

## بنام خدا

### اهمیت WPS

با توجه به نیازمندی های صنعتی دنیای امروز، لازمست که کلیه عملیات های طراحی و ساخت و ساز و از آن جمله فعالیت های جوشکاری طبق قوانین تدوین شده ایی که تحت عنوان استاندارد شناخته می شوند، انجام گردد.

براین اساس لازمست برای انجام هر کاری دستورالعمل اجرایی تهیه شود و پس از تهیه با انجام آزمایشاتی قابلیت اجرایی دستور العمل و توانایی تحقق خواسته ها به اثبات برسد. که در آن صورت برای آینده و مراحل بهره برداری هیچ مشکل و نگرانی وجود نخواهد داشت.

### اسناد جوشکاری

**WPS**: یک دستورالعمل نوشته شده است که مسیر را برای جوشکار در اجرای جوشکاری

بر اساس کد مورد نظر مشخص می کند. یک WPS کامل باید کلیه متغیر های اساسی، غیر

اساسی و در صورت نیاز متغیر های تکمیلی را برای هر پروسه جوشکاری که در WPS استفاده شده را شرح دهد. این متغیر ها در QW-250 تا QW-280 از ARTICLE II ذکر و در ARTICLE IV بر اساس نشانی، هر یک جداگانه توضیح داده شده اند.

### WPS QUALIFICATION

هدف از تصویب یک WPS ارزیابی و تائید این مطلب که با انجام جوشکاری بر اساس این WPS جوش بدست آمده مطابق با جوش طراحی شده خواهد بود و می تواند اهداف مورد نیاز را برآورده سازد. تصویب WPS خصوصیات جوش را تضمین می کند نه مهارت جوشکار یا اپراتور جوشکاری را.

تست های مورد نیاز برای تصویب WPS : بر اساس نوع شیار (Groove or Fillet) و

ضخامت Test plate آزمونهای لازم برای تصویب WPS در QW-451 از

ARTICLE IV آورده شده اند و نحوه انجام و معیار های پذیرش هر یک از تست ها را می

توان در ARTICLE I یافت.

**PQR:** گزارشی از متغیر های جوشکاری است که در جوشکاری Test plate بکار رفته ، همچنین شامل نتایج تست نمونه های آزمایش شده است .  
در صورتیکه نمونه های تست معیار های لازم جهت تائید را داشته باشند ، برای WPS ،  
PQR صادر می شود و WPS تصویب شده قابلیت اجرا را دارد .

## **Welder Performance Qualification**

برای انجام جوشکاری لازمست از فردی که توانایی انجام این کار را داشته باشد استفاده شود .  
بنابراین باید جوشکار را تائید صلاحیت کرد . تائید صلاحیت جوشکار به متغیر های اساسی که  
تحت عنوان متغیر های اساسی اجرایی ( PERFORMANCE ) شناخته می شوند محدود می  
گردد . متغیر های PERFORMANCE برای هر یک از روش های جوشکاری در-QW  
353 تا QW-357 و QW-416 از ARTICLE III ذکر و در ARTICLE IV بر اساس  
نشانی ، هر یک جداگانه توضیح داده شده اند

یکی از این دستور العمل ها ی اجرای ، دستور العمل جوشکاری ( WPS ) است ، که دارای  
اهمیت فراوانی می باشد .  
در اینجا سعی شده با شرح مراحل تدوین یک WPS برای یک روش جوشکاری تا حدی  
خوانندگان با نحوه تهیه WPS آشنا شوند . استاندارد های مختلفی برای تهیه WPS که از آن  
جمله می توان به:

**ASME SECTION IX (USE FOR BOILERS AND PRESSURE  
VESSELS)**  
**AWS D.1.1 (USE FOR BRIDGES AND BULDINGS)**  
**API 1104 (USE FOR PIPELINE)**

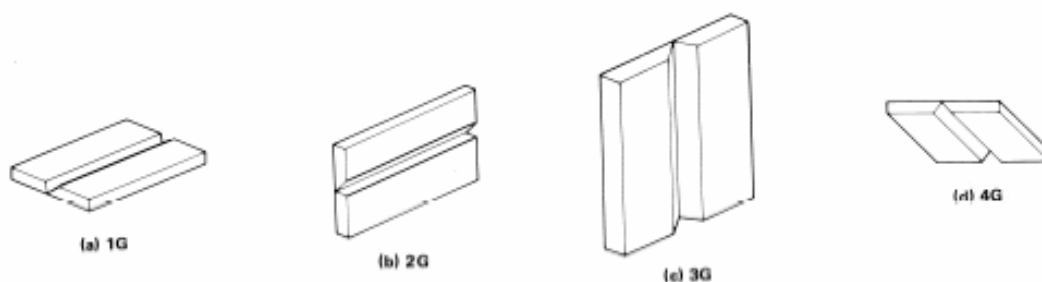
اشاره نمود .

هر WPS باید دارای جزئیاتی باشد که مهمترین آنها عبارتند از:  
**فلز مبنا (Base metal):** در هر WPS باید فلز مبنای مورد استفاده با ذکر مشخصات آن  
ثبت گردد . مشخصات کامل فلز مبنا را می توان با مراجعه به Part A برای فلزات پایه آهن و

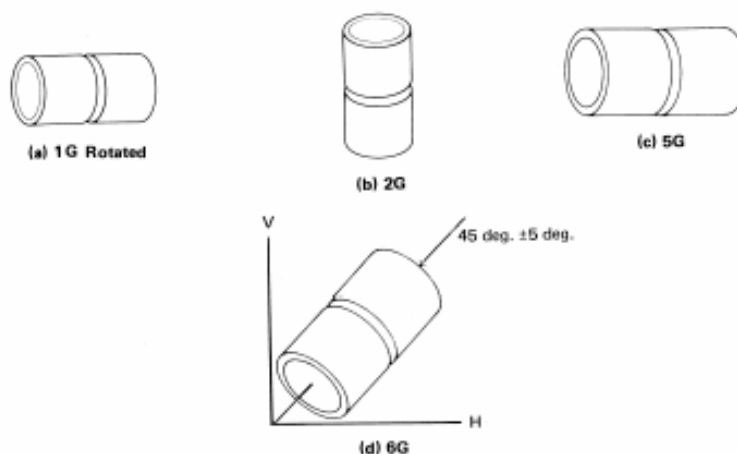
Part B برای فلزات غیر آهنی از کد ASME SECTION II بدست آورد. برای به حداقل رساندن تعداد WPS ها و آزمایشات لازم برای هر کدام، فلزات پایه را به روشهای مختلف گروه بندی کرده اند. در کد ASME SECTION IX مبنای گروه بندی ها ترکیب و خواص مکانیکی شان می باشد که فلزات پایه با P. Number و Group. Number تقسیم بندی شده اند. کلیه فلزات مورد استفاده در QW/QB- 422 از ARTICLE IV لیست شده است.

**فلز پر کننده (Filler metal):** مشخصات کامل فلز پر کننده اعم از نام، قطر و... باید بطور کامل در WPS ثبت گردد. این اطلاع را می توان با مراجعه به Part C از کد ASME SECTION II بدست آورد. این کد الکترودها را بر اساس خواص و ترکیبشان تحت عنوان F- Number تقسیم بندی نموده است.

**حالت جوشکاری (Position):** وضعیت نسبی جوش و جوشکار در فضا را حالت جوشکاری می نامند. در اینجا حالت جوشهای شیاری ورق و لوله برای نمونه آورده شده است:



QW-461.3 GROOVE WELDS IN PLATE – TEST POSITIONS



QW-461.4 GROOVE WELDS IN PIPE – TEST POSITIONS

سایر حالات جوشهای گوشه در ورق و لوله را می توان بترتیب در QW-461.5 و QW-461.6 یافت.

**اتصال (Joint):** کلیه مشخصات اتصال اعم از شیاری (Groove) یا گوشه ایی (Fillet) بودن، وجود یا عدم وجود پشت بند (Baking)، در صورت وجود پشت بند مشخص کردن جنس آن، هندسه اتصال مثل فاصله لبه ها، پایه پخ، زاویه پخ و .... در یک WPS باید ذکر شود.

**پیش گرم (Pre heat):** الزامات مربوط به پیش گرم بر اساس نوع و ضخامت فلز پایه در APPENDIX R از ASME section VIII آورده شده است. حداقل درجه حرارت پیشگرم، درجه حرارت بین پاسی، روش پیشگرم و .... باید در WPS ثبت گردد.

**عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT):** الزامات مربوط به پس گرم بر اساس نوع و ضخامت فلز پایه در جدول UCS\_56 از ASME section VIII آورده شده است.

**خصوصیات الکتریکی (Electrical characteristics):** در روشهایی همانند: SMAW, GTAW, GTAW, ... که از منبع جریان الکتریسیته استفاده می شود، لازمست کلیه مشخصات الکتریکی از جمله: نوع جریان AC یا DC، پلاریته جریان در نوع DC، شدت جریان، ولتاژ و .... باید بطور کامل در WPS ثبت گردد. خصوصیات الکتریکی مربوط به مواد مصرفی جوشکاری را باید از کاتالوگ ماده مورد نظر که تولید کننده در اختیار می گذارد استخراج نمود.

**تکنیک جوشکاری (Welding technique):** شامل روش تمیز کاری بین پاس و تمیز کاری اولیه مثل برس زنی یا سنگ زنی، روش شیارزنی طرف پشت (Back gouging)، مستقیم (Strength) یا موجی (Wave) بودن خط جوش، محدوده سرعت حرکت دست جوشکار، کوبیدن (Penning)، تک پایه یا چند پایه بودن، تک الکتروده یا چند الکتروده بودن، شماره سر مشعل در روش های گازی و .... می باشد.

**جدول پارامترهای اصلی جوشکاری:** در این قسمت باید نوع فرایند جوشکاری، ترتیب و توالی لایه ها، قطر فلز پرکننده، نوع جریان، پلاریته جریان، محدوده آمپراژ و ولتاژ، ورودی حرارت (Heat input) و .... بطور کامل ذکر شود.

**اندازه و نوع الکترود تنگستنی (Tungsten electrode):** در روش جوشکاری با الکترود تنگستنی (GTAW) نوع الکترود (خالص، زیرکونیومی، توریومی و ...) و قطر الکترود باید مشخص شود.

**گاز مورد استفاده (Gas):** در کلیه روشهای گازی باید نوع و ترکیب گاز مورد استفاده برای حفاظت جوش و دبی جریان و پیش رو یا پس رو بودن آن مشخص گردد.

پس از این توضیحات کلی در خصوص مواردی که بنا بر حساسیت کار ممکن است بطور کامل و یا ساده تر در یک WPS ثبت شود، اکنون بعنوان نمونه مراحل تهیه یک WPS شرح داده می شود:

**هدف تائید صلاحیت جوشکار در روش SAMW با استفاده از الکتروود E7018 بر روی فولاد کربنی SA-36 با ضخامت 20mm در حالت 1G بر اساس ASME SECTION IX می باشد:**

ASME SECTION IX به دو بخش اصلی QW و QB تقسیم می شود که بخش QW مختص الزامات جوشکاری است و خود به پنج ARTICLE تقسیم می گردد، که عبارتند از:

***QW-100 General introduction to testing requirements etc.***

***QW-200 Procedure Qualification details.***

***QW-300 Performance Qualifications (welder Approvals) details.***

***QW-400 Welding Data .This is the biggest section of the code and covers data for both procedure and performance qualification .It includes:***

- Material and consumable data***
- Approval range for thickness, diameter, joint***
- Configuration and welding positions.***
- Definitions used in code.***

***QW-500 Standard Welding Procedure Specifications (SWPSs)***

**متغیرهای جوشکاری سه دسته اند:**

***1. Essential variables: (متغیر های اساسی)*** تغییر در هیچیک از متغیرها بجز محدوده مشخص شده در استاندارد مجاز نمی باشد و نیاز به تائید صلاحیت مجدد دارد.

**- متغیر های اساسی در (WPS) procedure:** هر یک از شرایط جوشکاری که تغییر در آنها روی خواص مکانیکی (بجز چقرمگی) سازه جوش شده تاثیر گذار باشد ( همانند روش جوشکاری، فلز پر کننده، الکتروود، فلز پایه و..).

**- متغیر های اساسی در (Welder qualification) performance:** هر یک از شرایط

جوشکاری که تغییر در آنها روی توانایی جوشکار در رسوب کامل فلز جوش موثر باشد. (روش جوشکاری، حذف پشت بند، تغییر الکتروود و..)

**2. Supplementary essential variables (متغیر های اساسی تکمیلی):** هر یک از شرایط جوشکاری که روی خواص چقرمگی سازه جوش شده تاثیر گذار باشد (heat input, post weld heat treatment, ...). این متغیر ها زمانیکه بخش های دیگر کد ASME آزمایش ضربه در دمای پائین را ضروری بداند ، به مجموع متغیر های اساسی افزوده می شود. و همانند متغیر های اساسی تغییر در آنها نیاز به تائید صلاحیت مجدد دارد.

**3. Non essential variables ( متغیر های غیر اساسی):** هر یک از شرایط جوشکاری که تغییر در آنها بر خواص مکانیکی سازه جوش شده تاثیر نداشته باشد ( روش شیار زنی، تمیز کاری بین پاس و...) و تغییر در آنها نیاز به تائید صلاحیت مجدد ندارد.

متغیر های PROCEDURE برای هر یک از روش های جوشکاری در QW-250 تا QW-280 از ARTICLE II ذکر و در ARTICLE IV بر اساس نشانی ، هر یک جداگانه توضیح داده شده اند..

بعنوان مثال جدول زیر کلیه متغیر های مربوط به تهیه Procedure جوشکاری ( WPS ) برای روش SMAW است. که به سه دسته متغیر تقسیم میشوند. مثلا متغیر های مربوط به Filler metal تغییر در قطر الکتروود جز متغیر های غیر اساسی است و با مراجعه به پاراگراف مشخص شده باید به QW-404 بند 30 می توان مقدار تغییرات مجاز را بدست آورد. کلیه متغیر ها به همین ترتیب باید بررسی شوند.

QW-253  
WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)  
Shielded Metal-Arc (SMAW)

Paragraph	Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-402 Joints	.1	$\phi$ Groove design		X
	.4	- Backing		X
	.10	$\phi$ Root spacing		X
	.11	$\pm$ Retainers		X
QW-403 Base Metals	.5	$\phi$ Group Number		X
	.6	T Limits impact		X
	.7	T/t Limits > 8 in. (203 mm)	X	
	.8	$\phi$ T Qualified	X	
	.9	t Pass > 1/2 in. (13 mm)	X	
	.11	$\phi$ P-No. qualified	X	
	.13	$\phi$ P-No. 5/9/10	X	
QW-404 Filler Metals	.4	$\phi$ F-Number	X	
	.5	$\phi$ A-Number	X	
	.6	$\phi$ Diameter		X
	.7	$\phi$ Diam. > 1/4 in. (6 mm)		X
	.12	$\phi$ AWS class.		X
	.30	$\phi$ t	X	
	.33	$\phi$ AWS class.		X
QW-405 Positions	.1	+ Position		X
	.2	$\phi$ Position		X
	.3	$\phi$ $\uparrow\downarrow$ Vertical welding		X
QW-406 Preheat	.1	Decrease > 100°F (56°C)	X	
	.2	$\phi$ Preheat maint.		X
	.3	Increase > 100°F (56°C) (IP)		X
QW-407 PWHT	.1	$\phi$ PWHT	X	
	.2	$\phi$ PWHT (T & T range)		X
	.4	T Limits	X	
QW-409 Electrical Characteristics	.1	> Heat input		X
	.4	$\phi$ Current or polarity		X
	.8	$\phi$ I & E range		X
QW-410 Technique	.1	$\phi$ String/weave		X
	.5	$\phi$ Method cleaning		X
	.6	$\phi$ Method back gouge		X
	.9	$\phi$ Multi to single pass/side		X
	.25	$\phi$ Manual or automatic		X
	.26	$\pm$ Peening		X

Legend:  
+ Addition      > Increase/greater than       $\uparrow$  Uphill       $\leftarrow$  Forehand       $\phi$  Change  
- Deletion      < Decrease/less than       $\downarrow$  Downhill       $\rightarrow$  Backhand

با توجه به هدف که تائید صلاحیت جوشکار برای یک روش خاص و در محدوده متغیر های مربوط به آن دو راه برای انجام تست تائید صلاحیت جوشکار وجود دارد:

1. **استفاده از یک WPS مصوب**، که جوشکار بر اساس آن جوشکاری انجام دهد. (که بدلیل نداشتن WPS مصوب از این روش استفاده نشد).

2. **استفاده از یک PRE LIMINARY WPS** (که تست های لازم برای تصویب بر روی آن انجام نشده) ، در صورتیکه جوشکار این WPS را اجرا کند و تست ها بتوانند معیار های پذیرش را بگذرانند. هم WPS و هم جوشکار تائید می شوند. (که در این پروژه از این روش استفاده شد)

بدین ترتیب هدف تهیه WPS ایی برای روش SMAW است به همین دلیل به

### ***QW-253 (Welding variables procedure specifications for shielded metal arc welding)***

مراجعه میشود. که کلیه متغیر های این روش ذکر شده است.

و با توجه به آن شروع به نوشتن WPS میکنیم:

#### **1. انتخاب الکتروود:** الکتروودی که برای جوشکاری استفاده می شود، اولاً باید ترکیبی

مشابه فلز پایه داشته باشد، ثانیاً استحکام کششی آن از استحکام کششی فلز پایه کمتر نباشد.

همچنین در این انتخاب بسته به خواص مورد انتظار از جوش همانند استحکام ضربه ، کنترل ترکیب شمیایی پوشش در خصوص عدم حضور هیدروژن در پوشش ضروری است.

الکتروودی که بناست با آن جوشکاری انجام شود، E7018 است که از نظر ترکیب و UTS قابل استفاده است.

ولی این الکتروود بدلیل عدم نفوذ کافی برای پاس ریشه مناسب نیست . برای جوشکاری پاس ریشه از الکتروود E6010 که الکتروودی سلولوزی است و دارای نفوذ زیاد است استفاده می شود.

2. پس از انتخاب الکتروود باید مشخصات الکتریکی یعنی شدت جریان ، ولتاژ، پلاریته جریان

و... تعیین شود . این اطلاعات را هر یک از تولید کنندگان الکتروود در کاتالوگ محصولات

خود درج می کنند. در اینجا از محصولات AMA استفاده شد و مشخصات الکتریکی مورد

نظر که بسته به قطر الکتروود تغییر میکنند از کاتالوگ مربوطه استخراج شد. همچنین شرایط

پخت الکتروود را از کاتالوگ تولید کننده استخراج می کنیم.



3. پیش گرم : با توجه به نوع و ضخامت فولاد استفاده شده (10<sup>0</sup>C F 50<sup>0</sup> است).

4. پس گرم : با توجه به نوع و ضخامت فولاد استفاده شده به ازای هر اینچ ضخامت برای ضخامت های کمتر از 2 اینچ، یکساعت نگهداری در حداقل دمای 1100<sup>0</sup> F است. که برای ضخامت 20mm این زمان تقریباً یکساعت می باشد

5. تمیز کاری : روش تمیز کاری بین پاس ها استفاده از برس و سنگ زنی است.

پس از کامل شدن WPS نوبت به اجرای آن بر روی Test plate می رسد.

آماده سازی Test plate :

با توجه به QW-451 (نوع و تعداد و ابعاد نمونه تست های مورد نیاز) و در نظر گرفتن حداقل 1 in بعنوان discard طول test plate بیش از 300mm , عرض هر یک حداقل 125mm در نظر گرفته شد.

پس از پخ سازی نمونه ها و انجام تمیز کاری برای جلوگیری از حضور هر گونه آلودگی عملیات اجرایی آغاز شد. ابتدا دو قطعه را توسط گل جوش بهم متصل کرده و سپس برای اطمینان از Fit up مناسب قطعه و پیشگیری از عیوبی همچون Hi lo و Distortion قطعه مهار شد.

جوشکاری با پاس ریشه آغاز و همزمان و قبل از آن بازرسی چشمی هم پیش میرفت. برای کنترل دمای بین پاس از گچ حرارتی استفاده می شد که در فاصله تقریباً 6cm از شیار کشیده می شد. هنگامیکه دمای قطعه به بیش از دمای مورد نظر در WPS میرسید گچ ذوب و بخار میشد که در این لحظه جوشکاری را متوقف کرده و به قطعه اجازه سرد شدن داده می شد.



بیش گرم قطعه



تمیز کاری بین پاس توسط سنگ زنی



نوب گچ حرارتی با رسیدن دمای قطعه به بیش از دمای بین پاس

تمیز کاری بین پاس همانند آنچه در WPS ذکر شده توسط Grinding و Brushing انجام شد.

برای بازرسی چشمی نیازمند یک procedure هستیم که با توجه به ASME SECTION V و ASME B 31.3 تهیه شد و با استفاده از این Procedure بازرسی چشمی انجام شد.



پایان عملیات جوشکاری- قطعه آماده بازرسی چشمی

Visual inspection proceed no.....Date.....By.....					
Welding procedure specification no..... Supporting PQR (s) no.....					
Welding process.....Type.....					
Welder qualification test record no.....					
Technique used.....					
Method required for surface preparation.....					
Item	Subject	Acceptance value limit	Examine Defect	References standard	Remark (s)
1.	Crack	Zero (no evident imperfection)	Zero	ASME B31.3	OK
2.	Lack of fusion	Zero (no evident imperfection)	Zero	ASME Section IX , ASME B31.3	OK
3.	Surface porosity	Zero (no evident imperfection)	Zero	ASME B31.3	OK
4.	Incomplete penetration	Zero (no evident imperfection)	Zero	ASME Section IX,B31.3	OK
5	Weld reinforcement	Max 4mm	3mm	ASME B 31.3	OK
6.	Concave root surface	Total joint thickness + Reinforcement $\geq$ Tw	= Tw	ASME B31.3	OK
7.	Distortion	Max 4mm	4mm		OK

پس از تائید کوپن تست در مرحله بازرسی چشمی نوبت به انجام تست های مکانیکی می رسد. به منظور تهیه نمونه های تست مطابق آنچه در QW-463 نمونه ها را به ترتیب نشان داده شده از کوپن تست جدا میکنیم.

Discard		this piece
Side bend		specimen
Reduced section		tensile specimen
Side bend		specimen
Side bend		specimen
Reduced section		tensile specimen
Side bend		specimen
Discard		this piece



**QW-463.1(b) PLATES —  $\frac{3}{4}$  in. (19 mm) AND OVER THICKNESS AND ALTERNATE FROM  $\frac{3}{8}$  in. (10 mm) BUT LESS THAN  $\frac{3}{4}$  in. (19 mm) THICKNESS  
PROCEDURE QUALIFICATION**

انجام تست های مکانیکی معیار پذیرش Tension test : UTS نمونه کمتر از UTS فلز پایه نباشد

و برای Side bend test : هیچ نا پیوستگی بازی در جوش یا HAZ با اندازه بیش از 3.2mm مشاهده نشود.

با انجام تستهای مکانیکی، کلیه نمونه ها توانستند معیارهای پذیرش مربوطه را بگذرانند و به این ترتیب برای WPS، PQR صادر شد و با تصویب WPS به جوشکار هم Certificate (WPQ) اعطا گردید.

هر یک از کد ها و استانداردهایی که یک جوشکار را برای یک حالت خاص، با استفاده از یک الکتروود مشخص تأیید صلاحیت می کنند، به او اجازه جوشکاری در تمام حالات ساده تر از حالت تأیید صلاحیت شده و جوشکاری با یک سری مشخص از الکتروود بعلاوه الکتروود تأیید صلاحیت شده را هم به او می دهد.

کد ASME نیز محدوده این حالات و الکتروود ها را مشخص نموده است و در فرم WPQ ثبت می گردد.

جدول مربوط به محدودیت های حالت و قطر برای آزمون جوشکار:

QW-461.9  
**PERFORMANCE QUALIFICATION — POSITION AND DIAMETER LIMITATIONS**  
 (Within the Other Limitations of QW-303)

Qualification Test		Position and Type Weld Qualified [Note (1)]		
		Groove		Fillet Plate and Pipe
		Plate and Pipe Over 24 in. (610 mm) O.D.	Pipe ≤ 24 in. (610 mm) O.D.	
Weld	Position			
Plate — Groove	1G	F	F [Note (2)]	F
	2G	F,H	F,H [Note (2)]	F,H
	3G	F,V	F [Note (2)]	F,H,V
	4G	F,O	F [Note (2)]	F,H,O
	3G and 4G	F,V,O	F [Note (2)]	All
	2G, 3G, and 4G	All	F,H [Note (2)]	All
	Special Positions (SP)	SP,F	SP,F	SP,F
Plate — Fillet	1F	...	...	F [Note (2)]
	2F	...	...	F,H [Note (2)]
	3F	...	...	F,H,V [Note (2)]
	4F	...	...	F,H,O [Note (2)]
	3F and 4F	...	...	All [Note (2)]
	Special Positions (SP)	...	...	SP,F [Note (2)]
Pipe — Groove [Note (3)]	1G	F	F	F
	2G	F,H	F,H	F,H
	5G	F,V,O	F,V,O	All
	6G	All	All	All
	2G and 5G	All	All	All
	Special Positions (SP)	SP,F	SP,F	SP,F
Pipe — Fillet [Note (3)]	1F	...	...	F
	2F	...	...	F,H
	2FR	...	...	F,H
	4F	...	...	F,H,O
	5F	...	...	All
	Special Positions (SP)	...	...	SP,F

- NOTES:  
 (1) Positions of welding as shown in QW-461.1 and QW-461.2.  
 F = Flat  
 H = Horizontal  
 V = Vertical  
 O = Overhead  
 (2) Pipe 2<sup>7</sup>/<sub>8</sub> in. O.D. and over.  
 (3) See diameter restrictions in QW-452.3, QW-452.4, and QW-452.6.

