مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران

سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران

آشنایی با تست جوشکاری

و

دستورالعمل جوشکاری

WPS ~ PQR

تهیه و تنظیم : مهندس خانیانی

حق چاپ محفوظ و متعلق به مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران میباشد.

نشانی:
تهران – نبش خیابان جام جم – ساختمان شماره ۲ سازمان گسترش – طبقه ششم.
صندوق پستی ۳۱۸۱ – ۱۵۸۱۵ تلفن : ۹-۲۰۴۴۱۰۱ داخلی ۳۵۹ و ۳۷۴ – فاکس ۲۰۴۴۰۷۳

دروس جوشکاری و تعیین کیفیت آن
WPS-PQR

فهرست مطالب **شماره صفحه**

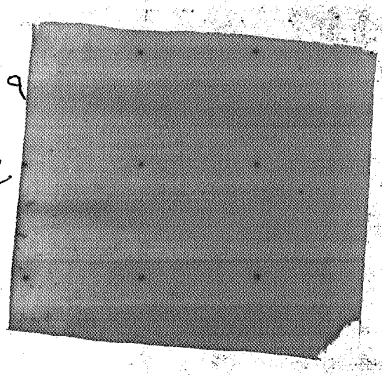
مقدمه

۲- مشخصات روش جوشکاری WPS ۱

۳- گزارش کیفیت روش جوشکاری PQR ۴۴

۴- ضمائم ۶۷

۵- منابع و ماخذ ۱۲۲



روش جوشکاری و تعیین کیفیت آن

«The Welding Procedure and its Qualification »

۱- مقدمه :

روش جوشکاری یا Welding Procedure مراحل مختلف جوشکاری یک اتصال مشخص را به تفصیل بیان می کند. روش جوشکاری در حقیقت از پیش مقادیر و محدودهٔتغییرات پارامترهای دخیل در فرایندها را مشخص کرده و مشخصات مواد مورد جوشکاری را نیز داراست. پس یک روش جوشکاری کنترل کننده و متضمن کیفیت قطعه جوشکاری شده می باشد.

بدین ترتیب هر جوشکاری نیازمند ارائه روش می باشد. معمولاً سؤال می شود که آیا روش جوشکاری ارائه شده به اجرا در می آید یا خیر ؟. در اینجا می بایست آزمایشهای کنترل کیفیتی که بر اساس استاندارد توسط تولید کننده تهیه شده ارائه شود.

لازم به تذکراست که استاندارد و مشخصات کیفیت یک قطعه جوشکاری شده به هنگام طراحی بر اساس کدهای مختلف کیفیت بیان می شود این کد و درجه بندی بسته به حساسیت کار، کشور تولید کننده، شرایط و امکانات سازنده و غیره متغیر می باشد. در نتیجه روش جوشکاری و بدنبال آن کنترل کیفیت نیز باید بر اساس همان استاندارد انجام پذیرد.

۲- مشخصات روش جوشکاری Welding Procedure Specifiction (WPS)

هدف از تنظیم یک WPS مشخص کردن جزئیات فرایند جوشکاری یک قطعه یا ماده مورد نظر است. برخی کارخانه ها برای تولیدات خود یک گواهی کیفیت نیز تنظیم می کنند تا بوسیله آن شرایط آماده سازی، چک کردن و تأیید مشخصات بیان شده در روش جوشکاری کنترل شود. مأخذ اصلی گواهی کیفیت جوشکاری مخازن تحت فشار ASME IX Boiler and Pressure Vessel Code است.

مشخصات رو ش جوشکاری می بایست بر اساس نیازهای سازنده و بنابه تأیید مشاور طرح تنظیم شود . ذکر جزئیاتی که ذیلاً بدان اشاره می شود در هر WPS لازم القید است . مأخذ مورد استفاده این درس ASME.IX بوده و به استانداردهای مشابه همچون AWS D1.1 بجای خود اشاره می شود.. کد ASME مربوط به نمونه فرم مشخصات روش جوشکاری (WPS), QW-482 می باشد

امروزه خواسته های کیفیتی جوش جهت کسب استانداردهای ISO 9000 باید بر اساس EN-729 تنظیم گردد . این استاندارد از چهار بخش به ترتیب راهنما انتخاب و استفاده ، خواسته های کیفیت کامل ، خواسته های کیفیتی استاندارد و خواسته های کیفیتی ابتدائی جوشکاری را مطرح می سازند .

مشابه آنچه ASME IX در رابطه با کنترل کیفیت جوشکاری مخازن تحت فشار مطرح ساخته از استاندارد AWS D.1.1 برای سازه های فلزی طرح شده است . استاندارد عمومی تعیین کیفیت جوش قبل از EN729 د رانگلستان BS4870 بوده است . در رابطه با جوشکاری مخازن اتمسفری و خطوط لوله گاز نیز معیارهای تعیین کیفیت به ترتیب API650 و API1101 آمده است .

در پایان لازم به تذکر است که هدف تمامی استانداردهای ذکر شده یکسان و تعیین کیفیت جوشکاری است و تنها بسته به مسائل طراحی مورد نظر پارامترهای اساسی مورد توجه جهت ارائه روش جوشکاری تغییر می کند که در فصول آتی بدان اشاره خواهد شد .

۱-۲- مشخصات سر برگ فرم WPS: در فرم شماره (۱) نمونه ای از آخرین WPS پیشنهادی AWS D1.1. آمده است. همانطور که مشاهده می شود ، قسمتهای ۱ تا ۷ مشخصات اولیه یک WPS را مشخص می کنند . بسته به شرایط کاری هر شرکت این فورمت قابل تغییر است . بنا به توصیه AWS ذکر موارد ذیل الزامی است .

۱- شماره سری مشخصات روش جوشکاری (Welding Procedure Spesifiction NO.)

۲- تاریخ تنظیم WPS (Date)

۳- شماره بازبینی ها (Revisions)

۴- تاریخ باز بینی

۵- شماره سری گزارش کیفیت روش جوشکاری (Supporting PQR NO.)

۶- روش یا روشهای مورد استفاده جهت جوشکاری (Welding Process(es))

بهتر است که فرایندهای جوشکاری (مورد بحث درس تکنولوژی جوشکاری)با نام اختصاری نشان داده شوند . اسامی اختصاری برخی فرایندهای جوشکاری در جدول شمارهٔ (۱) آمده است .

۱- جوشکاری قوس الکترودی — Manual Metal Arc Welding (MMAW) — shielded Metal Arc Welding (SMAW)

۲- جوشکاری قوس زیر پودری — Submerged Arc Welding (SAW)

۳- جوشکاری قوس فلز در حفاظ گاز — Metal Inert Gas (MIG) — Gas Metal Arc welding (GMAW)

۴- جوشکاری قوس تنگستن گازی — Metal Active Gas (MAG) TIG — Tungsten Inert Gas — Tang Stun Arc welding — GTAW

جدول ۱- اسامی اختصاری فرایندهای جوشکاری

Symbol	Welding Process	روش جوشکاری
SMAW	Shielded Metal Arc Welding	جوشکاری قوسی با الکترود روپوش دار
GMAW	Gas Metal Arc Welding	جوشکاری قوسی با محافظت گاز
FCAW	Flux Cored Arc Welding	جوشکاری قوسی با الکترود تو پودری
SAW	Submerged Arc Welding	جوشکاری قوس زیر پودری
EBW	Electron Beam Welding	جوشکاری با پرتو الکترونی
ESW	Electro Slag Welding	جوشکاری سرباره الکتریکی
TIG	Tungesten Inert Gas Arc Welding	جوشکاری با الکترود تنگستن و گاز خنثی
GTAW	Gas Tungesten Arc Welding	جوشکاری با الکترود تنگستن و گاز خنثی
PAW	Plasma Arc Welding	جوشکاری قوس پلاسما
OFW	Oxy Fuel Welding	جوشکاری با سوختهای گازی
MIG	Metal Inert Gas Arc Welding	جوشکاری قوس فلز با گاز محافظ خنثی
MAG	Metal Argon (Active) Gas Welding	جوشکاری قوس فلز با گاز محافظ آرگون فعال
EGW	Electro Gas Welding	جوشکاری گاز – الکتریکی

۷- نحوهٔ انجام فرایند جوشکاری (Type): بعنوان مثال : دستی (Manual)، اتوماتیک ، نمیه اتوماتیک ، ماشینی یا اسپری می توانند طرق مختلف اعمال یک فرایند باشند . جوشکاری قوس با الکترود روپوش دار در صورت استفاده از الکترودهائی با طول محدود و به صورت دستی Manual تلقی می شود . روشهائی مانند FCW در صورت جوشکاری دستی ، نیمه خودکار به حساب می آیند و اگر پیک آنها برروی ماشین قرار گیرد و به طور خودکار حرکت کند ، از آنجائیکه انتقال مفتول نیز خودکار بوده فرایندی ماشینی (Machine) یا تمام اتوماتیک به حساب می آید .

لازم به تذکر است که ذکر مطالبی چون : نام شرکت یا کارخانه تولیدی ، نام مشاور یا ناظر برجوشکاری ، نام قطعه یا عنوان پروژه ، کد پروژه و نظائر آن نیز باید در همین قسمت از فرم WPS

بیایند .

- الکترودهای اکسیدی - FeO یا ترکیب کمپلکس آنها - نرخ سرد تر تا بالا - پایداری قوس بالا
- الکترودهای قلیایی با پودر آهن - (۵۰-۵٪ پودر آهن + ترکیبات قلیایی)

در صفحه بعد مشترکات توضیح داده شده است -

۲-۲- طرح اتصال (Joints): مشخصات طرح اتصالی که روش جوشکاری برا ی آن نوشته می شودبر اساس کد (QW-402) می بایست در قسمتی از فرم WPS درج شود . در صورت تمایل ونیاز ، فرایند پخ سازی مورد نظر نیز قابل ذکر است . معمولاً آماده سازی شیار یا پخ جوشکاری به یکی از روشهای برش اکسیژن ، استفاده از الکترودهای کربنی ، برش قوس پلاسما یا روشهای مختلف ماشینکاری انجام می شود . بهتر است ماشینکاری و سنگ زنی پس از آماده سازی به روشهای دیگر نیز اعمال شوند . در نهایت تمیز کاری شیار یا پخ جوش باعث بهبود کیفیت کار می شود و اشاره بدان در این قسمت از WPS امکان پذیر است .

چنانچه از قسمتهای ۸ تا ۱۱ از فرم شماره (۱) ملاحظه می شود ، بنابه پیشنهاد AWS نکات زیر باید در طرح اتصال ذکر شوند::

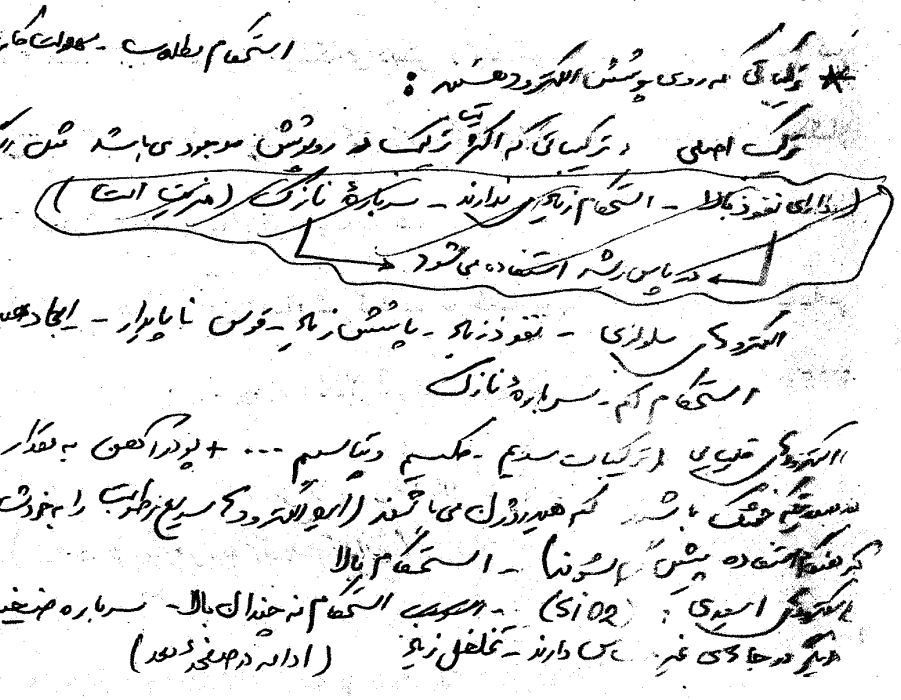
۸-طرح شیار یا پخ جوشکاری (Groove Design): در این قسمت با توجه به جدول -۲ نام یا نام اختصاری طرح اتصال یا شیار جوشکاری (مورد بحث دردرس طراحی جوش) عنوان می شود .

بهتر است که مشخصات شیار چه بصورت کامل و چه اختصاری نشانگر پارامترهای ذیل باشد :

الف- نوع اتصال جوشکاری

ب- نفوذ جوش و ضخامت قطعه مورد جوشکاری

ج- شکل شیار جوشکاری



جوشکاری قوس - زیرپودری (SAW) : این روش برای جوشکاری قطعات ضخیم استفاده می‌شود (در این روش جریان زیاد تا 1500A و حتی 2000A)
مزایای نفوذ جوش بالاست - سرعت حرارت زیاد در ناحیه جوش مشکلات دیگری ایجاد خواهد شد) - این روش برای فولادهای با نقطه ذوب
پایین استفاده می‌شود - سرعت جوشکاری بالا در مقایسه با جوشکاری دستی - حجم سرباره جمع شده (slag) خیلی زیاد می‌باشد،
درنتیجه کنترل Heat Input (انرژی حرارتی) بسیار مشکل است

جدول شماره ۲- مشخصات طرح اتصال - پودر جوش : فنلایی - خنثی - اسیدی

Symbols	Joint Types	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 و گوشه
TC	T - or Corner Joint	اتصال گوشه ای و T
BTC	Butt, T- or Corner Joint	اتصال سربه سر ، T و گوشه ای

corner joint - اتصال گوشه‌ای

Edge : اتصال

Lap joint : اتصال روی هم

Symbols	Base Metal Thickness and Penetration	میزان نفوذ جوش و ضخامت فلز پایه
L	Limited Thickness-Compelet Joint Penetration (تا حدود "۱ ضخامت)	ضخامت محدود - نفوذ کامل جوش
U	Unlimited Thickness-Compelete Joint Penetration (از "۱ به بالا)	ضخامت نامحدود - فوذ کامل جوش
P	Partial Joint Penetration (نفوذ ناقص)	نفوذ ناقص جوش

(در سمبل دوجوش یکی نفوذ ناقص است)

Symbols	Weld Types	نوع جوشکاری
1	Square- Groove	شیار مربعی
2	Single -V- Groove	شیار V- یک طرفه
3	Double -V- Groove	شیار v دوطرفهٔ (X)
4	Single - Bevel- Groove	شیار جناغی یک طرفه
5	Double -Bevel-Groove	شیار جناغی دوطرفه (K)
6	Single -U- Groove	شیار U- یک طرفه (لاله ای)
7	Double -U- Groove	شیار U- دوطرفه
8	Single -J- Groove	شیار j - یک طرفه
9	Double -J- Groove	شیار j - دوطرفه

T- Butt Weld Groove

جوش شیاری Groove Weld تنها در اتصال BUTT انجام می‌گردد

1- Groove Weld:

a- Single - Square- Groove Weld

b- Single - bevel - Groove Weld

c- Single - V- Groove Weld

D- Single - J- Groove Weld

E- Single - U- Groove Weld

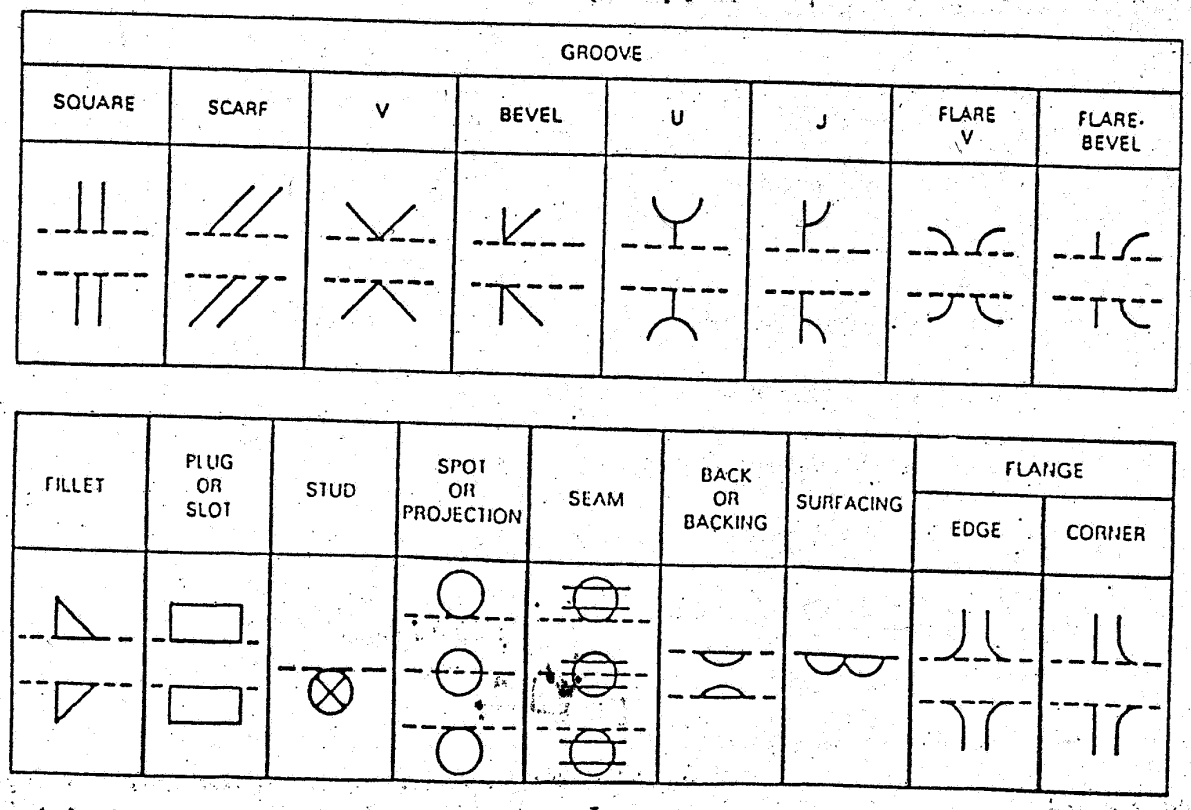
F- Single - Flare- V- Groove Weld

در جداول ضمیمه A جزوه که مربوط به شکل 1-9-2 و 1-10-2 از AWS D1.1 می باشند ، مثالهای گوناگونی از طرحهای اتصال با مشخصاتی از قبیل نام اختصاری طرح جوش ، ضخامت ورق مورد جوشکاری ، وضعیت جوشکاری مطلوب ، و ابعاد پخ مورد نظر بسته به فرایندجوشکاری و ضخامت ورق آمده است .

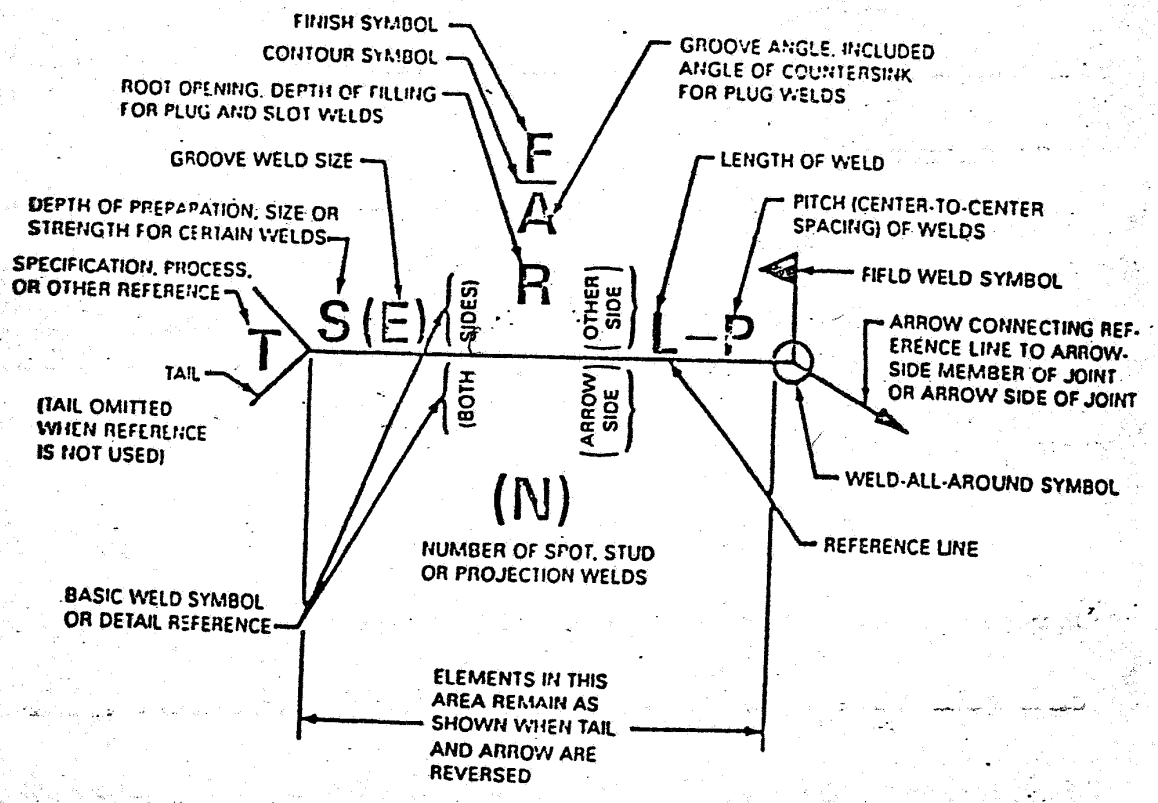
به عنوان مثال B-U2 به طرح اتصالی مربوط می شود که اولاً از نوع سر به سر بوده ثانیاً محدودیتی از نظر طراحی در مورد ضخامت های مختلف ورق نداشته و ثالثاً به شکل $\overline{U}$ یک طرفه است .

نکته دیگری که در اشکال ضمیمه A ملاحظه می شود ، علامت اختصاری جوش است که با یک فلش مشخص می گردد . در برخی موارد شکل طرح اتصال نیز در WPS ترسیم می شود (مانند فرم شماره ۲) در چنین مواردی اطلاع از علامت اختصاری طراح اتصال موجب تسهیل و تسریع انتقال طرح جوش از نقشه به قسمت مربوطه در WPS می شود . در جدول ۳ سمبل های گوناگون مورد استفاده جهت نشان دادن شیار جوش آمده است .

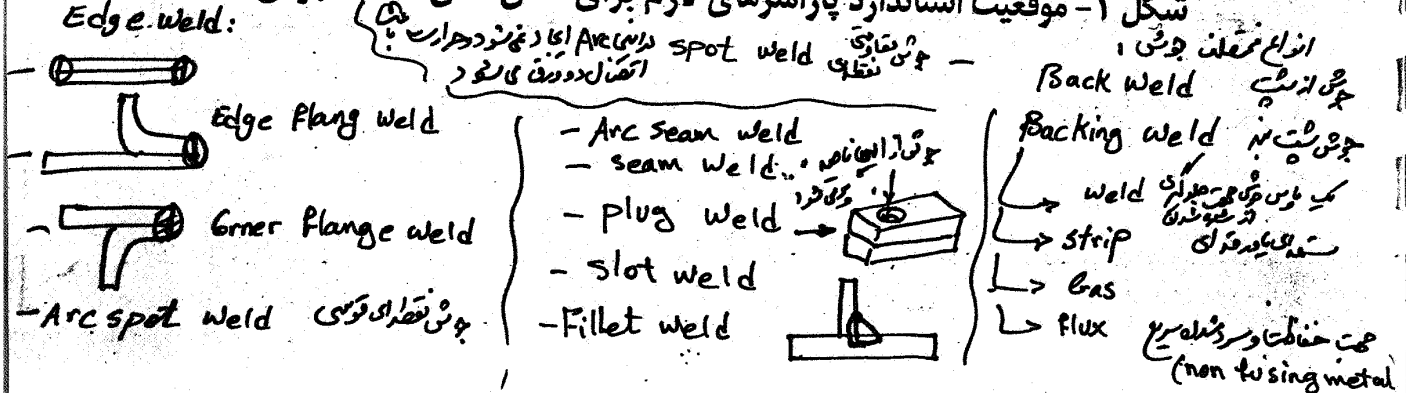
جدول ۳- علامتهای اختصاری اقسام جوشها

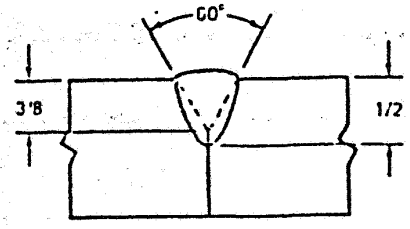


همانطور که ذکر شد علامت جوش به همراه یک فلش مشخص کننده ابعاد و مشخصات کامل پخ جوش می باشد . نحوهٔ ترسیم این فلش بر اساس شکل ۱ می باشد . همچنین در شکل ۲ ، دو مثال از نحوهٔ علامت گذاری جوش آمده است .

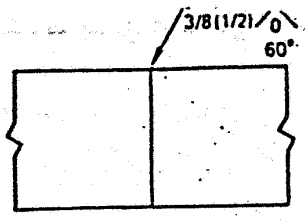


شکل ۱- موقعیت استاندارد پارامترهای لازم برای نشان دادن علامت جوش





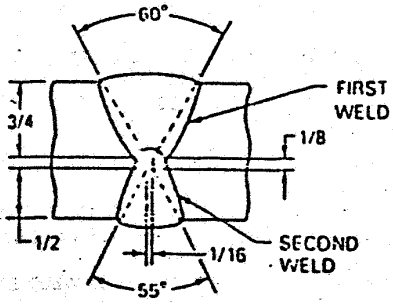
DESIRED WELD



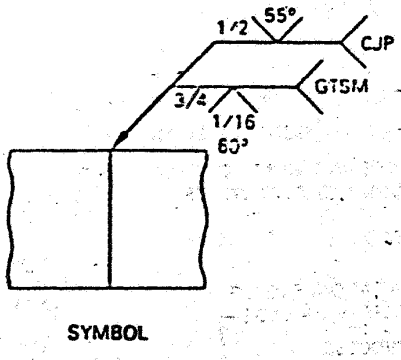
SYMBOL

DEPTH OF PREPARATION — 3/8 in
GROOVE WELD SIZE (ALWAYS SHOWN IN PARENTHESES) — 1/2 in
ROOT OPENING — 0
GROOVE ANGLE — 60°

(A) Single-V-Groove Weld From Arrow Side



DESIRED WELD JOINT



SYMBOL

NOTE: GTSM — GOUGE TO SOUND METAL
CJP — COMPLETE JOINT PENETRATION

DEPTH OF PERPARATION (ARROW SIDE) — 3/4 in.
DEPTH OF PREPARATION (OTHER SIDE) — 1/2 in.
ROOT OPENING — 1/16 in
GROOVE ANGLE (ARROW SIDE) = 60°
GROOVE ANGLE (OTHER SIDE) = 55°

شکل ۲- مثال از نحوهٔنشان دادن علامت جوش

۹- پشت بند (Backing): همانطور که در جداول ضمیمه A مشاهده می شود بنا بـه صلاحدیـد طراحی و به منظور مواردی چون جلوگیری از اکسید شدن مذاب شیار جوش ،عدم ریزش مذاب از پشـت شیار ، افزایش یا کاهش سرعت انجماد در پشت جوش ، اطمینان از خالی نماندن یا ایجـاد زیـر بـرش در قسمت پشتی جوش و غیره از تسمه ای فلزی ، جریان گاز یا فلاکس به عنوان پشـت بنـد اسـتفاده مـی شود . در این قسمت از WPS با تأیید یا عدم تأیید در مورد استفاده از پشت بند اشاره می شود.

۱۰- نوع و جنس مواد پشت بند (Backing Material <Type>) : درصورت تأیید قسمت قبل یعنی نیاز به استفاده از پشت بند جنس و نوع مواد مورد نظر جهت پشت بنددر این قسمت ذکر می‌شود . در موارد خاص اشاره به شماره استاندارد جنس مواد پشت بند نیز الزامی است . موادی که عمدتاً به عنوان پشت بند استفاده می شوند عبارتند از :

الف- تسمه های فولاد ساده کربنی ب- ورقهای مس

ج - جریان گاز های محافظ مانند نیتروژن ، آرگون یا CO2 د - فلاکس یا پودر پورجوش

۱۱- مطالب اضافی (Other): در این قسمت هرگونه مطلب اضافی دیگر از قبیل نحوه برش یا آماده سازی یخ ، تمیزکاری و غیره قابل ذکر می باشد

مطلب دیگری که معمولاً باید در WPS بدان اشاره شود ترسیم و نمایش ، تناوب پاسهای جوشکاری است . چگونگی انتخاب این تناوب مبحث درس پیچیدگی در جوش است . اما در قسمت طرح اتصال پس از رسم یخ جوش تناوب جوشکاری پاسها به همراه شماره گذاری باید ترسیم شوند . همانطور که در نمونه WPS ضمیمه B مشاهده می شود ، طرحهای جوشی که از نظر جنس ورق و نوع الکترود مورد مصرف مشابه بوده و به همین دلیل بوسیله یک WPS پوشش داده می شوند ، باید به صورت مجزا ترسیم و پاسهای متناوب آنها نشان داده شود . انتخاب قطر الکترود در هر پاس بسته به فرایند جوشکاری بوده و در ادامه مطالب توضیح داده خوهد شد .

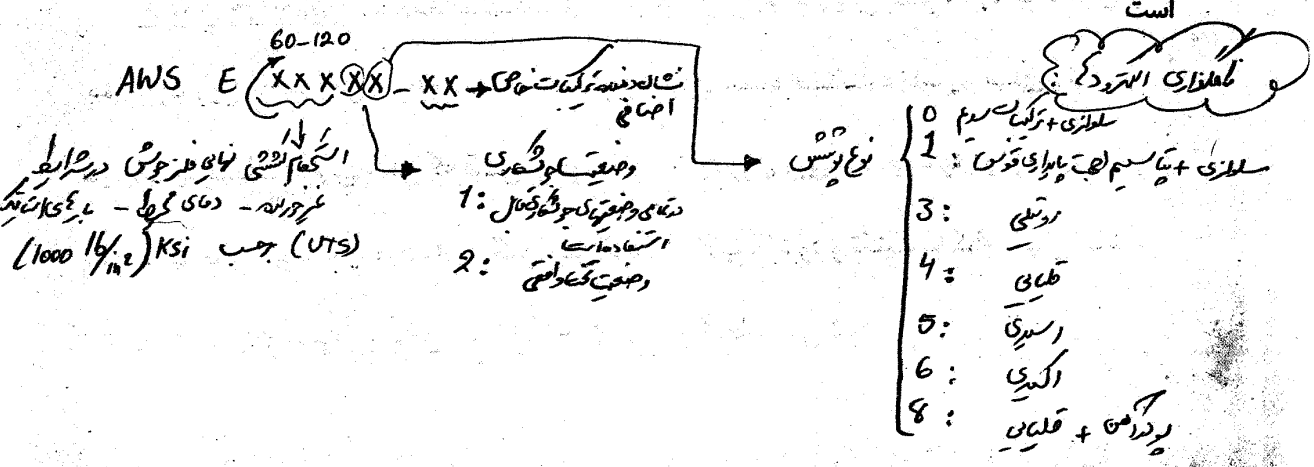
۳-۲- فلزات پایه (Base Metals): ذکر نوع و ترکیب شیمیائی فلز مورد جوشکاری از جمله مهمترین مطالب قابل ذکر در WPS است عنوان نمودن شماره استاندارد تقسیم بندی ، ترکیب شیمیائی یا عملیات حرارتی خاص که قبل از جوشکاری باید روی ورق انجام شود در انتخاب سایر مشخصات فرایند جوشکاری منجمله پیشگرم ، پس گرم ، انتخاب الکترود و تکنیک کار دخیل است . مشخصات فلز پایه معمولا بر اساس کد ASME(QW-403) انتخاب می شود .

لازم به تذکر است که فرم WPS شماره (۱) از استاندارد ASME انتخاب شده است . از اینرو بهتر است که تمامی مشخصات بر اساس این استاندارد و دیگر استانداردهای آمریکائی (...,AWS,AISI) تکمیل شود به عنوان مثال ذکر نام استاندارد فلز پایه بر اساس DIN یا JIS در فرم مشخصات جوشکاری که بقیه پارامترهای آن از ASME تکمیل شده صحیح نخواهد بود ، مگر اینکه سایر مشخصات نیز بر اساس استاندارد مورد نظر آورده شوند .

در قسمتهای ۱۲ تا ۱۶ از فرم (۱) نمونهٔ WPS پارامترهای مهم قابل ذکر در مورد فلزات پایه که قرار است با جنس مختلف یا مشابه به همدیگر جوش شوند آمده است .

۱۲- عدد مشخصهٔ P (P-No.) : جهت کاهش تعداد فرمها ی WPS و PQR فلزات پایه تحت عددی بنام P تقسیم بندی می شوند . در صورتی که برای آزمایش کیفیت فولاد تست ضربه لازم باشد تقسیم بندی جزئی تر شده و Group No. نیز مطرح می شود اساس تقسیم بندی های فوق الذکر ترکیب آلیاژ ، جوش پذیری و خصوصیات مکانیکی است . لیکن با استناد به عدد P یا Gr. مشابه نمی توان ادعا کرد که دو آلیاژ از نظر خواص متالورژیکی ، عملیات حرارتی پس از جوشکاری ، طراحی و برخی خواص مکانیکی قابل جایگزینی می باشند . در صورت نیاز به آزمایش ضربه فلز پایه می بایست خصوصیات ویژه ای داشته باشد .

در جدول ۴ کدهای مربوطه به آلیاژهای مختلف که با مراجعه بدان P.No. مشخص می شود آمده است



جدول ۴ - کدهای ASME مربوط به P-No. آلیاژهای مختلف

نوع آلیاژ	کد مربوطه به ASME IX	P-No.
فولادها	QW-422.1 تا QW-422.11	1-11
آلومینیوم و آلیاژهای پایه Al	QW-422.21 تا QW-422.25	21-25
مس و آلیاژهای پایه Cu	QW-422.31 تا QW-422.35	31-35
تیتانیوم و آلیاژهای پایه Ti	QW-422.41 تا QW-422.47	41-47
زیرکونیم و آلیاژهای پایه Zr	QW-422.61 تا QW-422.62	61-62

در کدهای فوق الذکر Gr-No. نیز آمده است. در QW-424 ذکر شده، در صورتیکه آلیاژ در جداول QW-422 موجود نباشد بجای P-No می توان مشخصات (Specification)، نوع و درجه (Type & Grade) ترکیب شیمیائی (Chemical Analysis) یا خصوصیات مکانیکی (Mechanical Properties) آلیاژ مورد جوشکاری را در WPS قید کرد (فرم شماره ۲)

در ضمیمه C چند صفحه از QW-422 آمده است. در این جداول P-No., Gr-No. برخی فولادهای ساده کربنی و فولادهای زنگنزن آمده است.

۱۳- عدد P (P-No.) : در این قسمت P-No. فلز پایه دوم که قرار است به قطعه ای با P-No مندرج در قسمت ۱۲ جوشکاری می شود ذکر خواهد شد.

۱۴- محدودهٔ ضخامت (Thickness Range) : ضخامت مقطع مورد جوشکاری در این قسمت ذکر می شود بر اساس ASME برای کمتر شدن تعداد WPS می توان از محدودهٔ ضخامت زیر استفاده کرد : الف - ضخامت کمتر از 1/16 اینچ

ب- 3/8 > ضخامت > 1/16 اینچ

ج - 3/4 > ضخامت > 3/8 اینچ

د- 1,1/2 > ضخامت > 3/4 اینچ

ه - ضخامت بالای 1/2, 1 اینچ

a) 0 - 1.5 mm
b) 1.5 - 10 mm
c) 10 - 20mm
d) 20 - 40 mm
e) 40 → ∞

۱۵- محدودهٔ قطر لوله (Pipe Dia .Range) : در صورتیکه قطعه مورد جوشکاری لوله باشد علاوه بر ذکر ضخامت ورق به عنوان محدودهٔ ضخامت در قسمت 14 لازمست تا قطر لوله مورد جوشکاری نیز در این قسمت از WPS ذکر شود . قطر خارجی لوله با علامت .O.D و قطر داخلی با علامت .I.D مشخص می شوند .

۱۶- مسائل دیگر (Other) : در این قسمت نکات دیگری که به فلزات پایه مربوط باشد ذکر می شود .

الف – اندازه جوش گوشه ای فیلت)

ب– ذکر استاندارد های دیگر جنس فلزات پایه

ج – .Group .No یا شماره گروه فلز پایه در صورت نیاز به آزمایش ضربه در PQR

د – هریک از موارد :

Specification ,Type & Grade , Chemical Analysis , Mechanical Properties .

۴-۲- سیم جوش ها (Filler Metals): در صورتیکه تمایل به شباهت بین فلز جوش و فلز پایه باشد از جدول ضمیمه D برای انتخاب الکترود استفاده می شود . در این جدول سیم جوش و فلاکس سازگار با فلز پایه به ازای فرایندهای مختلف جوشکاری و تحت استاندارد آمریکائی آمده است . به هنگام ارائه مشخصات جوشکاری توجه به نکات زیر در مورد الکترود روشهای مختلف جوشکاری مهم است :

الف – در روش جوشکاری با الکترود دستی ماکزیمم سایز جوش گوشه ای با یک پاس 6.4 میلیمتر و برای جوشهای شیاری نیز در یک پا س 6.4 میلیمتر یا 1/4 اینچ است که با استفاده از الکترود کم هیدروژن 70xx بدست می آید .

ب – درروش جوشکاری زیر پودری بیشترین اندازه جوش گوشه ای یا شیاری قابل اجرا در یک پاس با استفاده از الکترود Exxx -E7x ، 8 میلیمتر است .

ج – در جوشکاری های قوس – فلز با محافظت گاز ماکزیمم سایز جوش گوشه ای یا شیاری در یک پاس 8 میلیمتر با استفاده از الکترود E70S-X است .

د – در جوشکاری با الکترود تو پودری بیشترین اندازه جوش گوشه ای یا شیاری در یک پاس 8 میلیمتر با استفاده از الکترود E70T-X حاصل می شود .

ه – الکترود ها می بایست قبل ازمصرف خشک شوند . روکش تمام کلاسهای الکترود تقریباً کم هیدورژن است . الکترودهای کلاس AWS A5.1 نیز به منظور عدم جذب هیدروژن توسط روکش باید کاملاً عایق بسته بندی شوند . در صورت باز شدن روکش عایق این الکترودها لازمست تا قبل از مصرف ۲ ساعت دردمای c 230-260 پیشگرم و خشک شوند .

الکترودهای کلاس AWS A5.5 روکش کم هیدروژنی دارند از اینرو می بایست قبل از مصرف ۱ ساعت در c 370-430 خشک شوند. تمامی الکترودها بهتر است به محض باز شدن بسته بندی و قبل از مصرف در خشک کنی با حداقل ۱۲۰ درجه سانتیگراد نگهداری شوند .

پس از باز شدن درب بسته بندی یا خروج الکترودها از خشک کن الکترودها نباید بیش از زمان مندرج در ستون A از جدول ۵ در معرض اتمسفر قرار گیرند.

در صورتیکه الکترودی در محدودهٔ زمانی ستون B جدول ۵ در اتمسفر قرار گرفت لازمست تا از نظر جوشکاری ، بازبینی ظاهری و خواص دیگری که در AWSA5.5(Table9) آمده آزمایش شود .

الکترودی که با شرایط جدول ۵ سازگار باشد لازم نیست بیش از یک بار خشک شود . الکترودهای خیس شده به هیچ وجه قابل استفاده نیستند . لازم به تذکر است که تولید کنندگان الکترود موظفند تا در صورت تمایل خریدار برگه تأییدیه (Certificate) محصولشان را در اختیار ایشان قرار دهند (AWS/A 5. 5)

جدول ۵- زمان مجاز در اتمسفر قرار گرفتن الکترودهای کم هیدروژن

Electrode	Column A (hours)	Column B (hours)
A5.1		
E70XX	4 max	Over 4 to 10 max
A5.5		
E70XX	4 max	Over 4 to 10 max
E80XX	2 max	Over 2 to 10 max
E90XX	1 max	Over 1 to 5 max
E100XX	1-2 max	Over 1 2 to 4 max
E110XX	1_2 max	Over 1 2 to 4 max

با توجه به کد (QW-404) ASME مشخصات الکترود (سیم جوش) در قسمتهای 17 تـا 27 از نمونه فرم شماره (1)WPS به شرح ذیل آمده است :

۱۷ - عدد F(F-NO.) : F-No. در حقیقت یک تقسیم بندی برای الکترود ها ست در کد QW-432 از ASME طی جداولی بدان اشاره شده که البته در ضمیمه E این جـزوه آمـده اسـت . اسـاس ایـن تقسیم بندی موارد استفاده ، کاهش تعداد PQR , WPS های یک پروژه و مشابهت خصوصیات جوشکاری سیم جوش بوده است .

در جدول ۶ چگونگی تقسیم بندی F-No. آلیاژهای مختلف آمده است .

جدول ۶ - F-No. آلیاژهای مختلف

نوع آلیاژ سیم جوش	F-No.	QW
آلیاژهای فولادی	1-6	432.1
آلومینیوم و آلیاژهای پایه Al	21-24	432.2
مس و آلیاژهای پایه Cu	31-37	432.3
نیکل و آلیاژهای پایه Ni	41-45	432.4
تیتانیوم و آلیاژهای پایه Ti	51	432.5
زیر کونیم و آلیاژهایه پایه Zr	61	432.6
آلیاژهای روکش کاری و سخت کاری سطحی	71-72	432.7

۱۸- نام دیگر (Other): در صورتیکه الکترود مورد نظر در تقسیم بندی F-No. گنجانده نشده باشد ، از نظر عنوان تجاری الکترود و کد سازنده می توان در این قسمت یاد کرد.

۱۹- آنالیز فلز جوش یا عدد A (A-No.) : A-No. تنها در مورد آلیاژهای آهنی کاربرد دارد . بر اساس کد ASME(QW-404.S) ابتدا آنالیز جوش در هر فرایند به روش زیر باید محاسبه شده و سپس بر اساس جدول ۷ (QW-442) A-No. تشخیص داده شده و در قسمت مربوطهٔ WPS درج گردد.

الف - برای SMAW,GTAW,PAW یا آزمایشی برای تشخیص آنالیز جوش انجام می شود و یا بر اساس مدرک کیفیت جوش سازنده آنالیز ارائه شده مورد قبول قرار می گیرد . در صورت انجام آزمایش ، نمونه باید مشابه آزمایش آنالیز استاندارد سیم جوش صورت پذیرد .

ب- برای GMAW,ESW یا از مشخصات ارائه شده توسط سازنده استفاده می شود .یا اینکه با شرایطی مشابه استاندارد نمونه آنالیز تهیه می شود . در هر دو صورت گاز محافظ باید گاز مورد استفاده در فرایند باشد .

ج - برای SAW نیز یا از مشخصات سازنده تحت شرایط استفاده از فلاکس مشابه فرایند اجرائی استفاده می شود ویا تحت شرایط کاری نمونه آنالیز تهیه می شود.

جدول ۷ آنالیز جوش و تقسیم بندی A-No.

A-NUMBERS
Classification of Ferrous Weld Metal Analysis for Procedure Qualification

A-No.	Types of Weld Deposit	Analysis, % [Note (1)]					
		C	Cr	Mo	Ni	Mn	Si
1	Mild Steel	0.15	...	...	...	1.60	1.00
2	Carbon-Molybdenum	0.15	0.50	0.40-0.65	...	1.60	1.00
3	Chrome (0.4% to 2%)-Molybdenum	0.15	0.40-2.00	0.40-0.65	...	1.60	1.00
4	Chrome (2% to 6%)-Molybdenum	0.15	2.00-6.00	0.40-1.50	...	1.60	2.00
5	Chrome (6% to 10.5%)-Molybdenum	0.15	6.00-10.50	0.40-1.50	...	1.20	2.00
6	Chrome-Martensitic	0.15	11.00-15.00	0.70	...	2.00	1.00
7	Chrome-Ferritic	0.15	11.00-30.00	1.00	...	1.00	3.00
8	Chromium-Nickel	0.15	14.50-30.00	4.00	7.50-15.00	2.50	1.00
9	Chromium-Nickel	0.30	25.00-30.00	4.00	15.00-37.00	2.50	1.00
10	Nickel to 4%	0.15	...	0.55	0.80-4.00	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	1.50	0.25-0.80	1.25-2.80	0.75-2.25	1.00

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

۲۰- **ترکیب دیگر (Other)**: در صورت موجود نبودن آنالیز جوش مورد نظر در جدول A-No. کافیست آنالیز اسمی فلز جوش یا حداقل نام تجاری الکترود در این قسمت یاد شود.

۲۱- **شماره مشخصات (Spec.No.(SFA))**: بیش از بیست شماره مشخصات سیم جوش توسط AWS تعیین شده است. این تقسیم بندی در ASME با یک پیشوند SF همراه است. در جدول ۸ شماره مشخصات اقسام سیم جوش ها بر اساس کد بندی AWS آمده است:

جدول ۸ - شماره مشخصات خانواده های مختلف سیم جوش

شماره مشخصات	نوع سیم جوش
A5.3	مشخصات الکترودهای جوشکاری قوس آلومینیوم و آلیاژهای آلومینیومی
A5.10	مشخصات سیم جوش و الکترود لخت برای جوشکاری آلومینیوم و آلیاژهای آن
A5.17	مشخصات الکترود های لخت فولاد کربنی و فلاکس برای SAW
A5.23	مشخصات الکترود های لخت فولاد کم آلیاژی و فلاکس برای SAW
A5.8	مشخصات سیم جوش لحیم کاری (Brazing)
A5.15	مشخصات سیم جوشها و الکترودهای روکش دار جوشکاری چدن
A5.21	مشخصات الکترودها و سیم جوشهای روکش کردن کامپوزیت
A5.6	مشخصات الکترودهای روپوشدار مس و آلیاژهای آن
A5.7	مشخصات سیم جوش والکترودهای سخت مس و آلیاژهای آن
A5.4	مشخصات الکترودهای روکش دار فولاد زنگنزن کرومدار و کروم نیکل
A5.9	مشخصات سیم جوش لخت فولاد زنگنزن کرومدار و کرومی نیکلی همچنین سیم جوشها و الکترودهای لایه لایه، کامپوزیت و توپر

A5.22	مشخصات الکترودهای توپودری فولاد زنگنزن کرومدار و کروم نیکل
A5.5	مشخصات الکترودهای روکش دار فولاد کم آلیاژ ویژه جوشکاری قوس
A5.19	مشخصات سیم جوش و الکترود های لخت آلیاژهای منیزیم
A5.1	مشخصات الکترودهای جوشکاری قوس فولاد معمولی
A5.20	مشخصات الکترودهای توپودری فولاد معمولی ویژه جوشکاری قوس
A5.18	مشخصات الکترودهای فولاد معمولی ویژه GMAW
A5.14	مشخصات سیم جوش و الکترود های لخت نیکل و آلیاژهای آن
A5.11	مشخصات الکترودهای روکش دار نیکل و آلیاژهای آن
A5.13	مشخصات الکترود های روکش دادن سطحی
A5.16	مشخصات سیم جوش و الکترود های تیتانیوم و آلیاژهای آن
A5.12	مشخصات الکترودها و سیم جوش لخت جوشکاری TIG
A5.24	مشخصات الکترودها و سیم جوش لخت جوشکاری زیر کونیم و آلیاژهای آن

معمولا سازندگان الکترودهای جوشکاری شماره مشخصات (SFA.No.) را ارئه می کنند در غیر اینصورت با استفاده از جدول ۸ این قسمت تکمیل می شود. در صورت عدم وجود SFA می توان نام تجاری الکترود را در این قسمت ذکر کرد.

۲۲- شماره کلاس و استاندارد ASM الکترود (AWS No. [Class]) : استانداردهای گوناگونی برای نام گذاری الکترودها وجود دارد مانند : ISO, ... ,BS ,JIS ,AWS ,DIN . برای الکترودهای روکش دار کلاس A 5.1 جوشکاری با قوس الکتریکی نامگذاری به روش AWS ابتدا با حرف E به معنای الکترود آغاز می شود ، دو عدد اول پس از E نشان دهنده استحکام کششی فلز جوش الکترود بر حسب Ksi می باشد (در الکترودهای استحکام بالا سه عدد اول مانند E11013G) مثلا:

E60XX , E70XX ,E80XX , E90XX , E110XX ,E120XX,

اولین عددی که پس از دو رقم استحکام می آید نشان دهندهٔ وضعیت جوشکاری قابل اجرا با این نوع الکترود است :

الف – EXX1X : جوشکاری در چهار وضعیت (OH ,H ,V ,F) امکان پذیر است .

ب– EXX2X: جوشکاری در وضعیتهای تخت و افقی (H ,F) امکان پذیر است .

ج – EXX3X : جوشکاری فقط در حالت تخت (F) امکان پذیر است .

آخرین عددی که در نامگذاری الکترود به روش AWS می آید از 0- 8 متغیر است و نشاندهنده کلاس روپوش الکترود ، نوع برق و سایر خصوصیات گروه جوش می باشد که درجدول ۹ بدانها اشاره شده است .

در مورد الکترود یاسیم جوش کلاس A5.4 . فولادهای زنگنزن نام استاندارد آمریکائی (ASTM) فولاد زنگنزنی که آنالیز مشابه با ترکیب سیم جوش یا الکترود دارد . پس از حرف (E) (در مورد جوشکاری قوس)آورده می شود . به عنوان مثال E316 L-16 یا E310 یا L E304 سیم جوشهای ویژهٔجوشکاری با فرایندهای OFW بجای حرف E یا G آغاز می شوند مانند G316 که سیم جوش فولاد زنگنزن با ترکیب آلیاژ فولاد ASTM316 است .

به منظور فراگیری نحوهٔ نامگذاری سایر کلاسهای الکترودهای فرایند FCAW,GMAW,SAW,... لازمست تا به استاندارد AWS مراجعه شود.

جدول ۹- روپوشها و جریانهای مناسب مربوط به رقم چهارم طبقه بندی AWS

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 قطب معکوس
۳	پرتیتان، پتاسیم	متناوب یا مستقیم (هـ)
۴	پودر آهن، تیتانی	متناوب یا مستقیم (هـ)
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، کم‌هیدروژن	متناوب یا مستقیم قطب معکوس

۲۳- سایز الکترود (Size of Electrode): برای انجام با صرفه ترین جوش انتخاب اندازه الکترود (قطر میله مغزی) باندازه انتخاب نوع الکترود اهمیت دارد . در انتخاب اندازه الکترود موارد زیر مورد توجه قرار می گیرند : طرح اتصال ، ضخامت لایه های جوش ، حالت جوشکاری ، حرارت قابل تحمل توسط قطعه و مهارت جوشکار.

تعداد لایه ها یا پاسهائی که جوش احتیاج دارد بطور عمده بستگی به طرح اتصال ، اندازه الکترود ، ضخامت فلز پایه ، حالت جوشکاری و مهارت جوشکار دارد . اندازه مناسب الکترود برای مصرف در جوشهای مختلف برای اتصالات و حالات جوشکاری مختلف ذیلاً بیان شده است :

الف – برای جوش لوله یا سایر اتصالاتی که احتیاج به ذوب خوب در ریشه دارد و امکان جوشکاری از پشت جوش نیست ، حداکثر الکترود به قطر 3.25تا 4 میلیمتر برای پاس اول پیشنهاد می شود . برای

جوشکاری پاسهای دیگر در تمام حالات الکترودهای قطر 4تا5 میلیمتر می تواند مورد استفاده قرار گیرد .

برای جوشکاری در حالت تخت از الکترودهای با قطر بالای 5 میلیمتر نیز استفاده می شود . در لوله های قطر کم پاس اول با الکترود قطر 2.5 و سایر پاسها با الکترودهای قطر 4, 3.25 قابل جوشکاری است

ب- در جوشکاری اتصالات v شکل یا جناغی یک طرفه که دارای تسمه ای در پشت اتصال می باشند در حالت تخت برای پاس اول می توان از الکترود قطر 5 و برای پاسهای دیگر از الکترود بزرگتر استفاده کرد .

ج - برای جوشهای گوشه ای در حالت تخت و سربه سر غیر تخت الکترود 5 میلیمتری حداکثر قطری است که عملاً مصرف می شود و در این حالت نیز اغلب پاس اول با الکترود قطر 4 میلیمتر جوشکاری میشود .

ه- در مورد الکترودهایی که با روکش کم هیدروژن اندازه معمول برای جوشکاری عمودی و بالا سر قطرهای 4, 3.25 میلیمتر و برای جوشکاری تخت و افقی قطر 5 یا بزرگتر می باشد .

۲۴- سایز سیم جوش (Size of Filler) : قطر سیم جوشی که جهت پرکردن شیار مورد نظر بکار می رود در این قسمت می آید انتخاب قطر بستگی به حرارت قوس و نرخ ذوب مورد نظر دارد

۲۵- کلاس فلاکس الکترود (Electrode -Flux [Class]) : هرگونه مشخصات یا شماره استاندارد روکش الکترود مانند AWS F72-Em12k در این قسمت ذکر می شود .

الکترودهای روکش دار ازنظر پوشش در ۶ کلاس تقسیم بندی می شوند :

کلاس اول= الکترودهای سلولزی : بخش عمده از روکش این الکترودها را مواد سلولزی تشکیل داده ، بیشترین عمق نفوذ را در بین الکترودها دارد و بهتر است در جریان DC استفاده شوند زیرا در پوشش آنها مواد یونیزه شونده کم بوده و قوسشان ناپایدار است .

کلاس دوم= الکترودهای روتیلی : دارای مقدار قابل توجهی روتیل (اکسید تیتانیوم Tio2) در روپوش می باشند همچنین مقادیری سدیم و پتاسیم در روپوش اضافه می شود که باعث قوس آرامتر شده ولی نفوذ را کاهش می دهد . حساسیت این الکترود به رطوبت کم است و نیز پاشش آن به هنگام جوشکاری کم ، عمق نفوذ متوسط و سرباره بخوبی جدا می شود . در جوشهای عمودی سر پائین استفاده می شود .

کلاس سوم = الکترودهای روتیلی قلیائی : میزان Tio2 پوشش کمتر است در عوض خواص جوشکاری خوب الکترود های روتیلی را با کیفیت بالای فلز جوش الکترودها ی قلیائی ترکیب می نماید . بنابر این الکترود مزبور برا ی جوشکاری افقی – عمودی استفاده می شود . درجریان AC قابل جوشکاری بوده و ضمن پایداری قوس ،سر باره آنها براحتی جدا می شود .

کلاس چهارم = الکترودهای اسیدی : این الکترودها پوشش کلفتی داشته و سربارهٔ حجیم و باد کرده که به سادگی جدا می شود ایجاد میکنند . در ترکیب پوشش اکسید های کمپلکس آهن و منگنز موجود است . سطح جوش تمیزو براق بوده ولی نفوذ جوش نسبتا کم است .

کلاس پنجم = الکترودهای اکسیدی : این الکترودها نیز پوشش ضخیم داشته و در پوشش آنها اکسیدهای کمپلکس آهن و منگنز وجود دارند اما دارای مقدار قابل توجهی اکسید آهن نیز می باشند ضمن اینکه اکسید منگنز نیز تا حدودی موجود است . سطح جوش خوب و سهولت پاک شدن سرباره از مزایای آن است .

کلاس ششم = الکترودهای قلیائی : بخش عمده روکش قلیائی ، اکسید های قلیائی چون Cao , Mgo و کمی Tio2 می باشد بهترین خصوصیات را ازنظر کیفیت فلز جوش دارند . مذاب به خوبی تصفیه شده و کمترین ناخالصی را داراست اما قوس چندان پایداری ندارند .

برای فرایند زیر پودری (SAW) نیز نوع فلاکس مورد استفاده در A5.17 AWS یعنی مشخصات الکترودها و فلاکس آهن معمولی و نیز AWS A5.23 مشخصات الکترود ها و فلاکس فولادهای کم

آلیاژ ، ویژه جوشکاری زیر پودری آمده است . درصورت استفاده از فرایند SAW هر گونه مشخصات فالکس مورد نظر در این قسمت یاد می شود .

۲۶- وصله های مصرف شونده (Consumable Insert) : به منظور حفظ مشخصات طرح اتصال از وصله هائی استفاده می شود که بعضاً مصرف شونده هستند وبعدا در میان جوش باقی می مانند. مشخصات این وصله ها در AWS -5.30 آمده است . در مواردی که آنالیز و مشخصات بر اساس SFA5.30 صدق کند ، F-No. نیز باید بر اساس QW-432 با سیم جوش مورد مصرف همگون باشد .

۲۷- مسائل دیگر (Other) : در صورت استفاده از چند لایه الکترود های مختلف مشخصات الکترود های دیگر در این قسمت ذکر می شود . نام تجاری و کد سازنده نیز درصورت قید ، مطلوب است . حتی ترکیب یا سایر مشخصات وصله مصرف شونده را می توان در اینجا آورد .

۵-۲- وضعیت جوشکاری (Position) : بر اساس کد ASME(QW-405) قطعات مورد جوشکاری در یکی از چهار وضعیت زیر قرار دارند .

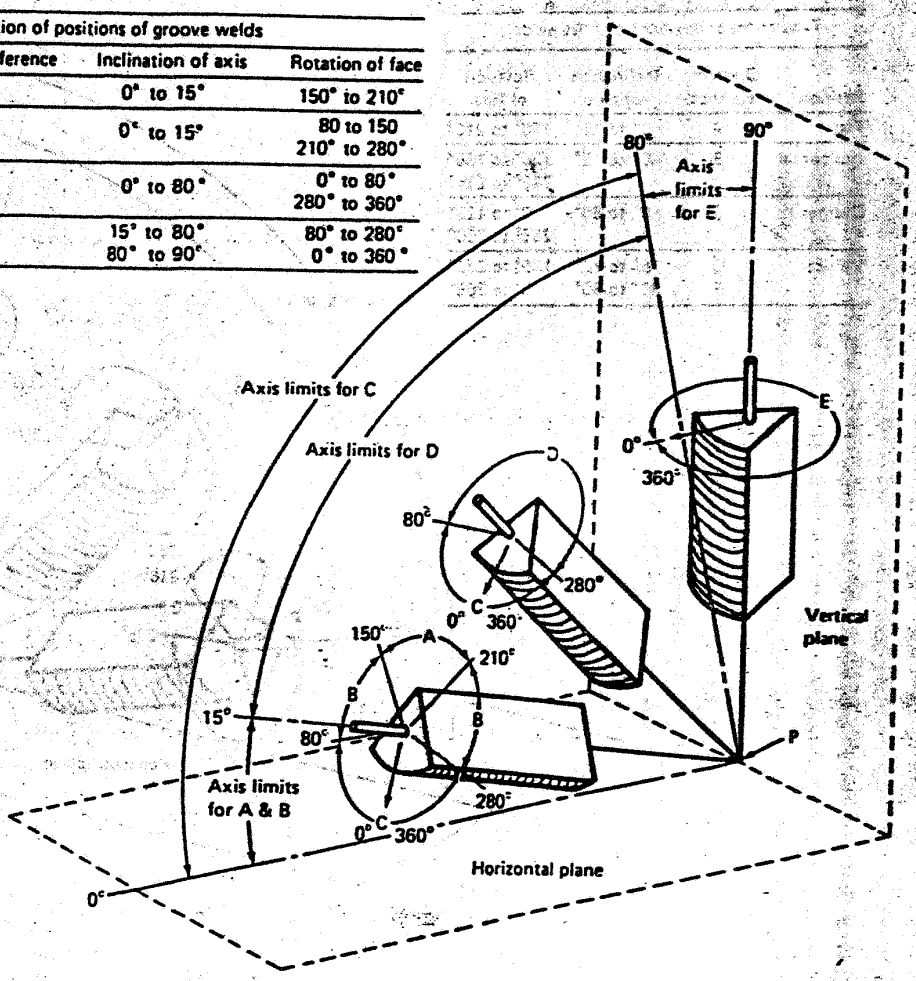
الف : تخت (Flat) ب- افقی (Horizontal) ج - عمودی (Vertical)

د: بالای سر(Over head)

در دوشکل 3,4 جهات و زوایایی که هریک از چهار حالت فوق اتفاق می افتد نشان داده شده است .

شکل ۳ - وضعیتهای جوشکاری شیاری (Groove Weld)

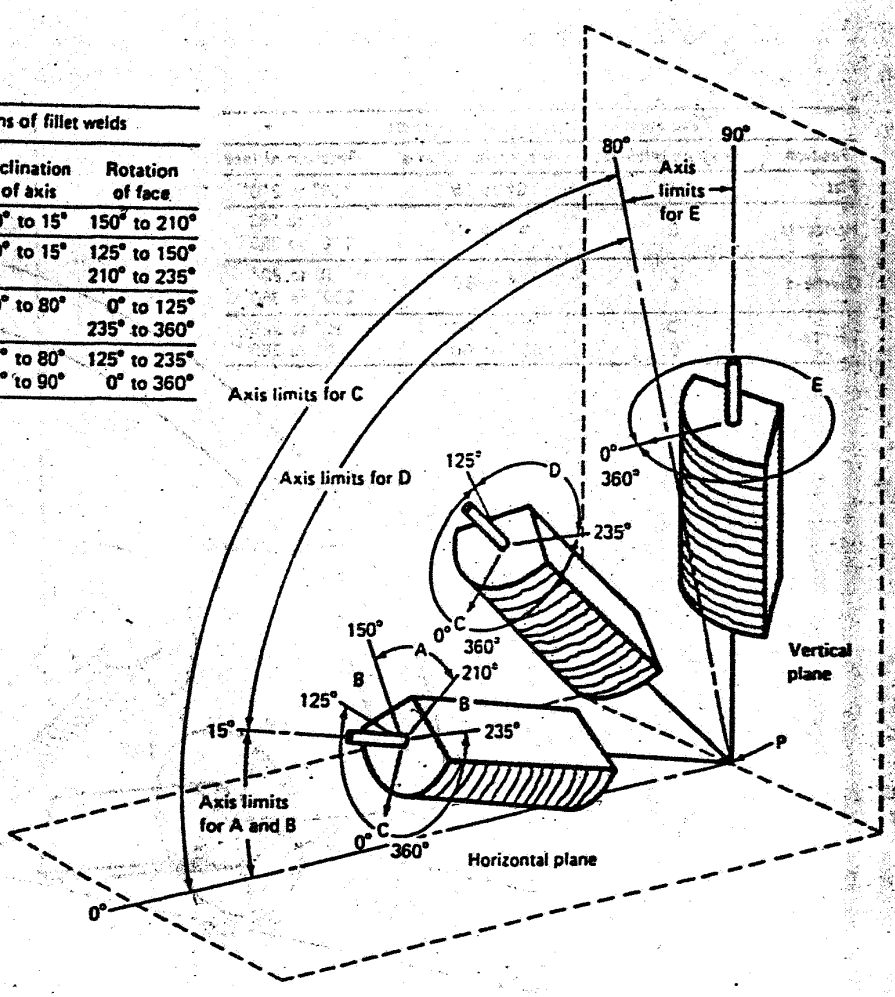
Tabulation of positions of groove welds			
Position	Diagram reference	Inclination of axis	Rotation of face
Flat	A	0° to 15°	150° to 210°
Horizontal	B	0° to 15°	80 to 150 210° to 280°
Overhead	C	0° to 80°	0° to 80° 280° to 360°
Vertical	D E	15° to 80° 80° to 90°	80° to 280° 0° to 360°



شکل ۴- وضعیت های جوشکاری گوشه‌ای (Fillet Weld)

Tabulations 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°



همانطور که در فرم شماره (۱) ملاحظه می شود در قسمتهای ۲۸ تا ۳۰ از (WPS) نمونـه وضعیـت جوشکاری باید مشخص شود برای سهولت کار از کدهای اختصاری مندرج در جدول ۱۰ استفاده می شود

جدول ۱۰ - کد اختصاری وضعیتهای جوشکاری

جوشکاری شیاری ورق		جوشکاری شیاری لوله		جوشکاری گوشه ای ورق		جوشکاری گوشه ای لوله	
وضعیت	علامت	وضعیت	علامت	وضعیت	علامت	وضعیت	علامت
تخت	1G	چرخش افقی لوله	1G	تخت	1F	لوله مورب با چرخش	1F
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
بالای سر	4G	لوله مورب ثابت	6G	بالای سر	4F	لوله عمودی جوش بالای سر	4F
		لوله مورب ثابت بایخ K,Y,T	6GR			لوله افقی ثابت (تمامی حالات)	5F

۲۸- وضعیت شیار (Position of Groove) : با استفاده از علامت های اختصاری دو ستون سمت راست جدول ۱۰ وضعیت شیار مشخص می شود. در مورد جوشکاری ورق و لوله علامتها متفاوتند .

۲۹- جهت پیشرفت جوشکاری (Progression) : معمولا در این قسمت برای نشان دادن جهت پیشرفت جوشکاری از اصطلاحات زیر استفاده می شود :

الف - سربالا = Uphill =Upward • مورد استفاده در جوشکاری های عمودی

ب - سر پائین =Downhill= Downward (مورد استفاده در جوشکاری های عمودی)

ج - چپ به راست =Left to Right= ⟶ R = ⟶ L(ویژه حالات تخت و افقی و بالای سری)

د - راست به چپ =Right to Left= ⟵ L= ⟵ R (ویژه حالات تخت ، افقی و بالای سری)

۳۰ - مسائل دیگر (Other) : اگر چه در برخی WPSها وضعیت جوش گوشه ای (Fillet) نیز در مفاد فرم می آید ، اما در این نمونه خاص از قسمت ۳۰ برای این منظور می توان استفاده کرد . علامت اختصاری جوشکاری گوشه ای ورق و لوله به ترتیب در دو ستون سمت چپ از جدول ۱۰ مشخص شده اند .

۶-۲- پیشگرم (Preheat) : معمولا برای جلوگیری از ترکیدگی ، پیچیدگی و پیدایش فازهای ناخواسته و ... قبل از جوشکاری ، قطعه پیشگرم می شود . همچنین در حین عملیات جوشکاری ، کنترل دمای بین پاسی از نظر بالاتر نرفتن از یک حد مجاز و عدم تنزل به کمتر از دمای پیشگرم باید انجام پذیرد . این عمل معمولا بوسیله گچ های حرارتی صورت می پذیرد . بنا به تغییررنگ یا ذوب شدن گچ های حرارتی در درجه حرارت خاص دمای قطعه قابل کنترل خواهد بود .

بجز فرایندهای جوشکاری زائده ای (Stud Welding) و EGW,ESW حداقل دمای پیشگرم و حداکثر درجه حرارت بین پاسی می بایست بر اساس جدول ضمیمه F و با توجه به ضخامت ورق مربوطه تعیین شوند .

در صورتیکه درجه حرارت محیط جوشکاری کمتر از (0F) 18- C باشد انجام عملیات جوشکاری صحیح نیست.

پیشگرم می بایست حداقل در فاصلهٔ (3in) 76.2mm در اطراف محل جوش ثابت بوده و حفظ شود . چنانچه در موارد ۳۱تا ۳۴ فرم پیشنهادی wps ملاحظه می شود مشخصات پیشگرم با توجه به کد ASME(QW-406) بدین صورت باید تکمیل شود .

۳۱- درجه حرارت پیشگرم (Preheat Temp) : همانطور که در بالا ذکر شد درجه حرارت پیشگرم با توجه به جنس قطعه و ضخامت آن در جدول ضمیمه F آمده است .

۳۲- درجه حرارت بین پاسی (Interpass Temp) : درجه حرارت بین پاسی نیز از جدول ضمیمه F قابل استخراج است در حقیقت هر WPS با دمای پیشگرم و بین پاس معین تنها جوشهائی با همین مشخصات را پوشش می دهد .

۳۳- نگهداری پیشگرم (Perheat Mamtenance) : محدودهٔ حرارتی که این WPS در اثر تغییرات پیشگرم در آن صدق میکند دراین قسمت عنوان می شود .

۳۴- مسائل دیگر (Other) : اشاره به مطالب دیگری که به پیشگرم مربوط می شود منجمله نحوهٔ کنترل این درجه حرارت و اشاره به استفاده از ترموکوپل یا گج های حرارتی ، نیاز به استفاده از سینک حرارتی یا منبع حرارت درحین جوشکاری وغیره در این قسمت عنوان می شوند .

۷-۲- عملیات حرارتی پس از جوشکاری (تنش زدائی)

(Postweld Heat Treatment):

این مطلب بوسیله کد ASME(QW-407) تشریح می شود دراین کد عملیات حرارتی پس از جوشکاری موادی که P.No آنها عبارت از 1,3,4,5,6,9,10,11 می باشد از قرار زیر تقسیم بندی شده است:

الف – بدون PWHT

ب – PWHT زیر درجه حرارت بحرانی پائینی

ج – PWHT بالای درجه بحرانی پائینی (مانند نرماله کردن).

د – PWHT بالای درجه حرارت بحرانی بالائی به همراه عملیات حرارتی ثانویه زیر درجه حرارت بحرانی پائینی (مانند کوئنچ – تمپر)

ه – PWHT بدون ذکر محدودهٔ درجه حرارتی مشخص . مثل other ی مانند

در WPS نمونه (۱) قسمتهای ۳۵ تا ۳۷ به عملیات حرارتی پس از جوشکاری مربوط می شود . معمولا این قسمتها به روش زیر تکمیل می شوند :

الکترود روپوش دار نیز از گازی خنثی استفاده شود . مانند دمیدن گاز در پشت شیار جوش ، در چنین مواردی نیز قید نام گاز مورد نظر در این قسمت لازمست .

در فرایندهای جوشکاری با سوخت گازی (OFW) یا OxyfuelWelding در این قسمت سوخت مورد مصرف قید می شود ، بعنوان مثال : اکسیژن ، اکسی استیلن ، بوتان یا مخلوط اکسیژن و اکسی استیلن .

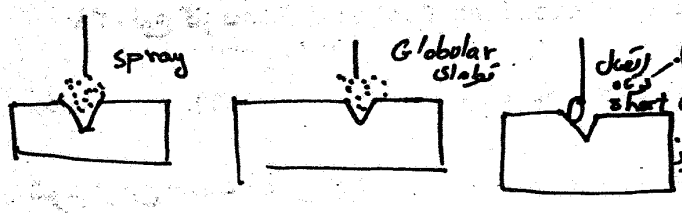
۳۹- در صد ترکیب مخلوط گاز ((Percent Composition (Mixture)) : ذکر درصد خلوص و درصورت استفاده از مخلوطهای گازی درصد ترکیب تشکیل دهنده در این قسمت از فرم مربوطه انجام می شود . مثلا: Co2-99% یا Co2-20% + Ar-80% (برای EGW) در WPS فرایندهای OFW می توان درصد ترکیب گاز مورد نظر جهت سوختن را در این قسمت ذکر کرد بعنوان مثال در جوشکاری اکسی استیلن برای فراهم کردن شعله اکسیدی ، خنثی یا احیائی در صد هریک از گازها متغیر بوده و در اینجا ذکر می شود .

۴۰- نرخ جریان گاز :

۴۱ - گاز محافظ پشتی (Gas Backing) : در اینجا نام گازهای محافظی که در برخی موارد از پشت دمیده می شوند آورده می شود . این گازها نیز ممکن است Co2, Ar,N یا ترکیبی از آنها باشند .

۴۲- ترکیب گاز محافظ کمکی (Trailing Shielding Gas Composition) : در صورت استفاده از گاز محافظ کمکی ترکیب و نام آن در این قسمت می آید .

۴۳- مسائل دیگر (Other) : مسائلی چون نرخ جریان گاز پشتی یا گاز کمکی محافظ ، نوع شعله حاصله در فرایند های OFW و غیره را می توان دراین قسمت آورد (لازم به تذکر است که نقطه شبنم گاز محافظ باید کمتر از ۴۰- درجه سانتیگراد باشد).



۹-۲- مشخصات الکتریکی (Electrical Characteristic): تغییر در نوع و قطبیت جریان الکتریکی، افزایش در گرمای ورودی و یا افزایش حجم و میزان فلز جوش رسوب داده شده بر واحد طول جوش باعث تغییر کیفیت جوش می شوند و میزان گرمای وارده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\text{گرمای وارده (J/in)} = \frac{60 \times \text{آمپر} \times \text{ولتاژ}}{\text{سرعت حرکت (in/min)}}$$

همچنین میزان فلز جوش با افزایش اندازه گرده جوش و یا کاهش طول خط جوش به ازای هر الکترود، متناسب است. در قسمتهای 44تا 48 از wps نمونه (۱) مشخصات الکتریکی بر اساس کد ASME(QW-409) آمده است.

۴۴- نوع جریان مستقیم یا متناوب (Current AC or DC): برخی الکترودها با جریان AC,DC بهتر کار می کنند. در صورت استفاده از جریان DC نشان دادن قطبیت جریان نیز لازمست. برای انتخاب جریان DCیاAC در برگه مشخصات سازنده الکترود توصیه هائی آمده است. شروع قوس با AC مشکل تر است و معمولاً در فرایندهائی که شروع قوس مشکلی ندارد (مانندTIG) استفاده می شود.

۴۵- قطبیت (Polarity): در صورت انتخاب جریان Dc اتصال الکترود به قطب مثبت یا منفی می تواند بر درجه حرارت ایجاد شده در قوس و عمق نفوذ جوش تأثیر بگذارد. معمولا با اتصال الکترود به قطب مثبت عمق نفوذ افزایش می یابد. قطبیت با علامتهای اختصاری زیر نشان داده می شود

اصل: ۲/۳ کل حرارت ناشی از جوشکاری روی قطب مثبت متمرکز می شود.

الف – اتصال الکترود به قطب مثبت در جریان مستقیم

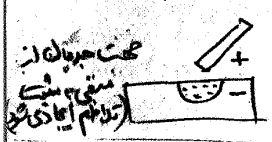
DCEP=Direct Current Electrode Positive =

AC — نفوذ متوسط

DCEN — نفوذ جوش کمتر — برای فلزات کاهنده انتقال حرارت بالا — برای جلوگیری از ایجاد حرارت اضافی روی GUN

DCEP — نفوذ کمتر — میزان ذوب الکترود بیشتر — تمیزکنندگی قوس (Arc cleaning)

در شرایط یکسان:



ب- اتصال الکترود به قطب منفی در جریان مستقیم

DCEN=Direct Current Electrode Negative=

بر اساس قرار داد DCEN پلاریته مستقیم و DCEP پلاریته معکوس قلمداد می شوند .

۴۶- شدت جریان ((Ampers (Range) : بسته به نوع فرایند ، قطر الکترود ، سرعت حرکت قوس ، میزان نفوذ جوش مورد نظر و ... شدت جریان مورد نظر در جوشکاری در این قسمت WPS بیان می شود .

شدت جریان فرایندهای مختلف جوشکاری بر حسب قطر الکترود در جدول ۱۳ آمده است .

جدول ۱۳ - شدت جریان مورد استفاده در فرایندهای مختلف جوشکاری

فرایند جوشکاری	قطر الکترود	آمپر	فرایند جوشکاری	قطر الکترود	آمپر
SMAW	1.5 mm	25-60	SAW	1.6	250-375
	2	35-80		2	325-500
	2.5	50-120		3.2	400-650
	3.25	85-180		4	475-850
	4	110-320		4.8	700-950
	5	150-400		5.6	850-1200
	6	210-500		6.2	1100-1500
	8	300-600		7.9	1500-2000
TIG		0.5-800	ESW	با یک الکترود	350-750
				با دو الکترود	1500

۴۷- ولتاژ ((Volts (Range)) : ولتاژ دستگاه معمولاً به صورت مدار با ز اندازه گیری می شود . دستگاههای جوشکاری با الکترود دستی در اقسام مختلف 20-24 ولت و 60-50 ولت موجود می باشند . دستگاههای جوشکاری زیر پودری نیز در همین ولتاژ کار می کنند (مثلاً 30-40 ولت) . آنچه مسلم است در حین جوشکاری با کوتاه و بلند شدن قوس ولتاژتغییر می کند . از اینرو در این قسمت محدودهٔ تغییرات ولتاژ دستگاه ذکر می شود . (تغییرات ولتاژ با تا متعاقبان دیگر موارد نوع بهبای جوش آورد)

۴۸ - مسائل دیگر (Other) : نکات دیگری چون نوع جریان ازقبیل Square, Pulsed, ... یا ولتاژ اولیه جهت برقراری قوس در این قسمت عنوان می شود .

۱۰-۲- تکنیک و روش کار (Technique) : نکات تکنیکی روش جوشکاری با توجه به کد ASME(QW-410) بیان می شوند . البته در فصول بعدی این جزوه به نکات تکنیکی فرایندهای مختلف جوشکاری خواهیم پرداخت . اما چنانچه در قسمتهای ۵۰ تا ۵۸ فرم نمونه WPS شماره (۱) ملاحظه می شود ، موارد مهم از قرار زیر است :

۵۰ - گرده زنجیری یا موجی (String of Wave Bead):دراین قسمت شکل گرده مودر نظر ذکر میشود . در مواردی که گرده های نازک کافی بوده و یا کمترین حرارت وارد به قطعه لازمست، از گرده های زنجیری استفاده می شود زیرا سرعت حرکت دست در این تکنیک بیشتر است . گرده های موجی به اشکال گردشی ، شکل 8 و هلالی اجرا می شوند .

۵۱- سایز کلاهک ، نازل یا سوراخ عبور گاز (Orifice or Gas Cup Size) :در فرایندهای جوشکاری با گاز محافظ اشاره به موارد فوق لازم است .

۵۲- تمیز کاری اولیه و بین پاسی (برس زدن ، سنگ زدن و غیره)

(Initial & Inaerpass Cleaning (Brushing , Grinding ,etc)) : همانطور که در بحث آماده سازی نمونه بیان شد تمیز کردن سطح قبل از انجام جوشکاری مانند زدودن زنگارها ، چربی ها و کثیفی های قطعه باعث افزایش کیفیت جوش می شود . همچنین در حین عملیات جوشکاری

چند پاسی ودر اتمام کار. تمیز کردن سطح اعم از پاک کردن سرباره حاصله وغیره باعث کـاهش و حـذف عیوب جوش نظیر سربارهٔ محفوظ در مذاب و آخال و غیره خواهد شد .

روشهای اعمالی معمولاً برس زدن ، استفاده از اسکنه وچکش ، سنگ زدن ، استفاده از فـرز انگشـتی و ... است .

۵۳- روش برداشتن پشت جوش (Method of Back Gouging): در صـورت نیـاز بـه جوشکاری از پشت جوش لازمست تا ابتدا پشت اولین پاس 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 یا تراشکاری (Grinding or Chipping

۵۴- نوسان (Oscillation): پارامترهـای مؤثـر بـر حرکـت نوسـانی الکـترود در ماشـینها و فرایندهای اتوماتیک در این قسمت عنوان می شوند . عرض حرکت نوسـانی ، تواتـر یـا فرکـانس حرکـت دستگاه و ... مسائل قابل طرح می باشند .

۵۵- محدودهٔ فاصلهٔتماس لوله با کار (Contact Tube to work Distance) : ایـن عـامل تنها برای فرایندهای SAW,GMAW به عنوان مسائل غیر اساسی قابل ذکر بـوده و عبارتسـت از فاصلـهٔبین نازل نگهدارندهٔالکترود جوش با قطعه کار که در حقیقت طول مؤثر الکترود را نشان میدهد .

۵۶- جوش تک پاسی یا چند پاسی در هر طرف [per Multiple or Single Pass (side]: در صورتیکه هر طرف از طرح یخ نیاز به یک یا چند پاس جوش داشـته باشـد در ایـن قسـمت مطرح می شود . عنوان تک یا چند پاس در این قسمت کافیست .

۵۷- الکترود های چند تائی یا تکی (Multiple or single Electrode) : بویژه در فرایند SAW استفاده از چند الکترود نازک به صرفه تر و باعث افزایش نرخ رسوب نسبت به یـک الکـترود ضخیـم

می شود . گاهاً از الکترودهای صفحه ای نیز برای پوشش دادن سطوح بزرگ استفاده شده است . در دیگر موارد اغلب فرایند تک الکترودی اجرا می شود .

۴۹- سرعت حرکت (Travel Speed) : این فاکتور مخصوصاً در جوشکاریهای اتوماتیک اهمیت فراوان دارد و عامل تعیین کننده میزان حرارت وارد به قطعه است . در فرایندهای دستی ذکر سرعت کم ، متوسط یا زیاد کافیست . اما در مورد دستگاه های خودکار سرعت حرکت با دیمانسیون (L/T) بیان می شود .

۵۸- مسائل دیگر (Other) : در این قسمت بسته به فرایند جوشکاری به مسائل مختلفی از این قرار می توان اشاره کرد که ممکن است بعضا در مورد یک فرایند ذکر آن الزامی و در مورد فرایند دیگر نادیدنی باشد

الف- ماهیت شعله از نظر خنثی یا اکسید یا قلیائی بودن در فرایندهای OFW .

ب- روش حرکت شعله در فرایندهای OFW به صورت Forhand or Backhand

ج - تغییر در زاویه گان در فرایند EBW

د - فاصله مابین الکترود ها در فرایندهای Multi electrode

ه- نیاز به استفاده از ~~شستشو~~ تمیزکاری در میان پاسهای جوشکاری (عموماً بروش مکانیکی خواهد بود)

و- نیاز به تناوب عملیات جوشکاری از یک سمت به پخ سمت دیگر برای جلوگیری از پیچیدگی

ز - لزوم استفاده از روشهای دستی و خودکار به طور متناوب و نحوه تغییرات در استفاده

ح - لزوم استفاده از کوبش یا چکش کاری جوش به منظور تنش زدائی

۱۱-۲- نکات قابل توجه ضمن ارائه روش جوشکاری : بر اساس استانداردهای AWS محدوده ای جهت تعیین روش جوشکاری در هر فرایند وجود دارد که ذیلا به آنها اشاره می شود

۱-۱۱-۲- روش برای جوشکاری قوس باالکترود روکش دار

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

b) کلاس و سایز الکترود ، طول قوس ، ولتاژ و آمپراژ می بایست متناسب با ضخامت قطعه ، شکل شیار ، وضعیت جوشکاری و دیگر مناسبات قطعه انتخاب شوند . بهتراست که آمپر را باتوجه به پیشنها د تولید کننده الکترود انتخاب کنیم .

c) بالاترین قطر الکترود مجاز در حالات مختلف جوشکاری از قرار زیر انتخاب می شود :

c-۱) 8 میلیمتر برای تمامی جوشهای تخت به جز در پاس ریشه .

c-۲) 6.4 میلیمتر برای جوشهای گوشه ای افقی

c-۳) 6.4 میلیمتر برای پاس ریشه جوشهای گوشه ای در حالت تخت و پاس ریشه جوش های شیاری در حالت تخت که دارای پشت بند بوده و 6.4 میلیمتر میان دو شیار باز باشد (Root Opening)

c-۴) 4 میلیمتر برای جوشهائی که با الکترود های EXX14 و الکترود های کم هیدورژن در وضعیتهای عمودی و بالای سر داده می شود .

c-۵) 4.5 میلی متر برای پاس ریشه جوشهای شیاری و کلیه حالاتی غیر از موارد فوق الذکر

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

e) بالاترین ضخامت پاس ریشه نباید از 6.4 میلیمتر تجاوز نماید (در جوشکاریهای شیاری)

f) حداکثر ضخامت پاس ریشه جوشهای گوشه ای تک پاسی و چند پاسی نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید.

f-۱) 9.5 میلیمتر در حالت تخت

f-۲) 8 میلیمتر در وضعیت های افقی و بالای سر

f-۳) 12.7 میلیمتر در وضعیت عمودی

g) بیشترین ضخامت لایه های بعد از پاس ریشه در جوشکاری هـای شیاری و گوشـه ای از ایـن قرار است :

g-۱) 3 میلیمتر برای جوشهائی که در وضعیت تخت قرار دارند .

g-۲) 4 میلیمتر برای جوشهائی در وضعیتهای افقی ، بالای سر و عمودی .

h) جهت پیشروی تمام پاسها در جوشکاری با وضعیت عمودی باید رو به بـالا(Upward) باشـد مگر اینکه هدف ترمیم زیر برش بوده و پیشگرم مطابق جـداول ضمیمـه F و حداقـل 21c صـورت گرفته باشد در مورد جوشکاری مقاطع گرد جوشکاری ممکن است سربالا یا سر پائین انجام شـود از اینرو لازمست تا قبلاً جوشکار امتحان شده باشد .

I) در جوشکاری شیاری که نیاز به نفوذ کامل اسـت و از پشـت بنـد نـیز اسـتفاده نمیشـود قبـل از جوشکاری سمت دیگر می بایست پشت جوش بوسیله Sounding or Gouging برداشـته شود مگر در جوشکاری لوله های کم قطر که پشـت جـوش در دسـترس نبـوده و بـاید از شـیارهای خاص و الکترودهای پرنفوذ سلولزی استفاده شود (اطلاعات بیشتر در مورد این لولـه هـا در بخـش 10.13 از AWS)

۲-۱۱-۲- روش برای جوشکاری قوس زیر پودری با یک الکترود :

a) منظور از یک الکترود اینست که تنها یک مفتول یا الکترود به یـک سیسـتم مولـد نـیرو متصـل باشد .

b) تمامی جوشهای قوس زیر پودری بجز جوشهای گوشه ای مـی بایسـت در حـالت تخـت انجـام شوند . جوشهای گوشه ای ممکن اسـت در یکـی از وضعیـت هـای تخـت یـا افقـی انجـام شـوند . ضخامت جوشهای گوشه ای تک پاسی در حالت افقی نباید از 8 میلیمتر تجاوز کنند .

c) ضخامت لایه های جوش ، بجز لایه های ریشه و سطحی نباید از 6.4 میلیمتر تجـاوز کنـد . در صورتیکه اندازه باز بودن ریشه (Root Openning) بیش از 12.7 میلیمتر باشد می بایسـت از روشهای چند پاسی استفاده شود . در صورتیکه پهنای جوش از 15.9 میلی متر تجاوز نمایدنیز مـی بایست جوشکاری چند پاسی انجام شود .

d) شدت جریان جوشکاری ، ولتاژ قوس ، سرعت حرکت می بایست به گونه ای انتخاب شـوند کـه ذوب کامل فلز پایه و امتزاج آن با مذاب حاصل از سیم جوش انجام شده و هیچگونه سررفتن یا زیر برشی اتفاق نیفتد .

بیشترین شدت جریان جوشکاری برای شیارهائی که لازمست ذوب در هر دو وجه شیار انجام پذیرد 600 آمپر می باشد بجز در آخرین لایه که استفاده از جریانهای بیشـتر نـیز مجـاز اسـت . بیشـترین شدت جریان برای جوش گوشه ای در وضعیت تخت 1000 آمپر است .

۳-۱۱-۲- روش برای جوشکاری قوس زیر پودری با الکترودهای موازی :

a) منظور از الکترود موازی استفاده از دو الکترود است که به طور موازی به یک مولد بـرق اتصـال یافته باشند . هر دو الکترود بوسیله یک سیستم به جلو رانده می شوند . جریان جوشـکاری مجمـوع شدت جریانهای دو الکترود است .

b) بجز جوش گوشه ای برای استفاده از الکترودهای موازی وضعیت می بایست تخت باشد . جوشهای گوشهای تخت و افقی با الکترودموازی نباید با ضخامت بیش از 8 میلیمتر اجرا شوند .

c) ضخامت لایه های جوش محدودیتی ندارنـد . در پـاس ریشـه بـا اسـتفاده از پشـت بنـد بـا رعـایت ضخامت کافی درریشه یخ (Root Face) باید از ذوب شدن و ریزش قطعـه جلوگـیری کـرد .

هنگامی که پهنای سطح شیار از 12.7 میلیمتر تجاوز می کند باید از جوشکاری چند پاس استفاده شود. در صورتیکه پهنای پاس زیرین بالای 15.9 میلیمتر است نیز بهتر است تا جوشکاری در چند پاس ادامه یابد.

d) ماکزیمم شدت جریان انتخابی برای جوشکاری زیر پودری با الکترودهای موازی از قرار زیر است :

d-1) 700 آمپر برای جوشکاری لایه ریشه در طرح شیاری بدون باز بودن ریشه

d-2) 900 آمپر برای پاس ریشه و در صورت استفاده از پشت بند در طرح شیاری

d-3) 1200 آمپر برای تمامی پاسها بجز پاس آخر در طرح شیاری

d-4) برای لایه آخر هیچ محدودیتی در انتخاب آمپراژ نیست (برای طرح شیاری)

d-5) در جوشکاری جوشهای گوشه ای حداکثر جریان انتخابی نباید از 1200 آمپر تجاوز نماید.

e) برای جوشکاری پاس ریشه می توان ابتدا از فرایندهای GMAW استفاده کرد سپس روی آنرا با SAW ادامه داد.

f) دمای پیش گرم و بین پاس جوشکاری زیر پودری با الکترودهای موازی از جدول ضمیمه F بدست می آید در غیر اینصورت با توجه به نوع آلیاژ ،حرارت وارده (Heat Input) این دماها باید به گونه ای تنظیم شوند که:

f-1) سختی در ناحیه متأثر از حرارت (HAZ) فلز پایه با استحکام کششی کمتر از 60/000 Psi (415 Mpa) از 225 ویکرز تجاوز نکند.

f-2) سختی در HAZ فولادهائی با حداقل استحکام 60/000Psi و حداکثر 70/000Psi (485Mpa) از 286 ویکرز بالاتر نرود.

روش اندازه گیری سختی HAZ از این قرار است که ، ابتدا مقطعی از نمونه جوشکاری تهیه کرده و ماکرواچ میشود. این مقطع به ازای هر 15.2 متر جوش باید تهیه شود. سپس سختی سنجی با

پودر جوش : (نوع - دانه بندی پودر - ضخامت لایه پودر)

$B.I = \frac{\text{مجموع قطرهای دایره‌های پودر جوش}}{\text{مجموع قطرهای اسمی دایره‌های پودر جوش}}$

۱) عادی $B.I > 1$ (کاهش سرعت دانه بندی پودر مشکل تر خواهد بود)

۲) اسمی $B.I = 1$

۳) خشن $B.I < 1$ (تخلخل داخل خروجی گاز بیشتر خواهد شد)

معیار ویکرز بر اساس ASTM E92 انجام شده یا با هر روش سختی سنجی دیگری انجام گرفته و سپس طبق ASTM E140 به ویکرز تبدیل می شود .

دمای پیش گرم جوشهای گوشه ای به اندازه 9.6 میلی متر و کمترنباید از مقادیرمندرج در جدول ضمیمه F کمتر شود .

۴-۱۱-۲- روش برای جوشکاری قوس زیر پودری با چند الکترود:

a) حالت چند الکترودی به گونه ای از جوشکاری زیر پودری اطلاق می شود که دو یا چند الکترود موازی یا تکی به طور مجزا به مولد جریان و سیستم انتقال سیم (Feeder) متصل باشند .

b) وضعیت جوشکاری بایست که در حالت تخت تنظیم شده باشد بجز برای جوشهای گوشه ای که در حالت افقی نیز جوشکاری با حداکثر اندازه 12.7 میلی متر انجام می شود .

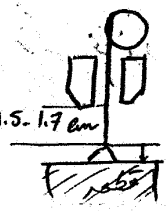
c) در این روش نیز ضخامت پاسها و لایه های جوش محدود نیست . برای پرکردن شیارهائی با پهنای بیش از 12.7 میلیمتر بهتر است که از چند پاس استفاده شود . اگر پاس قبلی با پهنای بیش از 25.4 میلیمتر رسوب گذاری شده و در صورت استفاده از دو الکترود می بایست الکترودها پشت سر هم باشند .

d) همانند روشهای قبل جریان ، ولتاژ و سرعت باید به گونه ای تنظیم شود که سر رفتن یا زیر برش باقی نماند . حداکثر جریان مورد استفاده از قرار زیر است :

d-1) 700آمپر به ازای هر الکترود تک یا موازی برای جوشکاری پاس ریشه طرح شیاری بدون باز بودن ریشه شیار

d-2) 750 آمپر به ازای هر الکترود تک و یا 900 آمپر برای هر الکترود موازی برای تمامی پاسهای طرح شیاری بجز لایه آخر و درصورت استفاده از پشت بند .

d-3) 1000 آمپر به ازای هر الکترود تک یا 1200 آمپر به ازای هر الکترود موازی برای تمام پاسها بجز لایه آخر



d-4) در این روش نیز محدودیتی در تعیین حداکثر شدت جریان لایه آخر جوش شیاری نیست .

d-5) برای جوشهای گوشه ای حداکثر 1000 آمپر به ازای هر الکترود تکی و 1200 آمپر برای هر الکترود موازی اختیار می شود .

۵-۱۱-۲- روش برای جوشکاری قوس فلز با گاز محافظ و جوشکاری قوس با الکترود توپودری (حالت تک الکترودی)

a) حداکثر قطر الکترود برای وضعیت های تخت و افقی 4میلی متر ، در وضعیت عمودی 2.4 میلی متر و در وضعیت بالای سر 2 میلیمتر است .

b) حداکثر اندازه جوش گوشه ای مجاز در یک پاس 12.7 میلی متر برای وضعیت تخت و عمودی، 9.5 میلی متر در وضعیت افقی و 8 میلی متر برای وضعیت بالای سر می باشد .

c) در فرایند GMAW ضخامت لایه های جوش در حالت پخ سازی شده بجز پاس ریشه و پاس نهائی نباید از 6.4 میلیمتر تجاوز نماید . در صورتیکه باز بودن ریشه از 12.7 میلی متر تجاوز کند حتما جوشکاری باید طی چند پاس انجام شود در مورد پخ هائی که پهنایشان بیش از 15.9 میلی متر است حتما از روشهای چند پاسی باید استفاده شود .

d) در فرایند FCAW نیز ضخامت لایه های جوش در حالت پخ سازی شده بجز پاس ریشه و پاس نهائی نباید از 6.4 میلی متر بیشتر باشد .برای شیارهائی با بیش از 12.7 میلیمتر فاصله ریشه، حتما از روش چند پاسی باید انجام شود پخهائی که در وضعیت های تخت افقی یا بالای سر پهنای بیش از ۱۵/۹ میلی متر دارند نیز باید چند پاس جوشکاری شوند . در وضعیت های 6G یا 5G در جهت سر بالا اگر پهنای جوش 25.4 میلی متر باشد جوشکاری چند لایه ای مورد نیاز است .

e) شدت جریان ، ولتاژ قوس ، نرخ خروج گاز ، نحوهٔ انتقال فلزو سرعت حرکت می بایست به گونه ای انتخاب شوند که در هر پاس ذوب جناحین پخ بخوبی صورت گرفته ضمن اینکه سر رفتن ، خلل و فرج و زیر بر ش ایجاد نشود.

f) جهت جوشکاری برای وضعیت عمودی می بایست همواره روبه بالا بوده مگر اینکه جوشکاری ترمیمی روی زیر برش ها انجام شود . در این حالت نیز پیشگرم حداقل 21c مطابق جدول ضمیمه F مورد نیاز خواهد بود در جوشکاری لوله ها و مقاطع گرد در صورتیکه جوشکاری امتحان شده باشد هر دو جوش سر بالا و سر پائین مجاز می باشند .

g) در صورتیکه بدون استفاده از پشت بند جوشکاری با نفوذ کامل انجام می شود لازم است تا پاس اول تا اندازه ای توسط Gouging یا Chipping برداشته شود و سپس پاسهای بعدی اجرا شوند در صورت امکان برداشتن پشت جوش و جوشکاری یک پاس از پشت نیز مفید خواهد بود .

h) فرایندهای GMAW, FCAW با گاز محافظ اضافی نباید در معرض باد انجام شوند مگر اینکه قسمت جوشکاری به گونه ای محافظت شود . محافظ می بایست به شکلی باشد که مانع افزایش سرعت باد از ۵ مایل بر ساعت در اطراف محل جوش شود .

I) به منظور پیشگیری از ذوب ریشهٔ جوش بهتر است تا از پشت بندهائی از جنس مس، فلاکس ، صفحات شیشه ، پودر آهن یا مواد مشابه آن استفاده شود . بویژه در مواردی که الکترود مورد مصرف از نوع کم هیدروژن باشد .

۶-۱۱-۳- روش برای جوشکاری ESW, EGW

a) گاز محافظ مورد استفاده در این فرایندها می بایست مشابه گاز محافظ دیگر فرایندهای جوشکاری باشد . در صورتیکه اختلاط گازها در محل کار (site) انجام می شود حتماً باید وسیله ای برای نسبت ترکیب دو گاز موجود باشد .

b) فرایند EGW نباید در معرض باد یا جریان هوا با سرعتی بیش از 5 مایل بر ساعت انجام شود مگر اینکه محافظ استفاده شود .

c) حدالامکان در این روش ها از وقفه باید جلوگیری شود . در صورتیکه وقفه ای ایجاد شده و زمان به اندازه ای باشد که انجماد کامل شود ،در صورت ایجاد قوس مجدد حداقل 150 میلیمتر

از اطراف محل قطع جوش می بایست بوسیله اولترا سونیک آزمایش شود . همچنین تهیه عکس های رادیو گرافی جهت تکمیل گزارش و ارائه به مهندس مربوطه لازم است .

D) بدلیل انرژی وارده زیاد این فرایندها نیازی به پیشگرم قطعه نیست . با اینحال هنگام جوشکاری در صورتیکه دمای قطعه زیر C 0 باشد نباید انجام شود .

e) به هنگام انتخاب نوع و قطر الکترود باید به WPS دقت شود .

۱۲-۲- نکات لازم الذکر در WPS : آنچه در این درس تا کنون مطالعه شد تشریح یک فرم WPS در حالت کلی بود. بر اساس استاندارد ASME در فرایندهای مختلف جوشکاری اشاره به متغیرهای مختلف اینچنین طبقه بندی می شود :

الف - مسائل اساسی (Essential) : مسائلی هستند که در صورت تغییر آنها در یک WPS یک تعیین کیفیت PQR جدید باید تدوین شود .

ب- مسائل اساسی مشروط (Supplementary Essential) : چنین مسائلی در صورتی باعث تغییرPQR مربوط به یک WPS می شوند که در مشخصات فنی نسبت به انجام تست ضربه جهت تعیین کیفیت (PQR) اشاره شده باشد .

ج - مسائل غیر اساسی (Nonessential) : متغیرهائی که صرفا برای مشخص شدنشان WPS ارائه می شود ولی در صورت تغییر آنها احتیاج به انجام آزمایشهای مجدد نیست .

بر اساس استاندارد ASME کدهای QW-252 تا QW-262 متغیرهای مختلف قابل ذکر در WPS هرگونه فرایندی را به شرح جدول 14 مشخص کرده اند . نمونه ای مشخصات متغیرهای فرایند SMAW, SAW در ضمیمه G این جزوه آمده است .

جدول ۱۴- کدهای ASME برای تشخیص متغیرهای WPS

کد ASME	روش جوشکاری	کد ASME	روش جوشکاری
QW-252	OFW	QW-258	ESW
QW-253	SMAW	QW-259	EGW
QW-254	SAW	QW-260	EBW
QW-255	GMAW-FCAW	QW-261	Stud Welding
QW-256	GTAW	QW-262	Friction Welding
QW-257	PAW		

۳- گزارش کیفیت روش جوشکاری

Welding Procedure Qualitfication Recode (PQR)

هدف از انجام آزمایشهای تعیین کیفیت روش جوشکاری این است که نشان دهیم کیفیت مواد اولیه ،روش و فلز جوش حاصله با آنچه در WPS خواسته شده یکسان است . اینکار توسط تهیه PQR طی مراحل زیر صورت می گیرد :

الف - آماده سازی و جوشکاری نمونه مناسب

ب- آزمایش نمونه های حاضر شده

ج - بازبینی نتایج و نتیجه گیری راجع به مراحل آماده سازی ، جوشکاری و آزمایشها .

د - تأیید روش و مواد مورد استفاده در فرایندهای جوشکاری (Approval)

۳-۱-روش آماده سازی و جوشکاری نمونه های مناسب و آزمایشهای تعیین کیفیت جوش

فلز پایه و آماده سازی آن از نظر طرح پخ باید دقیقاً مطابق با استاندارد باشد . ابعاد و اندازه نمونه نیز می بایست حداقل مطابق آنچه در ادامه این مبحث خواهد آمد تهیه شود .

تمامی جوشها باید در وضعیت های تخت ، افقی ، عمودی و بالای سر تقسیم بندی شده و مطابق با حالتی که در سازه جوشکاری می شوند نمونه تهیه شود . وضعیت های مختلف جوشکاری های شیاری ، لوله و گوشه ای در قسمتهای مختلف شکل های ضمیمه H آمده است .

اقسام آزمایشهای مورد نیاز برای جوشهای شیاری و هدف از انجام آنها ازاین قرار است :

a) آزمایش کششی با نمونه های کوچک برای اندازه گیری استحکام کششی Tension) Test)

b) آزمایش خمش - ریشه برای سلامت جوش (Root -bend Test)

c) آزمایش خمش - سطحی (گرده) برای سلامت جوش (Face-bend Test)

d) آزمایش خمش - جانبی برای سلامت جوش (Side-bend Test)

e) آزمایش های خمشی ریشه و سطح طولی برای سلامت جوش

(Longitudinal Face , Root- bend Test)

f) آزمایش کشش از فلز جوش برای خصوصیات مکانیکی فرایندهای ESW,EGW (All-Weld-Metal Test)

g) آزمایش ضربه در صورت تعیین برای فرایندهای ESW,EGW جهت چقرمگی Impact) Test)

h) آزمایش ماکرواچ برای سلامت و نفوذ مؤثر (ساق) جوش در اتصالات شیاری با نفوذ جزئی (Macroetch Test)

I) آزمایش رادیو گرافی یا اولترا سونیک برای سلامت جوش Nondestructive) Testing)

همچنین برای جوش های گوشه ای (Fillet) آزمایشهای زیر مورد نیاز است .

a) آزمایش ماکرواچ برای تشخیص سلامت و ذوب کافی جوش

b) آزمایش خمشی جانبی برای سلامت جوش

c) آزمایش کشش از فلز جوش برای خصوصیات مکانیکی

تعداد نوع و روش آماده سازی نمونه های آزمایش جوش در استاندارد های گوناگون تفاوتهای مختصری دارد که برخی از آنها در مورد جوش شیاری ورق فولاد کربنی به ضخامت $t<10$ mm از قرار زیر است :

کد ASMEIX : دو عدد آزمایش کشش عرضی ، دو عدد خمش گرده (180°) دو عدد خمش ریشه (180°)

کد AWS D1.1 : آزمایش غیر مخرب ، دو عدد کشش عرضی ، دو عدد خمش گرده (180°) ، دو عدد خمش ریشه (180°)

استاندارد BS4870 : آزمایش غیر مخرب ، مطالعه مقطع عرضی ، سختی سنجی مقطع ، یک کشش عرضی ، یک خمش گردهٔ (90°) ، یک خمش ریشه (90°)

۱-۱-۳- جوشهای شیاری با نفوذ کامل جوش : نوع و تعداد نمونه هائی که جهت تأیید کیفیت فرایند جوش می بایست مورد آزمایش قرار گیرد با استفاده از استاندارد AWSD1.1 در جدول ۱۵ آمده است . تعداد و نوع نمونه ها به ضخامت ورق نمونه بستگی دارند .

چنانچه در ستون آخر این جدول مشاهده می شود بسته به ضخامت طرح جوش می توان از یک ورق نمونه آزمایشی برای سنجش کیفیت محدوده ای از ضخامتها که از ضخامت خود ورق شروع شده و تا دو برابر ضخامت ورق را شامل می شود استفاده کرد . در مورد لوله نیز معیار آزمایش ها قطر لوله یو ضخامت ورق لوله است .

در مورد جوشهای گوشه ای شیاری (Corner) و T شکل نیز نمونه ها به شکل سر به سر تهیه شده ولی از همان شیار جوشی که در سازه آمده استفاده می شود . اما لازم نیست تا عمق شیار از 25.4 میلی متر تجاوز کند . آزمایشهائی که می بایست بر روی ورق نمونه انجام شود از این قرار است :

تعداد آزمایش های لازم جهت تعیین کیفیت بر اساس کد ASME برای جوشهای شیاری با ضخامت محدود در QW-451 و QW-452 آمده است .

AWS standard

جدول ۱۵ - تعداد و نوع نمونه های آزمایش کیفیت جوش ورق و لوله بر حسب ضخامت ورق و قطر لوله با نفوذ کامل در شیار

1. Tests on plate

Plate thickness (T) tested, in.	Number of sample welds per position	NDT (see 5.10.1.3) (see Note 1)	Test specimens required: Reduced-section tension (see Fig. 5.10.1.3F)	Root-bend (see Fig. 5.10.1.3J)	Face-bend (see Fig. 5.10.1.3J)	Side-bend (see Fig. 5.10.1.3H)	Plate thickness qualified, T in., maximum (Note 2)
$1/8 \le T < 3/8$	1	Yes	2	2	2	—	1/8 to 2T
3/8	1	Yes	2	2	2	—	3/4
$3/8 < T < 1$	1	Yes	2	—	—	4	2T
1 and over	1	Yes	2	—	—	4	Unlimited

Note 1: All welded test plates shall be visually inspected (see 5.12.7).
Note 2: For square groove welds, the maximum thickness qualified shall be limited to thickness tested.

2. Tests on pipe or tubing

Pipe size of sample weld: Diam.	Wall thickness, T	Number of sample welds per position	NDT (see Notes 3 and 4)	Test specimens required: Reduced-section tension (see Fig. 5.10.1.3F)	Root-bend (see Fig. 5.10.1.3J)	Face-bend (see Fig. 5.10.1.3J)	Side-bend (see Fig. 5.10.1.3H)	Pipe or tube size qualified: Diameter, in.	Wall thickness, in.: min	max
2 in. or 3 in.	Sch. 80	2	Yes	2	2	2	—	3/4 through 4	0.063	0.674
	Sch. 40									
6 in. or 8 in.	Sch. 120	1	Yes	2	—	—	4	4 and over	0.187	Any
	Sch. 80									
Job size pipe or tubing										
Diam.	Wall thickness, T									
<24 in.	$1/8 \le T \le 3/8$ in.	1	Yes	2	2	2	—	Test diam. and over	1/8	2T
	$3/8 < T < 3/4$ in.	1	Yes	2	—	—	4	Test diam and over	T/2	2T
	$T \ge 3/4$ in.	1	Yes	2	—	—	4	Test diam and over	0.375	Any
≥24 in.	$1/8 \le T \le 3/8$ in.	1	Yes	2	2	2	—	Test diam and over	1/8	2T
	$3/8 < T < 3/4$ in.	1	Yes	2	—	—	4	24 and over	T/2	2T
	$T \ge 3/4$ in.	1	Yes	2	—	—	4	24 and over	0.375	Any

3. Tests on electroslag and electrogas welding

Plate thickness tested	Number of sample welds	NDT (Notes 1, 5)	Test specimens required: Reduced-section tension (see Fig. 5.10.1.3F)	All-weld-metal tension (see Fig. 5.10.1.3G)	Side-bend (see Fig. 5.10.1.3H)	Impact tests* (see 4.15.3)	Plate thickness qualified
T**	1	Yes	2	1	4	8	0.5T-1.1T

۱-۱-۱-۳- آزمایشهای غیر مخرب : براساس AWS D1.1 قبل از آماده کردن نمونه های آزمایشهای مخرب ورق یا لوله نمونه آزمایش به منظور تشخیص عیوب می بایست به صورت غیر مخرب اینچنین آزمایش گردد :

الف - یکی از آزمایشهای رادیو گرافی یا اولترا سونیک می بایست بروی قطعه انجام شود .

به غیراز قسمت های دور ریز در دو انتهای ورق نمونه ، آزمایشهای غیر مخرب ورق می بایست بر اساس AWS ,Section 6 ,Parts B or C انجام شود . در مورد جوش لوله ها دور تا دور نمونه باید بر اساس AWS,Sec .10,Parts E and F مورد آزمایشهای غیر مخرب قرار گیرد .

ب- بهتر است برای قابل قبول تر شدن نتایج آزمایشها و اطمینان از حصول کیفیت پس از تأیید نمونه توسط اولترا سونیک یا رادیو گرافی آزمایشهای زیر نیز برروی نمونه انجام شود :

۱- بازرسی چشمی ۲- آزمایش ذرات مغناطیسی برای تشخیص ترک

۳- آزمایش مایعات نافذ برای تشخیص ترکهای سطحی

۲-۱-۱-۳- آزمایشهای مکانیکی : نمونه هائی که مطابق بند فوق مورد تأیید آزمایشهای غیر مخرب قرار گرفته باشند ، مطابق اشکال 5.10.1.3(A-E) مربوط به ضمیمه 1 بریده می شوند . شکل A مربوط به آزمایش جوش لوله ، شکل B موقعیت نمونه ها در لوله های مقطع چند ضلعی ، شکل C موقعیت نمونه های تعیین کیفیت فرایند .ESW,EGW شکل D موقعیت نمونه ها در ورق با ضخامت بالای 3/8 in و شکل E موقعیت نمونه ها د رنمونه ورق با ضخامت 3/8in را نشان می دهند .

پس از اینکه نمونه اصلی به اجزای مربوطه بریده شد ، مطابق اشکال 5-10.1.3(F-J) مربوطه به ضمیمه J ، نمونه های استاندارد آزمایشهای کشش ، خمش و در صورت نیاز ضربه ماشینکاری شده و جهت آزمایشها آماده می شوند.

در صورتیکه جنس و خصوصیات مکانیکی دو فلز پایه یا الکترود و فلز پایه متفاوت باشد . بهتر است تا بجای آزمایش خمش عرضی (سطح و ریشه)از آزمایشهای خمش طولی سطح (Face) و ریشه (Root) استفاده شود .برای این حالت نیز نمونه ها از ورقی با مشخصات مندرج در اشکال E,D ضمیمه 1 قابل استخراج می باشند . نمونه خمشی طولی نیز مطابق شکل ز ضمیمه J تهیه شود .

۲-۱-۳- جوشهای شیاری یا نفوذ جزئی جوش : تعداد و نوع نمونه های لازم جهت تعیین کیفیت

جوشهای شیاری یا نفوذ جزئی جوش در جدول ۱۶ آمده است.

جدول ۱۶- تعداد و نوع نمونه های آزمایش کیفیت جوش شیاری با نفوذ جزئی

Groove type	Groove depth, max	Number of sample welds	Test specimens required: Macroetch for effective throat (E) (5.10.2.1) (5.10.2.2) (5.10.2.3)	Tension and bend tests (5.10.2.3): Reduced-section tension (see Fig. 5.10.1.3F)	Tension and bend tests (5.10.2.3): Side-bend (see Fig. 5.10.1.3H)	Plate thickness qualified, max
Same as used in construction*	1 in.	1	3	2	4	Unlimited

بهتر است که نمونه مشابه شرایط WPS یخ زنی و جوشکاری شود . البتـه نیـاز بـه انجـام آزمـایش بـرای جوشهای با نفوذ بیش از 4 . 25 میلیمتر نیست .برای جوشهای T و گوشه (Corner) نمونـه بـه شکل سر به سر و با درنظر گرفتن Root Face کافی شبیه سازی می شود.

سپس نمونه جوشها بدین شرح آزمایش می شوند :

الف – برای کلیه جوشهائی که WPS آنها مطابق AWS تنظیم شده است ، سه نمونه از مقطع جوش برا ی آزمایش ماکرواچ مورد نیاز است . طی این آزمـایش انـدازه سـاق مؤثـر جـوش مشـاهده و بـا ملاحظـات طراحی مقایسه می شود .

ب- در صورتیکه بخواهیم از نتایج تعیین کیفیت جوش اتصالی با شیار نفوذی کامل در مورد شیار با نفوذ جزئی استفاده کنیم سه نمونه از مقطع جوش برای آزمایش ماکرواچ مورد نیاز خواهد بود .

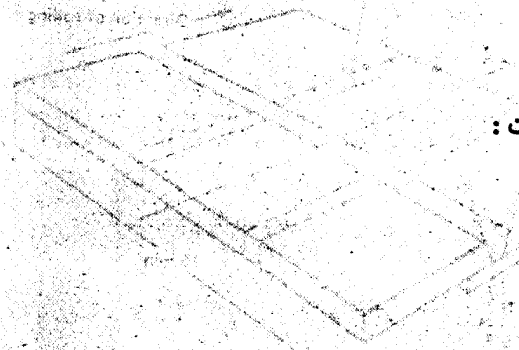
ج - اگر شرایط جوشکاری با هیچ یک از موارد فوق الذکر سازگارنباشد ، ابتدا نمونه ای با شیار مشابه تهیه و جوشکاری نموده سپس مقطع جوش را با آزمایش ماکرواچ مطالعه می کنیم تا ساق جوش به اندازه کافی باشد . بعد از آن از پشت نمونه تا رسیدن به ضخامت مؤثر ساق جوش را ماشینکاری کرده و از باقیمانده نمونه های آزمایش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

۳-۱-۳- جوشهای گوشه ای (Fillet) : نوع و تعداد نمونه جوشهای مورد نیاز جهت تعیین کیفیت جوشهای گوشه ای بر اساس AWS D1.1 در جدول ۱۷ مشخص شده است .

جدول ۱۷- نوع و تعداد نمونه جوشهای آزمایش جوش گوشه ای

Test specimen	Fillet size	Number of welds per procedure	Test specimens required: Macro-etch 5.10.3 5.11.2	Test specimens required: All-weld-metal tension (see Fig. 5.10.1.3G)	Test specimens required: Side-bend (see Fig. 5.10.1.3H)	Sizes qualified: Plate/pipe thickness	Sizes qualified: Fillet size
Plate T-test (Fig. 5.10.3A)	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	Min tested multiple-pass and larger
Pipe T-test** (Fig. 5.10.3B)	Single pass, max size to be used in construction	1 in each position to be used (see Table 5.10.5)	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 5.10.5)	3 faces (except for 4F & 5F, 4 faces req'd)	—	—	Unlimited	Min tested multiple-pass and larger
Groove test* (Fig. 5.10.3.2 with steel backing)	—	1 in 1G position	—	1	2	Qualifies welding consumables to be used in T-test above	

نمونه آزمایش جوش گوشه مطابق ضمیمه K (شکل (5-10.3A) بصورت T شکل تهیه می شود. این شکل در تمامی وضعیتها صادق است. نمونه های لوله ای با جوش گوشه ای نیز مطابق با قسمت B ضمیمه K تهیه می شوند.



در مورد یک سازه تهیه دو نمونه جوش گوشه ای به شرح زیر کافیست :

الف – یک آزمایش از جوش گوشه ای یک پاسی در حداکثر اندازه

ب– یک آزمایش از جوش گوشه ای چند پاسی با حداقل اندازه .

سپس همانطور که در اشکال ضمیمه K مشاهده می شود لازم است تا نمونه ها از عرض بریده شده ، ماکرواچ روی آنها انجام شود (برای مطالعه ساق جوش) اما برای تعیین کیفیت مواد مورد مصرف درجوشکاری لازم است تا در ادامه آزمایشی برای تعیین کیفیت جوش گوشه ای به شرح زیر انجام پذیرد :

a) ورقی برای آزمایش مطابق با شکل 5 (قسمت «ب » برای SAW) با پشت بند فولادی مهیا می شود .

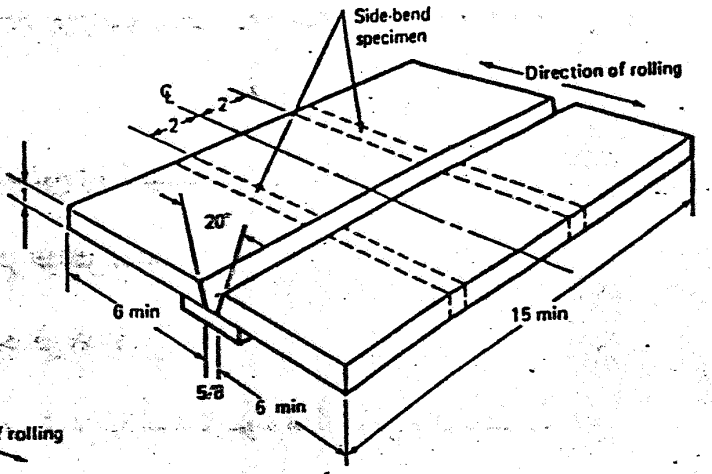
b) ورق در حالت 1G جوشکاری می شود .

c) طول قطعه می بایست برای تهیه نمونه مطابق شکل 6 کافی باشد .

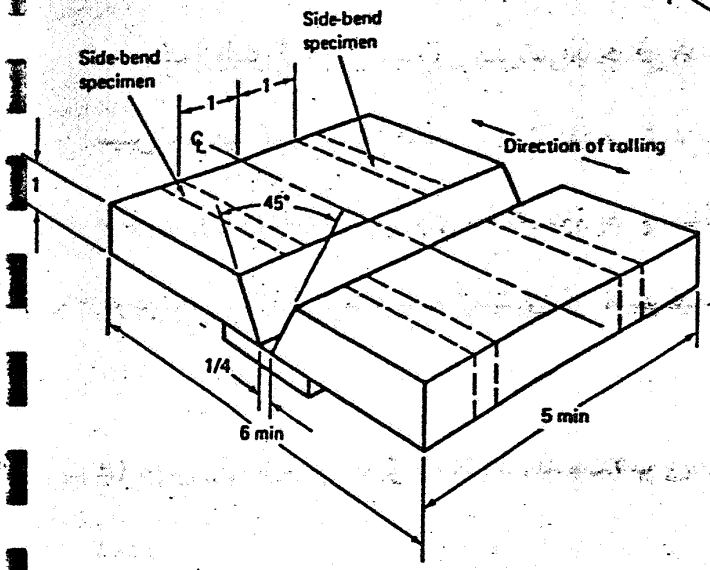
d) شرایط جوشکاری از قبیل جریان ، ولتاژ قوس ، سرعت حرکت و فلوی گاز می بایست شبیه حالت جوشکاری فیلت مورد نظر باشد .

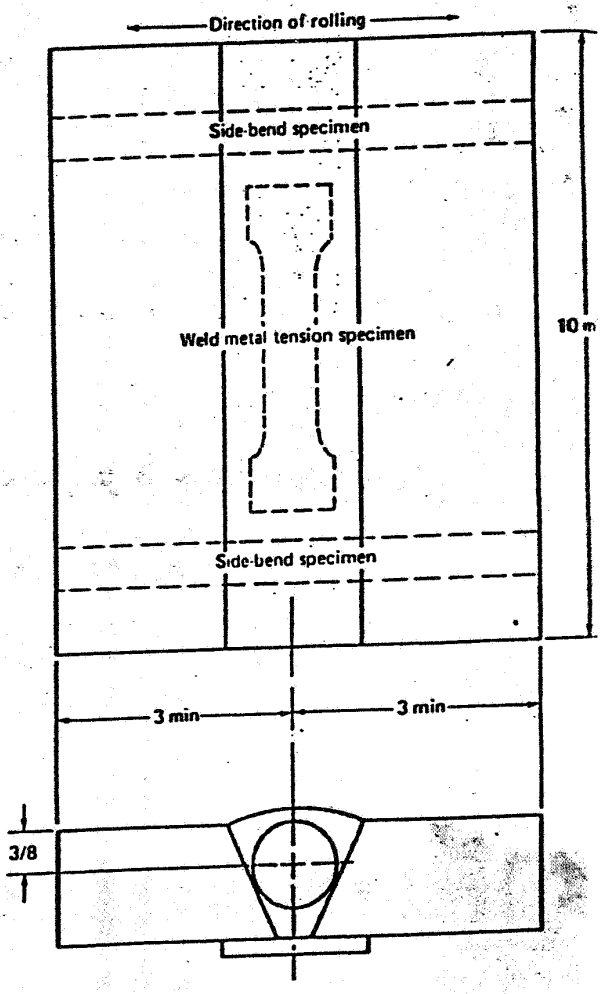
e)دو نمونه خمش جانبی (مطابق شکل H از ضمیمه j) و یک نمونه کشش فلز جوش (مطابق شکل G از ضمیمه j) مانند شکل ۶ از نمونه استخراج شده و مورد آزمایش قرار می گیرد .

شکل ۵- آزمایش تعیین کیفیت مواد مصرفی



Notes:
1. When radiography is used for testing, no tack welds shall be in the test area.
2. The backing bar thickness shall be 1/4 in. min to 3/8 in. max; backing bar width shall be 3 in. min when not removed for radiography, otherwise 1 in. min.





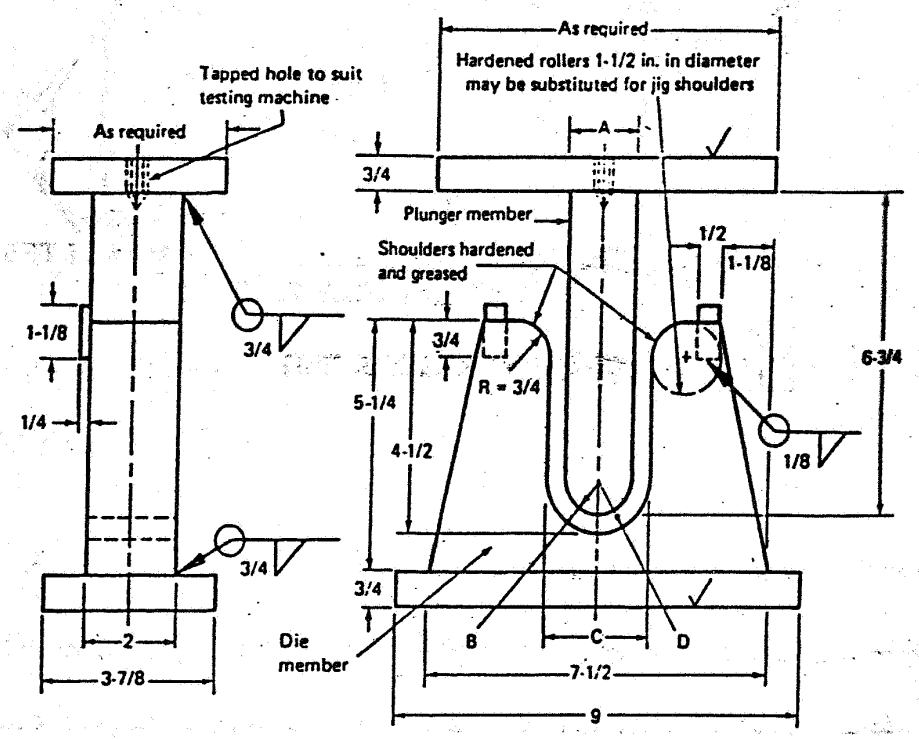
شکل ۶- موقعیت نمونه های آزمایش کیفیت مواد مصرفی برا

جوشهای گوشه ای (ورق ۱ اینچ)

۲-۲-۳- آزمایش اچ ماکرو : ابتدا مقطعی از نمونه بریده شده و توسط سنگ صاف می شود . سپس با سمباده زنی متوالی بوسیله سمباده های 200 , 400 , 600 سطح نمونه صیقلی می شود . برای اچ کردن از محلولهای مختلفی ممکن است استفاده شود که در مورد فولاد معمولاً محلول نایتال 2% (اسید نیتریک 2% + الکل) است .

۳-۲-۳- آزمایش خمش : نمونه ها در سه شکل ریشه ، سطحی و جانبی تهیه می شوند . هرنمونه می بایست مطابق شکل ۸ در گیره ای قرار گرفته و بوسیله یک سمبه که سر آن گرد است ، خمیده شود .

شکل ۸- مشخصات گیرهٔ نگهدارندهٔ آزمایش خمشی



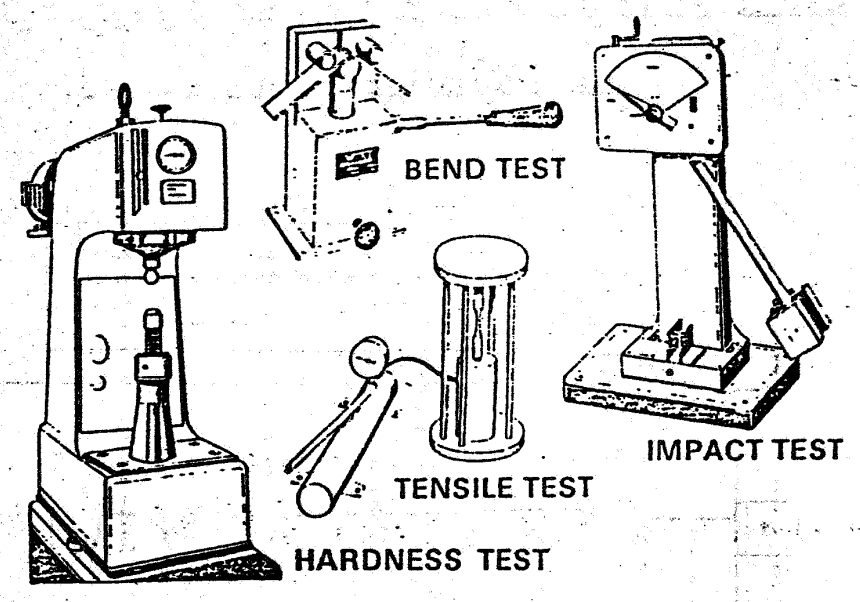
Minimum specified base metal yield strength, psi	A in.	B in.	C in.	D in.
50 000 & under	1-1/2	3/4	2-3/8	1-3/16
Over 50 000 to 90 000	2	1	2-7/8	1-7/16
90 000 & over	2-1/2	1-1/4	3-3/8	1-11/16

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

در رابطه با جوشهای گوشه ای روی لوله ها و مقاطع توخالی آزمایشها مطابق آنچه برای جوشهای شیار با نفوذ کامل بیان شد اجرا می شوند .

۲-۳- روش انجام آزمایشها

شکل ۷ - ماشین های مورد استفاده آزمایشها ی مکانیکی



۱-۲-۳- آزمایش کشش با نمونه های کوچک : قبل از انجام آزمایش بهتر است که تمامی اندازه های نمونه چک شوند . سپس نمونه در فکهای دستگاه قرار گرفته و بار اعمال می شود . آزمایش می بایست تا حد پارگی نمونه ادامه یابد . اگر حداکثر بار وارده بر مساحت سطح مقطع نمونه تقسیم شود استحکام کششی بدست خواهد آمد (در سیستم آمریکائی با واحد psi) .

همچنین از روی تفاوت طول نمونه ، قبل و بعد از آزمایش (اندازه ثانویه با کنار هم گزاردن نمونه های شکسته اندازه گیری میشود) امکان محاسبه درصد ازدیاد طول نیز می باشد .

ج – در صورتیکه ترک از گوشه آغاز شده و مشخص شود که علت ایجاد آن ناخالصیها یا سرباره محفوظ

بوده است حداکثر ترک 6.4 میلی متر نیز مجاز است .

۳-۳-۳- نتایج آزمایش ماکرواچ : برای تأیید کیفیت نمونهٔ ماکرواچ شده از طریق مشاهده چشمی نکات زیر باید ارضاء شوند :

a) جوشهائی با اتصال شیاری و نفوذ جزئی می بایست ساق جوش مؤثر را داشته باشند .

b) در جوشهای گوشهای (فیلت) ، ذوب باید تا ریشه اتصال انجام شده باشد .

c) حداقل پای(leg)جوش گوشه ای می بایست به اندازه مشخص شده جوش باشد .

d) جوشهای شیاری با نفوذ جزئی و جوشهای گوشه ای باید حائز شرایط زیر شوند :

d-1) ترک در مقطع مشاهده نشود .

d-2) بین لایه های مختلف جوش و فلز پایه و فلز جوش ذوب کافی صورت گرفته باشد .

d-3) شکل جوش مطابق طرح اتصال باشد .

d-4) زیر برش های غیر مجاز در مقطع جوش مشاهده نشود (حد زیر برشهای مجاز در AWS 9- 25.1.5 آمده است

۴-۳-۳- نتایج آزمایش کشش نمونه فلز جوش (در فرایندهای EGW, ESW): استحکام فلز جوش حداقل باید برابر با مشخصات مندرج در AWS A5.25 و AWS A5.26 باشد .

۵-۳-۳- نتایج آزمایش های غیر مخرب : برای قبول کیفیت جوش از لحاظ آزمایشهای غیر مخرب (مورد بحث در درس بازبینی جوش)به بخشهای 10.17, 9.25, 8.15 مرجع AWS مراجعه شود .

نمونه می بایست بر روی قالب قرار گرفته و سپس سمبه سرگرد پائین آمده و موجب خمیدگی نمونه می شود . به هنگام قرار دادن نمونه ها توجه به نکات ذیل الزامی است :

الف -- نمونه ها ی خمشی جانبی از پهلوی جوش بر روی قسمت خالی قالب قرار می گیرند .

ب – نمونه ها ی خمش ریشه و نمونه های تعیین سلامت جوش گوشه ای از قسمت زیر جوش روی قالب قرار می گیرند .

ج – نمونه های خمش سطحی از طرف روی جوش بر قسمت خالی قالب قرار می گیرند .

نمونه ها پس از اعمال فشار بوسیله سمبه می بایست کاملا به شکل U در آمده باشند . ضمن اینکه فلز جوش و ناحیه متأثر از حرارت باید کاملا در مرکز قالب قرار گرفته و پس از انجام آزمایش خمش در میان قسمت خمیده قرار گیرند .

۴-۲-۳- آزمایش کشش نمونهٔفلز جوش : آزمایش کشش بر اساس ASTM A370 انجام می شود .

۵-۲-۳- آزمایشهای غیر مخرب : آزمایشهای رادیو گرافی و اولترا سونیک ورقها بر اساس AWS,Sec.6,Part B or C و برای لوله ها بر اساس AWS,Sec.6,Part E&F انجام می شود .

۳-۳- نتایج قابل قبول آزمایشها

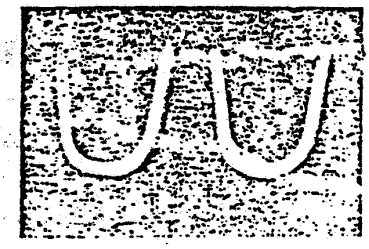
۱-۳-۳- نتایج آزمایش کشش نمونه های کوچک : استحکام کشش حاصل از این آزمایش باید از حداقل میزان استحکام کششی فلز پایه بیشتر باشد .

۲-۳-۳- نتایج آزمایشهای خمش : سطح محدب نمونهٔآزمایش خمش باید از نظر ظاهری عاری از هرگونه ناپیوستگی سطحی خارج از محدودهٔزیر باشد :

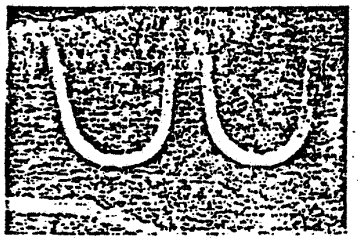
الف – گسستگی با ابعاد حداکثر 3.2 میلی متر در هر جهت

ب – جمع اندازهٔ بزرگترین بعد ناپیوستگی هائی که حداقل 0.8 میلی متر و حداکثر 3.2 میلی متر می باشند نباید از 9.5 میلی متر تجاوز کند .

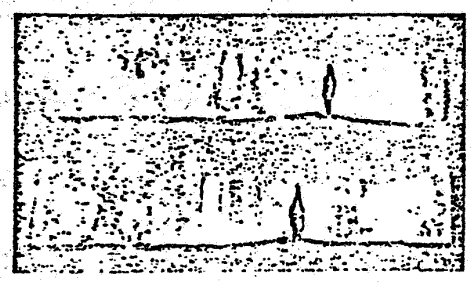
شکل ۹- چند نمونه جوش برای آزمایشهای تعیین کیفیت .



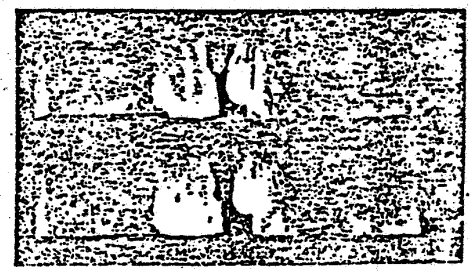
FACE BEND



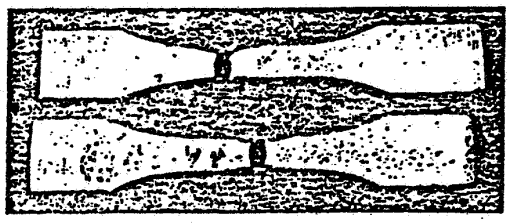
ROOT BEND.



TENSILE



NICK BREAK



AWS B 1.0-77

REDUCED TENSILE

۶-۳-۳- بازرسی چشمی لوله ها و مقاطع توخالی : لولهٔ جوشکاری شده در صورتی مورد قبول است که حائز شرایط ذیل باشد :

۱) جوش باید عاری از ترک باشد

۲) سطح جوشها حتما می بایست به دیواره خارجی لوله برخورد داشته باشد .

۳) حداکثر اندازهٔ زیر برش مجاز در جوش 0.4 میلی متر است .

۴) ریشهٔ جوش باید بازرسی شده و عاری از ترک باشد . ذوب ناقص و نفوذ غیرکافی نیز قابل اغماض نمی باشند .

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

۷-۳-۳- آزمایش مجدد : در صورتیکه نتایج نمونه های تهیه شده در یک آزمایش پاسخگوی کیفیت جوش نباشند ، باید دو سری دیگر از نمونه های آزمایش با همان مواد PQR تهیه شده و نتایج هر دو سری پاسخگوی کیفیت جوش شوند . برای موادی با ضخامت بالای 1 . 38 میلی متر در صورت مطلوب نبودن جواب یک نمونه می توان از دو موضوع دیگر نمونه تهیه کرد .

۴-۳- ثبت و تأیید کیفیت جوش : پس از آنکه نتایج آزمایشها مشخص شده ، مشخصات فرایند تهیهٔ نمونه و نتایج آزمایشهای تعیین کیفیت باید در فرم خاصی تحت عنوان(Procedure Quality Record) یا PQRثبت شده و پس از مطالعه نتایج آزمایشها جوش مورد نظر مورد تأیید (Approve) قرار گیرد .

در فرم نمونه شماره (۳) PQR پیشنهادی ASME طبق کد (QW- 483) آمده است . معمولا صفحهٔاول PQR به نکاتی که قبلا در WPS ذکر شده اختصاص می یابد زیرا نمونهٔ آزمایشهای تعیین کیفیت جوش بر اساس WPS باید تهیه شود از اینرو مشخصات فرایند که در فرم (۳)از ۱ تا ۴۲ شماره گذاری شده اند نیز مطابق WPS خواهند بود . البته در قسمت (6) بهتر است که شکل نمونهٔ تعیین کیفیت جوش ترسیم شود .

در صفحهٔ دوم فرم PQR همانطوری که در پیشنهاد ASME از 43تا 78 شماره بندی شده اطلاعات بدین نحو وارد می شود :

الف- اطلاعات حاصل از آزمایش کشش بر اساس کد (QW-150) ASME در این قسمت می آید :

43 – شماره نمونهٔ آزمایش کشش در صورت نیاز به دو نمونه کشش شماریه نمونه در خانهٔ 50 درج شده و اطلاعات ردیف دوم تکمیل می گردد.

44 – قطر نمونه های کشش استوانه ای و یا پهنای نمونه های کشش تخت از روی نمونه ها اندازه گیری شده و در این قسمت ذکر می گردد .

45- ضخامت نمونه های تخت که مطابق استاندارد تهیه شده اند بهطور دقیق اندازه گیری و دراین قسمت نوشته می شود.

46 - مساحت سطح مقطع نمونه کشش از روی اطلاعات 45 , 44 اندازه گیری ودرج می شود (معمولا با واحد اینچ)

47- حداکثر بار وارده قبل از شکست نمونه بر حسب lb (یا دیگر آحاد نیرو).

48- حداکثر تنش کششی از تقسیم نتیجه 47 بر 46 با واحد psi محاسبه و درج می شود.

49- مشخاصت نحوهٔ شکست و محلی که شکست در نمونه رخ داده است.

ب- اطلاعات حاصل از آزمایشهای خمشی بر اساس کد ASME (QW-160) تنظیم می شود:

51- نوع و شماره نمونه آزمایش خمش اعم از نوع ریشه ای ، جانبی یا سطحی در این قسمت ذکر می شود کد مربوط به نمونه های تست خمش QW-462 است.

52- نتیجه حاصل از آزمایش خمش در صورت مطلوب بودن به یکی از اشکال زیر درج می گردد. در غیر اینصورت رد آن ذکر می شود:

a) Acceptable b) Satisfactory
c) No deffect d) good

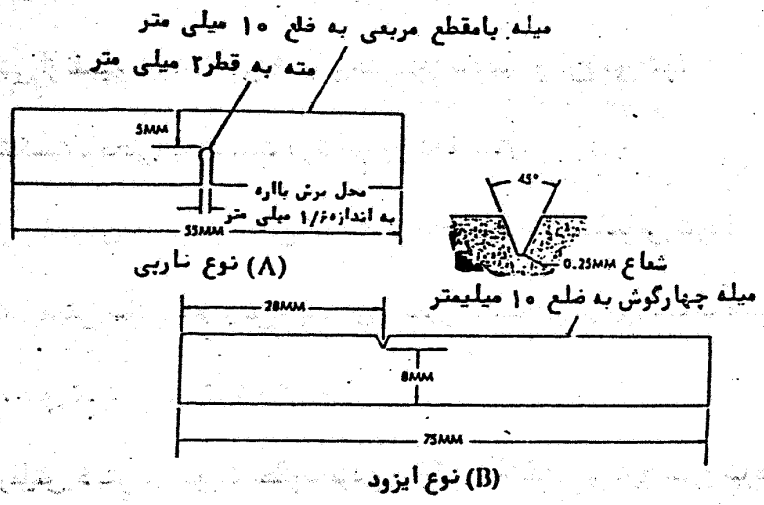
ج - در صورتیکه برای تعیین کیفیت جوش بر اساس QW-170 به آزمایش ضربه نیاز داشته باشیم و یا در مورد فرایندهای EGW,ESW نتایج حاصله بدین صورت در این قسمت ذکر می شود.

54 - شماره نمونه

55- محل قرارگرفتن شیار نمونهٔ ضربه ، شیار می تواند در فلز جوش ، منطقه متأثر از حرارت مرز بین فلز جوش و فلز پایه یا فلز پایه واقع شده باشد که معمولا با علامتهای اختصاری B.M,W.B,HAZ,W.M نشان داده می شود

56- نوع شیار ممکن است چاربی (Charpy) ، ایزود (Isod) ، سوراخ کلیدی (Key Hole) یا اصلا بدون شیار باشد . مشخصات اقسام شیارهای فوق الذکر و دیگر اندازه های نمونه ضربه در شکل ۱۰ آمده است .

شکل ۱۰ - مشخصات نمونه های آزمایش ضربه



57- درجه حرارت انجام آزمایش ضربه اعم از درجه حرارت اتاق ، صفر درجه سانتیگراد ، 20c- و غیره در این قسمت نوشته می شود .

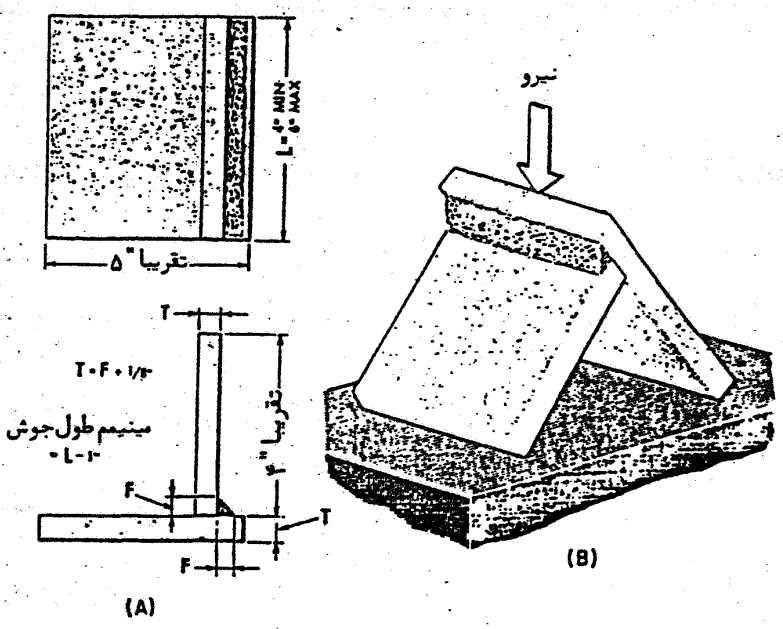
58- میزان انرژی ضربه معمولا برحسب lb-ft یا ژول در این قسمت می آید .

59- سطح مقطع شکست نمونه ضربه از دو ناحیهٔ شکست نرم و ترد تشکیل شده است . سطح مقطع شکست ترد معمولا صاف و براق و شکست نرم دارای پستی و بلندی و کدر است . درصد هریک از این انواع سطح مکانیزم شکست را مشخص میکند . با اندازه گیری نسبی این دو سطح می توانیم مقادیر را دراین قسمت وبخش 60 یادداشت کرد.

61- در دستگاههای قدیمی از وزنه های مختلفی برای آزمایش ضربه استفاده میشد تا بالاخره نمونه بشکند . وزن این نمونه ها دراین قسمت و 62 می آیند فرم های جدید احتیاج به این قسمت ندارند .

د)نتایج آزمایش جوش گوشه ای بر اساس کد (QW-180) ASME ذکر می شود . ممکن است آزمایش برای ساده تر شدن به شکل ۱۱ انجام شود

شکل ۱۱ - آزمایش خمش جوش گوشه ای



64- در صورت رضایتبخش بودن نتیجه آزمایش جوش گوشه ای این قسمت علامت می خورد .

65- نتیجه مشاهده نمونه ماکرواچ شده در مورد نفوذ جوش به فلز پایه در این قسمت و قسمت 67 مشخص می شود .

66- در صورتیکه آزمایش به شکل ۱۱ انجام شد نجوه شکست نرم یا ترد بویژه در محل ریشه جوش در اینجا می آید .

ه - در برخی حالات آزمایشهائی چون سختی سنجی در مناطق مختلف B.M,HAZ,W.M یا آزمایشهای غیر مخرب نیز باید انجام پذیرند که بدین صورت به آنها اشاره می شود .

68- نوع آزمایش (سختی سنجی ، غیر مخرب و...)

69- آنالیز شیمیائی فلز جوش ممکن است جزو مطالب مورد نیاز باشد . در این صورت پس از آزمایش در این قسمت ذکر می شود .

70-هرگونه اطلاعات یا آزمایشهای دیگر در این قسمت قید می شوند .

و - اطلاعات تکمیلی :

71- جوشهای سازه در صورتی مورد تأیید می باشند که جوشکار آن همان جوشکار PQR باشد از اینرو ذکر نام جوشکار نمونه دراین قسمت الزامیست

72- مواردی چون شماره پرسنلی و درجه کیفیت کار جوشکار در این قسمت و بخش72 ذکر می شوند .

74- نام تنظیم کننده آزمایش که معمولا مسئول بخش جوشکاری است .

75-شماره گزارش آزمایشگاه در این قسمت کمک به ارجاع یک PQR برایWPSهای مختلف می شود .

76- تنظیم کنندهٔ PQR این قسمت را با ذکر تاریخ در قسمتهای , 77 و 78 امضاء خواهد کرد .

۵-۳- محدودیت متغیرهای PQR

جهت کاهش هزینه وزمان ناشی از انجام آزمایشهای تعیین کیفیت لازمست تا محدوده ای برای متغیرهای PQR در نظر گرفته شود . بدیهی است در صورت تغییر هر یک از این متغیرها در WPS یک PQR جدید با ید تنظیم گردد.

بر اساس QW-200 هر تولید کننده ای موظف به ارائه WPS جهت مشخص شدن روش جوشکاری است و هرWPS می بایست به کمک آزمایشهای PQR تأیید کیفیت کسب کند (پس هر WPS به یک PQR نیازمند است) ، اما با توجه به نکات کد QW-415 امکان تنظیم یک PQR برای تضمین کیفیت چندین WPS امکان پذیر است .

بنا به جداول کد QW-415 استاندارد ASMW (ضمیمه L) امکان تغییر ، افزودن ، کاستن ، افزایش یا کاهش یا تغییر جهت هر یک از متغیر های اساسی ، اساسی مشروط و غیر اساسی برای تمامی

فرایندهای جوشکاری مورد مقایسه قرار گرفته است . همچنین توضیح هر یک از این کدها در پاراگراف مربوطه از این استاندارد آمده است .

۶-۳- متغیرهای اساسی در آزمایش جوشکار (WQR)

پارامترهای اساسی ، اساس مشروط و غیر اساسی در تعیین کیفیت جوشکار با توجه به استانداردهای مختلف فرق می کند. به عنوان مثال شکل طرح یخ با توجه به کد ASME IX برای تهیه PQR غیر اساسی است در صورتیکه برای آزمایش جوشکار کاملاً اساسی می باشد . همین مسئله با توجه به کد AWS D1.1 دقیقاً برعکس است . از این رو با توجه به اینکه متغیرهای روش جوشکاری با توجه به کد ASME IX تشریح شد ، در مورد آزمایش جوشکاری نیز به همان کد اشاره می شود .

۱-۶-۳- جوشکاری الکترود دستی

با توجه به QW-535 متغیرهای اساسی در آزمایش جوشکار با فرایند SMAW از قرار زیر می باشند .

۱) حذف پشت بند (402.4)

۲) تغییر قطر لوله خارج از محدودهٔ QW-425 (403.16)

۳) تغییر P-No (403.18)

۴) تغییر در محدودهٔ F-No.4X (404.11)

۵) تغییر F-No. (404.15)

۶) تغییر ضخامت فلز راسب خارج از محدوده کدهای QW-451,452 (404.30)

۷) اضافه شدن یک وضعیت (405.1)

۸) تغییر جهت عمودی سر بالا به سر پائین

۲-۶-۳- سایر روشها

کدهائی از ASME که شامل متغیرهای اساسی دیگر روشهای جوشکاری می باشند از قرار زیرند :

(QW -352)=OFW
(QW-354)=SAW
(QW-357)=PAW
(QW-355)=GMAW(FCAW)
(QW-356)=GTAW

Filler metal جریانی از که میبری نه
electro d جریانی از که میبری نه و رویه پوش دارد
wire جریانی از که میبری نه و رویه پوش هم ندارد

Matching Ratio = $\frac{\text{فلز پر شده جوش}}{\text{فلز پر شده قطعه}} = 1$

حالت کوپلیت از فلز پر شده جوش < 1 under match
" " " > 1 over match

SFA (spec. Filleller Metal)
↓
ASME SEC.II PartC
مثلاً A5.1

A NO. ترکیب شیمیایی فلز جوش
(جدول صفحه ۱۵)

Electrode- Flux (class) → صفحه ۲۰

توضیح مشخصات پودر در روش Submerged در بخش others داده می شود.

Consumable Insert → گاهی مصرف میشوند.
(در قطعات ضخیم که دسترسی خوبی به ریشه ندارم از این قطعه استفاده می کنم تا ذوب مفید و نفوذ را کامل نماید و مدت پشت آن به عنوان Back strip استفاده شود)

جنس این قطعه باید در WPS کاملاً مشخص شود

208
Welding Procedure Specification

QW-482 WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)
(See QW-201.1, Section IX, 1974 ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Company Name _____

Welding Procedure Specification No. (1) Date (2) Supporting PQR No. (5)
Revisions (3) (4)

Welding Process(es) (6) Type(s) (7)

JOINTS (QW-402)
Groove Design (8)
Backing: Yes (9) No. _____
Backing Material (Type) (10)
Other (11)

BASE METALS (QW-403)
P. No. (12) to P. No. (13)
Thickness Range (14)
Pipe Dia. Range (15)
Other (16)

FILLER METALS (QW-404)
F No. (17) Other (18)
A No. (19) Other (20)
Spec. No. (SFA) (21)
AWS No. (Class) (22)
Size of Electrode (23)
Size of Filler (24)
Electrode-Flux (Class) (25)
Consumable Insert (26)
Other (27)

POSITION (QW-405)
Position of Groove (28)
Welding Progression (29)
Other (30)

PREHEAT (QW-406)
Preheat Temp. (31)
Interpass Temp. (32)
Preheat Maintenance (33)
Other (34)

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)
Temperature (35)
Time Range (36)
Other (37)

GAS (QW-408)
Shielding Gas(es) (38)
Percent Composition (mixtures) (39)
Flow Rate (40)
Gas Backing (41)
Trailing Shielding Gas Composition (42)
Other (43)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)
Current AC or DC (44) Polarity (45)
Amps (Range) (46) Volts (Range) (47)
Other (48)

TECHNIQUE (QW-410)
String or Weave Bead (50)
Orifice or Gas Cup Size (51)
Initial & Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.) (52)
Method of Back Gouging (53)
Oscillation (54)
Contact Tube to Work Distance (55)
Multiple of Single Pass (per side) (56)
Multiple or Single Electrodes (57)
Travel Speed (Range) (49)
Other (58)

ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, 1974

فرم شماره - ۱

QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
(See QW-201.1, 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 _____

Pipe Dia. Range: Groove _____ Fillet _____

Other _____

*FILLER METALS (QW-404)		
Spec. No. (SFA)		
AWS No. (Class)		
F-No.		
A-No.		
Size of Filler Metals		
Deposited 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 (E00006) may be obtained from the Order Dept., ASME, 22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300

SAMPLE

فرم شماره - ۲

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)

	Percent Composition		
	Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate
Shielding			
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.)

فرم شماره - ۲ (ادامه)

222
ASME Procedure Qualification Record

QW-483 PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)
(See QW-201.2, Section IX, 1974 ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Company Name _____
Procedure Qualification Record No. _____ (1) Date _____ (2)
WPS No. _____ (3)
Welding Process(es) _____ (4)
Types (Manual, Automatic, Semi-Auto) _____ (5)

JOINTS (QW-402)

(6)
Groove Design Used

BASE METALS (QW-403)
Material Spec. (7)
Type or Grade (8)
P No. (9) to P No. (10)
Thickness (11)
Diameter (12)
Other (13)

FILLER METALS (QW-404)
Weld Metal Analysis A No. (14)
Size of Electrode (15)
Filler Metal F No. (16)
SFA Specification (17)
AWS Classification (18)
Other (19)

POSITION (QW-405)
Position of Groove (20)
Weld Progression (Uphill, Downhill) (21)
Other (22)

PREHEAT (QW-406)
Preheat Temp. (23)
Interpass Temp. (24)
Other (25)

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)
Temperature (26)
Time (27)
Other (28)

GAS (QW-408)
Type of Gas or Gases (29)
Composition of Gas Mixture (30)
Other (31)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)
Current (32)
Polarity (33)
Amps. (34) Volts (35)
Other (36)

TECHNIQUE (QW-410)
Travel Speed (37)
String or Weave Bead (38)
Oscillation (39)
Multipass or Single Pass (per side) (40)
Single or Multiple Electrodes (41)
Other (42)

IDENTIFICATION OF ITEMS
QW-483 PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)

1 Unique number assigned for each PQR.
2 Date PQR was qualified and approved
3 WPS used in qualifying this PQR
4 Welding process (i.e., GMAW, SAW, etc.) used
5. Type of welding process used (i.e., Short-Circuiting GMAW, Semi-Automatic SAW, MACHINE GTAW, MANUAL SMAW, and etc.)
6. Sketch or description of the joint used in qualifying this PQR, including backing material type and etc
7 ASME material specification used (i.e., SA 515)
8 Type or grade used (i.e., Grade 70)
9 P No. used (QW 420)
10 P No. used (QW 420)
11 Thickness used
12 Diameter used if applicable
13 Other
14 A number (QW 442) or manufacturer's trade name if there is an "A" number
15 F number (QW 432) or manufacturer's trade name if there is no "F" number
16 ASME SFA Specification (i.e., SFA 5.18) of the electrode(s) used or trade name if no specification number
17 AWS classification (i.e., E 7018) of the electrode(s) used or trade name if no classification number
18 Size of electrode(s) used in qualifying the PQR
19 Other
20 Position of groove used
21 Weld progression used if applicable
22 Other
23 Preheat temperature used
24 Interpass temperature range used.
25 Other
26 Postweld temperature used
27 Postweld heat time used
28 Other
29 Type of gas or gases used (i.e., Argon CO_2)
30 Composition of gas mixture used (i.e., 25% Argon-75% CO_2)
31 Other
32 Current used (i.e., D C)
33 Polarity used (i.e., Reverse)
34 Amperage used
35 Voltage used
36 Other
37 Travel speed used
38 Type of weld bead technique used (i.e., stringer)
39 Oscillation used (i.e., width, dwell and frequency)
40 Multi pass or single pass per side used
41 Single or multiple electrodes used
42 Other

Prepared for National Board of Pressure Vessel Inspection by M. Houle

فرم شماره - ۳

223
ASME
Procedure
Qualification
Record

QW-483 (Back)
Tensile Test (QW-150)

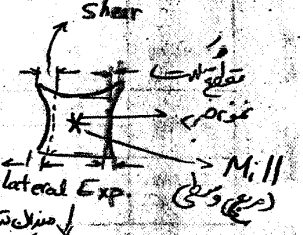
Specimen No	Dia or Width	Thickness	Area	Ultimate Total Load lb	Ultimate Unit Stress psi	Character of Failure & Location
(43)	(44)	(45)	(46)	(47)	(48)	(49)
(50)						

GUIDED BEND TESTS (QW-160)

Type and Figure No.	Result
(51)	(52)
(53)	

TOUGHNESS TESTS (QW-170)

Specimen No	Notch Location	Notch Type	Test Temp.	Impact Values	Lateral Exp. %Shear	Lateral Exp. Mils	Drop Weight Break	Drop Weight No Break
(54)	(55)	(56)	(57)	(58)	(59)	(60)	(61)	(62)
(63)								



FILLET WELD TEST (QW-180)

Result — Satisfactory: Yes (64) No _____ Penetration into Parent Metal: Yes (65) No _____
Type and Character of Failure (66) Macro-Results (67)

OTHER TESTS

Type of Test (68)
Deposit Analysis (69)
Other (70)

Welder's Name (71) Clock No. (72) Stamp No. (73)
Tests conducted by: (74) Laboratory Test No. (75)

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

Date (77) Manufacturer (76)
By (78)

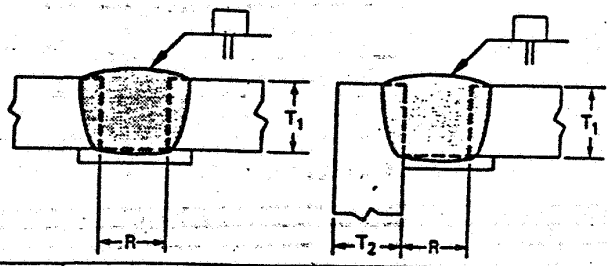
(Detail of record of tests are illustrative only and may be modified to conform to the type and number of tests required by the Code.)

43 Tensile test specimen number
44 Width or diameter of specimen
45 Thickness of specimen
46 Area of specimen
47 Ultimate total load in pounds
48 Ultimate unit stress in pounds per sq in (psi).
49 Character of failure and location
50 Repeat items 43 through 49 for number of specimens required
51 Guided bend tests type and figure no (i e . side bend QW-462 2(a))
52 Guided bend test results (i e . no defects)
53 Repeat items 51 and 52 for number of specimens required.
54 Toughness test specimen number
55 Notch location
56 Notch type
57 Specimen test temperature
58 Impact values in foot pounds.
59 Percent shear mode of fracture
60 MILS of lateral expansion
61 Indicate if sample broke
62 Indicate if sample did not break
63 Repeat steps 54 through 62 for number of samples required
64 Indicate if the fillet weld test results were satisfactory
65 Indicate if the sample penetrated to the root
66 Type and character of bend sample root failure
67 Results of macro sample evaluation
68 List type of test (i e . pad analysis, all weld metal or etc)
69 List deposited analysis required by 68.
70 Other
71 Name of welder being tested
72 Clock number of welder being tested (optional)
73 Stamp number of welder being tested
74 Name of person who conducted the tests
75 Laboratory test number.
76 Manufacturer or contractor's name.
77 Date the PQR was prepared.
78 Manufacturer's or contractor's authorized signature

Prepared for National Board of Pressure Vessel Inspection by M. Houle

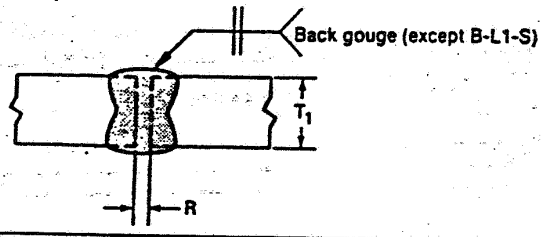
فرم شماره - ٣ (ادامه)

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



Welding process	Joint designation	Base metal thickness (U = unlimited) T_1	T_2	Groove preparation: Root opening	Tolerances: As detailed (see 2.9.2)	Tolerances: As fit up (see 3.3.4)	Permitted welding positions	Gas shielding for (FCAW)	Notes
SMAW	B-L1a	1/4 max	–	$R=T_1$	+1/16,–0	+1/4,–1/16	All	–	N
	C-L1a	1/4 max	U	$R=T_1$	+1/16,–0	+1/4,–1/16	All	–	–
GMAW FCAW	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) T_1	T_2	Groove preparation: Root opening	Tolerances: As detailed (see 2.9.2)	Tolerances: As fit up (see 3.3.4)	Permitted welding positions	Gas shielding for (FCAW)	Notes
SMAW	B-L1b	1/4 max	–	$R = T_1/2$	+1/16,–0	+1/16,–1/8	All	–	C,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

Note A: Not prequalified for gas metal arc welding using short circuiting transfer. Refer to Appendix D.

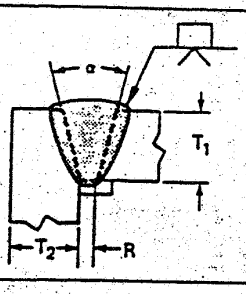
Note C: Gouge root to sound metal before welding second side.

Note N: The orientation of the two members in the joints may vary from 135 deg to 180 deg provided that the basic joint configuration (groove angle, root face, root opening) remain the same and that the design throat thickness is maintained.

Fig. 2.9.1—Prequalified complete joint penetration groove welded joints

« A - ٢ »

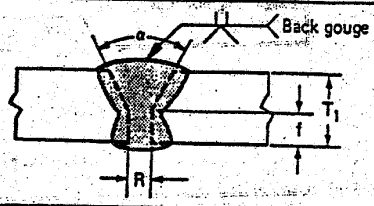
Single-V-groove weld (2)
Corner joint (C)



Tolerances	
As detailed (see 2.9.2)	As fit up (see 3.3.4)
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	–	Q
				R = 3/8	α = 30°	F,V,OH	–	Q
				R = 1/2	α = 20°	F,V,OH	–	Q
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,Q
				R = 1/4	α = 45°	F,V,OH	Not req.	A,Q
SAW	C-L2a-S	2 max	U	R = 1/4	α = 30°	F	–	Q
SAW	C-U2-S	U	U	R = 5/8	α = 20°	F	–	Q

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	Tolerances: As detailed (see 2.9.2)	Tolerances: As fit up (see 3.3.4)	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,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, α = 60° f = 1/4 max	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, α = 60° f = 1/2 max					
		Over 1-1/2 to 2	–	R = 0, α = 60° f = 5/8 max					

Note A: Not prequalified for gas metal arc welding using short circuiting transfer. Refer to Appendix D.

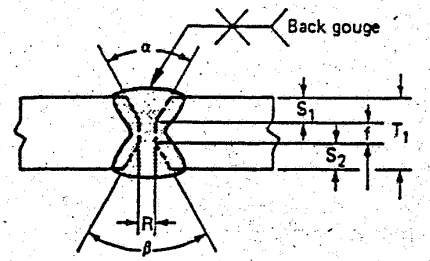
Note C: Gouge root of joint before welding the second side.

Note N: The orientation of the two members in the joints may vary from 135 deg to 180 deg provided that the basic joint configuration (groove angle, root face, root opening) remain the same and that the design throat thickness is maintained.

Note Q: For corner and T-joints, the member orientation may be changed provided the groove angle is maintained as specified.

Fig. 2.9.1 (continued)—Prequalified complete joint penetration groove welded joints

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 > 6-1/4, or T_1 < 2
$S_1 = 2/3\ (T_1 - 1/4)$

Welding process	Joint designation	Base metal thickness (U = unlimited) T_1	T_2	Groove preparation: Root opening, Root face, Groove angle	Tolerances: As detailed (see 2.9.2)	Tolerances: As fit up (see 3.3.4)	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,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; $S_2 = T_1 - (S_1 + f)$					

Note A: Not prequalified for gas metal arc welding using short circuiting transfer. Refer to Appendix D.

Note C: Gouge root to sound metal before welding second side.

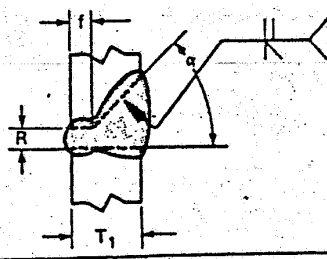
Note M: Double-groove welds may have grooves of unequal depth, but the depth of the shallower groove shall be no less than one-fourth of the thickness of the thinner part joined.

Note N: The orientation of the two members in the joints may vary from 135 deg to 180 deg provided that the basic joint configuration (groove angle, root face, root opening) remain the same and that the design throat thickness is maintained.

Fig. 2.9.1 (continued)—Prequalified complete joint penetration groove welded joints

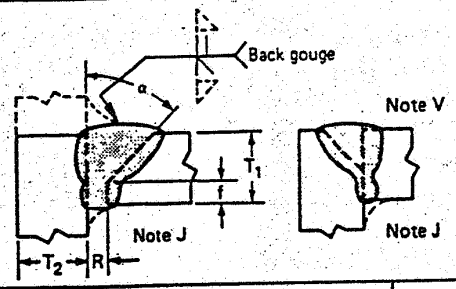
ضمیمه - A (ادامه)

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



Welding process	Joint designation	Base metal thickness (U = unlimited) T_1	T_2	Groove preparation: Root opening, Root face, Groove angle	Tolerances: As detailed (see 2.9.2)	Tolerances: As fit up (see 3.3.4)	Permitted welding positions	Gas shielding for (FCAW)	Notes
SMAW	B-U4b	U	–	R = 0 to 1/8 f = 0 to 1/8 α = 45°	+1/16,–0 +1/16,–0 +10°,–0°	+1/16,–1/8 not limited +10°,–5°	All	–	Br,C,N
GMAW FCAW	B-U4b-GF	U	–				All	Not required	A,Br,C,N

Single-bevel-groove weld (4)
T-joint (T)
Corner joint (C)



Welding process	Joint designation	Base metal thickness (U = unlimited) T_1	T_2	Groove preparation: Root opening, Root face, Groove angle	Tolerances: As detailed (see 2.9.2)	Tolerances: As fit up (see 3.3.4)	Permitted welding positions	Gas shielding for (FCAW)	Notes
SMAW	TC-U4b	U	U	R = 0 to 1/8 f = 0 to 1/8 α = 45°	+1/16,–0 +1/16,–0 +10°,–0°	+1/16,–1/8 Not limited +10°,–5°	All	–	C,J,R,V
GMAW FCAW	TC-U4b-GF	U	U				All	Not req.	A,C,J,R,V
SAW	TC-U4b-S	U	U	R = 0 f = 1/8 max α = 60°	±0 +0,–1/8 +10°,–0°	+1/4,–0 ±1/16 +10°,–5°	F	–	C,J,R,V

Note A: Not prequalified for gas metal arc welding using short circuiting transfer. Refer to Appendix D.

Note Br: Bridge application limits these joints to the horizontal position (see 9.12.1.5).

Note C: Gouge root to sound metal before welding second side.

Note J: If fillet welds are used in buildings to reinforce groove welds in corner and T-joints, they shall be equal to 1/4 T_1 but need not exceed 3/8 in. Groove welds in corner and T-joints of bridges shall be reinforced with fillet welds equal to 1/4 T_1 but not more than 3/8 in.

Note N: The orientation of the two members in the joints may vary from 135 deg to 180 deg provided that the basic joint configuration (groove angle, root face, root opening) remain the same and that the design throat thickness is maintained.

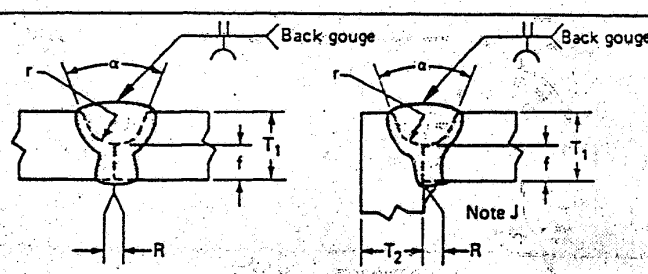
Note R: The orientation of two members in the joints may vary from 45 deg to 135 deg for corner joints and from 45 deg to 90 deg for T-joints, provided that the basic joint configuration (groove angle, root face, root opening) remain the same and that the design throat thickness is maintained.

Note V: For corner joints, the outside groove preparation may be in either or both members, provided the basic groove configuration is not changed and adequate edge distance is maintained to support the welding operations without excessive edge melting.

Fig. 2.9.1 (continued)—Prequalified complete joint penetration groove welded joints

صفحه A - (ادامه)

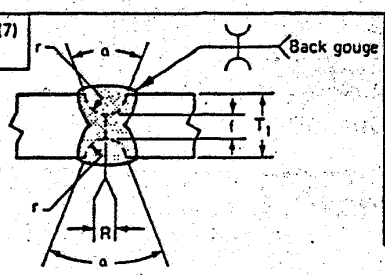
Single-U-groove weld (6)
Butt joint (B)
Corner joint (C)



Tolerances	
As detailed (see 2.9.2)	As fit up (see 3.3.4)
R = +1/16,–0	+1/16,–1/8
α = +10°,–0°	+10°,–5°
f = ±1/16	Not limited
r = +1/8,–0	+1/8,–0

Welding process	Joint designation	Base metal thickness (U = unlimited) T_1	T_2	Groove prepartion: Root opening	Groove angle	Root face	Groove radius	Permitted welding positions	Gas shielding for (FCAW)	Notes
SMAW	B-U6	U	U	R = 0 to 1/8	α = 45°	f = 1/8	r = 1/4	All	–	C,N
				R = 0 to 1/8	α = 20°	f = 1/8	r = 1/4	F,OH	–	C,N
	C-U6	U	U	R = 0 to 1/8	α = 45°	f = 1/8	r = 1/4	All	–	C,J,R
				R = 0 to 1/8	α = 20°	f = 1/8	r = 1/4	F,OH	–	C,J,R
GMAW FCAW	B-U6-GF	U	U	R = 0 to 1/8	α = 20°	f = 1/8	r = 1/4	All	Not req.	A,C,N
	C-U6-GF	U	U	R = 0 to 1/8	α = 20°	f = 1/8	r = 1/4	All	Not req.	A,C,J,R

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



Tolerances	
For B-U7 and B-U7-GF	
As detailed (see 2.9.2)	As fit up (see 3.3.4)
R = +1/16,–0	+1/16,–1/8
α = +10°,–0°	+10°,–5°
f = +1/16,–0	Not limited
r = +1/4,–0	±1/16

Tolerances	
For B-U7-S	
As detailed (see 2.9.2)	As fit up (see 3.3.4)
R = ±0	+1/16,–0
f = +0,–1/4	±1/16

Welding process	Joint designation	Base metal thickness (U = unlimited) T_1	T_2	Groove preparation: Root opening	Groove angle	Root face	Groove radius	Permitted welding positions	Gas shielding for (FCAW)	Notes
SMAW	B-U7	U	–	R = 0 to 1/8	α = 45°	f = 1/8	r = 1/4	All	–	C,M,N
				R = 0 to 1/8	α = 20°	f = 1/8	r = 1/4	F,OH	–	C,M,N
GMAW FCAW	B-U7-GF	U	–	R = 0 to 1/8	α = 20	f = 1/8	r = 1/4	All	Not required	A,C M,N
SAW	B-U7-S	U	–	R = 0	α = 20°	f = 1/4 max	r = 1/4	F	–	C,M,N

Note A: Not prequalified for gas metal arc welding using short circuiting transfer. Refer to Appendix D.

Note C: Gouge root to sound metal before welding second side.

Note J: If fillet welds are used in buildings to reinforce groove welds in corner and T-joints, they shall be equal to 1/4 T_1 but need not exceed 3/8 in. Groove welds in corner and T-joints of bridges shall be reinforced with fillet welds equal to 1/4 T_1 but not more than 3/8 in.

Note M: Double-groove welds may have grooves of unequal depth, but the depth of the shallower groove shall be no less than one-fourth of the thickness of the thinner part joined.

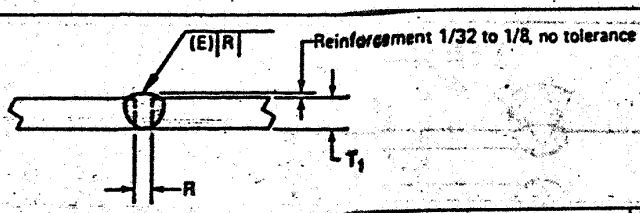
Note N: The orientation of the two members in the joints may vary from 135 deg to 180 deg provided that the basic joint configuration (groove angle, root face, root opening) remain the same and that the design throat thickness is maintained.

Note R: The orientation of two members in the joints may vary from 45 deg to 135 deg for corner joints and from 45 deg to 90 deg for T-joints, provided that the basic joint configuration (groove angle, root face, root opening) remain the same and that the design throat thickness is maintained.

Fig. 2.9.1 (continued)—Prequalified complete joint penetration groove welded joints

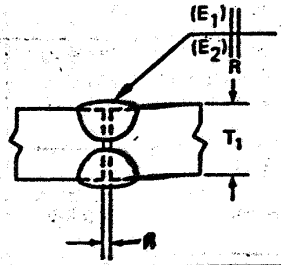
تنبيه – A (تابع)

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



Welding process	Joint designation	Base metal thickness (U = unlimited) T_1	T_2	Groove preparation: Root opening	Tolerances: As detailed (see 2.10.2)	Tolerances: As fit up (see 3.3.4)	Permitted welding positions	Effective throat (E)	Notes
SMAW	B-P1a	1/8 max	–	R = 0 to 1/16	+1/16,–0	±1/16	All	$T_1 - 1/32$	B
	B-P1c	1/4 max	–	R = $\frac{T_1}{2}$ min	+1/16,–0	±1/16	All	$\frac{T_1}{2}$	B

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



$E_1 + E_2$ Must not exceed $\frac{3T_1}{4}$

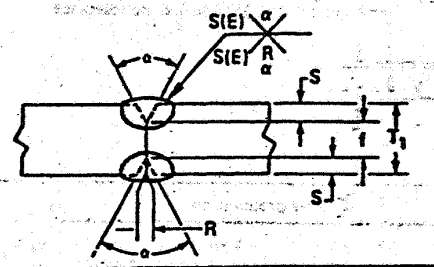
Welding process	Joint designation	Base metal thickness (U = unlimited) T_1	T_2	Groove preparation: Root opening	Tolerances: As detailed (see 2.10.2)	Tolerances: As fit up (see 3.3.4)	Permitted welding positions	Effective throat (E)	Notes
SMAW	B-P1b	1/4 max	–	R = $\frac{T_1}{2}$	±1/16,–0	±1/16	All	$\frac{3T_1}{4}$	

Note B: Joints welded from one side.

Fig. 2.10.1—Prequalified partial joint penetration groove welded joints

(2131) A - Urdu

Double-V-groove weld (3)
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 2.10.2)	Groove preparation: Tolerances, As fit up (see 3.3.4)	Permitted welding positions	Effective throat (E)	Notes
SMAW	B-P3	1/2 min	–	R = 0 f = 1/8 min α = 60°	+1/16,–0 unlimited +10°,–0°	+1/8, –1/16 ±1/16 +10°,–5°	All	S	E,Mp, Q2
GMAW FCAW	B-P3-GF	1/2 min	–	R = 0 f = 1/8 min α = 60°	+1/16,–0 unlimited +10°,–0°	+1/8, –1/16 ±1/16 +10°,–5°	All	S	A,E, Mp, Q2
SAW	B-P3-S	3/4 min	–	R = 0 f = 1/4 min α = 60°	±0 unlimited +10°,–0°	+1/16, –0‡ ±1/16 +10°,–5°	F	S	E,Mp, Q2

Note A: Not prequalified for gas metal arc welding using short circuiting transfer. Refer to Appendix D.

Note E: Minimum effective throat (E) as shown in Table 2.10.3; S as specified on drawings.

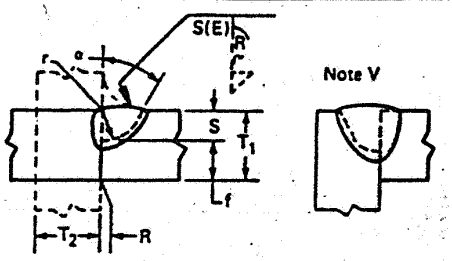
Note Mp: Double-groove welds may have grooves of unequal depth, provided they conform to the limitations of Note E. Also, the effective throat (E), less any reduction applies individually to each groove.

Note Q2: The member orientation may be changed provided that the groove dimensions are maintained as specified.

‡ Fit-up tolerance. SAW: see 3.3.2; for rolled shapes R may be 5/16 inches in thick plates if backing is provided.

Fig. 2.10.1 (continued)—Prequalified partial joint penetration groove welded joints

Single-J-groove weld (B)
Butt joint (B)
T-joint (T)
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 radius, Groove angle	Groove preparation: Tolerances, As detailed (see 2.10.2)	Groove preparation: Tolerances, As fit up (see 3.3.4)	Permitted welding positions	Effective throat (E)	Notes
SMAW	TC-P8*	1/4 min	U	R = 0 f = 1/8 min r = 3/8 α = 45°	+1/16,-0 Not limited +1/4,-0 +10°,-0°	+1/8,-1/16 ±1/16 ±1/16 +10°,-5°	All	S	E,J2, Q2,V
SMAW	BC-P8**	1/4 min	U	R = 0 f = 1/8 min r = 3/8 α = 30°	+1/16,-0 Not limited +1/4,-0 +10°,-0°	+1/8,-1/16 ±1/16 ±1/16 +10°,-5°	All	S	E,J2, Q2,V
GMAW FCAW	TC-P8-GF*	1/4 min	U	R = 0 f = 1/8 min r = 3/8 α = 45°	+1/16,-0 Not limited +1/4,-0 +10°,-0°	+1/8,-1/16 ±1/16 ±1/16 +10°,-5°	All	S	A,E, J2,Q2, V
GMAW FCAW	BC-P8-GF**	1/4 min	U	R = 0 f = 1/8 min r = 3/8 α = 30°	+1/16,-0 Not limited +1/4,-0 +10°,-0°	+1/8,-1/16 ±1/16 ±1/16 +10°,-5°	All	S	A,E, J2,Q2, V
SAW	TC-P8-S*	7/16 min	U	R = 0 f = 1/4 min r = 1/2 α = 45°	±0 Not limited +1/4,-0 +10°,-0°	+1/16,-0‡ ±1/16 ±1/16 +10°,-5°	F	S	E,J2, Q2,V
SAW	C-P8-S**	7/16 min	U	R = 0 f = 1/4 min r = 1/2 α = 20°	±0 Not limited +1/4, -0° +10°,-0°	+1/16,-0‡ ±1/16 ±1/16 +10°,-5°	F	S	E,J2, Q2,V

Note A: Not prequalified for gas metal arc welding using short circuiting transfer. Refer to Appendix D.

Note E: Minimum effective throat (E) as shown in Table 2.10.3; S as specified on drawings.

Note J2: If fillet welds are used in buildings to reinforce groove welds in corner and T-joints, they shall be equal to 1/4 T_1 but need not exceed 3/8 in.

Note Q2: The member orientation may be changed provided that the groove dimensions are maintained as specified.

Note V: For corner joints, the outside groove preparation may be in either or both members, provided the basic groove configuration is not changed and adequate edge distance is maintained to support the welding operations without excessive edge melting.

‡ Fit-up tolerance. SAW: see 3.3.2; for rolled shapes R may be 5/16 inches in thick plates if backing is provided.

* Applies to inside corner joints.

** Applies to outside corner joints.

Fig. 2.10.1 (continued)—Prequalified partial joint penetration groove welded joints

(اوامر) A - ضميمه

(COMPANY NAME)
(ADDRESS)

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION
FOR
MANUAL SHIELDED METAL-ARC WELDING
OF

SPECIFICATION NO.____

ISSUE NO.___, (DATE)

PREPARED BY:_____

APPROVED BY:_____

(COMPANY NAME)
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION NO.____
ISSUE NO.___, (DATE)

WELDING PROCEDURE QUALIFICATION REFERENCE, TESTS AND COVERAGE:

THICKNESS RANGE		POSITIONS		MAX. ELECT. SIZE	TEST NO.	TEST DATE	WITNESS
TESTED	QUALIFIED	TESTED	QUALIFIED				
1/4"	3/16"-1-1/2"	FLAT	FLAT	7/32"	W-381	7/7/77	S Johnson
3/4"	3/16"-1-1/2"	VERT.	FLAT, HORIZ. AND VERT.	3/16"	W-396	7/14/77	S Johnson
3/4"	3/16"-1-1/2"	OVERHEAD	FLAT, HORIZ. AND OVERHEAD	3/16"	W-396	7/16/77	S Johnson
1"	3/16"-2"	FLAT	FLAT	1/4"	W-414	8/22/77	C Dutton

APPROVAL REFERENCES:

LETTER, FILE NO._____, ____(COMPANY NAME)____ TO

____(COMPANY NAME)_____, DATED_____

B - WPS

A

(COMPANY NAME)
(ADDRESS)

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION NO._____
ISSUE NO.___, (DATE)

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION FOR MANUAL SHIELDED METAL-ARC WELDING OF (A STEEL)

TABLE OF CONTENTS

1.0 SCOPE
2.0 BASE METALS AND APPLICABLE SPECIFICATIONS
3.0 ELECTRODE STORAGE, HANDLING, USE CONDITION, DISBURSEMENT AND CONTROL
4.0 BASE METAL COMBINATIONS AND APPLICABLE ELECTRODES
5.0 CURRENT TYPE
6.0 QUALIFICATION OF WELDERS
7.0 POSITIONS OF WELDING
8.0 PREHEAT AND INTERPASS TEMPERATURES
9.0 PEENING
10.0 JOINT DESIGNS, TOLERANCES AND FIT CORRECTION METHODS
11.0 JOINT PREPARATION AND CLEANING
12.0 JOINT WELDING DETAILS
13.0 BACK-GOUGING OF FULL PENETRATION JOINTS
14.0 INSPECTION
15.0 POST WELD HEAT TREATMENT
16.0 WELD REPAIRS
17.0 RECORDS

(COMPANY NAME)
(ADDRESS)

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION FOR MANUAL SHIELDED METAL-ARC WELDING OF

1.0 SCOPE

1.1 THIS PROCEDURE SPECIFICATION COVERS THE MANUAL SHIELDED METAL-ARC WELDING OF_____STEEL TO ITSELF AND TO _____STEELS OF_____TYPE FOR_____ APPLICATIONS TO THE_____SPECIFICATION REQUIREMENTS OF ___(DATE)___.

2.0 BASE METALS AND APPLICABLE SPECIFICATIONS

2.1 ___(A STEEL)___: DESIGNATION ASTM_____.

2.2 ___(A STEEL)___: DESIGNATION ASTM_____.

2.3 MATERIAL THICKNESS: ___(A RANGE OF THICKNESS)___, AS AND IF QUALIFIED BY PROCEDURE TESTS.

3.0 ELECTRODE STORAGE, HANDLING, USE CONDITION, DISBURSEMENT AND CONTROL

3.1 STORAGE: ALL STOCK ELECTRODES SHALL BE STORED IN THE CONTAINERS IN WHICH RECEIVED AND ARE TO BE KEPT IN A CLEAN, DRY AREA.

3.2 HANDLING: THE HANDLING OF ELECTRODES, BOTH BEFORE REMOVAL FROM THE MANUFACTURER'S PACKAGES AND AFTER REMOVAL THEREFROM, SHALL BE SUCH AS TO AVOID PHYSICAL DAMAGE TO THE ELECTRODES OR CONTAMINATION WITH DIRT, OIL, WATER OR OTHER FOREIGN MATTER.

3.3 USAGE CONDITION: ELECTRODES RECEIVED IN HERMETICALLY SEALED CONTAINERS MAY BE USED AS REMOVED FROM THE CONTAINERS FOR A PERIOD OF_____HOURS AFTER OPENING OF THE CONTAINERS. ELECTRODES RECEIVED IN OTHER THAN HERMETICALLY SEALED CONTAINERS SHALL BE DRIED IN SUITABLE VENTILATED OVENS AT A TEMPERATURE OF_____°F FOR AT LEAST_____HOURS BEFORE USE.

3.4 DISBURSEMENT: DISBURSEMENT OF ELECTRODES TO INDIVIDUAL WORKMEN SHALL BE HANDLED ONLY BY AUTHORIZED PERSONNEL.

(Rev.) B-1966

A1

3.5 ELECTRODE STORAGE, HANDLING, CONDITION AND DISTRIBUTION CONTROL: THE STORAGE, HANDLING, USAGE CONDITION AND DISTRIBUTION PRACTICES SHALL BE AUDITED BY THE QUALITY CONTROL DEPARTMENT ON A WEEKLY BASIS AND RECORDS OF THE AUDIT FINDINGS SHALL BE KEPT.

4.0 BASE METAL COMBINATIONS AND APPLICABLE ELECTRODES

4.1 BASE METALS — (SPECIFY ASTM SPECIFICATION AND THICKNESS RANGE)

APPLICABLE ELECTRODES — (SPECIFY AWS/ASTM TYPE)

5.0 CURRENT TYPE

5.1 DC REVERSE POLARITY OR AC.

6.0 QUALIFICATION OF WELDERS

6.1 PER REQUIREMENTS OF PARAGRAPHS_____OF SPECIFICATION_____.

7.0 POSITIONS OF WELDING

7.1 ALL POSITIONS.

8.0 PREHEAT AND INTERPASS TEMPERATURES

8.1 AS FOLLOWS:

PLATE THICKNESS	PREHEAT AND INTERPASS TEMPERATURES MIN.	MAX.
1/2" AND LESS	_____°F	_____°F
OVER 1/2" TO 1-1/2"	_____°F	_____°F
OVER 1-1/2"	_____°F	_____°F

8.2 FOR TACK WELDING: SAME AS FOR MAIN JOINT WELDING.

8.3 PREHEAT APPLICATION METHODS: ELECTRIC RESISTANCE OR RADIANT TYPE FOR ALL MAIN JOINTS OVER_____INCHES IN LENGTH, TORCH HEAT PERMISSIBLE FOR SHORTER JOINTS AND FOR TACK WELDING.

8.4 PREHEAT AREAS:

A. FOR JOINT WELDING: FULL AREA TO BE WELDED, PLUS AT LEAST_____INCHES BEYOND IN ALL DIRECTIONS.

B. FOR TACK WELDING: AT LEAST_____INCHES BEYOND TACK WELD EXTREMITIES.

8.5 TEMPERATURE MEASUREMENT: BY USE OF TEMPERATURE INDICATING CRAYONS OR CONTACT PYROMETERS.

9.0 PEENING

9.1 NONE, UNLESS PERMITTED FOR WARPAGE CONTROL; THEN NONE ON THE FIRST OR LAST LAYERS IN JOINTS. ANY PEENING SHALL BE PERFORMED IN ACCORDANCE WITH SPECIFICATION_____.

10.0 JOINT DESIGNS, TOLERANCES AND FIT CORRECTION METHODS

10.1 JOINT DESIGNS:

A. FILLET WELDED TEE JOINT.

B. 45-DEGREE BEVEL, SINGLE AND DOUBLE BEVEL-GROOVE TEE JOINT.

C. 35-DEGREE BEVEL, SINGLE AND DOUBLE J-GROOVE JOINT.

D. 60-DEGREE BEVEL, SINGLE AND DOUBLE V-GROOVE BUTT JOINT.

E. 20-DEGREE BEVEL, SINGLE AND DOUBLE V-GROOVE BUTT JOINT.

10.2 TOLERANCES:

A. FILLET WELDED TEE JOINTS: ____" TO____" MAXIMUM ROOT OPENING OR 0 TO 1/2T, WHICHEVER IS LESSER, T BEING THE STEM THICKNESS.

B. SINGLE AND DOUBLE BEVEL-GROOVE TEE JOINT AND V-GROOVE BUTT JOINTS: ____" TO____" ROOT OPENING.

C. SINGLE AND DOUBLE J-GROOVE AND U-GROOVE BUTT JOINTS: ____" TO____" ROOT OPENINGS.

(مرفق) B - مسند

10.1 FIT CORRECTION METHODS: IN ACCORDANCE WITH SPECIFICATION _____.

11.0 JOINT PREPARATION AND CLEANING

11.1 PREPARATION

JOINTS MAY BE PREPARED BY MACHINING, OXYGEN CUTTING, CHIPPING OR GRINDING. OXYGEN CUT EDGES NEED NOT BE GROUND, IF SUFFICIENTLY SMOOTH, FREE OF GOUGES, AND SUBSTANTIALLY FREE OF CUTTING SCALE, BUT OTHERWISE MUST BE GROUND TO A REASONABLY SMOOTH, CLEAN FINISH.

11.2 CLEANING

PRIOR TO FITTING, THE SURFACES OF JOINTS ARE TO BE CLEANED FREE OF ALL RUST, SCALE, PAINT OR OTHER FOREIGN MATTER. THE CLEANING MAY BE DONE BY WIRE BRUSHING, GRINDING, GRIT BLASTING OR OTHER SUITABLE MEANS.

12.0 JOINT WELDING DETAILS

12.1 THE ARRANGEMENT OF WELD PASSES IS TO BE SIMILAR TO THE APPLICABLE ARRANGEMENT SHOWN IN FIGS._____OR_____.

12.2 ELECTRODES OF THE SIZES SHOWN WITH THE APPLICABLE SKETCHES OF FIGS._____SHOULD NORMALLY BE USED FOR WELDING THE DIFFERENT TYPE JOINTS IN THE POSITIONS SHOWN. SMALLER SIZES MAY BE USED WHERE REQUIRED BY SPECIAL CONDITIONS OR FOR ADEQUATE WELD METAL CONTROL.

12.3 THE AMPERAGES USED FOR WELDING JOINTS IN THE DIFFERENT POSITIONS SHOULD NORMALLY BE WITHIN THE RANGES GIVEN IN THE TABLES OF FIGS._____. (NOTE: SOME BRANDS OF ELECTRODES MAY REQUIRE SLIGHTLY HIGHER OR LOWER AMPERAGE.)

12.4 WELD DETAIL AND TECHNIQUE NOTES:

A. WEAVING MAY BE USED ON EACH WELD PASS UP TO_____ DIAMETERS OF THE ELECTRODE CORE WIRE.

B. WELD LAYERS SHOULD NOT EXCEED____" IN THICKNESS IN FLAT AND OVERHEAD POSITION OR____" IN VERTICAL AND HORIZONTAL POSITION JOINTS.

C. CRACKED OR OTHERWISE DEFECTIVE TACK WELDS ARE TO BE REMOVED BEFORE FINISH WELDING JOINTS.

D. WELD PASSES ARE TO BE CLEANED OF ALL SLAG OR OTHER FOREIGN MATTER BEFORE DEPOSITION OF ADDITIONAL PASSES.

E. SLAG AND SPATTER ARE TO BE REMOVED FROM FINISHED WELDS.

F. UNDERCUT AT THE EDGES OF FINISHED WELDS IS TO BE HELD TO A MINIMUM AND IN NO CASE SHALL EXCEED____" OR____% OF THE WALL THICKNESS, WHICHEVER IS LESSER.

13.0 BACK-GOUGING OF FULL PENETRATION JOINTS

13.1 ALL FULL PENETRATION JOINTS ARE TO BE BACK-GOUGED TO SOUND METAL BEFORE WELDING THE SECOND SIDE.

13.2 THE BACK-GOUGING OF JOINTS MAY BE DONE BY CHIPPING, GRINDING OR GOUGING.

13.3 IF OXYGEN OR AIR CARBON-ARC GOUGED, THE SURFACES ARE TO BE FREE OF CARBURIZED METAL BEFORE WELDING.

14.0 INSPECTION

14.1 ALL JOINTS ARE TO BE VISUALLY INSPECTED PRIOR TO WELDING FOR CONFORMANCE WITH SPECIFICATION DETAILS AND AFTER WELDING FOR SURFACE UNIFORMITY, UNDERCUT AND ANY OTHER SURFACE INDICATIONS OF WELD DEFICIENCIES.

14.2 ALL WELDS ATTACHING LIFTING OR SERVICE LOAD CARRYING PADS OR CASTINGS TO OTHER PARTS ARE TO BE MAGNETIC PARTICLE INSPECTED.

14.3 JOINTS WHICH ARE TO BE RADIOGRAPHICALLY, ULTRASONICALLY OR MAGNETIC PARTICLE INSPECTED ARE TO BE SO DESIGNATED ON THE DESIGN DRAWINGS. THE INSPECTION DETAILS SHALL BE IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF THE APPLICABLE SPECIFICATION_____COVERING RADIOGRAPHIC AND MAGNETIC PARTICLE INSPECTION OR SPECIFICATION _____ COVERING ULTRASONIC INSPECTION.

15.0 POST WELD HEAT TREATMENT

15.1 NONE, EXCEPT WHERE DESIGNATED FOR SPECIFIC PARTS ON THE DESIGN PLANS.

(211) B-

15.2 WHEN REQUIRED, POST-WELD HEAT TREATMENT SHALL BE CONDUCTED IN ACCORDANCE WITH SPECIFICATION_____.

16.0 WELD REPAIRS

16.1 ANY WELDS REQUIRING REPAIR OF UNDERCUT OR FOR BEING UNDER-SIZE SHALL BE PREHEATED AND WELDED IN ACCORDANCE WITH THE GENERAL PROVISIONS OF THIS SPECIFICATION.

16.2 WELDS REQUIRING REPAIR OF UNSOUNDNESS ARE TO BE EXCAVATED TO CLEAN, SOUND METAL BY CHIPPING, GRINDING, OR GOUGING, AFTER WHICH THEY ARE TO BE CLEANED, PREHEATED AND REPAIR WELDED IN ACCORDANCE WITH THE FOREGOING GENERAL PROVISIONS OF THIS SPECIFICATION.

16.3 REPAIRS TO WELDS WHICH REQUIRE POST-WELD HEAT TREATMENT ARE TO BE MADE BEFORE FINAL HEAT TREATMENT.

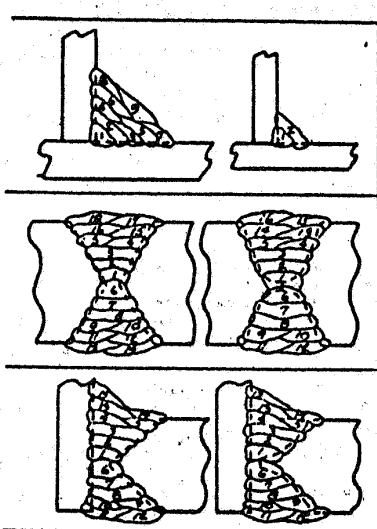
17.0 RECORDS

17.1 NONE REQUIRED FOR SECONDARY WELDS. THE NAME AND SYMBOL OF ALL WELDERS AND INSPECTORS WHO HAVE WORKED ON JOINTS, ALSO THE DETAILS OF INSPECTION AND ANY REPAIRS, SHALL BE RECORDED FOR ALL WELD JOINTS REQUIRING RADIOGRAPHIC, MAGNETIC PARTICLE OR ULTRASONIC INSPECTION.

17.2 DURING FABRICATION, THE RECORDS ARE AT ALL REASONABLE TIMES TO BE AVAILABLE TO THE PURCHASER OR HIS AUTHORIZED REPRESENTATIVES AND ON COMPLETION OF FABRICATION ARE TO BE TURNED OVER TO THE PURCHASER.

PREPARED BY:_____

APPROVED BY:_____



PASS NO.	ELECTRODE SIZE	AMPS.

NOTES:
1. THE WELD PASSES IN JOINTS ARE TO BE PLACED APPROXIMATELY AS SHOWN.
2. THE ROOTS OF ALL FULL PENETRATION BUTT AND TEE JOINTS ARE TO BE BACK-GOUGED TO CLEAN, SOUND METAL BEFORE WELDING THE SECOND SIDE.
3. SINGLE VEE, U- OR J-GROOVE WELDS WELDED SIMILARLY TO ONE SIDE OF DOUBLE GROOVE WELDS.
4. JOINTS IN THICKER OR THINNER MATERIAL WELDED SIMILARLY BUT WITH APPROPRIATE NUMBER OF PASSES AND LAYERS FOR THICKNESS INVOLVED.
5. WHENEVER PRACTICABLE IN WELDING JOINTS REQUIRING MORE THAN FOUR LAYERS ON A SIDE, FILL IN FIRST SIDE TO THE 3/4 TO 7/8 LEVEL, FINISH WELD THE SECOND SIDE, AND THEN COMPLETE THE FIRST SIDE.

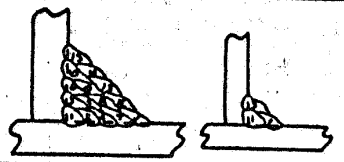
TYPICAL PASS ARRANGEMENTS AND DETAILS FOR VERTICAL POSITION WELDING OF FILLET AND GROOVE WELDS IN_____STEEL WITH_____ AND_____ELECTRODES

(COMPANY NAME)

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION NO.____

ISSUE____, (DATE)

ضميمه B - (ادامه)

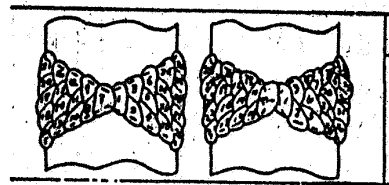


PASS NO.	ELECTRODE SIZE	AMPS.

NOTES:
1. WELD PASSES IN JOINTS ARE TO BE PLACED APPROXIMATELY AS SHOWN.
2. THE ROOTS OF ALL FULL PENETRATION WELDS IN BUTT AND TEE JOINTS ARE TO BE BACK-GOUGED TO CLEAN, SOUND METAL BEFORE WELDING THE SECOND SIDE.
3. SINGLE VEE-, U- OR J-GROOVE WELDS WELDED SIMILARLY TO ONE SIDE OF DOUBLE GROOVE WELDS.
4. JOINTS IN THICKER OR THINNER MATERIAL WELDED SIMILARLY BUT WITH APPROPRIATE NUMBER OF PASSES AND LAYERS FOR THICKNESS INVOLVED.
5. WHENEVER PRACTICABLE IN WELDING JOINTS REQUIRING MORE THAN FOUR LAYERS ON A SIDE, FILL IN FIRST SIDE TO THE 3/4 TO 7/8 LEVEL, FINISH WELD THE SECOND SIDE, AND THEN COMPLETE THE FIRST SIDE.

TYPICAL PASS ARRANGEMENTS AND DETAILS FOR HORIZONTAL FILLET AND FLAT POSITION GROOVE WELDING OF _____ STEEL WITH _____ AND _____ ELECTRODES

(COMPANY NAME)
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION NO. ____
ISSUE ____, (DATE)



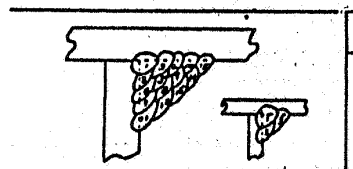
PASS NO.	ELECTRODE SIZE	AMPS.

NOTES:
1. THE WELD PASSES IN JOINTS ARE TO BE PLACED APPROXIMATELY AS SHOWN.
2. THE ROOTS OF ALL FULL PENETRATION WELDS IN BUTT AND TEE JOINTS ARE TO BE BACK-GOUGED TO CLEAN, SOUND METAL BEFORE WELDING THE SECOND SIDE.
3. SINGLE VEE, U- OR J-GROOVE WELDS WELDED SIMILARLY TO ONE SIDE OF DOUBLE GROOVE WELDS.
4. JOINTS IN THICKER OR THINNER MATERIAL WELDED SIMILARLY BUT WITH APPROPRIATE NUMBER OF PASSES AND LAYERS FOR THICKNESS INVOLVED.
5. WHENEVER PRACTICABLE IN WELDING JOINTS REQUIRING MORE THAN FOUR LAYERS ON A SIDE, FILL IN FIRST SIDE TO THE 3/4 TO 7/8 LEVEL, FINISH WELD THE SECOND SIDE, AND THEN COMPLETE THE FIRST SIDE.

TYPICAL PASS ARRANGEMENTS AND DETAILS FOR HORIZONTAL POSITION WELDING OF GROOVE WELDS IN: _____ STEEL WITH _____ AND _____ ELECTRODES

(COMPANY NAME)
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION NO. ____
ISSUE ____, (DATE)

ضميمة B - (تابع)

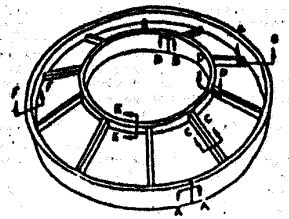


PASS NO.	ELECTRODE SIZE	AMPS.

NOTES:
1. THE WELD PASSES IN JOINTS ARE TO BE PLACED APPROXIMATELY AS SHOWN.
2. THE ROOTS OF ALL FULL PENETRATION WELDS IN BUTT AND TEE JOINTS ARE TO BE BACK-GOUGED TO CLEAN, SOUND METAL BEFORE WELDING THE SECOND SIDE.
3. SINGLE VEE, U- OR J-GROOVE WELDS WELDED SIMILARLY TO ONE SIDE OF DOUBLE GROOVE WELDS.
4. JOINTS IN THICKER OR THINNER MATERIAL WELDED SIMILARLY BUT WITH APPROPRIATE NUMBER OF PASSES AND LAYERS FOR THICKNESS INVOLVED.
5. WHENEVER PRACTICABLE IN WELDING JOINTS REQUIRING MORE THAN FOUR LAYERS ON A SIDE, FILL IN FIRST SIDE TO THE 3/4 TO 7/8 LEVEL, FINISH WELD THE SECOND SIDE, AND THEN COMPLETE THE FIRST SIDE.

TYPICAL PASS ARRANGEMENTS AND DETAILS FOR OVERHEAD POSITION WELDING OF FILLET AND GROOVE WELDS IN_____STEEL WITH_____ AND_____ELECTRODES

(COMPANY NAME)
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION NO.____
ISSUE____, (DATE)



SUMMARY OF
JOINT WELDING PROCEDURE QUALIFICATION TESTS

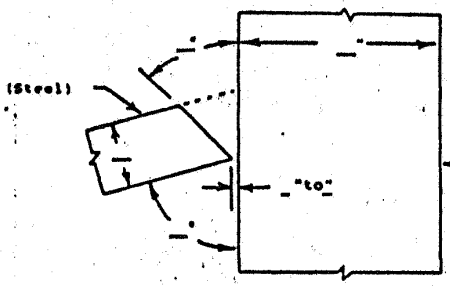
JOINT NUMBER	TYPE OF WELD	WELDING PROCEDURE SPEC. NUMBER	BASE METAL	STATUS OF PROCEDURE QUALIFICATION — POSITION OF WELDING: FLAT	HORIZONTAL	VERTICAL	OVERHEAD
A-A	GROOVE	1	(STEEL)	QUALIFIED (TEST 01)	NOT QUALIFIED	NOT QUALIFIED	NOT QUALIFIED
B-B	GROOVE	2	(STEEL)	QUALIFIED (TEST 01)	NOT QUALIFIED	NOT QUALIFIED	NOT QUALIFIED
C-C	FILLET	3	(STEEL)	QUALIFIED (TEST 04)	QUALIFIED (TEST 05)	NOT QUALIFIED	NOT QUALIFIED
D-D	FILLET	4	(STEEL)	QUALIFIED (TEST 02)	QUALIFIED (TEST 06)	NOT QUALIFIED	NOT QUALIFIED
E-E	GROOVE	5	(STEEL)	QUALIFIED (TEST 03)	NOT QUALIFIED	NOT QUALIFIED	NOT QUALIFIED
F-F	GROOVE	6	(STEEL)	QUALIFIED (TEST 03)	NOT QUALIFIED	NOT QUALIFIED	NOT QUALIFIED
G-G	FILLET	7	(STEEL)	QUALIFIED (TEST 07)	QUALIFIED (TEST 06)	NOT QUALIFIED	NOT QUALIFIED

NOTE: BASE METAL DESIGNATIONS SHOWN REFER TO ASTM SPECIFICATIONS AS FOLLOWS:

(ناشر) B - صفحة

٨٦

JOINT WELDING PROCEDURE
SPECIFICATION NO.____
JOINT____



WELDING PROCEDURE - GENERAL

BASE METAL (SPECIFICATION NO.)_____

ELECTRODE (CLASSIFICATION OR TRADE NAME)_____

POWER SOURCE (AC OR DC) AND POLARITY IF DC_____

BACKING OR ROOT TREATMENT_____

PREHEATING_____

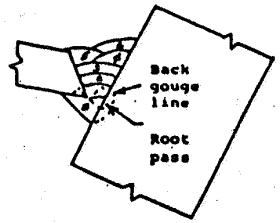
POSTHEATING_____

POSITION OF WELDING_____

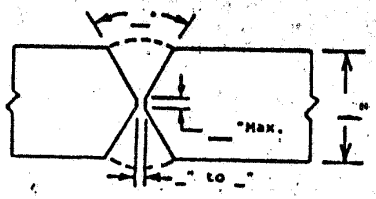
DETAILS OF WELDING PROCEDURE:

PASS NUMBER	ELECTRODE SIZE	CURRENT RANGE	ARC VOLTAGE

LOCATION AND SEQUENCE OF PASSES



JOINT WELDING PROCEDURE
SPECIFICATION NO.____
JOINT____



WELDING PROCEDURE - GENERAL

BASE METAL (SPECIFICATION NO.)_____

ELECTRODE (CLASSIFICATION OR TRADE NAME)_____

POWER SOURCE (AC OR DC) AND POLARITY IF DC_____

BACKING OR ROOT TREATMENT_____

PREHEATING_____

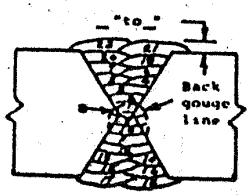
POSTHEATING_____

POSITION OF WELDING_____

DETAILS OF WELDING PROCEDURE

PASS NUMBER	ELECTRODE SIZE	CURRENT RANGE	ARC VOLTAGE

LOCATION AND SEQUENCE OF PASSES



QW-422
P-NUMBERS
Grouping of Base Metals for Qualification

P-No.	Group No.	Spec. No.	Grade	Minimum Specified Tensile, ksi [Note (1)]	Type of Base Metal: Nominal Composition	Type of Base Metal: Product Form
				Steel and Steel Alloys		
1	1	SA-31	A	45	(C)	Rivets
			B	58		
		SA-36	...	58	(C-Mn-Si)	Plate
		SA-53	Type S, Gr. A	48	(C)	Smls. Pipe
			Type S, Gr. B	60	(C-Mn)	Smls. Pipe
			Type E, Gr. A	48	(C)	Resistance Welded Pipe
			Type E, Gr. B	60	(C-Mn)	Resistance Welded Pipe
			Type F	45	(C)	Furnace Welded Pipe
		SA-106	A	48	(C-Si)	Smls. Pipe
			B	60		
		SA-134	...	...		Of SA-283 and SA-285
		SA-178	A	47[3]	(C)	Electric-Resistance Welded (ERW) Tube
			C	60		
		SA-179	...	...	(C)	Smls. Tube
		SA-181	Cl. 60	60	(C-Si)	Pipe Flange
		SA-192	...	47[2]	(C-Si)	Smls. Tube
		SA-210	A-1	60	(C-Si)	Smls. Tube
		SA-214	...	...	(C)	ERW Tube
		SA-216	WCA	60	(C-Si)	Casting
		SA-226	...	47[2]	(C-Si)	ERW Tube
		SA-234	Marking WPB	60	(C-Mn-Si)	Piping Fitting
		SA-266	Cl. 1	60	(C-Si)	Forging
		SA-263	A	45	(C)	Plate
			B	50		
			C	55		
			D	60		
		SA-285	A	45	(C)	Plate
			B	50		
			C	55		
		SA-333	1	55	(C-Mn)	Smls. and Welded Pipe
			6	60	(C-Mn-Si)	Smls. and Welded Pipe
		SA-334	1	55	(C-Mn)	Welded Tube
			6	60	(C-Mn-Si)	Welded Tube

(QW-422 continues on next page)

C - Mn-

QW-422
P-NUMBERS (CONT'D)
Grouping of Base Metals for Qualification

P-No.	Group No.	Spec. No.	Grade	Minimum Specified Tensile, ksi [Note (1)]	Type of Base Metal: Nominal Composition	Type of Base Metal: Product Form
			Steel and Steel Alloys (Cont'd)			
1	1	SA-350	LF1	60	(C-Mn-Si)	Forging
		SA-352	LCA LCB	60 65	(C-Si)	Casting
		SA-369	FPA FPB	48 60	(C-Si) (C-Mn-Si)	Forged Pipe Forged Pipe
		SA-372	Type I	60	(C-Mn-Si)	Forging
		SA-414	A B C D E	45 50 55 60 65	(C) (C-Mn)	Sheet Sheet
		SA-420	WPL6	60	(C-Mn-Si)	Piping Fitting
		SA-442	55 60	55 60	(C-Mn-Si)	Plate
		SA-515	55 60 65	55 60 65	(C-Si)	Plate
		SA-516	55 60 65	55 60 65	(C-Si) (C-Mn-Si)	Plate Plate
		SA-524	Type I Type II	60 55	(C-Mn-Si)	Smls. Pipe
		SA-556	A2 B2	47 60	(C) (C-Si)	Smls. Tube Smls. Tube
		SA-557	A2 B2	47 60	(C)	ERW Tube
		SA-562	...	55	(C-Mn-Si)	Plate
		SA-587	...	40	(C)	ERW Pipe
		SA-620		40	(C)	Sheet
		SA-660	WCA	60	(C)	Centrifugal Cast Pipe
		SA-662	A B	58 65	(C-Mn-Si)	Plate

* See Notes at end of QW-422.

60

QW-422
P-NUMBERS (CONT'D)
Grouping of Base Metals for Qualification

P-No.	Group No.	Spec. No.	Grade	Minimum Specified Tensile, ksi (Note (1))	Type of Base Metal: Nominal Composition	Type of Base Metal: Product Form
			Steel and Steel Alloys (Cont'd)			
8	1	SA-182	F304	75	(18Cr–8Ni)	Forging
			F304H	75		
			F304L	70		
			F304LN	75	(18Cr–8Ni–N)	
			F304N	80		
			F316	75	(16Cr–12Ni–2Mo)	
			F316H	75		
			F316L	70		
			F316LN	75	(16Cr–12Ni–2Mo–N)	
			F316N	80	(17Cr–12Ni–Mo–N)	
			F321	75	(18Cr–10Ni–Ti)	
			F321H	75		
			F347	75	(18Cr–10Ni–Cb)	
			F347H	75		
			F348	75		
			F348H	75		
		SA-213	TP304	75	(18Cr–8Ni)	Smls. Tube
			TP304H	75		
			TP304L	70		
			TP304N	80	(18Cr–8Ni–N)	
			TP316	75	(16Cr–12Ni–2Mo)	
			TP316H	75		
			TP316L	70		
			TP316N	80	(16Cr–12Ni–2Mo–N)	
			TP321	75	(18Cr–10Ni–Ti)	
			TP321H	75		
			TP347	75	(18Cr–10Ni–Cb)	
			TP347H	75		
			TP348	75		
			TP348H	75		
			XM-15	75	(18Cr–18Ni–2Si)	
		SA-240	Type 302	75	(18Cr–8Ni)	Plate
			Type 304	75		
			Type 304H	75	(18Cr–10Ni)	
			Type 304L	70	(18Cr–8Ni)	
			Type 304LN	75	(18Cr–10Ni–N)	
			Type 304N	80		
			Type 316	75	(16Cr–12Ni–2Mo)	
			Type 316H	75	(16Cr–13Ni–2Mo)	
			Type 316L	70	(16Cr–12Ni–2Mo)	
			Type 316LN	75	(16Cr–13Ni–2Mo–N)	
			Type 316N	80		
			Type 316Cb	75	(16Cr–12Ni–2Mo–Cb)	
			Type 316Ti	75	(16Cr–12Ni–2Mo–Ti)	

(QW-422 continues on next page)

(ملحق ١) C - ٤٨٥

QW-422
P-NUMBERS (CONT'D)
Grouping of Base Metals for Qualification

P-No.	Group No.	Spec. No.	Grade	Minimum Specified Tensile, ksi (Note (1))	Type of Base Metal: Nominal Composition	Type of Base Metal: Product Form
			Steel and Steel Alloys (Cont'd)			
8	1	SA-240	Type 317	75	(18Cr-13Ni-3Mo)	Plate
			Type 317L	75		
			Type 321	75	(18Cr-10Ni-Ti)	
			Type 321H	75		
			Type 347	75	(18Cr-10Ni-Cb)	
			Type 347H	75		
			Type 348	75		
			Type 348H	75		
			Type XM-15	75	(18Cr-18Ni-2Si)	
			Type XM-21	85	(19Cr-9Ni-N)	
				90	(19Cr-9Ni-N)	Sheet and Strip
		SA-249	TP304	75	(18Cr-8Ni)	Welded Tube
			TP304H	75		
			TP304L	70		
			TP304LN	75	(18Cr-8Ni-N)	
			TP304N	80		
			TP316	75	(16Cr-12Ni-2Mo)	
			TP316H	75		
			TP316L	70		
			TP316LN	75	(16Cr-12Ni-2Mo-N)	
			TP316N	80		
			TP317	75	(18Cr-13Ni-3Mo)	
			TP321	75	(18Cr-10Ni-Ti)	
			TP321H	75		
			TP347	75	(18Cr-10Ni-Cb)	
			TP347H	75		
			TP348	75		
			TP348H	75		
			XM-15	75	(18Cr-18Ni-2Si)	
		SA-312	TP304	75	(18Cr-8Ni)	Smls. and Welded Pipe
			TP304H	75		
			TP304L	70		
			TP304N	80	(18Cr-8Ni-N)	
			TP316	75	(16Cr-12Ni-2Mo)	
			TP316H	75		
			TP316L	70		
			TP316N	80	(16Cr-12Ni-2Mo-N)	
			TP317	75	(18Cr-13Ni-3Mo)	
			TP317L	75		
			TP321	75	(18Cr-10Ni-Ti)	
			TP321H	75		
			TP347	75	(18Cr-10Ni-Cb)	
			TP347H	75		
			TP348	75		
			TP348H	75		
			TPXM15	75	(18Cr-18Ni-2Si)	

See Notes at end of QW-422.

(سابق) C - ملحق

QW-422
P-NUMBERS (CONT'D)
Grouping of Base Metals for Qualification

P-No.	Group No.	Spec. No.	Grade	Minimum Specified Tensile, ksi [Note (1)]	Type of Base Metal: Nominal Composition	Type of Base Metal: Product Form
			Steel and Steel Alloys (Cont'd)			
8	1	SA-336	Cl. F304	70		Forging
			Cl. F304H	70	(18Cr–8Ni)	
			Cl. F304L	65		
			Cl. F304N	80	(18Cr–8Ni–N)	
			Cl. F316	70		
			Cl. F316H	70	(16Cr–12Ni–2Mo)	
			Cl. F316L	65		
			Cl. F316N	80	(16Cr–12Ni–2Mo–N)	
			Cl. F321	70	(18Cr–10Ni–Ti)	
			Cl. F321H	70		
			Cl. F347	70		
			Cl. F347H	70		
			Cl. F348	70	(18Cr–10Ni–Cb)	
			Cl. F348H	65		
		SA-351	CF3	70		Casting
			CF3A	77	(18Cr–8Ni)	
			CF8	70		
			CF8A	77		
			CF3M	70	(19Cr–9Ni–2Mo)	
			CF8M	70		
			CF8C	70	(18Cr–9Ni–Cb)	
			CF10	70	(18Cr–8Ni–½Mo)	
			CF10M	70	(18Cr–9Ni–2Mo)	
			CG8M	75	(18Cr–9Ni–3Mo)	
		SA-358	304	75		Fusion Welded Pipe
			304H	75	(18Cr–8Ni)	
			304L	70		
			304LN	75	(18Cr–10Ni–N)	
			304N	80		
			316	75		
			316H	75	(16Cr–12Ni–2Mo)	
			316L	70		
			316LN	75	(16Cr–13Ni–2Mo–N)	
			316N	80		
			321	75	(18Cr–10Ni–Ti)	
			347	75	(18Cr–10Ni–Cb)	
			348	75		

(QW-422 continues on next page)

(مثال) C - Mn

این جدول اصلاً کامل نمی‌باشد

Table 4.1.1
Matching filler metal requirements

Group	Steel specification[1,2]		Minimum yield point/strength ksi	Minimum yield point/strength MPa	Tensile range, ksi	Tensile range, MPa	Electrode specification[1,4]	Minimum yield point/strength ksi	Minimum yield point/strength MPa	Tensile strength range, ksi	Tensile strength range, MPa
			Steel specification requirements				**Filler metal requirements**				
I	ASTM A36[5]		36	250	58-80	345-550					
	ASTM A53	Grade B	35	240	60 min	415 min					
	ASTM A106	Grade B	35	240	60 min	415 min					
	ASTM A131	Grades A, B, CS, D, DS, E	32	220	58-71	400-490	SMAW				
	ASTM A139	Grade B	35	240	60 min	415 min	AWS A5.1 or A5.5				
	ASTM A381	Grade Y35	35	240	60 min	415 min	E60XX or	50	345	62 min	425
	ASTM A500	Grade A	33/39	230/270	45 min	310 min	E70XX	60	415	72 min	495
		Grade B	41/46	290/320	58 min	400 min					
	ASTM A501		36	250	58 min	400 min	SAW				
	ASTM A516	Grade 55	30	205	55-65	380-450	AWS A5.17 or A.5.23				
		Grade 60	32	220	60-72	415-495	F6X-EXXX or	50	345	62-80	425-550
	ASTM A524	Grade I	35	240	60-85	415-585	F7X-EXXX	60	415	70-90	485-655
		Grade II	30	205	55-60	380-550					
	ASTM A529		42	290	60-85	415-495	GMAW				
	ASTM A570	Grade 30	30	210	49 min	340 min	AWS A5.18				
		Grade 36	36	170	53 min	365 min	ER70S-X	60	415	72 min	495
		Grade 40	40	275	55 min	380 min					
		Grade 45	45	310	60 min	420 min	FCAW				
		Grade 50	50	345	65 min	450 min	AWS A5.20				
	ASTM A573	Grade 65	35	240	65-77	450-530	E6XT-X	50	345	62 min	425
	ASTM A709	Grade 36[5]	36	250	58-80	345-550	E7XT-X	60	415	72 min	495
	API 5L	Grade B	35	240	60	415	(Except -2, -3, -10, -GS)				
		Grade X42	42	290	60	415					
	ABS	Grades A, B, D, CS, DS			58-71	400-790					
		Grade E[6]			58-71	400-490					
II	ASTM A131	Grades AH32, DH32, EH32	45.5	315	68-85	470-585	SMAW				
		Grades AH36, DH36, EH36	51	350	71-90	490-620	AWS A5.1 or A5.5				
	ASTM A242[6]		42-50	290-345	63-70	435-485	E7015, E7016	60	415	72 min	495
	ASTM A441		42-50	290-345	63-70	435-485					
	ASTM A516	Grade 65	35	240	65-77	450-530	E7018, E7028				
		Grade 70	38	260	70-85	485-585					
	ASTM A537	Class I	50	345	70-90	485-620					
	ASTM A572	Grade 42	42	290	60 min	415 min					

موضوع جوشکاری آلیاژی الکترودهای Base Metal ایجاد می‌شود.

		Grade 50	50	345	65 min	450 min	SAW				
	ASTM A588[6]	(4 in. and under)	50	345	70 min	485 min	AWS A5.17 or A5.23				
	ASTM A595	Grade A	55	380	65 min	450 min	F7X-EXXX	60	415	70-90	485-655
		Grades B and C	60	415	70 min	485 min					
	ASTM A606[6]		45	310	65 min	450 min	GMAW				
	ASTM A607	Grade 45	45	310	60 min	415 min	AWS A5.18				
		Grade 50	50	345	65 min	450 min	ER70S-X	60	415	72 min	495
II		Grade 55	55	380	70 min	485 min					
	ASTM A618		50	345	70 min	485 min					
	ASTM A633	Grades A, B[6]	42	290	638-83	435-570	FCAW				
		Grades C, D	50	345	70-90	485-620	AWS A5.20				
		(2-1/2 in. and under)					E7XT-X	60	415	72 min	495
	ASTM A709	Grade 50	50	345	65 min	450 min	(Except -2, -3, -10, -GS)				
		Grade 50W	50	345	70 min	485 min					
	API 2H[6]		42	290	62-80	430-550					
	API 5L	Grade X52	52	360	66-72	455-495					
	ABS	Grades AH32, DH32, EH32	45.5	315	71-90	560-620					
		Grades AH36, DXH36, EH36[6]	51	350	71-90	560-620					
							SMAW AWS A5.5				
							E8015, E8016	67	460	80 min	550
							E8018				
							SAW				
	ASTM A572	Grade 60	60	415	75 min	515 min	AWS A5.23	68	470	80-100	550-690
III		Grade 65	65	450	80 min	550 min	F8X-EXXX[7]				
	ASTM A537	Class 2[6]	60	415	80-100	550-690					
	ASTM A633	Grade E[6]	60	415	80-100	550-690	GMAW AWS A5.28				
							ER80S[7]	65	450	80 min	550
							FCAW AWS A5.29				
							E8XT[7]	68	470	80-100	550-690

1. In joints involving base metals of different groups, low-hydrogen filler metal requirements applicable to the lower strength group may be used. The low-hydrogen processes shall be subject to the technique 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. See 4.16 for electrogas and electroslag weld metal requirements.
5. Only low hydrogen electrodes shall be used when welding A36 or A709 Grade 36 steel more than 1 in. thick for bridges.
6. Special welding materials and procedures (e.g., E80XX 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 4.1.4).
7. Deposited weld metal shall have a minimum impact strength of 20 ft • lbs (27.1 J) at 0° F (-18° C) when Charpy V-notch specimens are used. This requirement is applicable only to bridges.
8. The designation of ER70S-1B has been reclassified as ER80S-D2 in A5.28-79. Prequalified joint welding procedures 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.

Table 4.1.1 is continued

Table 4.1.1 (continued)
Matching filler metal requirements

Steel specification requirements							Filler metal requirements				
Group	Steel specification[1,2]		Minimum yield point/strength ksi	MPa	Tensile range, ksi	MPa	Electrode specification[3,4]	Minimum yield point/strength ksi	MPa	Tensile strength range, ksi	MPa
IV	ASTM A514 ASTM A709	Over 2-1/2 in. (63 mm) Grades 100, 100W	90	620	100-130	690-895	SMAW AWS A5.5 E10015, E10016 E10018	87	600	100 min	690
		2-1/2 to 4 in. (63 to 102 mm)	90	620	100-130	690-895	SAW AWS A5.23 F10X-EXXX[7]	88	695	100-130	690-895
							GMAW AWS A5.28 ER100S[7]	90	620	100 min	690
							FCAW AWS A5.29 E10XT[7]	88	605	100-120	690-830
V	ASTM A514 ASTM A517 ASTM A709	2-1/2 in. (63 mm) and under	100	690	110-130	760-895	SMAW AWS A5.5 E11015, E11016 E11018	97	670	110 min	760
		Grades 100, 100W	100	690	115-135	795-930	SAW AWS A5.23 F11X-EXXX[7]	98	675	110-130	760-895
		2-1/2 in. (63 mm) and under	100	690	110-130	760-895	GMAW AWS A5.28 ER110S[7]	98	675	110 min	760
							FCAW AWS A5.29 E11XT[7]	98	675	110-125	760-860

See previous page for Notes 1 through 8.

QW-430 F-NUMBERS ← اس جدول کا مطالعہ

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

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

E - ۱۱۱۵

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

QW	F-No.	ASME Specification No.	AWS Classification No.
		Copper and Copper-Base Alloys (Cont'd)	
432.3	32	SFA-5.6	ECuSi
	32	SFA-5.7	ER CuSi-A
	32	SFA-5.27	ER CuSi-A
	33	SFA-5.6	ECuSn-A, ECuSn-C
	33	SFA-5.7	ER CuSn-A
	34	SFA-5.6	ECuNi
	34	SFA-5.7	ER CuNi
	34	SFA-5.7	ER CuNi
	34	SFA-5.30	IN 67
	35	SFA-5.27	RB CuZn-A
			RB CuZn-B
			RB CuZn-C
			RB CuZn-D
	36	SFA-5.6	ECuAl-A2
		SFA-5.7	ECuAl-B
			ER CuAl-A1
			ER CuAl-A2
			ER CuAl-A3
	37	SFA-5.6	ECuNiAl
		SFA-5.7	ECuMnNiAl
			ER CuNiAl
			ER CuMnNiAl
		Nickel and Nickel-Base Alloys	
432.4	41	SFA-5.11	E Ni-1
	41	SFA-5.14	ER Ni-1
	41	SFA-5.30	IN 61
	42	SFA-5.11	E NiCu-7
	42	SFA-5.14	ER NiCu-7
	42	SFA-5.30	IN 60
	43	SFA-5.11	E NiCrFe-1
	43	SFA-5.11	E NiCrFe-2
	43	SFA-5.11	E NiCrFe-3
	43	SFA-5.11	E NiCrFe-4
	43	SFA-5.11	E NiCrMo-2
	43	SFA-5.11	E NiCrMo-3
	43	SFA-5.11	E NiCrMo-b
	43	SFA-5.14	ER NiCr-3

(يتبع) E - صفحة

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

QW	F-No.	ASME Specification No.	AWS Classification No.
		Nickel and Nickel-Base Alloys (Cont'd)	
432.4	43	SFA-5.14	ER NiCrFe-5
	43	SFA-5.14	ER NiCrFe-6
	43	SFA-5.14	ER NiCrMo-2
	43	SFA-5.14	ER NiCrMo-3
	43	SFA-5.30	IN 82
	43	SFA-5.30	IN 62
	43	SFA-5.30	IN 6A
	44	SFA-5.11	E NiMo-1
	44	SFA-5.11	E NiMo-3
	44	SFA-5.11	E NiMo-7
	44	SFA-5.11	E NiCrMo-4
	44	SFA-5.11	E NiCrMo-5
	44	SFA-5.11	E NiCrMo-7
	44	SFA-5.14	ER NiMo-1
	44	SFA-5.14	ER NiMo-2
	44	SFA-5.14	ER NiMo-7 (Alloy B-2)
	44	SFA-5.14	ER NiCrMo-4
	44	SFA-5.14	ER NiCrMo-5
	44	SFA-5.14	ER NiCrMo-7 (Alloy C-4)
	45	SFA-5.11	E NiCrMo-1
	45	SFA-5.11	E NiCrMo-9
	45	SFA-5.14	ER NiCrMo-1
	45	SFA-5.14	ER NiFeCr-1
	45	SFA-5.14	ER NiCrMo-8
	45	SFA-5.14	ER NiCrMo-9
		Titanium and Titanium Alloys	
432.5	51	SFA-5.16	ERTi-1, ERTi-2, ERTi-3, ERTi-4
		Zirconium and Zirconium Alloys	
432.6	61	SFA-5.24	ER Zr1 ER Zr2 ER Zr3
		Hard-Facing Weld Metal Overlay	
432.7	71	SFA-5.13	RXXX-X, EXXX-X
	72	SFA-5.21	RXXX-X

(ادامه) E - ٤٨٥

Table 4.2
Minimum preheat and interpass temperature[1,2]

Group	Steel specification				Welding process	Thickness of thickest part at point of welding, in.	mm	Minimum temperature, °F	°C
I	ASTM A36[3]		ASTM A516			Up to 3/4	19 incl.	None[4]	
	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	Shielded metal arc welding with other than low hydrogen electrodes	Over 3/4 thru 1-1/2	19 38 incl.	150	66
	ASTM A139	Grade B	ASTM A573	Grade 65					
	ASTM A381	Grade Y35	ASTM A709	Grade 36[3]					
	ASTM A500	Grade A	API 5L	Grade B		Over 1-1/2 thru 2-1/2	38 64	225	107
		Grade B		Grades X42					
	ASTM A501		ABS	Grades A, B, D, CS, DS					
				Grade E		Over 2-1/2	64	300	150
II	ASTM A36[3]		ASTM A570	All grades	Shielded metal arc welding with low hydrogen electrodes, submerged arc welding,[5] gas metal arc welding, flux cored arc welding	Up to 3/4	19 incl.	None[4]	
	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						
	ASTM A139	Grade B	ASTM A633	Grades A, B		Over 3/4 thru 1-1/2	19 38 incl.	50	10
	ASTM A242			Grades C, D					
	ASTM A381	Grade Y35	ASTM A709	Grades 36, 50, 50W					
	ASTM A441		API 5L	Grade B					
	ASTM A500	Grade A		Grade X42					
		Grade B	API Spec. 2H			Over 1-1/2 thru 2-1/2	3/8 64 incl.	150	66
	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	64	225	107

III	ASTM A572 ASTM A633 API 5L	Grades 60 & 65 Grade E Grade X52	Shielded metal arc welding with low hydrogen electrodes, submerged arc welding,[5] gas metal arc welding, flux cored arc welding	Up to 3/4	19 incl.	50	10
				Over 3/4 thru 1-1/2	19 3/8 incl.	150	66
				Over 1-1/2 thru 2-1/2	38 64 incl.	225	107
				Over 2-1/2	64	300	150
IV	ASTM A514 ASTM A517 ASTM A709	Grades 100 & 100W	Shielded metal arc welding with low hydrogen electrodes, submerged arc welding[5] with carbon or alloy steel wire, neutral flux, gas metal arc welding or flux cored arc welding	Up to 3/4	19 incl.	50	10
				Over 3/4 thru 1-1/2	19 38 incl.	125	50
				Over 1-1/2 thru 2-1/2	38 64 incl.	175	80
				Over 2-1/2	64	225	107

Notes:

1. Welding shall not be done when the ambient temperature is lower than 0° F (-18° C). Zero °F (-18° C) does not mean the ambient environmental temperature but the temperature in the immediate vicinity of the weld. The ambient environmental temperature may be below 0° F, but a heated structure or shelter around the area being welded could maintain the temperature adjacent to the weldment at 0° F or higher. When the base metal is below the temperature listed for the welding process being used and the thickness of material being welded, it shall be preheated (except as otherwise provided) in such manner that the surfaces of the parts on which weld metal is being deposited are at or above the specified minimum temperature for a distance equal to the thickness of the part being welded, but not less than 3 in. (76 mm) in all directions from the point of welding. Preheat and interpass temperatures must be sufficient to prevent crack formation. Temperature above the minimum shown may be required for highly restrained welds. For A514, A517, and A709 Grades 100 and 100W steel, the maximum preheat and interpass temperature shall not exceed 400° F (205° C) for thickness up to 1-1/2 in. (38 mm) inclusive, and 450° F (230° C) for greater thickness. Heat input when welding A514, A517, and A709 Grades 100 and 100W steel shall not exceed the steel producer's recommendations.
2. In joints involving combinations of base metals, preheat shall be as specified for the higher strength steel being welded.
3. Only low hydrogen electrodes shall be used when welding A36 or A709 Grade 36 steel more than 1 in. thick for bridges.
4. 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.
5. For modification of preheat requirements for submerged arc welding with parallel or multiple electrodes, see 4.10.6 or 4.11.6.

Table 4.2
Minimum preheat and interpass temperature[1,2]

Group	Steel specification				Welding process	Thickness of thickest part at point of welding, in.	mm	Minimum temperature, °F	°C
I	ASTM A36[3]		ASTM A516		Shielded metal arc welding with other than low hydrogen electrodes	Up to 3/4	19 incl.	None[4]	
	ASTM A53	Grade B	ASTM A524	Grades I & II					
	ASTM A106	Grade B	ASTM A529			Over 3/4 thru 1-1/2	19 38 incl.	150	66
	ASTM A131	Grades A, B, CS, D, DS, E	ASTM A570	All grades					
			ASTM A573	Grade 65		Over 1-1/2 thru 2-1/2	38 64	225	107
	ASTM A139	Grade B	ASTM A709	Grade 36[3]					
	ASTM A381	Grade Y35	API 5L	Grade B		Over 2-1/2	64	300	150
	ASTM A500	Grade A		Grades X42					
		Grade B	ABS	Grades A, B, D, CS, DS					
	ASTM A501			Grade E					
II	ASTM A36[3]		ASTM A570	All grades	Shielded metal arc welding with low hydrogen electrodes, submerged arc welding,[5] gas metal arc welding, flux cored arc welding	Up to 3/4	19 incl.	None[4]	
	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			Over 3/4 thru 1-1/2	19 38 incl.	50	10
		AH 32 & 36	ASTM A595	Grades A, B, C,					
		DH 32 & 36	ASTM A606			Over 1-1/2 thru 2-1/2	3/8 64 incl.	150	66
		EH 32 & 36	ASTM A607	Grades 45, 50, 55					
	ASTM A139	Grade B	ASTM A618			Over 2-1/2	64	225	107
	ASTM A242		ASTM A633	Grades A, B					
	ASTM A381	Grade Y35		Grades C, D					
	ASTM A441		ASTM A709	Grades 36, 50, 50W					
	ASTM A500	Grade A	API 5L	Grade B					
		Grade B		Grade X42					
	ASTM A501		API Spec. 2H						
	ASTM A516	Grades 55 & 60	ABS	Grades AH 32 & 36					
		65 & 70		DH 32 & 36					
	ASTM A524	Grades I & II		EH 32 & 36					
	ASTM A539		ABS	Grades A, B, D, CS, DS					
	ASTM A537	Classes 1 & 2		Grade E					

III	ASTM A572 ASTM A633 API 5L	Grades 60 & 65 Grade E Grade X52	Shielded metal arc welding with low hydrogen electrodes, submerged arc welding,[3] gas metal arc welding, flux cored arc welding	Up to 3/4	19 incl.	50	10
				Over 3/4 thru 1-1/2	19 3/8 incl.	150	66
				Over 1-1/2 thru 2-1/2	38 64 incl.	225	107
				Over 2-1/2	64	300	150
IV	ASTM A514 ASTM A517 ASTM A709	Grades 100 & 100W	Shielded metal arc welding with low hydrogen electrodes, submerged arc welding[3] with carbon or alloy steel wire, neutral flux, gas metal arc welding or flux cored arc welding	Up to 3/4	19 incl.	50	10
				Over 3/4 thru 1-1/2	19 38 incl.	125	50
				Over 1-1/2 thru 2-1/2	38 64 incl.	175	80
				Over 2-1/2	64	225	107

Notes:

1. Welding shall not be done when the ambient temperature is lower than 0° F (-18° C). Zero °F (-18° C) does not mean the ambient environmental temperature but the temperature in the immediate vicinity of the weld. The ambient environmental temperature may be below 0° F, but a heated structure or shelter around the area being welded could maintain the temperature adjacent to the weldment at 0° F or higher. When the base metal is below the temperature listed for the welding process being used and the thickness of material being welded, it shall be preheated (except as otherwise provided) in such manner that the surfaces of the parts on which weld metal is being deposited are at or above the specified minimum temperature for a distance equal to the thickness of the part being welded, but not less than 3 in. (76 mm) in all directions from the point of welding. Preheat and interpass temperatures must be sufficient to prevent crack formation. Temperature above the minimum shown may be required for highly restrained welds. For A514, A517, and A709 Grades 100 and 100W steel, the maximum preheat and interpass temperature shall not exceed 400° F (205° C) for thickness up to 1-1/2 in. (38 mm) inclusive, and 450° F (230° C) for greater thickness. Heat input when welding A514, A517, and A709 Grades 100 and 100W steel shall not exceed the steel producer's recommendations.
2. In joints involving combinations of base metals, preheat shall be as specified for the higher strength steel being welded.
3. Only low hydrogen electrodes shall be used when welding A36 or A709 Grade 36 steel more than 1 in. thick for bridges.
4. 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.
5. For modification of preheat requirements for submerged arc welding with parallel or multiple electrodes, see 4.10.6 or 4.11.6.

QW-253
WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
Shielded Metal-Arc Welding (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. 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	ϕ I or > heat input		X	
	.8	ϕ Type I or 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
– Deletion
> Increase/greater than
< Decrease/less than
↑ Uphill
↓ Downhill
← Forehand
→ Backhand
ϕ Change

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. 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	X		
	.25	± Sup. powder	X		
	.26	> Sup. powder	X		
	.27	ϕ Alloy elements	X		
	.29	ϕ Flux designation			X
	.30	ϕ *t*	X		
	.33	ϕ AWS class.			X
	.34	ϕ Flux type	X		
	.35	ϕ Flux/wire class.		X	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	ϕ I or > heat input		X	
	.8	ϕ Type I or ϕ I & E range			X

(١٢٨) G - ملحق

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	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

صفحة - G (١٢/٨)

5.8 Position of Test Welds

5.8.1 All welds that will be encountered in actual construction shall be classified as: (1) flat, (2) horizontal, (3), vertical, or (4) overhead in accordance with the definitions of welding positions given in Figs. 5.8.1A and 5.8.1B. Each procedure shall be tested in the manner stated below for each position for which it is to be qualified. Welding position limitations for procedure qualification are shown in Table 5.10.5.

5.8.1.1 Groove Plate Test Welds (illustrated in Fig. 5.8.1.1). In making the tests to qualify groove welds, test plates shall be welded in the following positions:

(1) Position 1G (Flat)—The test plate shall be placed in an approximately horizontal plane and the weld metal deposited from the upper side. See Fig. 5.8.1.1(A).

(2) Position 2G (Horizontal)—The test plates shall be placed in an approximately vertical plane with the groove approximately horizontal. See Fig. 5.8.1(B).

(3) Position 3G (Vertical)—The test plates shall be placed in approximately vertical plane with the groove approximately vertical. See Fig. 5.8.1.1(C).

(4) Position 4G (Overhead)—The test plates shall be placed in an approximately horizontal plane and the weld metal deposited from the under side. See Fig. 5.8.1.1(D).

5.8.1.2 Groove Pipe Test Welds (illustrated in Fig. 5.8.1.2). In making the tests to qualify groove welds, test pipe shall be welded in the following positions:

(1) Position 1G (Pipe Horizontal Rolled)—The test pipe shall be placed with its axis horizontal and the groove approximately vertical. The pipe shall be rotated during welding so the weld metal is deposited from the upper side. See Fig. 5.8.1.2(A).

(2) Position 2G (Pipe Vertical)—The test pipe shall be placed with its axis vertical and the welding groove approximately horizontal. The pipe shall not be rotated during welding. See Fig. 5.8.1.2(B).

(3) Position 5G (Pipe Horizontal Fixed)—The test pipe shall be placed with its axis horizontal and the groove approximately vertical. The pipe is not rotated during welding. See Fig. 5.8.1.2(C).

(4) Position 6G (Pipe Inclined Fixed)—The test pipe shall be inclined at 45 deg with the horizontal. The pipe is not rotated during welding. See Fig. 5.8.1.2(D).

(5) Position 6GR (Test for complete joint penetration groove welds of tubular T-, Y-, and K-connections)—The test pipe shall be inclined at 45 deg with the horizontal. The pipe or tube is not rotated during welding. See Fig. 5.8.1.2(E).

5.8.1.3 Fillet Welds (illustrated in Fig. 5.8.1.3). In making the tests to qualify fillet welds, test plates shall be welded in the positions outlined below:

(1) Position 1F (Flat)—The test plates shall be so placed that each fillet weld is deposited with its axis approximately horizontal and its throat approximately vertical. See Fig. 5.8.1.3(A).

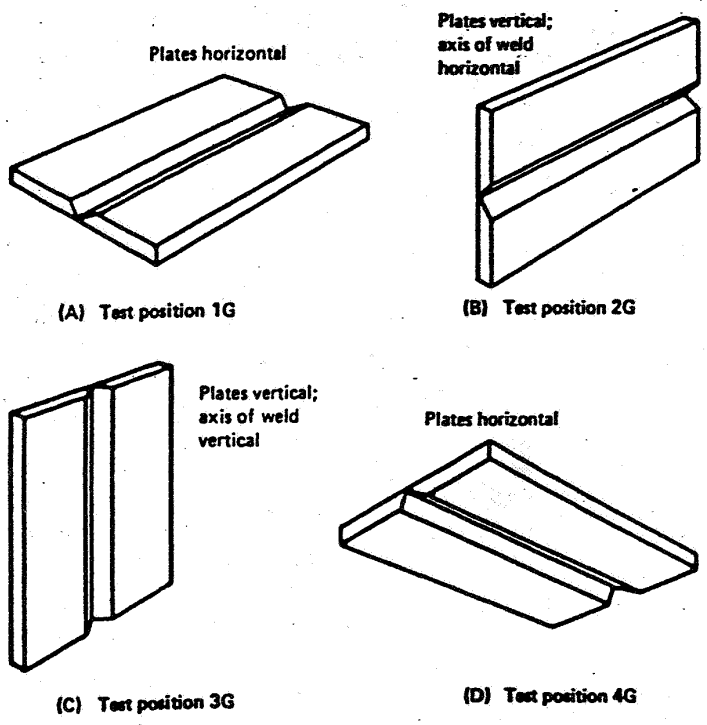
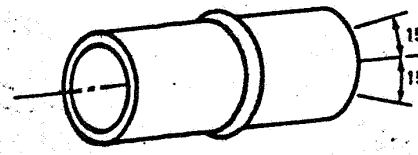


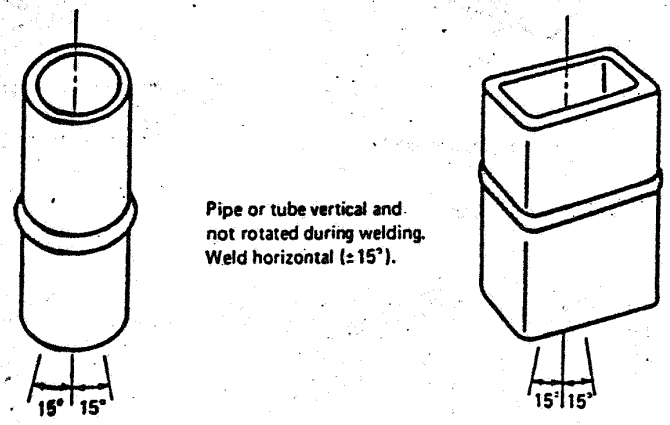
Fig. 5.8.1.1—Positions of test plates for groove welds

H - ٤٨٥



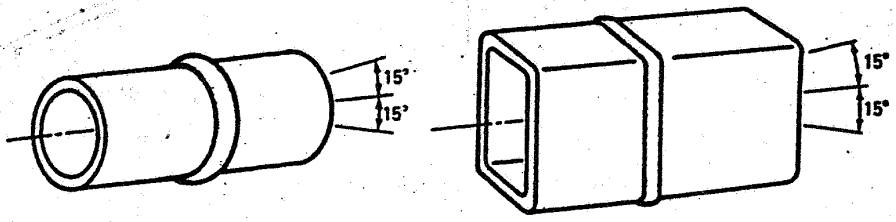
Pipe horizontal and rotated. Weld flat (±15°). Deposit filler metal at or near the top.

(A) Test position 1G



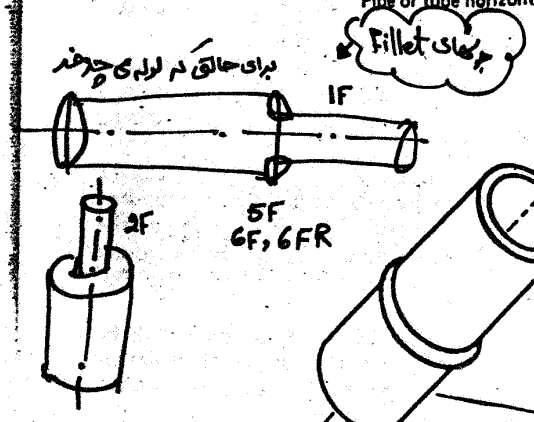
Pipe or tube vertical and not rotated during welding. Weld horizontal (±15°).

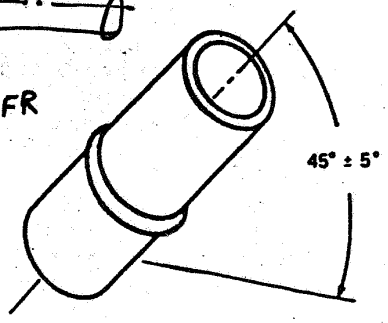
(B) Test position 2G



Pipe or tube horizontal fixed (±15°) and not rotated during welding. Weld flat, vertical, overhead.

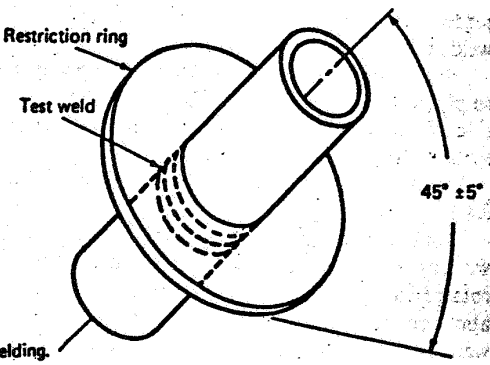
(C) Test position 5G





Pipe inclined fixed (45° ±5°) and not rotated during welding.

(D) Test position 6G



(E) Test position 6GR (T, Y, or K connections)

Fig. 5.8.1.2—Positions of test pipe or tubing for groove welds

حالت H - ۱ (راسی)

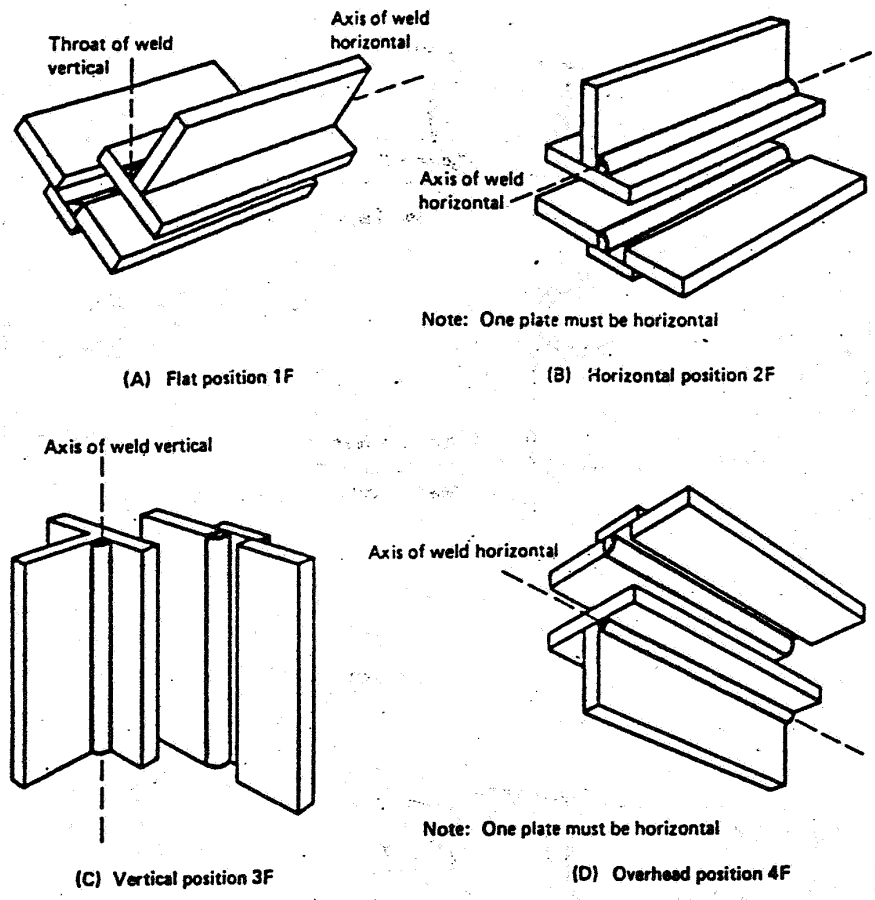


Fig. 5.8.1.3—Positions of test plates for fillet welds

(2) Position 2F (Horizontal)—The test plates shall be so placed that each fillet weld is deposited on the upper side of the horizontal surface and against the vertical surface. See Fig. 5.8.1.3(B).

(3) Position 3F (Vertical)—The test plates shall be placed in approximately vertical planes and each fillet weld deposited on the vertical surfaces. See Fig. 5.8.1.3(C).

(4) Position 4F (Overhead)—The test plates shall be so placed that each fillet weld is deposited on the under side of the horizontal surface and against the vertical surface. See Fig. 5.8.1.3(D).

5.8.1.4 Fillet Welds-Pipe Positions (illustrated in Fig. 5.8.1.4).

(1) Flat Position 1F—The test pipe shall be placed with its axis inclined at 45 deg to the horizontal and rotated during welding. The weld metal is deposited from above so that at the point of deposition, the axis of the weld is horizontal and the throat vertical. See Fig. 5.8.1.4(A).

(2) Horizontal Position 2F and 2FRolled.

(a) The position 2F test pipe shall be placed with its axis vertical so that the weld is deposited on upper side of the horizontal surface and against the vertical surface. The axis of the weld will be horizontal and the pipe is not rotated during welding. See Fig. 5.8.1.4(B).

(b) The position 2FRolled test pipe shall be placed with its axis horizontal and the axis of the deposited weld in the vertical plane. The pipe is rotated during welding. See Fig. 5.8.1.4(C).

(3) Overhead position 4F—The test pipe shall be placed with its axis vertical so that the weld is deposited on the underside of the horizontal surface and against the vertical surface. The axis of the weld will be horizontal and the pipe is not rotated during welding. See Fig. 5.8.1.4(D).

(4) Multiple position 5F—The test pipe shall be placed with its axis horizontal and the axis of the deposited weld in the vertical plane. The pipe is not rotated during welding. See Fig. 5.8.1.4(E).

5.9 Joint Welding Procedure

5.9.1 The joint welding procedure shall comply in all respects with the procedure specification.

(يتبع) ٤ - صفحة

Table 5.10.3
Number and type of test specimens and range of thickness qualified—procedure qualification; fillet welds

Test specimen	Fillet size	Number of welds per procedure	Test specimens required: Macro-etch 5.10.3 5.11.2	Test specimens required: All-weld-metal tension (see Fig. 5.10.1.3G)	Test specimens required: Side-bend (see Fig. 5.10.1.3H)	Sizes qualified: Plate/pipe thickness	Sizes qualified: Fillet size
Plate T-test (Fig. 5.10.3A)	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	Min tested multiple-pass and larger
Pipe T-test** (Fig. 5.10.3B)	Single pass, max size to be used in construction	1 in each position to be used (see Table 5.10.5)	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 5.10.5)	3 faces (except for 4F & 5F, 4 faces req'd)	—	—	Unlimited	Min tested multiple-pass and larger
Groove test* (Fig. 5.10.3.2 with steel backing)	—	1 in 1G position	—	1	2	Qualifies welding consumables to be used in T-test above	

Note: All welded test plates shall be visually inspected (see 5.12.7).
* When the welding consumables used do not conform to the prequalified provisions of 5.1.1, and a welding procedure using the proposed welding consumables has not been established by the contractor in accordance with either 5.10.1 or 5.10.2, a complete joint penetration groove weld test plate shall be welded in accordance with 5.10.1.
** See Table 5.10.1-2 for pipe diameter qualification.

weld-metal tension (Fig. 5.10.1.3G) test specimen shall be removed from the test plate, as shown in Fig. 5.10.3.2.

(b) The bend test specimens shall be tested in accordance with 5.11.3. Those test results shall conform to the requirements of 5.12.2.

(c) The tension test specimen shall be tested in accordance with 5.11.4. The test result shall determine the strength level of the welding consumables, which shall conform to the requirements of 4.1.2 for the welding process being used and the base metal strength level being welded.

5.10.3.3 Pipe and Tubing Qualification. A joint welding procedure specification for groove welding of pipe or tubing qualified in accordance with 5.10.1 shall also constitute procedure qualification for fillet welding plate, pipe, or tubing in the same position qualified.

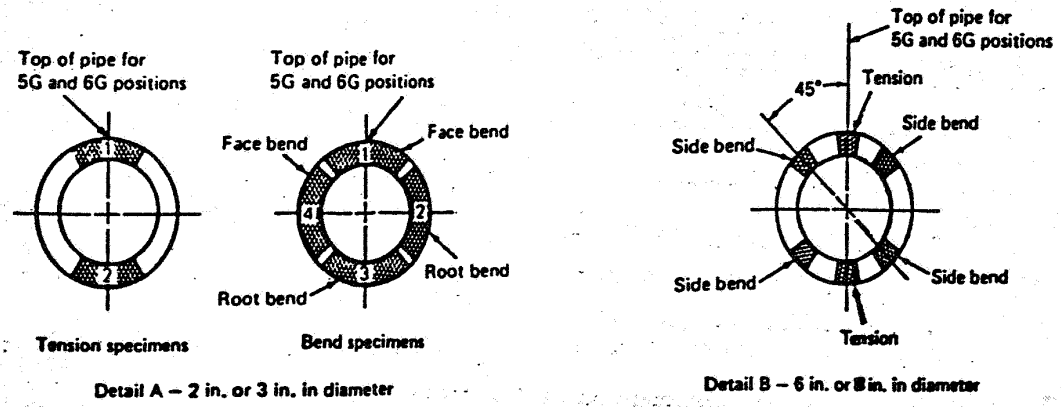


Fig. 5.10.1.3A—Location of test specimens on welded test pipe

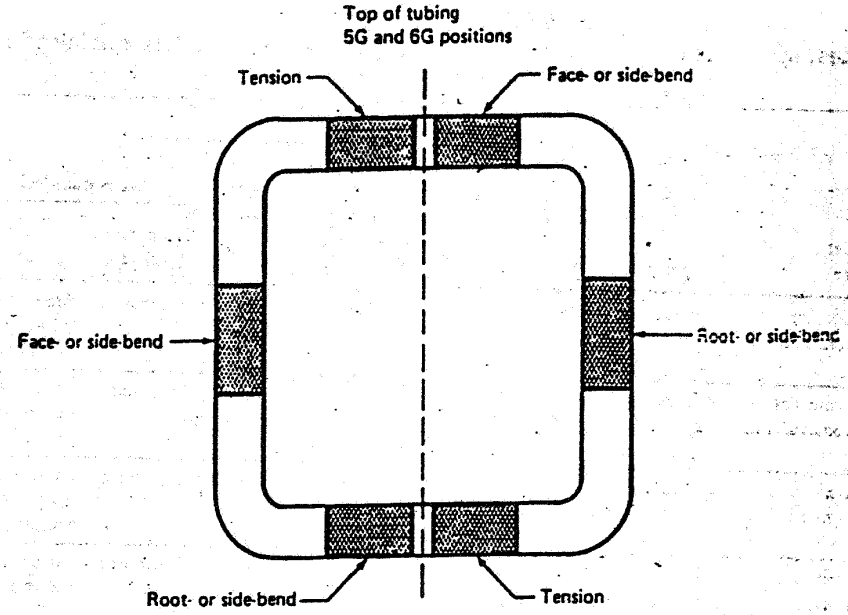


Fig. 5.10.1.3B—Location of test specimens for welded square and rectangular tubing

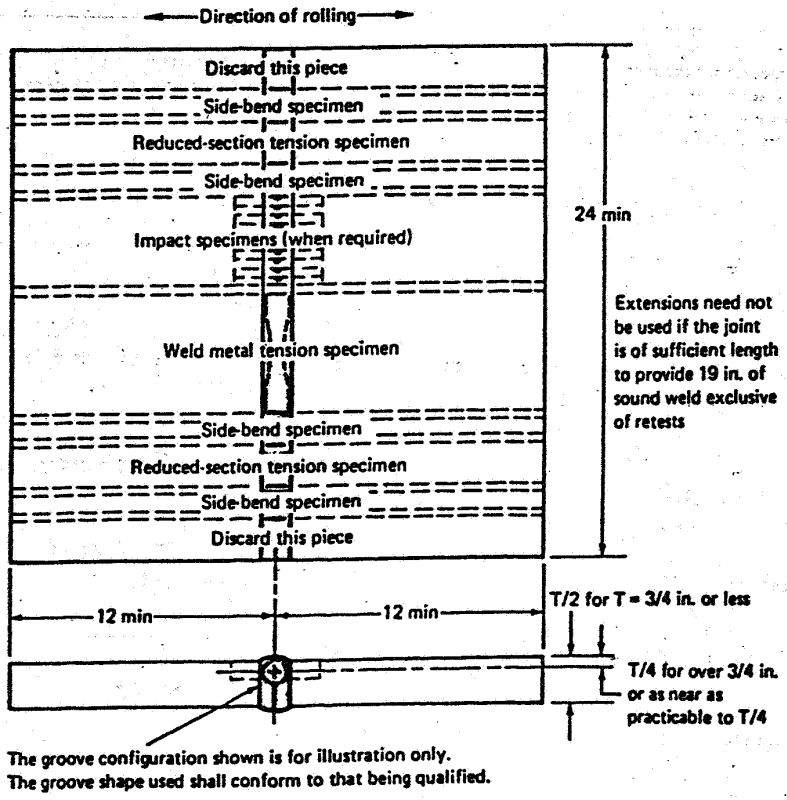


Fig. 5.10.1.3C—Location of test specimens on welded test plate—electroslag and electrogas welding—procedure qualification

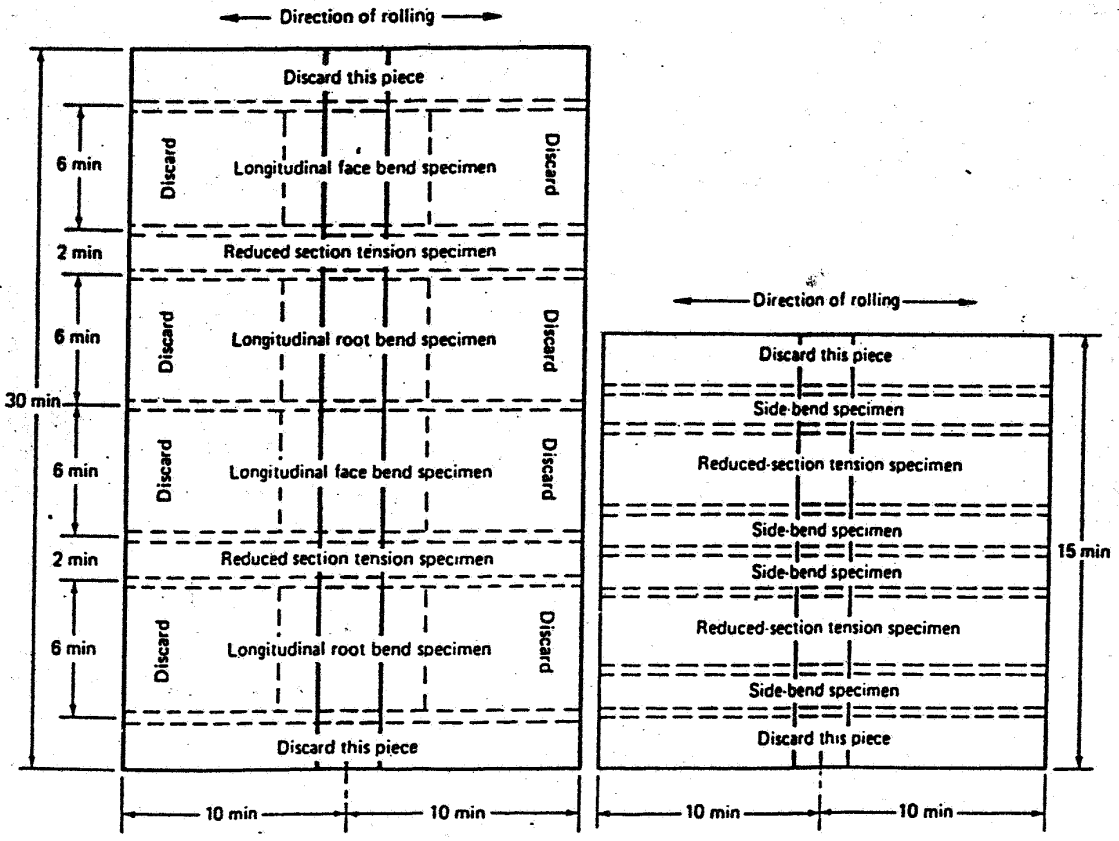
5.10.4 **Test Plate Aging.** When required by the filler metal specification applicable to weld metal being tested, fully welded qualification test plates may be aged at 200 to 220° F (93 to 104° C) for 48 ± 2 hours.

5.10.5 **Pipe Welding Positions Qualified.** Qualification on pipe or tubing shall also qualify for plate, but not vice versa, except that qualification on plate in the 1G (flat) or 2G (horizontal) positions shall qualify for welding pipe or tubing over 24 in. (610 mm) in diameter. Welding position limitations for procedure qualification are shown in Table 5.10.5.

5.10.5.1 Procedure qualification of pipe or tubing in the 5G (pipe horizontal fixed) position qualifies the procedure for flat, vertical, and overhead position groove and fillet welding of pipe, tubing, and plate.

5.10.5.2 Procedure qualification of pipe or tubing in the 6G (inclined fixed) position qualifies the procedure for all position groove and fillet welding of pipe, tubing, and plate, but does not qualify the procedure for groove welding of T-, Y-, and K-connections.

5.10.5.3 Procedure qualification of pipe or tubing in the 6GR position, as shown in Table 5.10.5, qualifies for groove and fillet welding of T-, Y-, and K-connections, subject to the limitations shown in 10.12.2.



When impact tests are required, the specimens shall be removed from their locations, as shown in Fig. 5.10.1.3C.

(1) Longitudinal bend specimens

(2) Transverse bend specimens

The groove configuration shown is for illustration only.
The groove shape used shall conform to that being qualified.

Fig. 5.10.1.3D—Location of test specimens on welded test plate over 3/8 in. thick—procedure qualification

I-

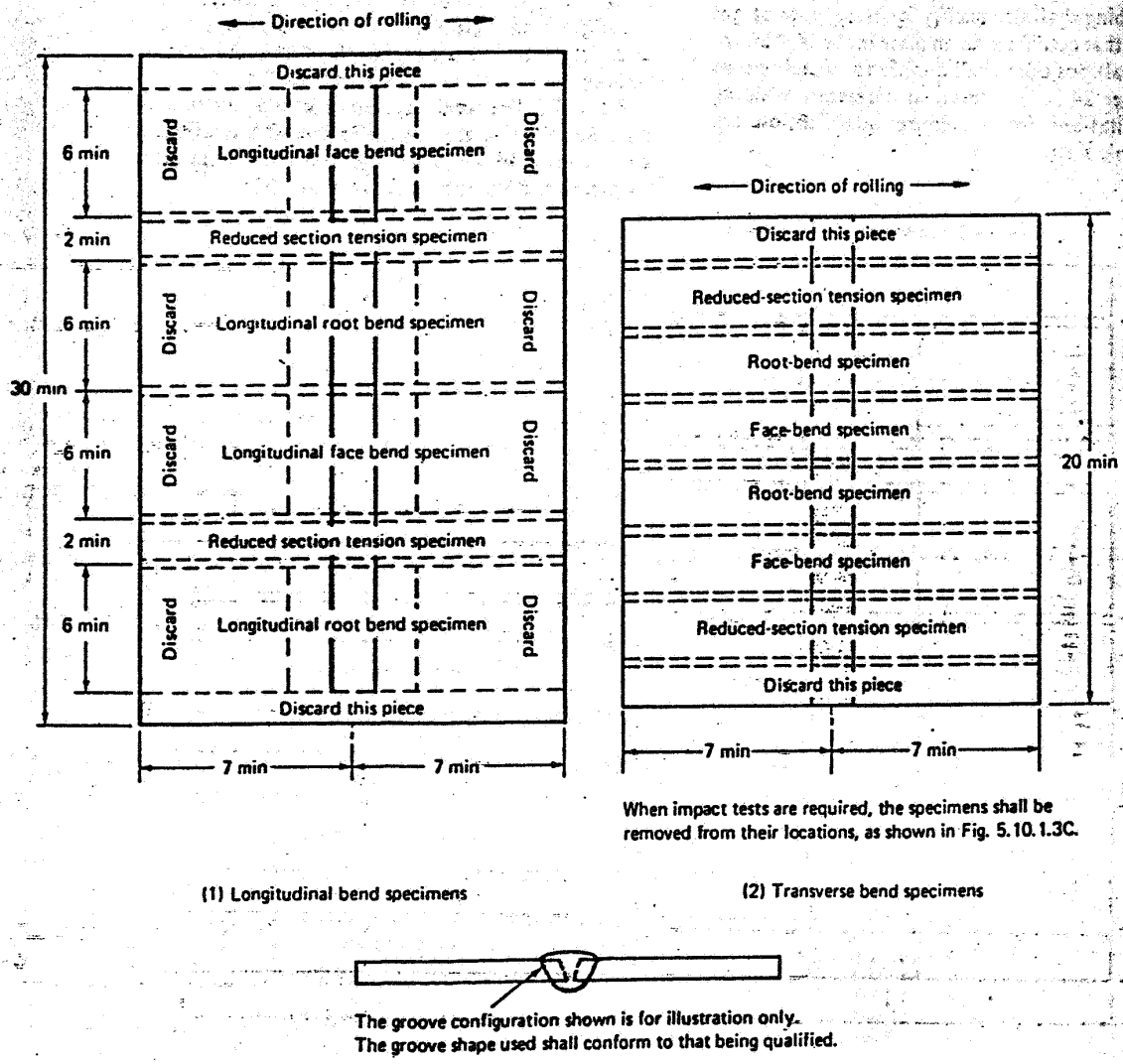
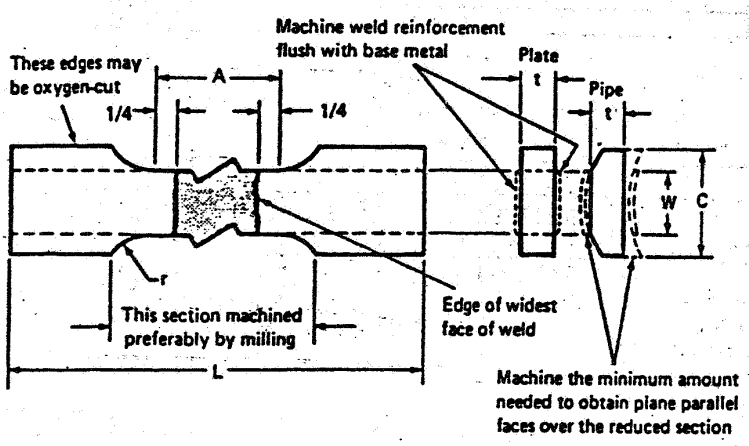


Fig. 5.10.1.3E—Location of test specimens on welded test plate 3/8 in. thick—procedure qualification

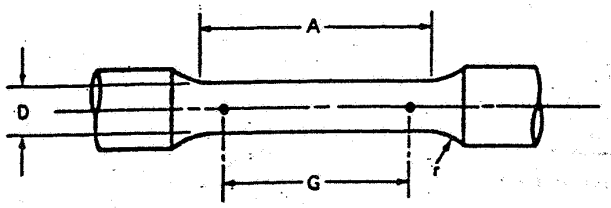


	Dimensions				
	Test plate			Test pipe	
	Tp ≤ 1 in.	1 < Tp < 1-1/2 in.	Tp > 1-1/2 in.	2 in. & 3 in. diameter	6 in. & 8 in. diameter or large job size pipe
A—Length of reduced section	Widest face of weld + 1/2 in., 2-1/4 min			Widest face of weld + 1/2 in., 2-1/4 min	
L—Overall length, min (Note 2)	As required by testing equipment			As required by testing equipment	
W—Width of reduced section (Notes 3,4)	1-1/2 ± 0.01	1 ± 0.01	1 ± 0.01	1/2 ±0.01	3/4 ± 0.01
C—Width of grip section, min (Notes 4,5)	2	1-1/2	1-1/2	1 approx.	1-1/4 approx.
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 = 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 at 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. except for referee testing, in which case the ends of the specimen shall be symmetrical with the center line of the reduced section within 0.10 in.
6. The dimension t is the thickness of the test 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 the minimum number of approximately equal strips not exceeding 1-1/2 in. in thickness. Test each strip and average the results.

Fig. 5.10.1.3F—Reduced-section tension specimens

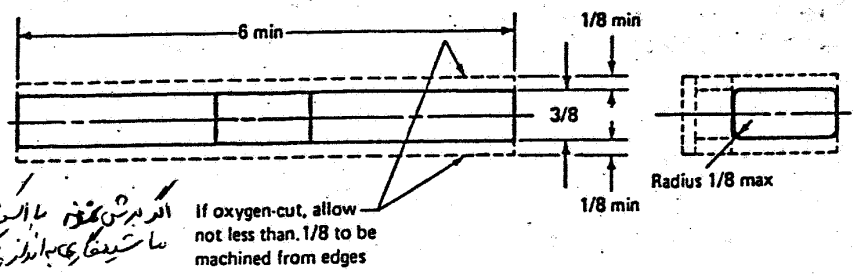


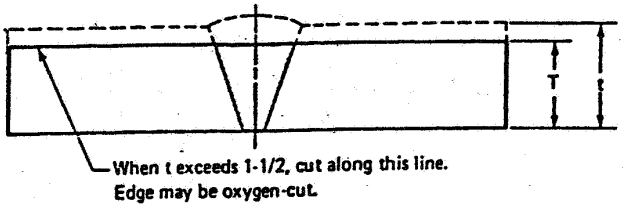
Dimensions			
	Standard specimen	Small-size specimens proportional to standard	
Nominal diameter	0.500 in. round	0.350 in. round	0.250 in. round
G — Gage length	2.000 ± 0.005	1.400 ± 0.005	1.000 ± 0.005
D — Diameter (Note 1)	0.500 ± 0.010	0.350 ± 0.007	0.250 ± 0.005
r — Radius of fillet, min	3/8	1/4	3/16
A — Length of reduced section (Note 2), min	2-1/4	1-3/4	1-1/4

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.

Fig. 5.10.1.3G—All-weld-metal tension specimens



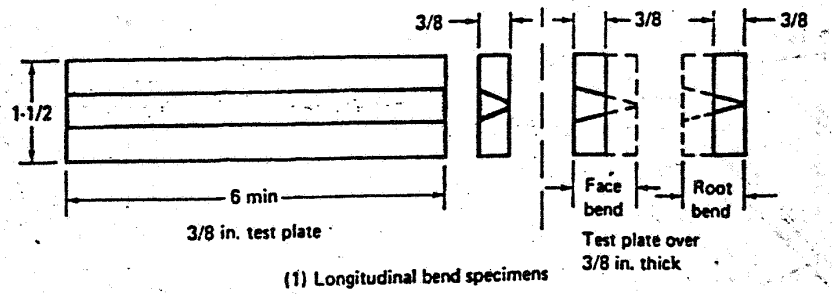


t, in.	T, in.
3/8 to 1-1/2	t
>1-1/2	See Note 2

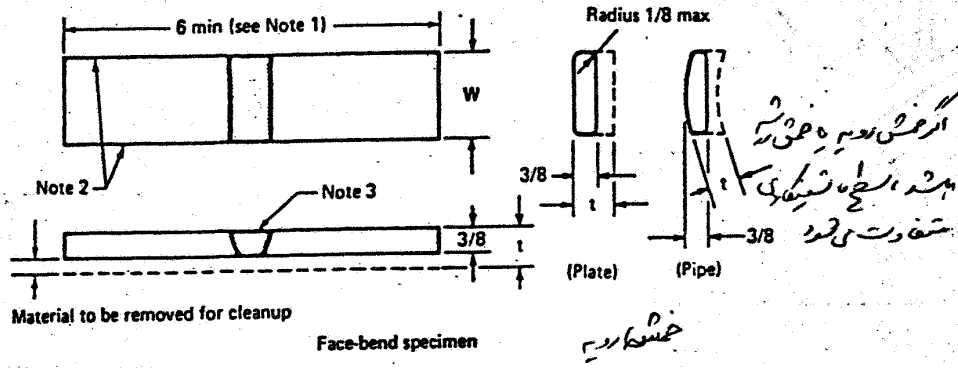
Notes:

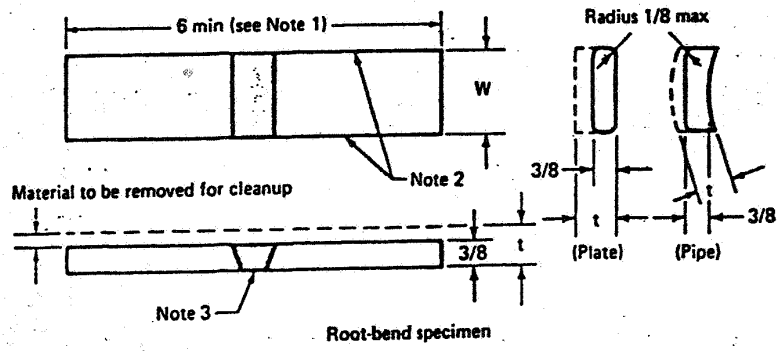
1. A longer specimen length may be necessary when using a wraparound-type bending fixure or when testing steel with a yield point of 90 ksi or more.
2. For plates over 1-1/2 in. thick, cut the specimen into approximately equal strips with T between 3/4 and 1-1/2 in. and test each strip.
3. t = plate or pipe thickness.

Fig. 5.10.1.3H—Side-bend specimens



(1) Longitudinal bend specimens





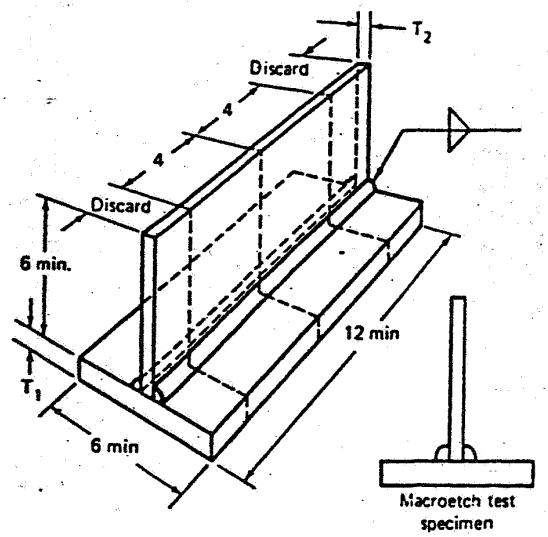
(2) Transverse bend specimens

Dimensions	
Test weldment	Test specimen width, in. (W)
Plate	1-1/2
Test pipe 2 in. and 3 in. in diameter	1
Test pipe 6 in. and 8 in. in diameter	1-1/2

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 or more.
2. These edges may be oxygen-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 3.6.3). 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 cases, the thickness of the finished specimen shall be that specified above. Cut surfaces shall be smooth and parallel.
4. t = plate or pipe thickness.

Fig. 5.10.1.3J—Face- and root-bend specimens



Weld size	T_1 min*	T_2 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

*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 T_1 and T_2.

Fig. 5.10.3A—Fillet weld soundness test for procedure qualification

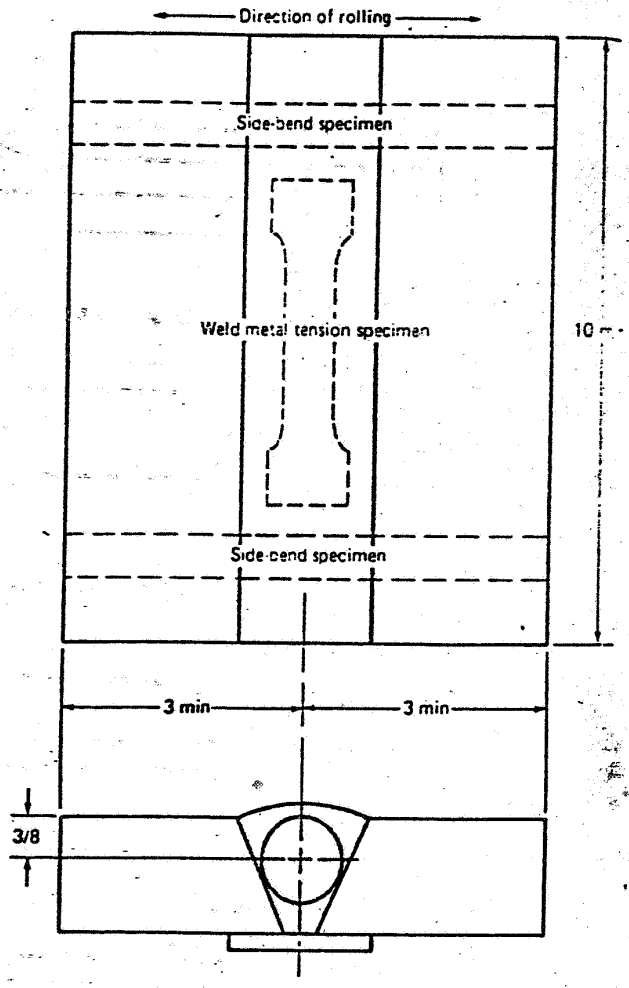


Fig. 5.10.3.2—Location of test specimen on welded test plate 1 in. thick—consumables verification for fillet weld procedure qualification

5.11 Method of Testing Specimens

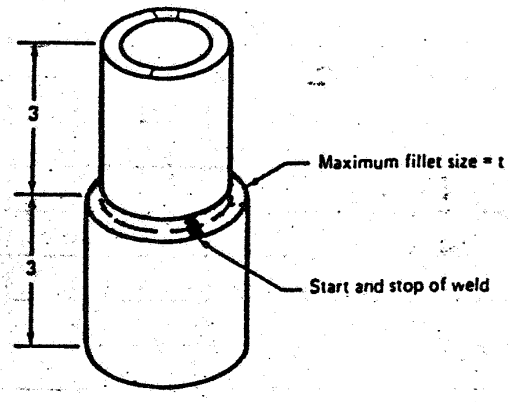
5.11.1 Reduced-Section Tension Specimens. Before testing, the least width and corresponding thickness of the reduced section shall be measured in inches. The specimen shall be ruptured under tensile load, and the maximum load in pounds shall be determined. The cross-sectional area shall be obtained by multiplying the width by the thickness. The tensile strength in psi shall be obtained by dividing the maximum load by the cross-sectional area.

5.11.2 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.

5.11.3 Root-, Face-, and Side-Bend Specimens. Each specimen shall be bent in a jig having the contour shown in Fig. 5.27.1 and otherwise substantially in accordance with that figure. Any convenient means may be used to move the plunger member with relation to the die member.

The specimen shall be placed on the die member of the jig with the weld at midspan. Face-bend specimens shall be placed with the face of the weld directed toward the gap. Root-bend and fillet-weld-soundness specimens shall be placed with the root of the weld directed toward the gap. Side-bend specimens shall be placed with that side showing the greater discontinuity, if any, directed toward the gap.

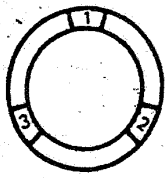
The plunger shall force the specimen into the die until the specimen becomes U-shaped. The weld and heat-



Detail A - Pipe-to-Pipe Assembly

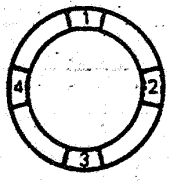
Macroetch Test Specimen

See Table 5.10.5 for position requirements
Note: Pipe shall be of sufficient thickness to prevent melt-thru.



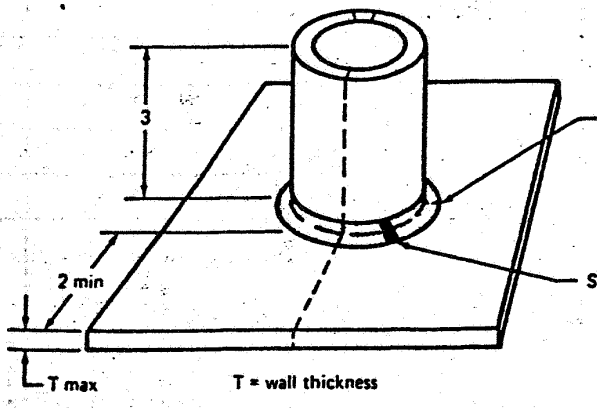
1FRolled, 2F, 2FRolled

Top

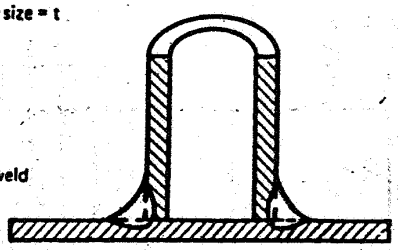


4F and 5F

Location of test specimens on welded pipe - procedure qualification



T = wall thickness



Macroetch Test Specimen

Detail B - Pipe-to-Plate Assembly

See Table 5.10.5 for position requirements
Note: Pipe shall be of sufficient thickness to prevent melt-thru.

Fig. 5.10.3B—Pipe Fillet Weld Soundness Test—Procedure Qualification

K – [illegible]

QW-415
WELDING VARIABLES
Welding Procedure Specifications (WPS)

Paragraph[3]	Brief of Variables	Essential																Essential When Notch Toughness Required												Nonessential											
		QW-252 OFW	QW-253 SMAW	QW-254 SAW	QW-255 GMAW[2]	QW-256 GTAW	QW-257 PAW	QW-258 ESW	QW-259 EGW	QW-260 EBW	QW-261 STUD	QW-262 DFW	SMAW	SAW	GMAW[2]	GTAW	PAW	ESW	EGW	EBW	OFW	SMAW	SAW	GMAW[2]	GTAW	PAW	ESW	EGW	EBW	STUD	OFW	SMAW	SAW	GMAW[2]	GTAW	PAW	ESW	EGW	EBW	STUD
Joints QW-402 .1	ϕ Groove design																				X	X	X	X	X	X	X	X	X											
.2	≠ Backing									X											X	X	X	X	X	X	X	X	X											
.3	ϕ Backing comp.									X											X	X	X	X	X	X	X	X	X											
.4	– Backing																				X																			
.5	+ Backing																					X	X	X	X	X	X	X	X											
.6	> Fit-up gap									X												X	X	X	X	X	X	X	X											
.8	ϕ Stud shape/size										X																			X										
.9	ϕ Flux or ferrule										X																			X										
.10	ϕ Root spacing																																							
.11	± Retainers							X	X																															
.12	ϕ > 10 deg.											X																												
	ϕ Cross section > 10%											X																												
	ϕ O.D. > ±10%											X																												
	ϕ Solid-to-tube ∘											X																												
Base Metal QW-403 .1	ϕ P-Number	X						X	X	X																														
.2	Max. T qualified	X																																						
.3	ϕ Penetration									X																														
.4	ϕ Group Number																																							
.5	ϕ Group Number																		X																					
.6	T Limits													X	X	X	X			X			X	X	X	X			X												
.7	T/t Limits > 8 in.		X	X	X	X							X																											
.8	ϕ T Qualified		X	X	X	X	X																																	
.9	t Pass > ½ in.		X	X	X			X	X																															
.10	T Limits (S, Circ. Arc)				X																																		
.11	ϕ P-No. qualified		X	X	X	X																																		
.12	ϕ P-Number/melt-in						X																																	
.13	ϕ P-No. 9/10	X	X	X	X	X	X	X	X																															
.15	ϕ P-Number									X																														
.17	ϕ Base metal or stud metal										X																													
.19	ϕ Base metal											X																												

WELDING VARIABLES (CONT'D)

Welding Procedure Specifications (WPS)

Paragraph[1]		Brief of Variables	Essential												Essential When Notch Toughness Required								Nonessential									
			OFW QW-252	SMAW QW-253	SAW QW-254	GMAW[2] QW-255	GTAW QW-256	PAW QW-257	ESW QW-258	EGW QW-259	EBW QW-260	STUD QW-261	DFW QW-262		SMAW	SAW	GMAW[2]	GTAW	PAW	ESW	EGW	EBW	OFW	SMAW	SAW	GMAW[2]	GTAW	PAW	ESW	EGW	EBW	STUD
Filler Metal QW-404	.1	φ Cross section or speed									X																					
	.2	< t or φ Comp.									X																					
	.3	φ Size																					X				X	X				
	.4	φ F-Number	X	X	X	X	X	X	X	X																						
	.5	φ A-Number	X	X	X	X	X	X	X	X																						
	.6	φ Diameter																						X	X	X			X	X		
	.7	φ Diam. > ¼ in.													X																	
	.8	± or φ Chem. comp.									X																					
	.9	φ Flux/wire class.			X																											
	.10	φ Alloy flux			X																											
	.12	φ AWS class.	X												X		X	X	X	X	X											
	.14	± Filler					X	X			X																					
	.17	φ Flux type or comp.							X																							
	.18	φ Wire to plate							X																							
	.19	φ Consum. guide							X																							
	.20	φ Method of addition									X																					
	.21	φ Analysis									X																					
	.22	± Consum. insert																									X	X				
	.23	φ Solid to tubular				X				X																						
	.24	± Supplemental			X	X																										
	.25	± Sup. powder			X	X		X																								
	.26	> Sup. powder			X	X		X																								
	.27	φ Alloy elements			X	X		X																								
	.29	φ Flux designation																							X							
	.30	φ t		X	X	X	X	X																								
	.32	t Limit (s. cir. arc)				X																										
	.33	φ AWS class.																						X	X	X	X	X	X	X	X	
	.34	φ Flux type			X																											
	.35	φ Flux/wire class.														X									X							

QW-415
WELDING VARIABLES (CONT'D)
Welding Procedure Specifications (WPS)

Paragraph[1]		Brief of Variables	Essential																		Essential When Notch Toughness Required										Nonessential									
			OFW QW-252	SMAW QW-253	SAW QW-254	GMAW[2] QW-255	GTAW QW-256	PAW QW-257	ESW QW-258	EGW QW-259	EBW QW-260	STUD QW-261	DFW QW-262	SMAW	SAW	GMAW[2]	GTAW	PAW	ESW	EGW	EBW	OFW	SMAW	SAW	GMAW[2]	GTAW	PAW	ESW	EGW	EBW	STUD	SMAW	SAW	GMAW[2]	GTAW	PAW	ESW	EGW	STUD
Pos. QW-405	.1	+ Position										X											X								X							
	.2	ϕ Position												X		X	X	X					X	X	X	X					X	X	X	X	X			
	.3	ϕ 1 Vertical welding														X	X	X							X	X							X	X	X			
Pre-heat QW-406	.1	Decrease > 100°F		X	X	X	X	X			X	X	X																									
	.2	ϕ Preheat maint.																																					
	.3	Increase > 100°F (IP)												X	X	X	X	X														X	X	X	X	X			
PWHT QW-407	.1	ϕ PWHT		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																										
	.2	ϕ PWHT (T & T Range)	X											X	X	X	X	X	X	X	X	X																	
	.4	T Limits		X	X	X	X	X	X	X	X																												
Gas QW-408	.1	± Trail or ϕ comp.						X																															
	.2	ϕ Single, mixture, or %				X	X			X		X																											
	.3	ϕ Flow rate																																					
	.4	ϕ Comp./flow rate						X																															
	.5	± or ϕ Backing																																					
	.6	ϕ Environment									X		X																										
	.7	ϕ Type fuel gas	X																																				
	.9	± Backing or < flow rate or ϕ comp.				X	X	X																															
	.10	ϕ Shielding or trailing				X	X	X																															
Electrical Characteristics QW-409	.1	ϕ I or > Heat input												X	X	X	X	X			X																		
	.2	ϕ Transfer mode				X																																	
	.3	± Pulsing I															X																						
	.5	ϕ ±15% I & E range							X													X																	
	.6	ϕ I & E, spd., dist., osc.									X																												
	.7	ϕ Pulsing frequency									X																												
	.8	ϕ Type I or ϕ I & E range																																					X
	.9	± Arc timing										X																											

ضمیمہ - ۷ (ادام)

QW-415
WELDING VARIABLES (CONT'D)
Welding Procedure Specifications (WPS)

Paragraph[1]	Brief of Variables	Essential																Essential When Notch Toughness Required												Nonessential											
		OFW QW-252	SMAW QW-253	SAW QW-254	GMAW[2] QW-255	GTAW QW-256	PAW QW-257	ESW QW-258	EGW QW-259	EBW QW-260	STUD QW-261	DFW QW-262	SMAW	SAW	GMAW[2]	GTAW	PAW	ESW	EGW	EBW	OFW	SMAW	SAW	GMAW[2]	GTAW	PAW	ESW	EGW	EBW	STUD
Elec. Char. QW-409	.10 ϕ Amperage										X											X	X	X	X	X	X	X	X	X
	.11 ϕ Power source										X											X	X	X	X	X	X	X	X	X
	.12 ϕ Tungsten electrode															X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Technique QW-410	.1 ϕ String/weave																													
	.2 ϕ Flame characteristics																				X									
	.3 ϕ Orifice, cup, or nozzle size																													
	.4 ϕ ± Technique																				X									
	.5 ϕ Method cleaning																													
	.6 ϕ Method back gouge																													
	.7 ϕ Oscillation							X		X				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
	.8 ϕ Tube-work distance																													
	.9 ϕ Multi to single pass/side													X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
	.10 ϕ Single to multi electrodes							X	X					X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
	.11 ϕ Closed to out chamber					X	X																							
	.12 ϕ Melt-in to keyhole																	X												
	.14 ϕ Gun angle									X																				
	.15 ϕ Electrode spacing																						X	X	X	X	X	X	X	X
	.17 ϕ Type or model equip.									X																				
	.18 > Pressure of vacuum									X																				
	.19 ϕ Filament type, size, etc.									X																				
	.20 + Wash pass									X																				
	.21 1 vs. 2 Side welding									X																				
	.22 ϕ Gun model or lift										X																			
	.25 ϕ Manual or automatic																					X	X	X	X	X	X	X	X	X
	.26 # Peening																				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

ضمیمه - ۷ (ادامه)

QW-415
WELDING VARIABLES (CONT'D)
Welding Procedure Specifications (WPS)

Paragraph[1]	Brief of Variables	Essential																Essential When Notch Toughness Required												Nonessential											
		OFW	SMAW	SAW	GMAW[2]	GTAW	PAW	ESW	EGW	EBW	STUD	DFW	SMAW	SAW	GMAW[2]	GTAW	PAW	ESW	EGW	EBW	STUD	DFW	OFW	SMAW	SAW	GMAW[2]	GTAW	PAW	ESW	EGW	EBW	STUD
		QW-252	QW-253	QW-254	QW-255	QW-256	QW-257	QW-258	QW-259	QW-260	QW-261	QW-262																													
Technique QW-410 .27	ϕ Spp. > ±10%											X										X																			
.28	ϕ Load > ±10%											X										X																			
.29	ϕ Energy > ±10%											X										X																			
.30	ϕ Upset > ±10%											X										X																			

Legend:
+ Addition
- Deletion
> Increase/greater than
< Decrease/less than
↑ Uphill
↓ Downhill
→ Forehand
← Backhand
ϕ Change

NOTES:
(1) For description, see Article IV.
(2) Flux-cored arc welding as shown in QW-255, with or without additional shielding from an externally supplied gas or gas mixture, is included.

WELDER AND WELDING OPERATOR QUALIFICATION TEST RECORD

Welder or welding operator's name _____ Identification no. _____
Welding process _____ Manual _____ Semiautomatic _____ Machine _____
Position _____
(Flat, horizontal, overhead or vertical — if vertical, state whether upward or downward)
In accordance with procedure specification no _____
Material specification _____
Diameter and wall thickness (if pipe) — otherwise, joint thickness _____
Thickess range this qualifies _____

FILLER METAL

Specification no. _____ Classification _____ F no. _____
Describe filler metal (if not covered by AWS specification) _____
_____
Is backing strip used? _____
Filler metal diameter and trade name _____ Flux for submerged arc or gas for gas metal arc or flux
_____ cored arc welding _____

VISUAL INSPECTION (9.25.1)

Appearance _____ Undercut _____ Piping porosity _____

Guided Bent Test Results

Type	Result	Type	Result

Test conducted by _____ Laboratory test no. _____
per _____ Test date _____

Fillet Test Results

Appearance _____ Fillet size _____
Fracture test root penetration _____ Marcoetch _____
(Describe the location, nature, and size of any crack or tearing of the specimen.)
Test conducted by _____ Laboratory test no. _____
per _____ Test date _____

RADIOGRAPHIC TEST RESULTS

Film identification	Results	Remarks	Film identification	Results	Results

Test witnessed by _____ Test no. _____
per _____

We, the undersigned, certify that the statements in this record are correct and that the welds were prepared and tested in accordance with the requirements of 5C or D of AWS D1.1, (_____) Structural Welding Code.
year

Manufacturer or contractor _____
Authorized by _____
Date _____

Form E-4

WQR - فرم

۴- منابع و ماخذ:

1- Structural Welding code steel ,9th edition,1985.
2- ASME 9 ,1989.
3- Certificattion Manual for Welding INspectors,AWS 1979
4- Symbols for welding and Inspection , Chater 6.

۵- تکنولوژی جوشکاری ، دکتر امیر حسین کوکبی ، انتشارات جامعه ریخته گران ایران ، چاپ سوم
۶- ویژگی های الکترود های روپوش دار جوشکاری با قوس الکتریکی ، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ، شماره ۸۷۱
۷- مشخصات فنی در طرح سازه های فولادی (پلهای فلزی)وزارت صنایع سنگین ،نشریه شماره ۶ ، شمارهٔ۱۰۶
۸ - استاندارد دیگاهای بخار وزارت صنایع سنگین ، نشریه شمارهٔ ۱ ، شمارهٔ ۱۰۱
۹- الکترود برای جوشکاری قوس الکتریکی ، عبدالوهاب ادب آوازه ، بازرسی فنی ناظران