شرکت کاوش همایش

گروه مهندسین بین المللی جوش ایران

دوره آموزشی

آشنایی با تست و دستورالعمل جوشکاری WPS/PQR مطابق با استاندارد ASME

زمان : بهمن ۱۳۷۹

مکان : دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی امیرکبیر

فهرست مندرجات

فصل اول - مروری بر فرایندهای جوشکاری ۱

فصل دوم - مشخصات روش جوشکاری WPS ۳۲

فصل سوم - گزارش کیفیت روش جوشکاری PQR ۷۳

فصل چهارم - ضمائم ۹۲

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

مقدمه

برای تولید محصولی مطلوب ، تجربه در تولید همواره یکی از عوامل مهم به حساب می آید. تجربیات تولید در کشورهای صنعتی بصورت استاندارد مکتوب شده اند تا با استفاده از آنها خطاهای گذشته تکرار نشود و علاوه بر صرفه جویی در وقت و مواد اولیه باعث بالا رفتن کیفیت در تولید شوند.

برطبق کلیه استانداردهای صنعتی ، قبل از هر گونه عملیات جوشکاری تهیه روش جوشکاری (WPS) و ثبت آزمایشات و تائید آن (PQR) از حداقل پیش نیازهای شروع جوشکاری است.

مشخصات روش جوشکاری Welding Procedure Specification ، مراحل مختلف جوشکاری یک اتصال و اطلاعات لازم و مربوط به آن را به تفصیل بیان می کند. در حقیقت مشخصات روش جوشکاری ، محدوده و مقادیر متغیرهای دخیل در فرایند و مشخصات مواد پایه و فلز پرکننده را تعیین می کند.

می توان گفت مشخصات روش جوشکاری کنترل کننده و متضمن کیفیت قطعه جوشکاری شده است.

بنابراین هر اتصال نیاز به یک مشخصات روش جوشکاری (WPS) دارد و آزمایشات کنترل کیفی که براساس استانداردها برای هر اتصال تهیه و ارائه می شود، نشان دهنده اجرای صحیح روش جوشکاری پیشنهادی است.

لازم به ذکر است که استاندارد و مشخصات کیفیت یک قطعه جوشکاری شده به هنگام طراحی ، براساس کدهای مختلف کیفیت بیان می شود. این کد و درجه بندی بسته به حساسیت کار، شرایط و امکانات سازنده و کشور تولید کننده متغیر است. لذا روش جوشکاری و بدنبال آن کنترل کیفیت نیز براساس همان استاندارد انجام می پذیرد.

در این دوره ، در فصل اول بطور فشرده ، فرایندهای جوشکاری متداول را بررسی می کنیم. سپس در فصل دوم به مشخصات روش جوشکاری(WPS)و نحوه تعیین متغیرهای مختلف آن می پردازیم. فصل سوم را به بررسی گزارش کیفیت روش جوشکاری (PQR) اختصاص داده ایم. در بخش ضمائم نیز نمونه هایی از جداول و اطلاعات مورد نیاز ارائه شده است.

در پایان لازم میدانم از دوست ارجمندم جناب آقای مهندس سعید محبوبی پور که همواره مشوقم بوده و همراهیشان هماره راهگشا، تشکر و قدردانی نمایم.

نیما هنرمندیان

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

فصل اول

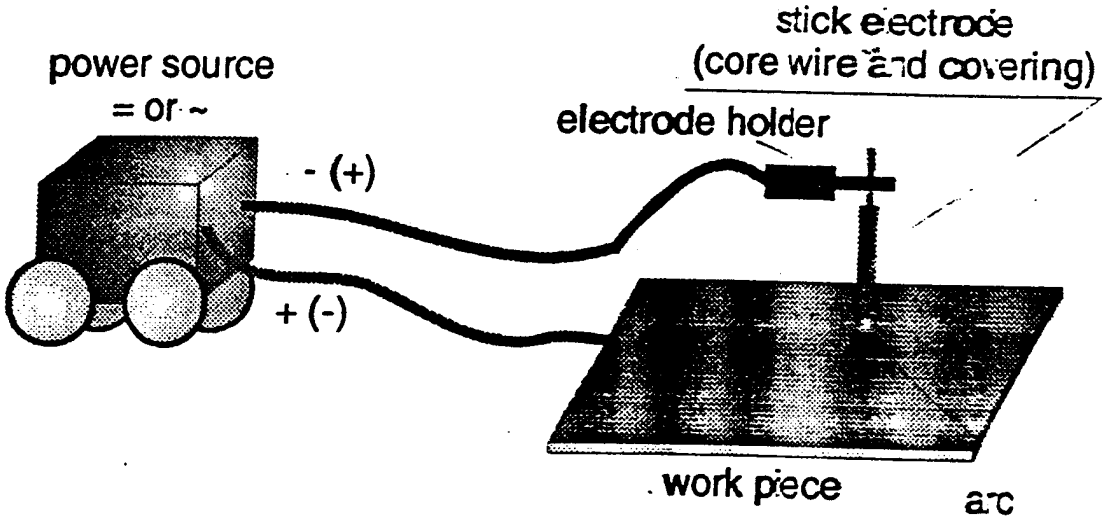
مروری بر فرایندهای جوشکاری

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

تعریف :

قوس الکتریکی مابین الکترود مصرف شدنی و قطعه کار برقرار می گردد. قوس و حوضچه مذاب و سرباره ایجاد شده در نتیجه مصرف شدن الکترود ، توسط گازهای محافظ محافظت می گردند.

اصول :



قطبیت الکترود پوشش دار در حالت استفاده از برق مستقیم (DC) :

الکترودهای لیمیدی و روتیلی باید به قطب منفی متصل گردند.

الکترود های نوع بازی و تمام الکترودهای پوشش دار آلیاژ بالا باید به قطب مثبت متصل گردند.

شروع و نوع افروزش قوس :

انتقال فلز بصورت اتصال کوتاه صورت می پذیرد.

انواع منبع تامین انرژی :

۱ـ کنورتر : تولید برق مستقیم (DC) می کند.

۲ـ رکتی فایر (یکسوکننده) : تولید برق مستقیم (DC) می کند.

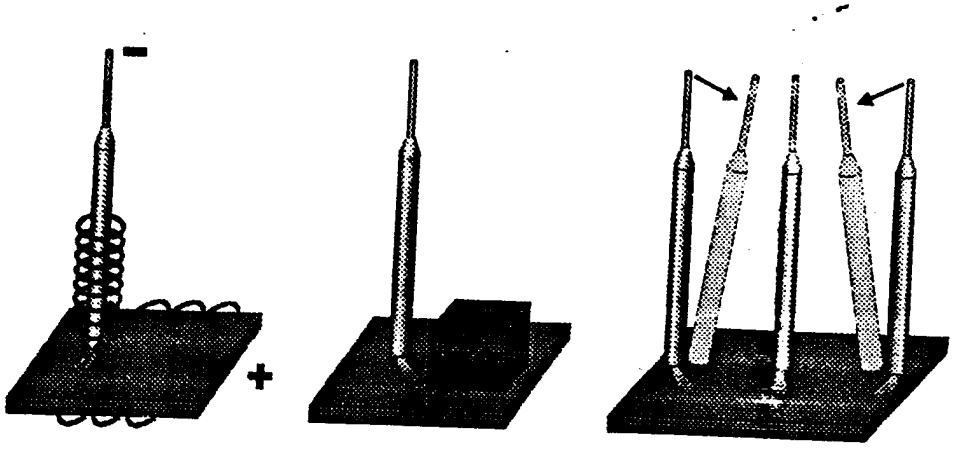
۳ـ ترانس : تولید برق متناوب (AC) می کند.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

پدیده وزش قوس :

عبور جریان الکتریکی در الکترود ، قطعه کار و کابل زمینی یک حوزه مغناطیسی را بوجود می آورد که بصورت دایره های متوالی عمود بر عبور جریان می باشند . هنگامیکه حوزه اطراف قطعه کار یا الکترود نامتعادل باشد ، قوس بطرفی که تمرکز حوزه بیشتر است انحراف می یابد. این انحراف از حالت حقیقی و نرمال به " وزش قوس " (Arc Blow) مشهور است و بیشتر در جریان یکنواخت رخ می دهد زیرا گرچه حوزه مغناطیسی از نظر جهت ثابت است ولی در جریان متناوب بعلت تغییر جهت جریان الکتریکی در هر نیم سیکل این عمل کمتر اتفاق افتاده و یا ناچیز است .

در مواقعیکه " وزش قوس " زیاد باشد ، جوش کامل بوجود نیامده و همراه با جرقه ها و ترشحات زیادی می باشد.

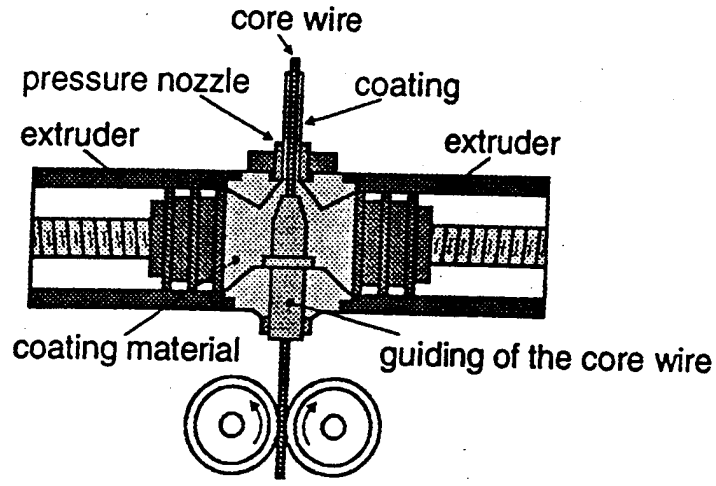


راه های جلوگیری و کاهش وزش قوس عبارت است از :

- تغییر نوع جریان الکتریکی از حالت یکنواخت به متناوب
- کاهش شدت جریان الکتریکی
- کاهش طول قوس الکتریکی تا حد ممکن
- در صورت امکان پیچیدن کابل متصل به زمین به قطعه کار (که در اینصورت حوزه مغناطیسی دیگری ایجاد شده و حوزه مغنطیسی قدیم را خنثی می کند) .
- تغییر محل کابل زمین به مکانهای دورتر از محل جوش ، در انتهای جوش و یا در محل انجام جوش بطرف نقطه جوش بزرگ .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

نحوه ساخت الکترود های پوشش دار :



electrode press with two bulbs

نحوه تغذیه پرسها : تغذیه پرسها عموماً بصورت مکانیکی و یا هیدرولیکی انجام می گیرد.

توجه : علاقمندان در مورد سیم لخت کشش یافته و قطع شده در طولهای مناسب برای مصارف جوشکاری می توانند به استاندارد DIN668 مراجعه نمایند.

مواد چسب مورد استفاده : عموماً از ترکیب K2SiO3 و Na2SiO3 استفاده می گردد.

نسبت پوشش (Cover Ratio) :

$$\text{نسبت پوشش} = \frac{\text{قطر پوشش (D)}}{\text{قطر الکترود لخت (d)}} * ۱۰۰$$

نسبت های پوشش الکترودها بر اساس استاندارد EN 499 :

الف : پوشش نازک = بیشتر از ۱۶۰ درصد

ب : پوشش متوسط = ۱۶۰ درصد

ج : پوشش ضخیم = بیشتر از ۱۶۰ درصد

بازده الکترود :

میزان بازده و راندمان یک الکترود بر اساس فرمول ذیل محاسبه می گردد :

$$\text{بازده} = \frac{\text{میزان فلز جوش ذوب شده (گرم)}}{\text{میزان سیم جوش ذوب شده (گرم)}}$$

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

نحوه شناسایی الکترودها :

برای شناسایی الکترودها می توان به علائم چاپ شده روی پوشش یا رنگهای ویژه در انتهای الکترودها مراجعه کرد.

نحوه شناسایی الکترودها بر اساس استاندارد امریکا :

انجمن جوشکاری ایالات متحده امریکا (AWS) ، قواعدی در مورد شناسایی و طبقه بندی الکترودها وضع کرده که مورد تصویب و تایید انجمن امریکایی آزمایش مواد (ASTM) قرار گرفته است . در طبقه بندی AWS ، هر الکترود با یک حرف و یک عدد چهار یا پنج رقمی مشخص می شود :

۱ . حرف سمت چپ در مورد جوش گاز G و در مورد جوش قوسی با الکترود دستی E می باشد.

۲. دو رقم سمت چپ از عددهای چهار رقمی (یا سه رقم سمت چپ از عددهای پنج رقمی) مقاومت کششی فلز جوش را بر حسب هزار پوند بر اینچ مربع تعیین می کند.

۳. دومین رقم از سمت راست ، حالت جوشکاری را که الکترود برای آن طراحی و ساخته شده است ،بیان می کند . الکترودهایی که دومین رقم سمت راست آنها عدد یک است (XX1X) برای جوشکاری در تمام حالتها (تخت ، افقی ، قائم و بالای سر) مناسب هستند. الکترودهایی که دومین رقم سمت راست آنها عدد ۲ می باشد (XX2X) برای جوشکاری در حالتهای تخت و افقی و الکترودهایی که دومین رقم از سمت راست آنها ، عدد ۳ می باشد (XX3X) فقط برای جوشکاری در وضعیت تخت مناسب می باشند.

۴. رقم اول سمت راست از این اعداد معرف نوع برق ، نوع روپوش ، مقدار نفوذ قوس و سایر خصوصیات گرده جوش بر اساس جدول ذیل می باشد :

رقم چهارم	روپوش	نوع جریان برق (الف)
۰	پرسلولز، سدیم (ب)، پراکسید آهن (ج)	جریان مستقیم قطب معکوس (ج)(د) متناوب یا مستقیم (ج)(د)
۱	پرسلولز ، پتاسیم	متناوب یا مستقیم قطب معکوس
۲	پرتیتان ، سدیم	متناوب یا مستقیم (ه) قطب معکوس
۳	پرتیتان ، پتاسیم	متناوب یا مستقیم (ه)
۴	پودر آهن ، تیتانی	متناوب یا مستقیم (ه)
۵	کم هیدروژن ، سدیم	مستقیم قطب معکوس
۶	کم هیدروژن پتاسیم	متناوب یا مستقیم قطب معکوس
۷	پودر آهن ، اکسید آهن	متناوب یا مستقیم (د)
۸	پودر آهن ، کم هیدروژن	متناوب یا مستقیم قطب معکوس

الف : AC = جریان متناوب، DC = جریان مستقیم (دائم) ، DCEN = DCRP = جریان مستقیم قطب معکوس

DCEP = DCSP = جریان مستقیم قطب مستقیم

ب) وقتی که رقم سوم ۱ است .

ج) وقتی که رقم سوم ۲ است .

د) هر نوع قطب برای جوشهای تخت ، جریان مستقیم قطب مستقیم برای جوشهای افقی گوشه ای .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

ه) هر نوع قطب

نحوه شناسایی الکترودها بر اساس استاندارد اروپای متحد (EN) :

الکترودهای جوشکاری در استاندارد شماره EN499 به صورت ذیل قابل شناسایی می باشند :

مثال : EN499 - E46 3 1Ni B 54 H5

EN 499 : شماره استاندارد

E : مشخصه الکترود

46 : مشخص کننده حداقل استحکام تسلیم الکترود ، مراجعه به جدول شماره ۱

3 : مشخص کننده درجه حرارت انجام تست ضربه ، مراجعه به جدول شماره ۲

1Ni : مشخص کننده ترکیب شیمیایی ، مراجعه به جدول شماره ۳

B : مشخص کننده نوع روپوش الکترود

5 : نرخ رسوب و نوع جریان الکتریکی ، مراجعه به جدول ۴

4 : وضعیت جوشکاری ، مراجعه به جدول ۵

H5 : میزان مجاز هیدروژن موجود در الکترود ، مراجعه به جدول ۶

جدول شماره ۱

درصد ازدیاد طول %	استحکام کششی (N/mm2)	حداقل مقاومت تسلیم (N/mm2)	عدد مشخصه
22	440 - 570	355	35
20	470 - 600	380	38
20	500 - 640	420	42
20	530 - 680	460	46
18	560 - 720	500	50

جدول شماره ۲

دمای آزمایش شکست با ۴۷ ژول	مشخصه
تست شکستی انجام نشده است	Z
+20	A
0	0
-20	2
-30	3
-40	4
-50	5
-60	6

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

جدول ۳ :

آلیاژ	Mn	Mo	Ni
بدون علامت اختصاری	2.0	—	—
Mo	1.4	0.3 - 0.6	—
MnMo	>1.4 - 2.0	0.3 - 0.6	—
1Ni	1.4	—	0.6 - 1.2
2Ni	1.4	—	1.8 - 2.6
3Ni	1.4	—	>2.6 - 3.8
Mn1Ni	>1.4 - 2.0	—	0.6 - 1.2
1NiMo	1.4	0.3 - 0.6	0.6 - 1.2
Z	هر نوع ترکیب شیمیایی دیگر		

جدول ۴ :

نوع جریان الکتریکی	درصد نرخ رسوب (٪)	عدد مشخصه
جریان متناوب و مستقیم	≤105	1
جریان مستقیم	≤105	2
جریان متناوب و مستقیم	>105 ≤125	3
جریان مستقیم	>105 ≤125	4
جریان متناوب و مستقیم	>125 ≤160	5
جریان مستقیم	>125 ≤160	6
جریان متناوب و مستقیم	>160	7
جریان مستقیم	>160	8

جدول ۵ :

عدد مشخصه	قابل کاربرد در وضعیت
1	تمام وضعیت ها
2	تمام وضعیت ها بجز وضعیت سرپایین
3	جوشهای پخ دار در حالت تخت ، جوش گوشه ای در حالت تخت و افقی
4	جوشهای پخ دار در حالت تخت ، جوش گوشه ای در حالت تخت
5	وضعیت سرپایین و حالت 3

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

جدول ۶ :

مشخصه	میزان هیدورژن بر حسب میلی لیتر در ۱۰۰ گرم فلز جوش
H5	5
H10	10
H15	15

توجه : علاقمندان برای آشنایی با نحوه شناسایی الکترودها در استانداردهای انگلیسی ، سازمان بین المللی استاندارد ، آلمانی ، فرانسوی ، ایتالیایی و ژاپنی می توانند به کتاب " الکترود " نوشته آقای مهندس ادب آوازه و برای آشنایی با الکترودهای ساخت داخل کشور به کاتالوگ های این شرکتها مراجعه نمایند.

بازپخت الکترودها :

برای آشنایی با میزان بازپخت الکترودها بر اساس شرکت سازنده و استاندارد مورد استفاده در کار ، اعداد و زمانهای متفاوتی قید شده است . بطور مثال در استاندارد اروپای متحد (EN) آمده است :

الف) برای استفاده از الکترودهای اسیدی و رتیلی ، باید آنها را قبل از استفاده در دمای ۸۰ الی ۱۲۰ درجه سانتی گراد تا ۲ ساعت بازپخت نمود.

ب) برای استفاده از الکترودهای بازی ، باید آنها را قبل از استفاده در دمای بیشتر از ۳۰۰ درجه سانتی گراد بین ۲ تا ۴ ساعت بازپخت نمود.

مثالهایی از ابعاد و میزان جریان مورد نیاز برای استفاده از الکترودهای پوشش دار :

قطر d ، mm	۲/۰	۲/۵	۳/۲	۴/۰	۵/۰	۶/۰
طول L ،mm	۲۵۰-۳۰۰	۳۵۰	۳۵۰-۴۵۰	۳۵۰-۴۵۰	۴۵۰	۴۵۰
جریان I ، A	۴۰-۸۰	۵۰-۱۰۰	۹۰-۱۵۰	۱۲۰-۲۰۰	۱۸۰-۲۷۰	۲۲۰-۳۶۰
قانون سرانگشتی برای حداقل A	۲۰* d		۳۰* d			۳۵ * d
قانون سرانگشتی برای حداکثر A	۴۰* d		۵۰* d			۶۰* d

وظایف پوشش الکترود :

۱. اصلاح و تقویت قوس الکتریکی :

الف) افروزش و شروع قوس بهتر

ب) تصحیح خواص فلز جوش

۲. ایجاد سرباره (گل جوش) :

الف) تاثیرگذاری بر روی اندازه و نوع قطرات ایجاد شده

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

ب) محافظت از قطرات ایجاد شده و فلز جوش ذوب شده در مقابل تاثیرات منفی هوا

ج) کمک به شکل گیری بستر و فرم مناسب پروفیل جوش

د) محافظت در برابر سرد شدن سریع فلز جوش

۳. ایجاد اتمسفری مناسب با ایجاد گاز محافظ :

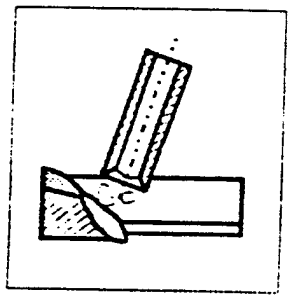
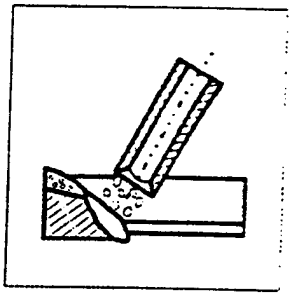
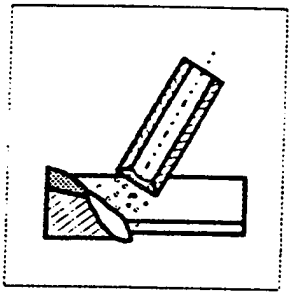
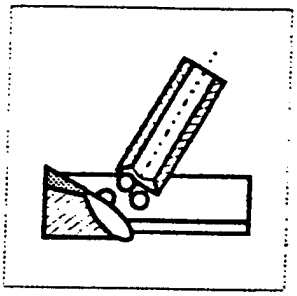
الف) با استفاده از مواد آلی

ب) با استفاده از ترکیبات کربنات $CaCO3 \rightarrow CaO + CO2$

۴. اکسید زدایی و کمک به افزایش اثر عناصر آلیاژی :

توجه : عناصر دی اکسید کننده موجود در پوشش الکترودها ، غالباً AL ، Mn و Si می باشند.

آنالیز استاندارد انواع الکترودهای پوشش دار :

نوع بازی (B)	نوع رتیلی (R)	نوع اسیدی (A)	نوع سلولزی (C)
			
flour spar CaF_2 40 % lime stone $CaCO_3$ 20 % quartz SiO_2 25 % FeMn 15 % waterglass	rutile TiO_2 45 % magnetite Fe_3O_4 10 % quartz SiO_2 20 % lime stone $CaCO_3$ 10 % FeMn 15 % waterglass	magnetite Fe_3O_4 50 % quartz SiO_2 20 % lime stone $CaCO_3$ 10 % FeMn 20 % waterglass	cellulose 40 % rutile TiO_2 20 % quartz SiO_2 25 % FeMn 15 % waterglass
solidification interval of the slag: large drop transfer: medium size drops up to large size drops toughness values: very good	solidification interval of the slag: middle drop transfer: medium size drops up to fine size drops toughness values: good	solidification interval of the slag: large drop transfer: fine size drops up to spray typed toughness values: normal	no slag drop transfer: medium size drops toughness values: good

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

اثر و علت افزودن ترکیبات و عناصر گوناگون به پوشش الکترودها :

مواد موجود در پوشش	تاثیر بر خواص جوشکاری
کوارتز – SiO2	افزایش ظرفیت حمل جریان – رقیق کننده سرباره (گل جوش)
روتیل – TiO2	افزایش قابلیت جدا شوندگی سرباره و ظاهر پروفیل جوش– شروع قوس خوب
مگنتیت – Fe3O4	افزایش دهنده قابلیت انتقال قطرات
لیمستن – CaCO3	کاهش دهنده ولتاژ مورد نیاز – تشکیل دهنده سرباره و ایجاد گاز محافظ
فلوراسپار – CaF2	رقیق کننده سرباره در پوشش های بازی – ناپایدارکننده قوس
K2O Al2O3 6SiO2	کمک به افزایش یونیزاسیون و پایدارکننده قوس
FeMn / FeSi	اکسیژن زدا (احیاء کننده)
سلولز	ایجاد کننده گاز محافظ
گل چینی Al2O3 2SiO2 2H2O	روغن کار (روانساز)
K2SiO3 / Na2SiO3	چسب

الکترودهای با پوشش سلولزی :

الکترود با پوشش سلولزی دارای قوس پر نفوذ و پرنیرو است و برای جوشکاری درتمام حالات مناسب است . معمولاً این الکترودها بوسطه فقدان عناصر پایدارکننده قوس در پوشش ، فقط با جریان مستقیم و قطب مثبت (DCEP) قابل استفاده می باشند. سرباره تولید شده تقریباً قابل صرف نظر کردن است که خود براحتی از روی جوش برداشته می شود. جوش حاصل از این الکترودها دارای خواص مکانیکی خوبی است. ماده تشکیل دهنده اصلی این نوع الکترودها ، سلولز است که در حین جوشکاری تولید گاز محافظ (دود جوشکاری) می کند. این نوع الکترودها دارای دود زیاد ، قوس بسیار نافذ و پاشیدگی نسبتاً زیاد ، سطح جوش خشن و مهره های فاصله دار ناهموار می باشند. در این نوع الکترود نیازی به حرکت انبر (اسیلیشن) نیست و بسیار مناسب برای جوشکاری لوله ها و بویژه پاس ریشه هستند . این الکترودها تولید مقادیر زیاد هیدروژن می کنند که خطر تردی هیدروژن را در پی دارد. فلز جوش قبل و بعد از جوشکاری نیاز به پس گرم و پیش گرم دارد (پیش گرم برای لوله ها : ۲۰۰- ۱۰۰ درجه سانتی گراد). اندازه قطرات جدا شونده در حد متوسط است و فلز جوش از تافنس خوبی برخوردار است .

الکترودهای با پوشش رتیلی :

پوشش این الکترودها دارای مقادیر قابل توجهی از ترکیبات اکسید تیتانیوم است. این الکترودها شروع قوس راحتی دارند و مخصوصاً برای جوشهای کوتاه در فولادهای معمولی ، برای جوشهای گوشه ای ، برای جوشهای ورق و برای پل زنی فاصله های بزرگ در اتصال ، مناسب می باشند.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

این الکترودها نسبتاً به رطوبت حساسیت ندارند و جدا شدن سرباره بسیار عالی است . گرده جوش ظریف بوده و نفوذ جوش متوسط می باشد. بعلت وجود ترکیبات رتیل و عناصر یونیزه کننده در پوشش این الکترودها، می توان از جریان برق متناوب نیز استفاده کرد ولی در صورت استفاده از برق مستقیم ، ترجیحاً از وضعیت DCEN استفاده شود.مقدار هیدروژن تولیدی متوسط است و کیفیت جوش نیز متوسط است . اندازه قطرات جداشونده در حد تقریباً ریز بوده و فلز جوش از تافنس خوبی برخوردار است .

الکترودهای با پوشش اسیدی :

پوشش این نوع الکترودها دارای ترکیبات اکسیدی و کربنات های منگنز و آهن و مقداری سیلیسیم است. الکترود با پوشش اسیدی ، جوش بسیار هموار و براق تولید می کند و سرباره براحتی از روی جوش جدا می شود و به همین جهت جوشکاران تمایل زیادی برای کار با آن دارند. اندازه قطرات جداشونده بسیار ریز است و تافنس فلز جوش در حدمعمولی بوده و برای استفاده در تمامی حالات جوشکاری ، مناسب می باشند. این نوع الکترودها در آلمان و اروپا در حال منسوخ شدن است .

الکترودهای با پوشش بازی :

این نوع الکترودها مهمترین نوع الکترود از نظر متالورژیکی هستند. پوشش این نوع الکترودها دارای مقادیر قابل توجهی فلورید و کربنات کلسیم است. بعلت میزان رطوبت کم در پوشش الکترود ، جوش حاصل دارای حداقل مقدار هیدروژن نسبت به انواع دیگر الکترود است.

بعلت تولید فلز جوش با هیدروژن کم ، این نوع الکترود برای جوشکاری فولادهای کم آلیاژی که در مقابل ترک خوردن منطقه مجاور جوش (HAZ) حساس هستند ، بسیار مناسب است. همچنین جوش حاصل مقاومت خوبی در برابر ترک برداشتن گرم (Hot Cracking) دارد و برای فولادهای ضخیم و کربن بالا نیز مناسب است. فلز جوش دارای خواص مکانیکی خوب ، بویژه مقاومت به ضربه است. این نوع الکترودها سهولت کاربرد ندارند ولی در تمام وضعیت ها و با برق مستقیم (ترجیحاً DCEP) و متناوب قابل کاربرد می باشند. بازپخت این الکترودها الزامی است. مقداری پودرآهن (بین ۵ تا ۵۰ درصد) به منظور بالابردن نرخ رسوب و بهتر کردن رفتار قوس ، به پوشش این الکترودها اضافه می گردد.

باید توجه کرد که در الکترودهای معمولی ، جریان الکتریکی تنها از هسته الکترود عبور می کند اما در الکترودهای پور آهنی ، پوشش الکترود نیز هدایت کننده جریان الکتریکی است که درنتیجه قوس پهن تر شده و رسوب در سطح بیشتر و با نفوذ کمتری انجام می گیرد. عبور جریان الکتریکی از پوشش الکترود ، اتصال کوتاه بین الکترود و کار را محدود کرده و مقدار ترشح را کاهش می دهد. این اثر موجب پایداری قوس و صاف تر شدن سطح فلز جوش می شود. در اثر استفاده از این نوع الکترودها ، عیب بریدگی در کناره جوش (Under Cut) کمتر مشاهده می شود. اندازه قطرات جداشونده درشت بوده و تافنس فلز جوش در حد بسیار خوبی است.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

مقدمه

در شروع دهه ۱۸۰ ۱۹۸۰ - ۱۹۷۰ میلادی / توسعه و پیشرفتهای چشمگیری در تکنولوژی جوشکاری و برشکاری رخ داد. فرایندهای MIG / MAG بصورت جدی پایه ریزی شد و جایگزین جوشکاری با الکترود دستی گردید. روش لیزر برای مصارف جوشکاری و برشکاری و در پی آن سیم های توپودری توسعه یافتند.

در آینده به نظر نمی رسد که تغییرات زیادی را در تکنولوژی جوشکاری و برشکاری مشاهده کنیم ، در عوض به احتمال خیلی قوی توسعه و پیشرفتهای امروزه با تغییراتی جزیی در روشهای موجود ادامه خواهند یافت. با یک نگاه به فرایندهای جوشکاری تجاری امروز (مانند جوشکاری زیرپودری ، جوشکاری قوسی با الکترود دستی و MIG / MAG) براحتی می توان دریافت که از اواسط دهه ۱۹۷۰ میلادی یک کاهش در جوشکاری قوسی با الکترود دستی و یک افزایش در توسعه و مصرف جوشکاری قوسی با گاز محافظ MIG / MAG در سراسر دنیا بوجود آمده است. (شکل ۱)

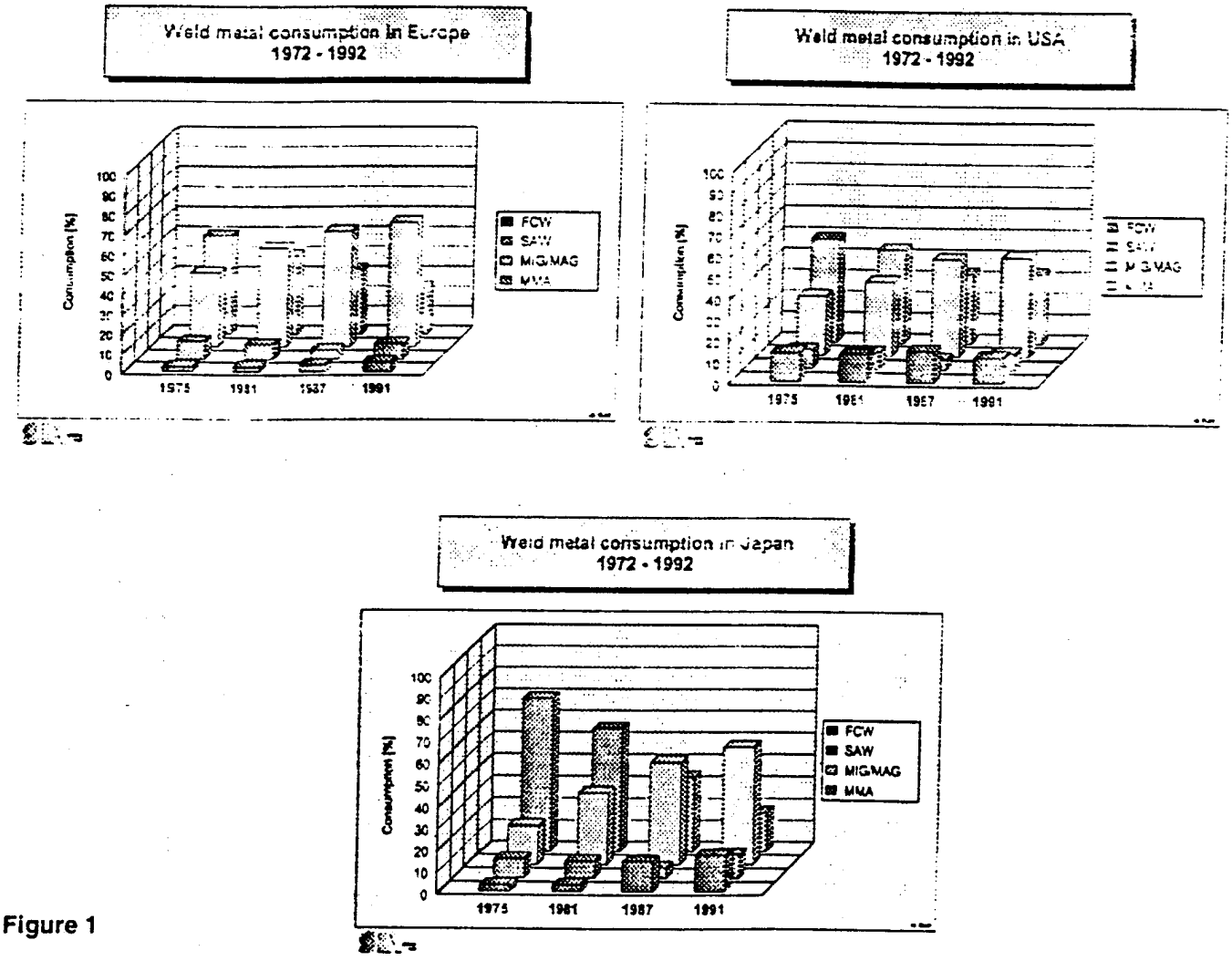


Figure 1

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

شکل ۱ نشاندهنده مصرف فلز پرکننده (Filler Metal) است. دیگر روشها که یا بصورت کم و یا به هیچ عنوان از فلز پرکننده در آنها استفاده نمی شود (مانند جوشکاری TIG و پلاسما) در این مقایسه آورده نشده است. استفاده از جوشکاری توپودری (FCAW) در ژاپن و اروپای غربی توسعه یافت و کاربرد آن به علت راندمان و بهره وری بالا نسبت به جوشکاری قوسی با الکترود دستی (SMAW) روز به روز بیشتر و بیشتر گردید.

هم اکنون از سیم های توپودری (FC) بصورت گسترده استفاده می گردد و به نظر می رسد در آینده استفاده از آنها کمتر گردد. از این سیم جوشها بصورت محدود در صنایع کشتی سازی نیز استفاده می گردد.

جوشکاری قوسی با گاز محافظ MIG / MAG :

هم اکنون جوشکاری قوسی با گاز محافظ بیشترین مصرف را در اروپای غربی ، ژاپن و ایالات متحده امریکا دارد. استفاده از این فرایند در آینده نیز توسعه و پیشرفت خواهد داشت ، گرچه به نظر نمی رسد که این میزان استفاده به بزرگی و اندازه دهه ۱۹۸۰میلادی باشد. جوشکاری با گاز محافظ (MIG / MAG) بعنوان یک فرایند با بهره وری (Productivity) بالا مشهور شده است ، گرچه همواره و تحت هر شرایط نمی توان کیفیت های بالای اتصال را با این فرایند بدست آورد. شاید مهمترین هدف اصلی در این سالها تغییر این فکر بوده است. در ژاپن این امر محقق شده است و هم اکنون جوشکاری با گاز محافظ بقدری توسعه یافته است که می توان جوشهای با کیفیت بالا ، نظیر جوشهای مخازن تحت فشار ، را با این فرایند ایجاد نمود. جوشکاری مخازن راکتورهای هسته ای نیز نه تنها در ژاپن ، بلکه در تمام اروپای غربی نیز با این روش قابل انجام است. در اواسط دهه ۱۹۸۰ میلادی ، تحقیق کاملی برای افزایش بهره وری در فرایندهای MIG / MAG با افزایش سرعت جوشکاری و نرخ رسوب انجام گردید. این امر با تحقیقات با ارزشی برای توسعه منابع انرژی ، تورچ ها و گازهای محافظ ادامه یافت. در پایان این تحقیقات ، روش جوشکاری با نرخ رسوب بالا اختراع شد و به همین جهت نام های تجاری دیگری نظیر قوس سریع (Rapid Arc) ، ذوب سریع (Rapid Melt) ، تایم (TIME) و لین فست (Linfast) نیز به این فرایند اطلاق شده است.

جوشکاری قوسی با الکترود مصرف نشدنی تنگستن (TIG) :

فرایند TIG مهمترین روش کیفیتی برای اتصال فولاد ضد زنگ و فلزات غیر آهنی است ، با این وجود موارد مصرف این فرایند رو به افزایش است تا آنجا که اکنون افزایش بهره وری و راندمان بوسیله معرفی سیم داغ اضافی (Hot Wire Addition) و یا جوشکاری فضای باریک (Narrow Gap Welding) امکان پذیر شده است. همچنین جوشکاری پالس تیگ (Puls TIG) و تکنیک های اوربیتالی برای کاربردهای متفاوت (بعنوان مثال صنایع شیمی که کیفیت بالا در آنها بسیار حیاتی و مورد نیاز است) ، توسعه یافته اند.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

جوشکاری پلاسما :

فرایند جوشکاری پلاسما ، شباهتهایی با فرایند جوشکاری TIG دارد تا آنجا که جوشکاری پلاسما را توسعه فرایند TIG و با مزایای بالا می دانند. جوشکاری پلاسما برای فولادهای ضدزنگ با ضخامت ۰/۵ تا ۱۰ میلیمتر ، مناسب می باشد. این روش برای جوشکاری فولادهای کم کربن مورد استفاده قرار نمی گیرد ، علت آن هم این است که جوشکاری فولادهای کم کربن معمولاً توسط دیگر فرایندها امکان پذیر بوده و فرایند پلاسما یک روش نسبتاً گران و هزینه بر است.

بعنوان مثال از مزایای این روش می توان به انتقال پایین حرارت به قطعه کار و کیفیت بسیار بالای جوش و عدم نیاز به ایجاد یخ سازی ، اشاره کرد. از دیگر مزایای این روش می توان از عدم حساسیت به طول قوس ، پایداری قوس خوب و عدم وجود ناخالصی تنگستن می باشد.

گازهای محافظ :

نحوه طبق بندی فرایندهای جوشکاری قوسی با گاز محافظ بر اساس استاندارد DIN 1910 بخش چهرم در شکل ۲ آمده است.

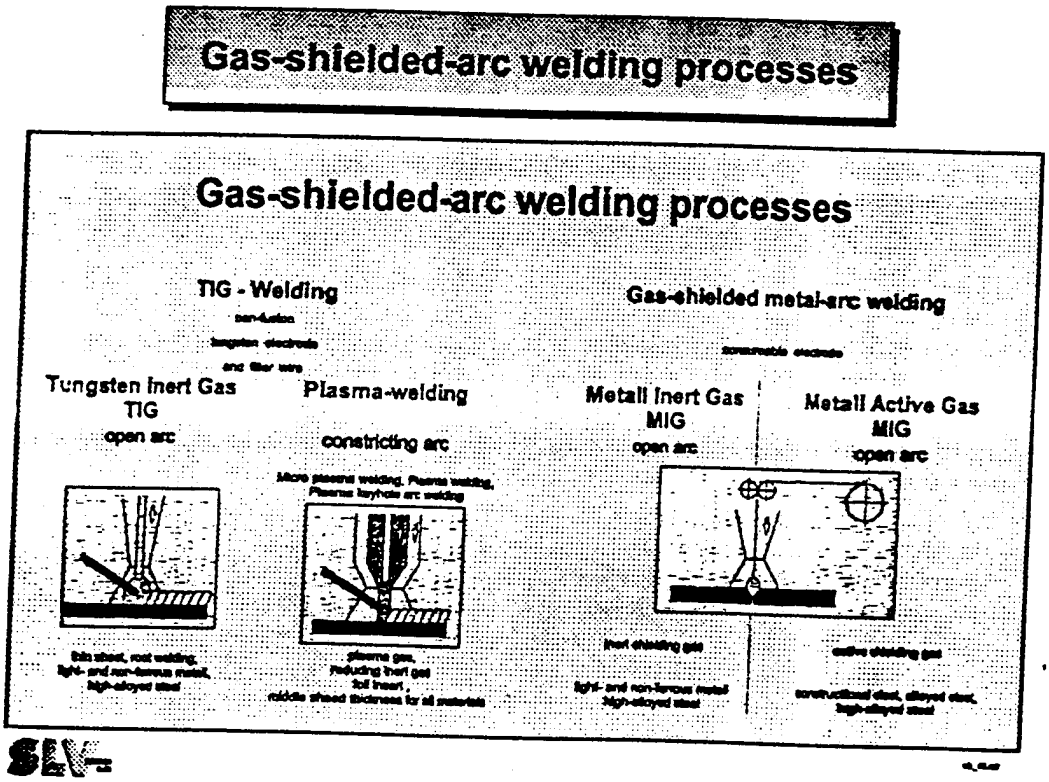


Figure 2

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

مورد مصرف ترین فرایندهای جوشکاری با درنظر گرفتن کاربردهای متفاوت ، روش هـای متفـاوت ، گازهـای متفاوت ، گازهای محافظ متفاوت و مواد متفاوت در شکل ۳ آمده است.

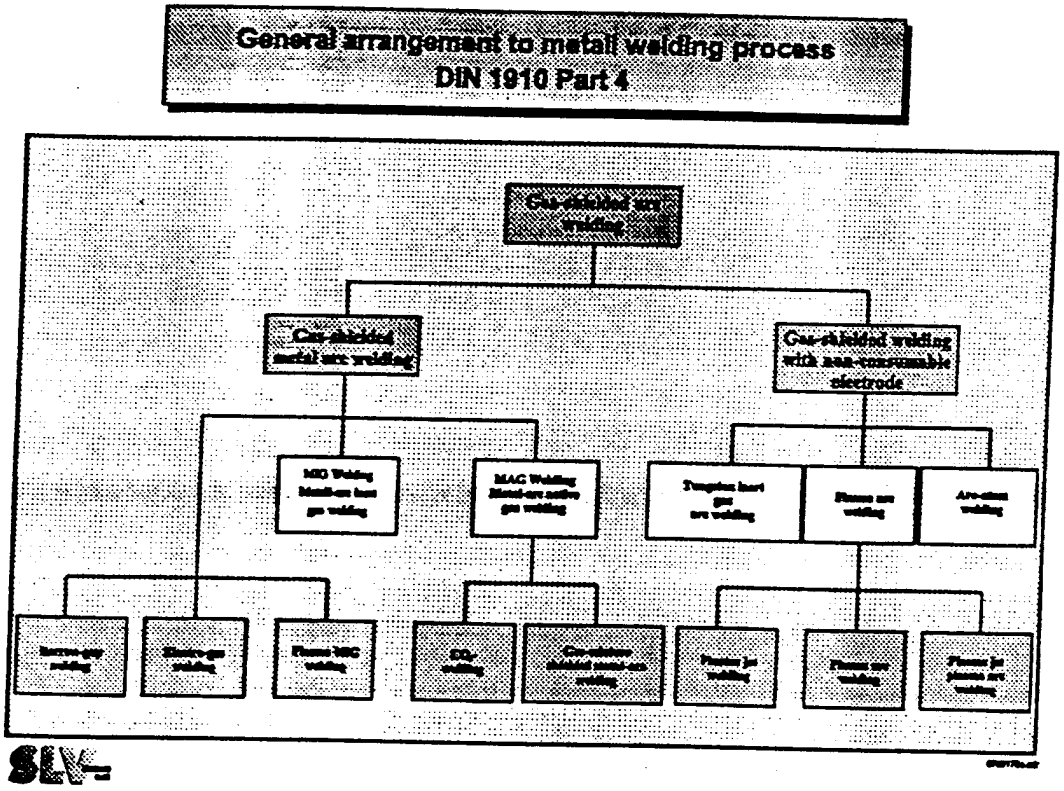


Figure 3

در جوشکاری قوسی با گاز محافظ ، گاز یک نقش اصلی و اساسی را بازی می کند. ایـن وظیفـه ، محـافظت از حوضچه مذاب و فلز ذوب شده و الکترود تنگستن از اثرات تخریب کننده هوا و ایجـاد وضعیـت مناسـب بـرای قوس است. در صورتیکه هوا با حوضچه مذاب یا فلز گرم شده (مذاب) تماس گیرد ، اکسیژن موجـود در هـوا باعث اکسید شدن فلز و یا الکترود تنگستن می شود. نیتروژن و رطوبت موجود در هوا نیز موجب ایجاد تخلخل (POROSITY) و همچنین نیتروژن موجب ایجاد تردی در فلز جوش می شود.

ترکیب شیمیایی گاز محافظ بر روی انتقال مواد از الکترود ذوب شونده به حوضچه مذاب تاثیر می گذارد که در نتیجه بر روی اندازه قطرات ایجاد شده نیز اثر می گذارد. همچنین ترکیب گـاز محـافظ بـر روی نـوع پروفیـل جوش ، هندسه جوش و سرعت جوشکاری تاثیر می گذارد.

گازهای محافظ برای جوشکاری به دو دسته خنثی (INERT) و فعال (ACTIVE) تقسیم می شوند. گازهای خنثی در واکنش های شیمیایی رخ دهنده در قوس و حوضچه مذاب شرکت نمی کنند ، در صورتیکـه گازهـای فعال در این واکنش ها شرکت می کنند.

استاندارد جدید اروپا برای گازهای محافظ برای جوشکاری قوسی و برشکاری (EN 439) راهی مناسـب بـرای طبقه بندی گازهای محافظ بر اساس ترکیب شیمیایی آنها در پیش رو شما می گذارد.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

استاندارد EN 439 در برگیرنده خواص گاز ، طبقه بندی ، خلوص ، میزان رطوبت و نحوه تهیه آنها نیز می باشد. در این استاندارد ، گازهای محافظ در ۷ گروه طبقه بندی می شوند :

R ، I ، M1 ، M2 ، M3 ، C و F و بر اساس خاصیت خنثی بودن ، اکسیدکنندگی و احیاءکنندگی .

جدول ۱ خلاصه ای از گروه های مختلف و دیگر ترکیبات موجود در این گرو ها را بر اساس شش ترکیب گازی ویژه نشان می دهد.

Symbol [1]		Components, % (V/V)						Typical applications	Remarks
Group	Identification	Oxidizing		Inert		Reducing	Unreactive		
		CO_2	O_2	Ar	He	H_2	N_2		
R	1			Balance [2]		> 0 to 15		TIG, plasma arc welding, plasma arc cutting, back shielding	Reducing
	2			Balance [2]		> 15 to 35			
I	1			100				MIG, TIG, Plasma arc welding, back shielding	Inert
	2				100				
	3			Balance	> 0 to 95				
M 1	1	> 0 to 5		Balance [2]		> 0 to 5		MAG	Slightly oxidizing
	2	> 0 to 5		Balance [2]					
	3		> 0 to 3	Balance [2]					
	4	> 0 to 5	> 0 to 3	Balance [2]					
M 2	1	> 5 to 25		Balance [2]					
	2		> 3 to 10	Balance [2]					
	3	> 0 to 5	> 3 to 10	Balance [2]					
	4	> 5 to 25	> 0 to 8	Balance [2]					
M 3	1	> 25 to 50		Balance [2]					
	2		> 10 to 15	Balance [2]					
	3	> 5 to 50	> 8 to 15	Balance [2]					More pronounced oxidierend
C	1	100							
	2	Balance	> 0 to 30						
F	1						100	Plasma arc cutting back shielding	Unreactive
	2					> 0 to 50	Balance		Reducing

1) Where components not listed are added to one of the groups in this table, the gas mixture is designated as a special gas mixture and carries the perfix S.

2) Argon may be replaced by up to 95% helium The helium content is designated by an additio al identification number.

mappe1.xls

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

خلوص این گازها در گروه های گوناگون بوسیله استاندارد EN 439 کنترل و نشان داده شده است ، جدول ۲ . Table 2

Purity of gases and gas mixtures according to EN 439

Group	Min. Purity % by Volume
R	99.95
I	99.99
M1	99.70
M2	99.70
M3	99.70
C	99.70
F	99.50

فرایند جوشکاری MIG غالبا" برای جوشکاری آلومینیوم و آلیاژهای آن ، مس و آلیاژهای آن و بعضی مواد دیگر استفاده می گردد.

فرایند جوشکاری MAG عموما" برای اتصال دهی فولادهای نرم ، کم آلیاژ و ضد زنگ به کار می رود. در این موارد باید از مخلوط گازهای فعال (ترکیب یک یا چند گاز فعال) که به گاز آرگون برای بهینه کردن فرایند از لحاظ کیفیت و بهره وری اضافه شده است ، استفاده نمود.

آرگون خالص برای جوشکاری MIG فولادها قابل استفاده نیست ، زیرا قوس در این حالت بسیار ناپایدار بوده و به همین منظور باید یک ترکیب اکسید کننده برای پایدار نمودن قوس و برای اطمینان از انتقال روان فلز در حین جوشکاری به آرگون اضافه گردد. این ترکیب اکسید کننده می تواند اکسیژن ، دی اکسید کربن و یا ترکیبی از آنها باشد. مقدار افزودن این گازها و درصد ترکیب آنها بستگی به نوع فولاد و کاربرد آن دارد. بعنوان مثال برای جوشکاری فولادهای ضدزنگ می توان از ترکیب گاز با یک تا چند درصد دی اکسید کربن و اکسیژن استفاده نمود. فولادهای نرم و کم آلیاژی را می توان با ترکیب گاز آرگون و دی اکسید کربن (CO_2 ۲۵ ٪ - ۵ ٪) و یا (O_2 ۱۲ ٪ - ۴ ٪) جوشکاری کرد.

جوشکاری MAG برای فولادهای نرم و کم آلیاژی با گاز CO_2 نیز امکان پذیر است. CO_2 یک گاز نسبتا" ارزان است و در گذشته بصورت گسترده مورد استفاده قرار می گرفته است.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

امروزه ما می دانیم که قیمت گاز یک بخش غیر قابل گذشت از قیمت کل تمام شده برای فرایند جوشکاری است و خواصی نظیر کیفیت جوش ، سرعت جوش ، میزان ترشحات و قدرت تمیزکنندگی که همگی بر اثر نوع گاز تغییر می کنند ، بخش مهمی از اقتصاد در مهندسی جوش را تشکیل می دهد.

در استفاده از فرایند TIG و جوشکاری پلاسما ، متداولترین گاز محافظ ، آرگون است .علت استفاده از این گاز نیز تنها در خواص خنثی این گاز برای تمامی مواد می باشد.

برای افزایش بهره وری و بالا بردن کیفیت جوش ، غالباً گاز هلیم و هیدروژن به آرگون اضافه می شود. آرگون و بویژه هیدروژن ، قدرت هدایت بسیار بالائی برای انتقال حرارت ورودی (HEAT INPUT) به قطعه کار را دارند. برای افزایش سرعت جوشکاری و یا افزایش قدرت نفوذ برای فولادهای ضد زنگ ، گاز هیدروژن با درصد یک تا هفت درصد (۷ ٪ - ۱ ٪) و برای آلومینیوم از ۳۰ الی ۷۰ درصد به آرگون اضافه می شوند.

میزان و حجم ترکیبات اضافه شونده به ضخامت فلز پایه مرتبط است.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

نام های این فرایند :

در اروپا ، فرآیند جوشکاری قوسی - گاز محافظ و الکترود تنگستن ، TIG در ایالات متحده امریکا به نام ، Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) ، در استاندارد بین المللی ISO با شماره ۱۴۳ ، در آلمان با نام WIG و در ایران با نام جوشکاری آرگون هم شهرت دارد.

نحوه عملکرد : بصورت دستی (Manual) و مکانیزه (Mechanised)

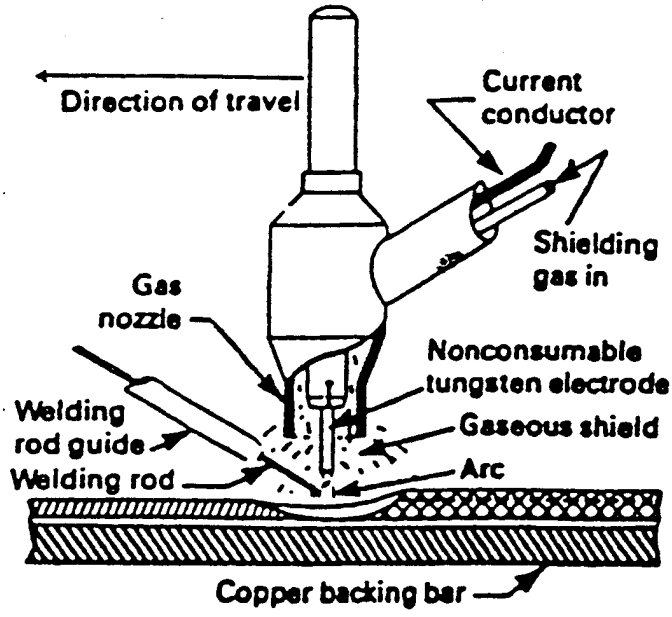
منبع تامین حرارت : قوس (Arc)

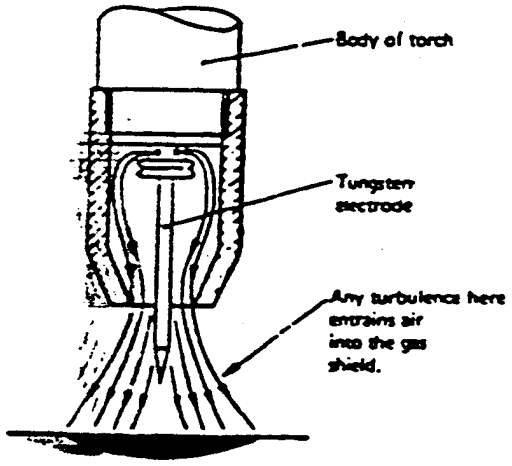
نوع محافظت : گاز خنثی

محدوده جریان : ۱۰ تا ۵۰۰ آمپر

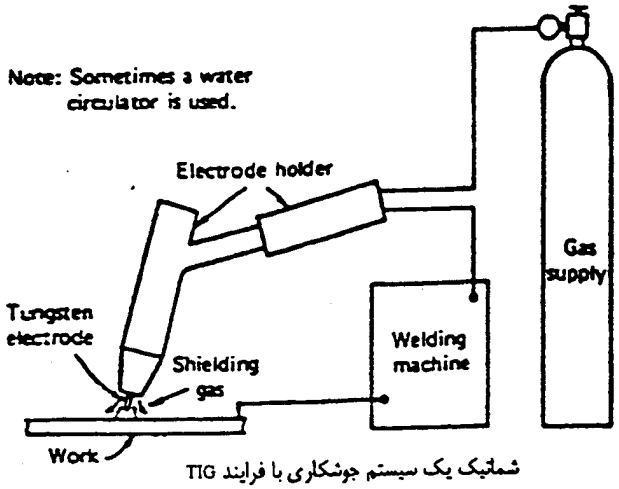
نحوه کار : قوس الکتریکی بین انتهای الکترود تنگستن و فلز پایه و در روی خط اتصال (Joint Line) برقرار می گردد. در این فرایند ، الکترود مصرف نمی گردد و قوس بر روی محل اتصال بصورت ثابت نگاه داشته می شود. جریان بوسیله واحد تامین قدرت (انرژی) تامین می گردد. در صورت نیاز یک فلز پرکننده (معمولاً بصورت سیم و با طول یک متر) به انتهای درز اتصال و بر روی حوضچه مذاب اضافه می گردد. حوضچه مذاب توسط گاز محافظ خنثی که جیگزین هوا می گردد ، محافظت می شود. مورد کاربردترین گازهای محافظ مورد استفاده در این فرایند ، گاز آرگون (Ar) و گاز هلیم (He) می باشند.

کاربرد : این فرایند برای ایجاد اتصال های با کیفیت بسیار بالا بر روی آلومینیوم ، فولادهای ضد زنگ ، آلیاژهای نیکل - مولیبدن (NiMo) و مس (برای محفظه های شیمیایی) ، ساخت قطعات خاص در موتور و ساختمان هواپیماها و عموماً برای جوشکاری قطعات نازک مورد استفاده واقع می شود.

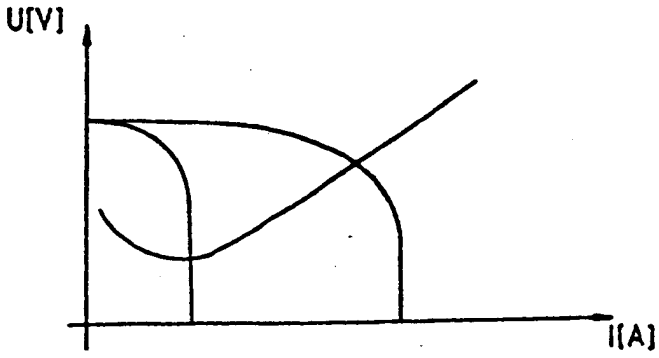




حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

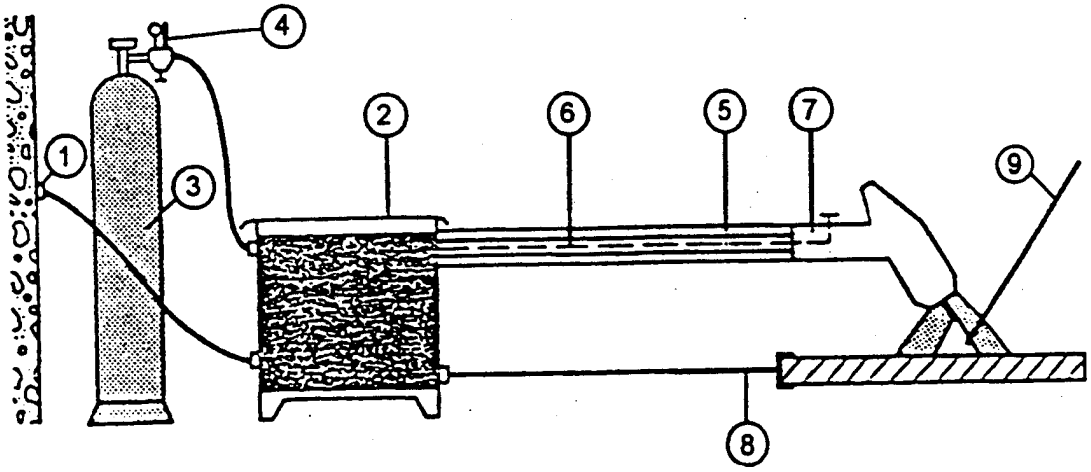


شماتیک یک سیستم جوشکاری با فرایند TIG



منحنی مشخصه منبع قدرت و قوس

نمای شماتیک یا ماشین جوشکاری با فرایند TIG :



منبع قدرت و دیگر کنترل های جوشکاری :

۱. منبع تامین نیروی اصلی

۲. منبع تامین انرژی و کلیدهای کنترل کننده دستگاه

(پمپ ها ، رادیاتور ، تانک سرد کننده و منبع سردکننده با آب)

گاز محافظ :

۳. کپسول گاز

۴. رگولاتور (تنظیم کننده) فشار و میزان خروج گاز

اتصالات لوله ای :

۵. تامین کننده گاز محافظ

۶. کابل انتقال جریان جوشکاری

حق چاپ وتکثیر، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

انبر (تورچ) :

۷. تورچ با سوئیچ مخصوص

اتصالات قطعه کار :

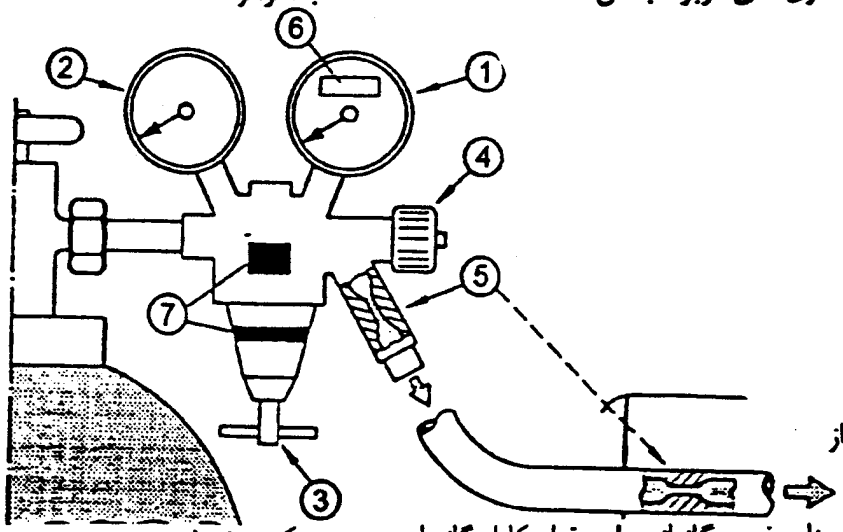
۸. کابل برگشتی با گیره

فلز پرکننده :

سیم جوشکاری

تنظیم کننده (گیج) فشار خروج گاز و کنترل های مربوط به آن :

: با مانومتر



۱. مانومتر فشار گاز

۲. نمایش دهنده میزان (LEVEL) گاز

۳. پیچ تنظیم کننده فشار

۴. دریچه (VALVE) ایمنی

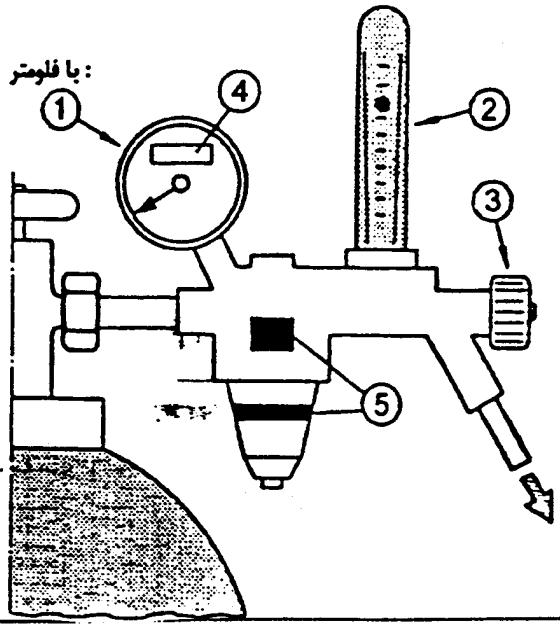
۵. نازل کاهش دهنده

۶. نوع گاز

۷. کد های رنگی مشخص کننده نوع گاز

وجود یک نازل کاهش دهنده گاز (۵) میزان خروج گاز از سطح مقطع کابل گاز را محدود می کند. مشخص نمودن میزان خروج گاز بستگی به میزان فشار دارد. این نازل هم در در بخش کاهش فشار (مانومتر) و هم بر روی کابل منتهی به تورچ جوشکاری تعبیه شده است. این پیچ تنظیم کننده فشار همچنین وظیفه کنترل نرخ گاز را بر عهده دارد ، عدد نشان دهنده فشار گاز بر روی مانومتر بر حسب لیتر بر دقیقه می باشد.

: با فلومتر



۱. مانومتر فشار گاز

۲. روتامتر (اندازه گیر فشار گاز با گلوله معلق)

۳. پیچ تنظیم کننده فشار

۴. نوع گاز

۵. کد های رنگی مشخص کننده نوع گاز

حق چاپ و تکثیر محفوظ و صرفا به شرکت کاوش همایش ...

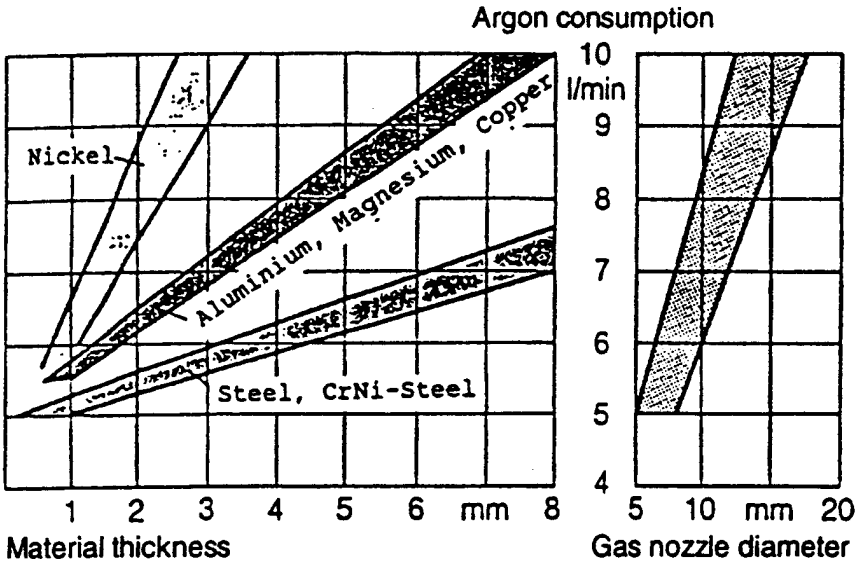
کاهش فشار گاز بصورت ثابت انجام می گیرد. عددی که را جسم شناور درون روتامتر نشان می دهـد ، میـزان فشار گاز خروجی بر حسب لیتر بر دقیقه می باشد.

مصرف گاز محافظ - نرخ جریان گاز (FLOW RATE) - انتخاب نازل :

میزان مصرف گاز و مقدار نشان دهنده فشار گاز بستگی بسیار زیادی به دو عامل دارد :

الف) ضخامت فلز (ماده) پایه

ب) نوع جنس فلز (ماده) پایه



اشتباه در محاسبه و استفاده از شکل بالا می تواند منجر به بروز عیب و خطا در :

- اندازه حوضچه مذاب
- اندازه منطقه متاثر از حرارت (HAZ)
- سرعت جوشکاری
- عملکرد صحیح انبر (تورچ) جوشکاری
- نوع اتصال

مقدار مصرف گاز آرگون بستگی به قطر نازل مورد استفاده دارد و این از طرف دیگر یعنی قطر نازل جوشکاری بر روی دبی گاز خروج تاثیر می گذارد.

روش های شروع قوس :

در اینجا می توان گفت که برای شروع قوس در فرایند جوشکاری قوسی با الکترود تنگستن و بـا گـاز محـافظ (TIG) ، سه روش وجود دارد : روش خراشی (Scratch Statrt) ، روش جمع کردن (Retract Start) و روش استفاده از فرکانس بالا (High - Frequency Start).

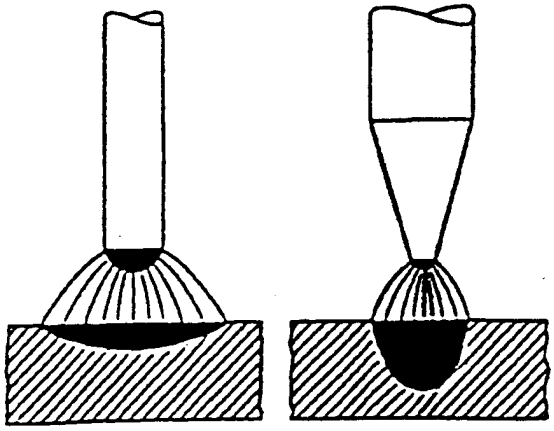
روش خراشی : عموماً برای جوشکاری دستی مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش قطعه کار توسط الکترود خراشیده می شود. به محض برقراری قوس ، الکترود تقریباً به اندازه یک هشتم اینچ به عقب کشیده می شود.

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

این عمل به منظور اجتناب از دخول الکترود در حوضچه مذاب صورت می گیرد. در ابتدا می توان برای روشن کردن قوس از از قطعات بزرگ مس یا قراضه های فولادی استفاده نمود و به محض داغ شدن نوک الکترود ، قوس را بر روی قطعه کار اصلی برقرار کرد.

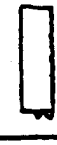
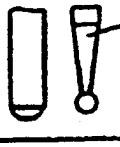
شروع قوس به روش جمع کردن : این روش بیشتر در مورد فرایندهای مکانیزه و در صورت استفاده از برق مستقیم (DC) قابل استفاده است. در این روش، در ابتدا الکترود به طور کامل و در یک لحظه به سطح قطعه کار چسبیده و به محض شروع قوس به عقب کشیده می شود تا قوس به حالت پایدار برسد.

روش شروع قوس با فرکانس بالا (HF) : این روش هم برای برق متناوب و هم برای برق مستقیم ، هم در روشهای دستی و هم در روشهای مکانیزه ، قابل کاربرد است. وقتی از منبع برق متناوب استفاده می شود ، مدار با فرکانس بالا بصورت طبیعی و خود بخود برقرار می شود. یکی از مزایای این روش آن است که نیازی به تماس الکترود با قطعه کار وجود ندارد و در نتیجه خطر صدمه دیدن الکترود وجود ندارد. در صورت استفاده از منبع برق متناوب ، در تمام لحظها مدار با فرکانس بالا برقرار است ، اما در صورت استفاده از برق مستقیم (DC) ، فقط تا زمانی که قوس برقرار می شود ، فرکانس بالا وجود دارد و پس از آن مدار با فرکانس بالا ، قطع می شود.



Broad and flat penetration

Narrow and deep penetration

kind of current	intensity of current		
	too low	too high	right
= (−)			good for welding with high intensity of current, cladding and TIG - spot welding
~			 good for root passes and thin workpieces

میزان نفوذ در صورت استفاده از الکترودهای گوناگون و با مقدار جریان ثابت

Selection guidelines for welding current

CMn and alloyed steels

Plate thickness	Joint type	No. of layers	Diameter of: electrode	filler rod	Current
1,0	II	1	1 or 1,6	1,6 or 2,0	30...40
2,0	II	1	1,6 or 2,4	1,6 or 2,0	70...80
3,0	II	1 or 2	2,4	2,4	70...90
4,0	II or V	2	2,4	2,4	70...130
5,0	V	3	2,4 or 3,2	2,4	75...130
6,0	V	3	2,4 or 3,2	2,4 or 3,0	75...130

Aluminium

AC, welding, position flat, butt weld

Plate thickness	Joint type	No. of layers	Diameter of: electrode	filler rod	Current
1,0	II	1	1,6 or 2,4	2,0	40...50
2,0	II	1	1,6 or 2.4	3.0	60...80
3,0	II	1	2,4	3,0	110-130
4,0	II	1 or 2	2,4 or 3,2	3,0	120-150
5,0	II or V	1 or 2	3,2	3,0	150-200

Copper

DC, electrode negative, welding position flat, butt weld.

Plate thickness	Joint type	No. of layers	Diameter of electrode	filler rod	Current
1,5	II	1	1,6	2,0	90...100
3,0*)	II	1	3,2	3,0	150-200
5.0*)	V	2	4,0	4,0	180-300

*) Pre heat

Note

For welding in horizontal and vertical positions, the current is approximately 10 to 20 % lower.

حق طبع و نکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

تکنیک کار : تنظیم مقدارجریان صحیح در انجام جوشکاری موفق ، بسیار تعیین کننده است. در این میان شکل هندسی نوک الکترود برای ایجاد دانسیته جریان یکنواخت ، بسیار مهم می باشد. در هر لحظه که مقدار جریان از حد معین آن فراتر رود (Over Loading) ، الکترود شروع به ذوب شدن می کند و قطرات لرزان تنگستن در نوک الکترود شکل می گیرد. در نتیجه قوسی بسیار قوی شکل می گیرد. در اینجا این خطر وجود دارد که این قطرات تشکیل شده به حوضچه مذاب منتقل گردند.

الکترودی که تحت بارهای بسیار کم قرار می گیرد ، قوس را در تمام سطح انتهایی خود ، نخواهد داشت و قوس ناقص خواهد شد. در اینصورت پایداری قوس کاهش یافته و جوشکاری مشکل خواهد شد.

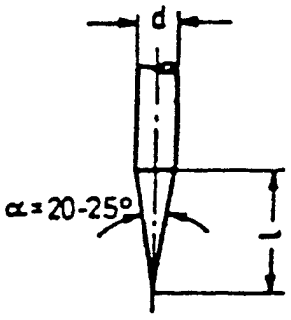
اگر جوشکاری با جریان مستقیم انجام شود ، نوک الکترود مطابق شکل a ، گرد خواهد شد.

در صورت استفاده از جریان متناوب ، نوک الکترود ، کمی پخ خواهد داشت (شکل b). در طی جوشکاری ، این میزان پخ به شکلی صاف تر و روان تر تبدیل خواهد شد (شکل c).

بعد از پایان جوشکاری و خاموش شدن قوس ، الکترود باید در گاز محافظ خنثی ، خنک گردد. در صورتی که این عمل انجام نشود ، الکترود اکسید شده و به رنگ قهوه ای متمایل به آبی در می آید. الکترود اکسید شده در هنگام جوشکاری موجب ایجاد یک قوس بنفش رنگ می شود.

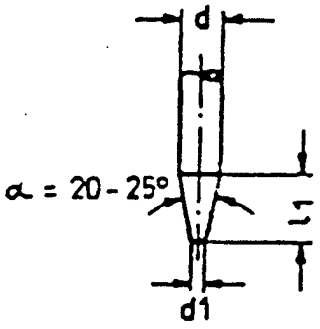
direct current

a



alternating current

b



c

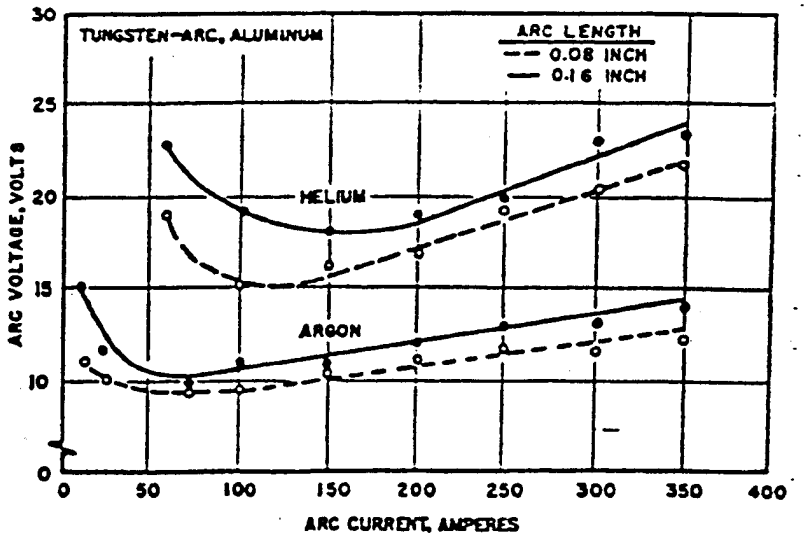
d	l
1.0	2.5
1.6	4.0
2.4	6.0
3.2	8.0
4.0	10.0

d	d_1	l_1
1.0	0.5	1.2
1.6	0.8	2.0
2.4	1.2	3.0
3.2	1.6	4.0
4.0	2.0	5.0

Current carrying capacity of pure thoriated tungsten electrode as a function of diameter

Type of current	Tungsten electrode	Current intensity		
		too low		too high
=	thoriated			
~	pure			
	thoriated			

Configuration of tungsten electrode end during welding with too low correct and too high current intensity



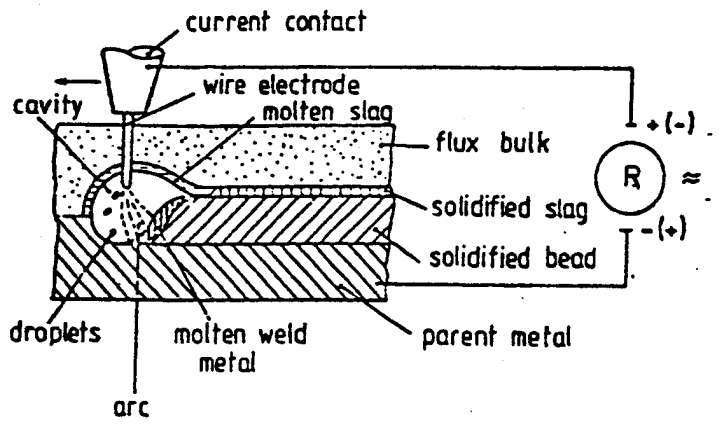
Arc voltage characteristics of argon and helium

حق چاپ و تکثیر، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

تعریف :

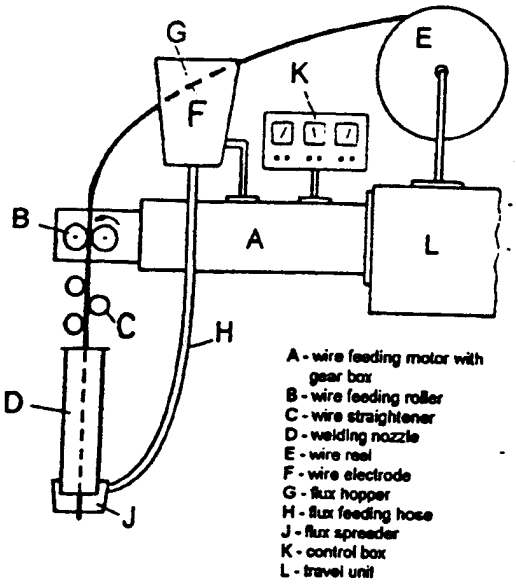
در این فرایند ، قوس بصورت غیر قابل رویت بین الکترود ذوب شونده (سیم جوش) و قطعه کار و یا بین دو الکترود ذوب شونده برقرار می گردد. قوس و منطقه جوشکاری (حوضچه مذاب) بوسیله لایه ای از پودر مخصوص (FLUX) محافظت می گردد. حوضچه جوش توسط سرباره بوجود آمده از پودر ، از مضرات تماس یافتن با اتمسفر محافظت می گردد. (استاندارد DIN 1919 بخش دوم)

اصول فرایند جوشکاری زیر پودری (SAW) :



R = rectifier

تجهیزات مورد استفاده در فرایند جوشکاری زیرپودری :



A : موتور تغذیه کننده سیم با گیربکس

B : غلطک تغذیه کننده سیم

C : صاف کننده سیم

D : نازل جوشکاری

E : کویل سیم

F : سیم جوش

G : محفظه پودر

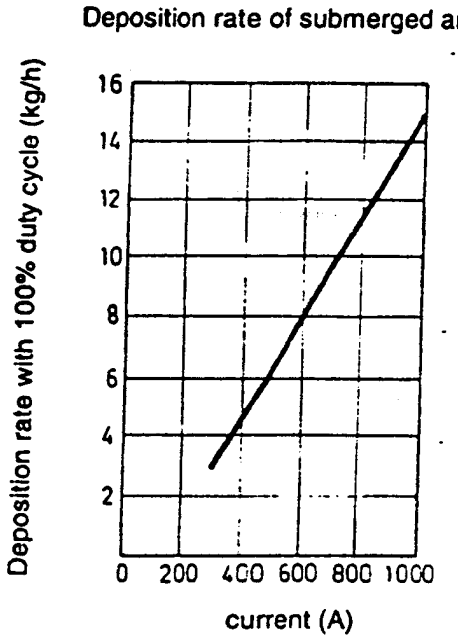
H : لوله حمل کننده پودر

J : توزیع کننده پودر

K : جعبه فرمان

L : واحد حمل کننده سیستم

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد



قطر استاندارد سیم جوش بر اساس استاندارد DIN EN 756 :

8.0 - 6.3 - 6.0 - 5.0 - 4.0 - 3.2 - 3.0 - 2.5 - 2.0 - 1.6 - 1.2 (اندازه ها به میلیمتر می باشد)

توجه : برای آشنایی با نحوه آماده سازی قطعه کار و طراحی پخ برای اتصالات مورد استفاده در این فرایند به استاندارد DIN 8551 ، بخش چهارم ، مراجعه فرمایید.

مثال :

متغییرهای جوشکاری بسیار متداول در این فرایند به شرح ذیل می باشد :

قطر سیم جوش : ۴ میلیمتر

میزان جریان : ۶۰۰ آمپر

میزان ولتاژ : ۳۰ ولت

سرعت جوشکاری : ۵۰ سانتی متر بر دقیقه

وظایف پودر جوشکاری :

۱. اصلاح و کمک به هدایت الکتریکی در منطقه قوس :

و بنابراین : الف) کمک به شروع قوس محافظ

ب) پایدارسازی قوس

۲. تشکیل سرباره (گل جوش) :

که در نتیجه : الف) کمک به خروج حبابها و گازها از منطقه حوضچه مذاب

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

ب) محافظت از قطره های انتقال یابنده

ج) محافظت از حوضچه مذاب

د) کمک به ایجاد شکل مناسب پروفیل جوش

ه) محافظت از سیم جوش در برابر نرخ سرد شدن بالا (در برابر سریع سرد شدن)

۳. تاثیرات متالورژیکی بر فلز جوش :

بوسیله : الف) واکنش های بین سرباره و فلز پایه

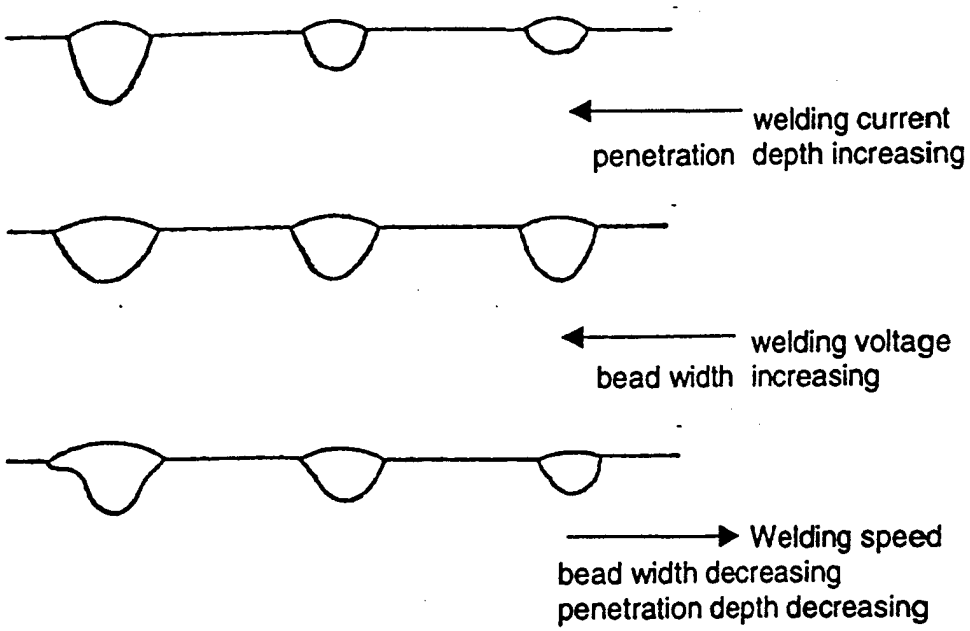
ب) اکسید زدایی بوسیله ترکیبات فروسیلیکون و فرو منگنز

۴. آلیاژسازی :

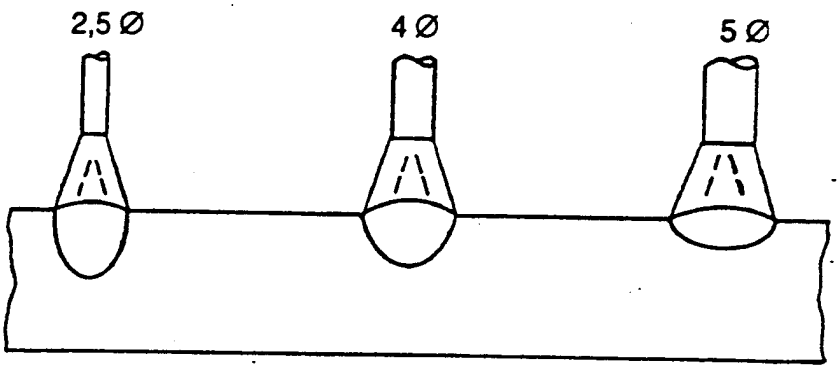
بوسیله : اضافه کردن عناصر آلیاژی توسط پور جوش (مانند کروم ، کربن و ...)

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

تاثیر پارامتر های جوشکاری بر شکل ظاهر جوش :



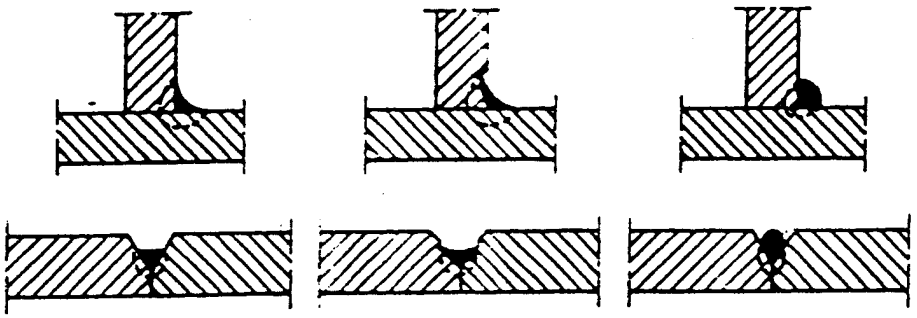
تاثیر دانسیته جریان بر روی بستر و شکل جوش :



current:	500 A	500 A	500 A
current density:	102,0	39,8	25,5, A/mm²

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

تاثیر پارامتر های جوشکاری (ادامه) :

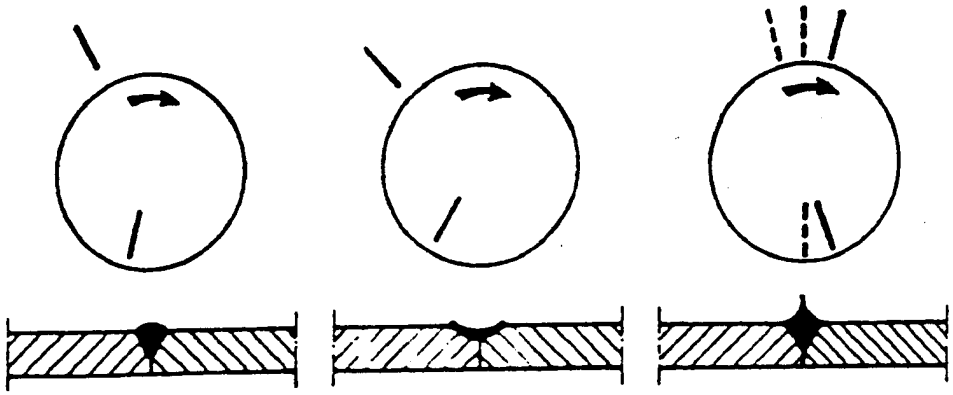


a) correct arc voltage b) voltage too high c) voltage too low

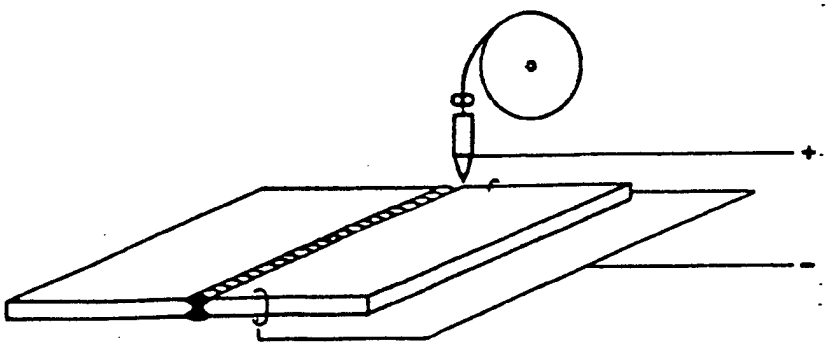
bead shape depending on arc voltage

جوشکاری درزهای حلقوی (دایروی) :

welding of circular seams



right electrode position ⟷ wrong electrode position



favourable work piece connection

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

فصل دوم

مشخصات روش جوشکاری

WPS

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

مقدمه

هدف از تنظیم یک WPS مشخص و تعیین کردن جزئیات فرایند جوشکاری یک قطعه است. برخی از کارخانه ها برای تولیدات خود گواهی کیفیت نیز تنظیم می کنند تا بوسیله آن شرایط آماده سازی، بررسی و تائید مشخصات بیان شده در روش جوشکاری ، کنترل شود.

براساس نوع سازه ، استانداردهای مختلفی برای طراحی و ساخت سازه در کشورهای مختلف موجود است و تقریباً در تمامی این استانداردها بخشی به جوشکاری و کنترل کیفی اختصاص داده شده است.

به عنوان مثال در آمریکا ، طراحی و ساخت بویلرها، مخازن تحت فشار و نیروگاههای اتمی براساس استانداردهای منتشره از سوی انجمن ASME صورت می گیرد. همچنین برای سازه های فلزی انجمن AWS استانداردهایی را منتشر ساخته است. انجمن API نیز برای مخازن ذخیره فولادی و لوله های انتقال گاز ،کدهایی را معرفی کرده است.

امروزه خواسته های کیفیتی جوش جهت کسب استانداردهای ISO 9001 ، باید براسس کد EN-729 تنظیم گردد. این استاندارد در چهار بخش به ترتیب راهنمای انتخاب واستفاده ، خواسته های کیفیت کامل ، خواسته های کیفیتی استاندارد و خواسته های کیفیتی ابتدایی جوشکاری را مطرح می سازد.

معیارهای تعیین کیفیت و کنترل کیفیت جوشکاری برای سازه ها و تجهیزات مختلف متفاوت است.

ASME . Sec IX ، در باره کیفیت جوشکاری بویلرها و مخازن تحت فشار، استاندارد AWS. D1.1 ، برای کنترل کیفیت جوشکاری سازه های فلزی و API 650 ، API 1101 به ترتیب برای تعیین کیفیت جوشکاری مخازن ذخیره فولادی و خطوط لوله گاز می باشد . در کشورهای اروپایی نیز استاندارد EN-288 به تنظیم روش جوشکاری اختصاص داده شده است.

نکته حائز اهمیت آن است که هدف تمامی استانداردهای مذکور تعیین کیفیت مطلوب جوش است و تنها بسته به مسائل طراحی مورد نظر ، متغیرهای اساسی مورد توجه جهت ارائه روش جوشکاری ، تغییر می کند.

مشخصات روش جوشکاری براساس نیازهای سازنده و بنا به تائید مشاور طرح ، تنظیم می گردد.

مأخذ مورد استفاده در این دوره استاندارد ASME . Sec IX بوده و به استانداردهای مشابه مانند AWS. D1.1 نیز اشاره شده است .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

نحوه تنظیم فرم مشخصات روش جوشکاری (WPS)

۱-۲) مشخصات سربرگ فرم WPS :

در ضمیمه شماره ۱ نمونه آخرین فرم WPS پیشنهادی در استاندارد ASME, Sec IX, (QW-482) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود در سربرگ فرم ، مشخصات اولیه یک WPS ذکر می گردد. بسته به شرایط کاری هر شرکت ، این قسمت قابل تغییر است.

موارد توصیه شده در استاندارد ASME عبارتند از :

۱) نام شرکت

۲) شماره WPS :

این شماره استاندارد خاصی نداشته و بنا به قراردادها و بخشنامه های داخلی هر شرکت تعیین می شود.

۳) تاریخ تنظیم WPS

۴) شماره گزارش کیفیت جوشکاری تائید کننده (PQR No.)

۵) شماره تجدیدنظر

۶) تاریخ تجدیدنظر

۷) فرآیند یا فرایندهای جوشکاری مورد استفاده

۸) نحوه انجام فرایند جوشکاری

مطابق با آنچه در سربرگ فرم WPS دیده میشود ، اولین قدم در نوشتن WPS تعیین فرایند یا فرایندهای جوشکاری است. برای این منظور با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف مؤثر و نیز مزایا و محدودیت های هر روش جوشکاری بهترین و صحیح ترین فرایند را انتخاب می کنیم.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

پارامترهای انتخاب صحیح روش جوشکاری :

۱- اندازه ، ابعاد و طرح اتصال قطعات

۲- جنس مواد پایه

۳- قابلیت دسترسی (فرایند و قطعه کار)

۴- تعداد قطعات

۵- تجهیزات در دسترس

۶- موقعیت جوشکاری

۷- اقتصاد جوش

برای سهولت فرایندهای جوشکاری را با نام اختصاری در سربرگ فرم می نویسیم . اسامی اختصاری برخی فرایندهای جوشکاری در جدول ۱ آمده است.

Symbol	Welding Process	فرایند جوشکاری
SMAW	Shielded Metal Arc Welding	جوشکاری قوس الکترود روپوش دار
GMAW	Gas Metal Arc Welding	جوشکاری قوس فلزی با گاز
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding	جوشکاری قوس تنگستنی
FCAW	Flux Cored Arc Welding	جوشکاری قوس با الکترود توپودری
MIG	Metal Inert Gas Welding	جوشکاری قوس- فلز با گاز محافظ خنثی
MAG	Metal Active Gas Welding	جوشکاری قوس- فلز با گاز محافظ فعال
TIG	Tungsten Inert Gas Welding	جوشکاری تنگستنی با گاز محافظ خنثی
PAW	Plasma Arc Welding	جوشکاری قوس پلاسما
OFW	Oxy-Fuel Gas Welding	جوشکاری با سوخت گازی
ESW	Electroslag Welding	جوشکاری سرباره الکتریکی
EGW	Electro-Gas Welding	جوشکاری گاز الکتریکی
EBW	Electron Beam Welding	جوشکاری پرتو الکترونی
SAW	Submerged Arc Welding	جوشکاری قوس-زیرپودری

جدول ۱- اسامی اختصاری فرایند های جوشکاری .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

پس از تعیین روش جوشکاری ، باید نحوه انجام روش جوشکاری نیز مشخص می شود. روش جوشکاری می تواند بصورت دستی Manual ، اتوماتیک Automatic ، نیمه اتوماتیک Semi-Automatic یا ماشینی Machine باشد. به عنوان مثال جوشکاری قوسی با الکترود روپوش دار به علت استفاده از الکترودهایی با طول محدود و .... فرایندی دستی تلقی می شود.

۲-۲) طرح اتصال (QW-402) Joints :

مشخصات طرح اتصالی که روش جوشکاری برای آن نوشته می شود ، در این قسمت از فرم WPS نشان داده می شود. استاندارد مربوط به طرح اتصال ، QW-402 است. در صورت تمایل و نیاز فرایند ، پخ سازی مورد نظر نیز قابل ذکر است. معمولاً آماده سازی شیار یا پخ جوشکاری با یکی از روشهای:برش اکسیژن ، استفاده از الکترودهای کربنی ، برش قوس پلاسما یا روشهای مختلف ماشینکاری و سنگ زنی صورت می گیرد. تمیزکاری پخ جوش باعث بهبود جوش می گردد.

در این قسمت موارد پیشنهادی برای ارائه عبارتند از :

۱) طرح شیار یا پخ جوشکاری

۲) پشت بند

۳) جنس مواد پشت بند

۲-۲-۱) طرح شیار یا پخ (Groove Design)

در این قسمت با توجه به جدول ۲ ، نام یا نام اختصاری شیار و طرح اتصال را ذکر می کنیم. لازم به ذکر است که عنوان طرح اتصال بصورت کلی (Groove – Fillet – G&F) نیز امکان پذیر است.

بهتر است شکل طرح اتصال ، علامتهای اختصاری جوشها ، توضیحات نوشتاری که موقعیت قطعات را نشان می دهد و در صورت امکان جزئیات اتصال نیز ارائه شود.

در ضمیمه ۳ مثالهای گوناگونی از طرحهای اتصال همراه با مشخصاتی از قبیل نام اختصاری طرح جوش ، ضخامت فلزات پایه ، وضعیت جوشکاری مطلوب و ابعاد مورد نظر با توجه به فرایند جوشکاری و ضخامت ، مطابق با استاندارد AWS . D1.1 ارائه شده است.

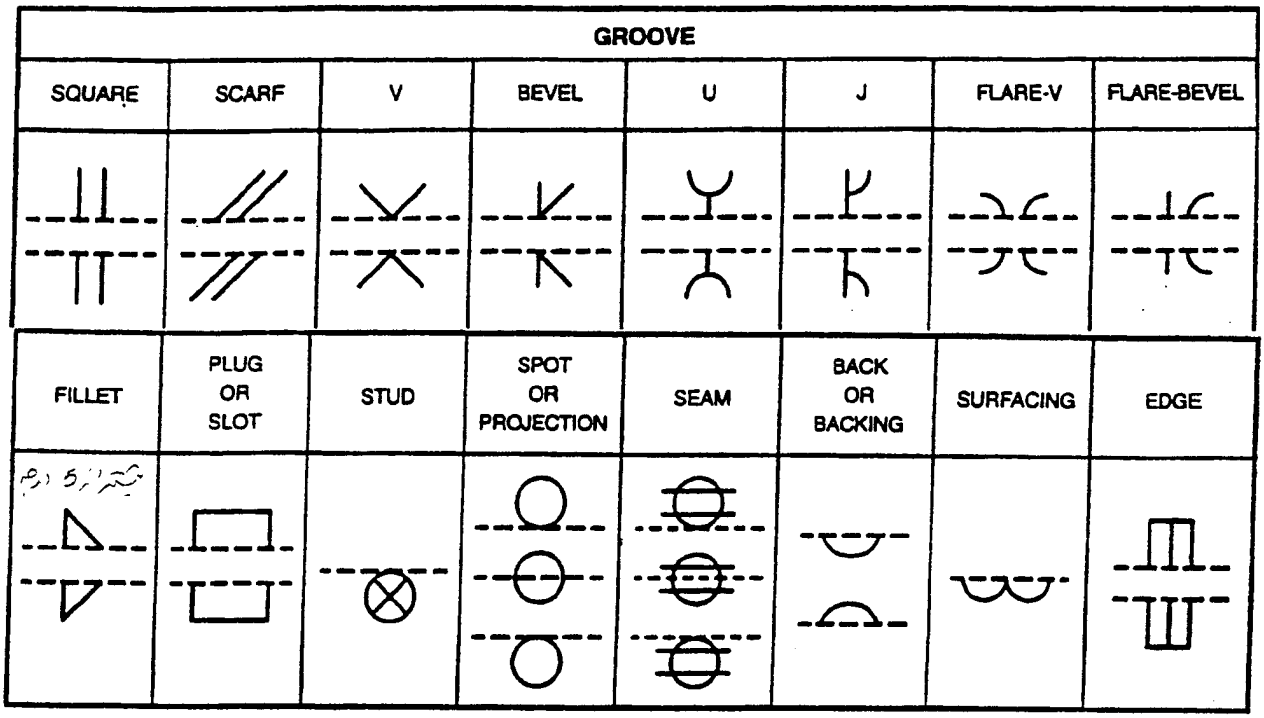
حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

Symbol	Joint Type	نوع اتصال
B	Butt Joint	اتصال سر به سر
C	Corner Joint	اتصال گوشه ای
T	T-Joint	اتصال به شکل T
BC	Butt or Corner Joint	اتصال سر به سر یا گوشه ای
TC	T-Joint or Corner Joint	اتصال گوشه ای یا اتصال به شکل T
BTC	Butt , T- or Corner Joint	اتصال سر به سر،گوشه ای یا اتصال به شکل T
Symbol	**Base Metal Thickness & Penetration**	**میزان نفوذ جوش وضخامت فلز پایه**
L	Limited Thickness , Compelet Joint Penetration	ضخامت محدود ، نفوذ کامل جوش
U	Unlimited Thickness , Compelet Joint Penetration	ضخامت نامحدود ، نفوذ کامل جوش
P	Partial Joint Penetration	نفوذ ناقص جوش
Symbol	**Weld Type**	**نوع جوشکاری**
1	Square-Groove	شیار مربعی
2	Single-V-Groove	شیار -V-یک طرفه
3	Double-V-Groove	شیار -V-دو طرفه
4	Single-Bevel-Groove	شیلر نیم جناغی یک طرفه
5	Double-Bevel-Groove	شیلر نیم جناغی دو طرفه
6	Single-U-Groove	شیار -U-یک طرفه
7	Double-U-Groove	شیار -U-دو طرفه
8	Single-J-Groove	شیار -J-یک طرفه
9	Double-J-Groove	شیار -J-دو طرفه
10	Flare-Bevel-Groove	شیار نیم جناغی لبه گرد

جدول۲- مشخصات طرح های اتصال .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

نکته قابل توجه در اشکال و طرحهای ضمیمه ۳ ، علائم اختصاری جوشها است. استفاده از این علائم در نقشه ها متداول است و لذا شناخت و اطلاع از این علائم موجب تسهیل و تسریع کار می گردد. در جدول ۳ علائم گوناگون مورد استفاده در جوشکاری نشان داده شده است.



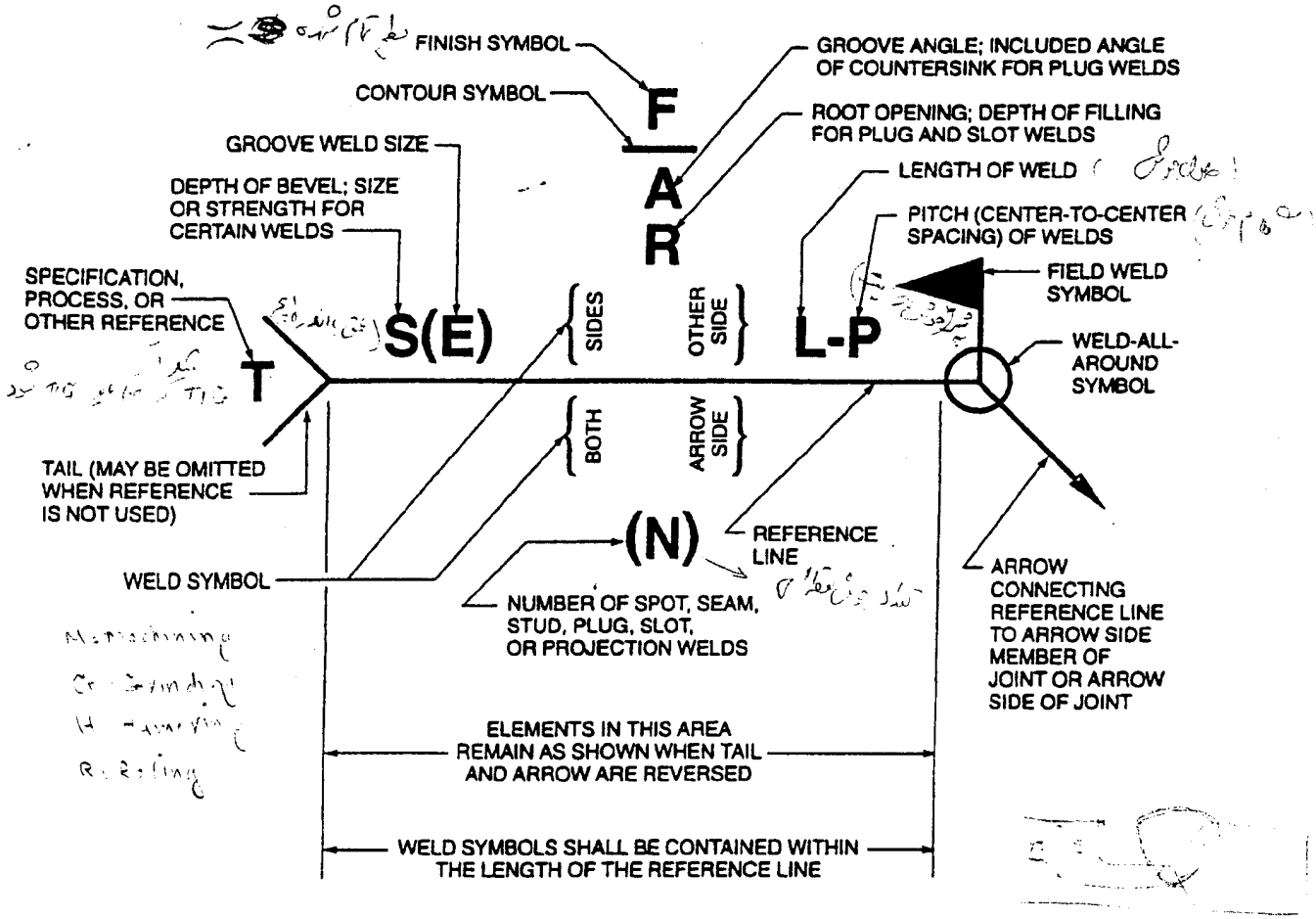
جدول۳- علامتهای اختصاری طرح اتصال جوشهای مختلف .

معمولاً برای نشان دادن علائم جوش از یک پیکان استفاده می شود که ابعاد و مشخصات کامل پخ بر روی آن ذکر می گردد. نحوه تنظیم و ترسیم پیکان در شکل ۱ نشان داده شده است. مثالهایی از نحوه علامت گذاری جوش در شکل ۲ دیده می شود.

۲-۲-۲) پشت بند (Backing)

همانطور که در شکل های ضمیمه ۳ دیده می شود. بنا به ملاحظات طراحی و به منظور جلوگیری از اکسید شدن مذاب ریشه شیار جوش ، عدم ریزش مذاب از پشت شیار ، افزایش یا کاهش سرعت انجماد ، اطمینان از خالی نماندن و یا ایجاد سوختگی کناره جوش در قسمت پشتی جوش و ... از تسمه های فلزی ، غیرفلزی ، جریان گاز یا فلاکس (پودر جوش) به عنوان پشت بند استفاده می شود. در این قسمت استفاده یا عدم استفاده از پشت بند ذکر می گردد.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد



شکل ۱- موقعیت استاندارد پارامترهای لازم برای نشان دادن علامت جوش .

۳-۲-۲) جنس مواد پشت بند (Backing Material < Type>)

در صورت استفـاده از پشت بند (بنا به صلاحـــدید طراح) جنس ونوع پشت بند در این قسمت درج می شود. موادی که عمدتاً به عنوان پشت بند بکار می روند عبارتند از :

الف) تسمه های فولاد کربنی ساده

ب) ورقهای مسی

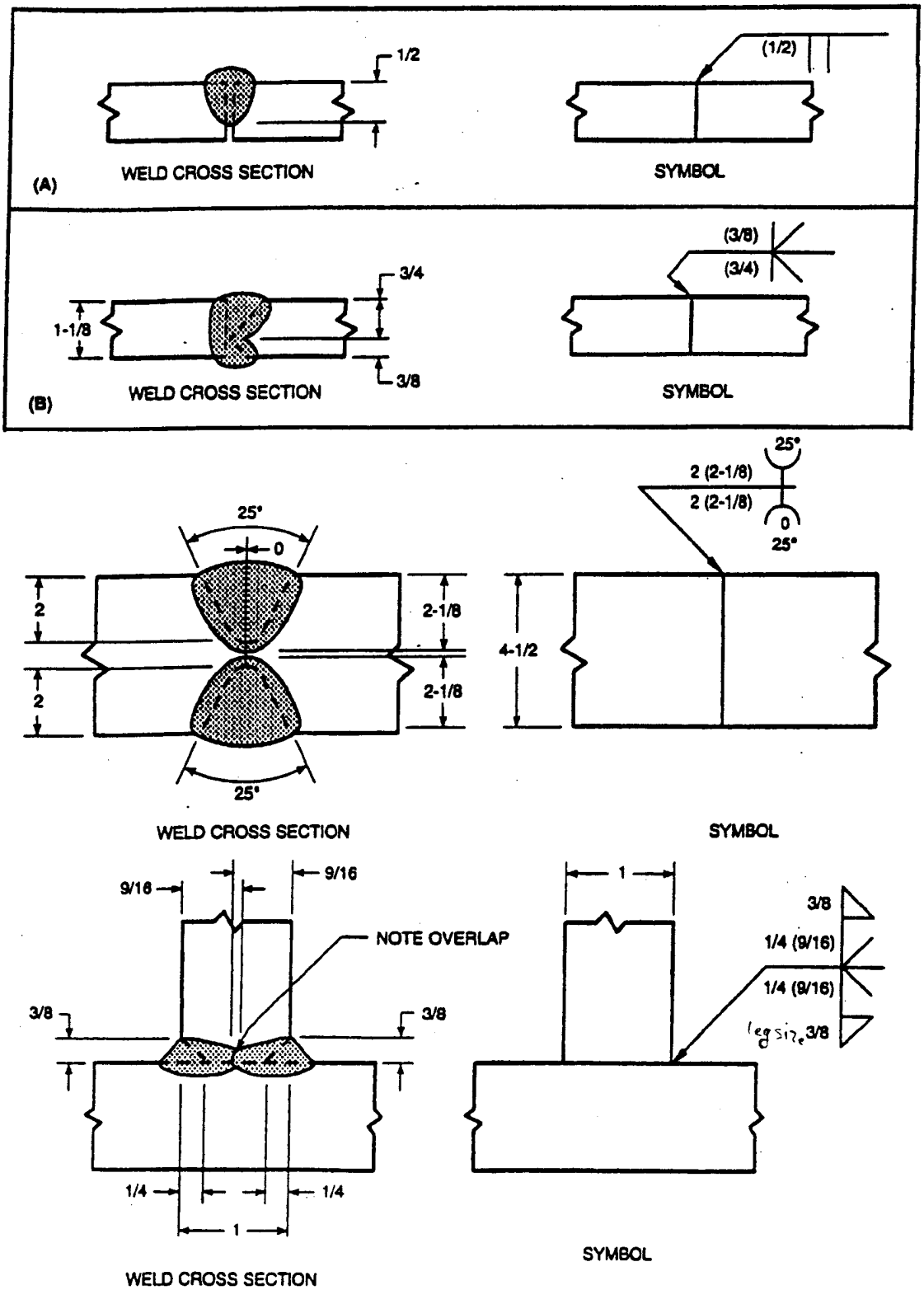
ج) فلاکس (پودر جوش)

د) جریان گازهای محافظ : Ar ، CO_2 .....

لازم به ذکر است که در جوشهای گلویی یا سپری (Fillet) فلز پایه خود به عنوان پشت عمل مـی کنـد. هم چنین جوشهای شیاری دو طرفه (Double – Groove) به صورت جوشهای همراه با پشت بند در نظر گرفته می شوند (QW-402.4) ، و می توان در این حالت و در شرایطی که پس از جوشکاری طرح اتصال

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

شیاری یک طرفه ، پاس ریشه سنگ زده شده و برداشته می شود (Back Chipping) و جوشکاری پشت درز اتصال مجدداً انجام می گیرد ، فلز جوش را به عنوان پشت بند در نظر گرفت.



شکل ۲- مثالهایی از نحوه نشان دادن علائم جوش .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۲-۳) فلزات پایه (QW-403) Base Metal :

ذکر نوع و ترکیب شیمیایی فلزات پایه ای که جوشکاری بر روی آنها انجام می شود ، از جمله مهمترین و الزامی ترین موارد WPS است. نوع فلز پایه (شماره استاندارد) ، ترکیب شیمیایی و عملیات حرارتی انجام شده یا لازمه برروی فلز پایه (قبل از جوشکاری) ، در انتخاب مشخصات فرایند جوشکاری مانند پیشگرم ، عملیات حرارتی پس از جوشکاری ، انتخاب االکترود و تکنیک کار دخیل است. استاندارد مربوط به فلز پایه QW-403 می باشد.

موارد پیشنهادی برای ارائه در این قسمت عبارتند از :

۱- عدد مشخصهٔ P (P No.) هم چنین عدد گروه (Group No.)
۲- شماره استاندارد یا ترکیب شیمیایی
۳- محدودهٔ ضخامت فلز پایه و محدودهٔ قطر لوله
۴- دیگر موارد.

۱-۳-۲) عدد مشخصهٔ P (P No.)

برای کاهش تعداد WPS ، PQR های مورد نیاز و استفاده ، فلزات پایه تحت عدد مشخصه P تقسیم بندی شده اند. ترکیب شیمیایی آلیاژ ، جوش پذیری و خواص مکانیکی ، اساس این تقسیم بندی است. البته در صورتی که تست ضربه برای آزمایش کیفیت فولاد ضروری باشد ، در هر عدد مشخصهٔ P تقسیم بندی جزئی تری نیز صورت گرفته و فولادهای تحت هر عدد مشخصهٔ P به گروههای کوچکتری تقسیم می شوند (Group No.) . با استناد به اعداد مشخصهٔ P و Group No. می توان در باره قابلیت جایگزینی دو آلیاژ از نظر خواص متالورژیکی و عملیات حرارتی پس از جوشکاری اظهارنظر کرد. مسلماً باید مسائل طراحی را نیز در این جایگزینی مدنظر قرار داد.

در جدول ۴ اعداد مشخصهٔ P برای آلیاژهای مختلف براساس کد مشخص شده است.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

نوع آلیاژ	کد مربوطه در ASME , Sec. IX	P-No.
فولادها	QW/QB-422	1-11
آلومینیوم وآلیاژهای Al	QW/QB-422	21-25
مس وآلیاژهای Cu	QW/QB-422	31-35
نیکل وآلیاژهای Ni	QW/QB-422	41-47
تیتانیوم وآلیاژهای Ti	QW/QB-422	51-53
زیرکنیوم وآلیاژهای Zr	QW/QB-422	61-62

جدول۴- کد های ASME مربوط به P-No. آلیاژهای مختلف .

در صورتیکه آلیاژی در جداول QW/QB-422 موجود نباشد بـه جـای عـدد مشـخصهٔ P ، نـوع ، ترکیـب شیمیایی و یا خصوصیات مکانیکی آلیاژ مورد نظر باید در WPS ذکر شود.

در ضمیمه ۴ بخشی از QW/QB-422 ارائه شده است.

۲-۳-۲) شماره استاندارد یا ترکیب شیمیایی (Specification type & grade / Chem. Analysis)

در این بخش ، شماره استاندارد و فلزات پایه براساس استانداردهای مرتبط ذکر می گردد. کلیه آلیاژهای پذیرفته شده توسط انجمن ASME در کد ASME . Sec II . Part A.B ذکر و مشخصات آنها درج گردیده است. در صورتیکه فلزات پایه ، شماره استاندارد مشخصی نداشته باشند، باید ترکیب شـیمیایی وخـواص مکانیکی فلزات پایه را ذکر کرد.

۳-۳-۲) محدوده ضخامت فلز پایه و محدوده قطر لوله

(Thickness Range : Base Metal / Pipe Dia. Range)

ضخامت فلزات پایه در مقطع جوشکاری در ایـن قسـمت از فـرم نوشـته مـی شـود. اگر اتصـال شـیاری (Groove) باشد ، ضخامت ها در قسمت Groove و اگر اتصال گلویی یا سپری (Fillet) باشد، ضخامت ها در قسمت Fillet درج می گردد. در صورتیکه قطعه مورد جوشکاری لوله باشـد عـلاوه بـر ذکـر ضخـامت

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

فلزات پایه لازمست تا قطر لوله نیز در WPS نوشته شود. معمولاً قطر خارجی لوله را با .O.D و قطر داخلی لوله را با .I.D نشان می دهند.

۴-۳-۲) دیگر موارد (Other)

در این قسمت نکات مهم دیگری که مربوط به فلزات پایه باشد درج می گردد.

۴-۲) فلزات پر کننده (QW-404) Filler Metal :

اصولاً در اکثر فرایندهای جوشکاری برای ایجاد اتصال بین فلزات پایه ، به یک پل واسط فلزی نیاز داریم. فلزات مورد استفاده برای این منظور به عنوان فلزات پر کننده شناخته می شوند. با در نظر گرفتن فرایند جوشکاری و پارامترهای مختلف مؤثر ، صحیح ترین فلز پر کننده را انتخاب می کنیم.

پارامترهای انتخاب صحیح فلز پر کننده :

الف) فرایند جوشکاری

ب) ترکیب شیمیایی فلز پایه

ج) وضعیت جوشکاری

د) شرایط کاربردی

ه) میزان نفوذ جوش (عمق نفوذ)

و) کیفیت محل جوش

ز) هزینه جوش

ح) مهارت جوشکار

ضمیمه ۵ برای انتخاب الکترود در حالتی که شباهت بین فلزات پایه و پرکننده باشد ، قابل استفاده است. در این جدول سیم جوش و الکترود سازگار با فلز پایه برای فرایندهای مختلف جوشکاری تحت استاندارد آمریکایی ذکر شده است. به هنگام ارائه مشخصات روش جوشکاری توجه به نکات زیر در مورد فلزات پر کننده مفید است :

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

الف) در روش جوشکاری با الکترود دستی ، بیشترین اندازه جوش گلویی (Fillet) با یک پاس ،6.4 میلی متر و برای جوشهای شیاری (Groove) نیز 6.4 میلی متر است که با استفاده از الکترود کم هیدروژن E70XX بدست می آید.

ب) در روش جوشکاری زیر پودری ، بیشترین اندازه جوش گلویی یا شیاری قابل اجرا در یک پاس با الکترود F7XX – EXXX ، 8 میلی متر است.

ج) در جوشکاری های قوس فلزی با محافظت گاز ، بیشترین اندازه جوش گلویی یا شیاری در یک پاس با الکترود ER70S-X ، 8 میلی متر است.

د) در جوشکاری با الکترود توپودری ، بیشترین اندازه جوش گلویی یا شیاری در یک پاس با الکترود E7XT-X ، 8 میلی متر است.

ه) الکترودها باید قبل از مصرف خشک شوند. روکش تمام کلاسهای الکترود تقریباً کم هیدروژن است و به منظور عدم جذب هیدروژن باید کاملاً عایق بندی شوند. در صورت باز شدن روکش عایق بسته های الکترود ، الکترودها باید قبل از مصرف خشک شوند.

استاندارد مربوط به فلز پر کننده QW-404 می باشد.

موارد پیشنهادی برای ارائه در این قسمت عبارتند از :

۱) عدد SFA

۲) شماره AWS (کلاس و طبقه بندی فلز پر کننده)

۳) عدد مشخصهٔ F

۴) عدد مشخصهٔ A

۵) اندازهٔ فلز پرکننده

۶) محدودهٔ ضخامت فلز جوش

۷) کلاس و طبقهٔ فلاکس (پودر جوش)

۸) لایی مصرف شدنی

۹) دیگر موارد

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۲-۴-۱) عدد SFA (SFA No.)

در استاندارد ASME . Sec II . Part C فلزات پر کننده در گروههای مختلفی طبقه بندی وارائه شده انـد . طبقه بندی فلزات پر کننده بر اساس فرایند جوشکاری و ترکیب شیمیایی صورت گرفته است . در جدول ۵ شمارهٔ مشخصه گروههای مختلف فلزات پرکننده ارائه شده است .

۲-۴-۲) شماره AWS (AWS Class)

در استانداردهای مختلف ، روشهای متفاوتی برای نام گذاری الکترودها و فلزات پرکننده وجـود دارد . در فرم WPS که بر اساس استاندارد ASME . Sec IX ارائـه شـده ، نـام الکترودهـا براسـاس نـام گذاری استاندارد AWS نوشته می شود. این نام گذاری در استاندارد ASME . Sec II . Part C نیز اسـتفاده شـده است.

به عنوان مثال ، برای الکترودهای فولاد کربنی روپوش دار که در S FA-5.1 ذکر شده اند ، فرم کلـی نـام الکترودها به صورت EXXXX می باشد. حرف E نشان دهندهٔ و علامت الکترواست. دو عدد بعد از حـرف E نشان دهندهٔ استحکام کششی فلز جوش بر مبنای KSi (کـیلو پوند بر اینچ مربع) اسـت . رقـم سـوم نشان دهندهٔ وضعیت جوشکاری و رقم چهـــارم نشـان دهنـدهٔ کـلاس روپـوش الکـترود، نـوع جریـان الکتریکی و سایر خصوصیات پوشش می باشد. جـداول ۶ و ۷ نحـوهٔ شـماره گذاری الکترودهـا را نشـان میدهند .

۲-۴-۳) عدد مشخصهٔ F (F No.)

عدد مشخصهٔ F در حقیقت یک تقسیم بندی برای فلزات پرکننده (الکترودهـا و سـیم جوشـها) اسـت. استفاده از این عدد نیز باعث کاهش تعداد WPS ، PQR های لازم و مورد استفاده خواهد شد. جـدول ۸ چگونگی تقسیم بندی .F No را برای فلـزات پرکننـده مختلـف و آلیـاژهـای مختلـف نشـان مـی دهـد. استاندارد مربوط به عدد مشخصه F ، QW-432 می باشد. در ضمیمه ۶ تقسیم بنـدی عـدد مشـخصهٔ F دیده می شود.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

شماره مشخصه	نوع فلز پر کننده
SFA-5.1	مشخصات الکترودهای فولاد کربنی برای جوشکاری قوس الکترود روپوش دار SMAW
SFA-5.2	مشخصات سیم جوش فولاد کربنی و کم آلیاژی برای جوشکاری با سوخت گاز (اکسی استیلن)
SFA-5.3	مشخصات الکترودهای آلومینیومی و آلیاژهای آن برای جوشکاری قوس الکترود روپوش دار
SFA-5.4	مشخصات الکترودهای فولاد زنگ نزن برای جوشکاری قوس الکترود روپوش دار
SFA-5.5	مشخصات الکترودهای فولاد کم آلیاژی برای جوشکاری قوس الکترود روپوش دار
SFA-5.6	مشخصات الکترودهای روپوش دار مسی و آلیاژهای مس برای جوشکاری قوسی
SFA-5.7	مشخصات الکترود و سیم جوشهای بدون پوشش مسی و آلیاژهای مس
SFA-5.8	مشخصات فلزات پرکننده برای لحیم کاری سخت و لحیم جوشکاری
SFA-5.9	مشخصات الکترود و سیم جوشهای بدون پوشش فولاد زنگ نزن
SFA-5.10	مشخصات الکترود و سیم جوشهای بدون پوشش آلومینیومی و آلیاژهای آن
SFA-5.11	مشخصات الکترودهای نیکلی و آلیاژهای آن برای جوشکاری قوس الکترود روپوش دار
SFA-5.12	مشخصات الکترودهای تنگستنی و آلیاژهای آن برای جوشکاری و برشکاری قوسی
SFA-5.13	مشخصات الکترود و سیم جوشهای جوش روکش کاری (Solid Surfacing)
SFA-5.14	مشخصات الکترود و سیم جوشهای بدون پوشش نیکلی و آلیاژهای آن
SFA-5.15	مشخصات الکترود و سیم جوشها برای جوشکاری چدن
SFA-5.16	مشخصات الکترود و سیم جوشهای تیتانیومی و آلیاژهای آن
SFA-5.17	مشخصات الکترود و فلاکس های فولاد کربنی برای جوشکاری قوس-زیرپودری
SFA-5.18	مشخصات الکترود و سیم جوشهای فولاد کربنی برای جوشکاری قوس فلزی با گاز
SFA-5.20	مشخصات الکترودهای فولاد کربنی برای جوشکاری قوس با الکترود توپودری
SFA-5.21	مشخصات الکترود و سیم جوشهای جوش روکش کاری مرکب (Composite Surfacing)
SFA-5.22	مشخصات الکترودهای فولاد زنگ نزن برای جوشکاری قوس با الکترود توپودری و سیم جوشهای فولاد زنگ نزن برای جوشکاری قوس تنگستنی
SFA-5.23	مشخصات الکترود و فلاکس های فولاد کم آلیاژی برای جوشکاری قوس-زیرپودری
SFA-5.24	مشخصات الکترود و سیم جوشهای زیرکنیومی و آلیاژهای آن
SFA-5.25	مشخصات الکترود و فلاکس های فولاد کربنی وکم آلیاژی برای جوشکاری سرباره الکتریکی
SFA-5.26	مشخصات الکترودهای فولاد کربنی وکم آلیاژی برای جوشکاری گاز الکتریکی
SFA-5.28	مشخصات الکترود و سیم جوشهای فولاد کم آلیاژی برای جوشکاری قوس فلزی با گاز
SFA-5.29	مشخصات الکترودهای فولاد کم آلیاژی برای جوشکاری قوس با الکترود توپودری
SFA-5.30	مشخصات لایی های مصرف شدنی
SFA-5.31	مشخصات فلاکس برای لحیم کاری سخت ولحیم جوشکاری

جدول۵- شماره مشخصات گروههای مختلف فلزات پر کننده (SFA No.) .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

رقم سوم	وضعیت های جوشکاری
1	جوشکاری در چهار وضعیت تخت ، افقی ، عمودی و سربالا امکان پذیر است .
2	جوشکاری در دو وضعیت تخت و افقی امکان پذیر است .
3	جوشکاری فقط در وضعیت تخت امکان پذیر است .

جدول۶- وضعیت های جوشکاری متناسب با رقم سوم نام گذاری الکترودهای فولاد کربنی(SFA-5.1)

رقم چهارم	پوشش الکترود	نوع جریان الکتریکی
0	پر سلولز ، سدیم (الف) - پر اکسید آهن (ب)	جریان مستقیم با قطب معکوس (الف) - جریان متناوب یا مستقیم با قطب معکوس (ب)
1	پر سلولز ، پتاسیم	جریان متناوب یا مستقیم با قطب معکوس
2	پر تیتان، سدیم	جریان متناوب یا مستقیم با قطب مستقیم
3	پر تیتان ، پتاسیم	جریان متناوب یا مستقیم
4	پودر آهن ، تیتان	جریان متناوب یا مستقیم
5	کم هیدروژن ، سدیم	جریان مستقیم با قطب معکوس
6	کم هیدروژن ، پتاسیم	جریان متناوب یا مستقیم با قطب معکوس
7	پر اکسید آهن ، پودر آهن	جریان متناوب یا مستقیم
8	کم هیدروژن ، پتاسیم ، پودر آهن	جریان متناوب یا مستقیم با قطب معکوس
9	اکسید آهن ، تیتان ، پتاسیم	جریان متناوب یا مستقیم

جدول۷- پوشش ها و جریانهای الکتریکی متناسب با رقم چهارم نام گذاری الکترودهای فولاد کربنی (SFA-5.1)

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

نوع آلیاژ سیم جوش	کد مربوطه در ASME , Sec. IX	F-No.
آلیاژهای فولادی	QW-432	1-6
آلومینیوم وآلیاژهای Al	QW-432	21-25
مس وآلیاژهای Cu	QW-432	31-37
نیکل وآلیاژهای Ni	QW-432	41-45
تیتانیوم وآلیاژهای Ti	QW-432	51-55
زیرکنیوم وآلیاژهای Zr	QW-432	61
لایه فلز جوش روکش سخت	QW-432	71-72

جدول۸- عدد مشخصه F برای آلیاژهای مختلف .

۲-۴-۴) عدد مشخصهٔ A (A No.)

عدد مشخصهٔ A فقط در مورد آلیاژهای آهنی بکار می رود. عدد مشخصهٔ A مربوط به آنالیز فلز جوش می باشد. براساس کد 5- QW-404 ابتدا آنالیز جوش در هر فرایند به روش زیر محاسبه شده و سپس براساس جدول ۹ (QW-442) ، عدد مشخصه A تعیین و در فرم WPS نوشته می شود.

الف) برای روش های جوشکاری SMAW ، GTAW ، PAW :

۱- آزمایش برای تشخیص آنالیز جوش انجام شود.

۲- براساس مدرک کیفیت جوش سازنده فلز پرکننده ، آنالیز ارائه شده پذیرفته می شود.

در صورت انجام آزمایش ، نمونه باید مشابه آزمایش آنالیز استاندارد سیم جوش باشد.

ب) برای روش های جوشکاری GMAW ، ESW :

۱- از مشخصات ارائه شده توسط سازنده استفاده می شود.

۲- با شرایطی مشابه استاندارد ، نمونه آنالیز تهیه می شود.

در هر صورت گاز محافظ باید گاز مورد استفاده در فرایند باشد.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

ج) برای روش جوشکاری SAW :

۱- از مشخصات سازنده تحت شرایط استفاده از فلاکس مشابه فرایند اجرائی ، استفاده می شود.

۲- تحت شرایط کاری نمونه آنالیز تهیه می شود.

۵-۴-۲) اندازه فلز پرکننده (Size of filler metals)

انتخاب مناسب اندازه فلز پرکننده از لحاظ اقتصادی و عملیات جوشکاری حائز اهمیت است. در انتخاب اندازه الکترود موارد زیر باید مورد توجه قرار بگیرد :

الف) طرح اتصال

ب) ضخامت لایه های جوشکاری

ج) وضعیت جوشکاری

د) حرارت داده شده مجاز (Heat input)

ه) مهارت جوشکار

قاعده کلی آن است که هرگز نباید از الکترودی که اندازه آن بزرگتر از ضخامت قطعه کار است ، استفاده کرد. الکترود کلفت برای جوشکاری در وضعیت عمودی یا قائم و بالاسری یا سقفی مناسب نیست ، زیرا کنترل حوضچه جوش حجیم در این شرایط مشکل است. در مورد جوشکاری ورقهای ضخیم با لبه های آماده شده بصورت V یا K اولین پاس جوشکاری با الکترود نازک و پاس های بعدی با الکترودهای کلفت تر انجام می شود.

تعداد لایه ها یا پاس های لازم برای پر کردن درز جوش عمدتاً به : طرح اتصال ، اندازه الکترود ، ضخامت فلز پایه ، وضعیت جوشکاری و مهارت جوشکار بستگی دارد.

اندازه مناسب فلز پرکننده برای جوشهای مختلف را می توان بصورت زیر بیان کرد :

۱- برای جوش لوله یا اتصالاتی که احتیاج به ذوب کافی در ریشه جوش دارد و امکان جوشکاری از پشت جوش نیست ، حداکثر قطر الکترود برای پاس اول 3.25 میلی متر پیشنهاد می شود. برای جوشکاری پاس های بعدی از الکترودهای به قطر 4.0 ، 5.0 میلی متر استفاده می شود. لازم به ذکر

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

A-No.	Types of Weld Deposit	Analysis , %[Note 1]					
		C	Cr	Mo	Ni	Mn	Si
1	Mild Steel	0.20	...	...	...	1.60	1.00
2	Carbon-Molybdenum	0.15	0.5	0.4-0.65	...	1.60	1.00
3	Chrome (0.4% to 2%)-Molybdenum	0.15	0.4-2.00	0.4-0.65	...	1.60	1.00
4	Chrome (2% to 6%)-Molybdenum	0.15	2.00-6.00	0.4-1.50	...	1.60	2.00
5	Chrome (6% to 10.5%)-Molybdenum	0.15	6.00-10.5	0.4-1.50	...	1.20	2.00
6	Chrome-Martensitic	0.15	11.0-15.0	0.70	...	2.00	1.00
7	Chrome-Ferritic	0.15	11.0-30.0	1.00	...	1.00	3.00
8	Chromium-Nickel	0.15	14.5-30.0	4.00	7.50-15.0	2.50	1.00
9	Chromium-Nickel	0.30	19.0-30.0	6.00	15.0-37.0	2.50	1.00
10	Nickel to 4%	0.15	...	0.55	0.8-4.00	1.70	1.00
11	Manganese-Molybdenum	0.17	...	0.25-0.75	0.85	1.25-2.25	1.00
12	Nickel-Chrome-Molybdenum	0.15	1.5	0.25-0.80	1.25-2.80	0.75-2.25	1.00

NOTE : (1) Single values shown above are maximum.

جدول ۹-آنالیزجوش و عدد مشخصه A برای آلیاژهای فولادی .

است ، در لوله های با قطر کم پاس اول با الکترود 2.5 میلی متر جوشکاری شده و پاسهای بعـدی را با الکترودهای 3.25 ، 4.0 میلی متر جوش می دهند.

۲- در جوشکاری اتصالات V شکل یا جناغی یک طرفه که دارای تسمه ای در پشت اتصال می باشـند در حالت تخت می توان برای پاس اول از الکترود به قطر 4.0 یا 5.0 میلی مـتر و بـرای پـاس هـای بعدی از الکترود های بزرگتر استفاده کرد.

۳- برای جوشهای گلویی در حالت تخت و سر به سرغیر تخت ، حداکثر قطر الکترود مصرفی 5.0 میلـی متر است. اغلب پاس اول را با الکترودهایی بـه قطـر 3.25 یـا 4.0 میلـی مـتر جـوش مـی دهنـد. در جوشهای گلویی با پای جوش کمتر از 10 میلی متر استفاده از الکترود 3.25 ، 4.0 میلی متر پیشنهاد می گردد.

۶-۴-۲) محدودهٔ ضخامت فلز جوش (Deposited Weld Metal Thickness Range)

در این قسمت از WPS محدوده ضخامت فلز جوش رسوب داده شده درج می شود که تغییر در مقدار آن براساس کد QW-451 تعریف می شود.

۷-۴-۲) کلاس فلاکس (پودر جوش) (Electrode - Flux (Calss))

هر گونه مشخصات و استانداردهای مربوط به فلاکس های جوشکاری زیـر پـودری مطـابق بـا SFA-5.17 برای الکترود و فلاکس های فولاد ساده کربنی و SFA-5.23 برای الکترود و فلاکس های فولاد کم آلیـاژ در این قسمت درج می گردد.

۸-۴-۲) لایی مصرف شدنی (Consumable insert)

گاهی به منظور حفظ مشخصات طرح اتصال از لایی های مصرف شدنی استفاده می شود. مشخصات این لایی های مصرف شدنی در SFA-5.30 ، ASME, Sec II , Part C ذکر شده است. در مواردی که آنـالیز

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

و مشخصات لایی براساس SFA 5.30 است ، F No. نیز باید براساس QW-432 با سیم جوش مصرفی هماهنگ باشد.

۹-۴-۲) دیگر موارد (Other)

نام تجاری ، کد سازنده و یا دیگر مشخصات فلز پرکننده و لایی مصرف شدنی در این قسمت ذکر می گردد.

۵-۲) وضعیت جوشکاری (QW-405) Positions

اصولاً جوشکاری در چهار وضعیت کلی قابل انجام است :

۱) تخت Flat

۲) افقی Horizontal

۳) عمودی Vertical

۴) بالا سری Overhead

استاندارد مربوط به وضعیت جوشکاری QW-405 می باشد . در استاندارد ASME . Sec IX در کد QW-461 وضعیت های مختلف جوشکاری ذکر شده است (ضمیمه ۷) . شکل های ۳و۴ جهات و زوایای چهار وضعیت جوشکاری را نشان می دهد.

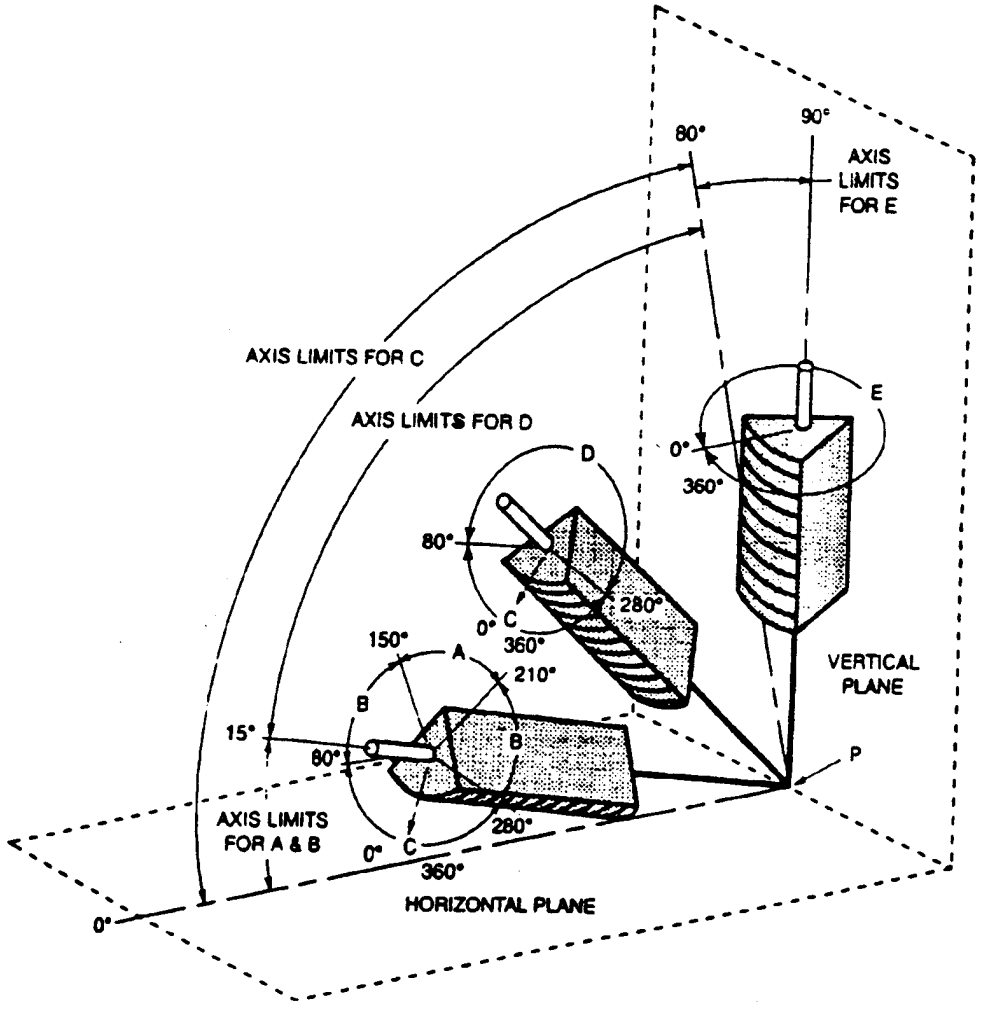
موارد پیشنهادی برای ارائه در این قسمت عبارتند از :

۱- وضعیت شیاری یا گلویی

۲- جهت پیشروی

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

Tabulation of positions of groove welds			
Position	Diagram reference	Inclination of axis	Rotation of face
Flat	A	0° to 15°	150° to 210°
Horizontal	B	0° to 15°	80° to 150° 210° to 280°
Overhead	C	0° to 80°	0° to 80° 280° to 360°
Vertical	D E	15° to 80° 80° to 90°	80° to 280° 0° to 360°



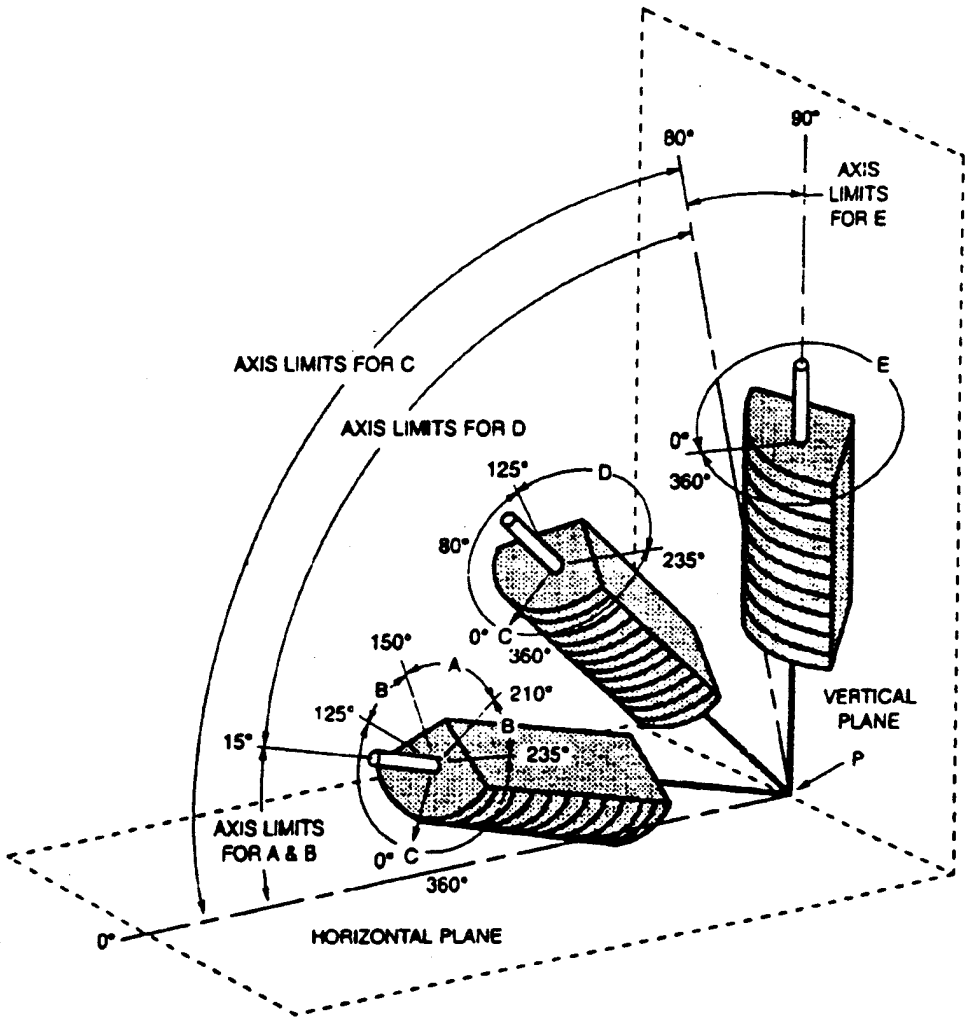
Notes:
1. The horizontal reference plane is always taken to lie below the weld under consideration.
2. The inclination of axis is measured from the horizontal reference plane toward the vertical reference plane.
3. The angle of rotation of the face is determined by a line perpendicular to the theoretical face of the weld which passes through the axis of the weld. The reference position (0°) of rotation of the face invariably points in the direction opposite to that in which the axis angle increases. When looking at point P, the angle of rotation of the face of the weld is measured in a clockwise direction from the reference position (0°).

Positions of Groove Welds

شکل ۳- وضعیت جوشکاری شیاری .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

Tabulation of positions of fillet welds			
Position	Diagram reference	Inclination of axis	Rotation of face
Flat	A	0° to 15°	150° to 210°
Horizontal	B	0° to 15°	125° to 150° 210° to 235°
Overhead	C	0° to 80°	0° to 125° 235° to 360°
Vertical	D E	15° to 80° 80° to 90°	125° to 235° 0° to 360°



Positions of Fillet Welds

شکل ۴- وضعیت جوشکاری گلویی .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۱-۵-۲) وضعیت شیاری یا گلویی (Position (s) of Groove / Position (s) of Fillet)

برای وضعیت جوشکاری علائم اختصاری پیشنهاد شده که در جدول ۱۰ دیده می شوند. وضعیت جوشکاری بستگی به : نوع فرایند جوشکاری ، قابلیت دسترسی خطوط جوش ، ابعاد و اندازه قطعه کار ، نحوه ساخت و امکانات موجود دارد.

جوشکاری شیاری ورق		جوشکاری شیاری لوله		جوشکاری گلویی ورق		جوشکاری گلویی لوله	
وضعیت	علامت	وضعیت	علامت	وضعیت	علامت	وضعیت	علامت
تخت	1G	چرخش افقی لوله	1G-Rotated	تخت	1F	لوله مورب با چرخش	1F-Rotated
افقی	2G	لوله در حالت عمودی	2G	افقی	2F	لوله ثابت عمودی	2F
عمودی	3G	لوله افقی ثابت	5G	عمودی	3F	لوله افقی با چرخش	2FR
بالاسری	4G	لوله مورب ثابت	6G	بالاسری	4F	لوله ثابت عمودی ، جوش بالا سری	4F
		لوله مورب با پخ T,K,Y	6GR			لوله افقی ثابت (تمامی وضعیت ها)	5F

جدول ۱۰- علائم اختصاری وضعیت های جوشکاری .

۲-۵-۲) جهت پیشروی (Welding Progression)

در این قسمت جهت پیشروی جوشکاری ذکر می گردد ، که عمدتاً برای جوشهای عمودی جهت پیشروی از پائین به بالا (Upward) می باشد.

۲-۶) پیشگرم (QW-406) Preheat

معمولاً برای جلوگیری از ترکیدگی ، پیچیدگی و اعوجاج ، پیدایش فازهای ناخواسته و ... قبل از جوشکاری ، قطعه کار پیشگرم می شود. همچنین در حین عملیات جوشکاری ، کنترل دمای بین پاسها

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

برای جلوگیری از کاهش دمای قطعه کار به کمتر از دمای پیشگرم و بالا رفتن از حد مجاز – دمای بازگشت نهایی (Tempering) – لازم است. این عمل توسط گچ های حرارتی صورت می پذیرد.
بنا به تغییر رنگ و یا ذوب شدن گچ های حرارتی در درجه حرارتی خاص ، دمای قطعه کار قابل کنترل است. حداقل دمای پیشگرم و دمای بین پاسی براساس ضمیمه A و با توجه به ضخامت ورق مربوطه تعیین می شود. البته در استاندارد Sec VIII یا ASME , Sec I دمای پیشگرم برای فلزات مختلف با توجه به ضخامت پیشنهاد شده است. در صورتیکه درجه حرارت محیط کمتر از 18°C- باشد انجام عملیات جوشکاری صحیح نیست. دمای پیشگرم باید حداقل به فاصله 76.2 میلی متر (3 اینچ) در اطراف محل جوش ثابت باشد. استاندارد مرتبط با پیشگرم QW-406 می باشد.

موارد پیشنهادی برای ارائه در این قسمت عبارتند از :

۱- حداقل دمای پیشگرم

۲- حداکثر دمای بین پاسی

۳- نگهداری پیشگرم

۱-۶-۲) حداقل دمای پیشگرم (Preheat Temp. (min))

همانطور که قبلاً ذکر شد ، درجه حرارت پیشگرم با توجه به جنس قطعه و ضخامت آن و با استفاده از ضمیمه ۸ تعیین می شود. لازم به ذکر است در صورت تفاوت مقدار پیشگرم لازم برای دو فلز پایه ، حداقل دمای پیشگرم برای جوشکاری ، بالاترین دمای پیشگرم بین دو قطعه است.

۲-۶-۲) حداکثر دمای بین پاسی (Interpass Temp. (max))

حداقل درجه حرارت بین پاسی نیز مطابق با جدول موجود در ضمیمه A تعیین می شود. حداکثر دمای بین پاسی نیز حداکثر دمای بازگشت نهایی (Tempering) فلز پایه می باشد. به عنوان مثال حداکثر دمای بین پاسی برای فلزات موجود در P No.: 1 ، 300°C پیشنهاد می شود.

۳-۶-۲) نگهداری پیشگرم (Preheat Maintenance)

محدوده حرارتی که WPS در اثر تغییرات پیشگرم در آن صدق می کند ، در این قسمت ذکر میشود.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

موارد پیشنهادی برای ارائه در این قسمت عبارتند از :

۱- محدودهٔ دما

۲- محدودهٔ زمان

۳- دیگر موارد

۱-۷-۲) محدودهٔ دما (Temperature Range)

رایج ترین عملیات حرارتی، تنش زدایی پس از جوشکاری است. موارد زیر در تنش زدایی لحاظ می شود:

الف) در مورد فولادهای کوئنچ – تمپر شده حداکثر دما (1100 °F) 590°C .

ب) برای سایر فولادها محدوده دمایی (1100 – 1200°F) 590°C – 650°C .

ج) درجه حرارت کورد به هنگام قرار دادن نمونه در آن نباید از (600°F) 315°C تجاوز نماید.

د) بالای 315°C نرخ گرم کردن نباید از 220 °C بیشتر شود. نرخ گرم کردن با استفاده از فرمول 220/t که t ضخامت بر حسب اینچ است ، بدست می آید.

ه) در حین گرم کردن اختلاف دمای دو قسمت از قطعه به فاصله 4.6 متر نباید بیشتر از 140°C گردد.

و) در حین نگهداری در درجه حرارت تنش زدایی ، اختلاف دمای هیچ دو نقطه ای از قطعه نباید از 83°C بیشتر شود.

ز) در سرد کردن قطعه نرخ سرمایش نباید از 260 °C تجاوز نماید. نرخ سرد کردن با استفاده از فرمول 260/t که t ضخامت بزرگترین مقطع بر حسب اینچ است ، محاسبه می شود.

ح) برای تنش زدایی لوله ها ، مخازن و اشکال دوار با استفاده از رابطه 120 / (D+1270) که در آن D قطر لوله بر حسب میلی متر است ، ضخامت معادل مقطع محاسبه شده و پس از مقایسه ضخامت مقطع حقیقی قطعه با مقدار محاسبه شده براساس بزرگترین مقدار بین این دو مقدار ، زمان نگهداری و نرخ سرمایش و گرمایش بدست می آید.

۲-۷-۲) زمان نگهداری (Time Range)

زمان نگهداری برای تنش زدایی بسته به ضخامت قطعه تغییر می کند. معمولاً زمان نگهداری فولادهای کوئنچ – تمپر با توجه به کمتر بودن درجه حرارت ، بیش از دیگر فولادهاست.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۷-۲) عملیات حرارتی پس از جوشکاری (QW-407) Post weld Heat Treatment

عملیات حرارتی پس از جوشکاری عمدتاً عملیات تنش زدایی (Stress Relieving) است. برای جوشکاری فولادهای پر کربن ، عملیات حرارتی پس از جوشکاری به اندازه پیشگرم اهمیت دارد. عملیات حرارتی پس از جوشکاری بستگی به : ترکیب شیمیایی ، ضخامت ، شکل اجزاء و شرایط کاری قطعه دارد. استاندارد مربوط به PWHT ، QW-407 می باشد. در این کد عملیات حرارتی پس از جوشکاری برای موادی با P No.: 1 . 3 . 4 . 5 . 6 . 9 . 10 . 11 بصورت زیر تقسیم بندی می شود :

الف) بدون PWHT

ب) PWHT زیر درجه حرارت استحاله پائینی

ج) PWHT بالای درجه حرارت استحاله بالایی (مانند نرماله کردن)

د) PWHT بالای درجه حرارت استحاله بالایی به همراه عملیات حرارتی ثانویه زیر درجه حرارت استحاله پائینی (مانند کوئنچ - تمپر)

ه) PWHT بین درجه حرارت استحاله بالایی و پائینی.

برای دیگر مواد ، PWHT بصورت زیر است :

الف) بدون PWHT

ب) PWHT در یک محدوده درجه حرارت مشخص

در استاندارد ASME . Sec I بخش PW و در کد ASME . Sec VIII در بخش UCS ، UHA نیز در جداولی مقادیر درجه حرارت و زمان نگهداری عملیات حرارتی برای اعداد مشخصه P نشان داده شده است (ضمیمه ۹) .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

در جداول ۱۱و۱۲ به ترتیب حداقل زمان نگهداری قطعه در کوره جهت تنش زدایی و میزان افزایش زمان نگهداری به ازای کاهش دمای عملیات حرارتی ذکر شده است.

حداکثر ضخامت مقطع	بالای2 اینچ(51 mm)	¼ in – 2 in (6.4-51 mm)	مساوی و کمتر از ¼ اینچ (6.4 mm)
زمان نگهداری	2 hr ، به ازای هر اینچ 15دقیقه اضافه می شود	1 hr/in	15 min

جدول ۱۱- حداقل زمان نگهداری در کوره جهت تنش زدایی .

میزان کاهش دما C(F°)	28 (50)	56 (100)	84 (150)	112 (200)
زمان نگهداری به ازای هر اینچ (hr)	2	3	5	10

جدول ۱۲- میزان افزایش زمان نگهداری به ازای کاهش دمای عملیات .

۳-۷-۲) دیگر موارد (Other)

در این قسمت می توان به نکاتی چون نرخ گرم یا سرد کردن ، عملیات حرارتی مطلوب ، نیاز به عملیات حرارتی ثانویه و ..... اشاره کرد.

۸-۲) گـاز (QW-408) Gas

یکی از وظایف مهم گاز محافظ ، حفاظت حوضچه مذاب از آلودگی ناشی از اتمسفر مـی باشـد. متـداول ترین گاز مورد استفاده آرگون است. در این قسمت از فـرم WPS ، مشـخصات گاز محـافظ براسـاس کـد

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-408 نوشته می شود. در ضمیمه شماره ۱۰ ترکیب و درصد گازهای مختلف برای آلیاژهای متفاوت ذکر شده است.

موارد پیشنهادی برای ارائه در این قسمت عبارتند از :

۱) نوع گاز محافظ – کمکی – پشتی

۲) درصد ترکیب گاز محافظ – کمکی – پشتی

۳) نرخ جریان گاز محافظ – کمکی – پشتی

۱-۸-۲) نوع گاز محافظ-کمکی – پشتی (Gas (es))

گازهای Ar . CO_2 . He . N_2 یا مخلوطی از این گازها برای حفاظت استفاده می شوند. هر یک از این گازها به تنهایی یا بصورت مخلوط با دیگر گازها مصرف می شوند. گاهی برای کاهش ترشح و کمک به برقراری قوس الکتریکی ۱ تا ۵ درصد اکسیژن به این گازها اضافه می شود. انتخاب بهترین گاز محافظ بستگی به : نفوذ و ذوب مورد درخواست ، شکل جوش ، نوع فلز پایه ، شرایط انتقال فلز و سرعت جوشکاری دارد. جدول ۱۳ گازهای مورد استفاده برای فلزات مختلف را نشان می دهد.

۲-۸-۲) درصد ترکیب مخلوط گاز محافظ-کمکی – پشتی (Mixture)

در این قسمت درصد ترکیب مخلوط گازهای تشکیل دهنده گاز محافظ – کمکی یا پشتی ارائه می شود. ترکیب گاز بر روی شکل ، نفوذ و پهنای جوش تاثیر می گذارد. (ضمیمه ۱۰)

۳-۸-۲) نرخ جریان گاز محافظ-کمکی – پشتی (Flow Rate)

نرخ جریان گاز بر حسب زمان / لیتر سنجیده می شود و باید به نحوی تنظیم گردد که علاوه بر محافظت کامل حوضچه مذاب ، باعث اختلاط شدید مذاب و خروج از حوضچه نشود. نرخ جریان گاز به قطر نازل و شکل جوش بستگی دارد. در حالت کلی این مقدار در حدود lit/min 15-5 است.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

نوع فلز	نوع انتقال فلز	گاز محافظ			
		Ar	He	O_2	CO_2
آلومینیوم	قوس باز	X	-	-	-
منیزیم	اتصال کوتاه	X	-	-	-
آلیاژهای نیکل	اتصال کوتاه	X	X	-	-
فولادهای کربنی	قوس باز	X	-	X	-
	اتصال کوتاه	X	-	-	X
فولادهای کم آلیاژ	قوس باز	-	-	-	X
	اتصال کوتاه	X	-	X	-
فولادهای زنگ نزن Stainless Steel	قوس باز	X	X	-	X
	اتصال کوتاه	X	X	-	X

تذکر :

۱-اکسیژن دارای مفهوم درصد اکسیژن موجود درمخلوط گاز است که معمولاً بین ۱ تا ۵ درصد می باشد.

۲-گاز CO_2 دارای مفهوم درصد CO_2 موجود درمخلوط گازاست که معمولاً ۲۵ درصد یا کمترمی باشد.

جدول ۱۳- گازهای محافظ برای انواع فلزات .

۹-۲) مشخصات الکتریکی (QW-409) Electrical Characteristic

تغییر در نوع و قطبیت جریان الکتریکی ، افزایش در گرمای ورودی و یا افزایش حجم و میزان فلز جوش رسوب داده شده در واحد طول ، باعث تغییر در کیفیت جوش می شود. میزان گرمای وارده از رابطه زیر قابل مقایسه است.

$$\text{گرمای وارده (Heat Input)} = \frac{60\ V.I}{S\ (Cm/min)}$$

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

همچنین میزان فلز جوش با افزایش اندازه گرده جوش و یا کاهش طول خط جوش به ازای هر الکترود ، متناسب است. مشخصات الکتریکی براساس کد QW-409 می باشد.

موارد پیشنهادی برای ارائه در این قسمت عبارتند از :

۱- نوع جریان

۲- قطبیت

۳- آمپر

۴- ولتاژ

۵- اندازه و نوع الکترود و تنگستن

۶- نوع انتقال فلز مذاب

۷- سرعت تغذیه سیم جوش

۱-۹-۲) نوع جریان (Current AC or DC)

برخی الکترودها با جریان DC و برخی با جریان AC نتیجهٔ بهتری بدست می دهند. در صورت استفاده از جریان DC ذکر قطبیت نیز الزامی است. برای انتخاب جریان می توان به توصیه سازندگان فلز پرکننده مراجعه کرد. باید توجه داشت که شروع قوس با AC مشکلتر است.

۲-۹-۲) قطبیت (Polarity)

در صورت انتخاب جریان DC باید قطبیت را نیز مشخص کرد. قطبیت می تواند مستقیم یا معکوس باشد. در قطبیت مستقیم ، الکترود به قطب منفی و قطعه کار به قطب مثبت وصل می شود. در این حالت به علت تمرکز حرارتی کمتر روی الکترود میزان کمتری از الکترود ذوب شده و نفوذ نیز کمتر می شود. در قطبیت معکوس ، الکترود به قطب مثبت و قطعه کار به قطب منفی وصل می شود و این باعث تمرکز حرارت روی الکترود ، ذوب و نفوذ بیشتر می گردد. علائم اختصاری زیر قطبیت را نشان می دهند.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

الف) اتصال الکترود به قطب مثبت در جریان DC :

DCEP : Direct Current Electrode Positive
DCRP : Direct Current Reverse Polarity

ب) اتصال الکترود به قطب منفی در جریان DC :

DCEN : Direct Current Electrode Negative
DCSP : Direct Current Straight Polarity

۲-۹-۳) شدت جریان (Range) Amps

بسته به نوع فرایند ، قطر الکترود ، سرعت حرکت ، میزان نفوذ و .... شدت جریان تعیین می شود.

در جدول ۱۴ میزان شدت جریان برای فرایندهای مختلف برحسب قطر الکترود ارائه شده است.

۲-۹-۴) ولتاژ (Range) Volts

ولتاژ دستگاه معمولاً بصورت مدار باز اندازه گیری می شود. دستگاههای جوشکاری دستی در اقسام مختلف 20-24 ولت و 50-60 ولت موجود می باشند. دستگاههای جوشکاری زیر پودری نیز در همین ولتاژ کار می کند (30-40 ولت) . در حین جوشکاری با کوتاه بلند شدن قوس ، ولتاژ تغییر می کند.(جدول ۱۴)

۲-۹-۵) اندازه و نوع الکترود تنگستن (Tungsten Electrode Size and Type)

در فرایند GTAW ، الکترود تنگستن مصرف نشدنی است. این الکترود با توجه به نقطه ذوب بالا در حین جوشکاری ، ذوب نمی شود. الکترودهای تنگستن در سه گروه تقسیم می شوند. :

تنگستن خالص ، تنگستن - زیرکونیوم ، تنگستن - توریم. متداولترین الکترود مصرفی برای فولادها ، الکترود تنگستن - توریم است که در آن 0.8 تا 2.2 درصد توریم به تنگستن اضافه شده است. توریم باعث برقرار شدن آسان تر قوس و برقرار ماندن قوس می شود. قطر الکترود تنگستن براساس شرایط کاری تعیین می شود.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

GTAW			
Tungusten Size (mm)	Current (A)	Volts(V)	Travel Speed (Cm/min.)
1	50-80	7-13	5-10
1.6	60-140	7-13	5-10
2.4	80-160	7-13	5-10
3.2	150-300	7-13	5-10
4.0	250-500	7-13	5-10

SMAW					
Position	Diameter	Polarity	Current (A)	Volts (V)	Travel Speed (Cm/min.)
Flat & Horizontal	2.5	AC or DCRP	80-120	16-20	10-20
	3.2		110-150	18-22	10-20
	4.0		150-200	19-25	10-20
	5.0		200-250	19-25	10-20
Vertical & Overhead	2.5	AC or DCRP	80-100	16-20	8-13
	3.2		80-120	18-22	8-13
	4.0		100-160	19-25	8-13
	5.0		160-220	19-25	8-13

SAW					
Position	Diameter	Polarity	Current (A)	Volts (V)	Travel Speed (Cm/min.)
All Position	1.2	AC or DCRP	120-240	20-30	30-50
	2.4		250-500	25-35	40-60
	3.2		300-550	30-35	40-60
	4.0		400-600	30-35	40-60

GTAW				
Diameter	Polarity	Current (A)	Volts (V)	Travel Speed (Cm/min.)
1.2	DCRP	150-220	20-30	10-20
1.6		180-320	20-30	10-20

جدول ۱۴- شدت جریان الکتریکی مورد استفاده در فرایندهای مختلف جوشکاری .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۶-۹-۲) نوع انتقال فلز مذاب برای GMAW (Mode of Metal Transfer For GMAW)

در جوشکاری GMAW ، مقدار شدت جریان و ترکیب گاز محافظ بر روی روش انتقال فلز مذاب تاثیر می گذارد. روشهای انتقال فلز مذاب عبارتند از:

اتصال کوتاه (Short Circuiting arc) ، اتصال پاششی (Spray arc) و ...

لازم به ذکر است در انتقال فلز به روش پاششی ، حرارت بیشتری به فلز انتقال یافته و نفوذ بیشتر می شود ولی در روش اتصال کوتاه حرارت کمتری به فلز پایه اعمال شده و لذا فلزات نازکتر را در همه وضعیت با این روش انتقال می توان جوش داد.

با استفاده از گاز آرگن و یا گاز مخلوطی که درصد بیشتری آرگون دارد و شدت جریان بالاتر ، انتقال فلز بصورت پاششی خواهد بود با کاهش شدت جریان در همین شرایط انتقال بصورت گلوله ای خواهد بود. در پائین ترین حد محدوده شدت جریان و قطر الکترود ، حالت اتصال کوتاه حاکم است. کمترین شدت جریانی که در آن انتقال پاششی رخ می دهد را شدت جریان انتقالی می نامند. در زیر این شدت جریان تعداد قطرات در واحد زمان کم و اندازه قطرات بزرگ است. در بالاتر از این حد قطرات بسیار کوچک و تعداد قطرات در واحد زمان زیاد است . جدول ۱۵ شدت جریان انتقالی برای بعضی فلزات ارائه شده است. در پائین ترین حد محدوده شدت جریان و قطر الکترود ، حالت اتصال کوتاه حاکم است.

Globular-to-Spray Transition Currents for a Variety of Electrodes

Wire Electrode Type	Wire Electrode Diameter, in.	Wire Electrode Diameter, mm	Shielding gas	Minimum Spray Arc Current, A
Mild Steel	0.030	0.8	98% argon - 2% oxygen	150
Mild Steel	0.035	0.9	98% argon - 2% oxygen	165
Mild Steel	0.045	1.1	98% argon - 2% oxygen	220
Mild Steel	0.062	1.6	98% argon - 2% oxygen	275
Stainless Steel	0.035	0.9	98% argon - 2% oxygen	170
Stainless Steel	0.045	1.1	98% argon - 2% oxygen	225
Stainless Steel	0.062	1.6	98% argon - 2% oxygen	285
Aluminum	0.030	0.8	Argon	95
Aluminum	0.045	1.1	Argon	135
Aluminum	0.062	1.6	Argon	180
Deoxidized Copper	0.035	0.9	Argon	180
Deoxidized Copper	0045	1.1	Argon	210
Deoxidized Copper	0.062	1.6	Argon	310
Silicon Bronze	0.035	0.9	Argon	185
Silicon Bronze	0.045	1.1	Argon	205
Silicon Bronze	0.062	1.6	Argon	270

جدول ۱۵- شدت جریان انتقال از حالت انتقال فلز مذاب گلوله ای به انتقال فلر مذاب پاششی .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۲-۹-۷) سرعت تغذیه سیم جوش (Electrode Wire Feed Speed Range)

در این قسمت سرعت تغذیه سیم جوش به حوضچه مذاب تعیین می شود (ضمیمه ۱۰) .

۲-۱۰) تکنیک و روش کار (QW-410) Technique :

نکات تکنیکی روش جوشکاری براساس استاندارد QW-410 می باشد.

موارد پیشنهادی برای ارائه در این بخش عبارتند از :

۱- گرده (مهره) جوش نواری یا موجی (بافته ای)

۲- سایز کلاهک یا نازل عبور گاز

۳- تمیز کاری اولیه و بین پاسی

۴- روش برداشتن پشت جوش

۵- نوسان

۶- محدوده فاصله تماس لوله با کار

۷- جوش تک پاسه یا چند پاسه در هر طرف

۸- الکترودهای تکی یا چندتایی

۹- سرعت جوشکاری

۱۰-چکش کاری

۲-۱۰-۱) مهره جوش نواری یا بافته ای (String or Weave Bead)

در این قسمت شکل گرده (مهره) مورد نظر ذکر می شود. در مواردی که گرده های نازک کافی باشد و یا کمترین حرارت وارده به قطعه لازم است ، از گرده های نواری استفاده می شود زیـرا سـرعت حرکـت دست در این تکنیک بیشتر است. گرده های بافته ای به اشکال گردشی ، هلالی ،8 اجرا می شود.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۲-۱۰-۲) سایز کلاهک یا نازل عبور گاز (Orifice or Gas Cup Size)

در فرایندهای جوشکاری با گاز محافظ ، اشاره به مورد فوق ضروری است. جدول ۱۶ برای فرایند GTAW مقادیر نازل عبور گاز را ارائه می دهد.

Typical Current Ratings for Gas- and Water-Cooled GTAW Torches

Torch Characteristic	Torch Size		
	Small	Medium	Large
Maximum current (continuous duty), A	200	200-300	500
Cooling method	Gas	Water	Water
Electrode diameters accommodated, in.	0.020 - 3/32	0.040 - 5/32	0.040 - 1/4
Gas cup diameters accommodated, in.	1/4 - 5/8	1/4 - 3/4	3/8 - 3/4

جدول ۱۶- اندازهٔ نازل وقطر الکترود در جوشکاری GTAW .

۲-۱۰-۳) تمیزکاری اولیه و بین پاسی (برس زدن ، سنگ زدن و ....)

Initial and Interpass Cleaning (Brushing , Grinding , ...)

تمیز کردن سطح قبل از انجام جوشکاری مانند زدودن زنگارها (اکسیدها) ، چربی و کثیفی قطعه ، باعث افزایش کیفیت جوش می شود. همچنین در حین عملیات جوشکاری چند پاسه و در اتمام کار، تمیز کردن سطح اعم از پاک کردن سرباره و ... باعث کاهش و حذف عیوب جوش نظیر سرباره حبس شده در مذاب خواهد شد.

۲-۱۰-۴) روش برداشتن پشت جوش (Method of Back Gouging)

در صورت نیاز به جوشکاری از پشت جوش ، لازمست تا ابتدا اولین پاس جوش ، از پشت اتصال توسط یکی از روشهای زیر برداشته شود :

الف) قوس حاصل از الکترود کربنی — Air Carbon Arc gouging

ب) برداشتن بوسیله شعله اکسی استیلن — Oxy acetylene gouging

ج) سنگ زدن — Ginding

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۵-۱۰-۲) نوسان (Oscillaiton)

پهنا و فرکانس حرکت نوسانی الکترود در جوشکاری ماشینی یا اتوماتیک در این قسمت ذکر میشود.

۶-۱۰-۲) محدوده فاصله تماس لوله با کار (Contact Tube to Work Distance)

این عامل تنها برای فرایندهای GMAW ، SAW قابل ذکر بوده و عبارتست از : فاصله بین نازل نگهدارنده الکترود جوش با قطعه کار که در حقیقت طول مؤثر الکترود را نشان می دهد.

۷-۱۰-۲) جوش تک پاسه یا چند پاسه در هر طرف (Multiple or Single Pass (Per side)

تعداد پاسهای جوشکاری لازم در هر طرف از طرح پخ در این قسمت مطرح میشود. تنها ذکر ، یک یا چند پاسه در این قسمت کافیست.

۸-۱۰-۲) الکترودهای تکی یا چندتایی (Multiple or Single Electrodes)

اغلب فرایندها بصورت تک الکترودی استفاده می شود. در فرایند SAW استفاده از چند الکترود نازک می تواند اقتصادی تر بوده و باعث افزایش نرخ رسوب نسبت به یک الکترود ضخیم گردد.

۹-۱۰-۲) سرعت حرکت ((Range) Travel Speed)

این عامل مخصوصاً در جوشکاریهای اتوماتیک اهمیت فراوان دارد. سرعت حرکت عامل تعیین کننده میزان حرارت وارده به قطعه است. عموماً سرعت جوشکاری بصورت زمان / طول تعیین می شود. (جدول ۱۴)

۱۰-۱۰-۲) چکش کاری (Peening)

چکش کاری عملی مکانیکی است ، برای کاهش اثرات سیکل های حرارتی که تنش پسماند زیاد ، اعوجاج و ترک بوجود می آورند. به عبارت دیگر چکش کاری عملی است برای تنش زدایی.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۲-۱۱) نکات قابل توجه ضمن ارائه روش جوشکاری

براساس استاندارد های AWS محدوده ای جهت تعیین روش جوشکاری در هر فرایند وجود دارد که در زیر به آنها اشاره میشود.

۲-۱۱-۱) جوشکاری قوس با الکترود روپوش دار

۱) بهتر است که قطعه حدالامکان در وضعیت تخت قرار بگیرد .

۲) کلاس و اندازهٔ الکترود ، طول قوس ، ولتاژ و آمپر باید متناسب با ضخامت قطعه ، شکل شیار ، وضعیت جوشکاری و... انتخاب شوند. بهتر است که آمپر را با توجه به پیشنهاد تولید کنندهٔ الکترود انتخاب شود.

۳) بالاترین قطر الکترود مجاز در حالات مختلف جوشکاری به صورت زیر است :

۳-۱) 8 میلی متر برای تمامی جوشهای تخت به جز در پاس ریشه .

۳-۲) 6.4 میلی متر برای جوشهای گلویی افقی .

۳-۳) 6.4 میلی متر برای پاس ریشه جوشهای گلویی در حالت تخت وپاس ریشهٔ جوشهای در حالت تخت که دارای پشت بند بوده و درز اتصال 6.4 میلی متر باشد.

۳-۴) 4 میلی متر برای جوشهایی که با الکترود EXX14 و الکترود های کم هیدروژن در وضعیتهای عمودی و بالاسری انجام می شوند.

۳-۵) 4 میلی متر برای پاس ریشهٔ جوشهای شیاری و کلیهٔ حالات غیر از موارد فوق الذکر.

۴) حداقل اندازهٔ الکترود مورد استفاده در پاس ریشه باید به اندازه ای باشد که ترک ایجاد نشود.

۵) بالاترین ضخامت پاس ریشه در جوشهای شیاری نباید از 6.4 میلی متر تجاوز نماید.

۶) حداکثر ضخامت پاس ریشهٔ جوشهای گلویی تک یا چند پاسه نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:

۶-۱) 9.5 میلی متر در وضعیت تخت.

۶-۲) 8 میلی متر در وضعیت های افقی و بالاسری.

۶-۳) 12.7 میلی متر در وضعیت عمودی.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۷) بیشترین ضخامت لایه های بعد از پاس ریشه در جوشکاری های شیاری و گلویی بصورت زیر است :

۷-۱) 3 میلی متر برای جوشهایی که در وضیت تخت قرار دارند .

۷-۲) 4 میلی متر برای جوشهایی که در وضعیتهای افقی ، بالاسری و عمودی قرار دارند.

۸) جهت پیشروی تمامی پاسها در جوشکاری با وضعیت عمودی باید رو به بالا باشد مگر اینکه هدف ترمیم سوختگی کناره جوش بوده و پیشگرم مطابق جداول ضمیمه و حداقل 21°C در نظر گرفته شود . در مورد جوشکاری مقاطع گرد ، ممکن است جوشکاری سر بالا یا سر پایین شود . لذا لازمست جوشکار قبلاً امتحان شده باشد.

۹) در جوشکاری شیاری که نیاز به نفوذ کامل است و از پشت بند نیز استفاده نمی شود ، پس از جوشکاری از یک سمت ، پشت جوش با سنگ زنی و... برداشته شده و پس از آن جوشکاری انجام می شود .در جوشکاری لوله هایی با قطر کم که امکان دسترسی به پشت جوش نیست ، باید از شیارهای خاص و الکترودهای پر نفوذ سلولزی استفاده کرد .

۲-۱۱-۲) جوشکاری قوس زیر پودری با یک الکترود

۱) منظور از یک الکترود آن است که تنها یک مفتول یا الکترود به یک سیستم مولد نیرو متصل باشد.

۲) تمامی جوشهای قوس زیر پودری بجز جوشهای گلویی باید در حالت تخت انجام شوند. جوشهای گلویی ممکن است در یکی از وضعیت های تخت یا افقی انجام شوند. ضخامت جوشهای گلویی تک پاسه در حالت افقی نباید از 8 میلی متر تجاوز نماید.

۳) ضخامت لایه های جوش ، بجز لایه های ریشه و سطحی نباید از 6.4 میلی متربیشتر شود. در صورتیکه اندازهٔ درز اتصال بیش از 12.7 میلی متر باشد ، باید از روش چند پاسه استفاده شود. در صورتیکه پهنای جوش از 15.9 میلی متر بیشتر شود نیز باید از جوشکاری چند پاسه استفاده کرد.

۴) شدت جریان الکتریکی ، ولتاژ قوس و سرعت حرکت باید به گونه ای انتخاب شوند که ذوب کامل فلز پایه و امتزاج آن با مذاب حاصل از سیم جوش ، انجام شده و هیچگونه سر رفتن وسوختگی کناره جوش اتفاق نیفتد.

بیشترین شدت جریان جوشکاری برای شیارهایی که لازمست ذوب در هر دو وجه شیار انجام پذیرد

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۶۰۰ آمپر باشد ، بجز در آخرین لایه که استفاده از جریانهای بیشتر نیز مجاز است . بیشترین شدت در وضعیت تخت ۱۰۰۰ آمپر می باشد.

۲-۱۱-۲) جوشکاری قوس فلزی با گاز محافظ و جوشکاری قوس با الکترود تو پودری (تک الکترود)

۱) حداکثر قطر الکترود برای وضعیت های تخت و افقی 4 میلی متر ، در وضعیت عمودی 2.4 میلی متر و در وضعیت بالاسری 2 میلی متر است .

۲) حداکثر اندازهٔ جوش گلویی مجاز در یک پاس برای وضعیت های تخت و عمودی 12.7 میلی متر ، برای وضعیت افقی 9.5 میلی متر و برای و برای وضعیت بالاسری 8 میلی متر است .

۳) در فرایند GMAW ضخامت لایه های جوش در حالت پخ سازی شده بجز پاس ریشه و پاس نهایی نباید از 6.4 میلی متر تجاوز نماید . در صورتیکه درز اتصال از 12.7 میلی متر بیشتر باشد ، باید جوشکاری طی چند پاس انجام شود. در مورد پخ هایی که پهنایشان از 15.9 میلی متر بیشتر است ، باید از روشهای چند پاسه استفاده کرد .

۴) در فرایند FCAW ضخامت لایه های جوش در حالت پخ سازی شده بجز پاس ریشه و پاس نهایی نباید از 6.4 میلی متر تجاوز نماید . در صورتیکه درز اتصال از 12.7 میلی متر بیشتر باشد، باید جوشکاری طی چند پاس انجام شود . جوشکاری پخ هایی که در وضعیت های تخت ، افقی یا بالاسری پهنایی بیش از 15.9 میلی متر دارند نیز بصورت چند پاسه انجام می شود .

۵) شدت جریان الکتریکی ، ولتاژ قوس ، نرخ خروج گاز ، نحوهٔ انتقال فلز مذاب و سرعت حرکت باید به گونه ای انتخاب شوند که در هر پاس ، دو طرف پخ بخوبی ذوب شود . ضمناً سر رفتن ، خلل وفرج وسوختگی کناره جوش اتفاق نیفتد.

۶) جهت جوشکاری برای وضعیت عمودی باید همواره به سمت بالا باشد. مگراینکه جوشکاری ترمیمی برای رفع سوختگی کنارهٔ جوش انجام شود. پیشگرم مطابق جداول ضمیمه و حداقل 21°C در نظر گرفته شود . در مورد جوشکاری مقاطع گرد ، ممکن است جوشکاری سر بالا یا سر پایین شود . لذا لازمست جوشکار قبلاً امتحان شده باشد.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۷) در جـــوشکاری شیاری که نیاز به نفوذ کـامل است و از پشت بند نیز استفاده نمی شود ، پس از جوشکاری از یک سمت ، پشت جوش با سنگ زنی و... برداشته شده و پس از آن جوشکاری یک پاس از پشت انجام می شود .

۸) فرایند GMAW نباید در معرض باد انجام شود ، مگر اینکه قسمت جوشکاری به گونه ای محافظت شود. محـــافظ باید به شکلی باشد که مانع افزایش سرعت باد از ۵ مایل بر ساعت در اطراف محل جوش شود.

۹) به منظور پیشگیری از ذوب ریشهٔ جوش بهتر است از پشت بندهایی از جنس مس ، فلاکس و ... استفاده شود. بویژه در مواردی که الکترود مصرفی از نوع کم هیدروژن باشد.

۲-۱۲) نکات لازم در نوشتن WPS

آنچه تاکنون ارائه شد ، تشریح و نحوه تنظیم یک WPS در حالت کلی بود. براساس استاندارد ASME در هر فرایند ، متغیرهای موجود به سه دسته تقسیم می شوند :

متغیرهای اساسی

متغیرهای تکمیلی

متغیرهای غیراساسی

۲-۱۲-۱) متغیرهای اساسی (Essential Variables)

متغیرهایی که تغییر در آنها باعث نوشتن یک WPS یا PQR جدید می شود.

۲-۱۲-۲) متغیرهای تکمیلی (Supplementary Essential Variables):

این متغیرها در صورتی باعث نوشتن یک WPS یا PQR جدید می شوند که در مشخصات فنی اشاره ای به تست ضربه جهت تعیین کیفیت شده باشد.

۲-۱۲-۳) متغیرهای غیرضروری (Nonessential Variables)

متغیرهایی که تغییر آنها باعث نوشتن یک WPS یا PQR جدید نمی شود.

براساس کد ASME متغیرهای مختلف هر فرایند در کدهای QW-252 تا QW-262 ذکر شده است. نمونه های از این کدها در ضمیمه ۱۱ ارائه شده است.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

در ابتدا چنین به نظر می رسد که برای هر شکل اتصال باید یک WPS مجزا نوشت اما با استفاده از متغیرهای اساسی می توان چندین طرح اتصال را در یک WPS گنجاند. لذا می توان گفت استفاده از متغیرهای اساسی و تکمیلی باعث کاهش تعداد WPS ، PQR های لازم و مورد استفاده برای یک پروژه می گردد.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

فصل سوم

گزارش کیفیت روش جوشکاری

PQR

مقدمه

هدف از انجام آزمایشات تعیین کیفیت روش جوشکاری آن است که نشان دهیم ، روش جوشکاری تدوین شده (WPS) با اتصالی سالم وبا خواص مکانیکی مطلوب و قابل پذیرش در محدوده استاندارد مربوطه ، بوجود می آورد. نتیجه آزمایشات در فرم خاصی ثبت شده که به آن گزارش کیفیت روش جوشکاری Procedure Qualification Record (PQR) می گویند.

مراحل تهیه PQR

برای تهیه یک PQR چند مرحله زیر طی می شود :

۱- آماده سازی و جوشکاری نمونه های مناسب

۲- آزمایش نمونه های تهیه شده

۳- ارزیابی نتایج و نتیجه گیری راجع به آماده سازی ، جوشکاری و آزمایشات

۴- ثبت و تائید نتایج (در صورت قابل قبول بودن آنها)

۱-۳) آماده سازی و جوشکاری نمونه های مناسب

معمولاً نمونه ها به نحوی مونتاژ و ساخته می شوند که درز اتصال در وسط نمونه قرار بگیرد. اندازه ، نوع و ضخامت نمونه باید متناسب با نوع و ضخامت موادی که در تولید جوشکاری می شوند و نیز تعداد ، نوع و اندازه نمونه های آزمایشی لازم برای آزمایشات باشد. مواد ، نحوه و جزئیات جوشکاری نمونه ها باید مطابق با WPS مربوطه باشد ، به عبارت دیگر متغیرهای ضروری باید یکسان باشد. ابعاد و اندازه نمونه ها باید حداقل با مقادیر ذکر شده در استاندارد (ASME. Sec IX, QW-463.1) مطابقت باشد. مطابق با همین استاندارد اندازه و محل نمونه های آزمایش که از نمونه های جوشکاری شده بدست می آیند ، مشخص شده است. در ضمیمه ۱۲ ابعاد نمونه های جوشکاری شده مطابق با استاندارد AWS. ASME ارائه شده است. ابعاد و اندازه نمونه های مورد استفاده برای آزمایش در ضمیمه ۱۳ دیده می شود.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۲-۳) آزمایش نمونه های تهیه شده

آزمایشات مشخصی بر روی نمونه های جوشکاری شده باید انجام شود. نوع و تعداد نمونه هایی که برای تست های مخرب لازم است ، بستگی به استاندارد مورد استفاده و مشخصات کاربردی ویژه سازه دارد. اغلب تست های غیرمخرب نیز انجام می شوند.

آزمایشهای مورد نیاز برای جوشهای شیاری عبارتند از :

۱) بازرسی چشمی (Visual testing)

۲) آزمایش کشش با مقطع کاهش یافته برای اندازه گیری استحکام کششی (Tensile test)

۳) آزمایش خمش - ریشه برای سلامت جوش (Root – Bend test)

۴) آزمایش خمش - جانبی برای سلامت جوش (Side – Bend test)

۵) آزمایش خمش - گرده برای سلامت جوش (Face – Bend test)

۶) آزمایش کشش از فلز جوش برای خصوصیات مکانیکی فرایندهای EGW . ESW
(All – Weld Metal tension)

۷) آزمایش ضربه برای تعیین چقرمگی و انرژی ضربه (Impact test)

۸) آزمایش ماکرواچ برای سلامت و نفوذ مؤثر ساق جوش (Macroetch test)

۹) آزمایش رادیوگرافی یا اولتراسونیک (Non destructive test: RT . UT)

همچنین برای جوشهای گلویی (Fillet) آزمایشهای زیر مورد نیاز است :

۱) بازرسی چشمی (Visual Inspection)

۲) آزمایش ماکرواچ برای سلامت و ذوب کافی جوش (Macroetch test)

۳) آزمایش خمش- جانبی برای سلامت جوش (Side – Bend test)

۴) آزمایش کششی از فلز جوش برای خصوصیات مکانیکی (All – Weld Metal tension)

تعداد ، نوع و روش آماده سازی نمونه های آزمایش جوش در استانداردهای گوناگون تفاوتهای مختصری با هم دارد که برخی از آنها در مورد جوش سر به سر ورق فولاد کربنی با ضخامت کمتر از 10 میلی متر بصورت زیر است :

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

استاندارد ASME . Sec IX : دو عدد آزمایش کشش عرضی ، دو عدد خمش گرده (180°) ، دو عدد خمش ریشه (180°)

استاندارد AWS . D1.1 : دو عدد آزمایش کشش عرضی ، دو عدد خمش گرده (180°) ، دو عدد خمش ریشه (180°) ، آزمایش غیرمخرب

استاندارد BS4870 : یک آزمایش کشش عرضی ، یک خمش گرده (180°) ، یک خمش ریشه (180°) ، سختی سنجی مقطع ، مطالعهٔ مقطع عرضی ، آزمایش غیرمخرب

۱-۲-۳) جوشهای شیاری با نفوذ کامل

تعداد و نوع نمونه هایی که مطابق با کد AWS . D1.1 جهت تائید کیفیت جوش باید مورد آزمایش قرار بگیرند ، در جدول ۱۷ درج شده است. تعداد و نوع نمونه ها به ضخامت ورق بستگی دارد. نکته قابل توجه در این جدول آن است که ، بسته به ضخامت طرح جوش می توان از یک ورق نمونه آزمایشی، برای سنجش کیفیت محدوده ای از ضخامتها استفاده کرد. در مورد لوله نیز معیار آزمایش ها ، قطر لوله و ضخامت لوله است.

تعداد و نوع آزمایشات لازم جهت تعیین کیفیت جوش براساس استاندارد ASME. Sec IX برای جوشهای شیاری در QW-451.1 . QW-451.2 (ضمیمه ۱۴) ارائه شده است.

۱-۱-۲-۳) آزمایشهای غیرمخرب

براساس کد AWS. D1.1 ، قبل از آماده کردن نمونه ها برای آزمایشهای مخرب ورق یا لوله ، نمونه ها به منظور تشخیص سلامت جوش بصورت غیرمخرب آزمایش می شوند :

الف) آزمایش رادیوگرافی یا اولتراسونیک (RT . UT) : به غیر از قسمت های دورریز دو انتهای ورق نمونه ، آزمایشهای غیر مخرب ورق و جوش دور تا دور لوله ها براساس ASW.D1.1 . Sec 6.Part C . E. F انجام می شود.

ب) بهتر است برای قابل قبول تر شدن نتایج آزمایشها و اطمینان از حصول کیفیت ، پس از تائید نمونه توسط اولتراسونیک یا رادیوگرافی ، آزمایشهای زیر نیز بر روی نمونه انجام شود :

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

WPS Qualification—Complete Joint Penetration Groove Welds: Number and Type of Test Specimens and Range of Thickness and Diameter Qualified (see 4.4) (Dimensions in Millimeters)

1. Tests on Plate[1, 2]

Nominal Plate Thickness (T) Tested, mm	Number of Specimens				Nominal Plate, Pipe or Tube Thickness[3, 4] Qualified, mm	
	Reduced Section Tension (see Fig. 4.14)	Root Bend (see Fig. 4.12)	Face Bend (see Fig. 4.12)	Side Bend (see Fig. 4.13)	Min	Max
3.2 ≤ T ≤ 9.5	2	2	2	—	3.2	2T
9.5 < T < 25.4	2	—	—	4	3.2	2T
25.4 and over	2	—	—	4	3.2	Unlimited

2. Tests on Pipe or Tubing[1, 7]

	Nominal Pipe Size or Diam., mm	Nominal Wall Thickness, T, mm	Number of Specimens				Nominal Diameter[5] of Pipe or Tube Size Qualified, mm	Nominal Plate, Pipe or Tube Wall Thickness[3, 4] Qualified, mm	
			Reduced Section Tension (see Fig. 4.14)	Root Bend (see Fig. 4.12)	Face Bend (see Fig. 4.12)	Side Bend (see Fig. 4.13)		Min	Max
Job Size Test Pipes	< 610	3.2 ≤ T ≤ 9.5	2	2	2	—	Test diam. and over	3.2	2T
		9.5 < T < 19.0	2	—	—	4	Test diam. and over	T/2	2T
		T ≥ 19.0	2	—	—	4	Test diam. and over	9.5	Unlimited
	≥ 610	3.2 ≤ T ≤ 9.5	2	2	2	—	Test diam. and over	3.2	2T
		9.5 < T < 19.0	2	—	—	4	610 and over	T/2	2T
		T ≥ 19.0	2	—	—	4	610 and over	9.5	Unlimited
Standard Test Pipes	50 mm OD × 5.5 mm WT or 75 mm OD × 5.5 mm WT		2	2	2	—	19 through 100	3.2	19.0
	150 mm OD × 14.3 mm WT or 200 mm OD × 12.7 mm WT		2	—	—	4	100 and over	4.8	Unlimited

3. Tests on Electroslag and Electrogas Welding[1, 8]

Nominal Plate Thickness Tested	Number of Specimens				Nominal Plate Thickness Qualified	
	Reduced Section Tension (see Fig. 4.14)	All-Weld-Metal Tension (see Fig. 4.18)	Side Bend (see Fig. 4.13)	Impact Tests	Min	Max
T	2	1	4	Note 6	0.5T	1.1T

Notes:
1. All test plate, pipe or tube welds shall be visually inspected (see 4.8.1) and subject to NDT (see 4.8.2). One test plate, pipe or tube shall be required for each qualified position.
2. See Figures 4.10 and 4.11 for test plate requirements.
3. For square groove welds that are qualified without backgouging, the maximum thickness qualified shall be limited to the test plate thickness.
4. CJP groove weld qualification on any thickness or diameter qualifies any size of fillet or PJP groove weld for any thickness.
5. Qualification with any pipe diameter qualifies all box section widths and depths.
6. If specified, impact tests shall conform to Annex III.
7. See Table 4.1 for the groove details required for qualification of tubular butt and T-, Y-, K-connection joints.
8. See Figure 4.9 for plate requirements.

جدول ۱۷- تعداد ونوع نمونه های آزمایش کیفیت جوش برحسب ضخامت .

حق چاپ و تکثیر . محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۱- بازرسی چشمی

۲- آزمایش ذرات مغناطیسی برای تشخیص ترک

۳- آزمایش مایعات نافذ برای تشخیص ترک های سطحی

۲-۱-۲-۳) آزمایشات مکانیکی

نمونه هایی که مطابق بخش قبل مورد تائید آزمایشات غیرمخرب قرار گرفته باشند،مطابق با ضمیمه ۱۳ بریده و برای تست های مکانیکی نمونه های لازم مطابق با ابعاد استاندارد تهیه شده و مورد آزمایش قرار می گیرند.

در صورتیکه جنس و خصوصیات مکانیکی دو فلز پایه یا الکترود و فلز پایه متفاوت باشد ، بهتر است بجای آزمایش خمش عرضی (سطح و ریشه) از آزمایشات خمش طولی سطح و ریشه استفاده شود.

۲-۲-۳) جوشهای شیاری با نفوذ جزئی جوش

تعداد و نوع نمونه های لازم جهت تعیین کیفیت جوشهای شیاری با نفوذ جزئی جوش در جدول ۱۸ ارائه شده است.

**Number and Type of Test Specimens and Range of Thickness Qualified—
WPS Qualification; Partial Joint Penetration Groove Welds (see 4.10)**

Test Groove Depth, T in. (mm)	Number of Specimens[1,2]					Qualification Ranges[1,4]		
	Macroetch for Weld Size (E) 4.10.2 4.10.3 4.10.4	Reduced-Section Tension (see Fig. 4.14)	Root Bend (see Fig. 4.12)	Face Bend (see Fig. 4.12)	Side Bend (see Fig. 4.13)	Groove Depth	Nominal Plate, Pipe or Tubing Plate Thickness, in. (mm)	
							Min	Max
1/8 ≤ T ≤ 3/8 (3.2 ≤ T ≤ 9.5)	3	2	2	2	—	T	1/8 (3.2)	2T
3/8 < T ≤ 1 (9.5 < T ≤ 25.4)	3	2	—	—	4	T	1/8 (3.2)	Unlimited

BASIC REQUIREMENTS

Notes:
1. One test plate, pipe or tubing per position shall be required. See Figures 4.10 or 4.11 for test plate. Use the production PJP groove detail for qualification. All plates, pipes or tubing shall be visually inspected (see 4.8.1)
2. If a partial joint penetration bevel- or J-groove weld is to be used for T-joints or double-bevel- or double-J-groove weld is to be used for corner joints, the butt joint shall have a temporary restrictive plate in the plane of the square face to simulate a T-joint configuration.
3. See the pipe diameter qualification requirements of Table 4.2.
4. Any PJP qualification shall also qualify any fillet weld size on any thickness.

جدول ۱۸- تعداد ونوع نمونه های آزمایش کیفیت جوش شیاری با نفوذ جزئی .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

بهتر است که نمونه مشابه شرایط WPS پخ زنی و جوشکاری شود. البته نیاز به انجام آزمایش برای جوشهای با نفوذ بیش از یک اینچ نیست. برای جوشهای T و گوشه (Corner) نمونه به شکل سربه سر و با در نظر گرفتن Root Face کافی شبیه سازی می شود . سپس نمونه جوشها به صورت زیر آزمایش می شوند :

الف)برای کلیه جوشهایی که WPS آنها مطابق کد AWS تنظیم شده است ، سه نمونه از مقطع جوش برای آزمایش ماکرواچ مورد نیاز است. اندازه مؤثر ساق جوش مشاهده و با ملاحظات طراحی مقایسه می شود.

ب) در صورتیکه بخواهیم از نتایج تعیین کیفیت جوش و اتصال شیاری با نفوذ کامل در مورد اتصال شیاری با نفوذ جزئی استفاده کنیم ، سه نمونه از مقطع جوش برای آزمایش ماکرواچ نیاز است.

ج) اگر شرایط جوشکاری با هیچ یک از موارد فوق الذکر سازگار نباشد ، ابتدا نمونه ای با شیار مشابه تهیه و جوشکاری نموده ، سپس مقطع جوش را با آزمایش ماکرواچ مطالعه می کنیم تا ساق جوش به اندازه کافی باشد. پس از آن از پشت نمونه تا رسیدن به ضخامت مؤثر ساق جوش ، ماشینکاری کرده و از قسمت باقیمانده ، نمونه های آزمایش خمش و کشش تهیه می کنیم. نحوه تهیه نمونه ها شبیه جوشهای شیاری با نفوذ کامل است.

۳-۲-۳) جوشهای گلویی (Fillet)

نوع و تعداد نمونه جوشهای مورد نیاز جهت تعیین کیفیت جوشهای گلویی براساس AWS. D1.1 در جدول ۱۹ ارائه شده است.

استاندارد ASME بخش 4 . QW-451.3 نیز به تعیین کیفیت جوشهای گلویی می پردازد. (ضمیمه ۱۴) . نمونه آزمایش جوش گلویی نیز مطابق با QW-462.4 (ضمیمه ۱۳) تهیه می شود.

در مورد یک سازه تهیه دو نمونه جوش گلویی کافیست :

الف) یک آزمایش از جوش گلویی یک پاسه در حداکثر اندازه .

ب) یک آزمایش از جوش گلویی چند پاسه در حداکثر اندازه .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

Number and Type of Test Specimens and Range of Thickness Qualified—WPS Qualification; Fillet Welds (see 4.11.1)

Test Specimen	Fillet Size	Number of Welds per WPS	Test Specimens Required[2]			Sizes Qualified	
			Macroetch 4.11.1 4.8.4	All-Weld-Metal Tension (see Figure 4.18)	Side Bend (see Figure 4.13)	Plate/Pipe Thickness[1]	Fillet Size
Plate T-test (Figure 4.19)	Single pass, max size to be used in construction	1 in each position to be used	3 faces	—	—	Unlimited	Max tested single pass and smaller
	Multiple pass, min size to be used in construction	1 in each position to be used	3 faces	—	—	Unlimited	Max tested multiple pass and larger
Pipe T-test[3] (Figure 4.20)	Single pass, max size to be used in construction	1 in each position to be used (see Table 4.1)	3 faces (except for 4F & 5F, 4 faces req'd)	—	—	Unlimited	Max tested single pass and smaller
	Multiple pass, min size to be used in construction	1 in each position to be used (see Table 4.1)	3 faces (except for 4F & 5F, 4 faces req'd)	—	—	Unlimited	Min tested multiple pass and larger
Groove test[4] (Figure 4.23)	—	1 in 1G position	—	1	2	Qualifies welding consumables to be used in T-test above	

Notes:
1. The minimum thickness qualified is 1/8 in. (3.2 mm).
2. All welded test pipes and plates shall be visually inspected per 4.8.1
3. See Table 4.2(2) for pipe diameter qualification.
4. When the welding consumables used do not conform to the prequalified provisions of section 3, and a WPS using the proposed welding consumables has not been established by the contractor in accordance with either 4.9 or 4.10.1, a complete joint penetration groove weld test plate shall be welded in accordance with 4.9.

جدول ۱۹- تعداد ونوع نمونه های آزمایش کیفیت جوش گلویی .

سپس نمونه ها از عرض بریده شده ، ماکرواچ روی آنها انجام می شود (مطالعه ساق جوش) . برای تعیین کیفیت مواد مصرفی لازم است آزمایشات خمش جانبی و کشش از فلز جوش(مطابق ضمیمه ۱۳) انجام شود.

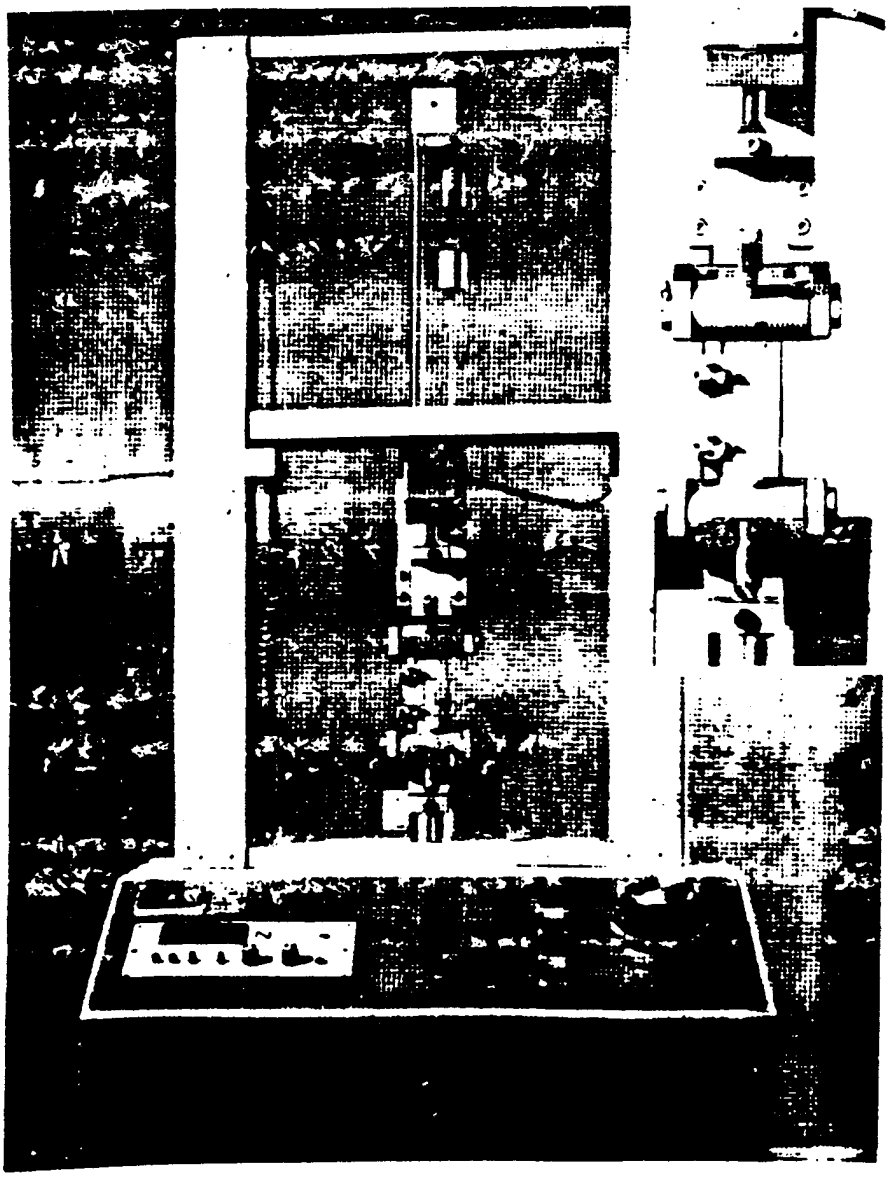
۴-۲-۳) روش انجام آزمایشها

۱-۴-۲-۳) آزمایش کششی با مقطع کاهش یافته

قبل از انجام آزمایش تمام اندازه های نمونه کنترل می شوند. سپس نمونه در فک های دستگاه قرار گرفته و بار اعمال میشود. آزمایش تا حد پارگی نمونه ادامه می یابد. اگر حداکثر بار وارده را بر مساحت

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

سطح مقطع نمونه تقسیم کنیم ، استحکام کششی بدست خواهد آمد. همچنین از روی تفاوت طول نمونه ، قبل و بعد از آزمایش (اندازه ثانویه با کنار هم قراردادن نمونه های شکسته اندازه گیری می شود) امکان محاسبه درصد ازدیاد طول وجود دارد.



شکل ۵- نمونه ای از دستگاه کشش .

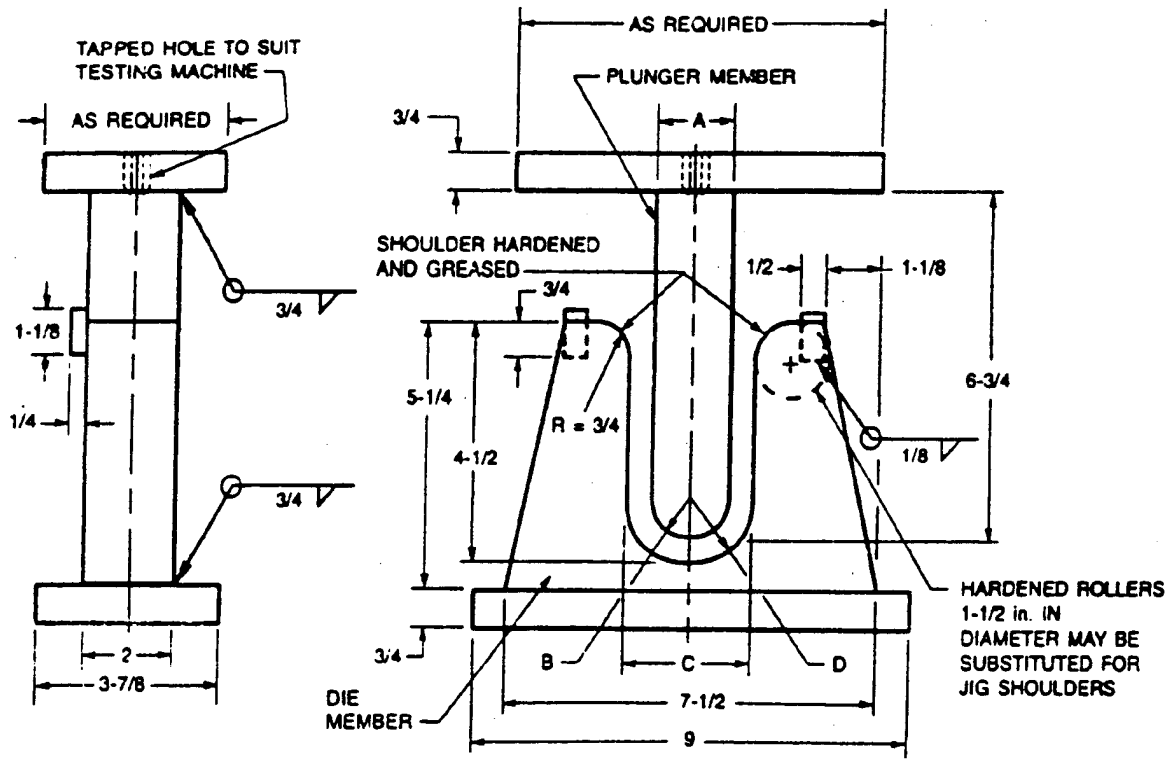
حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۲-۴-۲-۳) آزمایش ماکرواچ

ابتدا مقطعی از نمونه بریده شده و توسط سنگ صاف میشود. سپس با سنباده زنی متوالی با کاغذ سنباده های مختلف – از زبر به نرم – سطح نمونه صیقلی می شود. برای اچ کردن محلولهای مختلفی وجود دارد که در استاندارد ASME . Sec IX در بخش QW-470 ذکر شده است.

۳-۴-۲-۳) آزمایش خمش

نمونه ها در سه شکل ریشه ، سطحی و جانبی تهیه می شوند. نمونه ها مطابق شکل ۶ (QW-466) در نگهدارنده قرار گرفته و بوسیله یک سنبه سرگرد ، خمیده می شوند.



specified or actual base metal yield strength, psi	A in.	B in.	C in.	D in.
50 000 & under	1-1/2	3/4	2-3/8	1-3/16
over 50 000 to 90 000	2	1	2-7/8	1-7/16
90 000 & over	2-1/2	1-1/4	3-3/8	1-11/16

Note: Plunger and interior die surfaces shall be machine-finished.

شکل ۶- مشخصات گیره *نگهدارندهٔ آزمایش خمش* .

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۳-۳) ارزیابی نتایج

نتایج قابل قبول آزمایشات

۳-۳-۱) آزمایش کشش (QW-150) Tension Test

نمونه های آزمایش کشش (با سطح مقطع کاهش یافته) برای ورق و لوله مطابق با QW-462.1 تهیه و مطابق QW-151 ، نوع نمونه مشخص می گردد. نمونه های آزمایش کشش می تواند نمونه هایی با سطح مقطع کاهش یافته یا نمونه هایی با مقطع کامل باشد. لازم به ذکر است که فقط برای لوله هایی با قطر خارجی مساوی یا کمتر از ۳ اینچ نمونه هایی با مقطع کامل استفاده می شود.

آزمایش تا گسیختگی نمونهٔ تحت بار کششی ، ادامه می یابد. استحکام کششی از تقسیم حداکثر بار اعمالی به سطح مقطع نمونه قبل از بارگذاری ، بدست می آید.

معیار پذیرش آزمایش فوق بصورت زیر است :

۱) استحکام کششی حاصله ، از حداقل استحکام کششی تعیین شده برای فلز پایه کمتر نباشد.

۲) دراتصال دو فلز پایه با استحکام های کششی مختلف ، استحکام کششی حاصله ، از حداقل استحکام کششی فلز پایهٔ ضعیف تر بیشتر باشد.

۳) در صورتیکه استحکام فلز جوش در دمای اتاق کمتر از فلز پایه باشد ، استحکام کششی حاصله ، از استحکام کششی فلز جوش کمتر نباشد.

۴) اگر نمونه آزمایش از فلز پایه ، در محلی خارج از خط جوش گسیخته شود ، آزمایش پذیرفته است. البته استحکام کششی نباید از 95 % حداقل استحکام کششی تعیین شده فلز پایه کمتر باشد.

۳-۳-۲) آزمایش خمش (QW-160) Guided – Bend Test

نمونه های آزمایش خمش با برش ورق یا لوله های نمونه جوشکاری شده بصورت نمونه هایی با مقاطع تقریباً مستطیل شکل ، بدست می آید. سطوح برش ، قسمت های جانبی نمونه را مشخص می کنند. دو سطح دیگر سطوح ریشه و سطحی (گرده) نامیده می شود. پهنای جوش در سطح (گرده) بیشتر است. ضخامت نمونه و شعاع خمش در QW-466.1 ، QW-466.2 ، QW-466.3 نشان داده شده است. نمونه های

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۳-۳) ارزیابی نتایج

نتایج قابل قبول آزمایشات

۳-۳-۱) آزمایش کشش (QW-150) Tension Test

نمونه های آزمایش کشش (با سطح مقطع کاهش یافته) برای ورق و لوله مطابق با QW-462.1 تهیه و مطابق QW-151 ، نوع نمونه مشخص می گردد. نمونه های آزمایش کشش می تواند نمونه هایی با سطح مقطع کاهش یافته یا نمونه هایی با مقطع کامل باشد. لازم به ذکر است که فقط برای لوله هایی با قطر خارجی مساوی یا کمتر از ۳ اینچ نمونه هایی با مقطع کامل استفاده می شود.

آزمایش تا گسیختگی نمونهٔ تحت بار کششی ، ادامه می یابد. استحکام کششی از تقسیم حداکثر بار اعمالی به سطح مقطع نمونه قبل از بارگذاری ، بدست می آید.

معیار پذیرش آزمایش فوق بصورت زیر است :

۱) استحکام کششی حاصله ، از حداقل استحکام کششی تعیین شده برای فلز پایه کمتر نباشد.

۲) دراتصال دو فلز پایه با استحکام های کششی مختلف ، استحکام کششی حاصله ، از حداقل استحکام کششی فلز پایهٔ ضعیف تر بیشتر باشد.

۳) در صورتیکه استحکام فلز جوش در دمای اتاق کمتر از فلز پایه باشد ، استحکام کششی حاصله ، از استحکام کششی فلز جوش کمتر نباشد.

۴) اگر نمونه آزمایش از فلز پایه ، در محلی خارج از خط جوش گسیخته شود ، آزمایش پذیرفته است. البته استحکام کششی نباید از 95 % حداقل استحکام کششی تعیین شده فلز پایه کمتر باشد.

۳-۳-۲) آزمایش خمش (QW-160) Guided – Bend Test

نمونه های آزمایش خمش با برش ورق یا لوله های نمونه جوشکاری شده بصورت نمونه هایی با مقاطع تقریباً مستطیل شکل ، بدست می آید. سطوح برش ، قسمت های جانبی نمونه را مشخص می کنند. دو سطح دیگر سطوح ریشه و سطحی (گرده) نامیده می شود. پهنای جوش در سطح (گرده) بیشتر است. ضخامت نمونه و شعاع خمش در QW-466.1 ، QW-466.2 ، QW-466.3 نشان داده شده است. نمونه های

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

خمش با توجه به حالت محور جوش و محور نمونه نسبت به هم (عرضی یا طولی) و سطح خارجی (محدب) نمونهٔ خمش (ریشه ، سطحی(گرده) ، جانبی) به پنج دسته تقسیم می شود. نوع نمونهٔ آزمایش مطابق با QW-161 تعیین می شود.

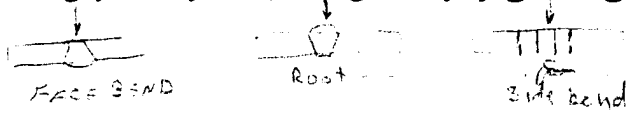
نحوه انجام آزمایش باید مطابق با QW-162 باشد. در ضمیمه ۱۵ نمونه از گیرهٔ نگهدارنده آزمایش خمش دیده می شود.

معیار پذیرش آزمایش فوق بصورت زیر است :

۱) ناپیوستگی سطحی بزرگتر از 3.2 میلی متر در هر جهتی روی سطح خارجی (محدب) نمونه پس از خمش در منطقه جوش یا منطقه متاثر از حرارت (H.A.Z.) پذیرفته نیست.

۲) برای روکش های جوشی مقاوم به خوردگی حداکثر ناپیوستگی سطحی مجاز در روکش در هر جهت 1.6 میلی متر و حداکثر ناپیوستگی سطحی مجاز در مرز اتصال 3.2 میلی متر است.

۳) ناپیوستگی های سطحی که در گوشه های نمونه در حین آزمایش بوجود می آیند ، قابل صرفنظر کردن هستند مگر اینکه ناپیوستگی ها ناشی از ذوب ناقص ، آخالهای سرباه محبوس شده در جوش یا دیگر عیوب داخلی باشند.



۳-۳-۳) آزمایش ضربه (QW-170) Impact Test

در صورت نیاز آزمایش ضربه با نمونه های ضربه با شیار (V) مطابق با استاندارد SA-370 انجام میشود.

معیار پذیرش نتایج آزمایش ضربه مطابق با استاندارد و بخش هایی است که انجام این آزمایش را ضروری دانسته اند.

۳-۳-۴) آزمایش ماکرواچ Macroetch Test

برای تایید کیفیت نمونه ماکرواچ شده از طریق بازرسی چشمی نکات زیر را باید لحاظ کرد :

۱) در جوشهایی با اتصال شیاری و نفوذ جزئی ذوب باید تا ریشه اتصال انجام شده باشد.

۲) در جوشهای گلویی باید ساق جوش مؤثر وجود داشته باشد.

۳) حداقل پای جوش گلویی باید به اندازه مشخص شده جوش باشد.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۴) جوشهای شیاری با نفوذ جزئی و جوشهای گلویی باید حائز شرایط زیر باشند :

۴-۱) ترک در مقطع مشاهده نشود.

۴-۲) بین لایه های مختلف جوش ، فلز پایه و فلز جوش ذوب کافی صورت گرفته باشد.

۴-۳) شکل جوش مطابق طرح اتصال باشد.

۴-۴) سوختگی کناره جوش غیرمجاز در مقطع جوش دیده نشود (بیش از ۱ میلی متر) .

۴-۵) برای تخلخل ۱ میلی متر یا بزرگتر ، جمع تخلخل بیش از ۶ میلی متر نباشد.

۴-۶) جمع سرباره بیش از ۴ میلی متر نباشد.

لازم بذکر است که در بخش QW-470 مواد و محلولهای اچ ذکر شده است.

۳-۳-۵) آزمایش غیرمخرب (اولتراسونیک – رادیوگرافی) NonDestructive Test

نحوه انجام آزمایش رادیوگرافی مطابق با قسمت QW-191 خواهد بود . معیار پذیرش نیز مطابق با QW-191 است. بخش ۶ از استاندارد AWS. D1.1 ، به آزمایشات غیرمخرب می پردازد.

۳-۳-۶) بازرسی چشمی لوله ها و مقاطع توخالی Visual Inspection of Pipe

لولهٔ جوشکاری شده در صورتی پذیرفته است که :

۱) جوش باید عاری از ترک باشد.

۲) سطح جوشها باید با دیوارهٔ خارجی لوله برخورد داشته باشد.

۳) حداکثر اندازه سوختگی کناره جوش مجاز در جوش 0.4 میلی متر است.

۴) ریشه جوش باید بازرسی شده و عاری از ترک باشد. ذوب ناقص و نفوذ غیرکافی نیز قابل صرفنظر کردن نیست.

۵) حداکثر تعقر مجاز پاس ریشه 1.6 میلی متر و حداکثر ذوب واقعی مجاز 3.2 میلی متر است.

۳-۳-۷) آزمایش مجدد

در صورتیکه نتایج نمونه های تهیه شده در یک آزمایش جوابگوی کیفیت جوش نباشد ، باید دو سری دیگر از نمونه های آزمایش با همان مواد تهیه شده و نتایج هر دو سری پاسخگوی کیفیت جوش باشند.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

۴-۳) ثبت و تایید نتایج

پس از تعیین نتایج آزمایشات ، مشخصات فرایند تهیه نمونه و نتایج آزمایشهای تعیین کیفیت باید در فرم خاصی با عنوان گزارش کیفیت روش جوشکاری Procedure Qualification Record (PQR) ثبت شده وپس از مطالعه نتایج آزمایشات ، مورد تایید قرار گیرد.

در ضمیمه شماره ۲ نمونه آخرین فرم PQR پیشنهادی در استاندارد ASME . Sec IX (QW-483) نشان داده شده است.

همانطور که در این ضمیمه دیده می شود ، فرم PQR دو صفحه ای است. در صفحه اول PQR ، اطلاعات و پارامترهای لازم برای انجام فرایند جوشکاری ذکر می شود که نحوه تنظیم آن همانند نحوه تنظیم فرم WPS است. به عبارت دیگر در صفحه اول اطلاعاتی نظیر : روش جوشکاری ، طرح اتصال ، فلز پایه ، فلز پرکننده ، وضعیت جوشکاری ، پیشگرم و .... ذکر می گردد.

در صفحه دوم فرم PQR نتایج آزمایشات کشش ، خمش ، ضربه و در صورت نیاز دیگر آزمایشات نظیر سختی سنجی ، آنالیز شیمیایی و .... درج و تائید می گردد.

الف) اطلاعات حاصل از آزمایش کشش براساس کد QW-150 درج می گردد.

برای تفکیک نمونه های آزمایش ، نمونه ها شماره گذاری شده و در ستون اول جدول نوشته می شود.

پهنای نمونه های کشش تخت و یا قطر نمونه های کشش استوانه ای از روی نمونه ها اندازه گیری شده و در ستون دوم جدول درج می گردد.

ضخامت نمونه های تخت که مطابق استاندارد تهیه شده اند ، به طور دقیق اندازه گیری و در ستون سوم جدول نوشته می شود.

براساس ضخامت و پهنای نمونه که در جدول ذکر شده ، مساحت سطح مقطع نمونه کشش در ستون چهارم نوشته می شود.

در ستون پنجم جدول ، حداکثر بار وارده قبل از شکست نمونه ذکر می گردد. درج واحد بار نیز الزامیست.

در ستون ششم ، تنش کششی که از تقسیم حداکثر بار وارد بر مساحت سطح مقطع (اطلاعات مندرج در ستونهای چهارم و پنجم جدول) نوشته می شود. ذکر واحد تنش نیز ضروریست.

در ستون هفتم به مشخصات نحوه شکست و محلی که شکست در نمونه رخ داده ، اشاره می شود.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

ب) اطلاعات حاصل از آزمایش خمش براساس کد QW-160 درج می گردد.

در ستون اول ، نوع و شمارهٔ نمونه آزمایش خمش اعم از نوع ریشه ای ، جانبی یا سطحی (گرده ای) در این قسمت با توجه به کد QW-462 ذکر می شود.

در ستون دوم ، نتایج حاصل از آزمایش خمش به یکی از اشکال زیر درج می گردد :

۱) Acceptable

۲) Satisfactory

۳) No deffect

۴) Good

ج) اطلاعات حاصل از آزمایش ضربه براساس کد QW-170 در این قسمت درج می گردد.

در ستون اول ، شماره شناسایی نمونهٔ آزمایش نوشته می شود.

محل قرار گرفتن شیار نمونه ضربه در ستون دوم درج می شود. شیار می تواند در فلز جوش ، منطقه متأثر از حرارت ، مرز بین فلز جوش و فلز پایه و یا فلز پایه قرار داشته باشد که معمولاً با علائم اختصاری W.M. ، H.A.Z. ، W.B. ، B.M. نوشته می شود.

در ستون سوم جدول ، نوع شیار نمونه ضربه ذکر می گردد. شیار ممکن است چارپی (Charpy) ، ایزود (Isod) ، سوراخ کلیدی (Key hole) بوده و یا نمونه بدون شیار باشد.

در شکل ۷ انواع شیارها و اندازه نمونه ضربه دیده می شود.

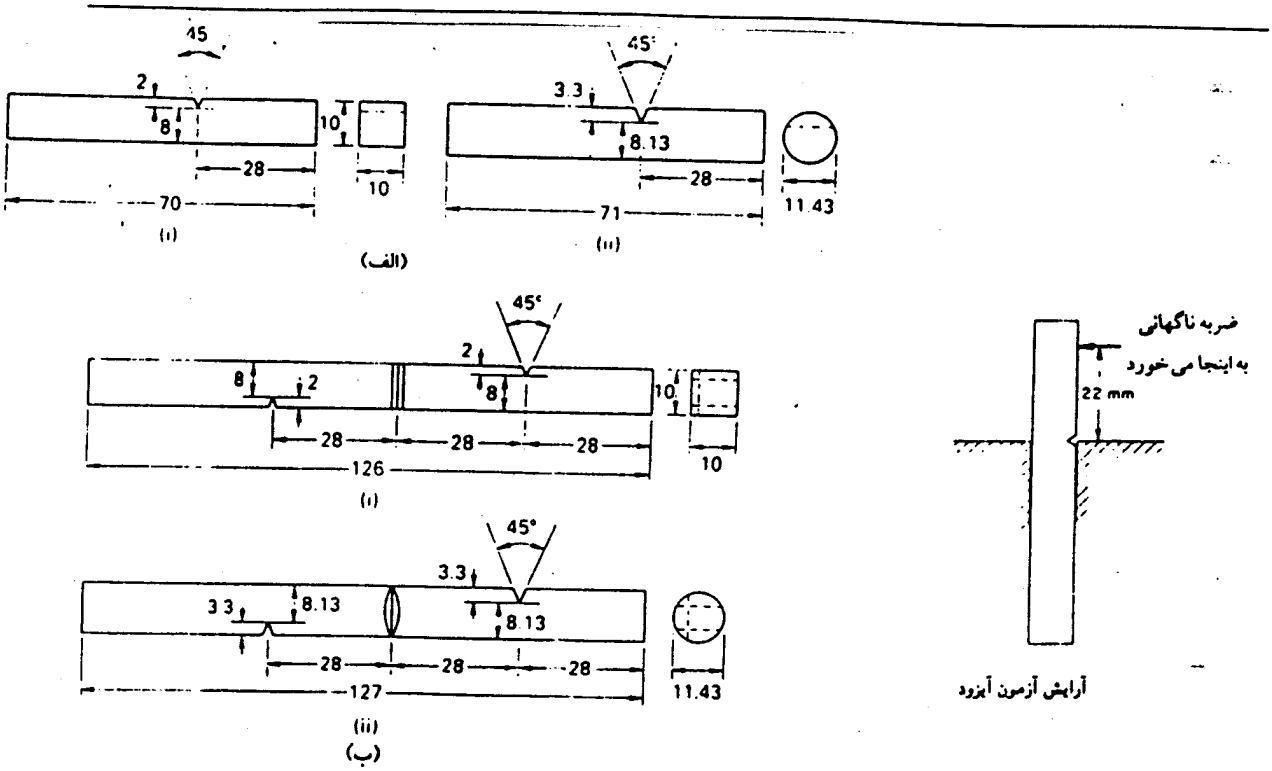
درجه حرارت آزمایش در ستون چهارم جدول نوشته می شود.

در ستون پنجم جدول ، مقدار انرژی ضربه عمدتاً بر حسب پوند بر فوت (lb-ft) یا ژول درج می گردد.

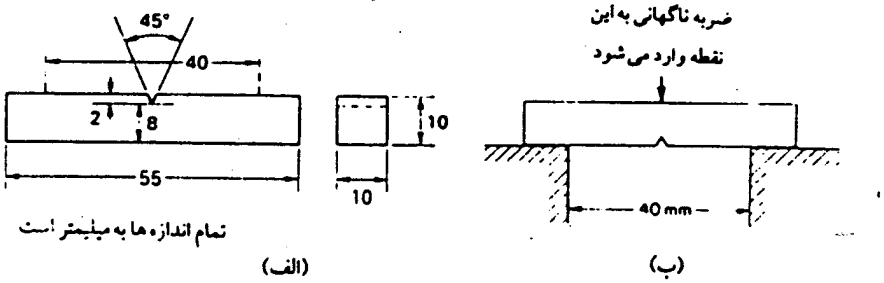
سطح مقطع شکست نمونه ضربه از دو ناحیه ترد و نرم تشکیل شده است. معمولاً سطح مقطع شکست ترد صاف و براق و سطح مقطع شکست نرم دارای پستی - بلندی و کدر است. با اندازه گیری نسبی این دو سطح ، درصد هر یک از مکانیزم های شکست (نرم یا ترد) مشخص می شود. این مقادیر در ستونهای ششم و هفتم جدول نوشته می شود.

در دستگاههای قدیمی از وزنه های مختلفی برای آزمایش ضربه استفاده می شد. (ASTM E208).وزن نمونه ها در ستون هشتم جدول درج می گردد.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد



ابعاد نمونه‌های آزمایش آیزود. (الف) نمونه‌های تک شیاره ۷ شکل (i) مقطع مربع، (ii) مقطع دایره (ب) نمونه‌های سه شیاره ۷ شکل (i) مقطع مربع، (ii) مقطع دایره.



(الف) اندازه‌های نمونهٔ آزمایش شاربی برای فلزها (ب) نحوهٔ استقرار نمونهٔ آزمایش.

شکل ۷- مشخصات شیار ونمونه های ضربه .

د) اطلاعات حاصل از آزمایش جوش گلویی براساس کد QW-180 در این قسمت درج می گردد.

نمونه های لازم مطابق با کد QW-462.4 تهیه می شود.

در صورت رضایتبخش بودن - نتیجه آزمایش جوش گلویی در قسمت Result- Satisfactory علامت زده می شود.

نتیجهٔ مشاهدهٔ نمونهٔ ماکرواچ شده درمورد نفوذ جوش به فلز پایه درقسمت Penetration into Parent Metal علامت زده شده و دیگر موارد مشاهده شده در قسمت Macro - result درج میشود.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

ه) در برخي موارد آزمایشهائی چون سختی سنجی در مناطق فلز جوش (W.M.) ، فلز پایه (B.M.) یا منطقه متاثر از حرارت (H.A.Z.) یا آزمایشهای غیرمخرب نیز باید انجام پذیرد.در قسمت نوع آزمایش Type of Test ، آزمایش انجام شده (سختی سنجی و....) نوشته می شود. آنالیز شیمیایی فلز جوش ممکن است جزء موارد مورد نیاز باشد. در این صورت ترکیب شیمیایی فلز جوش در قسمت آنالیز فلز رسوب داده شده Deposit Analysis درج می گردد.

هر گونه اطلاعات و آزمایشات اضافه در قسمت دیگر موارد Other نوشته می شود.

و) اطلاعات تکمیلی :

جوشهای سازه در صورتی مورد تائید است که جوشکار آن همان جوشکار PQR باشد، لذا ذکر نام جوشکار نمونهٔ آزمایش در این قسمت الزامیست. مواردی چون شماره پرسنلی و درجه کیفیت کار جوشکار نیز در PQR نوشته می شود. نام تنظیم کننده آزمایش و شماره گزارش آزمایشات نیز در PQR درج می گردد . تنظیم کننده PQR نهایتاً با ذکر تاریخ گزارش کیفیت روش جوشکاری را امضاء می کند.

۳-۵) نکات لازم در نوشتن PQR (محدودیت متغیرها)

جهت کاهش هزینه و زمان ناشی از آزمایشات تعیین کیفیت لازمست تا محدوده ای برای متغیرهای PQR در نظر گرفته شود. بدیهی است تغییر هر یک از متغیرها در خارج از محدودهٔ تعریف شده ، منجر به نوشتن WPS ، PQR جدید می شود.

براساس QW-200 هر تولید کننده موظف به ارائه WPS جهت مشخص کردن روش جوشکاری (WPS) است و هر WPS باید به کمک آزمایشهای کنترل کیفی (PQR) ، تائیدیه کیفیت دریافت کند. پس هر WPS به یک PQR نیاز دارد. اما با توجه به نکات کد QW-252 تا QW-262 امکان تنظیم یک PQR برای تضمین کیفیت چندین WPS وجود دارد . در جداول کد QW-262 تا QW-252 ، امکان تغییر (افزایش یا کاهش) هر یک از متغیرهای اساسی ، تکمیلی و غیراساسی فرایندهای مختلف جوشکاری مورد مقایسه قرار گرفته است. لازم به ذکر است در کد QW-200 تا QW-218 مطالبی که باید در نوشتن و استفاده از PQR مد نظر قرار داد ذکر شده است.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

همچنین برای کاهش تعداد PQR ها در استاندارد ASME , Sec IX در بخش QW-424 توصیه های مفیدی برای استفاده از یک PQR با فلز پایه و عدد مشخصهٔ P معین در مورد فلزات دیگر ارائه شده است. به عنوان مثال در صورتی که عدد مشخصهٔ P فلزات پایه مورد استفاده در PQR هر دو ۳ باشد ، این PQR را برای تایید WPS هایی که عدد مشخصهٔ P یکی از فلزات ۳ و عدد مشخصهٔ P فلز دیگر ۳ یا ۱ است ، میتوان استفاده کرد. البته دیگر پارامترهای ضروری نیز باید در PQR و WPS مطابقت داشته باشد. (ضمیمه ۱۶)

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

فصل چهارم

ضمائم

NONMANDATORY APPENDIX B

QW-482

QW-482 (Back)

WPS No. _____ Rev. _____

POSITIONS (QW-405)
Position(s) of Groove _____
Welding Progression: Up _____ Down _____
Position(s) of Fillet _____

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)
Temperature Range _____
Time Range _____

PREHEAT (QW-406)
Preheat Temp. Min. _____
Interpass Temp. Max. _____
Preheat Maintenance _____
(Continuous or special heating where applicable should be recorded)

GAS (QW-408)

	Gas(es)	Percent Composition (Mixture)	Flow Rate
Shielding	Argon	99.9	10-15 L/min
Trailing			
Backing			

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)
Current AC or DC _____ Polarity _____
Amps (Range) _____ Volts (Range) _____
(Amps and volts range should be recorded for each electrode size, position, and thickness, etc. This information may be listed in a tabular form similar to that shown below.)

Tungsten Electrode Size and Type _____ (Pure Tungsten, 2% Thoriated, etc.)

Mode of Metal Transfer for GMAW _____ (Spray arc, short circuiting arc, etc.)

Electrode Wire feed speed range _____

TECHNIQUE (QW-410)
String or Weave Bead _____
Orifice or Gas Cup Size _____
Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.) _____
Method of Back Gouging _____
Oscillation _____
Contact Tube to Work Distance _____
Multiple or Single Pass (per side) _____
Multiple or Single Electrodes _____
Travel Speed (Range) _____
Peening _____
Other _____

Weld Layer(s)	Process	Filler Metal Class	Filler Metal Dia	Current Type Polar.	Current Amp. Range	Volt Range	Travel Speed Range	Other (e.g., Remarks, Comments, Hot Wire Addition Technique, Torch Angle, Etc.)
1	GTAW	ER70S-G	2.4	DCEN (DCSP)	80-160	7-13	5-10	
2 و 3	SMAW	E7018	3.2	DCEP (DCRP)	110-150	18-22	10-20	
4 و بعد (بقیه)	"	"	4.0	"	150-200	19-25	10-20	
1 تا 3 Back chipping	SMAW	E7018	3.2	DCRP	110-150	18-22	10-20	
	"	"	4.0	"	150-200	19-25	10-20	
ALL	SMAW	"	4	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	100-160	8 تا 13		

حق چاپ و تکثیر، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-482 1998 SECTION IX

A00

QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
(See QW-200.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Company Name _____ By: _____

Welding Procedure Specification No. _____ Date _____ Supporting PQR No.(s) _____

Revision No. _____ Date _____

Welding Process(es) _____ Type(s) _____
(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Auto.)

JOINTS (QW-402) Details

Joint Design _____

Backing (Yes) _____ (No) _____

Backing Material (Type) _____
(Refer to both backing and retainers.)

☐ Metal ☐ Nonfusing Metal

☐ Nonmetallic ☐ Other

Sketches, Production Drawings, Weld Symbols or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing and the details of weld groove may be specified.

(At the option of the Mfgr., sketches may be attached to illustrate joint design, weld layers and bead sequence, e.g., for notch toughness procedures, for multiple process procedures, etc.)

*BASE METALS (QW-403)

P-No. _____ Group No. _____ to P-No. _____ Group No. _____

OR

Specification type and grade _____

to Specification type and grade _____

OR

Chem. Analysis and Mech. Prop. _____

to Chem. Analysis and Mech. Prop. _____

Thickness Range:

Base Metal: Groove _____ Fillet _____

Other _____

*FILLER METALS (QW-404)			
Spec. No. (SFA)			
AWS No. (Class)			
F-No.			
A-No.			
Size of Filler Metals			
Weld Metal Thickness Range:			
Groove			
Fillet			
Electrode-Flux (Class)			
Flux Trade Name			
Consumable Insert			
Other			

*Each base metal-filler metal combination should be recorded individually.

This form (EC0060) may be obtained from the Order Dept., ASME, 22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300

SAMPLE

ضمیمه ۱

حق چاپ و تکثیر، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

NONMANDATORY APPENDIX B

QW-483

QW-483 (Back)

PQR No. _____

Tensile Test (QW-150)

Specimen No.	Width	Thickness	Area	Ultimate Total Load lb	Ultimate Unit Stress psi	Type of Failure & Location

Guided-Bend Tests (QW-160)

Type and Figure No.	Result
	Accept
	Not Accept

Toughness Tests (QW-170)

Specimen No.	Notch Location	Specimen Size	Test Temp.	Impact Values: Ft. lbs	% Shear	Mils	Drop Weight Break (Y/N)

Comments: _____

Fillet-Weld Test (QW-180)

Result — Satisfactory: Yes _____ No _____ Penetration into Parent Metal: Yes _____ No _____

Macro — Results _____

Other Tests

Type of Test _____

Deposit Analysis _____

Other _____

Welder's Name _____ Clock No _____ Stamp No. _____

Tests conducted by: _____ Laboratory Test No. _____

We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code.

Manufacturer _____

Date _____ By _____

(Detail of record of tests are illustrative only and may be modified to conform to the type and number of tests required by the Code.)

SAMPLE

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-483 SUGGESTED FORMAT FOR PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR)
(See QW-200.2, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)
Record Actual Conditions Used to Weld Test Coupon.

Company Name _____

Procedure Qualification Record No _____ Date _____

WPS No. _____

Welding Process(es) _____

Types (Manual, Automatic, Semi-Auto.) _____

JOINTS (QW-402)

Groove Design of Test Coupon

(For combination qualifications, the deposited weld metal thickness shall be recorded for each filler metal or process used.)

BASE METALS (QW-403)

Material Spec. _____

Type or Grade _____

P-No. _____ to P-No. _____

Thickness of Test Coupon _____

Diameter of Test Coupon _____

Other _____

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)

Temperature _____

Time _____

Other _____

GAS (QW-408)

	Gases	Mixture	Flow Rate
		Percent Composition	
Shielding			
Trailing			
Backing			

FILLER METALS (QW-404)

SFA Specification _____

AWS Classification _____

Filler Metal F-No. _____

Weld Metal Analysis A-No. _____

Size of Filler Metal _____

Other _____

Weld Metal Thickness _____

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current _____

Polarity _____

Amps _____ Volts _____

Tungsten Electrode Size _____

Other _____

POSITION (QW-405)

Position of Groove QW-451.4

Weld Progression (Uphill, Downhill) _____

Other _____

TECHNIQUE (QW-410)

Travel Speed _____

String or Weave Bead _____

Oscillation _____

Multipass or Single Pass (per side) _____

Single or Multiple Electrodes _____

Other _____

PREHEAT (QW-406)

Preheat Temp _____

Interpass Temp _____

Other _____

This form (E00007) may be obtained from the Order Dept., ASME, 22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300

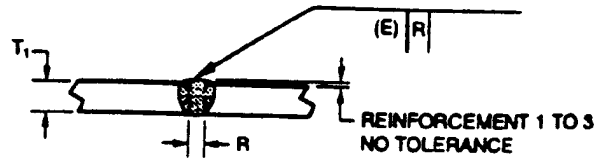
ضمیمه ۲

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

STD.AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508506 T49 ■

See Notes on Page 88

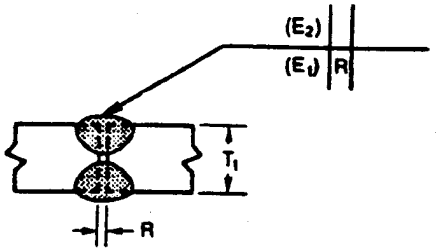
Square-groove weld (1)
Butt joint (B)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_1	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_2	Groove Preparation: Root Opening	Groove Preparation: Tolerances: As Detailed (see 3.12.3)	Groove Preparation: Tolerances: As Fit-Up (see 3.12.3)	Permitted Welding Positions	Weld Size (E)	Notes
SMAW	B-P1a	3.2 max	—	R = 0 to 1.6	+1.6, −0	±1.6	All	$T_1 - 1$	B, D
	B-P1c	6.4 max	—	$R = \frac{T_1}{2}$ min	+1.6, −0	±1.6	All	$\frac{T_1}{2}$	B, D

Square-groove weld (1)
Butt joint (B)



$E_1 + E_2$ MUST NOT EXCEED $\frac{3T_1}{4}$

ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_1	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_2	Groove Preparation: Root Opening	Groove Preparation: Tolerances: As Detailed (see 3.12.3)	Groove Preparation: Tolerances: As Fit-Up (see 3.12.3)	Permitted Welding Positions	Total Weld Size ($E_1 + E_2$)	Notes
SMAW	B-P1b	6.4 max	—	$R = \frac{T_1}{2}$	+1.6, −0	±1.6	All	$\frac{3T_1}{4}$	D

Figure 3.3 (Continued)—Prequalified Partial Joint Penetration (PJP) Groove Welded Joint Details (see 3.12) (Dimensions in Millimeters)

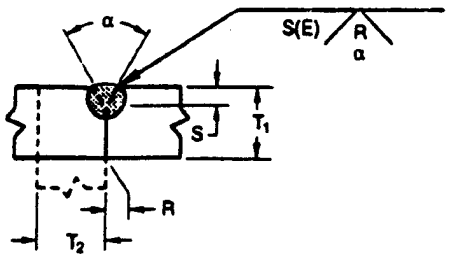
ضمیمه ۳

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

STD.AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508507 985 ■

See Notes on Page 88

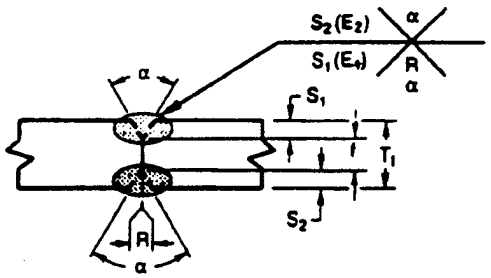
Single-V-groove weld (2)
Butt joint (B)
Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Permitted Welding Positions	Weld Size (E)	Notes
				Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
		T_1	T_2		As Detailed (see 3.12.3)	As Fit-Up (see 3.12.3)			
SMAW	BC-P2	6.4 min	U	R = 0 f = 1 min α = 60°	0 +1.6 +U, -0 +10°, -0°	+3, -1.6 ±1/16 +10°, -5°	All	S	B, D, E, N
GMAW FCAW	BC-P2-GF	6.4 min	U	R = 0 f = 3 min α = 60°	0, +1.6 +U, -0 +10°, -0°	+3, -1.6 ±1/16 +10°, -5°	All	S	A, B, E, N
SAW	BC-P2-S	11.1 min	U	R = 0 f = 6 min α = 60°	±0 +U, -0 +10°, -0°	+1.6, -0 ±1.6 +10°, -5°	F	S	B, E, N

Double-V-groove weld (3)
Butt joint (B)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Permitted Welding Positions	Total Weld Size ($E_1 + E_2$)	Notes
				Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
		T_1	T_2		As Detailed (see 3.12.3)	As Fit-Up (see 3.12.3)			
SMAW	B-P3	12.7 min	—	R = 0 f = 3 min α = 60°	+1.6, -0 +U, -0 +10°, -0°	+3, -1.6 ±1.6 +10°, -5°	All	$S_1 + S_2$	D, E, Mp, N
GMAW FCAW	B-P3-GF	12.7 min	—	R = 0 f = 3 min α = 60°	+1.6, -0 +U, -0 +10°, -0°	+3, -1.6 ±1.6 +10°, -5°	All	$S_1 + S_2$	A, E, Mp, N
SAW	B-P3-S	19.0 min	—	R = 0 f = 6 min α = 60°	±0 +U, -0 +10°, -0°	+1.6, -0 ±1.6 +10°, -5°	F	$S_1 + S_2$	E, Mp, N

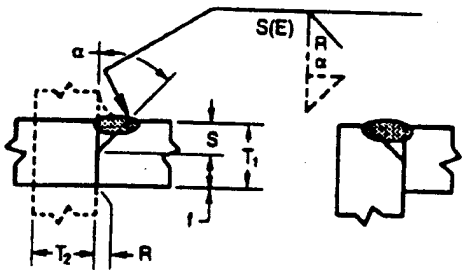
Figure 3.3 (Continued)—Prequalified Partial Joint Penetration (PJP) Groove Welded Joint Details (see 3.12) (Dimensions in Millimeters)

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

STD·AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508508 811 ■

See Notes on Page 86

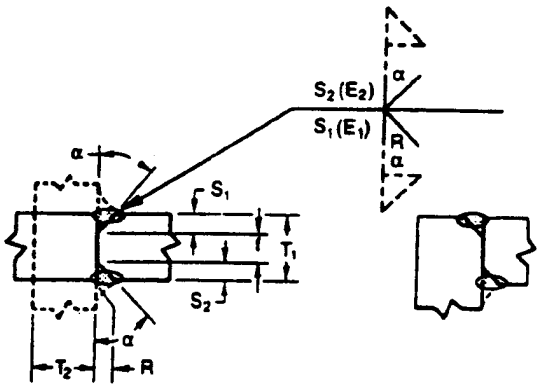
Single-bevel-groove (4)
Butt joint (B)
T-joint (T)
Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Permitted Welding Positions	Weld Size (E)	Notes
				Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
		T_1	T_2		As Detailed (see 3.12.3)	As Fit-Up (see 3.12.3)			
SMAW	BTC-P4	U	U	R = 0 f = 3 min α = 45°	+1.6, −0 unlimited +10°, −0°	+3, −1.6 ±1.6 +10°, −5°	All	S–3	B, D, E, J, N, V
GMAW FCAW	BTC-P4-GF	6.4 min	U	R = 0 f = 3 min α = 45°	+1.6, −0 unlimited +10°, −0°	+3, −1.6 ±1.6 +10°, −5°	F, H	S	A, B, E, J, N, V
							V, OH	S–3	
SAW	TC-P4-S	11.1 min	U	R = 0 f = 6 min α = 60°	±0 +U, −0 +10°, −0°	+1.6, −0 ±1.6 +10°, −5°	F	S	B, E, J, N, V

Double-bevel-groove weld (5)
Butt joint (B)
T-joint (T)
Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Permitted Welding Positions	Total Weld Size ($E_1 + E_2$)	Notes
				Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
		T_1	T_2		As Detailed (see 3.12.3)	As Fit-Up (see 3.12.3)			
SMAW	BTC-P5	8.0 min	U	R = 0 f = 3 min α = 45°	+1.6, −0 unlimited +10°, −0°	+3, −1.6 ±1.6 +10°, −5°	All	$S_1 + S_2$ −6	D, E, J, Mp, N, V
GMAW FCAW	BTC-P5-GF	12.7 min	U	R = 0 f = 3 min α = 45°	+1.6, −0 unlimited +10°, −0°	+3, −1.6 ±1.6 +10°, −5°	F, H	$S_1 + S_2$	A, E, J, Mp, N, V
							V, OH	$S_1 + S_2$ −6	
SAW	TC-P5-S	19.0 min	U	R = 0 f = 6 min α = 60°	±0 +U, −0 +10°, −0°	+1.6, −0 ±1.6 +10°, −5°	F	$S_1 + S_2$	E, J, Mp, N, V

Figure 3.3 (Continued)—Prequalified Partial Joint Penetration (PJP) Groove Welded Joint Details (see 3.12) (Dimensions in Millimeters)

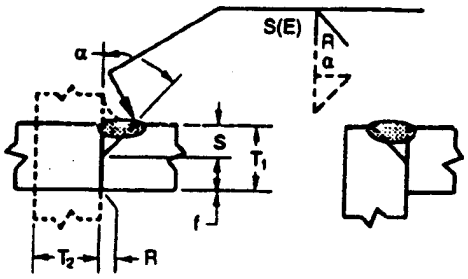
ضمیمه ۳

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

STD.AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508509 758 ■

See Notes on Page 88

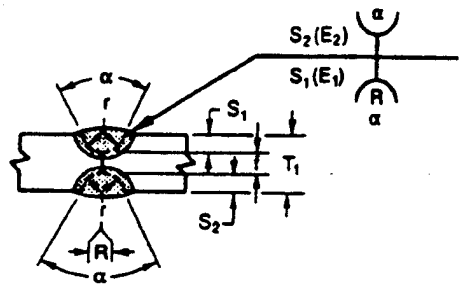
Single-U-groove weld (6)
Butt joint (B)
Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_1	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_2	Groove Preparation: Root Opening, Root Face, Groove Radius, Groove Angle	Groove Preparation: Tolerances: As Detailed (see 3.12.3)	Groove Preparation: Tolerances: As Fit-Up (see 3.12.3)	Permitted Welding Positions	Weld Size (E)	Notes
SMAW	BC-P6	6.4 min	U	R = 0 f = 1 min r = 6 α = 45°	+1.6, –0 +U, –0 +6, –0 + 10°, –0°	+3, –1.6 ±1.6 ±1.6 +10°, –5°	All	S	B, D, E, N
GMAW FCAW	BC-P6-GF	6.4 min	U	R = 0 f = 3 min r = 6 α = 20°	+1.6, –0 +U, –0 +6, –0 + 10°, –0°	+3, –1.6 ±1.6 ±1.6 +10°, –5°	All	S	A, B, E, N
SAW	BC-P6-S	11.1 min	U	R = 0 f = 6 min r = 6 α = 20°	±0 +U, –0 +6, –0 +10°, –0°	+1.6, –0 ±1.6 ±1.6 +10°, –5°	F	S	B, E, N

Double-U-groove weld (7)
Butt joint (B)



ALL DIMENSIONS IN mm

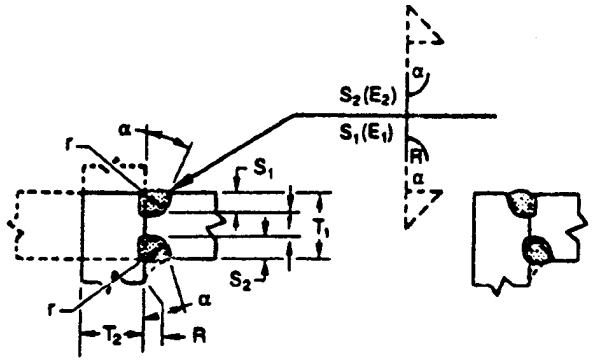
Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_1	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_2	Groove Preparation: Root Opening, Root Face, Groove Radius, Groove Angle	Groove Preparation: Tolerances: As Detailed (see 3.12.3)	Groove Preparation: Tolerances: As Fit-Up (see 3.12.3)	Permitted Welding Positions	Total Weld Size ($E_1 + E_2$)	Notes
SMAW	B-P7	12.7 min	—	R = 0 f = 3 min r = 6 α = 45°	+1.6, –0 +U, –0 +6, –0 + 10°, –0°	+3, –1.6 ±1.6 ±1.6 +10°, –5°	All	$S_1 + S_2$	D, E, Mp, N
GMAW FCAW	B-P7-GF	12.7 min	—	R = 0 f = 3 min r = 6 α = 20°	+1.6, –0 +U, –0 +6, –0 + 10°, –0°	+3, –1.6 ±1.6 ±1.6 +10°, –5°	All	$S_1 + S_2$	A, E, Mp, N
SAW	B-P7-S	19.0 min	—	R = 0 f = 6 min r = 6 α = 20°	±0 +U, –0 +6, –0 +10°, –0°	+1.6, –0 ±1.6 ±1.6 +10°, –5°	F	$S_1 + S_2$	E, Mp, N

Figure 3.3 (Continued)—Prequalified Partial Joint Penetration (PJP) Groove Welded Joint Details (see 3.12) (Dimensions in Millimeters)

STD·AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508511 306 ■

See Notes on Page 88

Double-J-groove weld (9)
Butt joint (B)
T-joint (T)
Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_1	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_2	Groove Preparation: Root Opening, Root Face, Groove Radius, Groove Angle	Groove Preparation: Tolerances: As Detailed (see 3.12.3)	Groove Preparation: Tolerances: As Fit-Up (see 3.12.3)	Permitted Welding Positions	Total Weld Size ($E_1 + E_2$)	Notes
SMAW	BTC-P9*	12.7 min	U	R = 0 f = 3 min r = 10 α = 45°	+1.6, −0 +U, −0 +6, −0 + 10°, −0°	+3, −1.6 ±1.6 ±1.6 +10°, −5°	All	$S_1 + S_2$	D, E, J, Mp, N, V
GMAW FCAW	BTC-P9-GF**	6.4 min	U	R = 0 f = 3 min r = 10 α = 30°	+1.6, −0 +U, −0 +6, −0 + 10°, −0°	+3, −1.6 ±1.6 ±1.6 +10°, −5°	All	$S_1 + S_2$	A, J, Mp, N, V
SAW	C-P9-S*	19.0 min	U	R = 0 f = 6 min r = 13 α = 45°	±0 +U, −0 +6, −0 + 10°, −0°	+1.6, −0 ±1.6 ±1.6 +10°, −5°	F	$S_1 + S_2$	A, E, J, N, V
SAW	C-P9-S**	19.0 min	U	R = 0 f = 6 min r = 13 α = 20°	±0 +U, −0 +6, −0 +10°, −0°	+1.6, −0 ±1.6 ±1.6 +10°, −5°	F	$S_1 + S_2$	E, J, Mp, N, V
SAW	T-P9-S	19.0 min	U	R = 0 f = 6 min r = 13 α = 45°	±0 +U, −0 +6, −0 +10°, −0°	+1.6, −0 ±1.6 ±1.6 +10°, −5°	F	$S_1 + S_2$	E, J, Mp, N

*Applies to inside corner joints.
**Applies to outside corner joints.

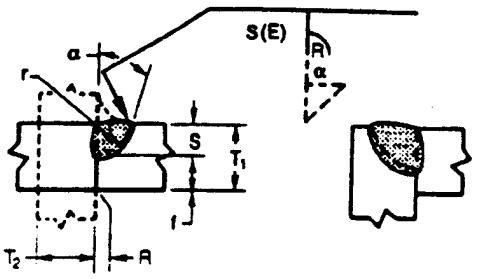
Figure 3.3 (Continued)—Prequalified Partial Joint Penetration (PJP) Groove Welded Joint Details (see 3.12) (Dimensions in Millimeters)

ضمیمه ۳

حق چاپ و تکثیر، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

See Notes on Page 88

Single-J-groove weld (8)
Butt joint (B)
T-joint (T)
Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_1	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_2	Groove Preparation: Root Opening, Root Face, Groove Radius, Groove Angle	Groove Preparation: Tolerances: As Detailed (see 3.12.3)	Groove Preparation: Tolerances: As Fit-Up (see 3.12.3)	Permitted Welding Positions	Weld Size (E)	Notes
SMAW	TC-P8*	6.4 min	U	R = 0 f = 3 min r = 10 α = 45°	+1.6, –0 +U, –0 +6, –0 + 10°, –0°	+3, –1.6 ±1.6 ±1.6 +10°, –5°	All	S	D, E, J, N, V
SMAW	BC-P8**	6.4 min	U	R = 0 f = 3 min r = 10 α = 30°	+1.6, –0 +U, –0 +6, –0 + 10°, –0°	+3, –1.6 ±1.6 ±1.6 +10°, –5°	All	S	D, E, J, N, V
GMAW FCAW	TC-P8-GF*	6.4 min	U	R = 0 f = 3 min r = 10 α = 45°	+1.6, –0 +U, –0 +6, –0 + 10°, –0°	+3, –1.6 ±1.6 ±1.6 +10°, –5°	All	S	A, E, J, N, V
GMAW FCAW	BC-P8-GF**	6.4 min	U	R = 0 f = 3 min r = 10 α = 30°	+1.6, –0 +U, –0 +6, –0 + 10°, –0°	+3, –1.6 ±1.6 ±1.6 +10°, –5°	All	S	A, E, J, N, V
SAW	TC-P8-S*	11.1 min	U	R = 0 f = 6 min r = 13 α = 45°	±0 +U, –0 +6, –0 +10°, –0°	+1.6, –0 ±1.6 ±1.6 +10°, –5°	F	S	E, J, N, V
SAW	C-P8-S**	11.1 min	U	R = 0 f = 6 min r = 13 α = 20°	±0 +U, –0 +6, –0 +10°, –0°	+1.6, –0 ±1.6 ±1 6 +10°, –5°	F	S	E, J, N, V

*Applies to inside corner joints.
**Applies to outside corner joints.

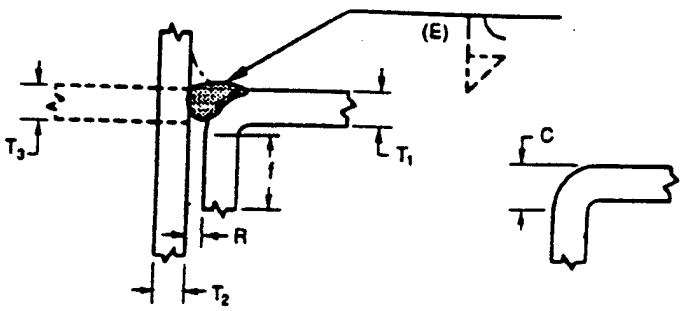
Figure 3.3 (Continued)—Prequalified Partial Joint Penetration (PJP) Groove Welded Joint Details (see 3.12) (Dimensions in Millimeters)

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش ... باشد

STD·AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508512 242 ■

See Notes on Page 88

Flare-bevel-groove weld (10)
Butt joint (B)
T-joint (T)
Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_1	T_2	T_3	Groove Preparation: Root Opening Root Face Bend Radius*	Tolerances: As Detailed (see 3.12.3)	As Fit-Up (see 3.12.3)	Permitted Welding Positions	Weld Size (E)	Notes
SMAW	BTC-P10	4.8 min	U	T_1 min	R = 0 f = 5 min C = $\frac{3T_1}{2}$ min	+1.6, −0 +U, −0 −0, +Not-Limited	+3, −1.6 +U, −1.6 −0, +Not-Limited	All	5/8T_1	D, J, N, Z
GMAW FCAW	BTC-P10-GF	4.8 min	U	T_1 min	R = 0 f = 5 min C = $\frac{3T_1}{2}$ min	+1.6, −0 +U, −0 −0, +Not-Limited	+3, −1.6 +U, −1.6 −0, +Not-Limited	All	5/8T_1	A, J, N, Z
SAW	T-P10-S	12.7 min	12.7 min	N/A	R = 0 f = 13 min C = $\frac{3T_1}{2}$ min	±0 +U, −0 −0, +Not-Limited	+1.6, −0 +U, −1.6 −0, +Not-Limited	F	5/8T_1	J, N, Z

*For cold formed (A500) rectangular tubes, C dimension is not limited. See the following:

Effective Weld Size of Flare-Bevel-Groove Welded Joints. Tests have been performed on cold formed ASTM A500 material exhibiting a "c" dimension as small as T_1 with a nominal radius of 2t. As the radius increases, the "c" dimension also increases. The corner curvature may not be a quadrant of a circle tangent to the sides. The corner dimension, "c", may be less than the radius of the corner.

Figure 3.3 (Continued)—Prequalified Partial Joint Penetration (PJP) Groove Welded Joint Details (see 3.12) (Dimensions in Millimeters)

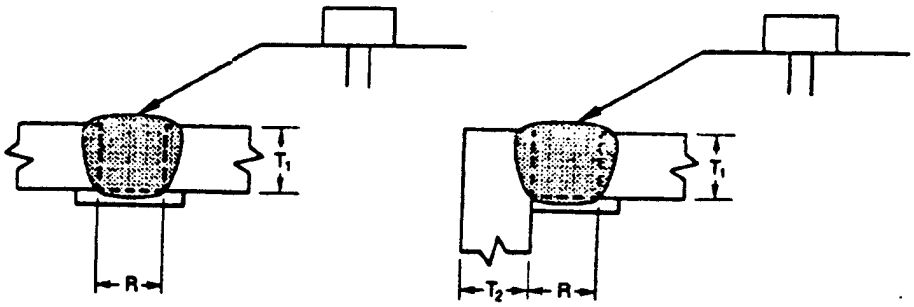
ضمیمه ۳

حق چاپ و تکثیر، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

STD.AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508513 189 ■

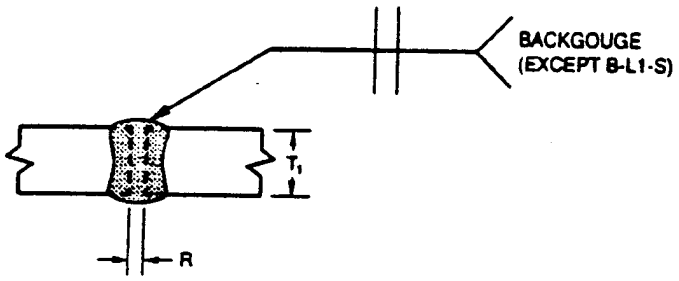
See Notes on Page 88

Square-groove weld (1)
Butt joint (B)
Corner joint (C)



Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Permitted Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
					Tolerances				
		T_1	T_2	Root Opening	As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)			
SMAW	B-L1a	1/4 max	—	$R = T_1$	+1/16, –0	+1/4, –1/16	All	—	D, N
	C-L1a	1/4 max	U	$R = T_1$	+1/16, –0	+1/4, –1/16	All	—	D, N
FCAW GMAW	B-L1a-GF	3/8 max	—	$R = T_1$	+1/16, –0	+1/4, –1/16	All	Not required	A, N

Square-groove weld (1)
Butt joint (B)



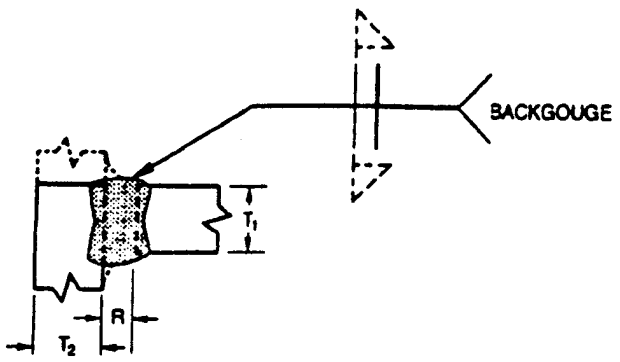
Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Permitted Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
					Tolerances				
		T_1	T_2	Root Opening	As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)			
SMAW	B-L1b	1/4 max	—	$R = \frac{T_1}{2}$	+1/16, –0	+1/16, –1/8	All	—	C, D, N
GMAW FCAW	B-L1b-GF	3/8 max	—	R = 0 to 1/8	+1/16, –0	+1/16, –1/8	All	Not required	A, C, N
SAW	B-L1-S	3/8 max	—	R = 0	±0	+1/16, –0	F	—	N
SAW	B-L1a-S	5/8 max	—	R = 0	±0	+1/16, –0	F	—	C, N

Figure 3.4—Prequalified Complete Joint Penetration (CJP) Groove Welded Joint Details (see 3.13)

STD·AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508514 015 ■

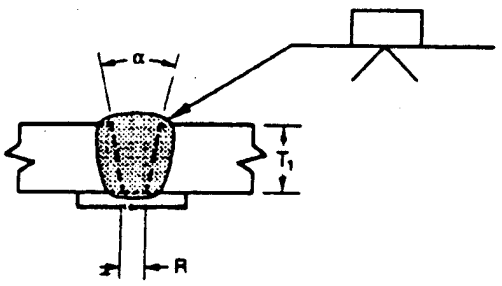
See Notes on Page 88

Square-groove weld (1)
T-joint (T)
Corner joint (C)



Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Permitted Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
					Tolerances				
		T_1	T_2	Root Opening	As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)			
SMAW	TC-L1b	1/4 max	U	$R = \frac{T_1}{2}$	+1/16, -0	+1/16, -1/8	All	—	C, D, J
GMAW FCAW	TC-L1-GF	3/8 max	U	R = 0 to 1/8	+1/16, -0	+1/16, -1/8	All	Not required	A, C, J
SAW	TC-L1-S	3/8 max	U	R = 0	±0	+1/16, -0	F	—	C, J

Single-V-groove weld (2)
Butt joint (B)



Tolerances	
As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
R = +1/16, -0	+1/4, -1/16
α = +10°, -0°	+10°, -5°

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Permitted Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T_1	T_2	Root Opening	Groove Angle			
SMAW	B-U2a	U	—	R = 1/4	α = 45°	All	—	D, N
				R = 3/8	α = 30°	F, V, OH	—	D, N
				R = 1/2	α = 20°	F, V, OH	—	D, N
GMAW FCAW	B-U2a-GF	U	—	R = 3/16	α = 30°	F, V, OH	Required	A, N
				R = 3/8	α = 30°	F, V, OH	Not req.	A, N
				R = 1/4	α = 45°	F, V, OH	Not req.	A, N
SAW	B-L2a-S	2 max	—	R = 1/4	α = 30°	F	—	N
SAW	B-U2-S	U	—	R = 5/8	α = 20°	F	—	N

Figure 3.4 (Continued)—Prequalified Complete Joint Penetration (CJP) Groove Welded Joint Details (see 3.13)

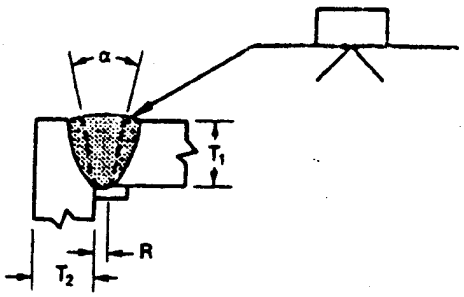
ضمیمه ۳

حق چاپ و تکثیر، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

STD.AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508515 T51 ■

See Notes on Page 88

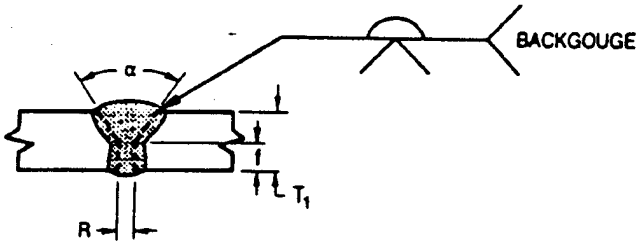
Single-V-groove weld (2)
Corner joint (C)



Tolerances	
As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
R = +1/16, −0	+1/4, −1/16
α = +10°, −0°	+10°, −5°

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_1	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_2	Groove Preparation: Root Opening	Groove Preparation: Groove Angle	Permitted Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
SMAW	C-U2a	U	U	R = 1/4	α = 45°	All	—	D, N
				R = 3/8	α = 30°	F, V, OH	—	D, N
				R = 1/2	α = 20°	F, V, OH	—	D, N
GMAW FCAW	C-U2a-GF	U	U	R = 3/16	α = 30°	F, V, OH	Required	A
				R = 3/8	α = 30°	F, V, OH	Not req.	A, N
				R = 1/4	α = 45°	F, V, OH	Not req.	A, N
SAW	C-L2a-S	2 max	U	R = 1/4	α = 30°	F	—	N
SAW	C-U2-S	U	U	R = 5/8	α = 20°	F	—	N

Single-V-groove weld (2)
Butt joint (B)



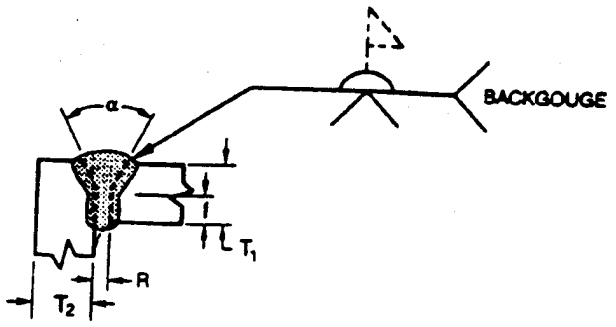
Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_1	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_2	Groove Preparation: Root Opening, Root Face, Groove Angle	Groove Preparation: Tolerances: As Detailed (see 3.13.1)	Groove Preparation: Tolerances: As Fit-Up (see 3.13.1)	Permitted Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
SMAW	B-U2	U	—	R = 0 to 1/8 f = 0 to 1/8 α = 60°	+1/16, −0 +1/16, −0 + 10°, −0°	+1/16, −1/8 Not limited +10°, −5°	All	—	C, D, N
GMAW FCAW	B-U2-GF	U	—	R = 0 to 1/8 f = 0 to 1/8 α = 60°	+1/16, −0 +1/16, −0 + 10°, −0°	+1/16, −1/8 Not limited +10°, −5°	All	Not required	A, C, N
SAW	B-L2c-S	Over 1/2 to 1	—	R = 0 f = 1/4 max α = 60°	R = ±0 f = +0, −f α = +10°, −0°	+1/16, −0 ±1/16 +10°, −5°	F	—	C, N
		Over 1 to 1-1/2	—	R = 0 f = 1/2 max α = 60°					
		Over 1-1/2 to 2	—	R = 0 f = 5/8 max α = 60°					

Figure 3.4 (Continued)—Prequalified Complete Joint Penetration (CJP) Groove Welded Joint Details (see 3.13)

STD.AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508516 998 ■

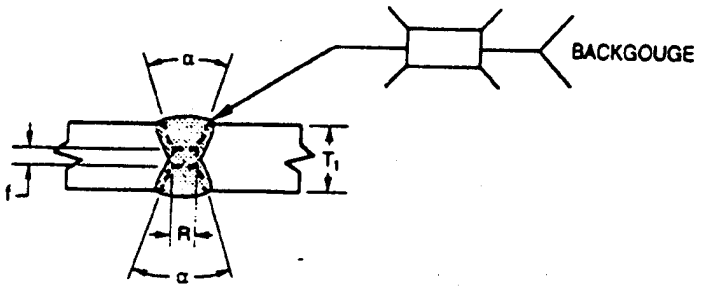
See Notes on Page 88

Single-V-groove weld (2)
Corner joint (C)



Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_1	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_2	Groove Preparation: Root Opening, Root Face, Groove Angle	Groove Preparation Tolerances: As Detailed (see 3.13.1)	Groove Preparation Tolerances: As Fit-Up (see 3.13.1)	Permitted Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
SMAW	C-U2	U	U	R = 0 to 1/8 f = 0 to 1/8 α = 60°	+1/16, –0 +1/16, –0 + 10°, –0°	+1/16, –1/8 Not limited +10°, –5°	All	—	C, D, J, N
GMAW FCAW	C-U2-GF	U	U	R = 0 to 1/8 f = 0 to 1/8 α = 60°	+1/16, –0 +1/16, –0 + 10°, –0°	+1/16, –1/8 Not limited +10°, –5°	All	Not required	A, C, J, N
SAW	C-U2b-S	U	U	R = 0 to 1/8 f = 1/4 max α = 60°	±0 +0, –1/4 +10°, –0°	+1/16, –0 ±1/16 +10°, –5°	F	—	C, J, N

Double-V-groove weld (3)
Butt joint (B)



		Tolerances: As Detailed (see 3.13.1)	Tolerances: As Fit-Up (see 3.13.1)
		R = ±0	+1/4, –0
		f = ±0	+1/16, –0
		α = +10°, –0°	+10°, –5°
Spacer	SAW	±0	+1/16, –0
	SMAW	±0	+1/8, –0

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_1	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_2	Groove Preparation: Root Opening	Root Face	Groove Angle	Permitted Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
SMAW	B-U3a	U Spacer = 1/8 × R	—	R = 1/4	f = 0 to 1/8	α = 45°	All	—	C, D, M, N
				R = 3/8	f = 0 to 1/8	α = 30°	F, V, OH	—	
				R = 1/2	f = 0 to 1/8	α = 20°	F, V, OH	—	
SAW	B-U3a-S	U Spacer = 1/4 × R	—	R = 5/8	f = 0 to 1/4	α = 20°	F	—	C, M, N

Figure 3.4 (Continued)--Prequalified Complete Joint Penetration (CJP) Groove Welded Joint Details (see 3.13)

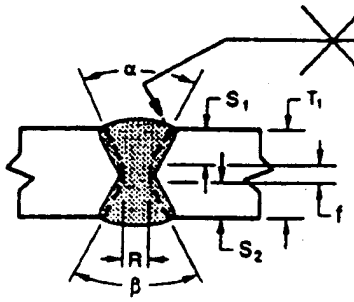
ضمیمه ۳

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

STD.AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508517 824 ■

See Notes on Page 88

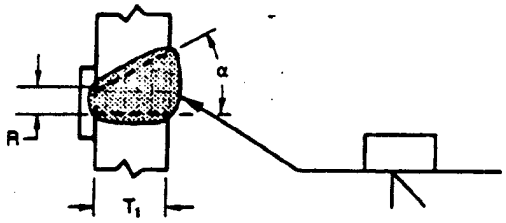
Double-V-groove weld (3)
Butt joint (B)



For B-U3c-S only		
T_1		S_1
Over	to	
2	2-1/2	1-3/8
2-1/2	3	1-3/4
3	3-5/8	2-1/8
3-5/8	4	2-3/8
4	4-3/4	2-3/4
4-3/4	5-1/2	3-1/4
5-1/2	6-1/4	3-3/4
For $T_1 > 5\text{-}1/4$ or $T_1 \le 2$ $S_1 = 2/3\ (T_1 - 1/4)$		

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_1	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_2	Groove Preparation: Root Opening, Root Face, Groove Angle	Groove Preparation Tolerances: As Detailed (see 3.13.1)	Groove Preparation Tolerances: As Fit-Up (see 3.13.1)	Permitted Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
SMAW	B-U3b	U	—	R = 0 to 1/8 f = 0 to 1/8 α = β = 60°	+1/16, -0 +1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -1/8 Not limited +10°, -5°	All	—	C, D, M, N
GMAW FCAW	B-U3-GF						All	Not required	A, C, M, N
SAW	B-U3c-S	U	—	R = 0 f = 1/4 min α = β = 60°	+1/16, -0 +1/4, -0 +10°, -0°	+1/16, -0 +1/4, -0 +10°, -5°	F	—	C, M, N
				To find S_1 see table above: $S_2 = T_1 - (S_1 + f)$					

Single-bevel-groove weld (4)
Butt joint (B)



Tolerances	
As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
R = +1/16, -0	+1/4, -1/16
α = +10°, -0°	+10°, -5°

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_1	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_2	Groove Preparation: Root Opening	Groove Preparation: Groove Angle	Permitted Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
SMAW	B-U4a	U	—	R = 1/4	α = 45°	All	—	Br, D, N
				R = 3/8	α = 30°	All	—	Br, D, N
GMAW FCAW	C-U4a-GF	U	—	R = 3/16	α = 30°	All	Required	A, Br, N
				R = 1/4	α = 45°	All	Not req.	A, Br, N
				R = 3/8	α = 30°	F	Not req.	A, Br, N
SAW	B-U4a-S	U	U	R = 3/8	α = 30°	F	—	Br, N
				R = 1/4	α = 45°			

Figure 3.4 (Continued)—Prequalified Complete Joint Penetration (CJP) Groove Welded Joint Details (see 3.13)

P.No.

QW/QB-422 FERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS (CONT'D)
Grouping of Base Metals for Qualification

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi	Welding				Brazing		Nominal Composition	Product Form
				P-No.	Group No.	S-No.	Group No.	P-No.	S-No.		
SA-182	F3V	K31830	85	5C	1	...	...	102	...	3Cr-1Mo-V-Ti-B	Forgings
SA-182	F22V	K31835	85	5C	1	...	...	...	...	2.25Cr-1Mo-V	Forgings
SA-182	F5	K41545	70	5B	1	...	...	102	...	5Cr-0.5Mo	Forgings
SA-182	F5a	K42544	90	5B	1	...	...	102	...	5Cr-0.5Mo	Forgings
SA-182	F9	K90941	85	5B	1	...	...	102	...	9Cr-1Mo	Forgings
SA-182	F91	K91560	85	5B	1	...	...	102	...	9Cr-1Mo-V	Forgings
SA-182	F6a, Cl. 1	K91151	70	6	1	...	...	102	...	13Cr	Forgings
SA-182	F6a, Cl. 2	K91151	85	6	3	...	...	102	...	13Cr	Forgings
SA-182	FXM-19	S20910	100	8	3	...	...	102	...	22Cr-13Ni-5Mn	Forgings
SA-182	FXM-11	S21904	90	8	3	...	...	102	...	21Cr-6Ni-9Mn	Forgings
SA-182	F304	S30400	70	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Forgings
SA-182	F304	S30400	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Forgings > 5 in.
SA-182	F304L	S30403	65	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Forgings
SA-182	F304L	S30403	70	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Forgings > 5 in.
SA-182	F304H	S30409	70	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Forgings
SA-182	F304H	S30409	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Forgings > 5 in.
SA-182	F304N	S30451	80	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Forgings
SA-182	F304LN	S30453	70	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni-N	Forgings
SA-182	F304LN	S30453	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni-N	Forgings > 5 in.
SA-182	F46	S30600	78	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni-N	Forgings
SA-182	F45	S30815	87	8	2	...	...	102	...	17Cr-14Ni-4Si	Forgings
SA-182	F310	S31000	70	8	2	...	...	102	...	21Cr-11Ni-N	Forgings
SA-182	F310	S31000	75	8	2	...	...	102	...	25Cr-20Ni	Forgings > 5 in.
SA-182	F50	S31200	100	10H	1	...	...	102	...	25Cr-20Ni	Forgings
SA-182	F44	S31254	94	8	4	...	...	102	...	25Cr-6Ni-Mo-N	Forgings
SA-182	F316	S31600	70	8	1	...	...	102	...	20Cr-18Ni 6Mo	Forgings
SA-182	F316	S31600	75	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings > 5 in.
SA-182	F316L	S31603	65	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-182	F316L	S31603	70	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings > 5 in.
SA-182	F316H	S31609	70	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-182	F316H	S31609	75	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings > 5 in.
SA-182	F316N	S31651	80	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-182	F316LN	S31653	70	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo-N	Forgings
SA-182	F316LN	S31653	75	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo-N	Forgings > 5 in.
SA-182	F317	S31700	70	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo-N	Forgings
										18Cr-13Ni-3Mo	Forgings > 5 in.

ضمیمه ۴

QW/QB-422 FERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS (CONT'D)
Grouping of Base Metals for Qualification

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi	Welding				Brazing		Nominal Composition	Product Form
				P-No.	Group No.	S-No.	Group No.	P-No.	S-No.		
SA-182	F317	S31700	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-13Ni-3Mo	Forgings
SA-182	F317L	S31703	65	8	1	...	...	102	...	18Cr-13Ni-3Mo	Forgings > 5 in.
SA-182	F317L	S31703	70	8	1	...	...	102	...	18Cr-13Ni-3Mo	Forgings
SA-182	F51	S31803	90	10H	1	...	...	102	...	22Cr-5Ni-3Mo-N	Forgings
SA-182	F321	S32100	70	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Ti	Forgings > 5 in.
SA-182	F321	S32100	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Ti	Forgings
SA-182	F321H	S32109	70	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Ti	Forgings > 5 in.
SA-182	F321H	S32109	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Ti	Forgings
SA-182	F55	S32760	109	...	...	10H	1	...	102	25Cr-8Ni-3Mo-W-Cu-N	Forgings
SA-182	F10	S33100	80	8	2	...	...	102	...	20Ni-8Cr	Forgings
SA-182	F347	S34700	70	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Cb	Forgings > 5 in.
SA-182	F347	S34700	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-182	F347H	S34709	70	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Cb	Forgings > 5 in.
SA-182	F347H	S34709	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-182	F348	S34800	70	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Cb	Forgings > 5 in.
SA-182	F348	S34800	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-182	F348H	S34809	70	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Cb	Forgings > 5 in.
SA-182	F348H	S34809	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-182	F6b	S41026	110	6	3	...	...	102	...	13Cr-0.5Mo	Forgings
SA-182	F6NM	S41500	115	6	4	...	...	102	...	13Cr-4.5Ni-Mo	Forgings
SA-182	F429	S42900	60	6	2	...	...	102	...	15Cr	Forgings
SA-182	F430	S43000	60	7	2	...	...	102	...	17Cr	Forgings
SA-182	FXM-27Cb	S44627	60	10I	1	...	...	102	...	27Cr-1Mo	Forgings
A 182	F6a, Cl. 3	S41000	110	...	...	6	3	...	102	13Cr	Forgings
A 182	F6a, Cl. 4	S41000	130	...	...	6	3	...	102	13Cr-5Mo	Forgings
SA-192	...	K01201	47	1	1	...	...	101	...	C-Si	Smls. tube
SA-199	T11	K11597	60	4	1	...	...	102	...	1.25Cr-0.5Mo-Si	Smls. tube
SA-199	T22	K21590	60	5A	1	...	...	102	...	2.25Cr-1Mo	Smls. tube
SA-199	T4	K31509	60	5A	1	...	...	102	...	2.25Cr-0.5Mo-0.75Si	Smls. tube
SA-199	T21	K31545	60	5A	1	...	...	102	...	3Cr-1Mo	Smls. tube
SA-199	T5	K41545	60	5B	1	...	...	102	...	5Cr-0.5Mo	Smls. tube
SA-199	T9	K81590	60	5B	1	...	...	102	...	9Cr-1Mo	Smls. tube

دوره آموزشی گروه مهندسین بین المللی جوش ایران/ ۱۳۹۱
حق طبع و نشر مجموعه و متعلقات به شرکت کاوش همایش می باشد
مهندس رضا مرتضیان

ضمیمه ۴

QW/QB-422 FERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS (CONT'D)
Grouping of Base Metals for Qualification

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi	Welding				Brazing		Nominal Composition	Product Form
				P-No.	Group No.	S-No.	Group No.	P-No.	S-No.		
SA-199	T91	...	85	5B	2	...	...	102	...	9Cr–1Mo–V	Smls. tube
SA-202	A	K11742	75	4	1	...	...	101	...	0.5Cr–1.25Mn–Si	Plate
SA-202	B	K12542	85	4	1	...	...	101	...	0.5Cr–1.25Mn–Si	Plate
SA-203	A	K21703	65	9A	1	...	...	101	...	2.5Ni	Plate
SA-203	B	K22103	70	9A	1	...	...	101	...	2.5Ni	Plate
SA-203	D	K31718	65	9B	1	...	...	101	...	3.5Ni	Plate
SA-203	E	K32018	70	9B	1	...	...	101	...	3.5Ni	Plate
SA-203	F	...	75	9B	1	...	...	101	...	3.5Ni	Plate > 2 in.
SA-203	F	...	80	9B	1	...	...	101	...	3.5Ni	Plate, 2 in. & under
SA-204	A	K11820	65	3	1	...	...	101	...	C–0.5Mo	Plate
SA-204	B	K12020	70	3	2	...	...	101	...	C–0.5Mo	Plate
SA-204	C	K12320	75	3	2	...	...	101	...	C–0.5Mo	Plate
SA-209	T1b	K11422	53	3	1	...	...	101	...	C–0.5Mo	Smls. tube
SA-209	T1	K11522	55	3	1	...	...	101	...	C–0.5Mo	Smls. tube
SA-209	T1a	K12023	60	3	1	...	...	101	...	C–0.5Mo	Smls. tube
SA-210	A-1	K02707	60	1	1	...	...	101	...	C–Si	Smls. tube
SA-210	C	K03501	70	1	2	...	...	101	...	C–Mn–Si	Smls. tube
A 211	A570A	...	45	...	...	1	1	...	101	C	Welded pipe
A 211	A570 Gr30	K02502	49	...	...	1	1	...	101	C	Welded pipe
A 211	A570B	...	49	...	...	1	1	...	101	C	Welded pipe
A 211	A570 Gr33	K02502	52	...	...	1	1	...	101	C	Welded pipe
A 211	A570C	...	52	...	...	1	1	...	101	C	Welded pipe
A 211	A570D	...	55	...	...	1	1	...	101	C	Welded pipe
SA-213	T2	K11547	60	3	1	...	...	101	...	0.5Cr–0.5Mo	Smls. tube
SA-213	T12	K11562	60	4	1	...	...	102	...	1Cr–0.5Mo	Smls. tube
SA-213	T11	K11597	60	4	1	...	...	102	...	1.25Cr–0.5Mo–Si	Smls. tube
SA-213	T17	K12047	60	10B	1	...	...	102	...	1Cr–V	Smls. tube
SA-213	T22	K21590	60	5A	1	...	...	102	...	2.25Cr–1Mo	Smls. tube
SA-213	T21	K31545	60	5A	1	...	...	102	...	3Cr–1Mo	Smls. tube
SA-213	T5c	K41245	60	5B	1	...	...	102	...	5Cr–0.5Mo–Ti	Smls. tube
SA-213	T5	K41545	60	5B	1	...	...	102	...	5Cr–0.5Mo	Smls. tube
SA-213	T5b	K51545	60	5B	1	...	...	102	...	5Cr–0.5Mo–Si	Smls. tube

QW/QB-422 FERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS (CONT'D)

Grouping of Base Metals for Qualification

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi	Welding				Brazing		Nominal Composition	Product Form
				P-No.	Group No.	S-No.	Group No.	P-No.	S-No.		
SA-213	T9	K81590	60	5B	1	...	...	102	...	9Cr-1Mo	Smls. tube
SA-213	T91	...	85	5B	2	...	...	102	...	9Cr-1Mo-V	Smls. tube
SA-213	TP201	S20100	95	8	3	...	...	102	...	17Cr-4Ni-6Mn	Smls. tube
SA-213	TP202	S20200	90	8	3	...	...	102	...	18Cr-5Ni-9Mn	Smls. tube
SA-213	XM-19	S20910	100	8	3	...	...	102	...	22Cr-13Ni-5Mn	Smls. tube
SA-213	TP304	S30400	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Smls. tube
SA-213	TP304L	S30403	70	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Smls. tube
SA-213	TP304H	S30409	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Smls. tube
SA-213	TP304N	S30451	80	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni-N	Smls. tube
SA-213	TP304LN	S30453	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni-N	Smls. tube
SA-213	S30815	S30815	87	8	2	...	...	102	...	21Cr-11Ni-N	Smls. tube
SA-213	TP309S	S30908	75	8	2	...	...	102	...	23Cr-12Ni	Smls. tube
SA-213	TP309H	S30909	75	8	2	...	...	102	...	23Cr-12Ni	Smls. tube
SA-213	TP309Cb	S30940	75	8	2	...	...	102	...	23Cr-12Ni-Cb	Smls. tube
SA-213	TP309HCb	S30941	75	8	2	...	...	102	...	23Cr-12Ni-Cb	Smls. tube
SA-213	TP310S	S31008	75	8	2	...	...	102	...	25Cr-20Ni	Smls. tube
SA-213	TP310H	S31009	75	8	2	...	...	102	...	25Cr-20Ni	Smls. tube
SA-213	TP310Cb	S31040	75	8	2	...	...	102	...	25Cr-20Ni-Cb	Smls. tube
SA-213	TP310HCb	S31041	75	8	2	...	...	102	...	25Cr-20Ni-Cb	Smls. tube
SA-213	TP310MoLN	S31050	78	8	2	...	...	102	...	25Cr-22Ni-2Mo-N	Smls. tube, $t > 1/4$ in.
SA-213	TP310MoLN	S31050	84	8	2	...	...	102	...	25Cr-22Ni-2Mo-N	Smls. tube, $t \leq 1/4$ in.
SA-213	TP316	S31600	75	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Smls. tube
SA-213	TP316L	S31603	70	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Smls. tube
SA-213	TP316H	S31609	75	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Smls. tube
SA-213	TP316N	S31651	80	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo-N	Smls. tube
SA-213	TP316LN	S31653	75	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo-N	Smls. tube
SA-213	S31725	S31725	75	8	4	...	...	102	...	19Cr-15Ni-4Mo	Smls. tube
SA-213	S31726	S31726	80	8	4	...	...	102	...	19Cr-15.5Ni-4Mo	Smls. tube
SA-213	TP321	S32100	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Ti	Smls. tube
SA-213	TP321H	S32109	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Ti	Smls. tube
SA-213	TP347	S34700	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Cb	Smls. tube
SA-213	TP347H	S34709	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Cb	Smls. tube
SA-213	TP348	S34800	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Cb	Smls. tube
SA-213	TP348H	S34809	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-10Ni-Cb	Smls. tube

ضمیمه ۴

QW/QB-422 FERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS (CONT'D)
Grouping of Base Metals for Qualification

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi	Welding				Brazing		Nominal Composition	Product Form
				P-No.	Group No.	S-No.	Group No.	P-No.	S-No.		
SA-213	XM-15	S38100	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-18Ni-2Si	Smls. tube
SA-214	...	K01807	47	1	1	...	...	101	...	C	E.R.W. tube
SA-216	WCA	J02502	60	1	1	...	...	101	...	C-Si	Castings
SA-216	WCC	J02503	70	1	2	...	...	101	...	C-Mn-Si	Castings
SA-216	WCB	J03002	70	1	2	...	...	101	...	C-Si	Castings
SA-217	WC6	J12072	70	4	1	...	...	102	...	1.25Cr-0.5Mo	Castings
SA-217	WC4	J12082	70	4	1	...	...	101	...	1Ni-0.5Cr-0.5Mo	Castings
SA-217	WC1	J12522	65	3	1	...	...	101	...	C-0.5Mo	Castings
SA-217	WC9	J21890	70	5A	1	...	...	102	...	2.25Cr-1Mo	Castings
SA-217	WC5	J22000	70	4	1	...	...	101	...	0.75Ni-1Mo-0.75Cr	Castings
SA-217	C5	J42025	90	5B	1	...	...	102	...	5Cr-0.5Mo	Castings
SA-217	C12	J82090	90	5B	1	...	...	102	...	9Cr-1Mo	Castings
SA-217	CA15	J91150	90	6	3	...	...	102	...	13Cr	Castings
SA-225	D	...	75	10A	1	...	...	101	...	Mn-0.5Ni-V	Plate > 3 in.
SA-225	D	...	80	10A	1	...	...	101	...	Mn-0.5Ni-V	Plate, 3 in. & under
SA-225	C	K12524	105	10A	1	...	...	101	...	Mn-0.5Ni-V	Plate
SA-226	...	K01201	47	1	1	...	...	101	...	C-Si	E.R.W. tube
SA-234	WPB	K03006	60	1	1	...	...	101	...	C-Si	Piping fitting
SA 234	WPC	K03501	70	1	2	...	...	101	...	C-Si	Piping fitting
SA-234	WP11, Cl. 1	...	60	4	1	...	...	102	...	1.25Cr-0.5Mo-Si	Piping fitting
SA-234	WP12, Cl. 1	K12062	60	4	1	...	...	101	...	1Cr-0.5Mo	Piping fitting
SA-234	WP1	K12821	55	3	1	...	...	101	...	C-0.5Mo	Piping fitting
SA-234	WP22, Cl. 1	K21590	60	5A	1	...	...	102	...	2.25Cr-1Mo	Piping fitting
SA-234	WPR	K27035	63	9A	1	...	...	101	...	2Ni-1Cu	Piping fitting
SA-234	WP5	K41545	60	5B	1	...	...	102	...	5Cr-0.5Mo	Piping fitting
SA-234	WP9	K90941	60	5B	1	...	...	102	...	9Cr-1Mo	Piping fitting
SA-234	WP91	...	85	5B	2	...	...	102	...	9Cr-1Mo-V	Piping fitting
SA-240	Type 201	S20100	95	8	3	...	...	102	...	17Cr-4Ni-6Mn	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 202	S20200	90	8	3	...	...	102	...	18Cr-5Ni-9Mn	Plate, sheet, & strip
SA-240	...	S20400	95	8	3	...	...	102	...	16Cr-9Mn-2Ni-N	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type XM-19	S20910	100	8	3	...	...	102	...	22Cr-13Ni-5Mn	Plate
SA-240	Type XM-19	S20910	105	8	3	...	...	102	...	22Cr-13Ni-5Mn	Sheet & strip
SA-240	Type XM-17	S21600	90	8	3	...	...	102	...	19Cr-8Mn-6Ni-Mo-N	Plate

QW/QB-422 FERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS (CONT'D)
Grouping of Base Metals for Qualification

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi	Welding				Brazing		Nominal Composition	Product Form
				P-No.	Group No.	S-No.	Group No.	P-No.	S-No.		
SA-240	Type XM-17	S21600	100	8	3	...	...	102	...	19Cr-8Mn-6Ni-Mo-N	Sheet & strip
SA-240	Type XM-18	S21603	90	8	3	...	...	102	...	19Cr-8Mn-6Ni-Mo-N	Plate
SA-240	Type XM-18	S21603	100	8	3	...	...	102	...	19Cr-8Mn-6Ni-Mo-N	Sheet & strip
SA-240	S21800	S21800	95	8	3	...	...	102	...	18Cr-8Ni-4Si-N	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type XM-29	S24000	100	8	3	...	...	102	...	18Cr-3Ni-12Mn	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 302	S30200	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 304	S30400	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 304L	S30403	70	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 304H	S30409	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 304N	S30451	80	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni-N	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type XM-21	S30452	85	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni-N	Plate
SA-240	Type XM-21	S30452	90	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni-N	Sheet & strip
SA-240	Type 304LN	S30453	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-8Ni-N	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 305	S30500	70	8	1	...	...	102	...	18Cr-11Ni	Plate, sheet, & strip
SA-240	S30600	S30600	78	8	1	...	...	102	...	17Cr-14Ni-4Si	Plate, sheet, & strip
SA-240	S30815	S30815	87	8	2	...	...	102	...	21Cr-11Ni-N	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 309S	S30908	75	8	2	...	...	102	...	23Cr-12Ni	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 309H	S30909	75	8	2	...	...	102	...	23Cr-12Ni	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 309Cb	S30940	75	8	2	...	...	102	...	23Cr-12Ni-Cb	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 309HCb	S30941	75	8	2	...	...	102	...	23Cr-12Ni-Cb	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 310S	S31008	75	8	2	...	...	102	...	25Cr-20Ni	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 310Cb	S31040	75	8	2	...	...	102	...	25Cr-20Ni-Cb	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 310HCb	S31041	75	8	2	...	...	102	...	25Cr-20Ni-Cb	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 310MoLN	S31050	80	8	2	...	...	102	...	25Cr-22Ni-2Mo-N	Plate, sheet, & strip
SA-240	S31200	S31200	100	10H	1	...	...	102	...	25Cr-6Ni-Mo-N	Plate, sheet, & strip
SA-240	S31254	S31254	94	8	4	...	...	102	...	20Cr-18Ni-6Mo	Plate, sheet, & strip
SA-240	S31260	S31260	100	10H	1	...	...	102	...	25Cr-6.5Ni-3Mo-N	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 316	S31600	75	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 316L	S31603	70	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 316H	S31609	75	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 316Ti	S31635	75	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo-Ti	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 316Cb	S31640	75	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo-Cb	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 316N	S31651	80	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo-N	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 316LN	S31653	75	8	1	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo-N	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 317	S31700	75	8	1	...	...	102	...	18Cr-13Ni-3Mo	Plate, sheet, & strip

QW/QB-422 FERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS (CONT'D)

Grouping of Base Metals for Qualification

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi	Welding				Brazing		Nominal Composition	Product Form
				P-No.	Group No.	S-No.	Group No.	P-No.	S-No.		
SA-240	Type 317L	S31703	75	8	1	...	...	102	...	18Cr–13Ni–3Mo	Plate, sheet, & strip
SA-240	S31725	S31725	75	8	4	...	...	102	...	19Cr–15Ni–4Mo	Plate, sheet, & strip
SA-240	S31726	S31726	80	8	4	...	...	102	...	19Cr–15.5Ni–4Mo	Plate, sheet, & strip
SA-240	S31753	S31753	80	8	1	...	...	102	...	18Cr–13Ni–3Mo–N	Plate, sheet, & strip
SA-240	S31803	S31803	90	10H	1	...	...	...	...	22Cr–5Ni–3Mo–N	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 321	S32100	75	8	1	...	...	102	...	18Cr–10Ni–Ti	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 321H	S32109	75	8	1	...	...	102	...	18Cr–10Ni–Ti	Plate, sheet, & strip
SA-240	S32550	S32550	110	10H	1	...	...	102	...	25Cr–5Ni–3Mo–2Cu	Plate, sheet, & strip
SA-240	S32760	S32760	109	...	...	10H	1	...	102	25Cr–8Ni–3Mo–W–Cu–N	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 329	S32900	90	10H	1	...	...	102	...	26Cr–4Ni–Mo	Plate, sheet, & strip
SA-240	S32950	S32950	90	10H	1	...	...	102	...	26Cr–4Ni–Mo–N	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 347	S34700	75	8	1	...	...	102	...	18Cr–10Ni–Cb	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 347H	S34709	75	8	1	...	...	102	...	18Cr–10Ni–Cb	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 348	S34800	75	8	1	...	...	102	...	18Cr–10Ni–Cb	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 348H	S34809	75	8	1	...	...	102	...	18Cr–10Ni–Cb	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type XM-15	S38100	75	8	1	...	...	102	...	18Cr–18Ni–2Si	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 405	S40500	60	7	1	...	...	102	...	12Cr–1Al	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 409	S40900	55	7	1	...	...	102	...	11Cr–Ti	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 410	S41000	65	6	1	...	...	102	...	13Cr	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 410S	S41008	60	7	1	...	...	102	...	13Cr	Plate, sheet, & strip
SA-240	S41500	S41500	115	6	4	...	...	102	...	13Cr–4.5Ni–Mo	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 429	S42900	65	6	2	...	...	102	...	15Cr	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 430	S43000	65	7	2	...	...	102	...	17Cr	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type 439	S43035	65	7	2	...	...	102	...	17Cr–Ti	Plate, sheet, & strip
SA-240	S44400	S44400	60	7	2	...	...	102	...	18Cr–2Mo	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type XM-33	S44626	68	10I	1	...	...	102	...	27Cr–1Mo–Ti	Plate, sheet, & strip
SA-240	Type XM-27	S44627	65	10I	1	...	...	102	...	27Cr–1Mo	Plate, sheet, & strip
SA-240	S44635	S44635	90	10I	1	...	...	102	...	25Cr–4Ni–4Mo–Ti	Plate, sheet, & strip
SA-240	S44660	S44660	85	10K	1	...	...	102	...	26Cr–3Ni–3Mo	Plate, sheet, & strip
SA-240	S44700	S44700	80	10J	1	...	...	102	...	29Cr–4Mo	Plate, sheet, & strip
SA-240	S44800	S44800	80	10K	1	...	...	102	...	29Cr–4Mo–2Ni	Plate, sheet, & strip
SA-249	TP201	S20100	95	8	3	...	...	102	...	17Cr–4Ni–6Mn	Welded tube
SA-249	TP202	S20200	90	8	3	...	...	102	...	18Cr–5Ni–9Mn	Welded tube

ضمیمه ۴

گروه مهندسین بین المللی جوش ایران / ۱۳۹۹

گروه آموزشی

مهندس رضا هروندیان

حق چاپ و نگارش محفوظ و منتقل به شرکت کاوش همایش می باشد

۲۴

اشنایی با تست و

دستورالعمل جوشکاری

گروه مهندسین بین المللی جوش ایران

شرکت کاوش همایش

STD.AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508489 03T ■

Table 3.1
Prequalified Base Metal—Filler Metal Combinations for Matching Strength[8] (see 3.3)

Group	Steel Specification Requirements						Filler Metal Requirements				
			Minimum Yield Point/Strength		Tensile Range			Minimum Yield Point/Strength		Tensile Strength Range	
	Steel Specification[1, 2]		ksi	MPa	ksi	MPa	Electrode Specification[3, 6]	ksi	MPa	ksi	MPa
I	ASTM A36[4]		36	250	58–80	400–550					
	ASTM A53	Grade B	35	240	60 min	415 min	SMAW				
	ASTM A106	Grade B	35	240	60 min	415 min	AWS A5.1				
	ASTM A131	Grades A, B, CS, D, DS, E	34	235	58–71	400–490	E60XX	48	331	60 min	414 min
	ASTM A139	Grade B	35	241	60 min	414 min	E70XX	53–72	365–496	70 min	482 min
	ASTM A381	Grade Y35	35	240	60 min	415 min	AWS A5.5[7]				
	ASTM A500	Grade A	33	228	45 min	310 min	E70XX-X	57–60	390–415	70–75 min	480–520 min
		Grade B	42	290	58 min	400 min	SAW				
	ASTM A501		36	250	58 min	400 min	AWS A5.17				
	ASTM A516	Grade 55	30	205	55–75	380–515	F6XX-EXXX	48	330	60–80	415–550
		Grade 60	32	220	60–80	415–550	F7XX-EXXX	58	400	70–95	480–650
	ASTM A524	Grade I	35	240	60–85	415–586	AWS A5.23[7]				
		Grade II	30	205	55–80	380–550	F7XX-EXX-XX	58	400	70–95	480–660
	ASTM A529		42	290	60–85	415–585					
	ASTM A570	Grade 30	30	205	49 min	340 min	GMAW				
		Grade 33	33	230	52 min	360 min	AWS A5.18				
		Grade 36	36	250	53 min	365 min	ER70S-X	58	400	70 min	480 min
		Grade 40	40	275	55 min	380 min					
		Grade 45	45	310	60 min	415 min					
		Grade 50	50	345	65 min	450 min					
	ASTM A573	Grade 65	35	240	65–77	450–530	FCAW				
		Grade 58	32	220	58–71	400–490	AWS A5.20				
	ASTM A709	Grade 36[4]	36	250	58–80	400–550	E6XT-X	48	330	60 min	415 min
	API 5L	Grade B	35	240	60	415	E7XT-X	58	400	70 min	480 min
		Grade X42	42	290	60	415	(Except -2, -3, -10, -13, -14, -GS)				
	ABS	Grades A, B, D, CS, DS			58–71	400–490	AWS A5.29[7]				
		Grade E[5]			58–71	400–490	E7XTX-XX	58	400	70–90	490–620

(continued)

STD.AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508490 851 ■

Table 3.1 (Continued)

Group	Steel Specification[1,2]		Steel Specification Requirements: Minimum Yield Point/Strength ksi	Steel Specification Requirements: Minimum Yield Point/Strength MPa	Steel Specification Requirements: Tensile Range ksi	Steel Specification Requirements: Tensile Range MPa	Electrode Specification[1,6]	Filler Metal Requirements: Minimum Yield Point/Strength ksi	Filler Metal Requirements: Minimum Yield Point/Strength MPa	Filler Metal Requirements: Tensile Strength Range ksi	Filler Metal Requirements: Tensile Strength Range MPa
II	ASTM A131	Grades AH32, DH32, EH32	46	315	68–85	470–585	SMAW				
		Grades AH36, DH36, EH36	51	350	71–90	490–620	AWS A5.1				
	ASTM A441		40–50	275–345	60–70	415–485	E7015, E7016	58	399	70 min	482 min
	ASTM A516	Grade 65	35	240	65–85	450–585	E7018, E7028				
		Grade 70	38	260	70–90	485–620	AWS A5.5[7]				
	ASTM A537	Class 1	45–50	310–345	65–90	450–620	E7015-X, E7016-X	57–60	390–415	70–75 min	480–520 min
	ASTM A572	Grade 42	42	290	60 min	415 min	E7018-X				
	ASTM A572	Grade 50	50	345	65 min	450 min	SAW				
	ASTM A588[5]	(4 in. and under)	50	345	70 min	485 min	AWS A5.17				
	ASTM A595	Grade A	55	380	65 min	450 min	F7XX-EXXX	58	400	70–95	480–650
		Grades B and C	60	415	70 min	480 min	AWS A5.23[7]				
	ASTM A606[5]		45–50	310–340	65 min	450 min	F7XX-EXX-XX	58	400	70–95	480–660
	ASTM A607	Grade 45	45	310	60 min	410 min	GMAW				
		Grade 50	50	345	65 min	450 min	AWS A5.18				
		Grade 55	55	380	70 min	480 min	ER70S-X	58	400	70 min	480 min
	ASTM A618	Grades Ib, II, III	46–50	315–345	65 min	450 min					
	ASTM A633	Grade A	42	290	63–83	430–570					
		Grades C, D	50	345	70–90	485–620	FCAW				
		(2-1/2 in. and under)					AWS A5.20				
	ASTM A709	Grade 50	50	345	65 min	450 min	E7XT-X	58	400	70 min	480 min
		Grade 50W	50	345	70 min	485 min	(Except -2, -3, -10, -13, -14, -GS)				
	ASTM A710	Grade A, Class 2 > 2 in.	55	380	65 min	450 min	AWS A5.29[7]				
	ASTM A808	(2-1/2 in. and under)	42	290	60 min	415 min	E7XTX-X	58	400	70–90	490–620
	ASTM A913	Grade 50	50	345	65 min	450 min					
	API 2H[8]	Grade 42	42	290	62–80	430–550					
		Grade 50	50	345	70 min	485 min					
	API 2W	Grade 42	42–67	290–462	62 min	427 min					
		Grade 50	50–75	345–517	65 min	448 min					
		Grade 50T	50–80	345–552	70 min	483 min					
	API 2Y	Grade 42	42–67	290–462	62 min	427 min					
		Grade 50	50–75	345–517	65 min	448 min					
		Grade 50T	50–80	345–552	70 min	483 min					
	API 5L	Grade X52	52	360	66–72	455–495					
	ABS	Grades AH32, DH32, EH32	45.5	315	71–90	490–620					
		Grades AH36, DH36, EH36[5]	51	350	71–90	490–620					

(continued)

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

Table 3.1 (Continued)

Group	Steel Specification Requirements							Filler Metal Requirements				
	Steel Specification[1, 2]			Minimum Yield Point/Strength		Tensile Range		Electrode Specification[3, 6]	Minimum Yield Point/Strength		Tensile Strength Range	
				ksi	MPa	ksi	MPa		ksi	MPa	ksi	MPa
	API 2W	Grade 60		60–90	414–621	75 min	517 min	SMAW AWS A5.5[7]				
	API 2Y	Grade 60		60–90	414–621	75 min	517 min	E8015-X, E8016-X	67–80	460–550	80 min	550 min
	ASTM A572	Grade 60		60	415	75 min	515 min	E8018-X				
		Grade 65		65	450	80 min	550 min	SAW				
	ASTM A537	Class 2[5]		46–60	315–415	80–100	550–690	AWS A5.23[7]				
III	ASTM A633	Grade E[5]		55–60	380–415	75-100	515–690	F8XX-EXX-XX	68	470	80–100	550–690
	ASTM A710	Grade A, Class 2	≤ 2 in.	60–65	415–450	72 min	495 min	GMAW				
	ASTM A710	Grade A, Class 3	> 2 in.	60–65	415–450	70 min	485 min	AWS A5.28[7]				
	ASTM A913[9]	Grade 60		60	415	75 min	520 min	ER80S-X	68	470	80 min	550 min
		Grade 65		65	450	80 min	550 min	FCAW AWS A5.29[7]				
								E8XTX-X	68	470	80- 100	550–690

Notes:
1. In joints involving base metals of different groups, either of the following filler metals may be used: (1) that which matches the higher strength base metal, or (2) that which matches the lower strength base metal and produces a low-hydrogen deposit. Preheating shall be in conformance with the requirements applicable to the higher strength group.
2. Match API standard 2B (fabricated tubes) according to steel used.
3. When welds are to be stress-relieved, the deposited weld metal shall not exceed 0.05 percent vanadium.
4. Only low-hydrogen electrodes shall be used when welding A36 or A709 Grade 36 steel more than 1 in. (25.4 mm) thick for cyclically loaded structures.
5. Special welding materials and WPS (e.g., E80XX-X low-alloy electrodes) may be required to match the notch toughness of base metal (for applications involving impact loading or low temperature), or for atmospheric corrosion and weathering characteristics (see 3.7.3).
6. The designation of ER70S-1B has been reclassified as ER80S-D2 in A5.28-79. Prequalified WPSs prepared prior to 1981 and specifying AWS A5.18, ER70S-1B, may now use AWS A5.28-79 ER80S-D2 when welding steels in Groups I and II.
7. Filler metals of alloy group B3, B3L, B4, B4L, B5, B5L, B6, B6L, B7, B7L, B8, B8L, or B9 in ANSI/AWS A5.5, A5.23, A5.28, or A5.29 are not prequalified for use in the as-welded condition.
8. See Tables 2.3 and 2.5 for allowable stress requirements for matching filler metal.
9. The heat input limitations of 5.7 shall not apply to ASTM A913 Grade 60 or 65.

ضمیمه ۵

QW-430 F-NUMBERS

QW-431 General

The following F-Number grouping of electrodes and welding rods in QW-432 is based essentially on their usability characteristics, which fundamentally determine the ability of welders to make satisfactory welds with a given filler metal. This grouping is made to reduce the number of welding procedure and performance qualifications, where this can logically be done. The grouping does not imply that base metals or filler metals within a group may be indiscriminately substituted for a metal which was used in the qualification test without consideration of the compatibility of the base and filler metals from the standpoint of metallurgical properties, postweld heat treatment design and service requirements, and mechanical properties.

QW-432.1 Steel and Steel Alloys
QW-432.2 Aluminum and Aluminum-Base Alloys
QW-432.3 Copper and Copper-Base Alloys
QW-432.4 Nickel and Nickel-Base Alloys
QW-432.5 Titanium and Titanium Alloys
QW-432.6 Zirconium and Zirconium Alloys
QW-432.7 Hard-Facing Weld Metal Overlay

QW-432
F-NUMBERS
Grouping of Electrodes and Welding Rods for Qualification

A99
A00

F-No.	ASME Specification	AWS Classification
	Steel and Steel Alloys	
1	SFA-5.1	EXX20
1	SFA-5.1	EXX22
1	SFA-5.1	EXX24
1	SFA-5.1	EXX27
1	SFA-5.1	EXX28
1	SFA-5.4	EXXX(X)-25
1	SFA-5.4	EXXX(X)-26
1	SFA-5.5	EXX20-X
1	SFA-5.5	EXX27-X
2	SFA-5.1	EXX12
2	SFA-5.1	EXX13
2	SFA-5.1	EXX14
2	SFA-5.1	EXX19
2	SFA-5.5	E(X)XX13-X
3	SFA-5.1	EXX10
3	SFA-5.1	EXX11
3	SFA-5.5	E(X)XX10-X
3	SFA-5.5	E(X)XX11-X
4	SFA-5.1	EXX15
4	SFA-5.1	EXX16
4	SFA-5.1	EXX18
4	SFA-5.1	EXX18M
4	SFA-5.1	EXX48
4	SFA-5.4 other than austenitic and duplex	EXXX(X)-15
4	SFA-5.4 other than austenitic and duplex	EXXX(X)-16
4	SFA-5.4 other than austenitic and duplex	EXXX(X)-17

ضمیمه ۶

حق چاپ و نکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-432 (CONT'D)
F-NUMBERS
Grouping of Electrodes and Welding Rods for Qualification

F-No.	ASME Specification	AWS Classification
	Steel and Steel Alloys (cont'd)	
4	SFA-5.5	E(X)XX15-X
4	SFA-5.5	E(X)XX16-X
4	SFA-5.5	E(X)XX18-X
4	SFA-5.5	E(X)XX18M
4	SFA-5.5	E(X)XX16M1
5	SFA-5.4 austenitic and duplex	EXXX(X)-15
5	SFA-5.4 austenitic and duplex	EXXX(X)-16
5	SFA-5.4 austenitic and duplex	EXXX(X)-17
6	SFA-5.2	All classifications
6	SFA-5.9	All classifications
6	SFA-5.17	All classifications
6	SFA-5.18	All classifications
6	SFA-5.20	All classifications
6	SFA-5.22	All classifications
6	SFA-5.23	All classifications
6	SFA-5.25	All classifications
6	SFA-5.26	All classifications
6	SFA-5.28	All classifications
6	SFA-5.29	All classifications
6	SFA-5.30	INMs-X
6	SFA-5.30	IN5XX
6	SFA-5.30	IN3XX(X)
	Aluminum and Aluminum Alloys	
21	SFA-5.3	E1100
21	SFA-5.3	E3003
21	SFA-5.10	ER1100
21	SFA-5.10	R1100
21	SFA-5.10	ER1188
21	SFA-5.10	R1188
22	SFA-5.10	ER5183
22	SFA-5.10	R5183
22	SFA-5.10	ER5356
22	SFA-5.10	R5356
22	SFA-5.10	ER5554
22	SFA-5.10	R5554
22	SFA-5.10	ER5556
22	SFA-5.10	R5556
22	SFA-5.10	ER5654
22	SFA-5.10	R5654
23	SFA-5.3	E4043
23	SFA-5.10	ER4009
23	SFA-5.10	R4009
23	SFA-5.10	ER4010
23	SFA-5.10	R4010
23	SFA-5.10	R4011
23	SFA-5.10	ER4043
23	SFA-5.10	R4043
23	SFA-5.10	ER4047
23	SFA-5.10	R4047
23	SFA-5.10	ER4145

QW-432 (CONT'D)
F-NUMBERS
Grouping of Electrodes and Welding Rods for Qualification

F-No.	ASME Specification	AWS Classification
	Aluminum and Aluminum Alloys (cont'd)	
23	SFA-5.10	R4145
23	SFA-5.10	ER4643
23	SFA-5.10	R4643
24	SFA-5.10	R206.0
24	SFA-5.10	R-C355.0
24	SFA-5.10	R-A356.0
24	SFA-5.10	R357.0
24	SFA-5.10	R-A357.0
25	SFA-5.10	ER2319
25	SFA-5.10	R2319
	Copper and Copper Alloys	
31	SFA-5.6	ECu
31	SFA-5.7	ERCu
32	SFA-5.6	ECuSi
32	SFA-5.7	ERCuSi-A
33	SFA-5.6	ECuSn-A
33	SFA-5.6	ECuSn-C
33	SFA-5.7	ERCuSn-A
34	SFA-5.6	ECuNI
34	SFA-5.7	ERCuNI
34	SFA-5.30	IN67
35	SFA-5.8	RBCuZn-A
35	SFA-5.8	RBCuZn-B
35	SFA-5.8	RBCuZn-C
35	SFA-5.8	RBCuZn-D
36	SFA-5.6	ECuAl-A2
36	SFA-5.6	ECuAl-B
36	SFA-5.7	ERCuAl-A1
36	SFA-5.7	ERCuAl-A2
36	SFA-5.7	ERCuAl-A3
37	SFA-5.6	ECuNIAl
37	SFA-5.6	ECuMnNIAl
37	SFA-5.7	ERCuNiAl
37	SFA-5.7	ERCuMnNiAl
	Nickel and Nickel Alloys	
41	SFA-5.11	ENI-1
41	SFA-5.14	ERNI-1
41	SFA-5.30	IN61
42	SFA-5.11	ENiCu-7
42	SFA-5.14	ERNiCu-7
42	SFA-5.14	ERNiCu-8
42	SFA-5.30	IN60

ضمیمه ۶

حق چاپ و نکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

WELDING DATA

QW-432 (CONT'D)
F-NUMBERS
Grouping of Electrodes and Welding Rods for Qualification

F-No.	ASME Specification	AWS Classification
	Nickel and Nickel Alloys (cont'd)	
43	SFA-5.11	ENiCrFe-1
43	SFA-5.11	ENiCrFe-2
43	SFA-5.11	ENiCrFe-3
43	SFA-5.11	ENiCrFe-4
43	SFA-5.11	ENiCrFe-7
43	SFA-5.11	ENiCrFe-9
43	SFA-5.11	ENiCrFe-10
43	SFA-5.11	ENiCrMo-2
43	SFA-5.11	ENiCrMo-3
43	SFA-5.11	ENiCrMo-6
43	SFA-5.11	ENiCrMo-12
43	SFA-5.11	ENiCrCoMo-1
43	SFA-5.14	ERNiCr-3
43	SFA-5.14	ERNiCr-4
43	SFA-5.14	ERNiCr-6
43	SFA-5.14	ERNiCrFe-5
43	SFA-5.14	ERNiCrFe-6
43	SFA-5.14	ERNiCrFe-7
43	SFA-5.14	ERNiCrFe-8
43	SFA-5.14	ERNiCrFe-11
43	SFA-5.14	ERNiCrCoMo-1
43	SFA-5.14	ERNiCrMo-2
43	SFA-5.14	ERNiCrMo-3
43	SFA-5.30	IN6A
43	SFA-5.30	IN62
43	SFA-5.30	IN82
44	SFA-5.11	ENiMo-1
44	SFA-5.11	ENiMo-3
44	SFA-5.11	ENiMo-7
44	SFA-5.11	ENiMo-8
44	SFA-5.11	ENiMo-9
44	SFA-5.11	ENiMo-10
44	SFA-5.11	ENiCrMo-4
44	SFA-5.11	ENiCrMo-5
44	SFA-5.11	ENiCrMo-7
44	SFA-5.11	ENiCrMo-10
44	SFA-5.11	ENiCrMo-13
44	SFA-5.11	ENiCrMo-14
44	SFA-5.14	ERNiMo-1
44	SFA-5.14	ERNiMo-2
44	SFA-5.14	ERNiMo-3
44	SFA-5.14	ERNiMo-7 (B2)
44	SFA-5.14	ERNiMo-8
44	SFA-5.14	ERNiMo-9
44	SFA-5.14	ERNiMo-10
44	SFA-5.14	ERNiCrMo-4
44	SFA-5.14	ERNiCrMo-7 (Alloy C4)
44	SFA-5.14	ERNiCrMo-10
44	SFA-5.14	ERNiCrMo-13
44	SFA-5.14	ERNiCrMo-14
44	SFA-5.14	ERNiCrWMo-1
45	SFA-5.11	ENiCrMo-1
45	SFA-5.11	ENiCrMo-9

QW-432 (CONT'D)
F-NUMBERS
Grouping of Electrodes and Welding Rods for Qualification

F-No.	ASME Specification	AWS Classification
	Nickel and Nickel Alloys (cont'd)	
45	SFA-5.11	ENiCrMo-11
45	SFA-5.14	ERNiCrMo-1
45	SFA-5.14	ERNiCrMo-8
45	SFA-5.14	ERNiCrMo-9
45	SFA-5.14	ERNiCrMo-11
45	SFA-5.14	ERNiFeCr-1
	Titanium and Titanium Alloys	
51	SFA-5.16	ERTi-1
51	SFA-5.16	ERTi-2
51	SFA-5.16	ERTi-3
51	SFA-5.16	ERTi-4
52	SFA-5.16	ERTi-7
53	SFA-5.16	ERTi-9
53	SFA-5.16	ERTi-9ELI
54	SFA-5.16	ERTi-12
55	SFA-5.16	ERTi-5
55	SFA-5.16	ERTi-5ELI
55	SFA-5.16	ERTi-6
55	SFA-5.16	ERTi-6ELI
55	SFA-5.16	ERTi-15
	Zirconium and Zirconium Alloys	
61	SFA-5.24	ERZr2
61	SFA-5.24	ERZr3
61	SFA-5.24	ERZr4
	Hard-Facing Weld Metal Overlay	
71	SFA-5.13	All classifications
72	SFA-5.21	All classifications

ضمیمه ۶

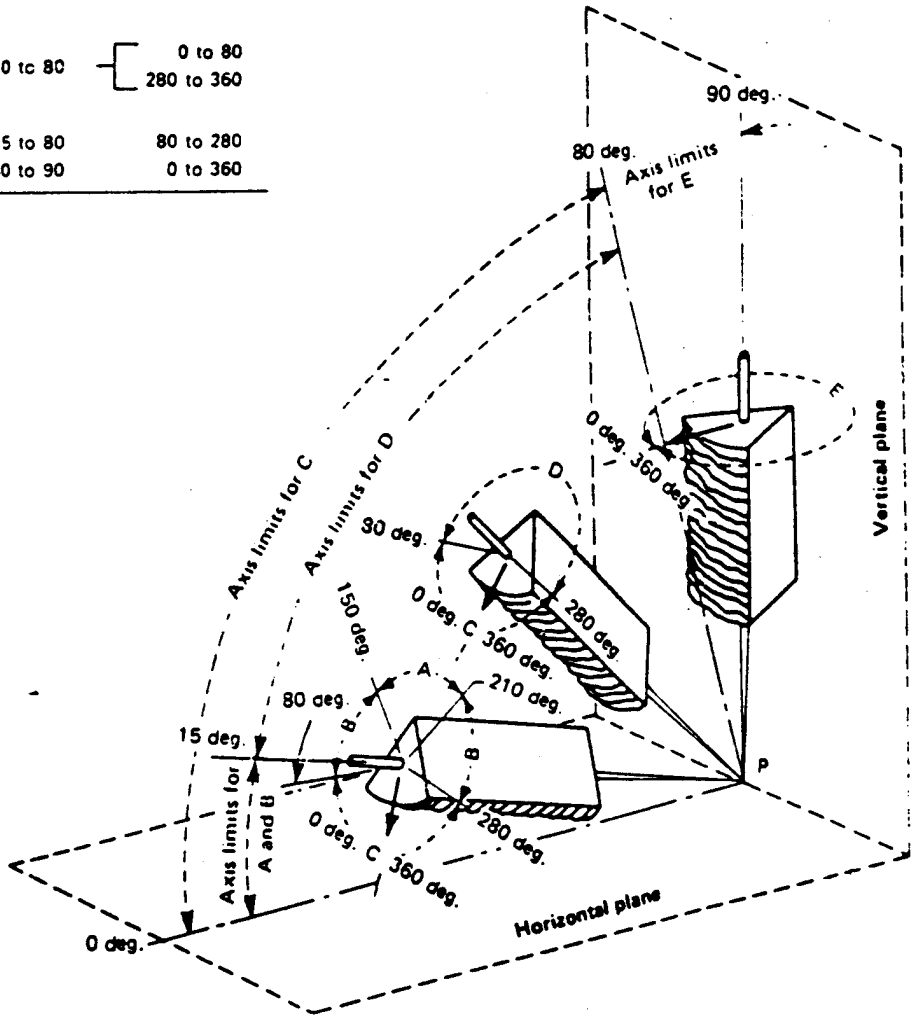
حق چاپ و نکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-460 GRAPHICS

QW-461 Positions

Tabulation of Positions of Welds

Position	Diagram Reference	Inclination of Axis, deg.	Rotation of Face, deg.
Flat	A	0 to 15	150 to 210
Horizontal	B	0 to 15	80 to 150 210 to 280
Overhead	C	0 to 80	0 to 80 280 to 360
Vertical	D	15 to 80	80 to 280
	E	80 to 90	0 to 360



GENERAL NOTE:

The horizontal reference plane is taken to lie always below the weld under consideration.

Inclination of axis is measured from the horizontal reference plane toward the vertical.

Angle of rotation of face is measured from a line perpendicular to the axis of the weld and lying in a vertical plane containing this axis. The reference position (0 deg.) of rotation of the face invariably points in the direction opposite to that in which the axis angle increases. The angle of rotation of the face of weld is measured in a clockwise direction from this reference position (0 deg.) when looking at point *P*

QW-461.1 POSITIONS OF WELDS — GROOVE WELDS

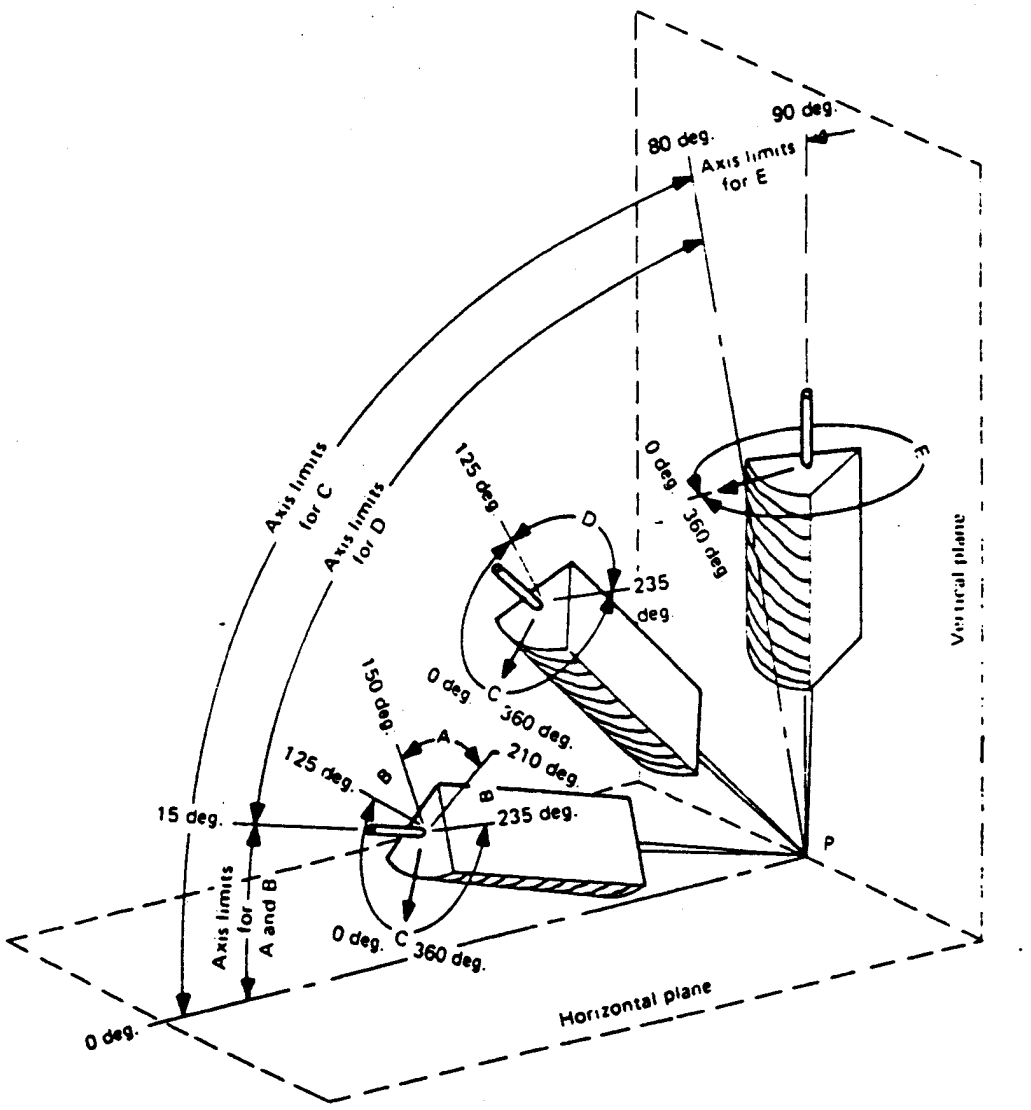
ضمیمه ۷

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

WELDING DATA

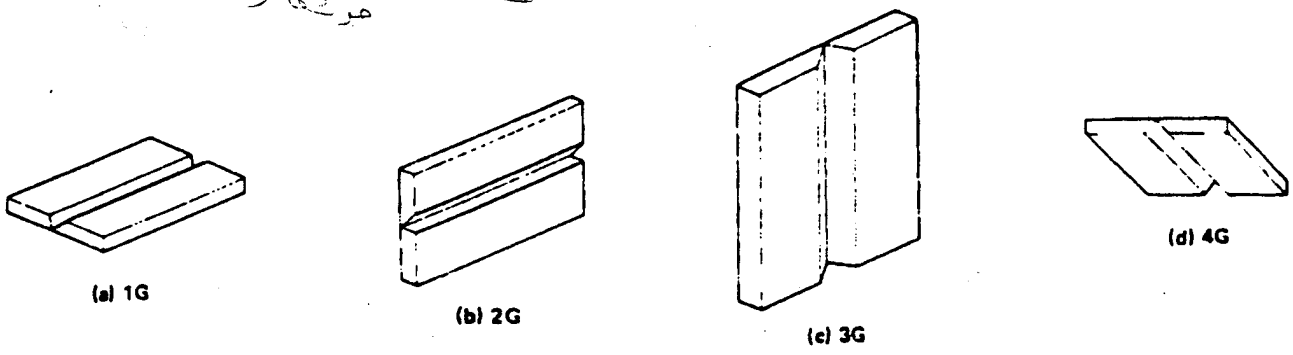
QW-461.2

Tabulation of Positions of Fillet Welds			
Position	Diagram Reference	Inclination of Axis, deg.	Rotation of Face, deg.
Flat	A	0 to 15	150 to 210
Horizontal	B	0 to 15	125 to 150 210 to 235
Overhead	C	0 to 80	0 to 25 235 to 360
Vertical	D	15 to 80	125 to 235
	E	80 to 90	0 to 360

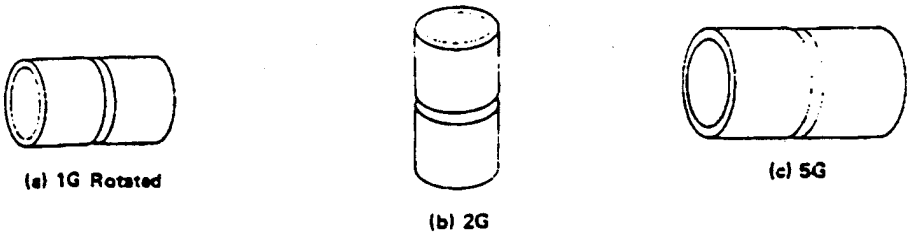


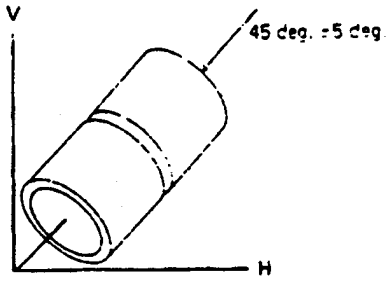
QW-461.2 POSITIONS OF WELDS — FILLET WELDS

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

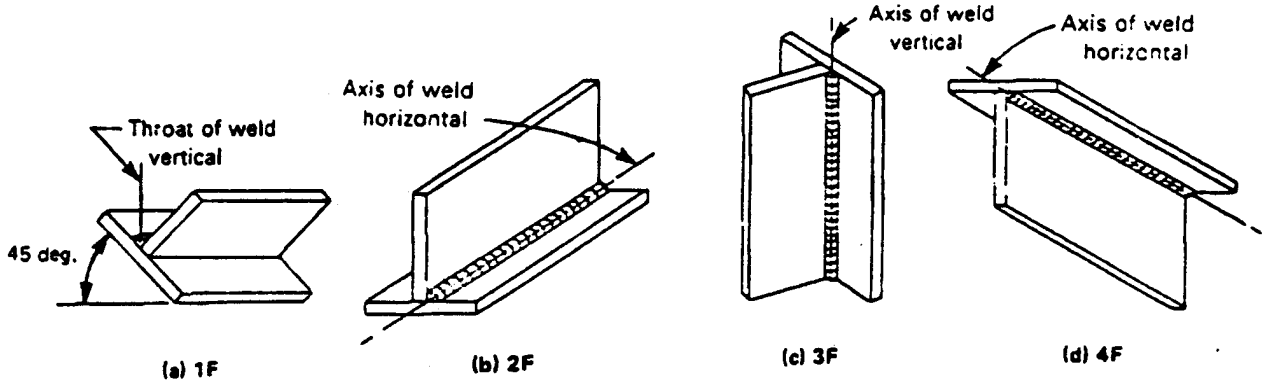


QW-461.3 GROOVE WELDS IN PLATE – TEST POSITIONS





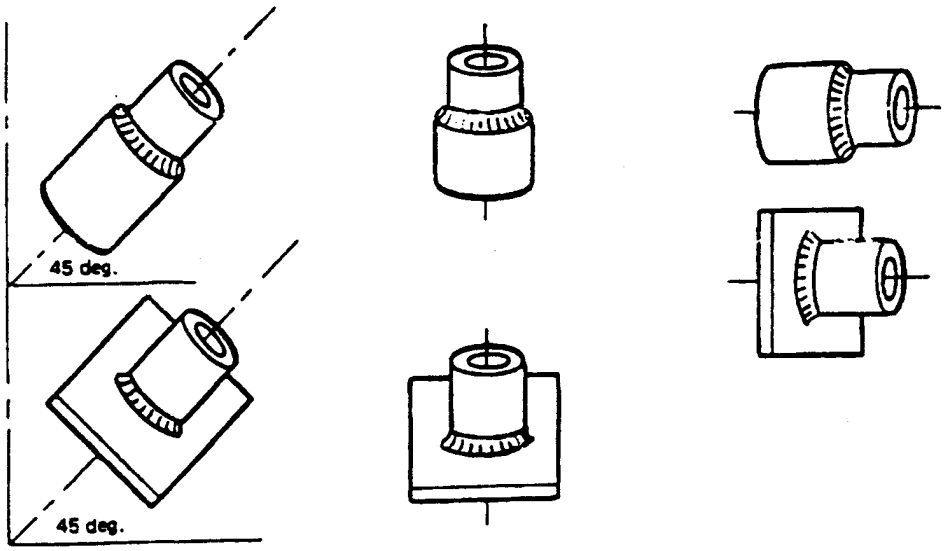
QW-461.4 GROOVE WELDS IN PIPE – TEST POSITIONS



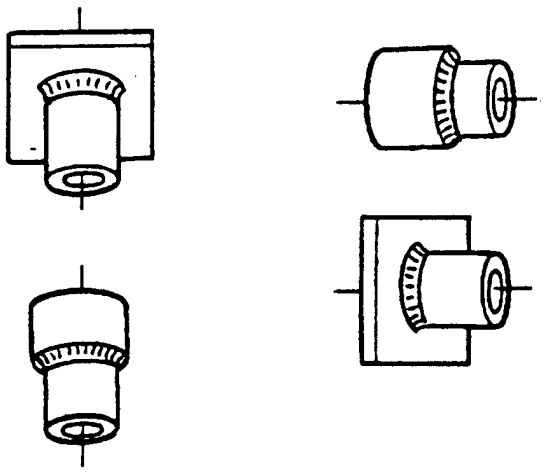
QW-461.5 FILLET WELDS IN PLATE – TEST POSITIONS

ضمیمه ۷

WELDING DATA QW-461.6



(a) 1F (Rotated) (b) 2F (c) 2FR (Rotated)



(d) 4F (e) 5F

QW-461.6 FILLET WELDS IN PIPE — TEST POSITIONS

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

STD·AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508493 560 ■

آشنایی با تست و
دستورالعمل جوشکاری
گروه مهندسین بین المللی جوش ایران
شرکت کاوش صنایع

Table 3.2
Prequalified Minimum Preheat and Interpass Temperature[3] (see 3.5)

Category	Steel Specification				Welding Process	Thickness of Thickest Part at Point of Welding		Minimum Preheat and Interpass Temperature	
						in.	mm	°F	°C
A	ASTM A36		ASTM A516		Shielded metal arc welding with other than low-hydrogen electrodes	1/8 to 3/4 incl.	3 to 19 incl.	None[1]	
	ASTM A53	Grade B	ASTM A524	Grades I & II					
	ASTM A106	Grade B	ASTM A529						
	ASTM A131	Grades A, B, CS, D, DS, E	ASTM A570	All grades		Over 3/4 thru 1-1/2 incl.	Over 19 thru 38.1 incl.	150	66
			ASTM A573	Grade 65					
	ASTM A139	Grade B	ASTM A709	Grade 36		Over 1-1/2 thru 2-1/2 incl.	Over 38.1 thru 63.5 incl.	225	107
	ASTM A381	Grade Y35	API 5L	Grade B					
	ASTM A500	Grade A		Grade X42					
		Grade B	ABS	Grades A, B, D, CS, DS					
	ASTM A501			Grade E		Over 2-1/2	Over 63.5	300	150
B	ASTM A36		ASTM A570	All grades	Shielded metal arc welding with low-hydrogen electrodes, submerged arc welding,[2] gas metal arc welding, flux cored arc welding	1/8 to 3/4 incl.	3 to 19 incl.	None[1]	
	ASTM A53	Grade B	ASTM A572	Grades 42, 50					
	ASTM A106	Grade B	ASTM A573	Grade 65					
	ASTM A131	Grades A, B, CS, D, DS, E	ASTM A588						
			ASTM A595	Grades A, B, C					
		AH 32 & 36	ASTM A606						
		DH 32 & 36	ASTM A607	Grades 45, 50, 55					
		EH 32 & 36	ASTM A618	Grades Ib, II, III					
	ASTM A139	Grade B	ASTM A633	Grades A, B					
				Grades C, D					
	ASTM A381	Grade Y35	ASTM A709	Grades 36, 50, 50W		Over 3/4 thru 1-1/2 incl.	Over 19 thru 38.1 incl.	50	10
			ASTM A710	Grade A, Class 2 (> 2 in.)					
			ASTM A808						
			ASTM A913	Grade 50					
	ASTM A441		API 5L	Grade B					
	ASTM A500	Grade A		Grade X42					
		Grade B	API Spec. 2H	Grades 42, 50					
			API 2W	Grades 42, 50, 50T		Over 1-1/2 thru 2-1/2 incl.	Over 38.1 thru 63.5 incl.	150	66
			API 2Y	Grades 42, 50, 50T					
	ASTM A501		ABS	Grades AH 32 & 36					
	ASTM A516	Grades 55 & 60		DH 32 & 36					
		65 & 70		EH 32 & 36					
	ASTM A524	Grades I & II	ABS	Grades A, B, D,					
	ASTM A529			CS, DS					
	ASTM A537	Classes 1 & 2		Grade E		Over 2-1/2	Over 63.5	225	107

(continued)

STD.AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508494 4T7 ■

Table 3.2 (Continued)

Category	Steel Specification		Welding Process	Thickness of Thickest Part at Point of Welding		Minimum Preheat and Interpass Temperature	
				in.	mm	°F	°C
C	ASTM A572	Grades 60, 65	Shielded metal arc welding with low-hydrogen electrodes, submerged arc welding,[2] gas metal arc welding, flux cored arc welding	1/8 to 3/4 incl.	3 to 19 incl.	50	10
	ASTM A633	Grade E		Over 3/4 thru 1-1/2 incl.	Over 19 thru 38.1 incl.	150	66
	API 5L	Grade X52					
	ASTM A913[4]	Grades 60, 65		Over 1-1/2 thru 2-1/2 incl.	Over 38.1 thru 63.5 incl.	225	107
	ASTM A710	Grade A, Class 2 (≤2 in.)					
	ASTM A710	Grade A, Class 3 (>2 in.)					
	API 2W	Grade 60		Over 2-1/2	Over 63.5	300	150
	API 2Y	Grade 60					
D	ASTM A710	Grade A (All classes)	SMAW, SAW, GMAW, and FCAW with electrodes or electrode-flux combinations capable of depositing weld metal with a maximum diffusible hydrogen content of 8 ml/100 g (H8), when tested according to ANSI/AWS A4.3	no preheat is required			
	ASTM A913[4]	Grades 50, 60, 65					

Notes:
1. When the base metal temperature is below 32°F (0°C), the base metal shall be preheated to at least 70°F (21°C) and this minimum temperature maintained during welding.
2. For modification of preheat requirements for submerged arc welding with parallel or multiple electrodes, see 3.5.3.
3. See 5.12.2 and 5.6 for ambient and base-metal temperature requirements.
4. The heat input limitations of 5.7 shall not apply to ASTM A913 Grade 60 or 65.

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

TABLE UCS-56
POSTWELD HEAT TREATMENT REQUIREMENTS FOR CARBON AND LOW ALLOY STEELS

Material	Normal Holding Temperature, °F, Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]		
		Up to 2 in.	Over 2 in. to 5 in.	Over 5 in.
P-No. 1 Gr. Nos. 1, 2, 3	1100	1 hr/in., 15 min minimum	2 hr plus 15 min for each additional inch over 2 in.	2 hr plus 15 min for each additional inch over 2 in.
Gr. No. 4	NA	None	None	None

NOTES:
(1) When it is impractical to postweld heat treat at the temperature specified in this Table, it is permissible to carry out the postweld heat treatment at lower temperatures for longer periods of time in accordance with Table UCS-56.1.
(2) Postweld heat treatment is mandatory under the following conditions:
(a) for welded joints over 1½ in. nominal thickness
(b) for welded joints over 1¼ in. nominal thickness through 1½ in. nominal thickness unless preheat is applied at a minimum temperature of 200°F during welding
(c) for welded joints of all thicknesses if required by UW-2, except postweld heat treatment is not mandatory under the conditions specified below:
(1) for groove welds not over ½ in. size and fillet welds with a throat not over ½ in. that attach nozzle connections that have a finished inside diameter not greater than 2 in., provided the connections do not form ligaments that require an increase in shell or head thickness, and preheat to a minimum temperature of 200°F is applied;
(2) for groove welds not over ½ in. in size or fillet welds with a throat thickness of ½ in. or less used for attaching nonpressure parts to pressure parts provided preheat to a minimum temperature of 200°F is applied when the thickness of the pressure part exceeds 1¼ in.;
(3) for studs welded to pressure parts provided preheat to a minimum temperature of 200°F is applied when the thickness of the pressure part exceeds 1¼ in.;
(4) for corrosion resistant weld metal overly cladding or for welds attaching corrosion resistant applied lining (see UCL-34) provided preheat to a minimum temperature of 200°F is maintained during application of the first layer when the thickness of the pressure part exceeds 1¼ in.

NA = not applicable

be continuous. It may be an accumulation of time of multiple postweld heat treatment cycles.

(c) When pressure parts of two different P-Number groups are joined by welding, the postweld heat treatment shall be that specified in either of Tables UCS-56 or UHA-32, with applicable notes, for the material requiring the higher postweld temperature. When nonpressure parts are welded to pressure parts, the postweld heat treatment temperature of the pressure part shall control.

(d) The operation of postweld heat treatment shall be carried out by one of the procedures given in UW-40 in accordance with the following requirements.

(1) The temperature of the furnace shall not exceed 800°F (427°C) at the time the vessel or part is placed in it.

(2) Above 800°F (427°C), the rate[3] of heating shall be not more than 400°F/hr (200°C/hr) divided by the maximum metal thickness of the shell or head plate in inches, but in no case more than 400°F/hr (222°C/hr). During the heating period there shall not be a greater variation in temperature throughout the portion of the vessel being heated than 250°F (139°C) within any 15 ft (4.6 m) interval of length.

(3) The vessel or vessel part shall be held at or above the temperature specified in Table UCS-56 or Table UCS-56.1 for the period of time specified in the Tables. During the holding period, there shall not be a greater difference than 150°F (83°C) between the highest and lowest temperature throughout the portion of the vessel being heated, except where the range is further limited in Table UCS-56.

(4) During the heating and holding periods, the furnace atmosphere shall be so controlled as to avoid excessive oxidation of the surface of the vessel. The furnace shall be of such design as to prevent direct impingement of the flame on the vessel.

[3] The rates of heating and cooling need not be less than 100°F/hr. However, in all cases consideration of closed chambers and complex structures may indicate reduced rates of heating and cooling to avoid structural damage due to excessive thermal gradients.

ضمیمه ۹

TABLE UCS-56 (CONT'D)
POSTWELD HEAT TREATMENT REQUIREMENTS FOR CARBON AND LOW ALLOY STEELS

Material	Normal Holding Temperature, °F, Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]		
		Up to 2 in.	Over 2 in. to 5 in.	Over 5 in.
P-No. 3 Gr. Nos. 1, 2, 3	1100	1 hr/in., 15 min minimum	2 hr plus 15 min for each additional inch over 2 in.	2 hr plus 15 min for each additional inch over 2 in.

NOTES:
(1) When it is impractical to postweld heat treat at the temperatures specified in this Table, it is permissible to carry out the postweld heat treatment at lower temperatures for longer periods of time in accordance with Table UCS-56.1.
(2) Postweld heat treatment is mandatory on P-No. 3 Gr. No. 3 material in all thicknesses.
(3) Except for the exemptions in Note (4), postweld heat treatment is mandatory under the following conditions:
(a) on P-No. 3 Gr. No. 1 and P-No. 3 Gr. No. 2 over 5/8 in. nominal thickness. For these materials, postweld heat treatment is mandatory on material up to and including 5/8 in. nominal thickness unless a welding procedure qualification described in UCS-56(a) has been made in equal or greater thickness than the production weld.
(b) on material in all thicknesses if required by UW-2.
(4) For welding connections and attachments to pressure parts, postweld heat treatment is not mandatory under the conditions specified below:
(a) for attaching to pressure parts which have a specified maximum carbon content of not more than 0.25% (SA material specification carbon content, except when further limited by the purchaser to a value within the specification limits) or nonpressure parts with groove welds not over 1/2 in. in size or fillet welds that have a throat thickness of 1/2 in. or less, provided preheat to a minimum temperature of 200°F is applied
(b) for circumferential butt welds in pipe or tube where the pipe or tube have both a nominal wall thickness of 1/2 in. or less and a specified maximum carbon content of not more than 0.25% (SA material specification carbon content, except when further limited by the purchaser to a value within the specification limits)
(c) for studs welded to pressure parts which have a specified maximum carbon content of not more than 0.25% (SA material specification carbon content, except when further limited by the purchaser to a value within the specification limits) provided preheat to a minimum temperature of 200°F is applied
(d) for corrosion resistant weld metal overlay cladding or for welds attaching corrosion resistant applied lining (see UCL-34) when welded to pressure parts which have a specified maximum carbon content of not more than 0.25% (SA material specification carbon content, except when further limited by the purchaser to a value within the specification limits) provided preheat to a minimum temperature of 200°F is maintained during application of the first layer.

(5) Above 800°F (427°C), cooling shall be done in a closed furnace or cooling chamber at a rate[3] not greater than 500°F/hr divided by the maximum metal thickness of the shell or head plate in inches, but in no case more than 500°F/hr (278°C). From 800°F (427°C) the vessel may be cooled in still air.

(e) Except as permitted in (f) below, vessels or parts of vessels that have been postweld heat treated in accordance with the requirements of this paragraph shall again be postweld heat treated after welded repairs have been made.

(f) Weld repairs to P-No. 1 Group Nos. 1, 2, and 3 materials and to P-No. 3 Group Nos. 1, 2, and 3 materials and to the weld metals used to join these materials may be made after the final PWHT but prior to the final hydrostatic test, without additional PWHT, provided that PWHT is not required as a service requirement in accordance with UW-2(a), except for the exemptions in Table UCS-56, or as a service requirement in accordance with UCS-68. The welded repairs shall meet the requirements of (1) through (6) below. These requirements do not apply when the welded repairs are minor restorations of the material surface, such as those required after removal of construction fixtures, and provided that the surface is not exposed to the vessel contents.

(1) The Manufacturer shall give prior notification of the repair to the user or to his designated agent and shall not proceed until acceptance has been obtained. Such repairs shall be recorded on the Data Report.

(2) The total repair depth shall not exceed 1 1/2 in. (38 mm) for P-No. 1 Group Nos. 1, 2, and 3 materials and 5/8 in. (16 mm) for P-No. 3 Group Nos. 1, 2, and 3 materials. The total depth of a weld repair shall be taken as the sum of the depths for repairs made from both sides of a weld at a given location.

(3) After removal of the defect, the groove shall be examined, using either the magnetic particle or the

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

TABLE UCS-56 (CONT'D)
POSTWELD HEAT TREATMENT REQUIREMENTS FOR CARBON AND LOW ALLOY STEELS

Material	Normal Holding Temperature, °F, Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]		
		Up to 2 in.	Over 2 in. to 5 in.	Over 5 in.
P-No. 4 Gr. Nos. 1, 2	1100	1 hr/in., 15 min minimum	1 hr/in.	5 hr plus 15 min for each additional inch over 5 in.

NOTES:
(1) Except for exemptions in Note (2), postweld heat treatment is mandatory under the following conditions:
  (a) on material of SA-202 Grades A and B over $\frac{5}{8}$ in. nominal thickness. For these materials postweld heat treatment is mandatory up to and including $\frac{5}{8}$ in. nominal thickness unless a welding procedure qualification described in UCS-56(a) has been made in equal or greater thickness than the production weld.
  (b) on material of all thicknesses if required by UW-2
  (c) on all other P-No. 4 Gr. Nos. 1 and 2 materials.
(2) Postweld heat treatment is not mandatory under the conditions specified below:
  (a) for circumferential butt welds in pipe or tube of P-No. 4 materials where the pipe or tubes comply with all of the following conditions:
    (1) a maximum nominal outside diameter of 4 in.;
    (2) a maximum nominal thickness of $\frac{5}{8}$ in.;
    (3) a maximum specified carbon content of not more than 0.15% (SA material specification carbon content, except when further limited by the purchaser to a value within the specification limits);
    (4) a minimum preheat of 250°F.
  (b) for P-No. 4 pipe or tube materials meeting the requirements of (2)(a)(1), (2)(a)(2), and (2)(a)(3) above, having nonpressure attachments fillet welded to them provided:
    (1) the fillet welds have a maximum throat thickness of $\frac{1}{2}$ in.;
    (2) a minimum preheat temperature of 250°F is applied.
  (c) for P-No. 4 pipe or tube materials meeting the requirements of (2)(a)(1), (2)(a)(2), and (2)(a)(3) above, having studies welded to them, a minimum preheat temperature of 250°F is applied.

Material	Normal Holding Temperature, °F, Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]		
		Up to 2 in.	Over 2 in. to 5 in.	Over 5 in.
P-Nos. 5A, 5B Gr. No. 1, and 5C Gr. No. 1	1250	1 hr/in., 15 min minimum	1 hr/in.	5 hr plus 15 min for each additional inch over 5 in.
P-No. 5B Gr. No. 2	1300			

NOTES:
(1) Except for exemptions in Note (2), postweld heat treatment is mandatory under all conditions.
(2) Postweld heat treatment is not mandatory under the following conditions:
  (a) for circumferential butt welds in pipe or tube where the pipe or tubes comply with all of the following conditions:
    (1) a maximum specified chromium content of 3.00%;
    (2) a maximum nominal outside diameter of 4 in.;
    (3) a maximum nominal thickness of $\frac{5}{8}$ in.;
    (4) a maximum specified carbon content of not more than 0.15% (SA material specification carbon content, except when further limited by the purchaser to a value within the specification limits);
    (5) a minimum preheat of 300°F is applied.
  (b) for pipe or tube materials meeting the requirements of (2)(a)(1), (2)(a)(2), (2)(a)(3), and (2)(a)(4) having nonpressure attachments fillet welded to them provided:
    (1) the fillet welds have a maximum throat thickness of $\frac{1}{2}$ in.;
    (2) a minimum preheat temperature of 300°F is applied.
  (c) for pipe or tube materials meeting the requirements of (2)(a)(1), (2)(a)(2), (2)(a)(3), and (2)(a)(4) having studs welded to them provided a minimum preheat temperature of 300°F is applied.
(3) When it is impractical to postweld heat P-Nos. 5A, 5B Gr. No. 1, and 5C Gr. No. 1 materials at the temperature specified in this Table, it is permissible to perform the postweld heat treatment at 1200°F minimum provided that, for material up to 2 in. nominal thickness, the holding time is increased to the greater of 4 hr minimum or 4 hr/in. of thickness; for thickness over 2 in., the specified holding times are multiplied by 4. The requirements of UCS-85 must be accommodated in this reduction in postweld heat treatment.

ضمیمه ۹

TABLE UHA-32
POSTWELD HEAT TREATMENT REQUIREMENTS FOR HIGH ALLOY STEELS

Material	Normal Holding Temperature, °F, Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UHA-32(d)]		
		Up to 2 in.	Over 2 in. to 5 in.	Over 5 in.
P-No. 6 Gr. Nos. 1, 2, 3	1250	1 hr/in., 15 min minimum	2 hr plus 15 min for each additional inch over 2 in.	2 hr plus 15 min for each additional inch over 2 in.

NOTES:
(1) Postweld heat treatment is not required for vessels constructed of Type 410 material for SA-182 Grade F6a, SA-240, SA-268, and SA-479 with carbon content not to exceed 0.08% and welded with electrodes that produce an austenitic chromium–nickel weld deposit or a non-air-hardening nickel–chromium–iron weld deposit, provided the plate thickness at the welded joint does not exceed $\frac{3}{8}$ in., and for thicknesses over $\frac{3}{8}$ in. to $1\frac{1}{2}$ in. provided a preheat of 450°F is maintained during welding and that the joints are completely radiographed.
(2) Postweld heat treatment shall be performed as prescribed in UW-40 and UCS-56(e).

Material	Normal Holding Temperature, °F, Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UHA-32(d)]		
		Up to 2 in.	Over 2 in. to 5 in.	Over 5 in.
P-No. 7 Gr. Nos. 1, 2	1350	1 hr/in., 15 min minimum	2 hr plus 15 min for each additional inch over 2 in.	2 hr plus 15 min for each additional inch over 2 in.

NOTES:
(1) Postweld heat treatment is not required for vessels constructed of Type 405 or Type 410S materials for SA-240 and SA-268 with carbon content not to exceed 0.08%, welded with electrodes that produce an austenitic–chromium–nickel weld deposit or a non-air-hardening nickel–chromium–iron weld deposit, provided the plate thickness at the welded joint does not exceed $\frac{3}{8}$ in. and for thicknesses over $\frac{3}{8}$ in. to $1\frac{1}{2}$ in. provided a preheat of 450°F is maintained during welding and that the joints are completely radiographed.
(2) Postweld heat treatment shall be performed as prescribed in UW-40 and UCS-56(e) except that the cooling rate shall be a maximum of 100°F/hr in the range above 1200°F after which the cooling rate shall be sufficiently rapid to prevent embrittlement.
(3) Postweld heat treatment is not required for vessels constructed of Grade TP XM-8 material for SA-268 and SA-479 or of Grade TP 18Cr–2Mo for SA-240 and SA-268.

Material	Normal Holding Temperature, °F, Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UHA-32(d)]		
		Up to 2 in.	Over 2 in. to 5 in.	Over 5 in.
P-No. 8 Gr. Nos. 1, 2, 3, 4	...	...	...	...

NOTE:
(1) Postweld heat treatment is neither required nor prohibited for joints between austenitic stainless steels of the P-No. 8 group. See nonmandatory Appendix HA, UHA-100 to UHA-108, inclusive.

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

Table UHA-32 1998 SECTION VIII — DIVISION 1

TABLE UHA-32 (CONT'D)
POSTWELD HEAT TREATMENT REQUIREMENTS FOR HIGH ALLOY STEELS

Material	Normal Holding Temperature, °F, Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UHA-32(d)]		
		Up to 2 in.	Over 2 in. to 5 in.	Over 5 in.
P-No 10E Gr. No. 1	1250	1 hr/in., 15 min minimum	1 hr/in.	1 hr/in.

NOTES:
(1) For SA-268 Grade TP446 material only, postweld heat treatment shall be performed as prescribed in UW-40 and UCS-56(d) except that the cooling rate shall be a maximum of 100°F/hr in the range above 1200°F after which the cooling rate shall be sufficiently rapid to prevent embrittlement.

Material	Normal Holding Temperature, °F, Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UHA-32(d)]		
		Up to 2 in.	Over 2 in. to 5 in.	Over 5 in.
P-No. 10G Gr. No. 1	...	...	...	...

NOTE:
(1) Postweld heat treatment is neither required nor prohibited.

Material	Normal Holding Temperature, °F, Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UHA-32(d)]		
		Up to 2 in.	Over 2 in. to 5 in.	Over 5 in.
P-No. 10H Gr. No. 1	...	...	...	...

NOTE:
(1) For the austenitic-ferritic wrought or cast duplex stainless steels listed below, postweld heat treatment is neither required nor prohibited, but any heat treatment applied shall be performed as listed below and followed by liquid quenching or rapid cooling by other means:

Alloy	Postweld Heat Treatment Temperature, °F
S32550	1900–2050
S31260 and S31803	1870–2010
S32900 (0.08 max. C)	1725–1750
S31200	1900–2000
S31500	1785–1875
S32304	1740–1920
J93345	2050 minimum
S32750	1800–2060
S32950	1825–1875

ضمیمه۹

GAS TUNGSTEN ARC WELDING

Table 3.4
Recommended Types of Current, Tungsten Electrodes and Shielding Gases for Welding Different Metals

Type of Metal	Thickness	Type of Current	Electrode*	Shielding Gas
Aluminum	All	Alternating current	Pure or zirconium	Argon or argon-helium
	over 1/8 in.	DCEN	Thoriated	Argon-helium or argon
	under 1/8 in.	DCEP	Thoriated or zirconium	Argon
Copper, copper alloys	All	DCEN	Thoriated	Helium
	under 1/8 in.	Alternating current	Pure or zirconium	Argon
Magnesium alloys	All	Alternating current	Pure or zirconium	Argon
	under 1/8 in.	DCEP	Zirconium or thoriated	Argon
Nickel, nickel alloys	All	DCEN	Thoriated	Argon
Plain carbon, low-alloy steels	All	DCEN	Thoriated	Argon or argon-helium
	under 1/8 in.	Alternating current	Pure or zirconium	Argon
Stainless steel	All	DCEN	Thoriated	Argon or argon-helium
	under 1/8 in.	Alternating current	Pure or zirconium	Argon
Titanium	All	DCEN	Thoriated	Argon

* Where thoriated electrodes are recommended, ceriated or lanthanated electrodes may also be used.

ضمیمه ۱۰

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

MIG & MAG GAS METAL ARC WELDING

Table 4.8
Typical Conditions for Gas Metal Arc Welding of Carbon and Low Alloy Steel in the Flat Position

Material Thickness			Wire Diameter		Current Voltage[1]		Wire Feed Speed			Gas Flow	
in.	mm	Type of Weld	in.	mm	amps	volts	IPM	mm/s	Shielding Gas[2]	CFH	LPM
.062	1.6	Butt[3]	.035	0.9	95	18	150	64	Ar 75%, CO_2 -25%	25	12
.125	3.2	Butt[3]	.035	0.9	140	20	250	108	Ar 75%, CO_2 25%	25	12
.187	4.7	Butt[3]	.035	0.9	150	20	265	112	Ar 75%, CO_2 25%	25	12
.250	6.4	Butt[3]	.035	0.9	150	21	265	112	Ar 75%, CO_2 25%	25	12
.250	6.4	Butt[4]	.045	1.1	200	22	250	106	Ar 75%, CO_2 -25%	25	12

1. Direct current electrode positive.
2. Welding grade CO_2 may also be used.
3. Root opening of .03 in. (0.8 mm).
4. Root opening of .062 in. (1.6 mm).

Table 4.9
Typical Conditions for Gas Metal Arc Welding of Aluminum in the Flat Position

Material Thickness			Wire Diameter		Current Voltage*		Wire Feed Speed		Shielding	Gas Flow	
in.	mm	Type of Weld	in.	mm	amps	volts	IPM	mm/s	Gas	CFH	LPM
.062	1.6	Butt	.030	0.8	90	18	365	155	Argon	30	14
.125	3.2	Butt	.030	0.8	125	20	440	186	Argon	30	14
.187	4.8	Butt	.045	1.1	160	23	275	116	Argon	35	16
.250	6.4	Butt	.045	1.1	205	24	335	142	Argon	35	16
.375	9.5	Butt	.063	1.6	240	28	215	91	Argon	40	19

* Direct current electrode positive.

Table 4.10
Typical Conditions for Gas Metal Arc Welding of Austenitic Stainless Steel Using a Spray Arc in the Flat Position

Material Thickness			Wire Diameter		Current Voltage[1]		Wire Feed Speed			Gas Flow	
in.	mm	Type of Weld	in.	mm	amps	volts	IPM	mm/s	Shielding Gas	CFH	LPM
.125	3.2	Butt Joint with Backing	.062	1.6	225	24	130	55	Ar 98%, O_2 2%	30	14
.250(1)	6.4	V-Butt Joint 60° Inc. Angle	.062	1.6	275	28	175	74	Ar 98%, O_2 2%	35	16
.375(1)	9.5	V-Butt Joint 60° Inc. Angle	.062	1.6	300	28	240	102	Ar 98%, O_2 2%	35	16

1. Direct current electrode positive.
2. Two passes required.

ضمیمه ۱۰

حق چاپ و تکثیر محفوظ و منحصر به شرکت کاوش همایش می باشد

Table 4.11
Typical Conditions for Gas Metal Arc Welding of Austenitic Stainless Steel Using a Short Circuiting Arc

Material Thickness			Wire Diameter		Current Voltage*		Wire Feed Speed			Gas Flow	
in.	mm	Type of Weld	in.	mm	amps	volts	IPM	mm/s	Shielding Gas	CFH	LPM
.062	1.6	Butt Joint	.030	0.8	85	21	185	78	He 90%, Ar 7.5% CO_2 2.5%	30	14
.093	2.4	Butt Joint	.030	0.8	105	23	230	97	He 90%, Ar 7.5% CO_2 2.5%	30	14
.125	3.2	Butt Joint	.030	0.8	125	24	280	118	He 90%, Ar 7.5% CO_2 2.5%	30	14

* Direct current electrode positive.

Table 4.12
Typical Conditions for Gas Metal Arc Welding of Copper Alloys in the Flat Position

Material Thickness			Wire Diameter		Current Voltage*		Wire Feed Speed			Gas Flow	
in.	mm	Type of Weld	in.	mm	amps	volts	IPM	mm/s	Shielding Gas	CFH	LPM
.125	3.2	Butt	.035		175	23	430	182	Argon	25	12
.187	4.8	Butt	.045		210	25	240	101	Argon	30	14
.250	6.4	Butt, Spaced	.062		365	28	240	101	Argon	35	16

* Direct current electrode positive.

Table 4.13
Typical Variable Settings for Gas Metal Arc Welding of Magnesium

Material Thickness			Wire Diameter		Current Voltage*		Wire Feed Speed		Argon Flow	
in.	mm	Type of Weld	in.	mm	amps	volts	IPM	mm/s	CFH	LPM
.062	1.6	Square Groove or Fillet	.062	1.6	70	16	160	68	50	24
.090	2.3	Square Groove or Fillet	.062	1.6	105	17	245	104	50	24
.125	3.2	Square Groove or Fillet	.062	1.6	125	18	290	123	50	24
.250	6.4	Square Groove or Fillet	.062	1.6	285	25	600	254	60	28
.375	9.5	Square Groove or Fillet	.094	2.4	335	28	370	157	60	28

* Direct current electrode positive.

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

PROCEDURE QUALIFICATIONS QW-253

A90

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

Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-402 Joints	.1	ϕ Groove design			X
	.4	− Backing			X
	.10	ϕ Root spacing			X
	.11	± Retainers			X
QW-403 Base Metals	.5	ϕ Group Number		X	
	.6	*T* Limits impact		X	
	.7	*T*/*t* Limits > 8 in.	X		
	.8	ϕ *T* Qualified	X		
	.9	*t* Pass > ½ in.	X		
	.11	ϕ P-No. qualified	X		
	.13	ϕ P-No. 5/9/10	X		
QW-404 Filler Metals	.4	ϕ F-Number	X		
	.5	ϕ A-Number	X		
	.6	ϕ Diameter			X
	.7	ϕ Diam. > ¼ in.		X	
	.12	ϕ AWS class.		X	
	.30	ϕ *t*	X		
	.33	ϕ AWS class.			X
QW-405 Positions	.1	+ Position			X
	.2	ϕ Position		X	
	.3	ϕ ↑↓ Vertical welding			X
QW-406 Preheat	.1	Decrease > 100°F	X		
	.2	ϕ Preheat maint.			X
	.3	Increase > 100°F (IP)		X	
QW-407 PWHT	.1	ϕ PWHT	X		
	.2	ϕ PWHT (T & T range)		X	
	.4	*T* Limits	X		
QW-409 Electrical Characteristics	.1	> Heat input		X	
	.4	ϕ Current or polarity		X	X
	.8	ϕ I & E range			X
QW-410 Technique	.1	ϕ String/weave			X
	.5	ϕ Method cleaning			X
	.6	ϕ Method back gouge			X
	.25	ϕ Manual or automatic			X
	.26	± Peening			X

Legend:
+ Addition | > Increase/greater than | ↑ Uphill | ← Forehand | ϕ Change
− Deletion | < Decrease/less than | ↓ Downhill | → Backhand

ضمیمه ۱۱

QW-253.1

1998 SECTION IX

QW-253.1

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

Paragraph		Special Process Essential Variables	
		Hardfacing Overlay (QW-216)	Corrosion-Resistant Overlay (QW-214)
QW-402 Joints	.16	< Finished *t*	< Finished *t*
QW-403 Base Metals	.20	ϕ P-Number	ϕ P-Number
	.23	ϕ *T* Qualified	ϕ *T* Qualified
QW-404 Filler Metals	.12	ϕ AWS class.	
	.37		ϕ A-Number
	.38	ϕ Dia. (1st layer)	ϕ Dia. (1st layer)
QW-405 Positions	.4	+ Position	+ Position
QW-406 Preheat	.4	Dec. > 100°F preheat > Interpass	Dec. > 100°F preheat > Interpass
QW-407 PWHT	.6	ϕ PWHT	ϕ PWHT
QW-409 Electrical Characteristics	.4	ϕ Current or polarity	ϕ Current or polarity
	.22	Inc. > 10% 1st layer	Inc. > 10% 1st layer
QW-410 Technique	.38	ϕ Multi- to single-layer	ϕ Multi- to single-layer

Legend:
+ Addition
- Deletion
> Increase/greater than
< Decrease/less than
↑ Uphill
↓ Downhill
← Forehand
→ Backhand
ϕ Change

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

PROCEDURE QUALIFICATIONS QW-254

QW-254
WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
Submerged-Arc Welding (SAW)

Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-402 Joints	.1	ϕ Groove design			X
	4	– Backing			X
	.10	ϕ Root spacing			X
	.11	= Retainers			X
QW-403 Base Metals	.5	ϕ Group Number		X	
	.6	*T* Limits		X	
	.7	*T*/*t* Limits > 8 in.	X		
	.8	ϕ *T* Qualified	X		
	.9	*t* Pass > ½ in.	X		
	.11	ϕ P-No. qualified	X		
	.13	ϕ P-No. 5/9/10	X		
QW-404 Filler Metals	.4	ϕ F-Number	X		
	.5	ϕ A-Number	X		
	.6	ϕ Diameter			X
	.9	ϕ Flux/wire class.	X		
	.10	ϕ Alloy flux	X		
	.24	= Supplemental ϕ	X		
	.27	ϕ Alloy elements	X		
	.29	ϕ Flux designation			X
	.30	ϕ :	X		
	.33	ϕ AWS class.			X
	.34	ϕ Flux type	X		
	.35	ϕ Flux/wire class.		X	X
	.36	Recrushed slag	X		
QW-405 Positions	.1	+ Position			X
QW-406 Preheat	.1	Decrease > 100°F	X		
	.2	ϕ Preheat maint.			X
	.3	Increase > 100°F (IP)		X	
QW-407 PWHT	.1	ϕ PWHT	X		
	.2	ϕ PWHT (T & T range)		X	
	.4	*T* Limits	X		
QW-409 Electrical Characteristics	.1	> Heat input		X	
	.4	ϕ Current or polarity		X	X
	.8	ϕ I & E range			X

ضمیمه ۱۱

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-254 (CONT'D)
WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
Submerged-Arc Welding (SAW)

Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-410 Technique	.1	ϕ String/weave			X
	.5	ϕ Method cleaning			X
	.6	ϕ Method back gouge			X
	.7	ϕ Oscillation			X
	.8	ϕ Tube-work distance			X
	.9	ϕ Muiti to single pass/side		X	X
	.10	ϕ Single to multi electrodes		X	X
	.15	ϕ Electrode spacing			X
	.25	ϕ Manual or automatic			X
	.26	± Peening			X

Legend:
+ Addition > Increase/greater than ↑ Uphill ← Forehand ϕ Change
- Deletion < Decrease/less than ↓ Downhill → Backhand

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

PROCEDURE QUALIFICATIONS QW-254.1

QW-254.1
WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
Submerged-Arc Welding (SAW)

Paragraph		Special Process Essential Variables	
		Hardfacing Overlay (QW-216)	Corrosion-Resistant Overlay (QW-214)
QW-402 Joints	.16	< Finished t	< Finished t
QW-403 Base Metals	.20	ϕ P-Number	ϕ P-Number
	.23	ϕ T Qualified	ϕ T Qualified
QW-404 Filler Metals	.12	ϕ AWS class.	
	.24	± Supplemental ϕ	± Supplemental ϕ
	.27	ϕ Alloy elements	
	.37		ϕ A-Number
	.39	ϕ Nom. flux comp.	ϕ Nom. flux comp.
QW-405 Positions	.4	+ Position	+ Position
QW-406 Preheat	.4	Dec. > 100°F preheat > Interpass	Dec. > 100°F preheat > Interpass
QW-407 PWHT	.6	ϕ PWHT	ϕ PWHT
QW-409 Electrical Characteristics	.4	ϕ Current or polarity	ϕ Current or polarity
	.26	> Heat input more than 10%	> Heat input more than 10%
QW-410 Technique	.38	ϕ Multi- to single-layer	ϕ Multi- to single-layer
	.40		- Sup. device
	.50	ϕ No. of elec.	ϕ No. of elec.
	.51	± Oscillation	± Oscillation

Legend:
+ Addition > Increase/greater than ↑ Uphill ← Forehand ϕ Change
- Deletion < Decrease/less than ↓ Downhill → Backhand

ضمیمه ۱۱

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-255

1998 SECTION IX

QW-255
WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
Gas Metal-Arc Welding (GMAW and FCAW)

Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-402 Joints	.1	ϕ Groove design			X
	.4	– Backing			X
	.10	ϕ Root spacing			X
	.11	= Retainers			X
QW-403 Base Metals	.5	ϕ Group Number		X	
	.6	*T* Limits		X	
	.7	*T*/*t* Limits > 8 in.	X		
	.8	ϕ *T* Qualified	X		
	.9	*t* Pass > ½ in.	X		
	.10	*T* Limits (S. Cir. Arc)	X		
	.11	ϕ P-No. qualified	X		
	.13	ϕ P-No. 5/9/10	X		
QW-404 Filler Metals	.4	ϕ F-Number	X		
	.5	ϕ A-Number	X		
	.6	ϕ Diameter			X
	.12	ϕ AWS class.		X	
	.23	ϕ Filler metal product form	X		
	.24	= ϕ Supplemental	X		
	.27	ϕ Alloy elements	X		
	.30	ϕ *t*	X		
	.32	*t* Limit (S. Cir. Arc)	X		
	.33	ϕ AWS Class.			X
QW-405 Positions	.1	+ Position			X
	.2	ϕ Position		X	
	.3	ϕ ↑↓ Vertical welding			X
QW-406 Preheat	.1	Decrease > 100°F	X		
	.2	ϕ Preheat maint.			X
	.3	Increase > 100°F (IP)		X	
QW-407 PWHT	.1	ϕ PWHT	X		
	.2	ϕ PWHT (T & T range)		X	
	.4	*T* Limits	X		

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

PROCEDURE QUALIFICATIONS

QW-255

M I C - M A C

A99

QW-255 (CONT'D)
WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
Gas Metal-Arc Welding (GMAW and FCAW)

Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-408 Gas	.1	± Trail or ϕ comp.			X
	.2	ϕ Single, mixture, or %	X		
	.3	ϕ Flow rate			X
	.5	± or ϕ Backing flow			X
	.9	- Backing or ϕ comp.	X		
	.10	ϕ Shielding or trailing	X		
QW-409 Electrical Characteristics	.1	> Heat input		X	
	.2	ϕ Transfer mode	X		
	.4	ϕ Current or polarity		X	X
	.8	ϕ I & E range			X
QW-410 Technique	.1	ϕ String/weave			X
	.3	ϕ Orifice, cup, or nozzle size			X
	.5	ϕ Method cleaning			X
	.6	ϕ Method back gouge			X
	.7	ϕ Oscillation			X
	.8	ϕ Tube-work distance			X
	.9	ϕ Multi to single pass/side		X	X
	.10	ϕ Single to multi electrodes		X	X
	.15	ϕ Electrode spacing			X
	.25	ϕ Manual or automatic			X
	.26	± Peening			X

Legend:
+ Addition > Increase/greater than ↑ Uphill ← Forehand ϕ Change
- Deletion < Decrease/less than ↓ Downhill → Backhand

ضمیمه ۱۱

QW-255.1
WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
Gas Metal-Arc Welding (GMAW and FCAW)

Paragraph		Special Process Essential Variables	
		Hardfacing Overlay (QW-216)	Corrosion-Resistant Overlay (QW-214)
QW-402 Joints	.16	< Finished t	< Finished t
QW-403 Base Metals	.20	ϕ P-Number	ϕ P-Number
	.23	ϕ T Qualified	ϕ T Qualified
QW-404 Filler Metals	.12	ϕ AWS class.	
	.23	ϕ Filler metal product form	ϕ Filler metal product form
	.24	± Supplemental ϕ	± Supplemental ϕ
	.27	ϕ Alloy elements	
	.37		ϕ A-Number
QW-405 Positions	.4	+ Position	+ Position
QW-406 Preheat	.4	Dec. > 100°F preheat > Interpass	Dec. > 100°F preheat > Interpass
QW-407 PWHT	.6	ϕ PWHT	ϕ PWHT
QW-408 Gas	.15	ϕ Type or flow rate	ϕ Type or flow rate
QW-409 Electrical Characteristics	.4	ϕ Current or polarity	ϕ Current or polarity
	.26	> Heat input more than 10%	> Heat input more than 10%
QW-410 Technique	.38	ϕ Multi- to single-layer	ϕ Multi- to single-layer
	.50	ϕ No. of electrodes	ϕ No. of electrodes
	.51	± Oscillation	± Oscillation

Legend:
+ Addition > Increase/greater than ↑ Uphill ← Forehand ϕ Change
− Deletion < Decrease/less than ↓ Downhill → Backhand

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

PROCEDURE QUALIFICATIONS QW-256

QW-256
WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)

Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-402 Joints	.1	ϕ Groove design			X
	.5	+ Backing			X
	.10	ϕ Root spacing			X
	.11	± Retainers			X
QW-403 Base Metals	.5	ϕ Group Number		X	
	.6	*T* Limits		X	
	.7	*T*/*t* Limits > 8 in.	X		
	.8	ϕ *T* Qualified	X		
	.11	ϕ P-No. qualified	X		
	.13	ϕ P-No. 5/9/10	X		
QW-404 Filler Metals	.3	ϕ Size			X
	.4	ϕ F-Number	X		
	.5	ϕ A-Number	X		
	.12	ϕ AWS class.		X	
	.14	± Filler	X		
	.22	± Consum. insert			X
	.23	ϕ Filler metal product form	X		
	.30	ϕ *t*	X		
	.33	ϕ AWS class.			X
QW-405 Positions	.1	+ Position			X
	.2	ϕ Position		X	
	.3	ϕ ↑↓ Vertical welding			X
QW-406 Preheat	.1	Decrease > 100°F	X		
	.3	Increase > 100°F (IP)		X	
QW-407 PWHT	.1	ϕ PWHT	X		
	.2	ϕ PWHT (T & T range)		X	
	.4	*T* Limits	X		
QW-408 Gas	.1	± Trail or ϕ comp.			X
	.2	ϕ Single, mixture, or %	X		
	.3	ϕ Flow rate			X
	.5	± or ϕ Backing flow			X
	.9	− Backing or ϕ comp.	X		
	.10	ϕ Shielding or trailing	X		

ضمیمه ۱۱

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-256

1998 SECTION IX

QW-256 (CONT'D)
WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)

Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-409 Electrical Characteristics	.1	> Heat input		X	
	.3	± Pulsing I			X
	.4	ϕ Current or polarity		X	X
	.8	ϕ I & E range			X
	.12	ϕ Tungsten electrode			X
QW-410 Technique	.1	ϕ String/weave			X
	.3	ϕ Orifice, cup, or nozzle size			X
	.5	ϕ Method cleaning			X
	.6	ϕ Method back gouge			X
	.7	ϕ Oscillation			X
	.9	ϕ Multi to single pass/ side		X	X
	.10	ϕ Single to multi electrodes		X	X
	.11	ϕ Closed to out chamber	X		
	.15	ϕ Electrode spacing			X
	.25	ϕ Manual or automatic			X
	.26	± Peening			X

Legend:
+ Addition > Increase/greater than ↑ Uphill ← Forehand ϕ Change
- Deletion < Decrease/less than ↓ Downhill → Backhand

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

PROCEDURE QUALIFICATIONS

QW-256.1

QW-256.1
WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)

Paragraph		Special Process Essential Variables: Hardfacing Overlay (QW-216)	Special Process Essential Variables: Corrosion-Resistant Overlay (QW-214)
QW-402 Joints	.16	< Finished t	< Finished t
QW-403 Base Metals	.20	ϕ P-Number	ϕ P-Number
	.23	ϕ T Qualified	ϕ T Qualified
QW-404 Filler Metals	.12	ϕ AWS class.	
	.14	= Filler	= Filler
	.23	ϕ Filler metal product form	ϕ Filler metal product form
	.37		ϕ A-Number
QW-405 Positions	.4	+ Position	+ Position
QW-406 Preheat	.4	Dec. > 100°F preheat > Interpass	Dec. > 100°F preheat > Interpass
QW-407 PWHT	.6	ϕ PWHT	ϕ PWHT
QW-408 Gas	.15	ϕ Type or flow rate	ϕ Type or flow rate
QW-409 Electrical Characteristics	.4	ϕ Current or polarity	ϕ Current or polarity
	.26	> Heat input more than 10%	> Heat input more than 10%
QW-410 Technique	.38	ϕ Multi- to single-layer	ϕ Multi- to single-layer
	.50	ϕ No. of elec.	ϕ No. of elec.
	.51	= Oscillation	= Oscillation

Legend:
+ Addition > Increase/greater than ↑ Uphill ← Forehand ϕ Change
− Deletion < Decrease/less than ↓ Downhill → Backhand

ضمیمه ۱۱

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-463 WELDING DATA QW-463.1(c)

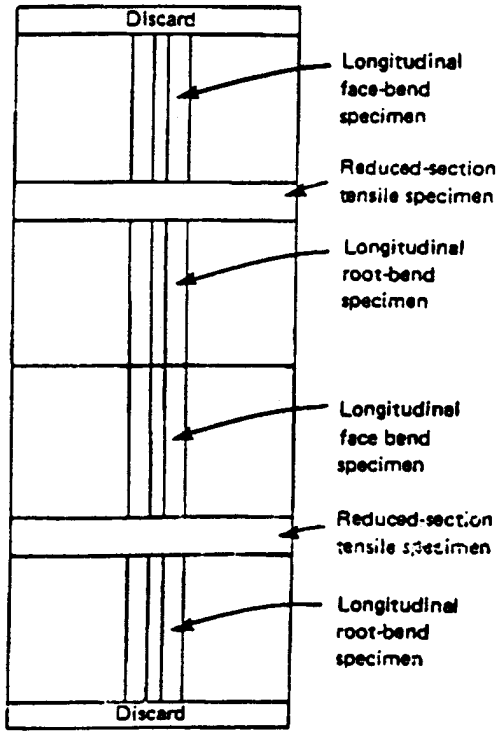
QW-463 Order of Removal

Discard		this piece
Reduced section		tensile specimen
Root bend		specimen
Face bend		specimen
Root bend		specimen
Face bend		specimen
Reduced section		tensile specimen
Discard		this piece

QW-463.1(a) PLATES — LESS THAN 3/4 in. THICKNESS PROCEDURE QUALIFICATION

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 — 3/4 in. AND OVER THICKNESS AND ALTERNATE FROM 3/8 in. BUT LESS THAN 3/4 in. THICKNESS PROCEDURE QUALIFICATION

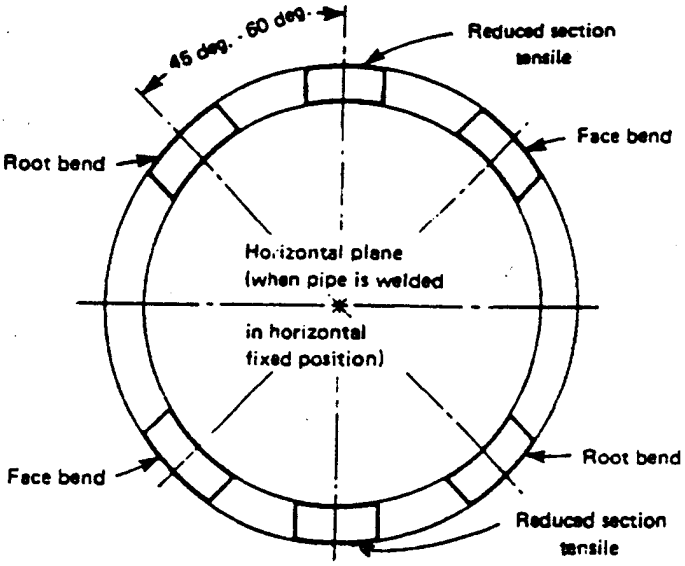


QW-463.1(c) PLATES — LONGITUDINAL PROCEDURE QUALIFICATION

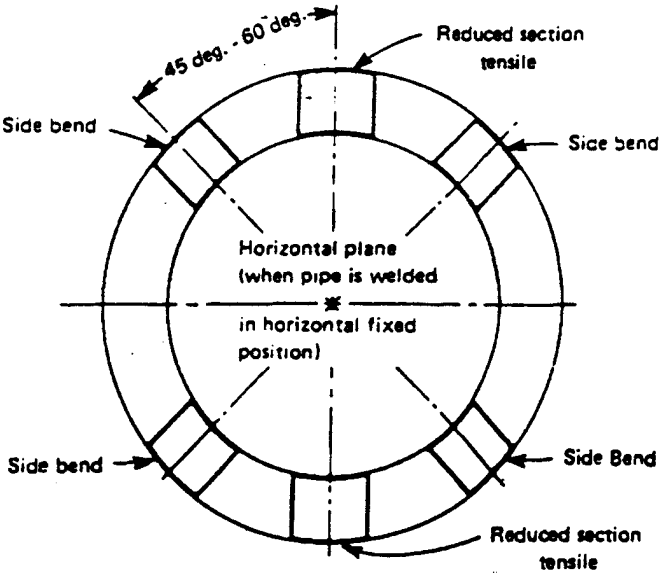
ضمیمه ۱۲

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-463.1(d) 1998 SECTION IX QW-463.1(e)

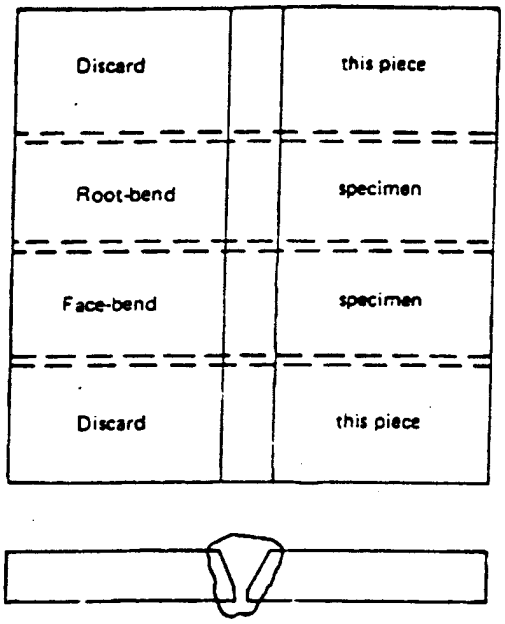


QW-463.1(d) PROCEDURE QUALIFICATION

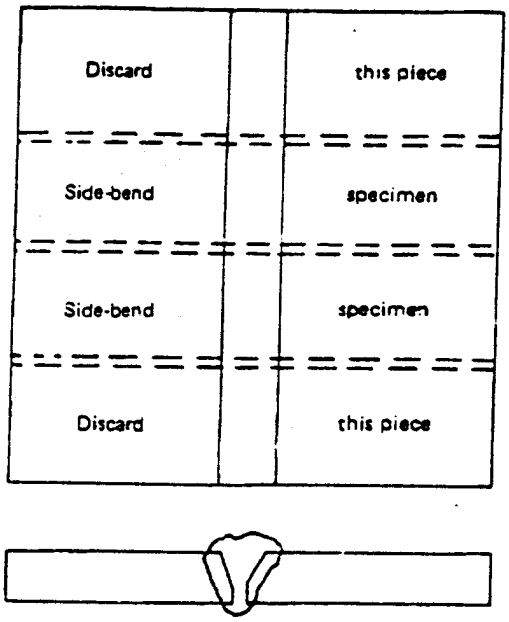


QW-463.1(e) PROCEDURE QUALIFICATION

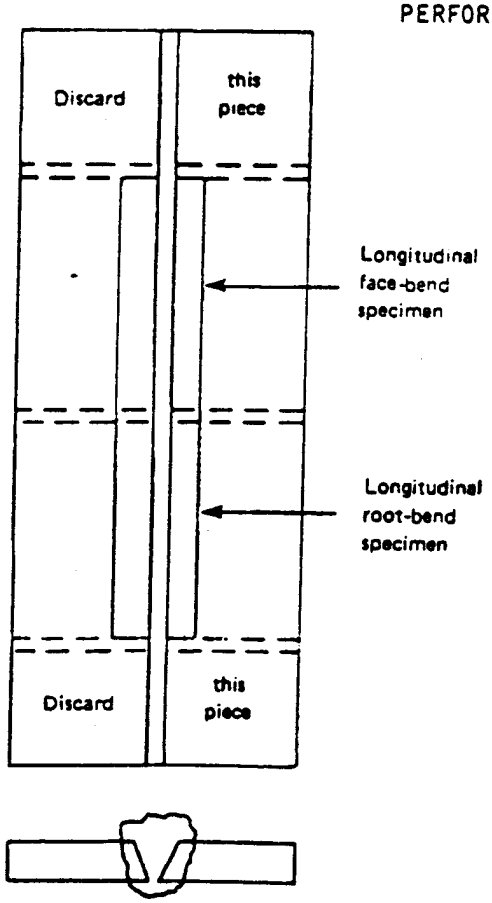
حق چاپ و نکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد



QW-463.2(a) PLATES – LESS THAN ¾ in. THICKNESS PERFORMANCE QUALIFICATION



QW-463.2(b) PLATES – ¾ in. AND OVER THICKNESS AND ALTERNATE FROM ⅜ in. BUT LESS THAN ¾ in. THICKNESS PERFORMANCE QUALIFICATION

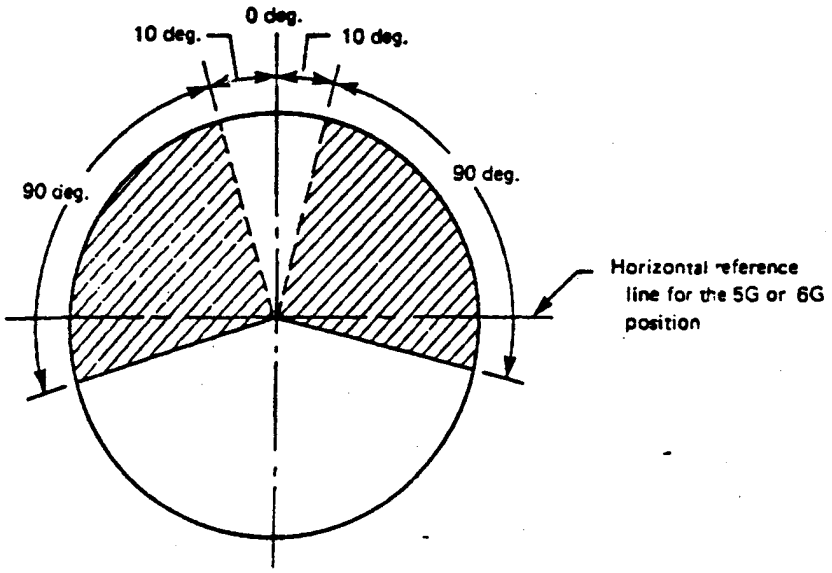


QW-463.2(c) PLATES – LONGITUDINAL PERFORMANCE QUALIFICATION

ضمیمه ۱۲

حق چاپ و تکثیر . محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

WELDING DATA QW-463.1(f)

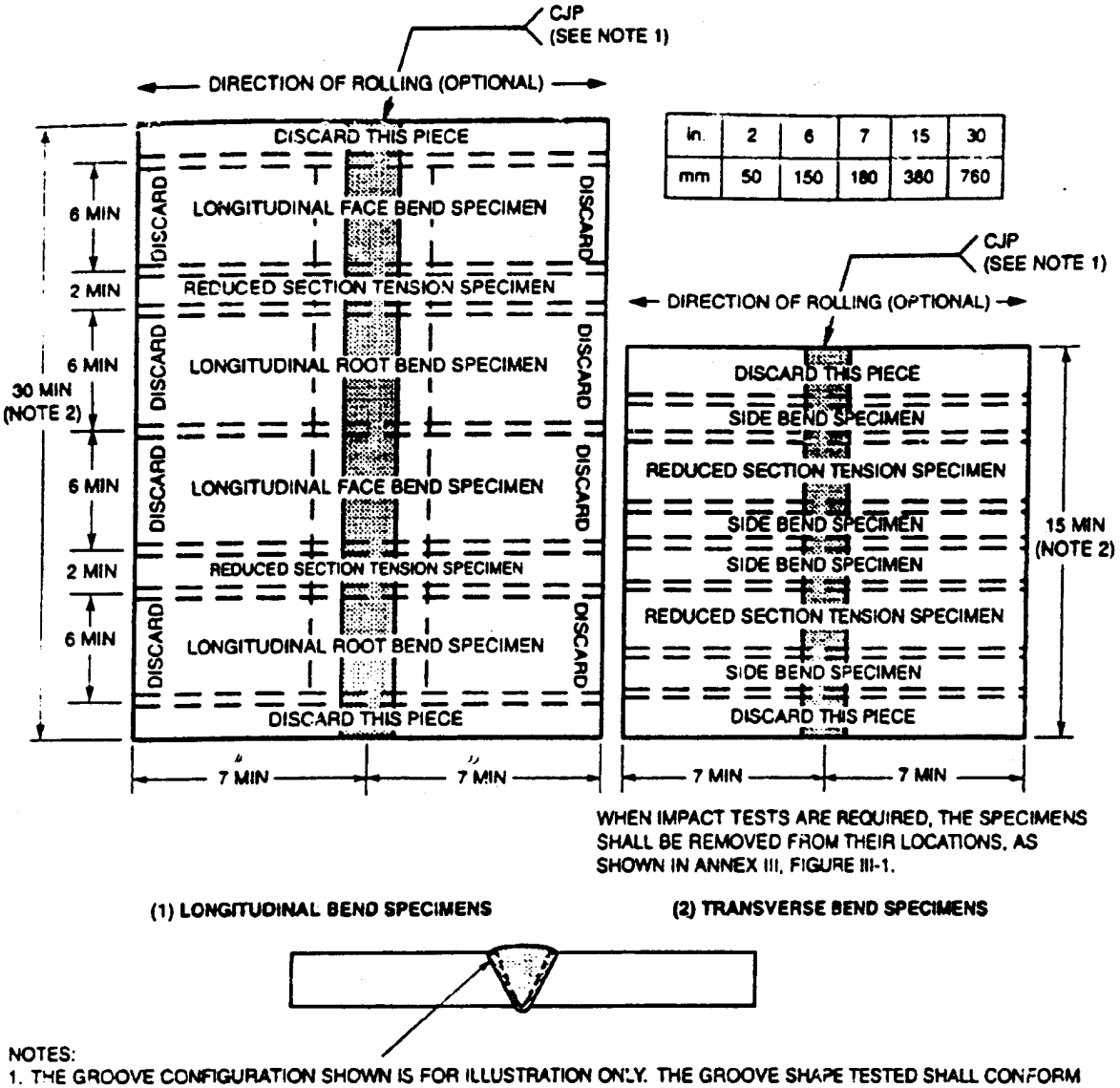


QW-463.1(f) NOTCH-TOUGHNESS TEST SPECIMEN LOCATION

حق چاپ و تکثیر، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

STD.AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508566 413 ■

120/Qualification



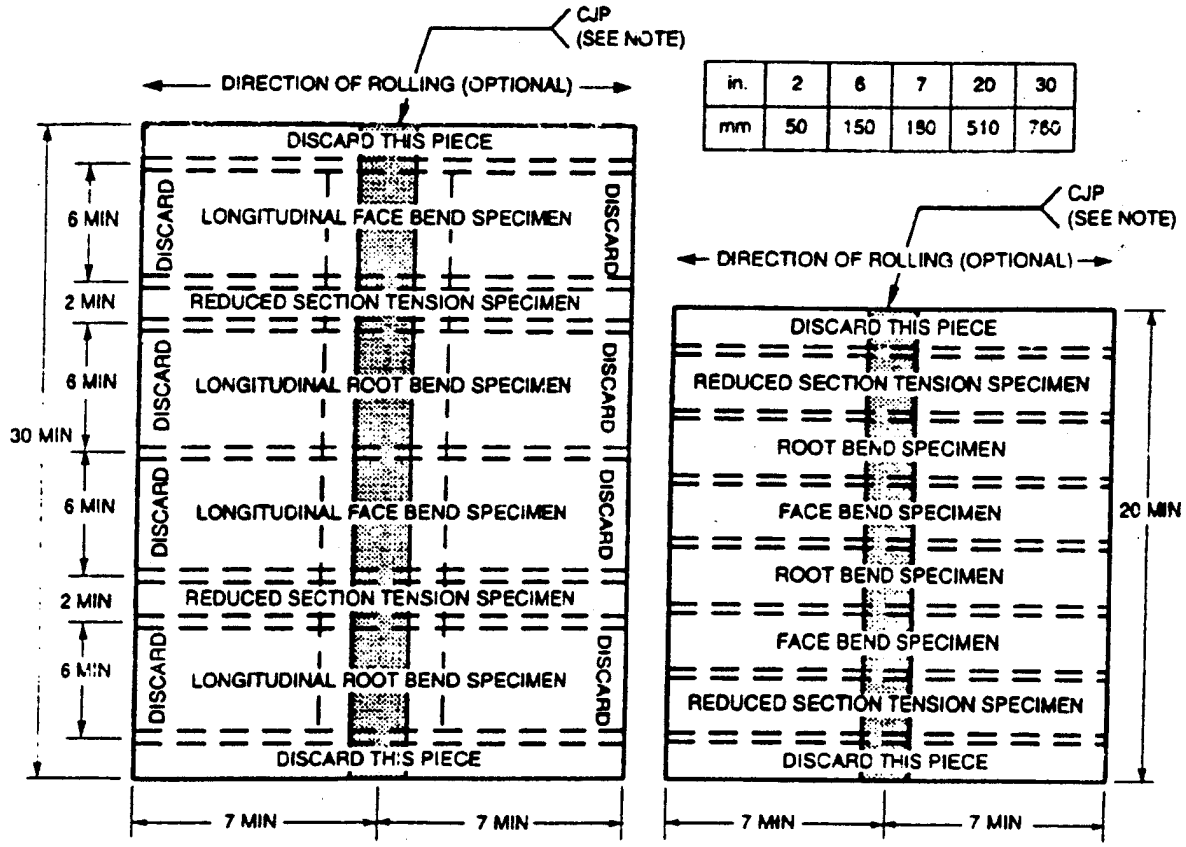
NOTES:
1. THE GROOVE CONFIGURATION SHOWN IS FOR ILLUSTRATION ONLY. THE GROOVE SHAPE TESTED SHALL CONFORM TO THE PRODUCTION GROOVE SHAPE THAT IS BEING QUALIFIED.
2. LONGER TEST PLATES MAY BE REQUIRED WHEN IMPACT TESTING ON CONTRACT DOCUMENTS OR IN SPECIFICATIONS. IMPACT SPECIMENS SHOULD BE REMOVED AT MID-LENGTH OF THE TEST WELD.

Figure 4.10—Location of Test Specimens on Welded Test Plate Over 3/8 in. (9.5 mm) Thick—WPS Qualification (see 4.8)

ضمیمه ۱۲

حق چاپ و تکثیر، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

STD.AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508567 35T ■



in.	2	6	7	20	30
mm	50	150	180	510	760

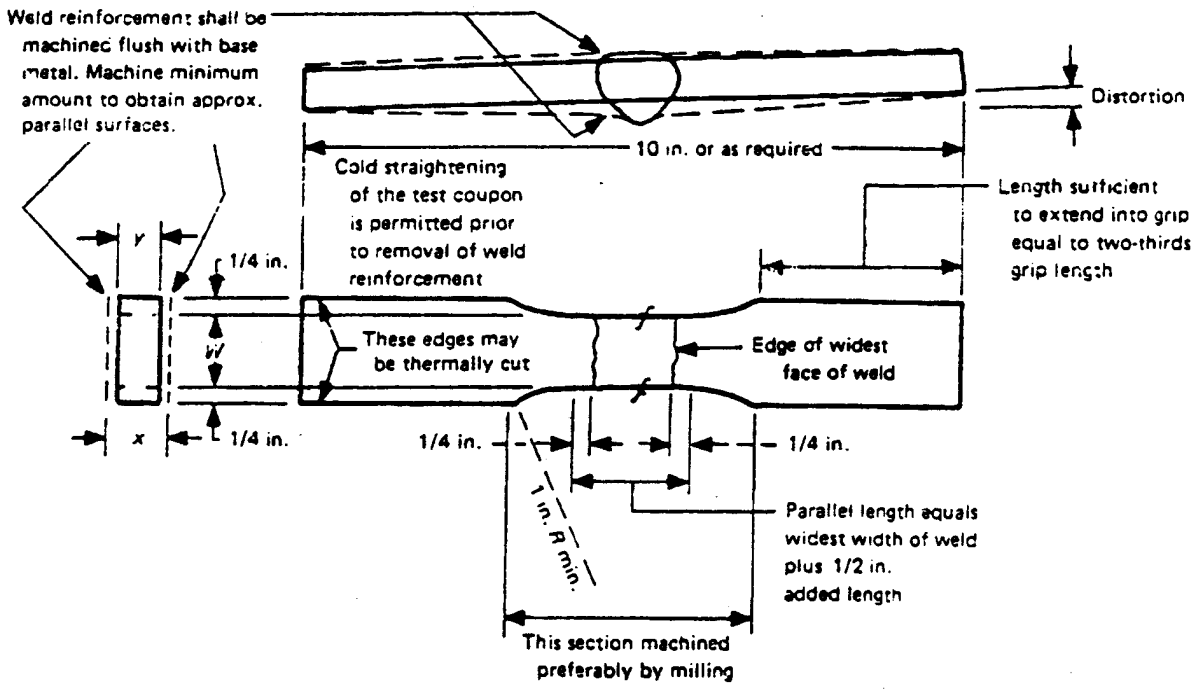
NOTE: THE GROOVE CONFIGURATION SHOWN IS FOR ILLUSTRATION ONLY. THE GROOVE SHAPE TESTED SHALL CONFORM TO THE PRODUCTION GROOVE SHAPE THAT IS BEING QUALIFIED.

Figure 4.11—Location of Test Specimens on Welded Test Plate 3/8 in. (9.5 mm) Thick and Under—WPS Qualification (see 4.8)

QW-462 Test Specimens

The purpose of the QW-462 figures is to give the manufacturer or contractor guidance in dimensioning test specimens for tests required for procedure and performance qualifications. Unless a minimum, maximum, or tolerance is given in the figures (or as QW-150, QW-160, or QW-180 requires), the dimensions are to be considered approximate. All welding processes and filler material to be qualified must be included in the test specimen.

x = coupon thickness including reinforcement
y = specimen thickness
T = coupon thickness excluding reinforcement
W = specimen width, $^3/_4$ in.

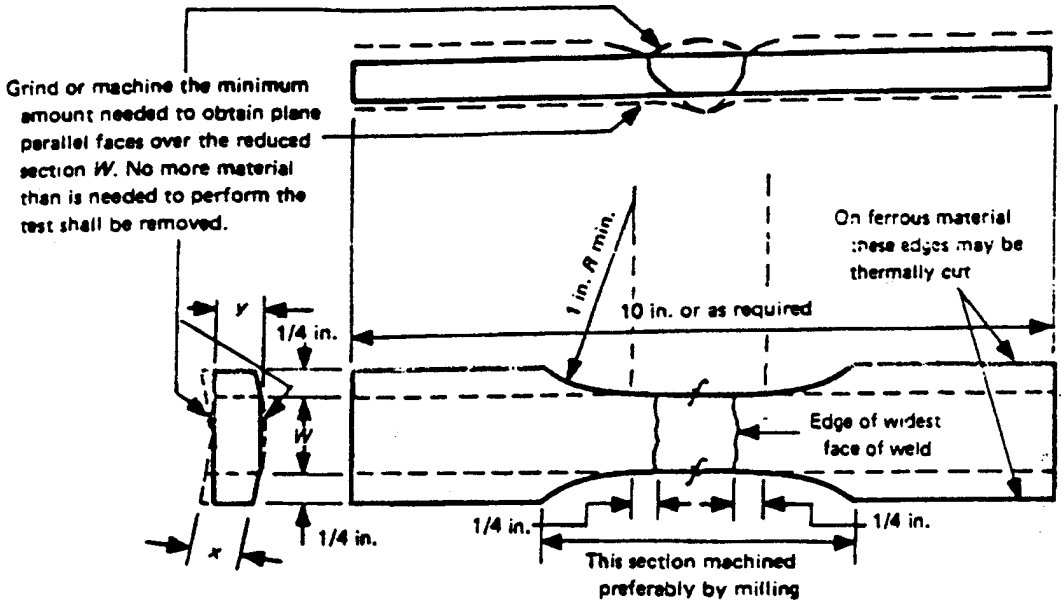


QW-462.1(a) TENSION — REDUCED SECTION — PLATE

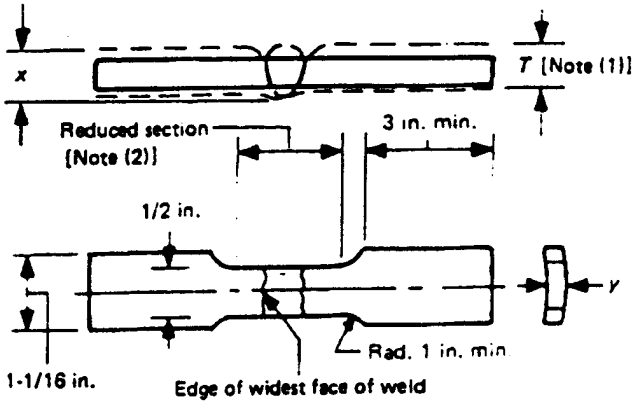
ضمیمه ۱۳

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-462.1(b) WELDING DATA QW-462.1(c)



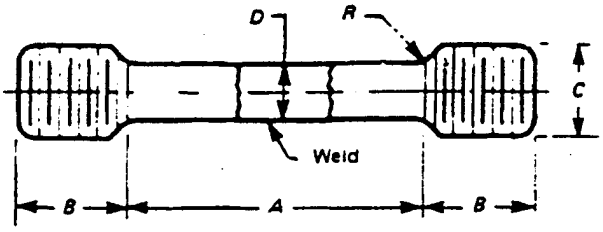
QW-462.1(b) TENSION — REDUCED SECTION — PIPE



NOTES:
(1) The weld reinforcement shall be ground or machined so that the weld thickness does not exceed the base metal thickness *T*. Machine minimum amount to obtain approximately parallel surfaces.
(2) The reduced section shall not be less than the width of the weld plus 2*y*.

QW-462.1(c) TENSION — REDUCED SECTION ALTERNATE FOR PIPE

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

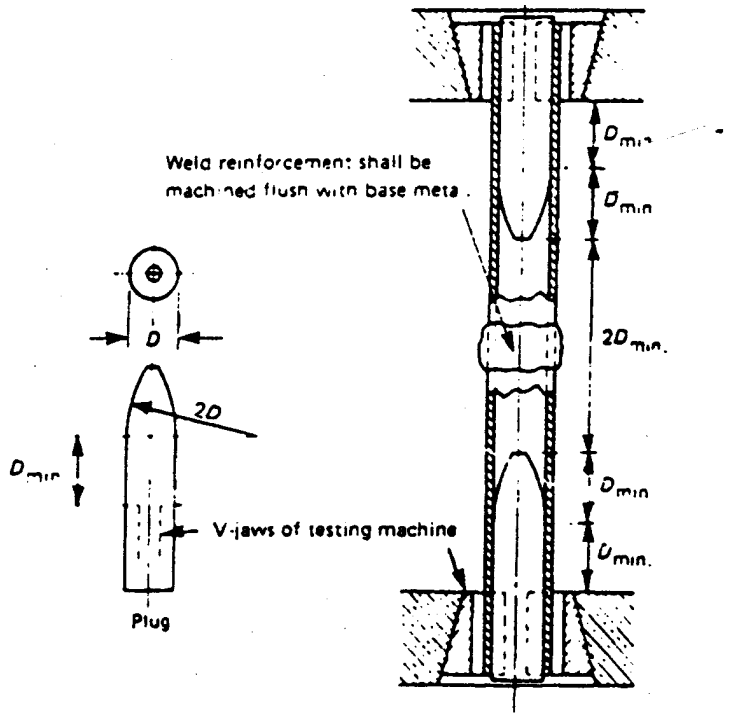


	Standard Dimensions In.			
	(a) 0.505 Specimen	(b) 0.353 Specimen	(c) 0.252 Specimen	(d) 0.188 specimen
A — Length of reduced section	(Note (1))	(Note (1))	(Note (1))	(Note (1))
D — Diameter	0.500 ±0.010	0.350 ±0.007	0.250 ±0.005	0.188 ±0.003
R — Radius of fillet	3/8, min.	1/4, min.	3/16, min.	1/8, min.
B — Length of end section	1-3/8, approx.	1-1/8, approx.	7/8, approx.	1/2, approx.
C — Diameter of end section	3/4	1/2	3/8	1/4

GENERAL NOTES:
(a) Use maximum diameter specimen (a), (b), (c), or (d) that can be cut from the section.
(b) Weld should be in center of reduced section.
(c) Where only a single coupon is required the center of the specimen should be midway between the surfaces.
(d) The ends may be of any shape to fit the holders of the testing machine in such a way that the load is applied axially

NOTE:
(1) Reduced section A should not be less than width of weld plus 2D

QW-462.1(d) TENSION — REDUCED SECTION — TURNED SPECIMENS



QW-462.1(e) TENSION — FULL SECTION — SMALL DIAMETER PIPE

ضمیمه ۱۳

حق چاپ و تکثیر، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

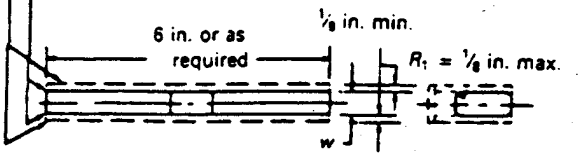
WELDING DATA

QW-462.2

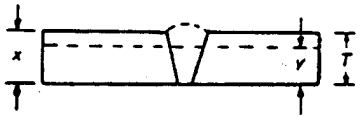
(1a) For procedure qualification of materials other than P-No. 1 in QW-422, if the surfaces of the side bend test specimens are gas cut, removal by machining or grinding of not less than ⅛ in. from the surface shall be required.

(1b) Such removal is not required for P-No. 1 materials, but any resulting roughness shall be dressed by machining or grinding.

(2) For performance qualification of all materials in QW-422, if the surfaces of side bend tests are gas cut, any resulting roughness shall be dressed by machining or grinding.



T, in.	y, in.	w, in.	
		P-No. 23, F-No. 23, or P-No. 35	All other metals
⅜ to 1½, incl.	T	⅛	⅜
>1½	[Note (1)]	⅛	⅜



GENERAL NOTE: Weld reinforcement and backing strip or backing ring, if any, may be removed flush with the surface of the specimen. Thermal cutting, machining, or grinding may be employed. Cold straightening is permitted prior to removal of the reinforcement.

NOTE:

(1) When specimen thickness T exceeds 1½ in., use one of the following.

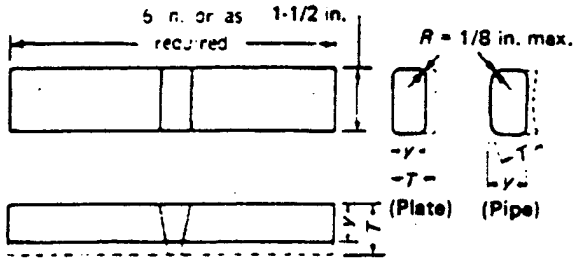
(a) Cut specimen into multiple test specimens y of approximately equal dimensions (¾ in. to 1½ in.).
y = tested specimen thickness when multiple specimens are taken from one coupon

(b) The specimen may be bent at full width. See requirements on jig width in QW-466.1.

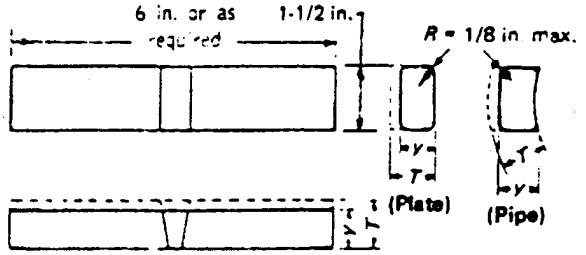
QW-462.2 SIDE BEND

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-462.3(a) 1998 SECTION IX QW-462.3(b)



Face-bend specimen — Plate and Pipe



Root-bend specimens — Plate and pipe

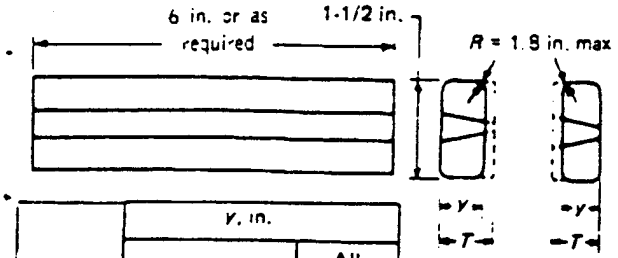
T, in.	y, in. P-No.23,F-No.23, or P-No. 35	y, in. All other merals
1/16 < 1/8	T	T
1/8-3/8	1/8	T
>3/8	1/8	3/8

NOTES:

(1) Weld reinforcement and backing strip or backing ring, if any, shall be removed flush with the surface of the specimen. If a recessed ring is used, this surface of the specimen may be machined to a depth not exceeding the depth of the recess to remove the ring, except that in such cases the thickness of the finished specimen shall be that specified above. Do not flame-cut nonferrous material.

(2) If the pipe being tested is 4 in. nominal diameter or less, the width of the bend specimen may be 3/4 in. for pipe diameters 2 in. to and including 4 in. The bend specimen width may be 3/8 in. for pipe diameters less than 2 in. down to and including 3/8 in. and as an alternative, if the pipe being tested is equal to or less than 1 in. nominal pipe size (1.315 in. O. D.), the width of the bend specimens may be that obtained by cutting the pipe into quarter sections, less an allowance for saw cuts or machine cutting. These specimens cut into quarter sections are not required to have one surface machined flat as shown in QW-462.3(a). Bend specimens taken from tubing of comparable sizes may be handled in a similar manner.

QW-462.3(a) FACE AND ROOT BENDS — TRANSVERSE[1,2]



T, in.	y, in. P-No.23,F-No.23, or P-No. 35	y, in. All other metals
1/16 < 1/8	T	T
1/8-3/8	1/8	T
>3/8	1/8	3/8

NOTE:

(1) Weld reinforcements and backing strip or backing ring, if any, shall be removed essentially flush with the undisturbed surface of the base material. If a recessed strip is used, this surface of the specimen may be machined to a depth not exceeding the depth of the recess to remove the strip, except that in such cases the thickness of the finished specimen shall be that specified above.

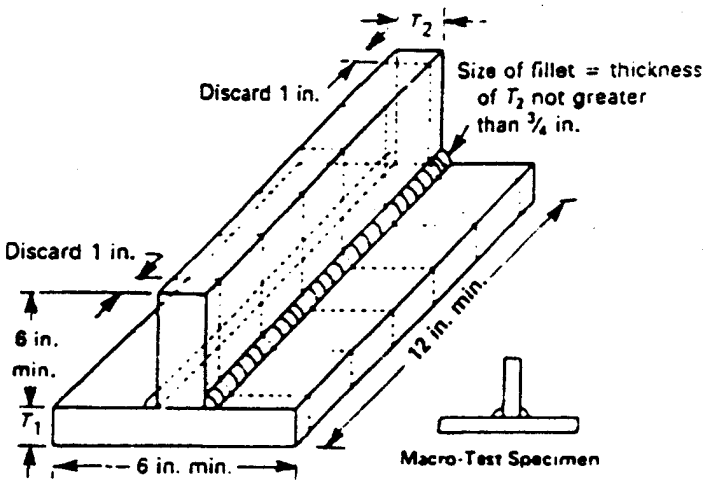
QW-462.3(b) FACE AND ROOT BENDS — LONGITUDINAL[1]

ضمیمه ۱۳

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

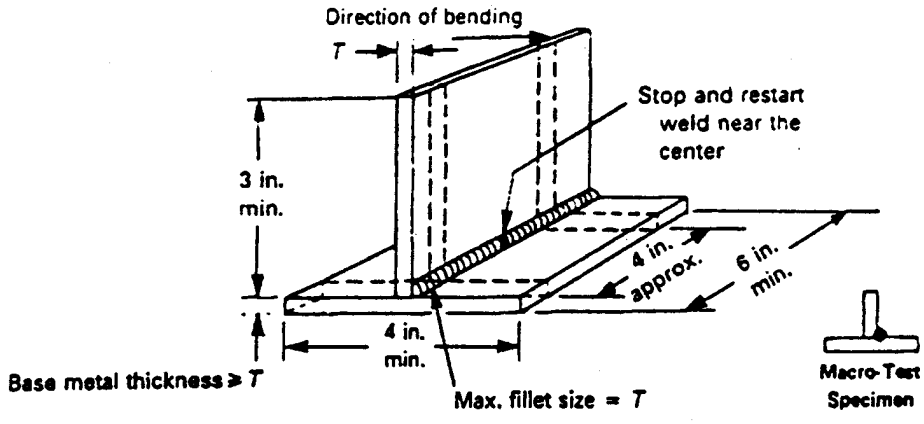
QW-462.4(a) WELDING DATA QW-462.4(b)

T_1	T_2
$\frac{1}{8}$ in. and less	T_1
Over $\frac{1}{8}$ in.	Equal to or less than T_1 but not less than $\frac{1}{8}$ in.



GENERAL NOTE: Macro test — The fillet shall show fusion at the root of the weld but not necessarily beyond the root. The weld metal and heat affected zone shall be free of cracks.

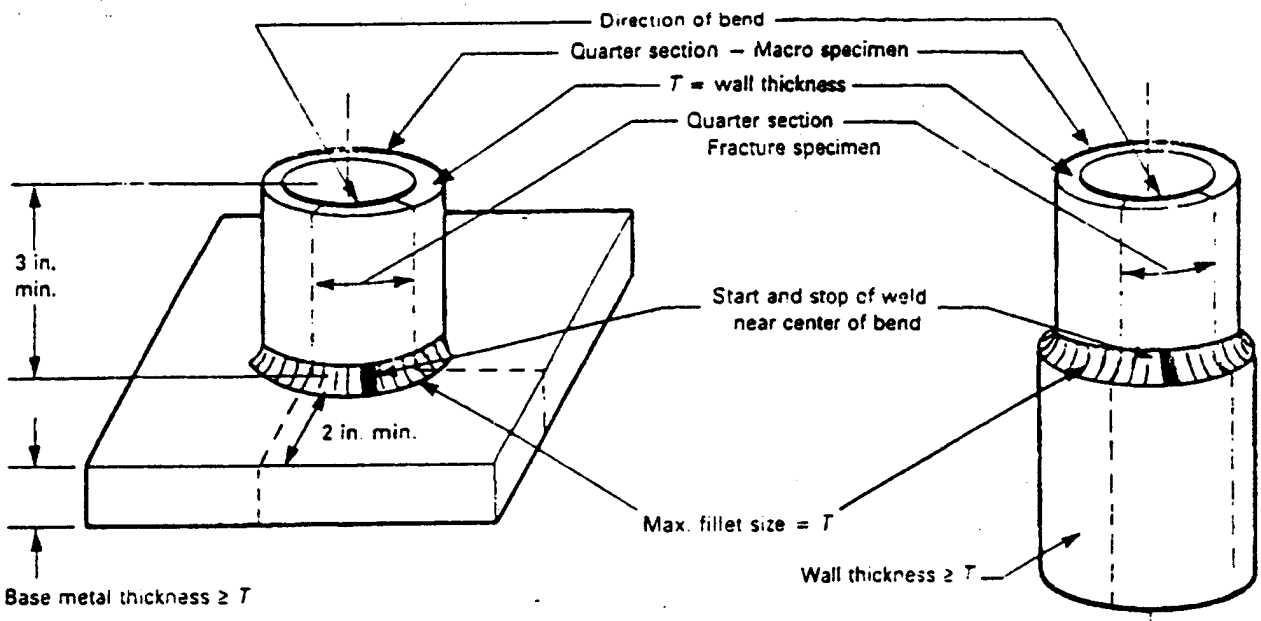
QW-462.4(a) FILLET WELDS — PROCEDURE



GENERAL NOTE: Refer to QW-452.5 for T thickness/qualification ranges.

QW-462.4(b) FILLET WELDS — PERFORMANCE

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد



GENERAL NOTE: Either pipe-to-plate or pipe-to-pipe may be used as shown.

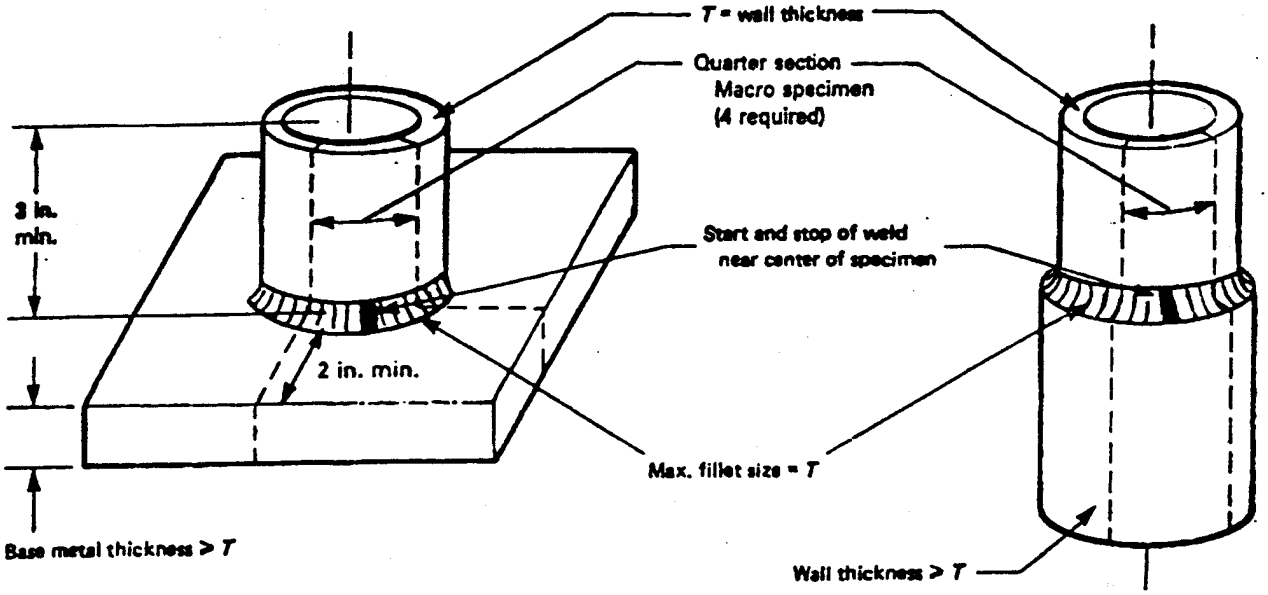
QW-462.4(c) FILLET WELDS IN PIPE – PERFORMANCE

ضمیمه ۱۳

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

WELDING DATA

QW-462.4(d)

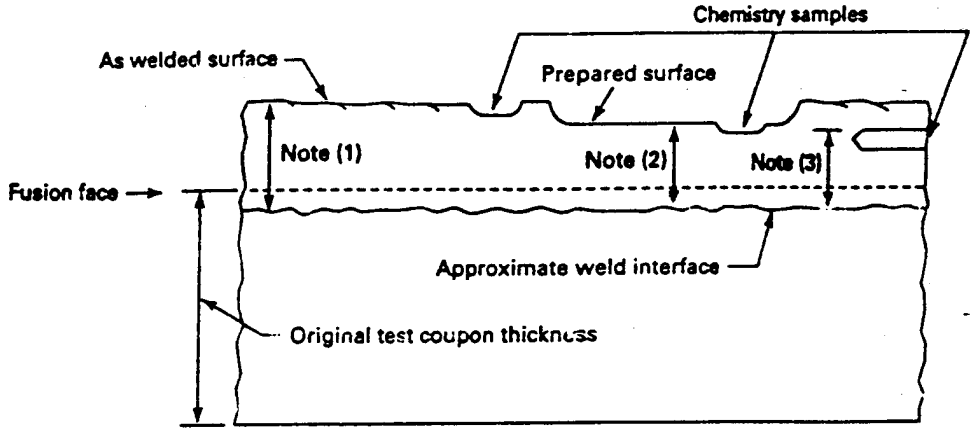


GENERAL NOTES:
(a) Either pipe-to-plate or pipe-to-pipe may be used as shown.
(b) Macro test:
(1) The fillet shall show fusion at the root of the weld but not necessarily beyond the root.
(2) The weld metal and the heat affected zone shall be free of cracks.

QW-462.4(d) FILLET WELDS IN PIPE — PROCEDURE

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-462.5(a) 1998 SECTION IX



NOTES:
(1) When a chemical analysis or hardness test is conducted on the as welded surface, the distance from the approximate weld interface to the final as welded surface shall become the minimum qualified overlay thickness. The chemical analysis may be performed directly on the as welded surface or on chips of material taken from the as welded surface.
(2) When a chemical analysis or hardness test is conducted after material has been removed from the as welded surface, the distance from the approximate weld interface to the prepared surface shall become the minimum qualified overlay thickness. The chemical analysis may be made directly on the prepared surface or from chips removed from the prepared surface.
(3) When a chemical analysis test is conducted on material removed by a horizontal drilled sample, the distance from the approximate weld interface to the uppermost side of the drilled cavity shall become the minimum qualified overlay thickness. The chemical analysis shall be performed on chips of material removed from the drilled cavity.

A00 QW-462.5(a) CHEMICAL ANALYSIS AND HARDNESS SPECIMEN CORROSION-RESISTANT AND HARDFACING WELD METAL OVERLAY

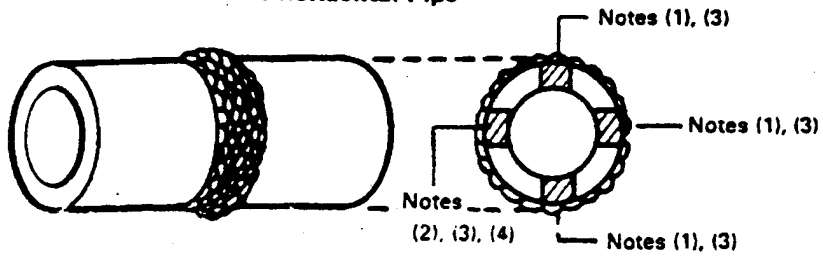
ضمیمه ۱۳

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

WELDING DATA

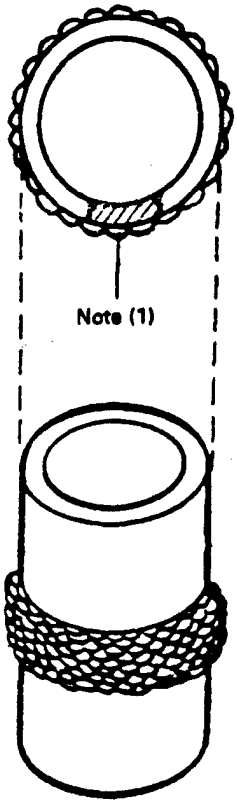
QW-462.5(b)

Fixed Horizontal Pipe



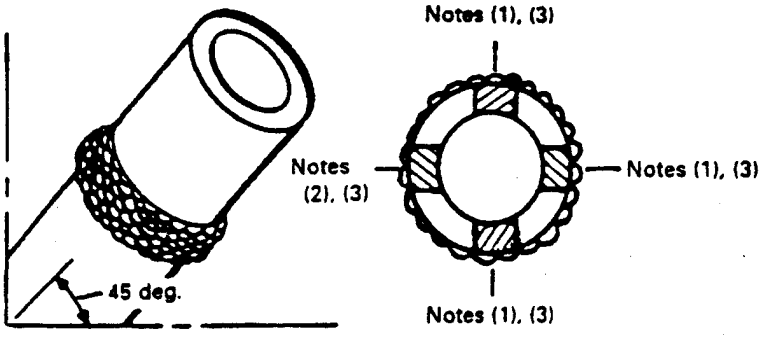
Test Specimen Location for 5G Overlay Qualification
(Specimens Required From a Minimum of Three Locations)

Fixed Vertical and Flat Rolled Pipe



Test Specimen Location for
2G and 1G Rotated Overlay Qualification
(Specimens Required From One Location)

Fixed Pipe on 45 deg. Angle



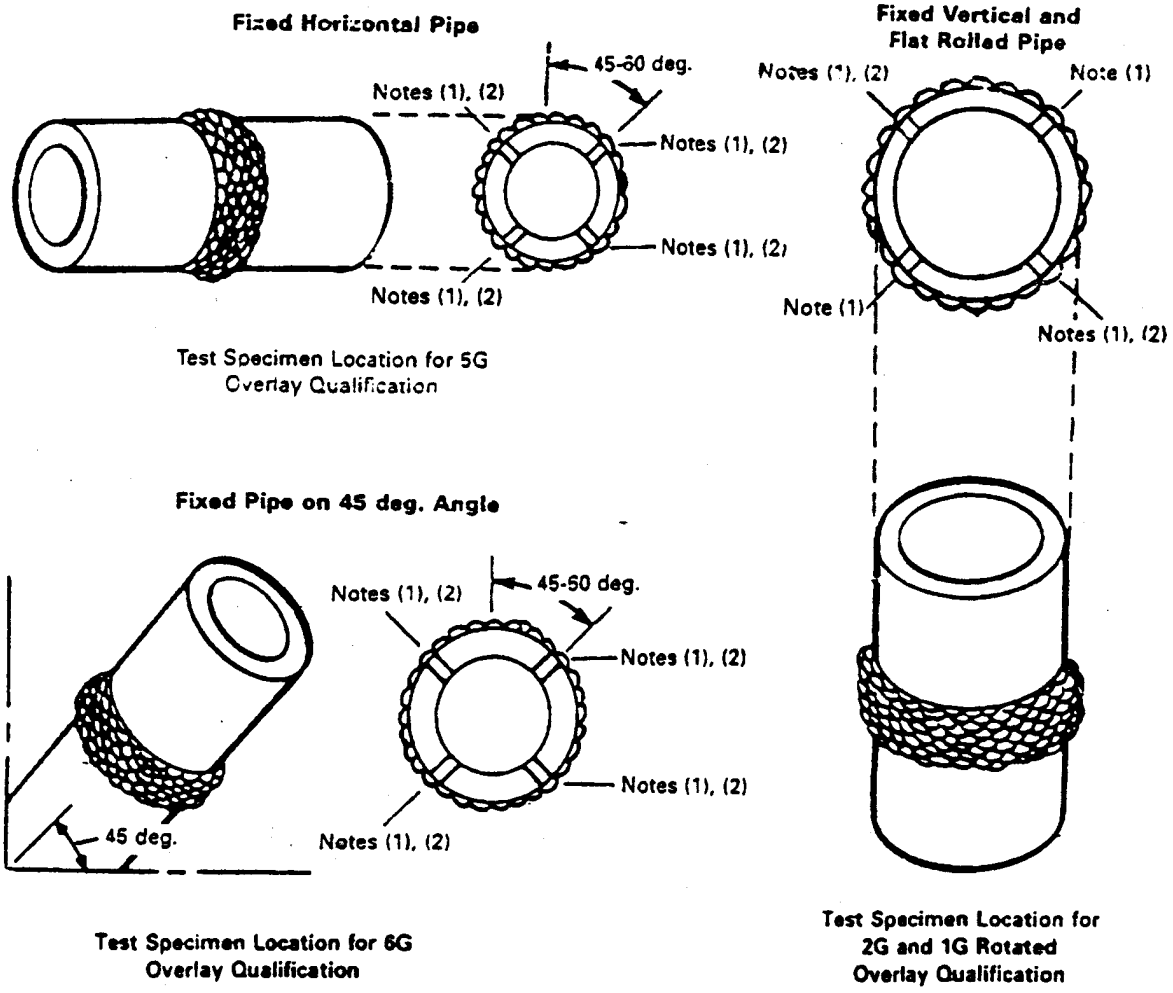
Test Specimen Location for 6G Overlay Qualification
(Specimens Required From a Minimum of Three Locations)

GENERAL NOTE: Overlay may be on the inside or outside of pipe.

NOTES:
(1) Location for required test specimen removal (QW-453.).
(2) Testing of circumferential hardfacing weld metal on pipe procedure qualification coupons may be limited to a single segment (completed utilizing the vertical, up-hill progression) for the chemical analysis, hardness, and macro-etch tests required in QW-453. Removal is required for a change from vertical down to vertical up-hill progression (but not vice-versa).
(3) Location of test specimens shall be in accordance with the angular position limitations of QW-120.
(4) When overlay welding is performed using machine or automatic welding and the vertical travel direction of adjacent weld beads is reversed on alternate passes, only one chemical analysis or hardness specimen is required to represent the vertical portion. Qualification is then restricted in production to require alternate pass reversal of rotation direction method.

QW-462.5(b) CHEMICAL ANALYSIS SPECIMEN, HARDFACING OVERLAY HARDNESS, AND MACRO TEST LOCATION(S) FOR CORROSION-RESISTANT AND HARDFACING WELD METAL OVERLAY

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد



GENERAL NOTE: Overlay may be on the inside or outside of pipe.

NOTES:
(1) Location for required test specimen removal — Procedure (QW-453).
(2) Location for required test specimen removal — Performance (QW-453).

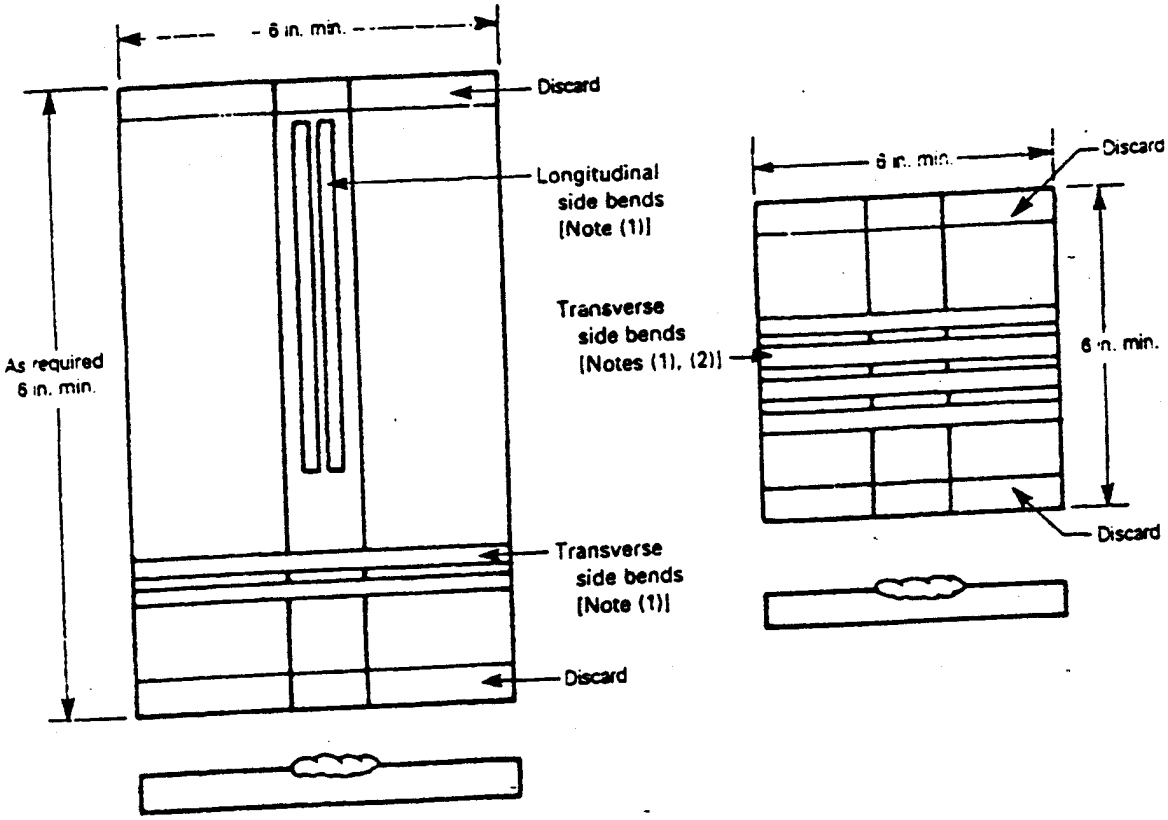
QW-462.5(c) PIPE BEND SPECIMEN — CORROSION-RESISTANT WELD METAL OVERLAY

ضمیمه ۱۳

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-46. 5(d)

WELDING DATA

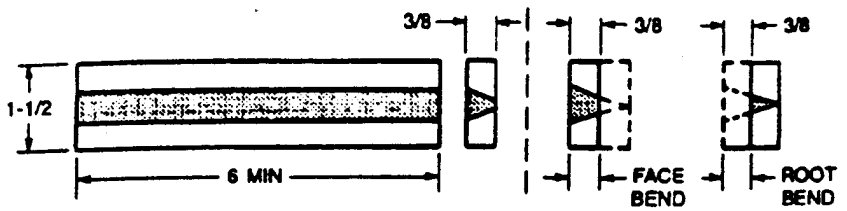


NOTES:
(1) Location for required test specimen removal — Procedure (QW-453). Four side bend test specimens are required for each position.
(2) Location for required test specimen removal — Performance (QW-453). Two side bend test specimens are required for each position.

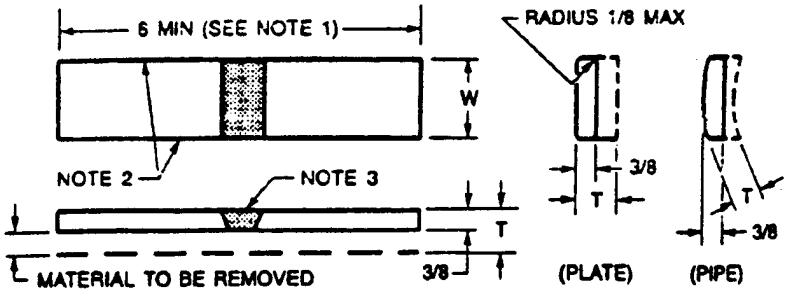
QW-462.5(d) PLATE BEND SPECIMENS — CORROSION-RESISTANT WELD METAL OVERLAY

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

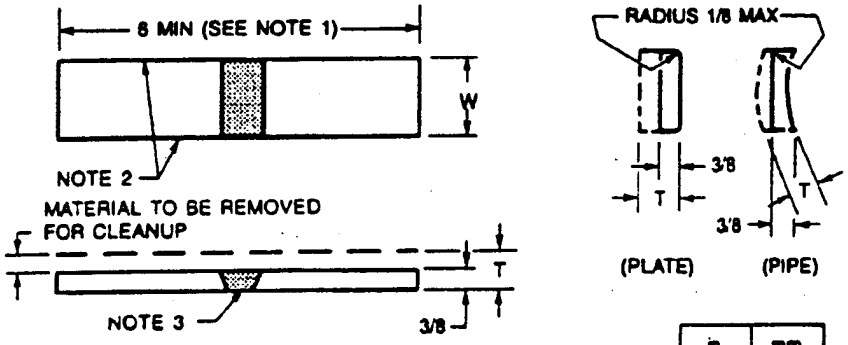
122/Qualification



(1) LONGITUDINAL BEND SPECIMEN



FACE BEND SPECIMEN



ROOT BEND SPECIMEN

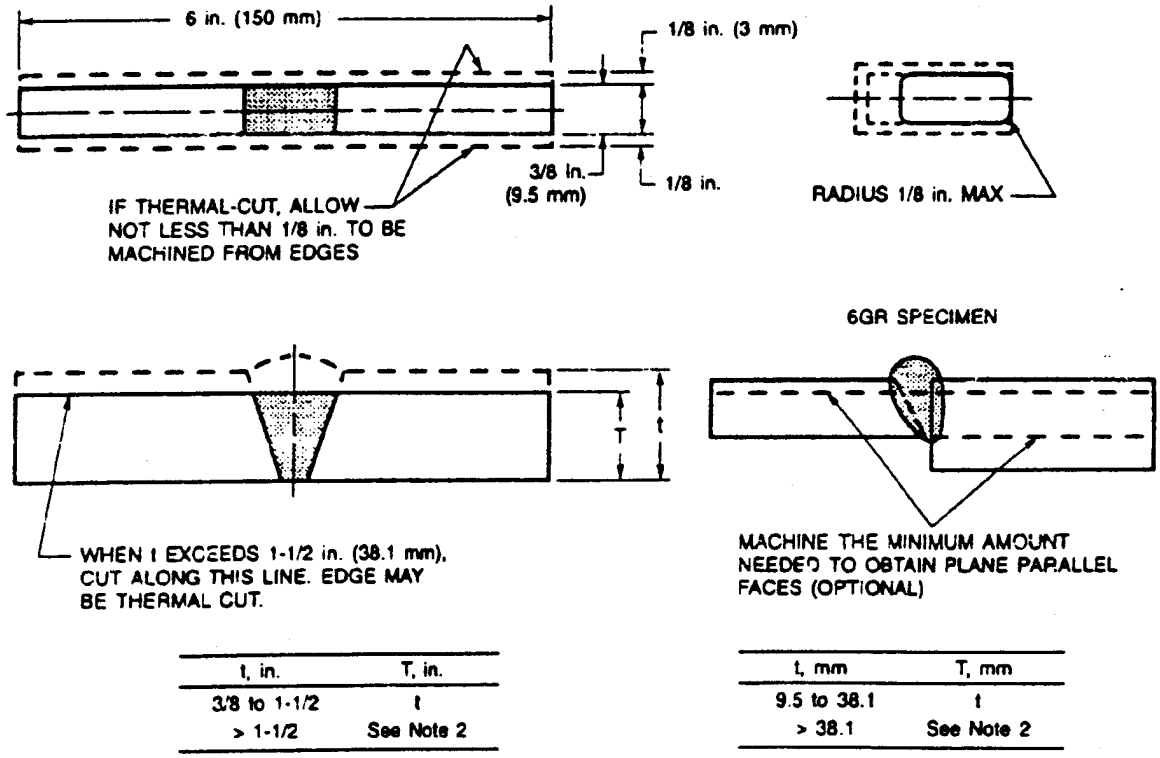
(2) TRANSVERSE BEND SPECIMEN

Dimensions	
Test weldment	Test specimen width, in. (W)
Plate	1-1/2
Test pipe or tube ≤ 4 in. (100 mm) in diameter	1
Test pipe or tube > 4 in. (100 mm) in diameter	1-1/2

in.	mm
1/8	3
3/8	10
1	25
1-1/2	38
2	50
3	75
6	150
8	200

Notes:
1. A longer specimen length may be necessary when using a wraparound type bending fixture or when testing steel with a yield strength of 90 ksi (620 MPa) or more.
2. These edges may be thermal-cut and may or may not be machined.
3. The weld reinforcement and backing, if any, shall be removed flush with the surface of the specimen (see 5.24.4.1 and 5.24.4.2). If a recessed backing is used, this surface may be machined to a depth not exceeding the depth of the recess to remove the backing; in such a case, the thickness of the finished specimen shall be that specified above. Cut surfaces shall be smooth and parallel.
4. T = plate or pipe thickness.
5. When the thickness of the test plate is less than 3/8 in. (9.5 mm), use the nominal thickness for face and root bends.

Figure 4.12—Face and Root Bend Specimens (see 4.8.3.1)



t, in.	T, in.
3/8 to 1-1/2	t
> 1-1/2	See Note 2

t, mm	T, mm
9.5 to 38.1	t
> 38.1	See Note 2

Notes:
1. A longer specimen length may be necessary when using a wraparound-type bending fixture or when testing steel with a yield strength of 90 ksi (620 MPa) or more.
2. For plates over 1-1/2 in. (38.1 mm) thick, cut the specimen into approximately equal strips with T between 3/4 in. (19.0 mm) and 1-1/2 in. and test each strip.
3. t = plate or pipe thickness.

Figure 4.13—Side Bend Specimens (see 4.8.3.1)

the bent portion of the specimen after testing. When using the wraparound jig, the specimen shall be firmly clamped on one end so that there is no sliding of the specimen during the bending operation. The weld and heat-affected zones shall be completely in the bent portion of the specimen after testing. Test specimens shall be removed from the jig when the outer roll has been moved 180° from the starting point.

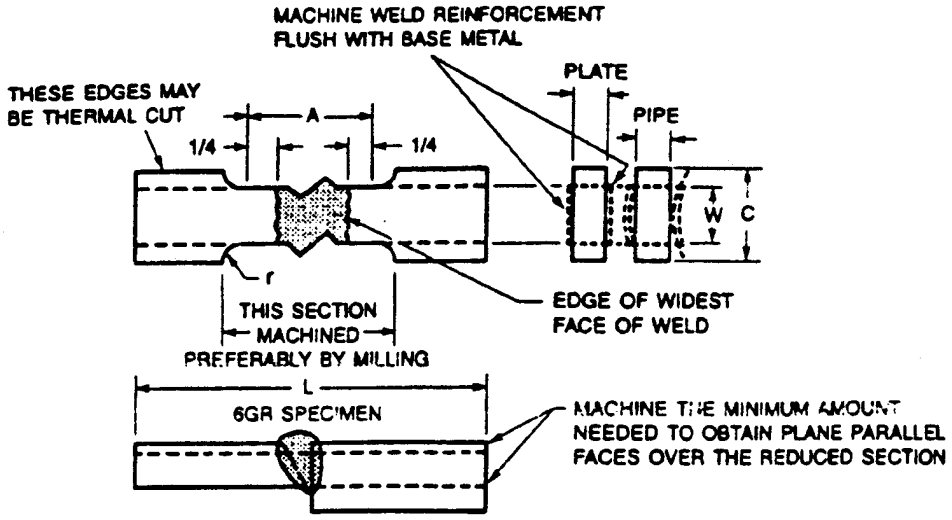
4.8.3.2 Longitudinal Bend Specimens. When material combinations differ markedly in mechanical bending properties, as between two base materials or between the weld metal and the base metal, longitudinal bend tests (face and root) may be used in lieu of the transverse face and root bend tests. The welded test assemblies conforming to 4.8.2 shall have test specimens prepared by cutting the test plate as shown in Figures 4.10 or 4.11, whichever is applicable. The test specimens for the longitudinal bend test shall be prepared for testing as shown in Figure 4.12.

4.8.3.3 Acceptance Criteria for Bend Tests. The convex surface of the bend test specimen shall be visually examined for surface discontinuities. For acceptance, the surface shall contain no discontinuities exceeding the following dimensions:

(1) 1/8 in. (3 mm) measured in any direction on the surface

(2) 3/8 in. (10 mm)—the sum of the greatest dimensions of all discontinuities exceeding 1/32 in. (1 mm), but less than or equal to 1/8 in. (3 mm)

(3) 1/4 in. (6 mm)—the maximum corner crack, except when that corner crack resulted from visible slag inclusion or other fusion type discontinuities, then the 1/8 in. (3 mm) maximum shall apply



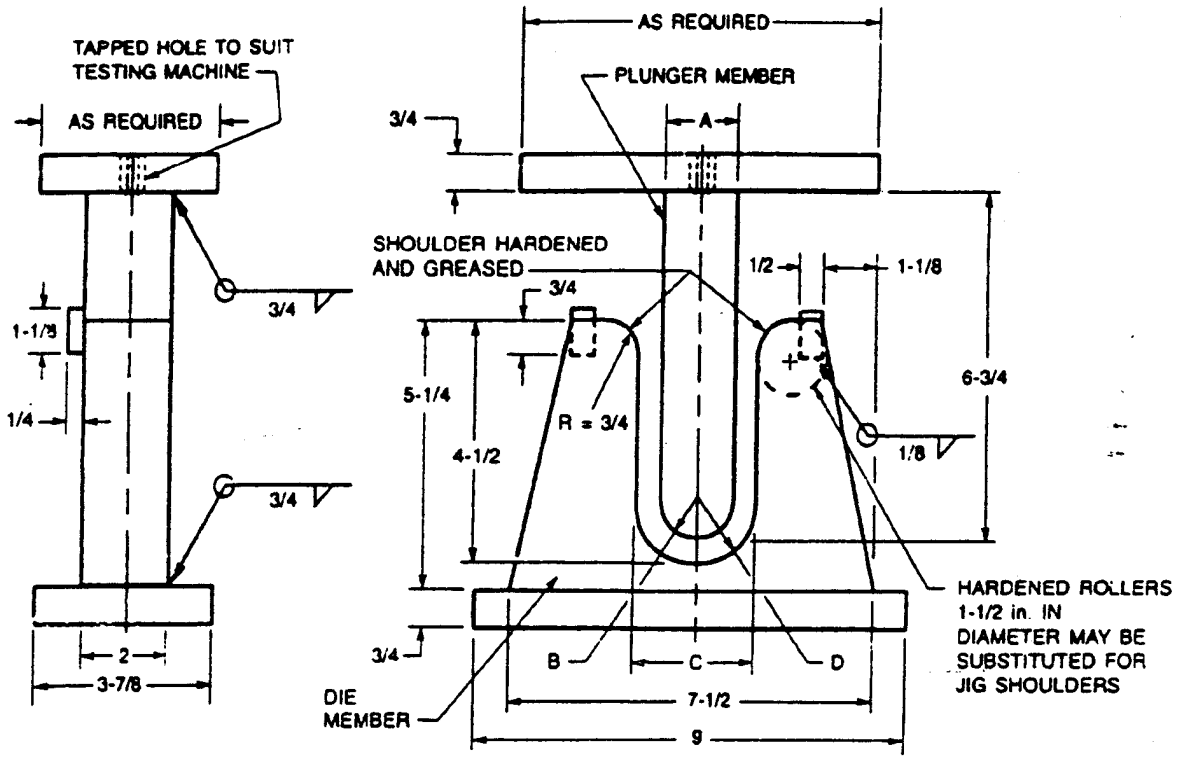
Dimensions in inches

	Test plate			Test Pipe	
	Tp ≤ 1 in.	1 < Tp < 1-1/2 in.	Tp ≥ 1-1/2 in.	2 in. & 3 in. diameter	6 in. & 8 in. diameter or larger job size pipe
A—Length of reduced section	Widest face of weld + 1/2 in., 2-1/4 min			Widest face of weld + 1/2 in., 2-1/4 min	
L—Overall length, min (Note 2)	As required by testing equipment			As required by testing equipment	
W—Width of reduced section (Notes 3, 4)	3/4 in. min	3/4 in. min	3/4 in. min	1/2 ± 0.01	3/4 in. min
C—Width of grip section (Notes 4, 5)	W + 1/2 in. min	W + 1/2 in. min	W + 1/2 in. min	W + 1/2 in. min	W + 1/2 in. min
t—Specimen thickness (Notes 6, 7)	Tp	Tp	Tp/n (Note 7)	Maximum possible with plane parallel faces within length A	
r—Radius of fillet, min	1/2	1/2	1/2	1	1

Notes:
1. Tp = Nominal Thickness of the Plate.
2. It is desirable, if possible, to make the length of the grip section large enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two-thirds or more of the length of the grips.
3. The ends of the reduced section shall not differ in width by more than 0.004 in. Also, there may be a gradual decrease in width from the ends to the center, but the width of either end shall not be more than 0.015 in. larger than the width at the center.
4. Narrower widths (W and C) may be used when necessary. In such cases, the width of the reduced section should be as large as the width of the material being tested permits. If the width of the material is less than W, the sides may be parallel throughout the length of the specimen.
5. For standard plate-type specimens, the ends of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section within 0.25 in.
6. The dimension t is the thickness of the specimen as provided for in the applicable material specifications. The minimum nominal thickness of 1-1/2 in. wide specimens shall be 3/16 in. except as permitted by the product specification.
7. For plates over 1-1/2 in. thick, specimens may be cut into approximately equal strips. Each strip shall be at least 3/4 in. thick. The test results of each strip shall meet the minimum requirements.
8. Due to limited capacity of some tensile testing machines, the specimen dimensions for Annex M steels may be as agreed upon by the Engineer and the Fabricator.

Figure 4.14—Reduced-Section Tension Specimens (see 4.8.3.4)

STD·AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508571 880 ■



specified or actual base metal yield strength, psi	A in.	B in.	C in.	D in.
50 000 & under	1-1/2	3/4	2-3/8	1-3/16
over 50 000 to 90 000	2	1	2-7/8	1-7/16
90 000 & over	2-1/2	1-1/4	3-3/8	1-11/16

Note: Plunger and interior die surfaces shall be machine-finished.

Figure 4.15—Guided Bend Test Jig (see 4.8.3)

Specimens with corner cracks exceeding 1/4 in. (6 mm) with no evidence of slag inclusions or other fusion type discontinuities shall be disregarded, and a replacement test specimen from the original weldment shall be tested.

4.8.3.4 Reduced-Section Tension Specimens (See Figure 4.14). Before testing, the least width and corresponding thickness of the reduced section shall be measured. The specimen shall be ruptured under tensile load, and the maximum load shall be determined. The cross-sectional area shall be obtained by multiplying the width by the thickness. The tensile strength shall be obtained by dividing the maximum load by the cross-sectional area.

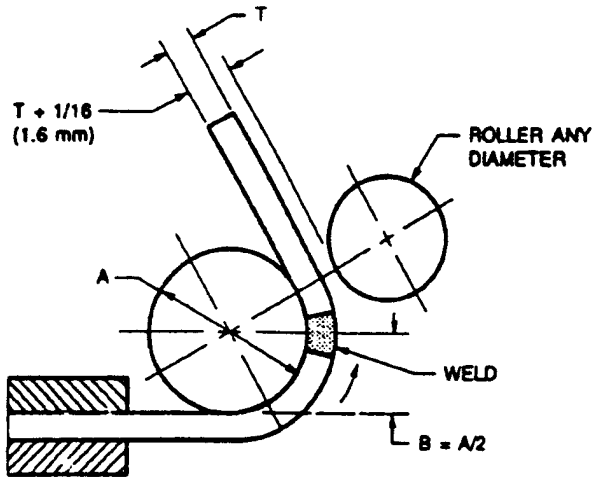
4.8.3.5 Acceptance Criteria for Reduced-Section Tension Test. The tensile strength shall be no less than the minimum of the specified tensile range of the base metal used.

4.8.3.6 All-Weld-Metal Tension Specimen (See Figure 4.18). The test specimen shall be tested in accordance with ASTM A370, *Mechanical Testing of Steel Products*.

4.8.4 Macroetch Test. The weld test specimens shall be prepared with a finish suitable for macroetch examination. A suitable solution shall be used for etching to give a clear definition of the weld.

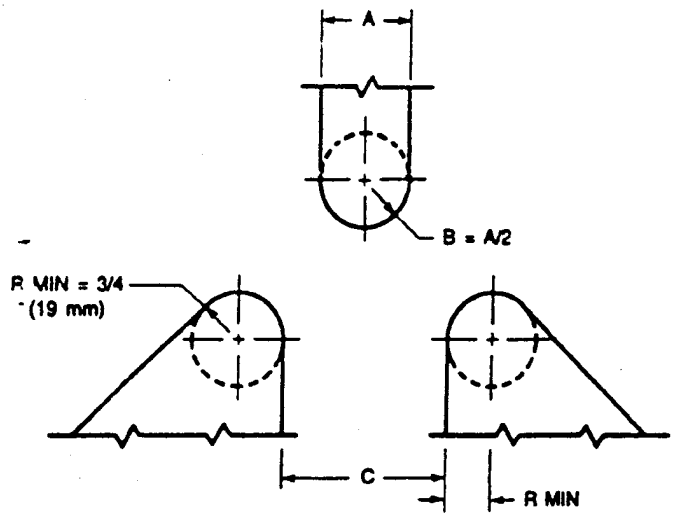
4.8.4.1 Acceptance Criteria for Macroetch Test. For acceptable qualification, the test specimen, when inspected visually, shall conform to the following requirements:

STD·AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508572 717 ■



specified or actual base metal yield strength, psi (MPa)	A in.	B in.	A mm	B mm
50 000 (345) & under	1-1/2	3/4	38	19
over 50 000 to 90 000 (620)	2	1	50	25
90 000 & over	2-1/2	1-1/4	65	32

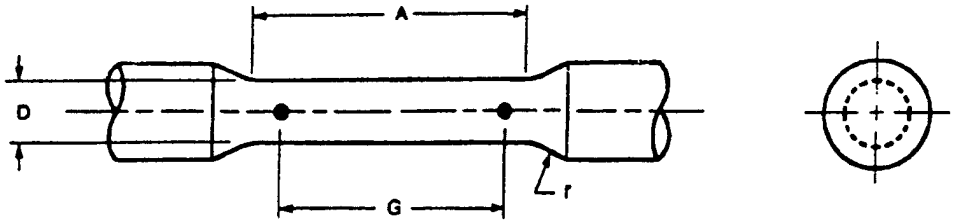
Figure 4.16—Alternative Wraparound Guided Bend Test Jig (see 4.8.3)



specified or actual base metal yield strength, psi (MPa)	A in.	B in.	C in.	A mm	B mm	C mm
50 000 (345) & under	1-1/2	3/4	2-3/8	38	19	60
over 50 000 to 90 000 (620)	2	1	2-7/8	50	25	73
90 000 & over	2-1/2	1-1/4	3-3/8	65	32	86

Figure 4.17—Alternative Roller-Equipped Guided Bend Test Jig for Bottom Ejection of Test Specimen (see 4.8.3)

STD.AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508573 653 ■



Dimensions in inches			
	Standard specimen	Small-size specimens proportional to standard	
Nominal diameter	0.500 in. round	0.350 in. round	0.250 in. round
G—Gage length	2.000 ± 0.005	1.400 ± 0.005	1.000 ± 0.005
D—Diameter (Note 1)	0.500 ± 0.010	0.350 ± 0.007	0.250 ± 0.005
r—Radius of fillet, min	3/8	1/4	3/16
A—Length of reduced section (Note 2), min	2-1/4	1-3/4	1-1/4

Dimensions (metric version per ASTM E 8M)			
	Standard specimen	Small-size specimens proportional to standard	
Nominal diameter	12.5 mm round	9 mm round	6 mm round
G—Gage length	62.5 ± 0.1	45.0 ± 0.1	30.0 ± 0.1
D—Diameter (Note 1), mm	12.5 ± 0.2	9.0 ± 0.1	6.0 ± 0.1
r—Radius of fillet, mm, min	10	8	6
A—Length of reduced section, mm (Note 2), min	75	54	36

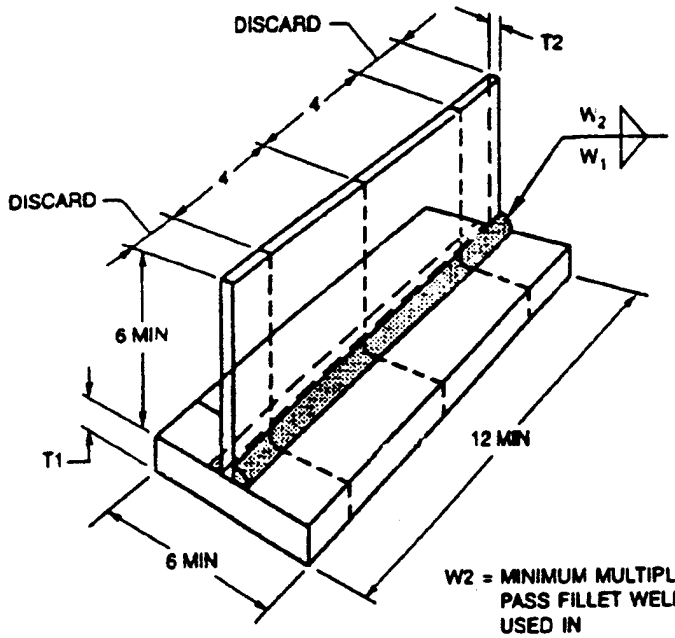
Notes:
1. The reduced section may have a gradual taper from the ends toward the center, with the ends not more than one percent larger in diameter than the center (controlling dimension).
2. If desired, the length of the reduced section may be increased to accommodate an extensometer of any convenient gage length. Reference marks for the measurement of elongation should be spaced at the indicated gage length.
3. The gage length and fillets shall be as shown, but the ends may be of any form to fit the holders of the testing machine in such a way that the load shall be axial. If the ends are to be held in wedge grips, it is desirable, if possible, to make the length of the grip section great enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two-thirds or more of the length of the grips.

Figure 4.18—All-Weld-Metal Tension Specimen (see 4.8.3.6)

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

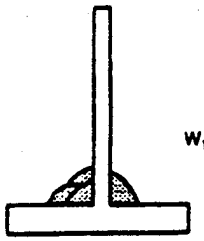
STD.AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508576 362 ■

130/Qualification



in.	mm
4	100
6	150
12	305

W2 = MINIMUM MULTIPLE PASS FILLET WELD USED IN CONSTRUCTION



MACROETCH TEST SPECIMEN

W1 = MAXIMUM SINGLE PASS FILLET WELD USED IN CONSTRUCTION

INCHES		
Weld size	T1 min*	T2 min*
3/16	1/2	3/16
1/4	3/4	1/4
5/16	1	5/16
3/8	1	3/8
1/2	1	1/2
5/8	1	5/8
3/4	1	3/4
> 3/4	1	1

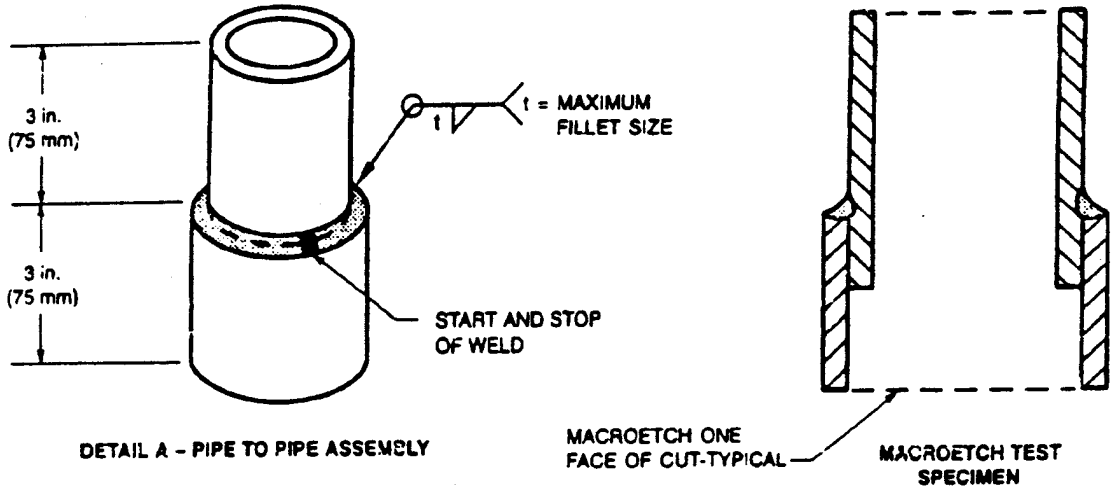
MILLIMETERS		
Weld size	T1 min*	T2 min*
5	12.7	4.8
6	19.0	6.4
8	25.4	8.0
10	25.4	9.5
13	25.4	12.7
16	25.4	15.9
19	25.4	19.0
> 19	25.4	25.4

*Note: Where the maximum plate thickness used in production is less than the value shown in the table, the maximum thickness of the production pieces may be substituted for T1 and T2.

Figure 4.19—Fillet Weld Soundness Tests for WPS Qualification (see 4.11.2)

ضمیمه ۱۳

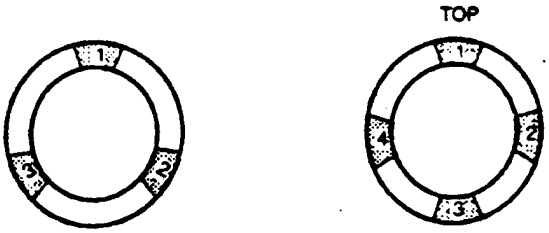
حق چاپ و تکثیر . محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد



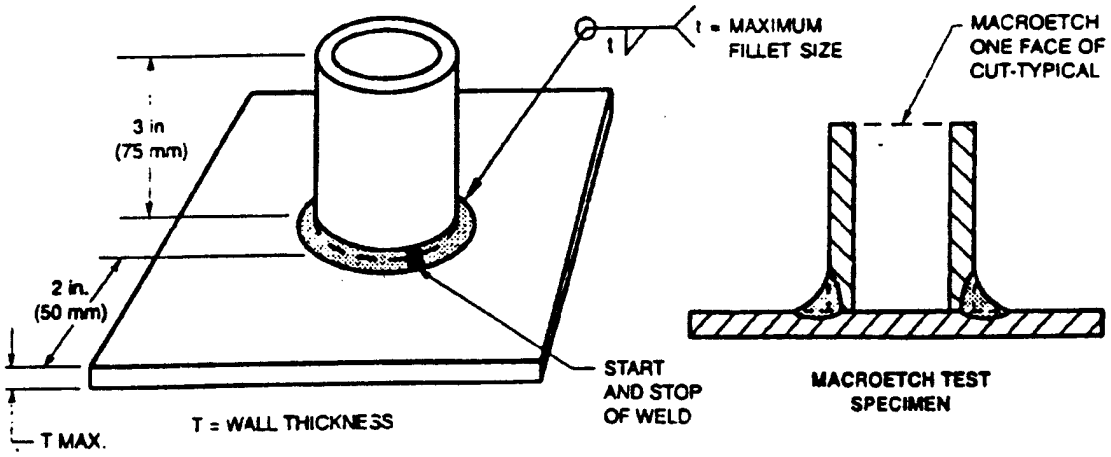
DETAIL A - PIPE TO PIPE ASSEMBLY

SEE TABLE 4.1 FOR POSITION REQUIREMENTS

NOTE: PIPE SHALL BE OF SUFFICIENT THICKNESS TO PREVENT MELT-THROUGH.



LOCATION OF TEST SPECIMENS ON WELDED PIPE - WPS QUALIFICATION



DETAIL B - PIPE TO PLATE ASSEMBLY

SEE TABLE 4.1 FOR POSITION REQUIREMENTS

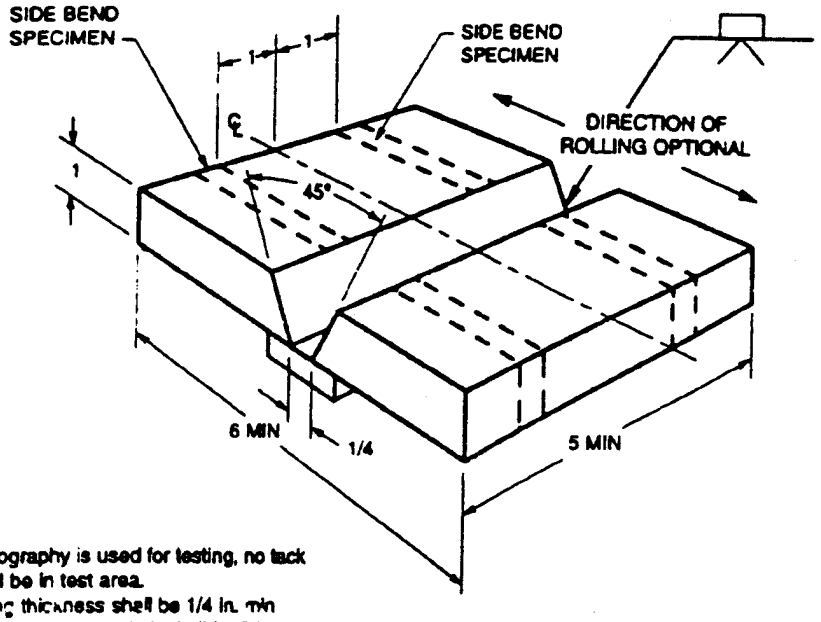
NOTE: PIPE SHALL BE OF SUFFICIENT THICKNESS TO PREVENT MELT-THROUGH.

ALL DIMENSIONS ARE MINIMUMS.

Figure 4.20—Pipe Fillet Weld Soundness Test—WPS Qualification (see 4.11.2)

STD·AWS D1.1-ENGL 1998 ■ 0784265 0508578 135 ■

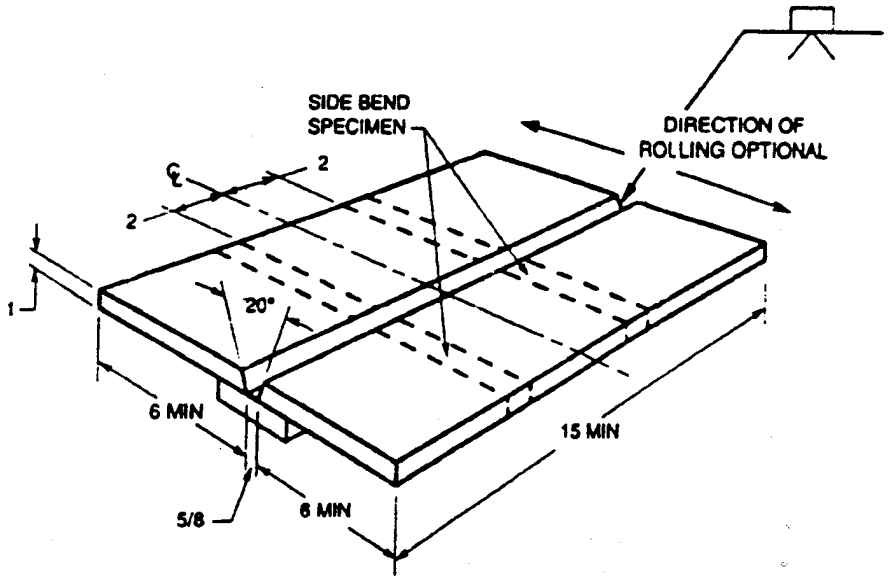
132/Qualification



in.	mm
1/4	6
3/8	10
1	25
3	75
5	125
6	150

Notes:
1. When radiography is used for testing, no tack welds shall be in test area.
2. The backing thickness shall be 1/4 in. min to 3/8 in. max; backing width shall be 3 in. min when not removed for radiography, otherwise 1 in. min.

Figure 4.21—Test Plate for Unlimited Thickness—Welder Qualification (see 4.23.1)



in.	mm
1/2	13
5/8	16
1	25
1-1/2	38
2	50
3	75
6	150
15	380

Notes:
1. When radiography is used for testing, no tack welds shall be in test area.
2. The joint configuration of a qualified WPS may be used in lieu of the groove configuration shown here.
3. The backing thickness shall be 3/8 in. min to 1/2 in. max, backing width shall be 3 in. min when not removed for radiography, otherwise 1-1/2 in. min.

Figure 4.22—Test Plate for Unlimited Thickness—Welding Operator Qualification (see 4.23.2)

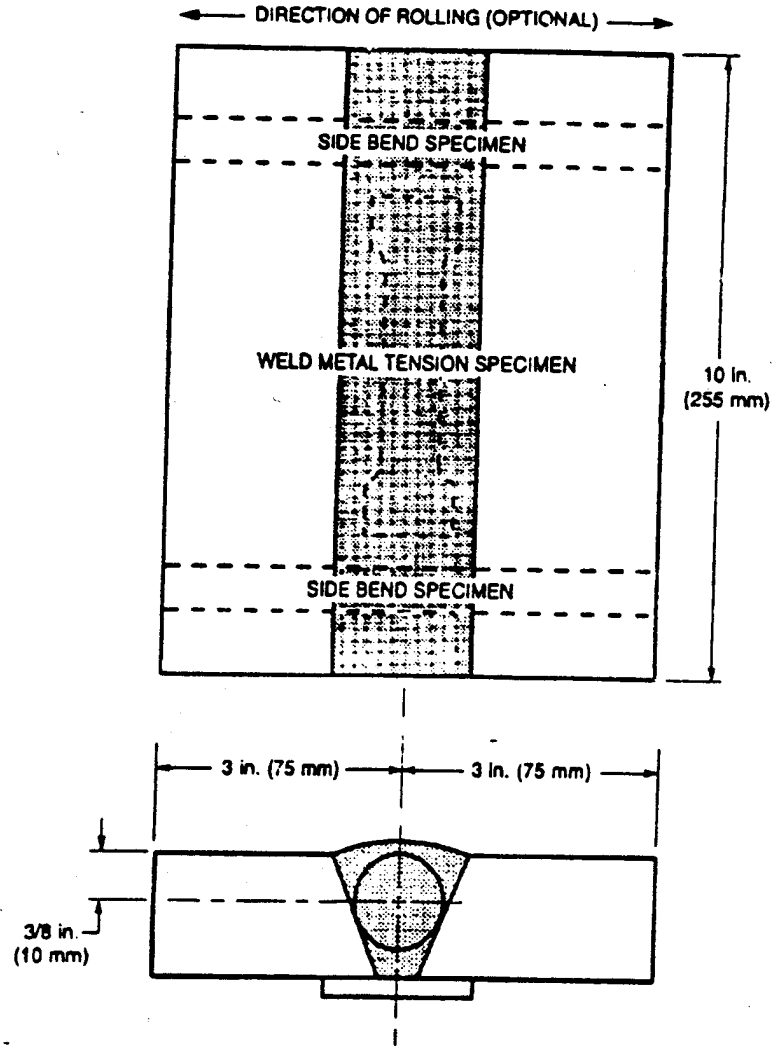


Figure 4.23—Location of Test Specimen on Welded Test Plate 1 in. (25.4 mm) Thick—Consumables Verification for Fillet Weld WPS Qualification (see 4.11.3)

(b) The narrowest root opening to be used with a 37.5° groove angle: one test welded in the flat position and one test welded in the overhead position.

(c) The widest root opening to be used with a 37.5° groove angle: one test to be welded in the flat position and one test to be welded in the overhead position.

(d) for matched box connections only, the minimum groove angle, corner dimension and corner radius to be used in combination: one test in horizontal position.

(3) The macroetch test specimens required in (1) and (2) above shall be examined for discontinuities and shall have:

(a) No cracks

(b) Thorough fusion between adjacent layers of weld metal and between weld metal and base metal

(c) Weld details conforming to the specified detail but with none of the variations prohibited in 5.24.

(d) No undercut exceeding the values permitted in 6.9.

(e) For porosity 1/32 in. (1 mm) or larger, accumulated porosity shall not exceed 1/4 in. (6 mm)

(f) No accumulated slag, the sum of the greatest dimension of which shall not exceed 1/4 in. (6 mm)

Those specimens not conforming to (a) through (f) shall be considered unacceptable; (b) through (f) not applicable to backup weld.

4.12.4.2 Complete Joint Penetration Groove Welds in a T-, Y-, or K-Connection WPS with Dihedral Angles Less than 30°. The sample joint described

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-450 SPECIMENS

QW-451 Procedure Qualification Thickness Limits and Test Specimens

QW-451.1 GROOVE-WELD TENSION TESTS AND TRANSVERSE-BEND TESTS

Thickness T of Test Coupon Welded, in.	Range of Thickness T of Base Metal Qualified, in. [Notes (1) and (4)]		Thickness t of Deposited Weld Metal Qualified, in. [Notes (1) and (4)]	Type and Number of Tests Required (Tension and Guided-Bend Tests) [Note (4)]			
	Min.	Max.	Max.	Tension QW-150	Side Bend QW-160	Face Bend QW-160	Root Bend QW-160
Less than $^1/_{16}$	T	$2T$	$2t$	2	4	2	2
$^1/_{16}$ to $^3/_8$, incl.	$^1/_{16}$	$2T$	$2t$	2	Note (3)	2	2
Over $^3/_8$, but less than $^3/_4$	$^3/_{16}$	$2T$	$2t$	2	Note (3)	2	2
$^3/_4$ to less than $1^1/_2$	$^3/_{16}$	$2T$	$2t$ when $t < ^3/_4$	2 (5)	4	...	...
$^3/_4$ to less than $1^1/_2$	$^3/_{16}$	$2T$	$2T$ when $t \geq ^3/_4$	2 (5)	4	...	...
$1^1/_2$ and over	$^3/_{16}$	8 (2)	$2t$ when $t < ^3/_4$	2 (5)	4	...	...
$1^1/_2$ and over	$^3/_{16}$	8 (2)	8 (2) when $t \geq ^3/_4$	2 (5)	4	...	...

NOTES:
(1) See QW-403 (.2, .3, .6, .9, .10), QW-404.32, and QW-407.4 for further limits on range of thickness qualified. Also, see QW-202 (.2, .3, .4) for allowable exceptions.
(2) For the welding processes of QW-403.7 only; otherwise per Note (1) or $2T$, or $2t$, whichever is applicable.
(3) Four side-bend tests may be substituted for the required face- and root-bend tests, when thickness T is $^3/_8$ in. and over.
(4) For combination of welding processes, see QW-200.4.
(5) See QW-151 (.1, .2, .3) for details on multiple specimens when coupon thicknesses are over 1 in.

A00

QW-451.2
GROOVE-WELD TENSION TESTS AND LONGITUDINAL-BEND TESTS

Thickness T of Test Coupon Welded, in.	Range of Thickness T of Base Metal Qualified, in. [Notes (1) and (2)]		Thickness t of Deposited Weld Metal Qualified, in. [Notes (1) and (2)]	Type and Number of Tests Required (Tension and Guided-Bend Tests) [Note (2)]		
	Min.	Max.	Max.	Tension QW-150	Face Bend QW-160	Root Bend QW-160
Less than $^1/_{16}$	T	$2T$	$2t$	2	2	2
$^1/_{16}$ to $^3/_8$, incl.	$^1/_{16}$	$2T$	$2t$	2	2	2
Over $^3/_8$	$^3/_{16}$	$2T$	$2t$	2	2	2

NOTES:
(1) See QW-403 (.2, .3, .6, .7, .9, .10), QW-404.32, and QW-407.4 for further limits on range of thickness qualified. These are also applicable to deposited weld metal thicknesses. Also, see QW-202 (.2, .3, .4) for allowable exceptions.
(2) For combination of welding procedures, see QW-200.4.

A00

حق چاپ و تکثیر، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-452 Performance Qualification Thickness Limits and Test Specimens

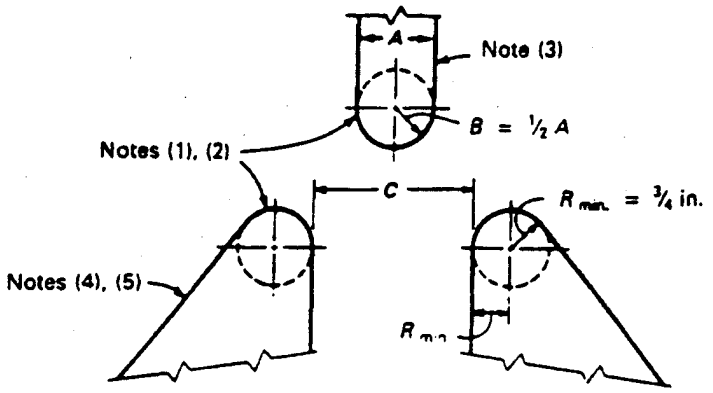
QW-452.1
TRANSVERSE-BEND TESTS

Type of Joint	Thickness of Test Coupon Welded, in. [Note (1)]	Thickness t of Deposited Weld Metal Qualified, in. [Note (2)] (See QW-310.1) Max.	Type and Number of Tests Required (Guided-Bend Tests) [Notes (3), (4), (8)] Side Bend QW-462.2	Face Bend QW-462.3(a)	Root Bend [Note (5)] QW-462.3(a)
Groove	Up to $^3/_{16}$ incl.	2t	Note (6)	1	1
Groove	Over $^3/_{16}$	2t	Note (7)	1	1
Groove	$^1/_2$ and over [Note (9)]	Max. to be welded	2	...	...

NOTES:
(1) When using one, two, or more welders, the thickness t of the deposited weld metal for each welder with each process shall be determined and used individually in the Thickness column.
(2) Two or more pipe test coupons of different thicknesses may be used to determine the deposited weld metal thickness qualified and that thickness may be applied to production welds to the smallest diameter for which the welder is qualified in accordance with QW-452.3.
(3) Thickness of test coupon of $^1/_2$ in. or over shall be used for qualifying a combination of three or more welders each of which may use the same or a different welding process.
(4) To qualify for positions 5G and 6G, as prescribed in QW-302.3, two root and two face-bend specimens or four side bend specimens, as applicable to the test coupon thickness, are required.
(5) Face- and root-bend tests may be used to qualify a combination test of:
(a) one welder using two welding processes; or
(b) two welders using the same or a different welding process.
(6) For a $^3/_8$ in. thick coupon, a side-bend test may be substituted for each of the required face- and root-bend tests.
(7) A side-bend test may be substituted for each of the required face- and root-bend tests.
(8) Test coupons shall be visually examined per QW-302.4.
(9) Test coupon weld deposit shall also consist of a minimum of three layers of weld metal.

ضمیمه ۱۴

حق چاپ و تکثیر، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد



GENERAL NOTE: See QW-466.1 for jig dimensions and general notes.

NOTES:
(1) Either hardened and greased shoulders or hardened rollers free to rotate shall be used.
(2) The shoulders or rollers shall have a minimum bearing surface of 2 in. for placement of the specimen. The rollers shall be high enough above the bottom of the jig so that the specimens will clear the rollers when the ram is in the low position.
(3) The ram shall be fitted with an appropriate base and provision made for attachment to the testing machine, and shall be of a sufficiently rigid design to prevent deflection and misalignment while making the bend test. The body of the ram may be less than the dimensions shown in column A of QW-466.1.
(4) If desired, either the rollers or the roller supports may be made adjustable in the horizontal direction so that specimens of *t* thickness may be tested on the same jig.
(5) The roller supports shall be fitted with an appropriate base designed to safeguard against deflection or misalignment and equipped with means for maintaining the rollers centered midpoint and aligned with respect to the ram.

QW-466.2 GUIDED-BEND ROLLER JIG

حق چاپ و تکثیر محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد

QW-424 Base Metals Used for Procedure Qualification

Base Metal(s) Used for Procedure Qualification Coupon	Base Metals Qualified
One metal from a P-Number to any metal from the same P-Number	Any metals assigned that P-Number
One metal from a P-Number to any metal from any other P-Number	Any metal assigned the first P-Number to any metal assigned the second P-Number
One metal from P-No. 3 to any metal from P-No. 3	Any P-No.3 metal to any metal from P-No. 3 or P-No. 1
One metal from P-No. 4 to any metal from P-No. 4	Any P-No. 4 metal to any metal from P-Nos. 4, 3, or 1
One metal from P-No. 5A to any metal from P-No. 5A	Any P-No. 5A metal to any metal from P-Nos. 5A, 4, 3, or 1 metals
One metal from P-No. 5A to a metal from P-No. 4, or P-No. 3, or P-No. 1	Any P-No. 5A metal to any metal assigned to P-No. 4, or P-No. 3, or P-No. 1
One metal from P-No. 4 to a metal from P-No. 3 or P-No. 1	Any P-No. 4 metal to any metal assigned to P-No. 3 or P-No. 1
Any unassigned metal to the same unassigned metal	The unassigned metal to itself
Any unassigned metal to any P-Number metal	The unassigned metal to any metal assigned to the same P-Number as the qualified metal
Any unassigned metal to any other unassigned metal	The first unassigned metal to the second unassigned metal

ضمیمه ۱۶

حق چاپ و تکثیر ، محفوظ و متعلق به شرکت کاوش همایش می باشد