน ASME SEC. IX ได้แบ่งตัวแปรออกเป็น 3 ประเภท คือ

- 1. ตัวแปรที่สำคัญ (Essential Variable)
- 2. ตัวแปรที่สำคัญเพิ่มเติม (Supplementary Essential Variables)
- 3. ตัวแปรที่ไม่สำคัญ (Non-Essential Variables)

การกำหนดตัวแปรต่าง ๆ จะกำหนดความสำคัญตามชนิดของกระบวนการเชื่อม ละถ้าเป็นโลหะพิเศษที่ต้องการทดสอบหาความเหนียว โดยการทดสอบแรงกระแทก (Impact Test) ตัวแปรที่สำคัญเพิ่มเติม จะกลายเป็นตัวแปรที่สำคัญ ถ้าเป็นโลหะธรรมดาไม่ต้องทดสอบแรงกระแทกก็ถือว่าตัวแปรนั้นเป็นตัวแปรที่ไม่สำคัญ

ในการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทั้ง 3 ประเภท เขียนลงใน WPS ต้องเขียน WPS ขึ้นใหม่เสมอ แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรที่สำคัญ หรือตัวแปรเพิ่มเติม จะต้องทำการทดสอบ WPS นั้นใหม่ด้วยเช่นกัน

ตัวแปรนอกจากจะแบ่งเป็น 3 ประเภท ตามความสำคัญของกระบวนการเชื่อมแล้วตัวแปรยังสามารถจัดเป็นกลุ่ม ๆ ตามชนิดของตัวแปรนั้น ๆ อีกด้วย โดยจะแบ่งออกเป็น 10 กลุ่ม ดังนี้

1. กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

จะระบุกระบวนการเชื่อมที่ใช้ ดังแสดงในตารางที่ 9.2

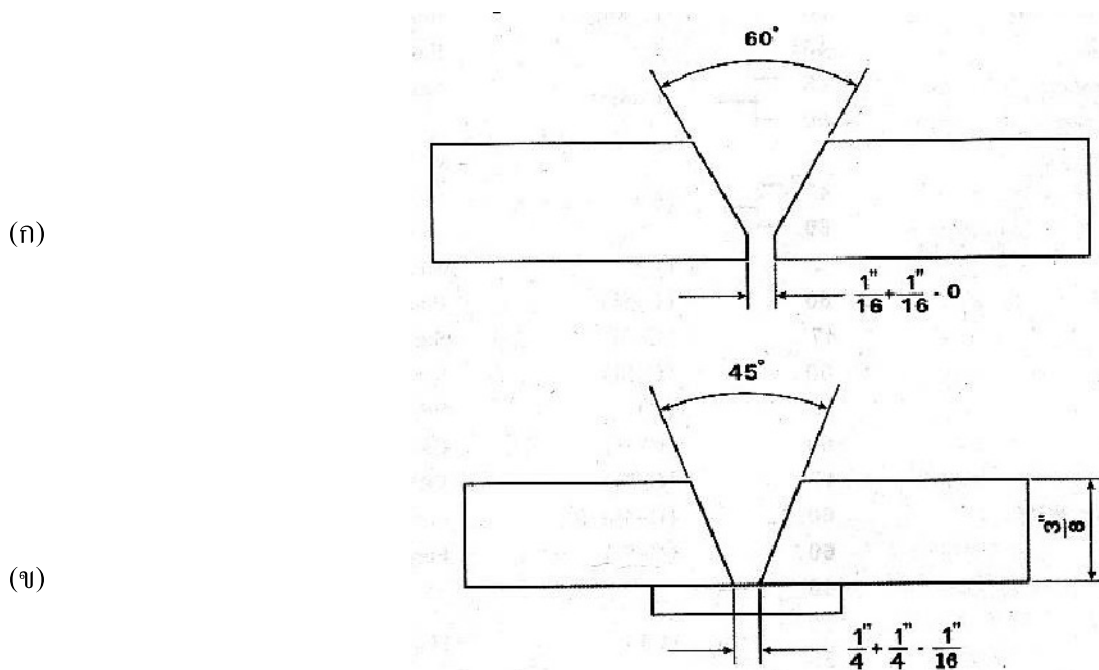
กระบวนการเชื่อม	วิธีการเชื่อม
1. Shield Metal Arc Welding (SMAW)	• เป็นการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม โดยการเชื่อมด้วยมือ
2. Submerged Arc Welding (SAW)	• เชื่อมได้ฟลักซ์ทั้งกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ
3. Gas Metal Arc Welding (GMAW)	• เชื่อมแบบแก๊สปกคลุม ทั้งอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติ
4. Flux Cored Arc Welding (FCAW)	• เชื่อมโดยลวดเชื่อมที่มีฟลักซ์อยู่ในไส้ ทั้งอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติ
5. Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)	• เชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมทั้งสแตนเป็นตัวอาร์กให้เกิดความร้อน และใช้แก๊สปกคลุมเชื่อมด้วยมือ
6. Oxyfuel Gas Welding (OFW)	• เชื่อมโดยใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ของแก๊สเชื่อมด้วยมือ
7. Plasma Arc Welding (PAW)	• เชื่อมด้วยการอาร์กของลำพลาสมา แล้วให้ความร้อนขณะทำการเชื่อม มีทั้งเชื่อมด้วยมือและแบบอัตโนมัติ
8. Electroslag Welding (ESW)	• เชื่อมโดยได้รับความร้อนจากการหลอมละลาย

9. Electroslag Welding (EGW) 10. Electrogas Welding (EBW) 11. Stud Welding (SW)	ของสแลก (Slag) แบบเชื่อมอัตโนมัติ
---	-----------------------------------

นอกจากกระบวนการที่กำหนดแล้ว ต้องมีการระบุด้วยว่า เป็นการเชื่อมด้วยมือ อัตโนมัติ หรือกึ่งอัตโนมัติ หรือถ้าเป็นการเชื่อมโดยใช้แก๊สปกคลุม ต้องระบุด้วยลวดเชื่อมเป็นชนิดสั้นเปลือยหรือชนิดไม่สั้นเปลือย

2. รอยต่อ (Joint) คือลักษณะที่ชิ้นงาน 2 ชิ้นมาต่อกัน ซึ่งมีอยู่หลายลักษณะ เช่น รอยต่อชน รอยต่อมุม รอยต่อรูปตัวที เป็นต้น ลักษณะการต่อแต่ละชนิดอาจจะมีทั้งแบบบากเป็นร่อง เพื่อให้เกิดการหลอมละลายเข้ากันได้ดียิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับแนวเชื่อม การบากเป็นร่องยังแบ่งเป็นหลายลักษณะ เช่น เป็นรูปตัวยู (U) เป็นรูปตัวเจ (J) เป็นรูปตัววี (V) รวมไปถึงมุมรวมของรอยต่อ (Bevel Angle) ระยะห่างของชิ้นงาน เป็นต้น นอกจากนี้ ควรแสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่าเป็นการเชื่อมด้านเดียวหรือทั้งสองด้าน ในกรณีที่เชื่อมด้านเดียวก็ต้องระบุเพิ่มเติมหากว่ามีแผ่นรองหลังงานเชื่อม (Backing Strip) ซึ่งการจะใส่แผ่นรองหลังหรือไม่ก็เป็นตัวแปรในการเชื่อมเช่นเดียวกัน และควรระบุชนิดของแผ่นรองหลังด้วยว่าเป็นชนิดโลหะ อโลหะหรือใช้แก๊ส

ในการออกแบบรอยต่อในงานเชื่อมที่จะกำหนดใน WPS ควรเขียนรูปและขนาดต่าง ๆ ลงในแบบให้ชัดเจน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าใจง่ายขึ้น ตัวอย่างรอยต่อดังแสดงในรูปที่ 9.1



รูปที่ 9.1 แสดงรอยต่อที่กำหนดใน WPS

3. ชิ้นงาน (Base Metal)

ต้องระบุชนิดของวัสดุที่จะนำมาเชื่อมตามมาตรฐาน ASME โดยระบุ Specification Number, P- Number และ Group Number และระบุช่วงความหนาของชิ้นงาน ในกรณีที่ชิ้นงานเป็นท่อ ให้บอกขนาดของท่อ หากวิธีในกระบวนการเชื่อมใช้วัสดุชนิดที่นอกเหนือไปจากมาตรฐาน ASME ต้องระบุหมายเลขแสดงของวัสดุนั้น ๆ ด้วย หรือระบุส่วนผสมทางเคมีและคุณสมบัติทางกล ตัวอย่างการจัดกลุ่มวัสดุของ ASME SECTION IX ดังแสดงในตารางที่ 9.3

ตารางที่ 9.3 แสดงการจัดกลุ่มชิ้นงาน P-Number

DATA - P-NUMBERS					
QW-422					
P-NUMBERS					
Grouping of Base Metals for Qualification					
P No.	Spec. No.	Grade	Minimum Specified Tensile, ksi [Note (1)]	Type of Base Metal	
				Nominal Composition	Product Form
Steel and Steel Alloys					
1	SA-31	A	45	(C)	Rivets
		B	58		
	SA-36	...	58	(C-Mn-Si)	Plate
	SA-53	Type S, Gr. A	48	(C)	Smls. Pipe
		Type S, Gr. B	60	(C-Mn)	Smls. Pipe
		Type E, Gr. A	48	(C)	Resistance Welded Pipe
		Type E, Gr. B	60	(C-Mn)	Resistance Welded Pipe
		Type F	45	(C)	Furnace Welded Pipe
	SA-106	A	48	(C-Si)	Smls. Pipe
		B	60		
	SA-134	...	...	(C)	Of SA-283 and SA-285
	SA-178	A	47 ²		Electric-Resistance Welded
		C	60	(C)	(ERW) Tube
	SA-179	...	...	(C)	Smls. Tube
	SA-181	Cl. 60	60	(C-Si)	Pipe Flange
	SA-192	...	47 ²	(C-Si)	Smls. Tube
	SA-210	A-1	60	(C-Si)	Smls. Tube
	SA-214	...	...	(C)	ERW Tube
	SA-216	WCA	60	(C-Si)	Casting
	SA-226	...	47 ²	(C-Si)	ERW Tube
	SA-234	Marking WPB	60	(C-Mn-Si)	Piping Fitting
	SA-266	Cl. 1	60	(C-Si)	Forging
	SA-283	A	45	(C)	Plate
		B	50		
		C	55		
		D	60		
	SA-285	A	45	(C)	Plate
		B	50		
		C	55		
	SA-333	1	55	(C-Mn)	Smls. and Welded Pipe
		6	60	(C-Mn-Si)	Smls. and Welded Pipe
	SA-334	1	55	(C-Mn)	Welded Tube
		6	60	(C-Mn-Si)	Welded Tube

หมายเหตุ : นอกจากกลุ่ม P-1 ที่แสดงในตารางแล้ว ยังมีกลุ่มวัสดุอื่นอีก ได้แก่ P-3 , P-4 , P-5 , P-6 , P-7

P-8 , P-9 , P-10 , P-21 , P-31 , P-41

4. โลหะเติม (Filler Metal)

โลหะเติม หมายถึง โลหะที่ใช้เติมลงในรอยต่อของชิ้นงาน 2 ชิ้น ที่จะเชื่อมติดกัน ในกรณีที่เชื่อมโลหะบาง ๆ แล้วใช้กระบวนการเชื่อมด้วยแก๊สหรือเชื่อมทิก อาจไม่ต้องใช้โลหะเติมก็ได้ ซึ่งใช้วิธีหลอมละลายทั้งสองชิ้นให้มาติดกันเท่านั้น

โลหะเติมถูกแบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ เช่นเดียวกับกับโลหะชิ้นงาน โดย ASME ได้แบ่งโลหะเติมออกเป็นกลุ่ม ๆ เรียกว่า F-Number ซึ่งนอกจากจะแบ่งตามชนิดของโลหะแล้ว ยังแบ่งตามชนิดของฟลักซ์อีกด้วย ซึ่งสามารถเปรียบเทียบมาตรฐาน ASME และมาตรฐานของ AWS ได้ ดังแสดงในตารางที่ 9.4

ตารางที่ 9.4 แสดงชนิดของโลหะเติมมาตรฐาน ASME

QW-432			
F-NUMBERS			
Grouping of Electrodes and Welding Rods for Qualification			
QW	F-No.	ASME Specification No.	AWS Classification No.
Steel and Steel Alloys			
432.1	1	SFA-5.1 & 5.5	EXX 20, EXX 24, EXX 27, EXX 28
	2	SFA-5.1 & 5.5	EXX 12, EXX 13, EXX 14
	3	SFA-5.1 & 5.5	EXX 10, EXX 11
	4	SFA-5.1 & 5.5	EXX 15, EXX 16, EXX 18, EXX 48
	4	SFA-5.4 other than austenitic	EXX 15, EXX 16
	5	SFA-5.4 (austenitic)	EXX 15, EXX 16
	6	SFA-5.2	RX
	6	SFA-5.17	FXX-EXX
	6	SFA-5.9	ERXX
	6	SFA-5.18	ERXXS-X
	6	SFA-5.20	EXXT-X
	6	SFA-5.22	EXXT-X
	6	SFA-5.23	FXX-EXXX-X, FXX-ECXXX-X, and FXX-EXXX-Xn, FXX-ECXXX-XN
	6	SFA-5.25	FESXX-EXXXXX-EX
	6	SFA-5.26	EGXTXXX
	6	SFA-5.28	ER-XXX-X and E-XXX-X
	6	SFA-5.29	EXXTX-X
	6	SFA-5.30	IN XXXX
Aluminum and Aluminum-Base Alloys			
432.2	21	SFA-5.10	ER 1100
	22	SFA-5.10	ER 5554, ER 5356, ER 5556, ER 5183, ER 5654
	23	SFA-5.10	ER 4043, ER 4047, ER 4145
	24	SFA-5.10	R-SC 51A, R356.0
Copper and Copper-Base Alloys			
432.3	31	SFA-5.6	ECu
	31	SFA-5.7	ER Cu
	31	SFA-5.27	ER Cu

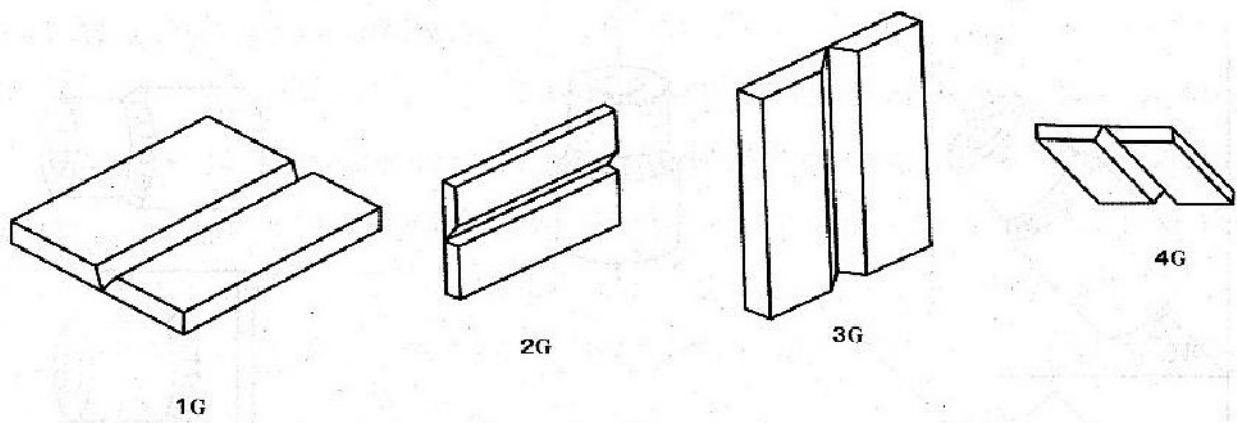
นอกจาก ASME จะแบ่งกลุ่มเติมของโลหะเติมแล้ว ยังบ่งชนิดของแนวเชื่อมตามส่วนผสมทางเคมีของแนวเชื่อมนั้น โดยแบ่งตาม A-Number ซึ่งถือว่าเป็นตัวแปรในกรณีของเหล็กเท่านั้น การแบ่งประเภทของ A-Number ดังแสดงในตารางที่ 9.5

DATA - P-NUMBERS					
QW-422					
P-NUMBERS					
Grouping of Base Metals for Qualification					
P No.	Spec. No.	Grade	Minimum Specified Tensile, ksi [Note (1)]	Type of Base Metal	
				Nominal Composition	Product Form
Steel and Steel Alloys					
1	SA-31	A	45	(C)	Rivets
		B	58		
	SA-36	...	58	(C-Mn-Si)	Plate
	SA-53	Type S, Gr. A	48	(C)	Smls. Pipe
		Type S, Gr. B	60	(C-Mn)	Smls. Pipe
		Type E, Gr. A	48	(C)	Resistance Welded Pipe
		Type E, Gr. B	60	(C-Mn)	Resistance Welded Pipe
		Type F	45	(C)	Furnace Welded Pipe
	SA-106	A	48	(C-Si)	Smls. Pipe
		B	60		
	SA-134	...	...		Of SA-283 and SA-285
	SA-178	A	47 ²	(C)	Electric-Resistance Welded (ERW) Tube
		C	60		
	SA-179	...	...	(C)	Smls. Tube
	SA-181	Cl. 60	60	(C-Si)	Pipe Flange
	SA-192	...	47 ²	(C-Si)	Smls. Tube
	SA-210	A-1	60	(C-Si)	Smls. Tube
	SA-214	...	...	(C)	ERW Tube
	SA-216	WCA	60	(C-Si)	Casting
	SA-226	...	47 ²	(C-Si)	ERW Tube
	SA-234	Marking WPB	60	(C-Mn-Si)	Piping Fitting
	SA-266	Cl. 1	60	(C-Si)	Forging
	SA-283	A	45	(C)	Plate
		B	50		
		C	55		
		D	60		
	SA-285	A	45	(C)	Plate
		B	50		
		C	55		
	SA-333	1	55	(C-Mn)	Smls. and Welded Pipe
		6	60	(C-Mn-Si)	Smls. and Welded Pipe
	SA-334	1	55	(C-Mn)	Welded Tube
		6	60	(C-Mn-Si)	Welded Tube

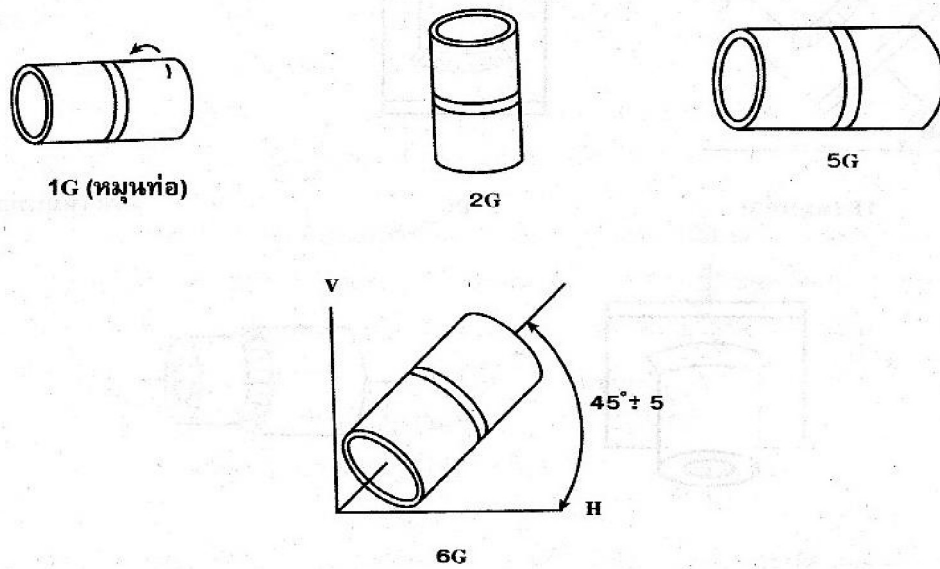
หมายเหตุ : ค่าที่ระบุค่าเดียวเป็นค่าสูงสุด

5. ท่าเชื่อม (Position)

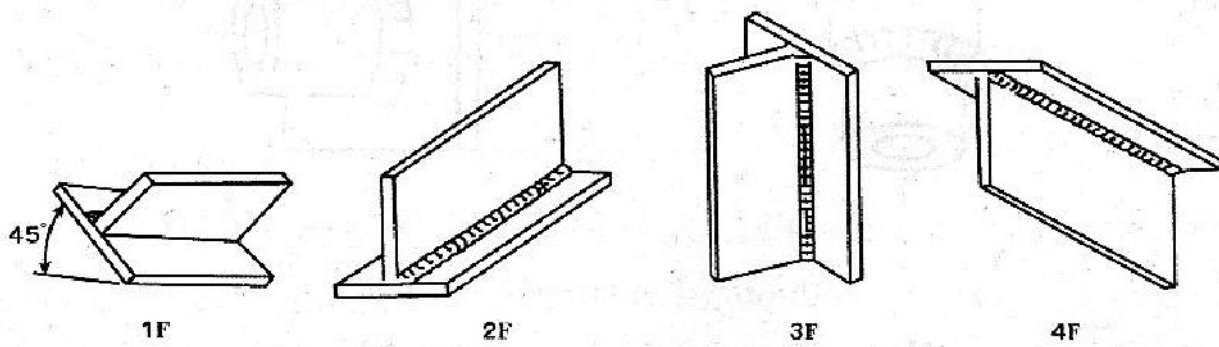
ต้องมีการกำหนดท่าเชื่อมทุกท่าที่ทำการเชื่อม เช่น ถ้าต้องการทำการเชื่อมในท่าตั้งต้องระบุด้วยว่าเชื่อมขึ้น (Uphill) หรือเชื่อมลง (Downhill) โดยระบุในทุกชั้นของการเชื่อม การระบุท่าเชื่อมหลายๆ ท่ารวมกัน สามารถทำได้หากสามารถแสดงถึงท่าเชื่อมนั้นๆ ได้อย่างชัดเจน เช่น การวาดภาพประกอบ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม วิธีการที่ดีที่สุด คือ การระบุท่าเชื่อมเพียงท่าเดียวต่อเอกสารวิธีในกระบวนการเชื่อม 1 ฉบับ สำหรับท่าเชื่อมในมาตรฐานนี้ ดังแสดงในรูปที่ 9.2 ถึงรูปที่ 9.5



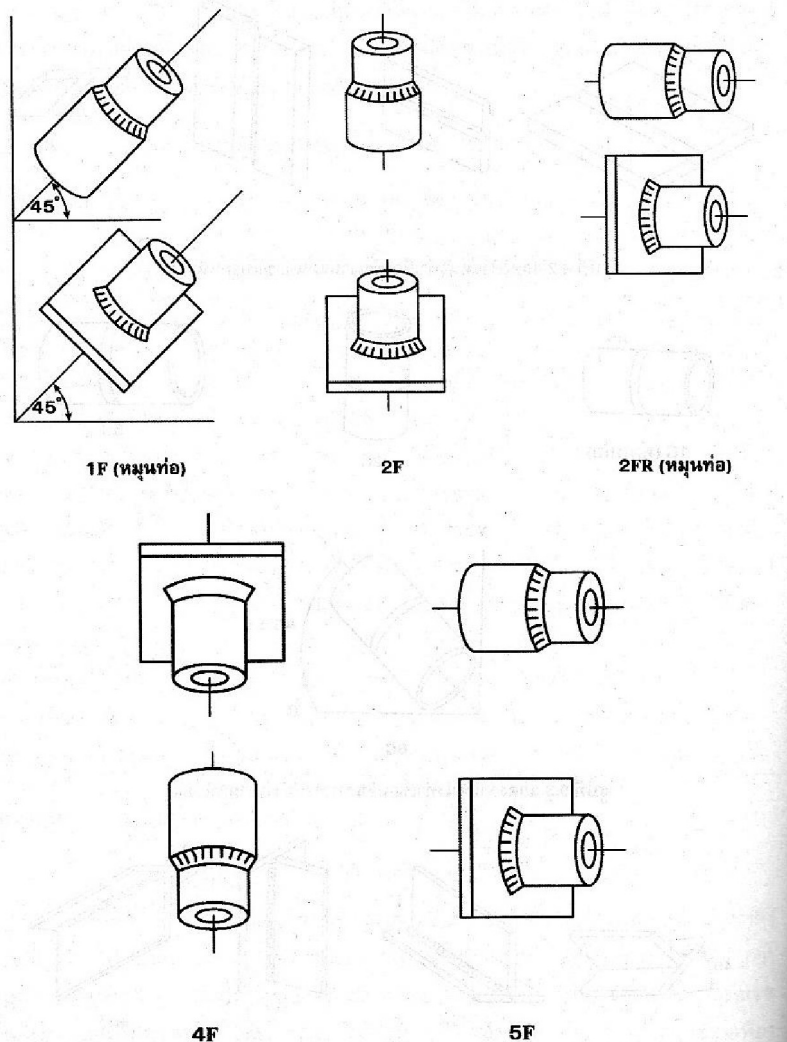
รูปที่ 9.2 แสดงตำแหน่งทำเชื่อมชิ้นงานแผ่นต่อชนปากหน้างาน



รูปที่ 9.3 แสดงตำแหน่งทำเชื่อมชิ้นงานท่อต่อชนปากหน้างาน



รูปที่ 9.4 แสดงตำแหน่งทำเชื่อมชิ้นงานต่อรูปตัวที



รูปที่ 9.5 แสดงตำแหน่งทำเชื่อมชิ้นงานต่อกับแผ่นงาน

6. การอุ่นชิ้นงาน (Preheat)

การอุ่นชิ้นงาน หมายถึง การให้ความร้อนกับโลหะชิ้นงานที่จะเชื่อมให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยปกติจะทำเมื่อโลหะนั้นมีคุณสมบัติในการเชื่อมไม่ดี วัตถุประสงค์การแตกร้า หรือโลหะที่มีความหนามาก และเพื่อเป็นการลดความขึ้นบนผิวของชิ้นงาน การกำหนดอุณหภูมิในการอุ่นชิ้นงานจะกำหนดให้มีอุณหภูมิที่ผิวของชิ้นงานห่างแนวเชื่อมประมาณ 2-3 นิ้ว เมื่อก่อนการเชื่อม หลังจากการเชื่อม และก่อนที่จะเชื่อมในแนวเชื่อมถัดไป (Interpass) ในบางครั้งอาจจะระบุวิธีการอุ่นชิ้นงานด้วย เช่น ใช้ขดลวดไฟฟ้า ใช้หัวเผา เป็นต้น

การกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการอุ่นชิ้นงานมักจะกำหนดโดยมาตรฐานที่ใช้สำหรับออกแบบชิ้นงานนั้น และถือว่าเป็นตัวแปรที่สำคัญสำหรับทุกกระบวนการเชื่อม ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิลดลงไปมากกว่า 37 °C

การเพิ่มอุณหภูมิในการเชื่อมแนวถัดไป (Interpass Temperature) มากกว่า 30 °C สำหรับโลหะที่ต้องการทดสอบแรงกระแทก ถือว่าเป็นตัวแปรที่สำคัญเพิ่มเติม

7. กระบวนการทางความร้อนหลังการเชื่อม (Postweld Heat Treatment)

หมายถึง การให้ความร้อนด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้กับแนวเชื่อมหลังจากการเชื่อม มักจะเขียนย่อ ๆ ว่า PWHT ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยลดความเค้นภายในของแนวเชื่อม โดยการทำ PWHT ต้องกำหนดข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

1. อุณหภูมิที่ทำการอบชิ้นงาน
2. ช่วงเวลาที่จะรักษาอุณหภูมิในการอบ
3. อัตราการเพิ่มและลดอุณหภูมิ

4. การทำ PEHT หลังจากการเชื่อมเสร็จทันที หรือภายในเวลาเท่านั้น

5. วิธีการทำ PWHT และการควบคุมอุณหภูมิ

การกำหนดข้อมูลเกี่ยวกับการทำ PWHT ที่กล่าวมานี้ มักกำหนดโดยมาตรฐานที่ใช้ออกแบบชิ้นงานนั้น และถือว่าเป็นตัวแปรที่สำคัญในสำหรับทุกกระบวนการเชื่อม

8. แก๊ส (Gas)

แก๊สในที่นี้หมายถึงแก๊สที่ใช้ความร้อนในกระบวนการเชื่อมแบบ Oxyfuel Gas Welding รวมถึงแก๊สเฉื่อยที่ใช้สำหรับกระบวนการเชื่อมแบบมิก กระบวนการเชื่อมมิก กระบวนการเชื่อมพลาสมา และอื่น ๆ ซึ่งอาจเป็นแก๊สชนิดเดียวกันหรือหลายชนิดผสมกันก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการเชื่อม โลหะที่เชื่อม และผู้ออกแบบงานเชื่อมเอง

สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับแก๊สที่ต้องมีการกำหนดลงใน WPS มีดังนี้

1. ชนิดของแก๊สที่ใช้
2. อัตราส่วนผสม (ในกรณีที่ใช้แก๊สผสม หรือความบริสุทธิ์ของแก๊ส)
3. อัตราการไหล (ปริมาตรต่อเวลา)
4. ใช้แก๊สรองหลัง (Backing Gas) ด้วยหรือไม่

การกำหนดข้อมูลเกี่ยวกับแก๊สที่กล่าวมานี้ ถือเป็นตัวแปรที่สำคัญทั้งสิ้น

9. คุณลักษณะทางไฟฟ้า (Electrical Characteristics)

คุณลักษณะทางไฟฟ้า หมายถึง สภาพทางไฟฟ้าของการเชื่อม ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้ความร้อนจากการอาร์กของกระแสไฟฟ้า เนื่องจากปริมาณของความร้อนจะมีผลกระทบโดยตรงกับคุณสมบัติของโลหะที่ต้องการทดสอบหาค่าความเหนียว สภาพไฟฟ้าจึงเป็นตัวแปรที่สำคัญเพิ่มเติม

อีกประการหนึ่งคือ การเชื่อมบางกระบวนการ และลวดเชื่อมบางชนิดถูกออกแบบมาให้ใช้ได้เฉพาะขั้วไฟฟ้าแบบใดแบบหนึ่ง (DCEN , DCEP หรือ AC) หรือใช้กับกระแสไฟฟ้าระดับใดระดับหนึ่งเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงอาจทำให้ไม่สามารถเชื่อมได้เลย ดังนั้นจึงต้องกำหนดข้อมูลเหล่านี้ให้ชัดเจน

สำหรับข้อมูลที่ต้องการในเรื่องของสภาพคุณลักษณะทางไฟฟ้า มีดังนี้

1. ชนิดของขั้วไฟฟ้า (DCEN , DCEP หรือ AC)
2. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้
3. แรงเคลื่อนไฟฟ้า
4. อัตราการป้อนลวดเชื่อม
5. ความเร็วในการเชื่อม (ความยาวของแนวเชื่อมต่อเวลา)
6. ขนาดของแท่งแท่งสแตน (ในกระบวนการเชื่อมทิก)

การระบุค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้า ต้องกระทำในทุก ๆ ชั้นของแนวเชื่อม โดยอาจระบุเป็นค่าเฉลี่ย $\pm 15\%$ และค่าต่ำสุด

10. เทคนิค (Technique)

เทคนิคเป็นตัวแปรย่อย ๆ ซึ่งยากแก่การจัดรวมอยู่ในตัวแปรใหญ่ ๆ ได้ ส่วนมากตัวแปรในเรื่องเทคนิคนี้จะขึ้นอยู่กับกระบวนการเชื่อมในแต่ละกระบวนการ และส่วนใหญ่จะเป็นตัวแปรที่ไม่สำคัญ เช่น วิธีการทำความสะอาด วิธีการกำจัดข้อบกพร่อง วิธีการเซาะร่องด้านหลัง การพินนิ่ง ตัวอย่างแบบฟอร์ม WPS ดังแสดงต่อไปนี้

ตัวอย่างข้อกำหนดของกระบวนการเชื่อม

Welding Procedure Specification (WPS)

WPS No.

ใช้กับ PQR No.

ตรวจสอบโดย

แก้ไขครั้งที่ วันที่ เดือน พ.ศ. โดย

กระบวนการเชื่อม () คน () เครื่อง () อัตโนมัติ () กึ่งอัตโนมัติ

การออกแบบรอยต่อ

ชนิด

แผ่นรองหลัง () มี () ไม่มี

ชนิดแผ่นหลัง

ระยะห่างชิ้นงาน

มุมของรอยต่อ รัศมี (U,r)

วัสดุชิ้นงาน

ประเภท

ความหนา เส้นผ่านศูนย์กลาง

โลหะเติม

ลวดเชื่อม ขนาด

ชั้นของฟลักซ์หุ้ม

ท่าเชื่อม

การอุ่นชิ้นงาน

ท่าเชื่อม เชื่อมฉาก อุณหภูมิค่าสุด

ท่าเชื่อมทำตั้ง () ขึ้น () ลง ระหว่างการเชื่อมต่ำสุด สูงสุด

การอุ่นหลังการเชื่อม อุณหภูมิหลังการเชื่อม

ช่วงอุณหภูมิ

แก๊ส

ช่วงเวลา

ชนิด อัตราการไหล

คุณลักษณะทางไฟฟ้า

แก๊สรองหลัง อัตราการไหล

กระแส () AC () DCEN () DCEP () Pulsed

เทคนิค

ขนาดกระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อน

เชื่อม () แนวเดียว () หลายแนว

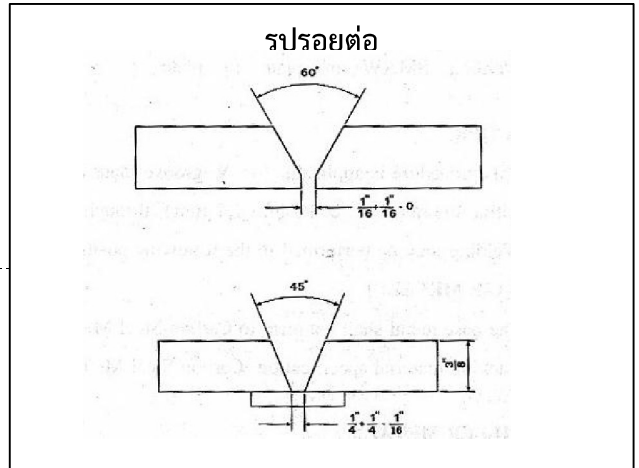
ขนาดถังสแตน ชนิด

การทำความสะอาด

การถ่ายโอนน้ำโลหะ (เชื่อมมิก)

วิธีการเซาะร่อง

ความเร็วป้อนลวดเชื่อม



ชั้นที่	กระบวนการ	โลหะเติม		การไฟฟ้าเชื่อม		โวลท์	ความเร็ว	หมายเหตุ
		ชนิด	ขนาด	หัวเชื่อม	แอมป์แปร			

ตัวอย่าง WPS จริง

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

Welding Procedure Specifications No : Practic Date :

TITLE :

Weldig SMAW of plate to plate

SCOPE :

This procedure is applicable V-groove plate with a backing strip within the range of 3/16 in. (4.7 mm.) thorough 3/4 in. (19 mm) Welding may be performed in the Following position : 3G

BASE METAL :

The base metal shall conform to Carbon Steel M -1 or P-1 , Group 1 or 2
Backing material Specification Carbon Steel M-1 or P-1 , Group 1 , 2 or 3

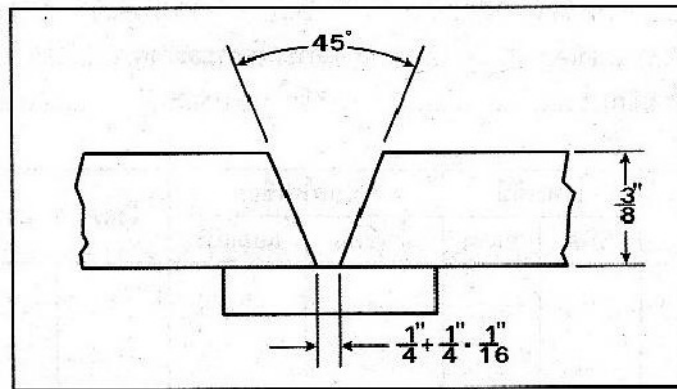
FILLER METAL :

The filler metal shall conform to AWS specification No. E7018 from AWS specification A5.1 . This filler metal fall into F-number F-4 and A-number A-1

SHIELDING METAL :

The shielding gas, or gases ,shall conform to the following composition and purity:
N/A

JOINT DESIGN AND TOLERANCES :



PREPARTION OF BASE METAL :

The bevel is to be flame cut on the edge of the plate before the parts are assembled . The beveled surface must be smooth and free of notches. Any roughness or notches that are deeper than 1/64 in. (0.4 mm) must be ground smooth.

All hydrocarbons and other contaminations, such as cutting fluids, grease, oil, and primers, must be cleaned off all parts and filler metals before welding. This cleaning can be done with any suitable solvents or detergents. The backing strip, groove face, and inside and outside plate surface must be done with a wire brush or grinder down to bright metal.

ELECTICAL CHARACTERISTICS :

The current shall be Direct Current Electrode Positive (DCEP) . The base metal shall be on the negative side of the line.

Welds	Filler Metal Dia	Current	Amperage Range
Tack	3/32 in. (2.4 mm)	DCEP	70 to 115
Root	1/8 in. (3.2 mm)	DCEP	115 to 165
Filler	5/32 in. (4 mm)	DCEP	150 to 220

PREHEAT :

The part must be heated to a temperature higher than 50 °F (10 °C) before any welding is started.

BACKING GAS :

N/A

SAFETY :

Proper protective clothing and equipment be used. The area must be free of all hazards that can affect the welding or others in the area. The welding machine, welding leads, work clamp, electrode holder, and other equipment must be in safe working order.

WELDING TECHNIQUE :

Tack weld the plates together with the backing strip. There should be about a 1/4-in. (6 mm) root gap between the plates. Use the E7018 arc welding electrodes to make a root pass to fuse the plates and backing strip together. Clean the slag from the root pass, being sure to remove any trapped slag along the sides of the weld.

Using the E7018 arc welding electrode, make a series of stringer or weave filler welds, no thicker than 1/4 in. (6.4 mm), in the groove until the joint is filled

INTERPASS TEMPERATURE :

The plate should not be heated to a temperature higher than 350 °F (175 °C) during the welding process. After each weld pass is completed, allow it cool but never to a temperature below 50 °F (10 °C). The weldment must not be quenched in water

CLEANING :

The slag must be cleaned off between passes. The weld beads may be cleaned by a hand wire brush, a hand chipping, a punch and hammer, or a needle-scaler. All weld cleaning must be performed with the test plate in the welding position. A grinder may not be used to remove weld control problems such as undercut, overlap, or trapped slag.

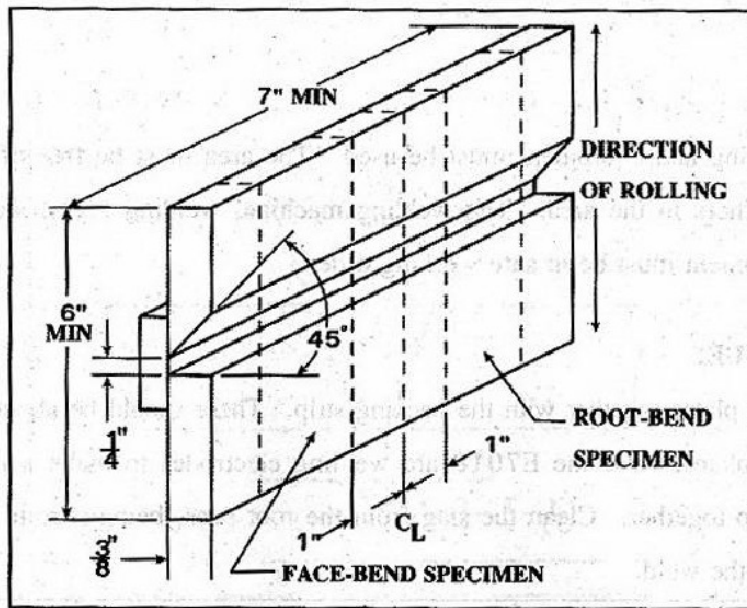
INSPECTION :

Visually inspect the weld for uniformity and discontinuities. There shall be no cracks, no incomplete fusion, and no overlap. Undercut shall not exceed the lesser of 10% of the base metal thickness or length, and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in. (2.4 mm)

REPAIR :

No repairs of defects are allowed.

SKETCHES :



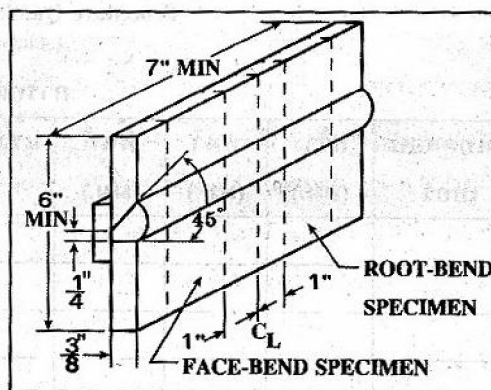
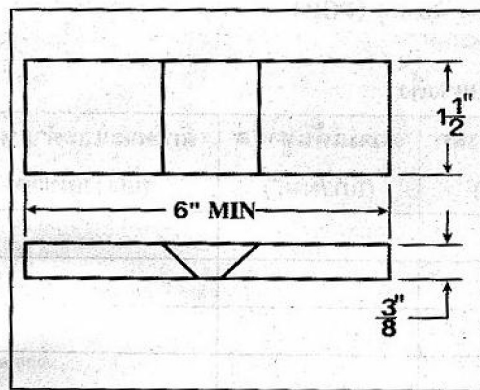
BEND TEST :

The weld is to be mechanically tested only after it has passed the visual inspection. Be sure that the test specimen are properly marked to identify the welder, the position, and the process.

SPECIMEN PREPARATION:

For 3/8 -in. test plates two specimens are to be located in accordance with requirements. One is to be prepared for a "Transverse Face-Bend" and the other is to be prepared for a "Transverse Root-Bend."

◆ **Transverse Face-Bend.** The weld is perpendicular to the longitudinal axis of the specimen and is bent so that the weld face becomes the tension surface of the specimen. Transverse "Transverse Root-Bend."



◆ Transverse Root-Bend. The weld is perpendicular to the longitudinal axis of the specimen and bent so that the weld root becomes the tension surface of the specimen. Transverse face-bent specimens shall comply with the requirements of

ACCEPTANCE CRITERIA FOR BEND TEST :

No single surface indication shall exceed 1/8 in. (3.2 mm) measured in any direction.

The sum of the greatest dimensions of all indications on the surface that exceed 1/32 in. (0.8 mm) but are less than or equal to 1/8 (3.2 mm) shall not exceed 3/8 in. (9.6 mm).