جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

آیین‌نامه جوشکاری ساختمانی ایران

ضابطه شماره ۲۲۸
(تجدیدنظر اول)

آخرین ویرایش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۱

معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی
امورنظام فنی و اجرایی
Nezamfanni.ir

وزارت راه و شهرسازی
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
bhrc.ac.ir

۱۴۰۴

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رئیس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره :**	**۱۴۰۴/۲۲۵۸۶۶**
	تاریخ :	**۱۴۰۴/۰۵/۱۲**

به استناد ماده(۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور و تبصره ذیل بند(۳-۱) ماده(۴) «سند نظام فنی‌واجرایی یکپارچه کشور»، موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۰۵۴۴/ت۶۳۷۱۹ه مورخ ۱۴۰۴/۰۳/۰۶ هیئت وزیران؛ ضابطه پیوست با مشخصات زیر ابلاغ و در«سامانه نظام فنی‌واجرایی کشور» به نشانی Nezamfanni.ir منتشر می‌شود:

عنوان:	**آیین‌نامه جوشکاری ساختمانی ایران (تجدیدنظر اول)**
شماره ضابطه:	**۲۲۸**
نوع ابلاغ:	لازم الاجرا
حوزه شمول:	همه قراردادهای جدیدی که از محل وجوه عمومی ویا به صورت مشارکت عمومی-خصوصی منعقد می‌شوند.
تاریخ اجرا:	۱۴۰۴/۱۰/۰۱
متولی تهیه، اخذ بازخورد و اصلاح:	دبیرخانه کمیته راهبری «**آیین‌نامه جوشکاری ساختمانی ایران**» مستقر در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
مرجع اعلام اصلاحات:	امور نظام فنی‌واجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور

این بخشنامه از تاریخ اجرا، جایگزین بخشنامه شماره ۱۰۵/۵۸۴۱-۵۴/۲۱۱۱ مورخ ۱۳۸۰/۰۵/۰۷ می‌شود.

سیدحمید پورمحمدی

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.

۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۵- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی

Email: nezamfanni@chmail.ir **web: nezamfanni.ir**

باسمه‌تعالی

پیشگفتار تجدیدنظر اول

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردهای ملی برای طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی آنها از اهمیتی ویژه برخوردار است. اولین ویرایش آیین‌نامه جوشکاری ساختمانی ایران در سال ۱۳۸۰ به چاپ رسیده است. با گذشت بیش از ۲۰ سال و با توجه به انتشار ویرایش‌های جدید از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و به‌کارگیری آن در پروژه‌های عمرانی کشور (طرح‌های ساختمانی)، به‌روزرسانی مراجع بین‌المللی، تدوین استانداردهای ملی متعدد و همچنین تجارب بدست آمده در این مدت در فضای حرفه‌ای و مهندسی، نیاز به بازنگری و تکمیل مباحث و استانداردهای طراحی صنعت جوشکاری ساختمان، پیشنهاد شد آیین‌نامه مذکور مورد بازنگری کلی قرار گیرد. بر همین اساس در ویرایش حاضر تلاش شده است تا ضوابط و مقررات مرتبط با فرایندهای جوشکاری و بازرسی جوش ساختمان براساس آخرین اسناد فنی و مقررات ملی و بین‌المللی به‌روزرسانی شود.

در این میان تمامی فصول قبلی آیین‌نامه مورد بازنگری قرار گرفت و فصول سوم- اصلاحات و تعاریف، دهم- سازه های لوله و قوطی، یازدهم- مقاوم‌سازی و تعمیر سازه های موجود، سیزدهم- مکمل لرزه ای و پیوست‌های یکم- علائم قراردادی برای نمایش جوش، دوم- نمونه فرم‌های جوشکاری و بازرسی و سوم- جوشکاری میلگردهای بتن مسلح (آرماتور) به ویرایش جدید آیین‌نامه اضافه گردید.

آیین‌نامه، در دو بخش «مقررات» و «ضوابط و معیارهای فنی» تدوین شده است. مفاد مندرج در بخش مقررات، متناسب با مقررات و الزامات فنی اجباری کشور بوده و عدول از آن مجاز نیست.

با وجود تلاش، دقت و وقت فراوانی که برای تهیه این آیین‌نامه صرف شده است، این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام نیست. بنابراین در راستای تکمیل و پربار شدن این آیین‌نامه، از کاربران محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی اجرایی، سازمان ارسال کنند. پیشنهادهای دریافت شده بررسی و در صورت نیاز، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق نشانیNezamfanni.ir برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهد شد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در

بالای صفحات، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده‌است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن نیز اصلاح خواهد شد. از این‌رو همواره مطالب صفحات، دارای تاریخ جدید و معتبر خواهد بود.

در پایان لازم است از ارائه نقطه نظرات ارزشمند جناب آقای عبدالوهاب ادب آوازه، جناب آقای حسین حق سیرت و جناب آقای علی قوامیان تشکر ویژه نماییم. همچنین برای تمامی دست‌اندرکارانی که امکان تهیه و نشر این اثر را فراهم کردند آرزوی توفیق داریم. امید است با افزایش آگاهی مهندسان، طراحان و دست اندرکاران مربوطه در مورد طرح و اجرای ساختمان‌ها و رعایت ضوابط یاد شده، شاهد اجرای ساختمان‌های مقاوم‌تر و مناسب‌تر باشیم.

حمید امانی همدانی
معاون فنی، زیربنایی و تولیدی
تابستان ۱۴۰۴

تهیه و کنترل «آیین‌نامه جوشکاری ساختمانی ایران»

[ضابطه شماره ۲۲۸]- تجدیدنظر اول

اعضای گروه تهیه‌کننده:

علیرضا عربها نجف‌آبادی	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
شاپور طاحونی	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر
بهرام شلالوند	مهندسین مشاور
علیرضا شریفی‌عباد	مهندسین مشاور

اعضای گروه نظارت:

بهنام مهرپرور	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
محمدرضا بیات	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
نرگس خیرطال	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
عبدالوهاب ادب‌آوازه	انجمن جوشکاری ایران
سعید عرفانی	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر
سید رسول میرقادری	عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
محمد گنجی	انجمن آزمون‌های غیرمخرب ایران
امیر حسینی‌کلورزی	شرکت فولاد خوزستان
مهرداد کهتری	انجمن آزمون‌های غیرمخرب ایران
رضا ایمانیان نجف‌آبادی	انجمن جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب ایران
سالار تحریریان	سازمان ملی استاندارد ایران

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور):

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی و اجرایی
طاهر فتح‌اللهی مرنی	رئیس گروه امور نظام فنی و اجرایی
سجاد حیدری‌حسنکلو	کارشناس امور نظام فنی و اجرایی

پیشگفتار ویرایش ۱۳۸۰

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردهای ملی برای طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی آنها از اهمیتی ویژه برخوردار است. نظام جدید فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی را در مراحل طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی مورد تاکید جدی قرار داده است.

سازه فولادی مجموعه‌ای از اعضای باربر، ساخته شده از ورق و یا نیمرخ‌های فولادی است که به کمک اتصالات، اسکلت ساختمان را به وجود می‌آورند. نیمرخ‌های فولادی تولیدهای کارخانه‌ای هستند که با توجه به روش‌های تکامل یافته برای تولید آنها، غالبا رفتاری در حد انتظار از خود نشان می‌دهند. موضوعی که همیشه موجب نگرانی طراحان و سازندگان سازه‌های فولادی است، چگونگی رفتار اتصالاتی است که: (الف) برای ساخت اعضای مرکب از نیمرخ و ورق و (ب) برای یکپارچه نمودن اعضا (شامل تیر، ستون و مهاربند) در محل گره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

برای ساخت اعضا و اتصال آنها به یکدیگر از پرچ، پیچ و جوش استفاده می‌شود. در ایران استفاده از جوش در ساختمان‌های متعارف بسیار رایج است. با توجه به قدمت نسبتا طولانی استفاده از جوش در ساخت اسکلت فولادی در ایران و دیگر نقاط جهان، پیشرفت‌های قابل توجهی در شناخت جوش و توسعه فن‌آوری مربوط به آن صورت گرفته است، اما هنوز هم نگرانی‌هایی در مورد رفتار اتصالات جوشی به ویژه به علت صدمات به وجود آمده در اتصالات جوشی ساختمان‌های بلندمدت تحت اثر زلزله، ر ذهن مهندسان وجود دارد.

استفاده از جوش در صنایع کشتی‌سازی، اتومبیل‌سازی، مخازن تحت فشار، خطوط انتقال گاز و نظایر آن، موفقیت‌آمیز بوده و اتصالات جوشی در آنها به طور مناسبی ایفای نقش نموده‌اند. بنابراین عامل اساسی بروز مشکلات در جوشکاری‌های ساختمانی، عدم رعایت اصول اساسی هنگام اجراست.

با توجه به موارد یاد شده و بر اساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، دفتر امور فنی و تدوین معیارها اقدام به تهیه این آیین‌نامه نموده است به این امید که با افزایش آگاهی مهندسان، طراحان و دست اندرکاران مربوط در مورد طرح و اجرای ساختمان‌ها و رعایت ضوابط یاد شده، شاهد اجرای ساختمان‌های مقاوم‌تر و مناسب تر باشیم.

معاونت امور فنی از آقای مهندس شاپور طاحونی به خاطر زحمات و کوشش‌های فراوان ایشان در تهیه و تدوین آیین‌نامه حاضر، قدردانی و تشکر می‌نماید. در ضمن لازم است از اساتید دانشگاه‌های کشور به ویژه آقایان دکتر قالیبافان، مهندس زندپارسا و مهندس تجلیل و شرکت‌های مختلف تولیدی و صنعتی مرتبط با جوشکاری که نشریه حاضر را بررسی و در مورد آن اظهارنظر نموده‌اند، تشکر شود. از همکاران دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سرکار خانم بهناز پورسید و آقایان مهندس میرمحمود ظفری و مهندس مجید ابتسام که در تنظیم مطالب نشریه در راستای اهداف دفتر تلاش نموده اند، نیز سپاسگزاری می‌شود. معاونت امور فنی توفیق روز افزون این عزیزان را در خدمت به جامعه مهندس کشور از درگاه متعال مسئلت دارد.

معاون امور فنی
تابستان ۱۳۸۰

فهرست مطالب

بخش اول: مقررات ۱
۱- تعارض مقررات و ضوابط ۳
۲- مقررات ایمنی ۳
۳- تایید ۳
۴- الزامات استانداردهای ملی سری ایران ایزو ۳۸۳۴ ..... ۳
۴-۱- انتخاب سطح مناسب از استانداردهای ملی سری ایران ایزو ۳۸۳۴ ..... ۴
۴-۲- انتخاب هماهنگ‌کننده جوشکاری مناسب ۴
۴-۳- کالیبراسیون تجهیزات جوشکاری و آزمایشگاهی ۵
۴-۴- مشخصات دستورالعمل جوشکاری (WPS) ۵
۴-۵- شایستگی کارکنان ۵
۴-۶- اجرای آزمایش‌ها و تصدیق نتایج آزمایش‌ها ۶
۴-۷- علائم قراردادی جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب ۶
۴-۸- مستندات و سوابق کیفیتی ۶
۵- الزامات مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ۶
بخش دوم: ضوابط و معیارهای فنی ۹

فصل ۱ کلیات ۱۱

فصل ۱- کلیات ۱۳
۱-۱-گستره ۱۳
۱-۲-آحاد ۱۳
۱-۳-محدودیت‌ها ۱۴
۱-۴-تعاریف و مسئولیت‌ها ۱۴
۱-۵-ضوابط اجباری و غیراجباری ۱۶
۱-۶-علائم جوشکاری ۱۶
۱-۷-فرایندهای جوشکاری ۱۶

فصل ۲ مراجع ۱۹

الف- مراجع اصلی ۲۱
ب - مراجع کمکی ۲۲

فصل ۳ اصلاحات و تعاریف ۲۵

فصل ۴ طراحی اتصالات جوشی ۴۹

۴-۱-گستره ۵۱
قسمت الف: ضوابط عمومی برای طراحی اتصالات جوشی ۵۲
۴-۲-کلیات ۵۲
۴-۳-اسناد قراردادی و مشخصات فنی ۵۲
۴-۴-سطح موثر ۵۵
قسمت ب: الزامات خاص برای طراحی اتصالات غیرلوله‌ای ۶۵
۴-۵-کلیات ۶۵
۴-۶-تنش‌ها ۶۵
۴-۷-هندسه و جزئیات اتصال ۷۰
۴-۸-هندسه و جزئیات درزها- جوش‌های شیاری ۷۲
۴-۹-هندسه و جزئیات درزها- جوش گوشه ۷۳
۴-۱۰- هندسه و جزئیات درزها- جوش انگشتانه و کام ۷۶
۴-۱۱- ورق‌های پرکننده ۷۷
۴-۱۲- اعضای ساخته شده ۷۹
قسمت پ: الزامات ویژه برای طراحی اتصالات اعضای غیرلوله‌ای ۸۰
۴-۱۳- کلیات ۸۰
۴-۱۴- محدودیت‌ها ۸۰
۴-۱۵- محاسبه تنش ۸۱
۴-۱۶- تنش‌های مجاز و دامنه‌های مجاز تنش ۸۲
۴-۱۷- جزئیات‌بندی، ساخت و نصب ۱۰۳
۴-۱۸- درزها و جوش‌های غیرمجاز ۱۰۷
۴-۱۹- بازرسی ۱۰۷

فصل ۵ WPS پیش‌تایید ۱۰۹

۵-۱-گستره ۱۱۱
۵-۲-الزامات عمومی WPS ۱۱۱
۵-۳-فلز پایه ۱۱۳
۵-۴-اتصالات جوشی ۱۱۶
۵-۵-فرایندهای جوشکاری ۱۴۳
۵-۶-ضوابط فلز الکترود (فلز پرکننده) و گاز محافظ ۱۴۵
۵-۷-الزامات پیش‌گرمایش و دمای عبورهای میانی ۱۴۷
۵-۸-الزامات WPS ۱۴۹

۵-۹-عملیات حرارتی پس از جوشکاری ۱۴۹

فصل ۶ ارزیابی ۱۵۱

۶-۱-گستره ۱۵۳
قسمت الف: ضوابط کلی ۱۵۴
۶-۲-کلیات ۱۵۴
۶-۳-ضوابط عمومی ارزیابی دستورالعمل و پرسنل جوشکاری ۱۵۵
قسمت ب: ارزیابی دستورالعمل جوشکاری ۱۶۰
۶-۴-وضعیت‌های تایید شده جوش تولیدی ۱۶۰
۶-۵-انواع آزمایش‌های ارزیابی ۱۶۰
۶-۶-انواع جوش برای ارزیابی WPS ۱۶۳
۶-۷-آماده‌سازی WPS ۱۶۳
۶-۸-متغیرهای اساسی ۱۶۳
۶-۹-الزامات WPS برای جوشکاری با استفاده از WPSهای موجود با شکل موج کنترل‌شده و کنترل‌نشده ۱۷۶
۶-۱۰- روش‌های آزمایش و معیارهای پذیرش برای ارزیابی WPS ۱۷۷
۶-۱۱- جوش شیاری نفوذ کامل CJP ۱۸۹
۶-۱۲- جوش شیاری نفوذ نسبی PJP ۱۹۰
۶-۱۳- جوش‌های گوشه ۱۹۱
۶-۱۴- جوش کام و انگشتانه ۱۹۶
۶-۱۵- فرایندهای جوشکاری که نیاز به ارزیابی دارند ۱۹۶
قسمت پ: ارزیابی جوشکاران ۱۹۸
۶-۱۶- کلیات ۱۹۸
۶-۱۷- انواع آزمایش‌های ارزیابی موردنیاز ۲۰۱
۶-۱۸- انواع جوش برای تایید صلاحیت جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری ۲۰۲
۶-۱۹- آماده‌سازی فرم‌های تایید صلاحیت عملکرد پرسنل ۲۰۲
۶-۲۰- متغیرهای اساسی ۲۰۳
۶-۲۱- جوش‌های شیاری نفوذ کامل برای اتصالات غیر لوله و قوطی ۲۰۴
۶-۲۲- حدود تایید صلاحیت ۲۰۴
۶-۲۳- روش‌های آزمایش و معیار پذیرش آزمایش ارزیابی جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری ۲۱۱
۶-۲۴- روش آزمایش و شرایط پذیرش صلاحیت خال‌جوشکار ۲۱۳
۶-۲۵- آزمایش مجدد ۲۱۳
قسمت ت: ضوابط آزمایش ضربه شیاری CVN ۲۱۵
۶-۲۶- کلیات: آزمایش ضربه شارپی CVN ۲۱۵
۶-۲۷- آزمایش‌های ضربه شارپی CVN ۲۱۶

۶-۲۸- ترکیب فرایند FCAW-S با سایر فرایندهای جوشکاری در یک اتصال ۲۲۳
۶-۲۹- گزارش ۲۲۵
قسمت ث: ضوابط ارزیابی بازرس‌ها ۲۲۶
۶-۳۰- کلیات ۲۲۶
۶-۳۱- بازرس جوش ۲۲۷

فصل ۷ ضوابط اجرایی ۲۳۷

۷-۱-گستره ۲۳۹
۷-۲-فلز پایه ۲۳۹
۷-۳-الزامات مواد مصرفی و الکترود جوشکاری ۲۴۰
۷-۴-فرایندهای جوشکاری الکتریکی گازی و الکتریکی سرباره‌ای ESW و EGW ۲۴۴
۷-۵-متغیرهای WPS ۲۴۵
۷-۶-پیش‌گرمایش و دمای عبورهای میانی ۲۴۵
۷-۷-کنترل حرارت ورودی برای فولادهای آبدیده و بازپخت شده ۲۴۶
۷-۸-عملیات حرارتی تنش‌زدایی ۲۴۶
۷-۹-پشت‌بند جوش‌های شیاری ۲۴۸
۷-۱۰- تجهیزات جوشکاری و برشکاری ۲۵۰
۷-۱۱- شرایط محیط جوشکاری ۲۵۰
۷-۱۲- تطابق با طراحی ۲۵۱
۷-۱۳- حداقل بعد جوش گوشه ۲۵۱
۷-۱۴- آماده‌سازی فلز پایه ۲۵۱
۷-۱۵- گوشه‌های مقعر ۲۵۶
۷-۱۶- سوراخ دسترسی جوش، زبانه تیر و مصالح اتصال ۲۵۷
۷-۱۷- خال‌جوش و جوش قطعه کمکی ۲۵۹
۷-۱۸- انحنا (پیش‌خیز) اعضای ساخته شده از ورق ۲۶۱
۷-۱۹- وصله‌ها ۲۶۱
۷-۲۰- کنترل اعوجاج و جمع‌شدگی ۲۶۲
۷-۲۱- رواداری ابعاد اتصال ۲۶۴
۷-۲۲- رواداری‌های ابعادی ۲۶۶
۷-۲۳- مقطع جوش ۲۷۶
۷-۲۴- روش جوش کام و انگشتانه ۲۸۲
۷-۲۵- تعمیر ۲۸۳
۷-۲۶- تقه‌کاری ۲۸۸
۷-۲۷- درزگیری ۲۸۸

۷-۲۸- لکه قوس ۲۸۸
۷-۲۹- تمیزکاری جوش ۲۸۹
۷-۳۰- ناودان انتهایی جوش (بند ۷-۲-۲ ملاحظه شود) ۲۸۹
۷-۳۱- ملحقات موقت ۲۹۰
۷-۳۲- جوش آب‌بندی ۲۹۰
۷-۳۳- حمل و نقل و انبارش ۲۹۱
۷-۳۴- جوش در محل نصب ۲۹۱
۷-۳۵- کنترل کیفیت و تضمین کیفیت جوش ۲۹۱

فصل ۸ بازرسی ۲۹۵

قسمت الف: ضوابط عمومی ۲۹۸
۸-۱-کلیات ۲۹۸
۸-۲-بازرسی مصالح ۳۰۰
۸-۳-بازرسی دستورالعمل‌های جوشکاری ۳۰۱
۸-۴-بازرسی صلاحیت جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری، و خال‌جوشکاران ۳۰۱
۸-۵-بازرسی کار و گزارش‌ها ۳۰۱
قسمت ب: مسئولیت‌های پیمانکار ۳۰۳
۸-۶-تعهدات پیمانکار ۳۰۳
قسمت پ: معیارهای پذیرش ۳۰۴
۸-۷-هدف و دامنه کاربرد ۳۰۴
۸-۸-تایید معیار پذیرش جایگزین توسط مشاور ۳۰۴
۸-۹- بازرسی چشمی ۳۰۴
۸-۱۰- آزمایش مایع نافذ (PT) و ذرات مغناطیسی (MT) ۳۰۶
۸-۱۱- آزمایش غیرمخرب (NDT) ۳۰۶
۸-۱۲- آزمایش پرتونگاری (RT) ۳۰۷
۸-۱۳- آزمایش فراصوت (UT) ۳۲۳
قسمت ت: روش‌های آزمایش‌های غیرمخرب (NDT) ۳۲۷
۸-۱۴- آزمایش‌های غیرمخرب ۳۲۷
۸-۱۵- دامنه آزمایش‌های غیرمخرب ۳۲۸
قسمت ث: آزمایش پرتونگاری ۳۳۲
۸-۱۶- آزمایش پرتونگاری جوش‌های شیاری در درزهای لب‌به‌لب ۳۳۲
۸-۱۷- روش‌های پرتونگاری ۳۳۲
۸-۱۸- بررسی و گزارش نتایج عکس‌های پرتونگاری ۳۴۴
قسمت ج: آزمایش فراصوتی جوش‌های شیاری ۳۴۶

۸-۱۹- کلیات ۳۴۶
۸-۲۰- الزامات ارزیابی ۳۴۷
۸-۲۱- تجهیزات آزمایش فراصوت ۳۴۷
۸-۲۲- بلوک‌های استاندارد مرجع ۳۵۱
۸-۲۳- ارزیابی تجهیزات ۳۵۴
۸-۲۴- واسنجی برای آزمایش ۳۵۴
۸-۲۵- دستورالعمل آزمایش ۳۵۶
۸-۲۶- آماده سازی و قضاوت در گزارش‌های آزمایش ۳۶۲
۸-۲۷- واسنجی دستگاه فراصوت با بلوک مرجع IIW ۳۶۲
۸-۲۸- دستورالعمل ارزیابی و تایید صلاحیت تجهیزات ۳۶۵
۸-۲۹- دستورالعمل ارزیابی اندازه ناپیوستگی ۳۶۸
۸-۳۰- الگوهای روبش (جستجو) ۳۶۹
۸-۳۱- مثال‌هایی از گواهی دقت دسی‌بل ۳۷۰
قسمت چ: سایر روش‌های آزمایش ۳۷۱
۸-۳۲- کلیات ۳۷۱
۸-۳۳- سیستم‌های فراصوت پیشرفته ۳۷۱
۸-۳۴- الزامات تکمیلی ۳۷۲

فصل ۹ جوشکاری گلمیخ ۳۸۷

۹-۱-گستره ۳۸۹
۹-۲-ضوابط عمومی ۳۸۹
۹-۳-ضوابط مکانیکی ۳۹۲
۹-۴-ضوابط اجرایی ۳۹۴
۹-۵-روش جوشکاری گلمیخ ۳۹۵
۹-۶-ضوابط ارزیابی گلمیخ‌ها ۳۹۸
۹-۷-کنترل در حین ساخت ۴۰۱
۹-۸- ضوابط اجرا و بازرسی در حین تولید ۴۰۳
۹-۹-ضوابط ارزیابی پایه گلمیخ سازندگان ۴۰۴

فصل ۱۰ سازه‌های لوله و قوطی ۴۰۹

۱۰-۱-گستره ۴۱۱
قسمت الف: طراحی اتصالات قوطی و لوله ۴۱۲
۱۰-۲- طراحی ۴۱۲
۱۰-۳- نام‌گذاری و اجزای اتصالات لوله‌ای و قوطی ۴۲۰
۱۰-۴- علایم و اختصارات ۴۲۰

۱۰-۵- طراحی جوش ۴۲۲
۱۰-۶- تبدیل ضخامت ۴۲۶
۱۰-۷- محدودیت‌های مصالح ۴۲۹
قسمت ب: دستورالعمل پیش تاییدشده جوشکاری (WPS) ۴۳۰
۱۰-۸- الزامات جوش گوشه ۴۳۰
۱۰-۹- الزامات جوش شیاری با نفوذ نسبی (PJP) ۴۳۱
۱۰-۱۰- الزامات جوش شیاری با نفوذ کامل (CJP) ۴۳۵
قسمت پ: ارزیابی دستورالعمل جوشکاری ۴۴۲
۱۰-۱۲- ارزیابی وضعیت جوش ساخت مقطع لوله‌ای و قوطی ۴۴۲
۱۰-۱۳- انواع آزمون‌های ارزیابی، روش‌های آزمون و معیارهای پذیرش ارزیابی WPS ۴۴۶
۱۰-۱۵-جوش شیاری با نفوذ نسبی (PJP) و جوش گوشه در اتصالات لوله‌ای و قوطی T، Y و K و اتصالات لب به لب ۴۵۵
قسمت ت: ارزیابی جوشکاری ۴۵۶
۱۰-۱۶- وضعیت‌های جوش ساخت، ضخامت‌ها و قطرهای ارزیابی شده ۴۵۶
۱۰-۱۷-انواع جوش برای ارزیابی عملکرد جوشکار و اپراتور جوشکاری ۴۶۱
۱۰-۱۸-جوش شیاری با نفوذ کامل برای اتصالات لوله‌ای و قوطی ۴۶۱
۱۰-۱۹-جوش شیاری با نفوذ نسبی در اتصالات لوله‌ای و قوطی ۴۶۲
۱۰-۲۰-جوش گوشه در اتصالات لوله‌ای و قوطی ۴۶۲
۱۰-۲۱-روش‌های آزمون و معیارهای پذیرش برای ارزیابی جوشکار و اپراتور جوشکاری ۴۶۳
قسمت ث: ضوابط اجرایی ۴۶۴
۱۰-۲۲-پشت بند ۴۶۴
۱۰-۲۳-رواداری ابعاد درز ۴۶۴
قسمت ج: بازرسی ۴۶۶
۱۰-۲۴-بازرسی جوش ۴۶۶
۱۰-۲۵-بازرسی غیرمخرب (NDT) ۴۶۷
۱۰-۲۶-آزمون فراصوت (UT) ۴۶۷
۱۰-۲۷-آزمون پرتونگاری (RT) ۴۷۱
۱۰-۲۸-الزامات تکمیلی آزمون پرتونگاری برای اتصالات لوله‌ای و قوطی ۴۷۲
۱۰-۲۹-آزمون فراصوت (UT) اتصالات T، Y و K در مقاطع لوله‌ای و قوطی ۴۷۵

فصل ۱۱ مقاوم‌سازی و تعمیر سازه‌های موجود ۴۸۱

۱۱-۱-محدوده ۴۸۳
۱۱-۲-عمومی ۴۸۳
۱۱-۳-فلز پایه ۴۸۳

۱۱-۴-طراحی برای مقاوم سازی و تعمیر ۴۸۴
۱۱-۵-افزایش عمر خستگی ۴۸۵
۱۱-۶-اجرا و روش ۴۸۷
۱۱-۷-کیفیت ۴۸۸

فصل ۱۲ فرایندهای جوشکاری ۴۸۹

۱۲-۱-جوش قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار(SMAW) ۴۹۱
۱۲-۲-جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW) ۴۹۲
۱۲-۳-جوشکاری قوسی فلزی تحت حفاظت گاز (GMAW) ۴۹۹
۱۲-۴-جوشکاری قوسی با سیم توپودری (FCAW) ۵۰۱
۱۲-۵-جوشکاری الکتریکی گازی و الکتریکی سرباره‌ای ۵۰۱
۱۲-۶-جوشکاری گلمیخ ۵۰۴

فصل ۱۳ مکمل لرزه‌ای ۵۰۵

۱۳-۱-کلیات ۵۰۷
۱۳-۲-جزئیات اتصال جوشی ۵۰۹
۱۳-۳- ارزیابی صلاحیت جوشکار ۵۱۲
۱۳-۴- ضوابط اجرایی ۵۱۴
۱۳-۵- بازرسی ۵۲۸

پیوست یک نمادهای قراردادی جوش ۵۳۳

پیوست دو نمونه فرم‌های جوشکاری و بازرسی ۵۴۹

پیوست سه جوشکاری میلگردهای بتن مسلح (آرماتور) ۵۶۳

بخش اول: مقررات

۱- تعارض مقررات و ضوابط

در صورت تعارض بین اسناد مختلف پروژه، ترتیب اولویت آنها به شرح زیر است:

- قوانین مصوب مجلس
- مصوبات هیئت دولت
- استانداردهای اجباری
- این آیین‌نامه
- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان
- سایر ضوابط ابلاغ شده توسط سازمان برنامه و بودجه کشور
- سایر ضوابط و مقررات ملی
- اسناد قرارداد و مشخصات فنی خصوصی ضمیمه پیمان
- استانداردها و مراجع معتبر بین‌المللی

اگر پیمانکار هر گونه تناقضی را کشف کند و با توجه به اولویت فوق قابل حل نباشد، باید جزئیات این تناقض یا تضاد را به طور کتبی به سازمان برنامه و بودجه اطلاع و برای اصلاح پیشنهاد دهد تا پس از ابلاغ سازمان مورد استفاده قرار گیرد.

۲- مقررات ایمنی

مقررات ایمنی به کارگرفته شده، باید منطبق بر مقررات ایمنی وزارت کار و امور اجتماعی، و مفاد ضابطه شماره ۵۵ سازمان با عنوان «مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی» باشد.

برای موارد خاص سلامت و ایمنی در جوشکاری می‌توان به استانداردهای تخصصی[1] مراجعه شود.

۳- تایید

تمام مراجع و مستندات که نیازمند تایید باشند باید به تایید مشاور برسد.

۴- الزامات استانداردهای ملی سری ایران ایزو ۳۸۳۴

با توجه به مصوبه شورای عالی استاندارد در جلسه مورخ ۱۳۹۰/۱۱/۲۳ کمیسیون امور زیربنایی، صنعت و محیط زیست که بنا به پیشنهاد شماره ۴۳۲۹۷/۶۰ مورخ ۱۳۹۰/۰۲/۱۳ وزارت صنعت، معدن و تجارت و به استناد بند ۵ ماده ۲۰ قانون

1 - ANSI Z49.1

اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران- مصوب ۱۳۷۱- استانداردهای سری ایران‌ایزو ۳۸۳۴ را به عنوان استاندارد اجباری اعلام نمود، ضروری و الزامی است همه سازندگان سازه‌های فولادی نسبت به استقرار و اخذ پروانه کاربرد علامت استاندارد اجباری از سازمان ملی استاندارد ایران اقدام نمایند. گواهینامه‌های صادر شده توسط نهادهای گواهی کننده و یا بازرسی کننده نباید به عنوان سند اثبات استقرار استانداردهای سری ایران ایزو ۳۸۳۴ و جایگزین پروانه کاربرد علامت استاندارد اجباری تصدیق شود.

ارجاع کار، تامین محصول سازه فولادی و عقد قرارداد با شرکت‌های پیمانکار سازه فولادی فاقد پروانه کاربرد استاندارد اجباری به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم مجاز نمی‌باشد.

الزامات استانداردهای سری ایران ایزو ۳۸۳۴ باید هم در مورد کارخانه ساخت و هم در مورد برپایی (نصب) سازه به کار رود.

از آنجا که استانداردهای سری ایران ایزو ۳۸۳۴ مربوط به فرایند جوشکاری هستند و نه محصول جوشکاری شده؛ لذا پیمانکار گواهی شده و دارای پروانه از سازمان ملی استاندارد ایران نباید نشان استاندارد ملی ایران را برروی کالا قرار دهد. هرچند استفاده از آن برروی اسناد و مدارک الکترونیک و چاپی با پیروی از مقررات سازمان ملی استاندارد ایران مجاز است.

۴-۱- انتخاب سطح مناسب از استانداردهای ملی سری ایران ایزو ۳۸۳۴

پیمانکار باید بیانیه خوداظهاری مربوط به محصولات تولیدی خود و سطح انتخابی از استانداردهای سری ایران ایزو ۳۸۳۴ را براساس استاندارد ملی ایران ایزو آی ای سی ۱۷۰۵۰ صادر نموده و نگهداری نماید (شکل شماره ۱). انتخاب سطح مناسب از استانداردهای ملی سری ایران ایزو ۳۸۳۴ برای محصول سازه‌های فولادی متناسب با گروه‌بندی اهمیت ساختمان در استاندارد ۲۸۰۰ باید براساس جدول ۱ انجام شود.

جدول ۱- انتخاب سطح مناسب از استانداردهای ملی سری ایران ایزو ۳۸۳۴ برای محصول فولادی

ردیف	گروه‌بندی اهمیت ساختمان مطابق استاندارد ۲۸۰۰	الزامات کیفیتی مطابق استاندارد ایران ایزو ۳۸۳۴
۱	۱ و ۲	الزامات کیفیتی جامع- ۳۸۳۴ قسمت ۲
۲	۳ و ۴	الزامات کیفیتی استاندارد- ۳۸۳۴ قسمت ۳

* به استاندارد ۲۸۰۰ مراجعه شود.

۴-۲- انتخاب هماهنگ‌کننده جوشکاری مناسب

در انتخاب و انتصاب هماهنگ‌کننده جوشکاری شرکت باید الزامات استاندارد ملی ایران ایزو ۱۴۷۳۱ و جدول ۲ برآورده شود. پیمانکار باید تقسیم وظایف کارکنان دخیل در جوشکاری را به صورت مکتوب انجام دهد. (شکل ۲)

جدول ۲- انتخاب سطح دانش هماهنگ‌کننده جوشکاری متناسب با استانداردهای ملی سری ایران ایزو ۳۸۳۴ برای محصول سازه‌های فولادی

ردیف	قسمت (سطح) مناسب از استانداردهای ملی سری ایران ایزو ۳۸۳۴	سطح مناسب دانش براساس استاندارد ملی ایران ایزو ۱۴۷۳۱
۱	الزامات کیفیتی جامع- قسمت ۲ از استانداردهای ملی ایران ایزو ۳۸۳۴	جامع
۲	الزامات کیفیتی استاندارد- قسمت ۳ از استانداردهای ملی ایران ایزو ۳۸۳۴	ویژه

۴-۳- کالیبراسیون تجهیزات جوشکاری و آزمایشگاهی

کالیبراسیون تجهیزات جوشکاری باید براساس استاندارد ملی ایران ۱۱۲۲۵ قسمت ۱۴ و توسط آزمایشگاه مجاز تایید صلاحیت شده براساس استاندارد ملی ایران ایزو آی‌ای‌سی ۱۷۰۲۵[1] انجام شود. بازه‌های کالیبراسیون تجهیزات جوشکاری و آزمایشگاهی (اندازه‌گیری و غیرمخرب) نباید از یک سال بیشتر شود. تجهیزات بعد از تعمیر باید بازرسی شود. تجهیزات همه آزمایش‌های غیرمخرب مربوط به همه اندازه‌گیری‌ها و تعیین سلامت فلزات پایه باید در مالکیت پیمانکار باشند.

۴-۴- مشخصات دستورالعمل جوشکاری (WPS)

پیمانکار باید کتابچه مشخصات دستورالعمل‌های جوشکاری (WPSs) خود را که مطابق الزامات طرح لرزه‌ای و با انجام آزمایش‌های گزارش تایید دستورالعمل جوشکاری (PQR) شامل آزمایش ضربه جوش تهیه، در سازمان توزیع و به نحو شایسته نگهداری نماید. پیمانکار باید دستورالعمل ساده‌سازی شده برای به‌کارگیری کارکنان جوشکار و اپراتور جوشکاری را تهیه و ضمن آموزش آن به همه جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری اجزای کامل آن را کنترل نماید.

تبصره: توصیه می‌شود دستورالعمل‌های جوشکاری پروژه مبتنی بر شرایط فصل ۵ این آیین‌نامه تهیه و تدوین گردد.

۴-۵- شایستگی کارکنان

با توجه به اینکه پیمانکار مسئولیت کیفیت ساخت و برپایی سازه فولادی را برعهده دارد؛ لذا باید روش‌های اجرایی مناسب را مطابق الزامات استاندارد محصول تدوین کرده و شایستگی همه کارکنان دخیل در فرایند جوشکاری خود را از طریق ارائه شواهد عینی معتبر اثبات نماید.

1 - INSO-ISO-IEC 17025

۴-۶- اجرای آزمایش‌ها و تصدیق نتایج آزمایش‌ها

مسئولیت تصدیق انطباق خواص فلزات پایه و مواد مصرفی مورد استفاده در ساخت و برپایی سازه فولادی ازجمله آزمایش ضربه برعهده پیمانکار است، حتی اگر تأمین این مواد توسط کارفرما انجام شده باشد. پیمانکار موظف است همه آزمایش‌های غیرمخرب را مطابق الزامات استاندارد محصول و یا قرارداد (هر کدام بیشتر و جامع‌تر است) تحت مسئولیت خود اجرا نماید. پیمانکار باید نتیجه همه آزمایش‌های مخرب و غیرمخرب را تصدیق نماید. اجرای آزمایش‌های غیرمخرب توسط نمایندگان کارفرمایان و مشتریان پیمانکار نباید جایگزین وظیفه پیمانکار و موجب ترک فعل وی در اجرای آزمایش‌های غیرمخرب و تصدیق نتایج همه آزمایش‌ها (مخرب و غیرمخرب) شود.

۴-۷- علائم قراردادی جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب

پیمانکار باید علائم قراردادی جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب را در همه نقشه‌های کارگاهی به‌صورت مستقیم و یا غیرمستقیم از طریق راهنمای اتصالات جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب درج و یا اجرائی نماید. این علائم باید مطابق با مشخصات دستورالعمل جوشکاری (WPS) و الزامات استاندارد محصول و یا قرارداد تایید شده باشند و در جدول مربوط شماره WPS و نوع و درصد آزمایش غیرمخرب مربوط درج شود.

۴-۸- مستندات و سوابق کیفیتی

پیمانکار باید همه مستندات و سوابق کیفیتی مربوط به فرایند جوشکاری را به روش قابل بازیافت و رهگیری آسان به مدت حداقل ۲۰ سال بایگانی و یک نسخه را در اختیار کارفرما قرار دهد. پیمانکار باید گزارش تجمیعی همه آزمایش‌های انجام شده برروی محصول را در هنگام تحویل سوابق به همراه یک نسخه بیانیه اظهار انطباق محصول با الزامات استاندارد مورد توافق در قرارداد به کارفرما ارائه نماید.

۵- الزامات مبحث دهم مقررات ملی ساختمان

۵-۱- رعایت ضوابط طراحی اتصالات جوشی مطابق بند ۱۰-۲-۹-۲ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان در بخش‌های طراحی این آیین‌نامه الزامی است.

۵-۲- رعایت ضوابط اجرایی اتصالات جوشی مطابق بند ۱۰-۴-۴ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان در بخش‌های اجرایی این آیین‌نامه الزامی است.

به نام خدا

اظهارنامه انطباق

بر اساس استاندارد ایران ایزو آی ای سی ۱-۱۷۰۵۰

شماره اظهارنامه:	تاریخ صدور:	شناسه پروژه: مشتری:
عنوان محصول:	علامت تجاری:	

استانداردهای (اسنادی) محصول و فرایند جوشکاری که محصول موضوع این اظهارنامه با الزامات آنها انطباق دارد

	شماره استاندارد (سند)	عنوان سند	تاریخ چاپ/ انتشار سند
۱			
۲			
۳			

مشخصات نهادهای مشارکت‌کننده در ارزیابی انطباق محصول

۱- مدیر کیفیت شرکت: جناب آقای/سرکار خانم ..... با کد ملی.....آخرین مدرک تحصیلی .....است.

۲- هماهنگ کننده(ارشد) جوشکاری شرکت: جناب آقای/سرکار خانم ..... با کد ملی.....آخرین مدرک تحصیلی .....است.

۳- شرکت بازرسی کننده همکار(در صورت موضوعیت): ..... که دارای مجوز فعالیت از ..... به شماره: ..... و تاریخ اعتبار..... است.

۴- آزمایشگاه همکار(در صورت موضوعیت)..... دارای مجوز فعالیت از ..... به شماره: ..... و تاریخ: ..... است.

سوابق پشتیبان پیوست اظهارنامه

۱- حکم انتصاب و مدرک تحصیلی مدیر کیفیت شرکت

۲- حکم انتصاب و مدرک تحصیلی هماهنگ کننده ارشد جوشکاری شرکت

۳- قرارداد شرکت بازرسی کننده ۴- قرارداد آزمایشگاه

مشخصات واحد تولیدی

نام: شناسه ملی: شماره ثبت:

نشانی کارخانه:

تلفن: دورنگار: پست الکترونیک:

نشانی دفتر مرکزی:

تلفن: دورنگار: پست الکترونیک:

مشخصات مقام مسئول امضاکننده اظهارنامه

نام و نام خانوادگی:..... کد ملی: ..... سمت: مدیر عامل

اینجانب اظهار می‌نمایم که همه محصولات موضوع این اظهارنامه مطابق با مندرجات اشاره شده تولید شده‌اند و همچنین همه مستندات پشتیبان صحیح و معتبر بوده و مسئولیت همه مندرجات این اظهارنامه بر عهده اینجانب است و در قبال آن در محضر مراجع قانونی و نظارتی ذی‌صلاح پاسخگو خواهم بود.

امضا مدیرعامل و مهر شرکت

یادآوری - برای بررسی اصالت این اظهارنامه به پایگاه اینترنتی www. .....com. مراجعه و یا با شماره تلفن .....تماس حاصل فرمائید.

شکل ۱- نمونه فرم بیانیه اظهار انطباق پیمانکار

به نام خدا

فرم تقسیم وظایف هماهنگی جوشکاری براساس استاندارد ملی ایران ایزو ۱۴۷۳۱

نام شرکت سازنده: شناسه ملی: تاریخ تکمیل فرم: / / پیوست:

نام محصول: استاندارد اصلی محصول: استاندارد(های) مکمل محصول:

سطح استاندارد ملی ایران ایزو ۳۸۳۴: ابتدایی☐ استاندارد☐ جامع☐

نام و نام خانوادگی هماهنگ کننده جوشکاری ارشد: کدملی:

عنوان وظیفه	RWC1	RWC2	RWC3	RWC4	RWC5	RWC6	RWC7	RWC8	RWC9	RWC10
ب-۱ بازنگری الزامات										
ب-۲ بازنگری فنی										
ب-۳ پیمانکاری فرعی										
ب-۴ کارکنان جوشکاری										
ب-۵ تجهیزات										
ب-۶ برنامه ریزی تولید										
ب-۷ تائید کیفیت دستورالعمل های جوشکاری										
ب-۸ مشخصات دستورالعمل جوشکاری										
ب-۹ دستورهای کاری										
ب-۱۰ مواد مصرفی جوشکاری										
ب-۱۱ مواد										
ب-۱۲ بازرسی و آزمایش قبل از جوشکاری										
ب-۱۳ بازرسی و آزمایش در حین جوشکاری										
ب-۱۴ بازرسی و آزمایش بعد از جوشکاری										
ب-۱۵ عملیات حرارتی بعد از جوشکاری										
ب-۱۶عدم انطباق و اقدامات اصلاحی										
ب-۱۷ واسنجی و اعتباردهی تجهیزات اندازه گیری، بازرسی و آزمایش										
ب-۱۸ شناسایی و ردیابی										
ب-۱۹ سوابق کیفیت										
ب-۲۰ سلامتی و ایمنی و محیط زیست										

یادآوری: درون جدول را با اعداد ۱ و ۲ و ۳ که نشانگر اولویت انجام وظیفه است تکمیل فرمائید. تکرار یک عدد برای دو سمت نشان دهنده هم اولویت بودن در انجام وظیفه است.

کد هماهنگ کننده جوشکاری	نام و نام خانوادگی	کد ملی	سمت سازمانی	آخرین مدرک تحصیلی/رشته/گرایش
RWC1(ارشد)				
RWC2				
RWC3				
RWC4				
RWC5				
RWC6				
RWC7				
RWC8				
RWC9				
RWC10				

نام و نام خانوادگی مدیرعامل: امضاء و مهر شرکت

شکل ۲- نمونه فرم تقسیم وظایف هماهنگی جوشکاری

بخش دوم: ضوابط و معیارهای فنی

فصل ۱

کلیات

فصل ۱- کلیات

۱-۱- گستره

۱-۱-۱- این آیین‌نامه مقررات ساخت و نصب سازه‌های فولادی را دربر می‌گیرد و باید همراه با مبحث دهم مقررات ملی ساختمان با عنوان «طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی» مورد استفاده قرار گیرد. کاربرد این آیین‌نامه در محدوده جوشکاری سازه‌های فولادی شامل ساختمان‌هایی است که با وجوه عمومی یا به صورت مشارکت عمومی-خصوصی ساخته می‌شوند.

۱-۱-۲- هدف این آیین‌نامه ارائه دستورالعمل‌های عمومی برای استفاده در شرایط متعارف است. برای حالات خاص که در گستره این آیین‌نامه قرار نمی‌گیرند، می‌توان از معیارهای خاص پذیرش استفاده کرد، مشروط بر اینکه این معیارها برمبنای مستندات نظری و علمی قرار داشته و توسط مشاور به تصویب رسیده باشند. این مستندات می‌توانند تجربیات موفق گذشته، نتایج آزمایشگاهی و تحلیل‌های مهندسی بر پایه نوع مصالح، نوع بارگذاری و عوامل محیطی باشند. در این صورت، تمام مسئولیت‌های این شرایط و معیارهای خاص با مشاور می‌باشد.

۱-۱-۳- تمام دستورالعمل‌های این آیین‌نامه لازم‌الاجرا هستند، مگر مفادی که در آیین‌نامه به صورت اختیاری ذکر شده باشند و لازم‌الاجرا بودن آنها مشروط به درج در مشخصات فنی خصوصی است.

۱-۲- آحاد

در این آیین‌نامه از سیستم بین‌المللی آحاد (SI) استفاده شده است.

۱-۳- محدودیت‌ها

۱-۳-۱-این آیین‌نامه، برای جوشکاری سازه‌های فولادی با فولادهای کم‌کربن یا کم‌آلیاژ و ضخامت ورق‌های ۳ میلی‌متر و بیشتر و با مقاومت تسلیم تا ۷۰۰ مگاپاسکال ارائه شده است.

۱-۳-۲- این آیین‌نامه نمی‌تواند در جوشکاری مخازن و لوله‌های تحت فشار مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۳-۳- این آیین‌نامه می‌تواند برای ساخت سازه‌های خارج از گستره آن نیز مناسب باشد. با این حال، مشاور باید این تناسب را ارزیابی نماید و هرگونه تغییر لازم در الزامات آیین‌نامه برای رسیدن به الزامات خاصی که خارج از محدوده این آیین‌نامه است را در اسناد قرارداد بگنجاند.

۱-۳-۴- برای جوشکاری سازه‌های آلومینیومی به مراجع تخصصی[1] آن مراجعه شود.

۱-۳-۵- برای جوشکاری ورق‌های نازک به مرجع تخصصی[2] آن مراجعه شود.

۱-۳-۶- برای جوشکاری میلگردهای ساختمانی به پیوست ۳ این آیین‌نامه و مراجع تخصصی[3] آن مراجعه شود.

۱-۳-۷- برای جوشکاری سازه پل‌های جاده‌ای به مراجع تخصصی[4] آن مراجعه شود.

۱-۳-۸- این آیین‌نامه شامل فعالیت‌های جوشکاری زیر آب، جوشکاری گاز اکسی‌استیلن، جوشکاری اصطکاکی، جوشکاری ترمیت و جوشکاری مقاومتی نمی‌شود.

۱-۴- تعاریف و مسئولیت‌ها

۱-۴-۱- مشاور

مشاور، شخص حقیقی یا حقوقی است که مسئولیت طراحی و محاسبات ایستایی موضوع قرارداد و نظارت بر اجرای کار را برعهده دارد.

---

1 - AWS D1-2 , CSA W59-2 , EN 1090-3
2 - AWS D1-3
۳ - AWS D1-4 , AS NZS 1554-3
۴ - AASHTO/AWS D1-5 , نشریه ۳۹۵

۱-۴-۲-مسئولیت‌های مهندس مشاور

مشاور شخص حقیقی یا حقوقی است که برای نظارت برحسن اجرای کار گمارده شده است. مهندس مشاور برای سازه‌های خاص می‌تواند بخش‌هایی از این آیین‌نامه را در اسناد قراردادی حذف یا اصلاح نماید و یا مواردی را به آن اضافه نماید. مشاور باید مناسب بودن تمام جزئیات اتصال در یک مجموعه جوش شده را تعیین نماید.

مشاور در صورت لزوم می‌تواند موارد زیر را در اسناد قرارداد مشخص نماید:

(۱) الزاماتی از آیین‌نامه که با تشخیص و نظر مشاور قابل اعمال باشد.

(۲) آزمایش‌ها غیرمخرب اضافی که به‌طور خاص در آیین‌نامه به آنها اشاره نشده است.

(۳) محدوده بازرسی تایید، در صورت لزوم.

(۴) معیارهای پذیرش جوش غیر از آنچه در فصل ۸ مشخص شده است.

(۵) معیارهای چقرمگی آزمایش ضربه CVN برای فلز جوش، فلز پایه و یا ناحیه متاثر از حرارت (HAZ)، در صورت لزوم.

(۶) برای کاربردهای غیر لوله‌ای، سازه چه به صورت استاتیکی و یا چرخه‌ای (سیکلی) بارگذاری شود.

(۷) مشخص کردن اتصالات جوشی که تحت بارگذاری کششی قرار دارند.

(۸) تعیین الزامات اضافی که به‌طور خاص در آیین‌نامه ذکر نشده است.

۱-۴-۲-۱- دستگاه نظارت یا مهندس ناظر، نماینده مشاور در کارگاه و کارخانه است.

۱-۴-۳- مسئولیت‌های پیمانکار

پیمانکار (سازنده)، شخص حقیقی یا حقوقی است که اجرای موضوع قرارداد را براساس مشخصات فنی عمومی و خصوصی به عهده گرفته است. مسئولیت WPS و تایید صلاحیت جوشکاران با پیمانکار می‌باشد.

۱-۴-۴- مسئولیت‌های بازرس

۱-۴-۴-۱- بازرسی (کنترل کیفی) پیمانکار. توسط پیمانکار و برای اطمینان از برآورده شدن الزامات این آیین‌نامه به کار گرفته می‌شود.

۱-۴-۴-۲-بازرسی تایید[1]. مشاور باید لزوم انجام بازرسی به‌منظور ارزیابی و محدوده مسئولیت‌های بازرس را مشخص کند.

1 - Verification Inspection

۱-۵- ضوابط اجباری و غیراجباری

۱-۵-۱- عبارت‌های «باید»، «توصیه می‌شود» و «می‌تواند» اهمیت‌های زیر را دارند.

۱-۵-۱-۱- باید؛ مقرراتی که در آن از عبارت «باید» استفاده می‌شود الزام‌آور بوده، مگر اینکه در کارهای خاص در اسناد قرارداد توسط مهندس طراح اصلاح شده باشد.

۱-۵-۱-۲- توصیه می‌شود؛ به‌منظور توصیه اقداماتی که مفید تلقی می‌شود استفاده شده و الزام‌آور نیست.

۱-۵-۱-۳- می‌تواند؛ عبارت «می‌تواند» اجازه استفاده از دستورالعمل‌ها یا اقدامات اختیاری که می‌تواند به عنوان جایگزین یا مکمل، موردنیاز آیین‌نامه باشد را می‌دهد. اقدامات اختیاری که نیاز به تایید مشاور دارد باید در اسناد قرارداد درج شود و یا به تایید مشاور برسد.

۱-۶- علائم جوشکاری

اهم علائم جوشکاری در پیوست شماره یک این آیین‌نامه ارائه شده است. برای اطلاعات بیشتر به استانداردهای تخصصی[1] مراجعه شود.

۱-۷- فرایندهای جوشکاری

۱-۷-۱- جوشکاری قوسی با الکترود پوشش‌دار[2] (SMAW)، جوشکاری قوسی زیرپودری[3] (SAW)، جوشکاری قوسی فلزی با گاز محافظ[4] (GMAW) و جوشکاری قوسی با الکترود توپودری[5] (FCAW) با روش‌های منطبق بر ضوابط ارائه‌شده در فصل ۵ (برحسب مورد)، می‌توانند پیش‌تایید شده[6] فرض شوند و استفاده از آنها بدون انجام آزمایش‌های ارزیابی مندرج در دستورالعمل جوشکاری[7] مجاز است؛ اما اگر کارفرما درخواست PQR کند، پیمانکار موظف به انجام آزمایش‌های PQR می‌باشد.

1 - AWS A2-4 , ISO 2553
2 - Shielded Metal Arc Welding
3 - Submerged Arc Welding
4 - Gas Metal Arc Welding
5 - Flux Cored Arc Welding
6 - Prequalified
7 - Procedure Qualification Record

۱-۷-۲- جوشکاری سرباره الکتریکی[1] (ESW)، جوشکاری گاز الکتریکی[2] (EGW)، و جوشکاری قوسی تحت حفاظ گاز با الکترود تنگستن[3] (GTAW) و جوشکاری قوسی فلزی با گاز محافظ- اتصال کوتاه (GMAW-S) به شرط انطباق دستورالعمل جوشکاری با مفاد بخش‌های ۵، ۶، ۷ و ۱۳ و تضمین کیفیت توسط پیمانکار طبق مفاد بخش ۶-۲ و ارزیابی دستورالعمل جوشکاری، می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

۱-۷-۳- جوشکاری گلمیخ‌ها باید طبق ضوابط فصل نهم انجام پذیرد.

۱-۷-۴- روش‌های دیگر جوشکاری وقتی قابل استفاده خواهند بود که کیفیت آنها طبق آزمایش‌های بخش ۶-۲ ارزیابی شده و به تایید مشاور برسد.

1 - Electro Slag Welding
2 - Gas Tungsten Arc Welding
3 - Electro Slag Welding

فصل ۲

مراجع

اسناد فهرست شده زیر که در این آیین‌نامه ارجاع شده تا حدی که در اینجا مشخص شده الزامی هستند. برای مراجع بدون تاریخ، آخرین ویرایش باید اعمال شود. برای مراجع دارای تاریخ، اصلاحات یا بازبینی بعدی اعمال نمی‌شود.

الف- مراجع اصلی

American Welding Society (AWS) codes:

1. **AWS D1.1** 2020, Structural welding Code - steel
2. **AWS D1.8** 2016, Structural Welding Code- Seismic Supplement
3. AWS D1.4 2011, Structural Welding Code- Reinforcing Steel

آیین‌نامه‌ها و استانداردهای داخلی:

۴. مبحث دهم مقررات ملی ساختمان- ویرایش ۵

۵. استاندارد ملی ایران- ۲۸۰۰- طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله- آیین کار

۶. استاندارد ملی ایران- ایزو ۳۸۳۴- الزامات کیفیتی جوشکاری ذوبی مواد فلزی

۷. استاندارد ملی ایران- ایزو ۹۷۱۲- آزمون غیرمخرب- احراز شرایط و گواهی‌کردن کارکنان

۸. استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۷۳۱ - هماهنگی جوشکاری- وظایف و مسئولیت‌ها

۹. استاندارد ملی ایران- ایزو آی ای سی ۱۷۰۲۰- ارزیابی انطباق- الزامات برای کارکرد انواع مختلف نهادهای انجام‌دهنده بازرسی

۱۰. استاندارد ملی ایران- ایزو آی ای سی ۱۷۰۲۴- ارزیابی انطباق- الزامات عمومی برای نهادهای گواهی کننده اشخاص

۱۱. استاندارد ملی ایران- ایزو آی ای سی ۱۷۰۲۵ - الزامات عمومی برای احراز صلاحیت آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون

۱۲. استاندارد ملی ایران- ایزو آی‌ای‌سی ۱۷۰۵۰- ارزیابی انطباق- اظهارنامه انطباق تامین کننده

۱۳. استاندارد ملی ایران- ۵۹۶۱- آزمون تائید صلاحیت جوشکاران

۱۴. استاندارد ملی ایران- ۹۳۰۱- مواد مصرفی جوشکاری- پودرها برای جوشکاری قوسی زیرپودری و جوشکاری سرباره الکتریکی- طبقه‌بندی

۱۵. استاندارد ملی ایران- ۱۱۲۲۵ قسمت ۱۴- تجهیزات جوشکاری قوس الکتریکی- قسمت ۱۴: کالیبراسیون، صحه‌گذاری و آزمون تایید انطباق

۱۶. استاندارد ملی ایران- ۱۱۹۶۶- مواد مصرفی جوشکاری- گازها و مخلوط گازها برای جوشکاری ذوبی و فرایندهای وابسته

۱۷. استاندارد ملی ایران- ۸۷۱- ویژگی‌های الکترودهای روپوش‌دار جوشکاری با قوس الکتریکی

۱۸. استاندارد ملی ایران- ۱۱۹۶۹- جوشکاری- گلمیخ‌ها و حلقه‌های سرامیکی برای جوشکاری گلمیخی قوسی

۱۹. استاندارد ملی ایران- ۱۸۷۵۶- مواد مصرفی جوشکاری- الزامات کیفیتی براس ساخت، تامین و توزیع مواد مصرفی جوشکاری و فرایندهای وابسته

۲۰. استاندارد ملی ایران- ۱۹۲۳۱- جوشکاری و فرایندهای وابسته- وضعیت‌های جوشکاری

۲۱. استاندارد ملی ایران- ۱۹۷۴۹- کارکنان جوشکاری- آزمون تایید صلاحیت اپراتورهای جوشکاری و تنظیم‌کنندگان جوش برای جوشکاری ماشینی و خودکار مواد فلزی

European Standards:

22. EN 1090-2-2018 , Execution of steel structures and aluminium structures , Part 2: Technical requirements for steel structures
23. EN 10025-2 , Hot rolled products of structural steels

ب - مراجع کمکی

۲۴. راهنمای جوش و اتصالات جوشی در ساختمان‌های فولادی -۱۳۹۰

International Organization for Standardization (ISO):

25. ISO 5817, Welding — Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) — Quality levels for imperfections
26. ISO 2553, Welding and allied processes — Symbolic representation on drawings — Welded joints
27. ISO 10721-1, Steel structures - Part 1 : Materials and design
28. ISO 10721-2, Steel structures - Part 2 : Fabrication and erection

American Welding Society (AWS) Standards:

29. AWS A2.4, Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination
30. AWS B5.1, Specification for the Qualification of Welding Inspectors
31. AWS C4.4, Recommended Practices for Heat Shaping and Straightening with Oxyfuel Gas Heating Torches
32. AWS QC1, Standard for AWS Certification of Welding Inspectors
33. AWS QC13, Standard for AWS Certification of Welding Supervisors
34. ANSI Z49.1, Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes
35. AWS A5.01M/A5.01:2013 (ISO 14344:2010 MOD), Procurement Guidelines for Consumables—Welding and Allied Processes—Flux and Gas Shielded Electrical Welding Processes
36. AWS A5.1 /A5.1M:2012, Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
37. AWS A5.5/A5.5M:2014, Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
38. AWS A5.12M/A5.12:2009 (ISO 6848:2004 MOD), Specification for Tungsten and Oxide Dispersed Tungsten Electrodes for Arc Welding and Cutting
39. AWS A5.17/A5.17M-97 (R2007), Specification for Carbon Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding
40. AWS A5.18/A5.18M:2005, Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding

41. AWS A5.20/A5.20M:2005, Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding
42. AWS A5.23/A5.23M:2011 , Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding
43. AWS A5.25/A5.25M-97 (R2009), Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Electroslag Welding
44. AWS A5.26/A5.26M-97 (R2009), Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Electrodes for Electrogas Welding
45. AWS A5.28/A5.28M:2005, Specification for Low-Alloy Steel Filler Metals for Gas Shielded Arc Welding
46. AWS A5.29/A5.29M:2010, Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding
47. AWS A5.30/A5.30M:2007, Specification for Consumable Inserts
48. AWS A5.32M/A5.32:2011 (ISO 14175:2008 MOD), Welding Consumables—Gases and Gas Mixtures for Fusion Welding and Allied Processes
49. AWS A5.36/A5.36M:2012, Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Flux Cored Electrodes for Flux Cored Arc Welding and Metal Cored Electrodes for Gas Metal Arc Welding

American Institute of Steel Construction (AISC) Standards:

50. ANSI/AISC 360, Specification for Structural Buildings
51. AISC DG21, Welded Connections - A Primer for Engineers

American Society for Nondestructive Testing (ASNT) Standards:

52. ASNT Recommended Practice No. SNT-TC-1A, Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing

Canadian Standards Association (CSA) Standards:

53. CSA W59-18-Welded steel construction
54. CSA W178.2, Certification of Welding Inspectors

Australian/Newzealand standard:

55. AS NZS 1554-1 - 2011 Structural steel welding, welding of steel structures
56. AS 1554.2:2021 Structural steel welding, Part 2: Stud welding (steel studs to steel)
57. AS/NZS 1554.3:2014 Structural steel welding - Part 3: Welding of reinforcing steel
58. AS/NZS 1554.4:2014 Structural steel welding - Part 4: Welding of high strength quenched and tempered steels
59. AS/NZS 1554.5:2011 Structural steel welding, Part 5: Welding of steel structures subject to high levels of fatigue loading

فصل ۳

اصلاحات و تعاریف

« اصطلاحات و تعاریف »

A

Alloy flux (پودر آلیاژی)
پودری که محتوای آلیاژ فلز جوش به مقدار زیادی به آن وابسته می‌باشد.

All Welded Metal Test Specimen (نمونه آزمایش فلز تمام جوش)
نمونه‌های آزمایشی که کاملاً از فلز جوش تشکیل شده است.

Amplitude length rejection level (UT) (سطح مردودی طول دامنه در آزمایش فراصوتی)
حداکثر طول ناپیوستگی مجاز شده بوسیله رتبه نشانه‌های متغیر که مرتبط با اندازه جوش می‌باشد.

Angle of bevel (زاویه پخ)
زاویه بین سطح آماده شده برای جوشکاری و سطح عمود بر آن

Arc gouging (شیارزنی قوسی)
شیارزنی حرارتی با استفاده از فرایند برشکاری قوسی برای ایجاد پخ یا شیار

As-Welded (جوش تازه)
وضعیت فلز جوش، درز جوش و قطعه بعد از جوشکاری و قبل از هرگونه عملیات حرارتی، شیمیایی یا مکانیکی دیگر.

Attenuation (UT) (تضعیف)
انرژی از دست رفته صوت با حرکت بین دو نقطه. این افت ممکن است به دلیل جذب، انعکاس و دیگر موارد رخ بدهد.

Automatic welding (جوشکاری خودکار)
جوشکاری با تجهیزاتی که فقط به مشاهده موردی احتیاج داشته یا هیچ نظارتی حین جوشکاری احتیاج نداشته و در آن هیچ تنظیمات دستی برای کنترل تجهیزات، وجود ندارد.

Auxiliary Attachments (ملحقات کمکی)
اعضا یا متعلقاتی که به عضو اصلی حامل تنش (باربر) متصل می شود. چنین اعضایی ممکن است تحت تنش باشند یا نباشند.

Average instantaneous power (AIP) (متوسط توان لحظه‌ای)
میانگین آمپر و ولتاژ تولیدی که در فرکانس کافی نمونه‌برداری، به منظور تعیین عددی تغییرات شـکل موج در طول بازه جوشکاری، تعیین گردیده است.

Axis of a weld (محور جوش)
خطی عمود بر مقطع جوش در مرکز ثقل جوش و در امتداد طولی آن می‌باشد.

B

Backgouging (شیارزنی پشت)
برداشتن فلز جوش و فلز پایه از سمت ریشه درز جوش به منظور تسهیل در ذوب و نفوذ کامل جوشکاری‌های بعدی از آن سمت.

Backing (پشت بند)
قطعه یا وسیله‌ای که پشت درز یا هر دو سمت جوش در جوشکاری‌های الکتریکی سرباره‌ای و الکتریکی گازی، به منظور پشتیبانی و نگهداشتن فلز مذاب جوش قرار می‌گیرند.

Backing pass (عبور پشت‌بندی)
عبوری که به منظور ایجاد جوش پشت انجام می‌شود و نقش پشتیبان عبورهای بعدی از سمت دیگر را دارد.

Backing Ring (حلقه پشت‌بند)
پشت‌بند حلقه‌ای شکل که عموماً در جوشکاری لوله‌ها به کار می‌رود.

Backing weld (جوش پشتی)
جوش پشتی درز که به شکل جوش اصلی می‌باشد

Backup weld (tubular structure) (جوش پشتیبان)
عبور اولیه جوش در جوش شـیاری نفوذ کامل که به منظور پشـتیبان عبورهای بعدی از یک طرف زده می‌شـود، بدون اینکه به عنوان بخشی از جوش تئوری در نظر گرفته شود.

Back weld (جوش پشت)
جوشی که در پشت جوش شیاری یک طرفه اجرا می‌شود.

Base metal (فلز پایه)
فلز یا آلیاژی که تحت جوشکاری قرار می‌گیرد.

Bevel angle (زاویه پخ)
زاویه بین پخ اعضای اتصال با صفحه عمود بر سطح آن عضو.

Box tubing (لوله قوطی)
محصول قوطی شکل با مقطع مستطیل یا مربع

Brace intersection angel B (tubular structures) (زاویه تقاطع مهاربند در سازه‌های لوله‌ای)
زاویه حاده ایجاد شده بین خطوط مرکزی مهاربند

Building code (آیین‌نامه ساختمان)
آیین‌نامه مقررات ساخت یا سایر مقررات ساختمانی

Butt joint (درز یا اتصال لب‌به‌لب)
اتصال بین دو عضو که در یک صفحه به صورت تقریبی هم محور هستند.

Butt weld (جوش لب‌به‌لب)
اصطلاح غیراستانداردی برای جوش در اتصال لب‌به‌لب می‌باشد.

C

Cap pass (عبور رویه)
یک یا چند عبور آخری که سطح روی جوش را شکل می‌دهند. عبورهای رویه مجاور یکدیگر می‌توانند به طور نسبی یکدیگر را پوشش دهند اما پوشش نمی‌تواند به صورت کامل باشد.

Caulking (درزبندی)
تغییر شکل پلاستیک سطح جوش و فلز پایه با ابزارهای مکانیکی که به منظور آب‌بندی انجام می‌شود.

Complete fusion (ذوب کامل)
امتزاج کامل در تمام سطوح ذوب و بین تمام خطوط عبورهای جوش مجاور هم.

Complete joint penetration (CJP) (درز نفوذ کامل)
شرایط ریشه درز در جوش شیاری که فلز جوش در سراسر ضخامت درز به طور کامل وجود دارد.

Computed Radiography (CR) (پرتونگاری کامپیوتری)

Complete penetration (نفوذ کامل)

Construction aid weld (جوش کمکی ساخت)
جوشی که به منظور اتصال موقت قطعات برای جابجایی، حمل و نقل یا کار بر روی سازه ایجاد می‌شود.

Consumable guide ESW (نازل مصرف‌شونده در جوشکاری سرباره الکتریکی)

Continuous weld (جوش پیوسته)
جوشی است که از یک سر اتصال تا انتهای آن ادامه می‌یابد.

Contract documents (اسناد قرارداد)
هر کد، مشخصات فنی، نقشه‌ها یا الزامات اضافی که طبق قرارداد توسط کارفرما تعیین شده است.

Contractor (پیمانکار)
شخص حقیقی یا حقوقی که نماینده شرکت مسئول ساخت و ساز یا جوشکاری، مطابق با مفاد این آیین‌نامه، می‌باشد.

Contractors Inspector (بازرس پیمانکار)
شخص تعیین شده توسط پیمانکار و نماینده آن در امور بازرسی و کنترل کیفیت، مطابق با مفاد آیین‌نامه و قرارداد.

Corner joint (اتصال کنج)
اتصال بین دو عضو، تحت زاویه‌ای تقریباً عمودی به شکل L نسبت به یکدیگر.

Cover pass (عبور پوششی)

CO_2 welding (CO_2 جوشکاری با گاز)
اصطلاح غیراستاندارد GMAW، جوشکاری قوسی تحت حفاظت گاز

Crater (چاله جوش)
فرو رفتگی یا چاله در انتهای مهره جوش

Charpy V-notch (CVN) (آزمایش ضربه شارپی)
آزمایش تعیین طاقت شیاری مواد

D

Decibel (dB) (UT) (دسی بل در آزمایش فراصوت)
بیان لگاریتمی دو دامنه یا شدت انرژی صوتی.

Decibel rating (UT) (رتبه دسی بل در آزمایش فراصوت)

Defect (عیب)
ناپیوستگی یا ناپیوستگی‌هایی که به دلیل ماهیت یا اثر انباشته (به عنوان مثال، طول کل ترک) در قطعه یا محصول، باعث برآورده نشدن حداقل استانداردها و یا مشخصات قابل قبول و در نتیجه آن، مردودی خواهد شد.

Defective weld (جوش معیوب)
جوشی که دارای یک یا چند عیب می‌باشد.

Defect level (UT) (سطح عیب)

Defect rating (UT) (رتبه عیب)

Demand critical welds (جوش‌های بحرانی لرزه‌ای)
جوش‌هایی که توسط مهندس در اسناد قرارداد تعیین شده و باید الزامات فصل ۱۳ این آیین‌نامه را برآورده سازد.

Depth of fusion (عمق ذوب)
فاصله عمودی سطح قبل از جوشکاری تا لبه ریشه در فلز پایه

Dihedral Angel (زاویه دو وجهی)

Discontinuity (ناپیوستگی)
گسیختگی در ساختار یک ماده، مانند ناهمگنی در خصوصیات مکانیکی یا متالورژیکی یا فیزیکی آن. ناپیوستگی لزوماً عیب نیست.

Doubler (ورق مضاعف)
ورق موازی تیر یا ستون اضافه شده در محل تمرکز تنش، به منظور افزایش استقامت آن.

Downhand (حالت تخت)
اصطلاح غیراستاندارد برای وضعیت جوشکاری تخت

Direct radiography (DR) (پرتونگاری مستقیم)

Drawings (نقشه‌ها)
اشاره به طراحی پلان‌ها و نقشه‌های تفضیلی و طرح‌های اجرایی

Edge Angle (tubular structures) (زاویه لبه در سازه‌های لوله‌ای)
زاویه حاده بین لبه‌های شیار اعضای اتصال جوش و مماس بر سطح عضو. اندازه‌گیری شده در صفحه عمود بر خط تقاطع.

Effective length of weld (طول موثر جوش)
طول جوشی که در سرتاسر آن مقطع مورد نیاز جوشکاری وجود دارد. در جوش منحنی، در امتداد محور جوش اندازه‌گیری می‌شود.

Electro Gas welding (EGW) (جوشکاری الکتریکی گازی)
فرایند جوشکاری قوسی است که در آن از قوس بین فلز پرکننده و حوضچه جوش و امتداد آن در جوشکاری عمودی با پشت‌بند به منظور محصور کردن فلز جوش مذاب، استفاده می شود. این فرایند می‌توانند به همراه یا بدون گاز محافظ و بدون اعمال فشار صورت گیرد.

Electro slag welding (ESW) (جوشکاری الکتریکی سرباره‌ای)
فرایند جوشکاری که در آن، اتصال بوسیله سرباره‌ای که فلز پرکننده و سطوح قطعات را ذوب می کند، صورت می پذیرد. حوضچه مذاب بوسیله این سرباره حفظ و جوش در امتداد مقطع کامل آن، پیشروی می‌کند. این فرایند با قوسی که سرباره را گرم می‌کند شروع شده، سپس قوس بوسیله سرباره رسانا خاموش و به دلیل مقاومت آن در برابر جریان الکتریکی عبوری بین الکترود و قطعه کار، به صورت مذاب نگه داشته می‌شود.

ESW with Consumable guide (جوشکاری الکتریکی سرباره‌ای به همراه نازل مصرف‌شونده)
فرایند جوشکاری الکتریکی سرباره‌ای ، با این تفاوت که فلز پرکننده بوسیله الکترود و عضو راهنما تأمین می‌شود.

End returns (قلاب انتهایی (ماهیچه‌کاری))
ادامه عمل جوش، در جوش گوشه و در اطراف گوشه عضو به منظور تقویت جوش اصلی.

Engineer (مهندس)
فردی که مسئول طراحی مطابق الزامات و محدوده آیین‌نامه می‌باشد.

Fatigue (خستگی)
به عنوان آسیبی تعریف می شود که پس از تعداد کافی چرخه تنش منجر به شکست شود. محدوده تنش به صورت حد بالا و پایین بزرگی نوسانات تعریف می‌شود.

Faying surface (سطح تماس)
سطح عضو که در تماس یا در نزدیکی سطح عضو دیگر جوش قرار می‌گیرد.

Filler metal (فلز پرکننده)
فلز یا آلیاژ اضافه شده به منظور جوشکاری یا لحیم‌کاری

Fillet weld leg (ساق جوش گوشه)
فاصله بین ریشه درز اتصال تا پنجه جوش گوشه

Flare-bevel-groove weld (جوش شیاری نیم لبه‌گرد)
جوش شیاری بین یک عضو با سطح منحنی و عضو دیگر با سطح تخت

Flash (ترشح)
ماده‌ای که تحت فشار به خارج از جوش پرتاب می‌شود و در اطراف جوش ایجاد می‌شود.

Flat welding position (وضعیت جوشکاری تخت)
وضعیت جوشکاری که برای جوش از سمت بالای درز در نقطه‌ای که محور جوش تقریباً افقی است، به کار می‌رود.

Flux cored arc welding (FCAW) (جوشکاری قوسی با سیم توپودری)
فرایند جوشکاری قوسی که از قوس بین الکترود یکسره و حوضچه جوش، استفاده می‌کند. فرایند با حفاظ گازی حاصل از پودر در محفظه‌ای در داخل الکترود لوله‌ای شکل، همراه یا بدون گاز محافظ خارجی اضافی و بدون اعمال فشار، به کار می‌رود.

Flux cored are welding – gas shielded (FCAW-G) (جوشکاری قوسی با سیم توپودری تحت حفاظت گاز)
فرایند جوشکاری قوسی با الکترود توپودری، با این تفاوت که شامل گاز یا ترکیب گازی محافظ خارجی می‌باشد.

Flux cored arc welding – self shielded (FCAW-S) (جوشکاری قوسی با سیم توپودری- خود محافظ)
فرایند جو شکاری قو سی با الکترود توپودری، با این تفاوت که حفاظت حو ضچه جوش منح صراً بو سیله پودر موجود در الکترود لوله‌ای تأمین می شود.

Fusion (ذوب)
ذوب فلز پرکننده و فلز پایه (زیر لایه)، یا تنها فلز پایه، برای اجرای جوش

Fusion line (خط ذوب)
مرز بین فلز ذوب شده و فلز پایه ذوب نشده است.

Fusion – type discontinuity (ناپیوستگی ذوبی)
نشان دهنده آخال سرباره، ذوب ناقص، نفوذ ناقص ریشه، و ناپیوستگی‌های مشابه مرتبط با ذوب می‌باشد.

Fusion zone (ناحیه ذوب)
ناحیه‌ای از فلز پایه که در جریان جوشکاری ذوب شده است.

G

Gas metal arc welding (GMAW) (جوشکاری قوس فلزی تحت حافظت گاز)
فرایند جوشکاری قوس گازی که در آن، جوش به وسیله قوس بین الکترود پرکننده یکسره و حوضچه جوش، انجام می‌شود. فرایند با تأمین گاز محافظ خارجی، بدون اعمال فشار صورت می‌گیرد.

Gas metal arc welding – short circuit arc (GMAW-S) (جوشکاری قوس فلزی تحت حفاظت گاز- اتصال کوتاه)
فرایند جوشکاری قوس گازی است. با این تفاوت که سیم جوش مصرفی در طی اتصال کوتاه به طور مکرر رسوب می‌کند.

Gas pocket (حفره گازی، مک گازی)
اصطلاح غیر استاندارد برای تخلخل

Geometric unsharpness Ug (عدم وضوح هندسی)
نیم سایه روی تصویر پرتونگاری ناشی از ترکیب ابعاد منبع، فاصله منبع تا جسم و فاصله جسم تا دستگاه آشکارساز.

Gouging (شیارزنی)

Groove Angel (زاویه شیار)
زوایه کلی بین قطعات مورد جوشکاری در جوش شیاری.

groove angel (زاویه شیار و θ در سازه‌های لوله‌ای و قوطی‌شکل) θ (Tubular structures)
زاویه بین وجوه مضاعف شیار که با فلز پرکننده پر می‌شود.

Groove face (رویه شیار)
سطح هر یک از اعضای شیار

Groove weld (جوش شیاری)
جوش ایجاد شده در شیار بین قطعات.

H

Heat affected zone (HAZ) (ناحیه متأثر از حرارت)
بخشی از فلز پایه که خواص مکانیکی یا ریزساختار آن به وسیله جوش یا لحیم‌کاری، تحت تأثیر حرارت، تغییر یافته است.

Horizontal fixed position (pipe welding) (وضعیت افقی ثابت در جوشکاری لوله)
در جوشکاری لوله، حالت درز لوله در محور لوله تقریباً عمودی و لوله حین جوشکاری چرخانده نمی‌شود.

Horizontal welding position, fillet weld (وضعیت جوشکاری افقی در جوش گوشه)
حالت جوشکاری که در آن، جوش در بالای سطح تقریباً افقی و در مقابل سطح تقریباً قائم صورت می‌گیرد.

Horizontal refrence line (UT) (ارتفاع مرجع)
خط افقی در محدوده مرکز ابزار آزمایش فراصوت که تمام اکوها برای خواندن دسی‌بل تنظیم شده باشد.

Horizontal rotated position (pipe welding) (حالت افقی چرخش در جوشکاری لوله‌ای)
وضعیت اتصال لوله که در آن محور لوله تقریباً افقی و جوشکاری در موقعیت تخت با چرخیدن لوله صورت می‌پذیرد.

Hot spot strain (tubular structurs) (کرنش نقطه بحرانی در سازه‌های لوله‌ای)
محدوده کل کرنش چرخه‌ای که در نقطه با بیشترین تمرکز تنش (بحرانی) در درز جوشی، اندازه‌گیری می‌شود.

I

Image quality indicator (IQI) (شاخص کیفیت تصویر)
ابزاری که تصویر آن برای مشخص کردن سطح کیفیت پرتونگاری استفاده می‌شود. از این مورد به منظور قضاوت در مورد اندازه یا سازماندهی محدوده‌های قابل پذیرش ناپیوستگی‌ها، استفاده نمی‌شود.

Indication (UT) (نشانه)
سیگنال نمایش داده شده روی اسیلوسکوپ که نشان دهنده بازتاب موج صوتی در قطعه آزمایش شده می‌باشد.

Indication level (UT) (سطح نشانه)

Indication rating (UT) (رتبه نشانه ناشی از ناپیوستگی)

Inspection Test Plan (ITP) (برنامه آزمایشات بازرسی)

Intermittent weld (جوش منقطع)
اتصال دو قطعه به نحوی که جوش در طول مسیر درز به شکل غیرممتد انجام شود.

Interpass temperature (دمای عبورهای میانی)
در جوش چند عبوره، دمای سطح جوش در عبورهای میانی جوش می‌باشد.

J

Joint (درز، اتصال)
محل اتصال یا لبه اعضایی که متصل شده و یا قرار است متصل شوند.

Joint penetration (نفوذ درز)
فاصله‌ای که فلز جوش از سطح جوش تا ریشه گسترش یافته است، بدون در نظر گرفتن گرده جوش.

Joint root (ریشه درز)
قسمتی از درز جوش که در آن، قطعات در نزدیکترین فاصله نسبت به یکدیگر قرار دارند. ریشه درز در مقطع ممکن است نقطه، خط یا سطح باشد.

K

K-Area (ناحیه- K)
به حد فاصل نقطه شروع گردی ریشه درز بال به جان تا ۳۸ میلی‌متر بعد از آن اطلاق می‌شود.

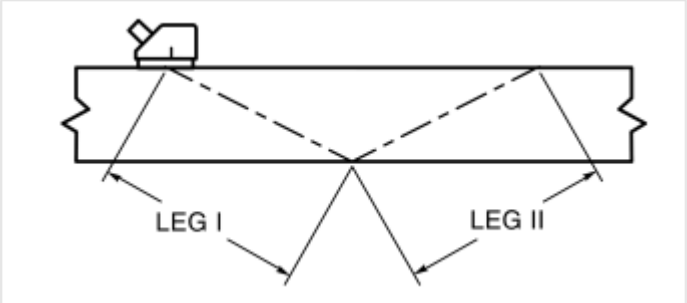
L

Lap joint (اتصال پوششی (رویهم))
اتصال بین دو عضو روی هم قرار گرفته در صفحات موازی نسبت به یکدیگر

Layer (لایه)
لایه‌ای از فلز جوش؛ لایه ممکن است شامل یک یا چند مهره جوش قرار گرفته در کنار هم باشد.

Leg (UT) (ساق)

مسیری که موج بر شی قبل از بازتاب از سطح ماده آزمایش شده، روی خط مستقیم طی می‌کند. برای فهم این مورد، شکل زیر ملاحظه شود.



یادداشت:

ساق I به اضافه ساق II برابر است با مسیر V (V-Path)

Leg of a fillet weld (ساق جوش گوشه)

Local dihedral angel, θ (tubular structures) (زاویه دو وجهی θ در سازه‌های لوله‌ای و قوطی شکل)

زاویه اندازه‌گیری شده در صفحه عمود بر خط جوش، بین سطوح مماس خارجی قوطی‌های متصل شده با جوش. زاویه دو وجهی بیرونی، در جایی که فرد به مقطع موضعی نگاه می‌کند، ممکن است سطوح متقابل به عنوان صفحه در نظر گرفته شود.

Lowest anticipated service temperature (LAST) (کمترین دمای بهره‌برداری مورد انتظار)

M

Manual welding (جوشکاری دستی)

جوشکاری که با مشعل، انبر جوشکاری یا انبر جوشکاری گازی انجام شده و کنترل آن با دست صورت می‌گیرد. تجهیزات فرعی مانند دستگاه‌های حرکت قطعه و تغذیه کننده کنترل دستی فلز پرکننده ممکن است استفاده شود.

Mechanized process (XXXX-ME) (فرایند مکانیزه)

عملیات با تجهیزاتی که نیازمند تنظیم دستی اپراتور با استفاده از اطلاعات بدست آمده از مشاهده بصری، همراه با مشعل، تپانچه، مجموعه هدایت سیم جوش، انبر جوشکاری و انبر جوشکاری گازی می‌باشد.

Mechanized welding (W-ME) (جوشکاری مکانیزه)

Magnetic particle testing (MT) (آزمایش ذرات مغناطیسی)

یکی از روش‌های آزمایش غیرمخرب قطعات با اعمال میدان مغناطیسی می‌باشد که بر روی مواد فرومغناطیس قابل انجام بوده و برای پیدا کردن عیوب سطحی و زیرسطحی تا عمق مشخص به کار می‌رود.

N

Nondestructive testing (NDT) (آزمایش غیرمخرب)
آزمون تعیین رد یا قبولی ماده یا یک جزء از آن، مطابق با معیارهای تعیین شده که بدون آسیب رساندن و تخریب قطعه صورت می‌پذیرد.

Node (VT) (گره)

Nominal tensile strength of the weld metal (مقاومت کششی اسمی فلز جوش)
مقاومت کششی فلز جوش که با طبقه‌بندی عددی فلز پرکننده نمایش داده می شود. (به عنوان مثال، مقاومت کششی اسمی E60XX ← ۶۰Ksi (۴۲۰ Mpa))

O

Original Equipment manufacturer (OEM) (سازنده تجهیزات اصلی)

Overhead welding position (وضعیت جوشکاری بالاسری)
وضعیتی که جوشکاری از سمت زیرین قطعه انجام می‌گیرد.

Overlap (fusion welding) (روی هم افتادگی در جوشکای ذوبی)
برآمدگی فلز جوش، فراتر از پنجه یا ریشه جوش.

Owner (کارفرما)
شخص یا شرکتی که مالکیت قانونی محصول یا مجموعه سازه‌ای که مطابق این آیین‌نامه ساخته شده است را دارد.

Oxygen cutting (OC) (برشکاری با اکسیژن)
گروهی از فرایندهای برشکاری حرارتی که فلز را با استفاده از واکنش شیمیایی بین اکسیژن و فلز پایه در دمای بالا برداشته یا جدا می‌کند. دمای لازم بوسیله گرمای قوس، شعله گازی اکسیژن یا منابع دیگر حفظ می‌شود.

Oxygen gouging (شیارزنی با اکسیژن)

P

Parallel electrodes (الکترودهای موازی)

Partial joint penetration (درز نفوذ نسبی)
نفوذ درزی که کمتر از حد کامل است.

Pass (عبور جوش)
در اصطلاح کارگاهی، به جای معادل فارسی از همان لغت لاتین "پاس" استفاده می‌شود.

Peening (تقه‌کاری)
کار مکانیکی روی فلز که با استفاده از ضربه انجام می‌شود.

Pipe (لوله)
اعضا با مقاطع دایروی توخالی

Piping porosity (تخلخل لوله‌ای)
تخلخل کشیده‌ای که بعد اصلی آن عمود بر مقطع جوش می‌باشد. هنگامیکه تخلخل تا سطح جوش ادامه می‌یابد، مک‌های گازی (pin holes) نامیده می‌شوند.

Plug weld (جوش انگشتانه)
جوش درون سوراخ دایره‌ای در یک عضو که آن را با ذوب ریشه به عضو دیگر متصل می‌کند.

Porosity (تخلخل)
ناپیوستگی‌های حفره‌ای که بر اثر وارد شدن گاز در جریان انجماد یا در حین رسوب پاشش حرارتی جوش ایجاد می‌شوند.

Positioned weld (جوش در وضعیت ثابت (بدون چرخش قطعه))

Post weld heat treatment (PWHT) (عملیات حرارتی بعد از جوشکاری)
به هر نوع عملیات حرارتی بعد از جوشکاری اطلاق می‌گردد.

Preheating (پیش گرمایش)
اعمال حرارت به فلز پایه بلافاصله قبل از جوشکاری، لحیم‌کاری، پاشش حرارتی یا برش‌کاری

Preheat temperature, welding (دمای پیش‌گرمایش جوشکاری)

درجه حرارت فلز پایه در فضای اطراف نقطه جوشکاری، بلافاصله قبل از شروع جوشکاری است. در جوش چند عبوره، درجه حرارت بلافاصله قبل از عبور دوم و عبورهای بعدی است.

Procedure Qualification Record (PQR) (گزارش ارزیابی دستورالعمل جوشکاری)

Protected zone (ناحیه حفاظت شده)
قسمتی از عضو سیستم باربر جانبی که در آن کرنش غیرالاستیک پیش‌بینی شده و محدودیت‌های خاصی روی آن اعمال می‌شود.

Liquid penetrant testing (PT) (آزمایش مایع نافذ)

Q

Qualification (تایید صلاحیت، ارزیابی دانش و مهارت)

Quality assurance plan (QAP) (طرح تضمین کیفیت)
توضیحات مربوط به ارزیابی، دستورالعمل‌ها، بازرسی کیفیت، منابع و سوابق مورد استفاده، به منظور اطمینان از مطابقت سازه با الزامات کیفی و قانونی و مشخصات و اسناد قرارداد می‌باشد.

Quality Control Plan (QC plan) (برنامه کنترل کیفی)

R

Random sequence (ترتیب جوشکاری تصادفی)
دنباله طولی که در آن، ترتیب مهره‌های جوش به صورت تصادفی انجام می‌شود.

Reference level (UT) (سطح مرجع)

Reference reflector (UT) (انعکاس دهنده مبنا)

Reinforcement of weld (گرده جوش)

Resolution (UT) (تفکیک‌پذیری)
توانایی تجهیزات آزمون فراصوت در تفکیک علامت‌های بدست آمده از انعکاس‌دهنده‌های نزدیک

Root face (پیشانی ریشه)
به قسمت پخ نخورده ریشه جوش اطلاق می‌شود.

Root gap (فاصله ریشه)
اصطلاح غیراستاندارد برای فاصله ریشه، ریشه درز.

Root opening (فاصله ریشه)
فاصله بین قطعات در ریشه درز.

Radiographic testing (RT) (آزمایش پرتونگاری)

S

Seismic force resisting system (SFRS) (سیستم باربر جانبی)
مجموعه اعضایی در سازه که در برابر بارهای لرزه‌ای مقاومت می‌کند (شامل اعضای سازه‌ای که برای مقاومت در برابر لرزه طراحی نشده‌اند، نمی‌شود).

Single electrode (الکترود تکی)
یک الکترود متصل به منبع قدرت می‌باشد. منبع قدرت ممکن است شامل یک یا چند واحد قدرت باشد.

Parallel electrodes (الکترودهای موازی)
دو الکترود به صورت موازی و به یک منبع قدرت متصل شده‌اند. هر دو الکترود معمولاً با استفاده از یک تغذیه کننده الکترود، پیشروی می‌کنند.

Multiple electrodes (الکترودهای چندتایی)
ترکیب دو یا چند الکترود تک یا موازی. هر کدام از اجزای سیستم، منبع قدرت جداگانه و تغذیه کننده الکترود خود را دارد.

Scanning level (UT) (صفحه اسکن)

Semiautomatic welding (جوشکاری نیمه خودکار)
جوشکاری دستی به همراه تجهیزاتی که یک یا چند پارامتر جوشکاری را به صورت خودکار کنترل می‌کند.

Shelf bar (قطعه نگهدارنده)
ورق فلزی یا میله یا اعضای مشابه، به منظور پشتیبانی از سرریز فلز جوش اضافی در درز جوش شیاری افقی.
Shielded metal arc welding (SMAW) (جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار)
فرایند جوشکاری قوسی است که قوس بین الکترود پوشش‌دار و حوضچه مذاب ایجاد می‌شود. فرایند با حفاظت بدست آمده از تجزیه پوشش الکترود، بدون اعمال فشار و با فلز پرکننده تولیدشده توسط الکترود انجام می‌شود.

Shielding gas (گاز محافظ)
گاز محافظ مورد استفاده برای جلوگیری از تماس با هوا یا کاهش آلودگی هوای محیط جوش

Single – welded joint (جوش یک طرفه)
جوشی که تنها از یک طرف انجام شده است.

Size of weld (اندازه جوش)

Slot weld (جوش کام)
جوشی که یک عضو با چاک لوبیایی را با ذوب ریشه به عضو دیگر متصل می‌کند. سوراخ ممکن است در انتها باز یا بسته باشد.

Sound beam dictance (UT) (دسته پرتو صوتی در آزمایش فراصوت)

Sound path distance (UT) (طول مسیر صوت در آزمایش فراصوت)
فاصله بین پروب (واحد جستجوگر) و انعکاس دهنده که در خط مرکزی موج صوتی اندازه‌گیری می‌شود.

Spatter (پاشش)
ذرات فلزی خارج شده در حین جوشکاری ذوبی که بخشی از جوش نمی‌باشد.

Stringer bead (مهره جوش ریسه‌ای)
نوعی مهره جوش که بدون حرکت عرضی قابل ملاحظه‌ای، ایجاد می‌شود.

Stud base (پایه گلمیخ)
سر گلمیخ در انتهای جوش شامل پودر و ظرف و ۳ میلی‌متر از بدنه گلمیخ در مجاورت نوک آن.

Stud welding (SW) (جوشکاری گلمیخ)
فرایند جوشکاری قوسی که با حرارت دادن به گلمیخ فلزی یا قطعه مشابه با قطعه کار درهم آمیختگی فلزات را ایجاد می‌کند. هنگامیکه سطوح اتصال به اندازه کافی گرم شدند، به یکدیگر فشرده می شوند. محافظت جزئی ممکن است با استفاده از حلقه محافظ قوس سرامیکی در اطراف گلمیخ، صورت پذیرد. گاز محافظ یا پودر نیز می‌تواند استفاده شود.

Submerged arc welding (SAW) (جوشکاری قوسی زیرپودری)
فرایند جوشکاری قوسی که با یک یا چند قوس بین الکترود فلزی بدون پوشش یا چند الکترود و حوضچه جوش انجام می شود. قوس و فلز مذاب به وسیله بستری از روانساز پودری روی قطعه کار محافظت می شوند. فرایند بدون استفاده از

ف شار و همراه با فلز پرکننده تولید شده بو سیله الکترود و گاهی با منابع مکمل (سیم جوش، رواند ساز یا دانه‌های فلزی) صورت می‌پذیرد.

T

Tack weld (خال جوش)
جوش اجرا شده به منظور نگهداشتن اعضا در راستای صحیح خود تا تکمیل جوش نهایی

Tack welder (خال جوشکار)

Tandem (پشت سرهم)
به آرایش هندسی الکترودها اطلاق می‌شود. که در آن خط کشیده شده از میان قوس‌ها، موازی جهت جوش است.

Thermal gouging (شیارزنی حرارتی)
نوعی فرایند بر شکاری حرارتی با این تفاوت که برای ایجاد پخ یا شیار، از ذوب یا سوزاندن ق سمت ا ضافی ماده که باید برداشته شود، استفاده می‌کند.

Throat of the fillet weld (گلوئی جوش گوشه)

Actual throat (گلوئی واقعی)
کوتاه ترین فاصله بین ریشه جوش و رویه جوش گوشه

Theoretical throat (گلوئی تئوری)
فاصله از شروع ریشه درز اتصال عمود بر وتر بزرگترین مثلث قائم الزاویه‌ای که بتوان در داخل مقطع جوش گوشه محاط شود.

Throat of a groove weld (گلوئی جوش شیاری)
اصطلاح غیراستاندارد برای اندازه جوش شیاری

T-joint (اتصال سپری (T))
اتصالی بین دو عضو که تقریباً در حالت قائم با شکل T با یکدیگر قرار گرفته‌اند.

Toe of weld (پنجه جوش)

Transverse discountinuity (ناپیوستگی عرضی)
نوعی ناپیوستگی در جوش که بعد اصلی آن در جهت عمود بر محور جوش است.

Total instantaneous energy (TIE) (مجموع انرژی لحظه‌ای)، جوشکاری با شکل موج کنترل‌شده
مجموع آمپر و ولتاژ و فواصل زمانی تعیین شده در فرکانس‌های نمونه، مکفی برای تعیین کمی تغییرات شکل موج در طول بازه جوشکاری

Tubular (لوله‌ای، مقاطع توخالی)
اصطلاح عمومی که به لوله‌ها (گرد، مربع و مستطیل) و همچنین به سازه‌های مقطع توخالی (HSS) اشاره دارد.

Tubular connection (اتصال لوله‌ای)
اتصال در بخشی از سازه که شامل دو یا چند عضو متقاطع، که حداقل یکی از آنها لوله‌ای است، می‌باشد.

Tubular joint (اتصال لوله‌ای)
اتصال در تقاطع ایجاد شده به وسیله عضو لوله‌ای با دیگر عضو که ممکن است لوله‌ای یا غیر لوله‌ای باشد.

U

Unacceptable discontinuity (ناپیوستگی غیرقابل قبول)

Undercut (بریدگی کناره جوش)
شیاری که در فلز پایه، در مجاورت پنجه یا ریشه، با فلز جوش پر نشده است.

Ultrasonic testing (UT) (آزمایش فراصوت)

V

Verification inspector (بازرس تصدیق)

Vertical welding position (وضعیت جوشکاری قائم)
حالت جو شکاری که در آن، محور جوش، در نقطه جو شکاری تقریباً قائم و رویه جوش تقریباً در صفحه قائم قرار گرفته است.

Vertical position (pipe welding) (وضعیت قائم در جوشکاری لوله)
وضعیت درز لوله در جوشکاری که در حالت افقی، بدون چرخش لوله هنگام جوشکاری انجام می‌شود.

V-path (UT) (مسیر V در آزمایش فراصوتی)
مسافتی که یک پرتو صوتی موج برشی طی می‌کند.

W

Weave bead (مهره جوش بافته‌ای)
نوعی مهره جوش که با حرکت نوسانی عرضی ایجاد می‌شود.

Weld (جوش)
اتصال موضعی فلزات یا غیر فلزات که با حرارت دادن تا دمای جوشکاری، همراه یا بدون اعمال فشار، همراه یا بدون فلز پرکننده، صورت می‌پذیرد.

Weld metal (فلز جوش)
فلزی است که در حین فرایند جوشکاری ذوب شده و به درز جوش اضافه می‌شود.

Weldability (جوش‌پذیری)
ظرفیت جوشکاری ماده، تحت شرایط ساخت و ایجاد ساختار خاص مورد نظر و دستیابی به عملکرد مناسب در انجام وظایف از قبل تعیین شده، می‌باشد.

Weld axis (محور جوش)
خطی در امتداد طول جوش، عمود بر مرکز هندسی مقطع جوش.

Weld bead (مهره جوش)
رسوب حاصل شده از یک عبور جوش.

Welder (جوشکار)
فردی که به صورت دستی یا نیمه خودکار عمل جوشکاری را انجام می‌دهد.

Welder certification (گواهینامه جوشکار)
گواهی کتبی که تأیید می‌کند جوشکار، جوشکاری با برآورده شدن الزامات آیین‌نامه مورد نظر را انجام داده است.

Welders performance qualification (WPQ) (ارزیابی عملکرد جوشکاران)
نشان دادن قابلیت جوشکار برای تولید جوش‌هایی که مطابق آیین‌نامه مشخص شده‌اند.

Welder Qualification Test (WQT) (آزمون ارزیابی جوشکار)

Weld face (رویه جوش)
سطح ذوبی جوش از سمتی که جوشکاری انجام شده است.

Welding (جوشکاری)
فرایند اتصال موضعی مواد که با حرارت دادن تا دمای جوشکاری، همراه یا بدون اعمال فشار، همراه یا بدون فلز پرکننده، صورت می‌پذیرد.

Welding machine (ماشین جوشکاری)
د ستگاهی که عملیات جو شکاری را انجام می‌دهد. برای مثال، ما شین جو شکاری نقطه‌ای، ما شین جو شکاری قو سی، ماشین جوشکاری درزی.

Welding operator (اپراتور جوشکاری)

Welding sequence (ترتیب جوشکاری)
ترتیب و نظم عبورهای جوش

Weld pass (عبور جوش)
پیشرفت یک مرحله جوش در امتداد درز که نتیجه آن عبور، مهره یا لایه جوش می‌باشد.

Weld reinforcement (گرده جوش، تقویت جوش)
فلز جوش اضافه بر مقدار لازم برای پرکردن درز.

Weld root (ریشه جوش)

Fillet Weld size (اندازه جوش گوشه)
برای جوش‌های گو شه با ساق برابر، طول ساق برابر ا ست با طول بزرگترین ضلع مثلث قائم‌الزاویه متساوی‌الساقینی که می‌تواند در مقطع جوش محاط شود. برای جوش‌های گوشه با ساق نامساوی، طول ساق برابر است با طول بزرگترین ضلع مثلث قائم‌الزاویه‌ای که می‌تواند در مقطع جوش محاط شود.
تذکر: وقتی اع ضا با زاویه بیش از ۱۰۵° نسبت به یکدیگر قرار دارند، طول ساق (اندازه جوش) اهمیت کمتری نسبت به گلوئی جوش دارد که فاکتور کنترل کننده مقاومت جوش است.

Groove weld size (اندازه جوش شیاری)
اندازه نفوذ درز یک جوش شیاری

Weld tab (بند انتهایی جوش)
قطعه اضافی که در ابتدا یا انتهای درز که جوش در آنجا شروع یا خاتمه می‌یابد، قرار می‌گیرد.

Weld toe (پنجه جوش)
محل پیوند رویه جوش و فلز پایه

Weldment (قطعه جوش‌شده)
قطعاتی که به وسیله جوش به یکدیگر متصل شده‌اند.

WPS qualification (تایید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری)

Welding procedure specification (WPS) (مشخصات دستورالعمل جوشکاری)
سندی که جزئیات روش‌های مربوط به تولید جوش را ارائه می‌کند.

فصل ۴

طراحی اتصالات جوشی

۴-۱- گستره

این فصل شامل الزامات مربوط به طراحی اتصالات جوشی می‌باشد و به سه قسمت زیر تقسیم می‌شود:

قسمت الف: ضوابط عمومی برای طراحی اتصالات جوشی (غیرلوله‌ای[۱] و لوله‌ای[۲])

قسمت ب: ضوابط ویژه برای طراحی اتصالات غیرلوله‌ای (بارهای استاتیکی[۳] و چرخه‌ای (سیکلی)[۴])*. ضوابط این قسمت علاوه بر ضوابط قسمت الف می‌باشد.

قسمت پ: ضوابط ویژه برای طراحی اتصالات غیرلوله‌ای (بارهای چرخه‌ای (سیکلی)).

در صورت داشتن موضوعیت، ضوابط این قسمت علاوه بر ضوابط قسمت‌های الف و ب می‌باشند.

۱- Nontubular (مقطع باز)

۲- Tubular (مقطع بسته- لوله‌ای یا مربع مستطیل)

۳- Statically

۴- Cyclically

* بارگذاری استاتیکی بارگذاری می‌باشد که تاثیر آن بر سازه بصورت آرام و بدون ضربه باشد. بارگذاری ضربه‌ای بارگذاری است که تاثیر آن بر سازه بصورت آنی و توام با ضربه باشد. با تاثیر ضریب ضربه، این بارگذاری به بارگذاری استاتیکی تبدیل می‌شود.

بارگذاری سیکلی یا چرخه‌ای، بارگذاری است که مقدار و علامت آن تابع زمان بوده و سیکل بارگذاری زیاد باشد.

قسمت الف: ضوابط عمومی برای طراحی اتصالات جوشی

(اعضای لوله‌ای «گرد یا مربع مستطیل» و غیرلوله‌ای)

۴-۲- کلیات

این قسمت شامل ضوابطی است که برای طراحی تمام اتصالات جوشی اعضای غیرلوله‌ای[۱] و لوله‌ای[۲] (گرد یا مربع مستطیل)، مستقل از بارگذاری، قابل استفاده است.

۴-۳- اسناد قراردادی و مشخصات فنی[۳]

۴-۳-۱- اسناد قرارداد

اطلاعات کامل جوش شامل مشخصات فنی فلز پایه (بخش‌های ۵-۳ و ۶-۸-۳)، محل، نوع، اندازه و طول کامل همه جوش‌ها باید به‌طور واضح در نقشه‌ها و مشخصات فنی نشان داده شود. به این مجموعه از این به بعد اسناد قراردادی اطلاق می‌شود. در صورت نیاز طراح به جوش در محل کارگاه، این مورد باید در اسناد قرارداد مشخص شود. در نقشه‌های ساخت[۴] و نصب[۵] که از این به بعد نقشه‌های ساخت[۶] نامیده می‌شوند، باید به‌طور واضح جوش‌های کارخانه‌ای[۷] و کارگاهی[۸] مشخص شوند.

۴-۳-۲- ضوابط طاقت شیاری[۹]

در صورت نیاز به طاقت شیاری، لازمست طراح[۱۰] حداقل انرژی آزمایش طاقت شیاری، همراه با دمای فلز پرکننده (فلز الکترود) یا آزمایش ضربه شیاری[۱۱] را برای تایید مشخصات دستورالعمل جوشکاری (WPS)[۱۲] مقرر نماید. در صورتی‌که تایید دستورالعمل جوشکاری منوط به آزمایش ضربه باشد، طراح باید حداقل انرژی جذب شده، دمای آزمایش

۱- Nontubular

۲- Tubular

3- Contract plan and technical specification
4- Fabrication
5- Erection
6- Shop Drawing
7- Shop
8- Field
9- Notch toughness requirement
10- Engineer
11- Charpy V notch
12- Welding procedure specification

و لزوم آزمایش برای فلز جوش یا فلز جوش همراه با ناحیه متاثر از حرارت (HAZ) (بخش‌های ۶-۲-۱-۳ و بخش ۶ از قسمت ت) را مشخص نماید.

۴-۳-۳- ضوابط جوش‌های خاص

لازم است طراح در اسناد قرارداد و پیمانکار در نقشه‌های ساخت، اتصالات و یا گروه اتصالاتی که دستور خاصی برای مونتاژ[۱]، توالی جوش‌ها[۲]، روش جوشکاری[۳] و یا هر اقدام احتیاطی مقرر را مشخص نمایند. (برای محدودیت‌های جوش‌های ESW[۴] و EGW[۵] به بند ۷-۴-۱ مراجعه شود.)

۴-۳-۴- اندازه و طول جوش

در نقشه‌های طراحی، باید طول موثر جوش[۶] و برای جوش شیاری با نفوذ نسبی (PJP)[۷] باید اندازه جوش لازم[۸] (مقدار یا درصد نفوذ جوش) مشخص شود. برای جوش گوشه و اتصال سپری (T) غیرمتعامد لازم است اطلاعات زیر در اسناد قراردادی ارائه شود:

(۱) اندازه ساق جوش گوشه برای جوش‌های گوشه بین دو سطح با زاویه بین ۸۰ تا ۱۰۰ درجه.

(۲) اندازه گلویی موثر جوش[۹] برای جوش‌های گوشه بین دو سطح با زاویه کوچکتر از ۸۰ و بزرگتر از ۱۰۰ درجه.

۴-۳-۵- ضوابط نقشه‌های ساخت

نقشه‌های ساخت باید مشخصات درز جوش‌های شیاری و نحوه آماده‌سازی فلز پایه را با استفاده از علائم جوش[۱۰] و یا جزئیات[۱۱] نشان دهد. در صورت استفاده از ورق پشت‌بند[۱۲]، باید ضخامت و عرض آن مشخص شود.

۴-۳-۵-۱- جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی (PJP)

در نقشه‌های ساخت باید عمق لازم شیار جوش "D" برای حصول اندازه جوش (S) متناسب با روش[۱۳] و وضعیت[۱۴] جوشکاری، مشخص شود.

1- Assembly order
2- Welding sequence
3- Welding technique
4- Electros slag welding
5- Electro gas welding
6- Effective weld length
7- Partial joint penetration
8- Required weld size
9- Effective throat
10- Welding symbols
11- Sketch
12- Back bar (Steel backing)
13- Process
14- Position

۴-۳-۵-۲- جوش گوشه و جوش‌های سپری مایل[1]

در نقشه‌های ساخت باید الزامات زیر لحاظ شود:

(۱) برای جوش‌های گوشه بین قطعاتی که سطوح آنها با زاویه بین ۸۰ تا ۱۰۰ درجه نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند، اندازه ساق جوش باید در نقشه‌های ساخت درج شود.

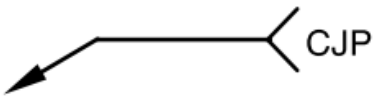
(۲) برای جوش‌های گوشه بین قطعاتی که سطوح آنها با زاویه کمتر از ۸۰ و یا بزرگتر از ۱۰۰ درجه نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند، در نقشه‌های ساخت باید ترتیب جوش‌ها، اندازه ساق جوش مورد نیاز برای منظور نمودن اثر هندسه درز و در صورت لزوم، کاهش بعد Z[2] متناسب با زاویه و روش جوشکاری مشخص شود.

(۳) قلاب انتهایی[3] و توقف[4]

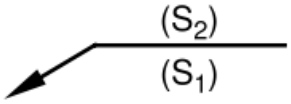
۴-۳-۵-۳- علامت جوش

در اسناد قراردادی باید الزامات جوش‌های شیاری با نفوذ کامل (CJP) و نفوذ نسبی (PJP) نشان داده شود.

در اسناد قراردادی لازم نیست نوع شیار و اندازه شیار نشان داده شود. علامت جوش بدون اندازه، بیانگر جوش شیاری با نفوذ کامل (CJP)، مطابق شکل زیر می‌باشد:



در صورتی‌که علامت جوش بدون اندازه و بدون عبارت CJP در دنباله نشان داده شود، اندازه جوشی را بیان می‌کند که از نظر برشی و کششی با فلز پایه مجاور، هم‌مقاومت است. علامت جوش برای جوش شیاری با نفوذ نسبی (PJP) باید همراه با درج بعد جوش داخل پرانتز در بالا و پایین خط افقی علامت جوش باشد. اندازه درج شده در زیر خط افقی مربوط به جوشی است که در نوک پیکان قرار دارد و اندازه‌ای که در بالای خط افقی درج می‌شود مربوط به جوشی است که در سمت مقابل پیکان قرار دارد.



1- Skewed T Joints
2- Z-Loss reduction
3- End Return
4- Hold Back

۴-۳-۵-۴- جزئیات و اندازه‌های پیش‌تایید شده

جزئیات ارائه شده در بندهای ۵-۴-۲ و ۱۰-۹ تحت عنوان جوش‌های پیش‌تایید شده (PJP) و ذیل بندهای ۵-۴-۱ و ۱۰-۱۰ تحت عنوان جوش‌های پیش‌تایید شده (CJP)، نشان دهنده کفایت آنها در تامین شرایط و گواهی‌های لازم برای سلامت نوار جوش و ذوب آن با فلز پایه می‌باشد؛ هرچند استفاده از این جزئیات دلالت بر تایید اثر آنها بر فلز پایه در خارج از مرز ذوب و یا مناسب بودن جزئیات درز برای کاربرد خاص نخواهد بود.

۴-۳-۵-۵- جزئیات ویژه

در صورت نیاز به رعایت جزئیات خاصی برای شیار جوش، همه موارد باید به‌طور شفاف در اسناد قراردادی ارائه شود.

۴-۳-۵-۶- الزامات بازرسی ویژه

نیاز به هرگونه بازرسی ویژه باید در اسناد قراردادی ارائه شود.

۴-۴- سطح موثر

۴-۴-۱- جوش‌های شیاری

۴-۴-۱-۱- طول موثر جوش. حداکثر طول موثر هر جوش شیاری بدون توجه به امتداد آن، برابر عرض قطعه جوش‌شده عمود بر امتداد تنش فشاری و کششی می‌باشد. برای جوش‌های شیاری انتقال دهنده برش، طول موثر برابر طول نشان داده شده در نقشه است.

۴-۴-۱-۲-اندازه موثر جوش شیاری با نفوذ کامل CJP. اندازه جوش شیاری با نفوذ کامل (CJP)، برابر ضخامت ورق نازکتر جوش شده است. استفاده از ضخامت اضافه گرده جوش[1] ممنوع است. در جدول ۱۰-۷ اندازه جوش شیاری برای اتصالات T، Y و K در اعضای لوله‌ای معرفی شده است.

۴-۴-۱-۳- حداقل اندازه جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی (PJP). حداقل اندازه جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی (PJP) باید مساوی یا بزرگتر از اندازه "(S)" مذکور در بند ۵-۴-۲-۳ (۱) باشد، مگر اینکه دستورالعمل جوشکاری (WPS) مطابق فصل ۶ مورد ارزیابی و تایید قرار گیرد.

۱- Weld reinforcement

۴-۴-۱-۴- اندازه موثر جوش‌های شیاری لبه‌گرد[1]

اندازه موثر جوش‌های شیاری لبه‌گرد که به‌طور کاملاً تراز با جوش پر می‌شود، مطابق جدول ۴-۱ می‌باشد، مگر اینکه طبق بند ۶-۱۲-۴ بنا به کاربرد، اندازه‌های دیگری اجازه داده شود. وقتی‌که شیار به‌طور تراز پرنشده باشد، مقدار گودافتادگی[2] باید از اندازه جوش کسر شود. در جوش‌های شیاری جناغی لبه‌گرد، در صورتی‌که شعاع گردی دو طرف شیار مساوی نباشد، در تعیین اندازه موثر، از شعاع حداقل استفاده می‌شود. در جوش‌های شیاری بین دو نیمرخ قوطی، شعاع گردی مساوی ۲ برابر ضخامت جدار قوطی منظور می‌گردد.

جدول ۴-۱- اندازه موثر جوش شیاری لبه‌گرد و لب‌به‌لب پرشده (به بند ۴-۴-۱-۴ مراجعه شود)

جوش شیاری جناغی لبه‌گرد	جوش شیاری نیم لبه گرد	فرایند جوشکاری
5/8R	5/16R	SMAW و FCAW-S
3/4R	5/8R	GMAW[الف] و FCAW-G
1/2R	5/16R	SAW
الف) به استثنای GMAW-S		
یادداشت: R = شعاع سطح بیرونی		

۴-۴-۱-۵- مساحت موثر جوش‌های شیاری

مساحت موثر جوش‌های شیاری، مساوی حاصل‌ضرب طول موثر در اندازه موثر می‌باشد.

۱- Flare-Groove weld (مثل جوشی که بین دو آرماتور مماس اجرا می‌شود)

2- Underfill U

۴-۴-۲- جوش‌های گوشه

۴-۴-۲-۱- طول موثر (مستقیم). طول موثر جوش گوشه مستقیم معادل کل طول جوش با اندازه کامل و شامل قلاب‌های انتهایی[1] می‌باشد. لزومی به کاهش طول موثر در محاسبات به دلیل چاله‌های ابتدایی و انتهایی[2] جوش نیست.

۴-۴-۲-۲- طول موثر (منحنی). طول موثر جوش گوشه منحنی باید در امتداد محور مرکزی گلویی موثر اندازه‌گیری شود.

۴-۴-۲-۳- طول حداقل. حداقل طول جوش گوشه باید مساوی ۴ برابر اندازه اسمی باشد، به عبارت دیگر، اندازه موثر جوش نباید از ۲۵ درصد طول موثر آن تجاوز نماید.

۴-۴-۲-۴- جوش‌های گوشه منقطع. حداقل طول جوش گوشه منقطع ۴۰ میلیمتر می‌باشد.

۴-۴-۲-۵- حداکثر طول موثر

برای جوش‌های گوشه تحت بار انتهایی با طولی تا ۱۰۰ برابر بعد ساق، می‌توان طول موثر را تمام طول جوش منظور نمود. در صورتی‌که این طول بیش از ۱۰۰ و کمتر از ۳۰۰ برابر اندازه ساق جوش باشد، طول موثر از حاصل‌ضرب طول واقعی در ضریب کاهش زیر حاصل می‌شود:

$$\beta = 1.2 - 0.2\left(\frac{L}{100W}\right) \le 1.0 \qquad (۱-۴)$$

که در آن:

β = ضریب کاهش

L = طول واقعی جوش

W = اندازه ساق جوش

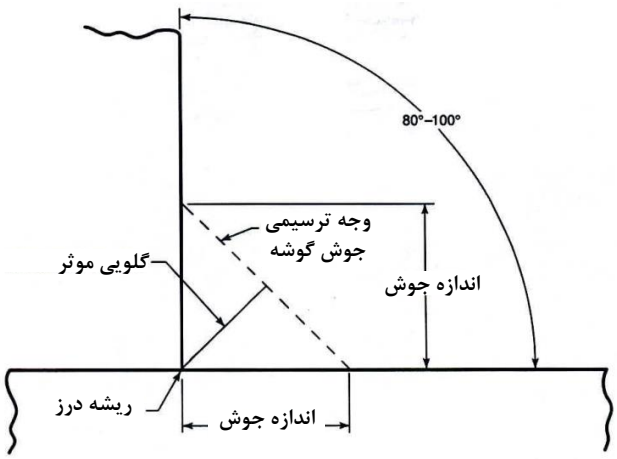
در صورتی‌که طول جوش از ۳۰۰ برابر اندازه جوش بزرگتر شود، طول موثر مساوی ۱۸۰ برابر اندازه ساق منظور می‌شود.

۴-۴-۲-۶- محاسبه اندازه گلویی موثر

برای حالتی که زاویه بین دو قطعه بین ۸۰ تا ۱۰۰ درجه باشد، گلویی موثر مساوی فاصله حداقل ریشه جوش تا وجه ترسیمی[3] جوش (ارتفاع مثلث) (شکل ۴-۱) می‌باشد. محاسبه اندازه گلویی موثر برای جوش‌های گوشه بین دو صفحه با زاویه ۶۰ تا ۸۰ درجه و زاویه بیش از ۱۰۰ درجه باید برمبنای محاسبات هندسی انجام شود. برای جوش‌های گوشه بین

1- End return
2- Start or stop crater
3- Diagrammatic face

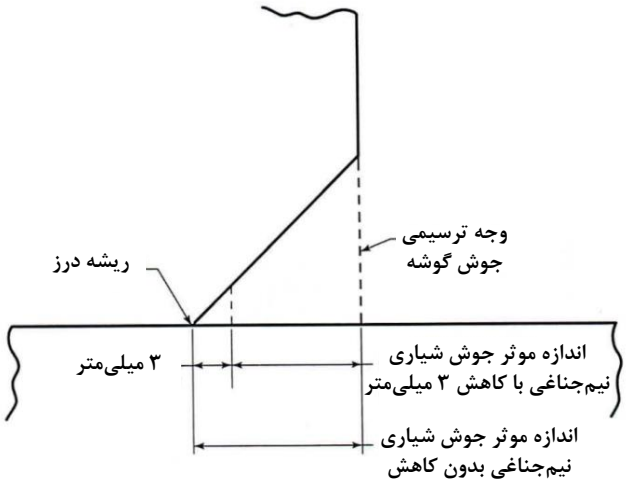
صفحات با زاویه بین ۳۰ تا ۶۰ درجه، طول ساق باید با کاهش بُعد Z افزایش یابد تا اطمینان از سلامت فلز جوش در عبور ریشه[1] به علت زاویه کوچک موجود منظور شود (به بند ۴-۴-۳ مراجعه شود).



شکل ۴-۱- جوش گوشه (به بند ۴-۴-۲-۶ مراجعه شود)

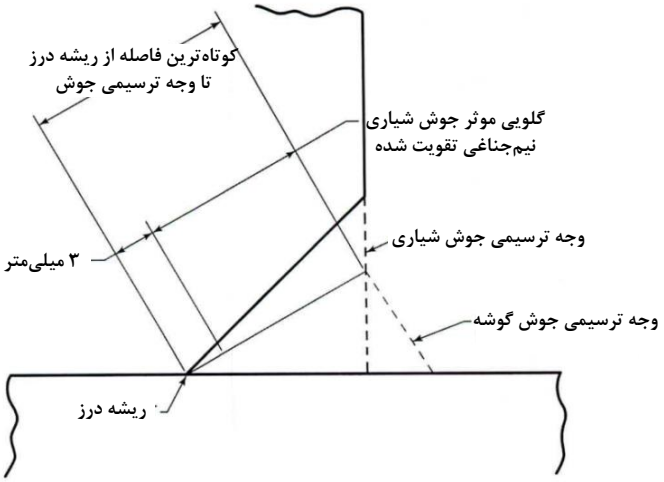
۴-۴-۲-۷- تقویت جوش گوشه[2]

گلویی موثر جوش مرکب از جوش شیاری با نفوذ نسبی (PJP) و جوش گوشه (اشکال ۴-۲، ۴-۳، ۴-۴)، کوتاه‌ترین فاصله از ریشه جوش تا سطح ترسیمی جوش منهای ۳ میلیمتر برای هر شیاری که ملزم به چنین کاهشی است، می‌باشد.

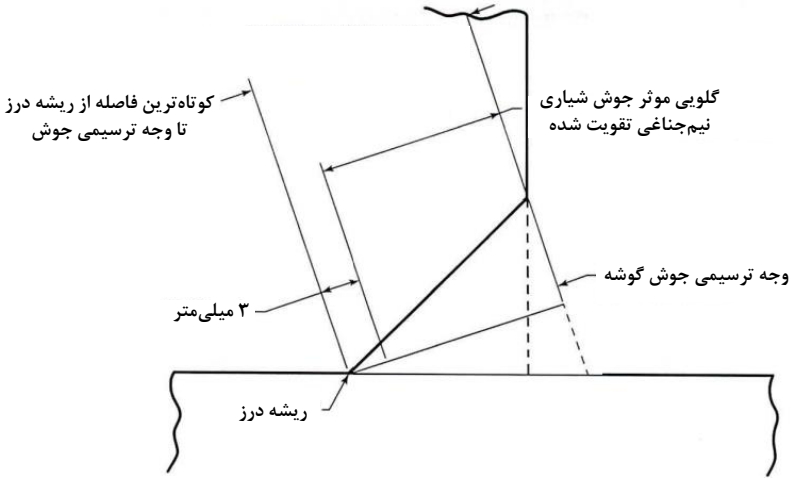


شکل ۴-۲- جوش شیاری نیم‌جناغی تقویت نشده (به بند ۴-۴-۲-۷ مراجعه شود.)

1- Root pass
2- Reinforcing fillet weld

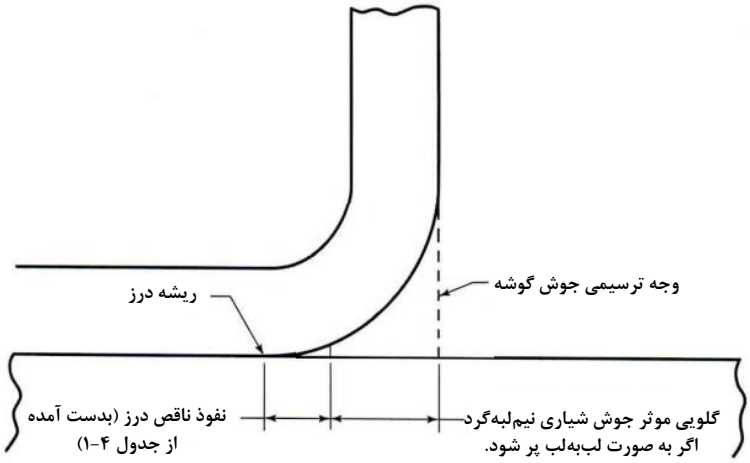


شکل ۴-۳- جوش شیاری نیم‌جناغی تقویت شده با جوش گوشه

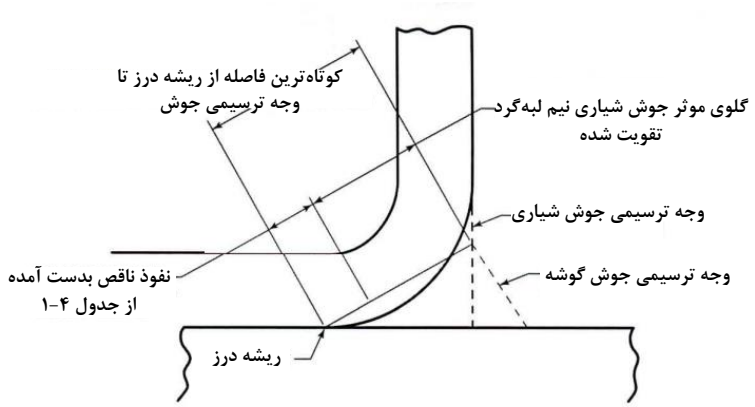


شکل ۴-۴- جوش شیاری نیم‌جناغی تقویت شده با جوش گوشه

گلویی موثر جوش مرکب از جوش شیاری با نفوذ نسبی (PJP) لبه‌گرد و جوش گوشه، برابر با کوتاه‌ترین فاصله از ریشه جوش تا سطح ترسیمی جوش منهای کاهش لازم برای نفوذ نسبی می‌باشد (به جدول ۴-۱، اشکال ۴-۵، ۴-۶ و ۵-۲ مراجعه شود).



شکل ۴-۵- جوش شیاری نیم‌لبه‌گرد تقویت نشده



شکل ۴-۶- جوش شیاری نیم لبه گرد با جوش گوشه تقویت کننده

۴-۴-۲-۸- اندازه حداقل

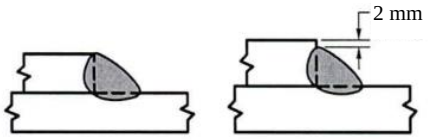
حداقل اندازه جوش گوشه نباید کوچکتر از اندازه لازم برای انتقال نیرو مطابق با الزامات بند ۷-۱۳ باشد.

۴-۴-۲-۹- حداکثر اندازه جوش در اتصالات پوششی

حداکثر اندازه جوش گوشه در امتداد لبه‌های اتصالات پوششی به شرح زیر می‌باشد:

(۱) برای ورق‌های با ضخامت کمتر از ۶ میلی‌متر، مساوی ضخامت ورق می‌باشد. (شکل ۴-۷ جزئیات A)

(۲) برای ورق با ضخامت ۶ میلی‌متر و بزرگتر، ۲ میلی‌متر کوچکتر از ضخامت ورق اما نه کمتر از ۶ میلی‌متر می‌باشد. (شکل ۴-۷، جزئیات B). در صورتی‌که در نقشه‌های ساخت نشان داده شده باشد، فاصله بین لبه ورق و لبه جوش می‌تواند کمتر از دو میلی‌متر و حتی مساوی صفر باشد.



ضخامت فلز پایه کوچک‌تر از ۶ میلیمتر (A)

ضخامت فلز پایه بزرگتر از ۶ میلی‌متر (B)

شکل ۴-۷- حداکثر اندازه جوش گوشه در امتداد لبه‌های اتصالات پوششی

۴-۴-۲-۱۰- مساحت موثر

مساحت موثر مساوی حاصلضرب طول موثر در ضخامت گلویی موثر می‌باشد.

۴-۴-۳- اتصال سپری مایل[1]

۴-۴-۳-۱- کلیات

اتصالاتی که زاویه بین دو ورق در آن بیش از ۱۰۰ درجه و کمتر از ۸۰ درجه باشد، اتصالات سپری مایل نامیده می‌شود. در شکل ۵-۴، جزئیات اتصال سپری (T) پیش‌پذیرفته[2] نشان داده شده است. جزئیات اتصال برای سمت حاده[3] (تند) و سمت منفرجه[4] (باز) می‌تواند به طور توام یا به‌طور مستقل برحسب شرایط بهره‌برداری و با منظور کردن کامل اثر برون‌محوری در طراحی، مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۴-۳-۲- جوش در زاویه حاده بین ۶۰ تا ۸۰ درجه و زاویه منفرجه بیش از ۱۰۰ درجه

وقتی‌که جوش در زاویه حاده بین ۶۰ تا ۸۰ درجه و زاویه منفرجه بیش از ۱۰۰ درجه انجام می‌شود، در اسناد قراردادی باید گلویی موثر جوش مشخص شود. در نقشه‌های ساخت باید به‌طور واضح هندسه مقطع جوش همراه با ابعاد ساق‌ها به منظور حصول گلویی موثر لازم، مشخص شود.

۴-۴-۳-۳- جوش در زاویه حاده بین ۳۰ تا ۶۰ درجه

وقتی‌که جوش در زاویه حاده کمتر از ۶۰ درجه و مساوی یا بیشتر از ۳۰ درجه انجام می‌شود، (شکل ۵-۴- ت)، اندازه گلویی موثر باید به اندازه کاهش بعد Z مجاز[5] (جدول ۴-۲) افزایش یابد. در اسناد قراردادی باید اندازه گلویی موثر ذکر

1- Skewed T-Joints
2- Prequlaified
3- Acute
4- Obtuse
5- Z-loss allowance

شود. در نقشه‌های ساخت، اندازه ساق‌ها باید طوری مشخص شود که گلویی موثر به اضافه کاهش بعد Z مجاز (جدول ۴-۲) تامین شود.

جدول ۴-۲- کاهش بعد Z (غیرلوله‌ای)

زاویه دووجهی	وضعیت سربالا یا سقفی		وضعیت تخت یا افقی	
	فرایند جوشکاری	Z (mm)	فرایند جوشکاری	Z (mm)
$60° > \psi \geq 45°$	SMAW	۳	SMAW	۳
	FCAW-S	۳	FCAW-S	۰
	FCAW-G	۳	FCAW-G	۰
	GMAW	بدون کاربرد	GMAW	۰
$45° > \psi \geq 30°$	SMAW	۶	SMAW	۶
	FCAW-S	۶	FCAW-S	۳
	FCAW-G	۶	FCAW-G	۶
	GMAW	بدون کاربرد	GMAW	۶

تذکرات:

۱- جوشکاری

FCAW-S = جوشکاری قوسی با سیم توپودری- بدون حفاظ گاز

FCAW-G = جوشکاری قوسی با سیم توپودری- با حفاظ گاز

۴-۴-۳-۴- جوش اتصال نبشی با زاویه کوچکتر از ۳۰ درجه

نوارهای جوشی که در اتصال نبشی با زاویه‌ای کوچکتر از ۳۰ درجه اجرا می‌شوند، نباید در انتقال نیرو سهیم باشند، مگر در اتصالات اعضای لوله‌ای (بند ۴-۴-۱۴-۱۰-۲).

۴-۴-۳-۵- طول موثر

طول موثر جوش گوشه اتصالات سپری مایل، مساوی طول تمام جوش می‌باشد. لزومی به کاهش طول جوش در ابتدا و انتهای نوار جوش در محاسبات نمی‌باشد.

۴-۴-۳-۶- حداقل اندازه جوش

در این خصوص الزامات بند ۴-۴-۲-۸ باید اعمال شود.

۴-۴-۳-۷- گلویی موثر

گلویی موثر جوش گوشه اتصالات سپری مایل با زاویه بین ۳۰ تا ۶۰ درجه، مساوی حداقل فاصله از ریشه تا وجه ترسیمی جوش منهای اندازه کاهش بعد Z می‌باشد. گلویی موثر اتصالات سپری مایل با زاویه بین ۶۰ تا ۸۰ درجه و زاویه بیش از ۱۰۰ درجه مساوی کوتاه‌ترین فاصله از ریشه تا رویه[1] جوش می‌باشد.

۴-۴-۳-۸- مساحت موثر

مساحت موثر جوش اتصالات سپری مایل مساوی حاصل‌ضرب گلویی موثر در طول موثر می‌باشد.

۴-۴-۴- جوش گوشه درون سوراخ یا شکاف

۴-۴-۴-۱- محدودیت‌های قطر و عرض

حداقل قطر سوراخ یا عرض شکافی که جوش گوشه در محیط آن اجرا می‌شود، نباید از مقدار ضخامت ورقی که جوش می‌شود به اضافه ۸ میلیمتر، کوچکتر باشد.

۴-۴-۴-۲- دو انتهای شکاف

دو انتهای شکاف که به انتهای ورق منتهی نمی‌شود، باید بصورت نیم‌دایره و یا با گوشه‌های گرد با شعاعی معادل با حداقل ضخامت ورقی باشد که جوش می‌شود.

۴-۴-۴-۳- طول موثر

طول موثر جوش محیطی سوراخ یا شکاف، مساوی طول جوش در امتداد میان‌تار گلویی موثر می‌باشد.

۴-۴-۴-۴- مساحت موثر

مساحت موثر جوش گوشه در محیط سوراخ یا شکاف، مساوی حاصل‌ضرب طول موثر در گلویی موثر است. برای جوش‌های گوشه که اندازه آنها به گونه‌ای است که در محور مرکزی جوش همپوشان می‌شوند، مساحت موثر نباید بزرگتر از مساحت سوراخ یا شکاف در فصل مشترک دو ورق پوششی در نظر گرفته شود.

1- Face

۴-۴-۵- جوش‌های انگشتانه و کام[1]

۴-۴-۵-۱- محدودیت‌های قطر و عرض

حداقل قطر سوراخ یا عرض شکافی که در آن جوش انگشتانه و کام اجرا می‌شود، نباید کمتر از ضخامت ورق به علاوه ۸ میلی‌متر باشد. حداکثر قطر سوراخ یا عرض شکاف نباید از مقدار حداقلی آن به اضافه ۳ میلیمتر یا ۲/۵ برابر ضخامت ورق، هرکدام که بزرگتر است، بیشتر باشد.

۴-۴-۵-۲- طول شکاف و شکل آن

طول شکاف نباید بزرگتر از ۱۰ برابر ضخامت ورق باشد. انتهای شکاف باید بصورت نیم‌دایره و یا با گوشه‌های گرد با شعاعی معادل با حداقل ضخامت ورقی باشد که جوش می‌شود.

۴-۴-۵-۳- مساحت موثر

مساحت موثر جوش انگشتانه و کام مساوی مساحت سوراخ و یا شکاف در فصل مشترک دو ورق می‌باشد.

۴-۴-۵-۴- حداقل عمق پرشدگی جوش انگشتانه و کام

حداقل عمق پرشدگی جوش انگشتانه و کام باید منطبق بر الزامات زیر باشد:

۱- برای جوش انگشتانه و کام در ورقی به ضخامت ۱۶ میلی‌متر و کمتر، برابر با ضخامت ورق می‌باشد.

۲- برای جوش انگشتانه و کام در ورق با ضخامت بیش از ۱۶ میلی‌متر، برابر با نصف ضخامت ورق و یا ۱۶ میلیمتر، هر کدام که بزرگترند، می‌باشد.

در هیچ حالتی حداقل عمق پرشدگی نباید بزرگتر از ضخامت ورق نازکتر باشد.

1 - Plug and Slot Welds

قسمت ب: الزامات خاص برای طراحی اتصالات غیرلوله‌ای

(بارهای استاتیکی و یا چرخه‌ای (سیکلی))

۴-۵- کلیات

الزامات ویژه قسمت ب همراه با الزامات قسمت الف باید به تمام اتصالات غیرلوله‌ای اعضای تحت بارهای استاتیکی اعمال شوند. الزامات قسمت الف و ب، به جز آنهایی که در قسمت پ به نحوی اصلاح شده‌اند، باید به بارهای چرخه‌ای (سیکلی) نیز اعمال گردند.

۴-۶- تنش‌ها

۴-۶-۱- تنش‌های محاسباتی

تنش‌های محاسباتی که باید با تنش‌های مجاز مورد مقایسه قرار گیرند، تنش‌های اسمی بدست آمده از تحلیل مناسب یا با استفاده از الزامات مقاومت حداقل اتصال برمبنای آیین‌نامه‌های طراحی کاربردی هستند.

۴-۶-۲- تنش‌های محاسباتی به علت برون‌محوری

تنش‌های محاسباتی که با تنش‌های مجاز مقایسه می‌شوند، باید با درنظرگرفتن هرگونه برون‌محوری ناشی از غیرهم‌محوری اعضای متصل بهم، موقعیت، اندازه و نوع جوش، محاسبه شوند؛ به استثنای موارد زیر:
برای سازه‌های تحت باراستاتیکی، در اتصال جوش انتهایی نبشی تک، نبشی زوج یا اعضای مشابه لازم نیست هندسه جوش گوشه بصورت متعادل حول محور یا محورهای خنثی طراحی شود. در این حالت می‌توان طول جوش‌های پنجه و یا پاشنه نبشی را براساس طول‌های قابل دسترس موجود طراحی نمود.

۴-۶-۳- تنش‌های مجاز فولاد پایه

تنش‌های محاسباتی فولاد پایه در مجاورت جوش نباید از مقادیر مجاز آیین‌نامه‌ای تجاوز نماید.

۴-۶-۴- تنش‌های مجاز فولاد جوش

تنش‌های محاسباتی روی سطح موثر درزهای جوش‌شده نباید از مقادیر جدول ۴-۳ تجاوز نماید، مگر آنکه در بندهای ۴-۶-۴-۲، ۴-۶-۴-۳ و ۴-۶-۴-۴ مجاز شمرده شوند. استفاده از بند ۴-۶-۴-۲ باید به تحلیل جوش گوشه خطی تک یا گروه جوش گوشه شامل جوش‌های گوشه خطی موازی که تمام آنها تحت یک زاویه بارگذاری شده‌اند، محدود شود.

جدول ۴-۳: تنش‌های مجاز- روش تنش مجاز (ASD) (به بند ۴-۶ و ۴-۱۶-۱ مراجعه شود)

مقاومت فلز جوش مورد نیاز	تنش مجاز	نوع تنش روی سطح موثر
جوش شیاری با نفوذ کامل (CJP)		
باید از فلز جوش سازگار استفاده شود[b]	مشابه فلز پایه	کشش عمود بر سطح موثر[a]
فلز جوش با مقاومت مساوی یا یک رده پائین‌تر (۷۰ MPa) از فلز پرکننده استفاده شود.	مشابه فلز پایه	فشار عمود بر سطح موثر
فلز جوش با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.	طراحی ندارد.	کشش یا فشار موازی محور جوش[c]
	۰/۳ برابر مقاومت کششی فلز جوش (تنش برشی فلز پایه نباید از ۰/۴ برابر مقاومت تسلیم فلز پایه تجاوز کند).	برش روی سطح موثر
جوش شیاری با نفوذ نسبی (PJP)		
فلز جوش با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.	۰/۳ برابر مقاومت کششی فلز جوش	کشش عمود بر سطح موثر
	۰/۹ برابر مقاومت کششی فلز جوش (تنش کششی نباید از ۰/۹ برابر مقاومت کششی فلز پایه تجاوز کند).	فشار عمود بر سطح موثر جوش در اتصالات طراحی شده برای تحمل نیرو
	۰/۷۵ برابر مقاومت کششی اسمی فلز جوش	فشار عمود بر سطح موثر جوش در اتصالاتی که برای تحمل نیرو طراحی نشده‌اند.
	طراحی ندارد.	کشش یا فشار موازی محور جوش[c]
	۰/۳ برابر مقاومت کششی فلز جوش (تنش برشی فلز پایه نباید از ۰/۴ برابر مقاومت تسلیم فلز پایه تجاوز کند).	برش موازی محور سطح موثر
جوش گوشه		
فلز جوش با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.	۰/۳ برابر مقاومت کششی فلز جوش (تنش خالص سطح برشی فلزپایه نباید از ۰/۴ برابر مقاومت تسلیم فلز پایه تجاوز کند.)[e,d]	برش روی سطح موثر یا جوش
	طراحی ندارد.	کشش یا فشار موازی محور جوش[c]
جوش انگشتانه و کام		
فلزجوش با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.	۰/۳ برابر مقاومت کششی فلز جوش	برش موازی سطوح متصل شده به وسیله جوش، روی سطح موثر[f]

a: برای تعریف سطوح موثر به بند ۴-۴ مراجعه شود.

b: برای تطبیق مقاومت فلز جوش با فلز پایه، به جدول ۵-۳، ۵-۴ و ۶-۹ مراجعه شود.

c: جوش‌های گوشه و شیاری که اتصال اعضای ساخته شده به یکدیگر را فراهم می‌کنند، مجاز به طراحی بدون توجه به تنش‌های کششی و فشاری در اجزای متصل به موازات محور جوش هستند.

d: محدودیت تنش در فلز پایه به ۰/۴ برابر مقاومت تسلیم فلز پایه، روی تنش بر روی ساق ترسیمی جوش اعمال نمی‌شود. با این حال، بررسی برای اطمینان از اینکه مقاومت درز اتصال بوسیله ضخامت فلز پایه در ناحیه اطراف اتصال محدود نمی‌شود. به ویژه در مورد جفت جوش‌های گوشه مقابل هم روی ورق لازم است.

e: به عنوان جایگزین، بند ۴-۶-۴-۲، ۴-۶-۴-۳ و ۴-۶-۴-۴ پاورقی d ملاحظه شود.

f: ظرفیت اتصال باید به ظرفیت بار گسیختگی فلز پایه با ضخامت کمتر در ناحیه محیطی اطراف درز، محدود شود.

جدول ۴-۳: مقاومت موجود جوش‌ها روش ضریب بار و مقاومت (LRFD)**

نوع جوش	نوع بار و جهت آن نسبت به محور جوش	نوع فلز حاکم بر تعیین مقاومت جوش	ضریب کاهش مقاومت (ϕ) یا افزایش مقاومت مجاز (Ω)	تنش اسمی (F_{nBm} یا F_{nw})
جوش شیاری با نفوذ کامل و لبه آماده شده	کششی‌عمودبرمحورجوش		مقاومت اتصال براساس فلز پایه تعیین می‌شود.	
	فشاری‌عمودبرمحورجوش		مقاومت اتصال براساس فلز پایه تعیین می‌شود.	
	کششی و یا فشاری موازی با محور جوش		طراحی ندارد.	
	برشی		مقاومت اتصال براساس فلز پایه تعیین می‌شود.	
جوش شیاری با نفوذ نسبی	کششی در امتداد عمود بر محورجوش	براساس فلز پایه	$\phi = 0.75$ $\Omega = 2.0$	$F_{nBM} = F_u$ *
		براساس فلز جوش (الکترود مصرفی)	$\phi = 0.8$ $\Omega = 1.88$	$F_{nw} = 0.6F_{ue}$ *
	فشاری- ستون بر کف ستون و وصله‌های ستون	طراحی ندارد		
	فشاری- در اعضای با سطوح در تماس با هم (به غیر از ستون‌ها)	براساس فلز پایه	$\phi = 0.9$ $\Omega = 1.67$	$F_{nBM} = F_y$ *
		براساس فلز جوش (الکترود مصرفی)	$\phi = 0.8$ $\Omega = 1.88$	$F_{nw} = 0.6F_{ue}$
	فشاری- اتصالات اعضای بدون سطوح در تماس با هم	براساس فلز پایه	$\phi = 0.9$ $\Omega = 1.67$	$F_{nBM} = F_y$
		براساس فلز جوش (الکترود مصرفی)	$\phi = 0.8$ $\Omega = 1.88$	$F_{nw} = 0.9F_{ue}$
	کششی یا فشاری موازی با محورجوش		طراحی ندارد	
	برشی	براساس فلز پایه		$F_{nBM}\ A_{BM}$
		براساس فلز جوش (الکترود مصرفی)	$\phi = 0.75$ $\Omega = 2.0$	$F_{nw} = 0.6F_{ue}$
جوش گوشه	برشی	براساس فلزپایه	$F_{nBM}\ A_{BM}$	$F_{nBM}\ A_{BM}$
		براساس فلز جوش (الکترود مصرفی)	$\phi = 0.75$ $\Omega = 2.0$	$F_{nw} = 0.6F_{ue}$
	کششی یا فشاری، موازی با محورجوش		طراحی ندارد	
جوش انگشتانه و کام	برشی، موازی سطح تحت برش (روی مقطع موثر)	براساس فلز پایه		$F_{nBM}\ A_{BM}$
		براساس فلز جوش (الکترود مصرفی)	$\phi = 0.75$ $\Omega = 2.0$	$F_{nw} = 0.6F_{ue}$

* F_y = تنش تسلیم فلز پایه، F_u = تنش کششی نهایی فلز پایه، F_{ue} = تنش کششی نهایی فلز جوش

** به جدول ۱۰-۲-۹-۳ آیین‌نامه طراحی سازه‌های فولادی (مبحث دهم مقررات ملی) مراجعه شود.

F_{nBm} = تنش اسمی فلز پایه مطابق جدول ۴-۳

F_{nw} = تنش اسمی فلز جوش مطابق جدول ۴-۳

A_{BM} = مساحت مقطع فلز پایه

A_{we} = مساحت موثر جوش

جدول ۴-۴: ضرایب مقاومت معادل برای جوش گوشه با بارگذاری مورب (به بند ۴-۶-۴-۴ مراجعه شود)							
زاویه بار برای جزء درحال تحلیل	زاویه بار برای جزء جوش با کمترین قابلیت تغییرشکل						
Θ	C (90)	C (75)	C (60)	C (45)	C (30)	C (15)	C (0)
0	0.825	0.849	0.876	0.909	0.948	0.994	1
15	1.02	1.04	1.05	1.07	1.06	0.883	
30	1.16	1.17	1.18	1.17	1.10		
45	1.29	1.30	1.29	1.26			
60	1.40	1.40	1.39				
75	1.48	1.47					
90	1.50						

ملاحظه: جزء جوش با کمترین قابلیت تغییرشکل، جزء با بیشترین زاویه بارگذاری خواهد بود.

درونیابی خطی بین زوایای بار مجاور مجاز می‌باشد.

۴-۶-۴-۱- تنش در جوش گوشه

صرفنظر از امتداد بار وارده، تنش در جوش گوشه باید بصورت برش وارد بر سطح موثر در نظر گرفته شود.

۴-۶-۴-۲- روش جایگزین برای تنش مجاز جوش گوشه

برای یک خط جوش گوشه یا گروه جوش گوشه متشکل از خطوط جوش گوشه موازی که تمام آنها تحت یک زاویه تحت نیرو قرار گرفته‌اند و بارها در صفحه‌ای مار بر مرکز هندسی گروه جوش قرار دارد، تنش مجاز را می‌توان از رابطه ۴-۲ تعیین نمود:

$$F_v = 0.30F_{EXX}\left(1+0.5\sin^{1.5}\theta\right) \qquad (۲-۴)$$

که در آن:

F_v = تنش مجاز بر واحد سطح

F_{EXX} = مقاومت کششی نهایی الکترود

θ = زاویه بین امتداد نیرو و محور جوش (درجه)

۴-۶-۴-۳- مرکز آنی دوران

تنش‌های مجاز جوش در گروه جوش تحت بار صفحه‌ای که با استفاده از روش مرکز آنی دوران تحلیل شده و سازگاری تغییرشکل‌ها و رفتار غیرخطی بار- تغییرشکلِ جوش‌ها (بارگذاری با زاویه متغیر)، در آنها لحاظ می‌شود، به قرار زیر خواهد بود:

$$F_{vx} = \sum F_{vix}$$
$$F_{vy} = \sum F_{viy} \qquad (۳-۴)$$

$$F_{vi} = 0.30F_{EXX}\left(1.0 + 0.50\sin^{1.5}\Theta\right)F(\rho)$$

$$F(\rho) = \left[\rho(1.9 - 0.9\rho)\right]^{0.3}$$

$$M = \sum\left[F_{viy}(x) - F_{vix}(y)\right]$$

که در آن:

F_{vx} = نیروی داخلی کل در امتداد x

F_{vy} = نیروی داخلی کل در امتداد y

F_{vix} = مولفه x تنش F_{vi}

F_{viy} = مولفه y تنش F_{vi}

M = لنگر نیروهای داخلی حول مرکز آنی دوران

$\rho = \left(\Delta_i/\Delta_m\right)$ نسبت تغییرشکل i به تغییرشکل جزء جوش در محل تنش حداکثر.

$$\Delta_m = 0.209(\theta + 6)^{-0.32}W$$

Δ_m = تغییرشکل جزء جوش در محل تنش حداکثر (میلی‌متر)

$$\Delta_u = 1.087(\theta + 6)^{-0.65}W\ ,\ < 0.17W$$

Δ_u = تغییرشکل جزء جوش در تنش نهایی (شکست)، معمولاً در دورترین نقطه نسبت مرکز آنی دوران (میلی‌متر).

W = اندازه ساق جوش گوشه

Δ_i = تغییرشکل جزء جوش در سطوح تنش متوسط، تناسب خطی با تغییرشکل بحرانی براساس فاصله از مرکز آنی دوران

$\Delta_i = \dfrac{r_i \times \Delta_u}{r_{crit}}$ (میلی‌متر)

x = مولفه x_i شعاع r_i

y = مولفه y_i شعاع r_i

r_{crit} = فاصله از مرکز آنی دوران تا جزء جوش با حداقل نسبت Δ_u/r_i (میلی‌متر)

۴-۶-۴-۴- گروه جوش تحت بار هم‌مرکز

برای گروه جوش تحت بار هم‌مرکز، تنش مجاز جوش برای هر یک از اجزای گروه جوش را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$F_v = 0.3CF_{EXX} \qquad (۴-۴)$$

که در آن:

F_v = تنش مجاز واحد سطح جوش

F_{EXX} = مقاومت کششی نهایی الکترود

C = ضریب مقاومت معادل برای جوش‌های مورب (جدول ۴-۴)

۴-۶-۵- افزایش تنش مجاز

در صورتی‌که آیین‌نامه طراحی فولاد، اجازه افزایش تنش را در حالاتی برای فولاد پایه منظور نماید و جوش تحت بارهای چرخه‌ای (سیکلی) قرار نداشته باشد، این نسبت افزایش را می‌توان در تنش مجاز جوش نیز منظور نمود.

۴-۷- هندسه و جزئیات اتصال

۴-۷-۱- الزامات عمومی

اتصالات جوشی باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که نیازهای مقاومتی، سختی یا انعطاف‌پذیری مقرر در مشخصات فنی را برآورده نمایند.

۴-۷-۲- اتصالات و وصله‌های اعضای فشاری

۴-۷-۲-۱- اتصالات و وصله‌هایی که برای تحمل فشار اتکایی پرداخت می‌شوند، به استثنای اتصال به ورق پای ستون

وصله ستون‌هایی که سطح تماس آنها برای تحمل فشار تماسی پرداخت می‌شود، باید به کمک جوش شیاری با نفوذ نسبی (PJP) یا جوش گوشه کافی برای حفظ اجزای مقطع در محل خود متصل شوند، مگر اینکه به نحو دیگری در مشخصات فنی ذکر شود. وقتی انتهای اعضای فشاری غیر از ستون‌ها به منظور فشار تماسی پرداخت می‌شود، وصله باید برای حفظ اجزای مقطع در امتداد خود و حداقل ۵۰ درصد نیروی عضو طراحی شوند. الزامات جدول ۵-۵ یا جدول ۷-۷ باید برآورده شود.

۴-۷-۲-۲- اتصالات و وصله‌هایی که برای تحمل فشار اتکایی پرداخت نمی‌شوند، به استثنای اتصال به ورق کف ستون

در صورتی‌که انتهای ستون‌ها و سایر اعضای فشاری در محل وصله برای تحمل فشار اتکایی پرداخت نشده باشد، وصله باید برای انتقال نیروهای داخلی عضو طراحی شود، مگر اینکه در مشخصات فنی استفاده از جوش شیاری نفوذی (CJP) یا شرایط سخت‌گیرانه‌تر مقرر شده باشد. الزامات جدول ۵-۵ یا جدول ۷-۷ باید برآورده شود.

۴-۷-۲-۳- اتصال به ورق پای‌ستون

در ورق پای ستون و سایر اعضای فشاری، اتصال باید برای حفظ ایمن عضو در محل خود کافی باشد.

۴-۷-۳- تنش‌های درون‌ضخامت[1]

در اتصالات T (سپری) و L (گونیا) که برای انتقال تنش عمود بر اجزای اتصال طراحی می‌شوند، به خصوص وقتی‌که ضخامت فلز پایه قطعه انشعابی و یا اندازه جوش لازم مساوی یا بزرگتر از ۲۰ میلیمتر می‌باشد، لازمست تدابیر خاصی در طراحی، جزئیات‌بندی و انتخاب نوع فلز پایه مورد توجه قرار گیرد. تا حد امکان استفاده از جزئیاتی که شدت تنش را در فلز پایه در امتداد تنش درون‌ضخامت به حداقل می‌رساند، ضروری است. از به کار بردن اندازه جوشِ بزرگتر از مقدار لازم برای انتقال تنش، باید اجتناب شود. اضافه شدت تنش درون‌ضخامت می‌توانند باعث پارگی لایه‌ای در فلز پایه شود.

۴-۷-۴- ترکیب جوش‌ها

اگر دو یا چند نوع جوش مختلف (شیاری، گوشه، انگشتانه، کام) برای تحمل نیرو در امتداد مشخص با هم ترکیب گردند، ظرفیت اتصال را می‌توان مجموع ظرفیت انواع مختلف جوش در امتداد بار وارده در نظر گرفت. جوش گوشه که برای تقویت جوش شیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد، مستثنی از این دستورالعمل است (اشکال ۴-۳، ۴-۴ و ۴-۵).

۴-۷-۵- ملایم‌سازی[2] سطح جوش‌های لب‌به‌لب، گونیا (L) و سپری (T)

از جوش گوشه می‌توان برای ملایم‌سازی سطح جوش‌های شیاری با نفوذ کامل (CJP) و با نفوذ نسبی (PJP) به منظور کاهش تمرکز تنش در جوش‌های لب‌به‌لب با ضخامت متفاوت، گونیا و سپری استفاده نمود. اندازه جوش گوشه تحت بارگذاری استاتیکی نباید از ۸ میلیمتر بزرگتر باشد. برای اینکار محدودیت شعاع حداقل وجود ندارد. جوش‌های نفوذی در اتصالات گونیا و سپری که به صورت طبیعی با جوش‌های شبه‌گوشه تقویت شده‌اند، نباید مردود اعلام شوند و سنگ زده شوند.

۴-۷-۶- سوراخ دسترسی جوش

در صورت نیاز به سوراخ دسترسی، ابعاد آن باید برای ایجاد نوار سالم جوش کافی باشد. ابعاد و اندازه سوراخ دسترسی باید مطابق بند ۷-۱۶-۱ باشد. طراح باید به این نکته توجه داشته باشد که ابعاد سوراخ دسترسی در سطح مقطع خالص عضو تاثیر دارد.

۴-۷-۷- ترکیب جوش با پیچ و پرچ

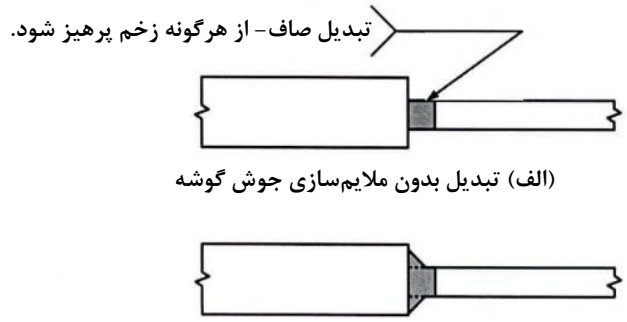
ورق اتصال در یک سمت درز می‌تواند جوشی و در سمت دیگر بصورت پیچی یا پرچی باشد. در صورت ترکیب جوش و پیچ در یک سمت درز، سازگاری کرنش بین پیچ و جوش باید مورد توجه قرار گیرد.

1- Base metal through- thickness loading
2- Contouring

۴-۸- هندسه و جزئیات درزها[1]- جوش‌های شیاری

۴-۸-۱- تبدیل در ضخامت و عرض

برای سازه‌های تحت بار استاتیکی، نیازی به تبدیل با ملایم‌سازی جوش گوشه نمی‌باشد. در صورت نیاز به استفاده از جوش شیاری برای تبدیل ضخامت با ملایم‌سازی، ملاحظات و ضوابط آن باید در مشخصات فنی و اسناد قراردادی ذکر شود (به شکل ۴-۸ مراجعه شود).



(الف) تبدیل بدون ملایم‌سازی جوش گوشه

(ب) تبدیل با ملایم‌سازی جوش گوشه

شکل ۴-۸: تبدیل در ضخامت (تحت بار استاتیکی غیرلوله‌ای) (به بند ۴-۷-۵ و ۴-۸-۱ مراجعه شود.)

۴-۸-۲- ممنوعیت جوش شیاری منقطع با نفوذ کامل

استفاده از جوش‌های شیاری با نفوذ کامل (CJP) بصورت منقطع و طول محدود مجاز نیست، مگر برای نیمرخ‌های ساخته شده از ورق[2] با جوش‌های گوشه که در نواحی تحت بار متمرکز به منظور انتقال موضعی تنش، از جوش شیاری با نفوذ کامل استفاده شده باشد. جوش شیاری نفوذی باید به مقدار حداقل طول لازم برای انتقال نیروی متمرکز با اندازه یکنواخت اجرا شود. بعد از این طول، اندازه جوش شیاری باید در طولی به مقدار حداقل ۴ برابر اندازه جوش تا مقدار صفر کاهش یابد. قبل از اجرای جوش گوشه، شیار باید به‌طور کامل با جوش پر شود.

۴-۸-۳- جوش شیار منقطع با نفوذ نسبی

برای انتقال نیروی برش بین قطعات متصل، می‌توان از جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی منقطع، نیم لبه‌گرد و لبه‌گرد استفاده نمود.

1- Joint
2- Built up section

۴-۸-۴- سنگ‌زدن ناودان (گوشواره) جوش[1]

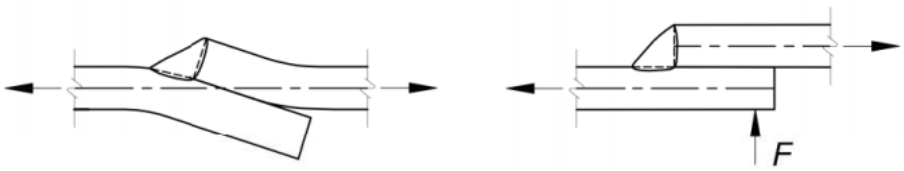
برای اعضای غیرلوله‌ای تحت بار استاتیکی لزومی به سنگ‌زدن و برداشتن ناودان جوش نیست. در صورت لزوم به حذف ناودان و یا سنگ‌زدن سطح جوش، لازمست در مشخصات فنی و اسناد پیمان ذکر شود.

۴-۹- هندسه و جزئیات درزها[2]- جوش گوشه

۴-۹-۱- درز پوششی (رویهم)

۴-۹-۱-۱- جوش‌های گوشه عرضی

در درزهای پوششی تحت تنش‌های محوری باید از جوش‌های گوشه عرضی (عمود بر امتداد نیرو) به صورت زوج (دوطرفه) استفاده شود (شکل ۴-۹)، مگر اینکه اتصال به قدر کافی مقید شده باشد تا از بازشدن آن تحت تاثیر بار جلوگیری نماید. (مثل اتصالات پوششی ورق‌ریزی کف مخزن).

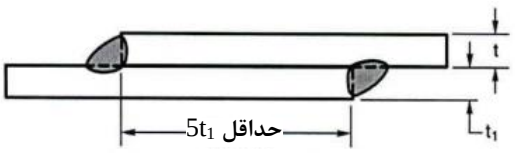


الف) مقید ب) نامقید

۴-۹-۱-۲- حداقل طول پوشش

حداقل طول پوشش در اتصالات پوششی که تحت اثر نیرو قرار دارند، مساوی ۵ برابر ضخامت ورق نازکتر می‌باشد که نباید از ۲۵ میلی‌متر کوچکتر شود.

درز پوششی باید با دو رشته جوش گوشه (شکل ۴-۹)، یا حداقل دو ردیف جوش انگشتانه و یا کام و یا ترکیبی از جوش گوشه و جوش انگشتانه یا کام جوش شود، مگر اینکه برای تغییرشکل خارج از صفحه مقید شده باشد.



1- Weld tab removal
2- Joints

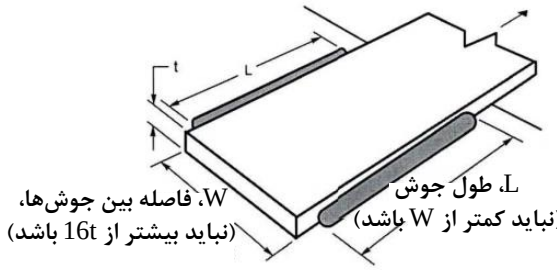
کمتر از ۲۵ میلی‌متر نباشد.

ملاحظه: t: عضو با ضخامت بیشتر، t_1: عضو با ضخامت کمتر

شکل ۴-۹- جوش گوشه عرضی (عمود بر امتداد نیرو) (به بند ۴-۹-۱-۱ و ۴-۹-۱-۲ مراجعه شود)

۴-۹-۲- جوش‌های گوشه طولی

طول هر کدام از جوش‌ها در جوش‌های گوشه طولی اجرا شده در درزهای پوششی که در اتصال انتهایی تسمه‌ها قرار گرفته‌اند، نباید از فاصله بین آن دو کمتر باشد (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴-۱۰- حداقل طول جوش گوشه طولی در اتصال انتهایی تسمه‌ها

فاصله عرضی جوش‌های گوشه طولی که در اتصال انتهایی اعضا به کار می‌روند نباید از ۱۶ برابر ضخامت ورق نازکتر بیشتر شود، مگر اینکه با استفاده از جوش‌های انگشتانه و کام از جدا شدن فصل مشترک دو قطعه جلوگیری شود. جوش‌های گوشه طولی می‌توانند در دو لبه و یا شکاف ایجاد شده در داخل تسمه اجرا شوند. طراحی اتصالات با استفاده از جوش‌های گوشه طولی برای اعضای غیر از تسمه‌های تخت، باید مطابق الزامات مشخصات فنی طرح باشد.

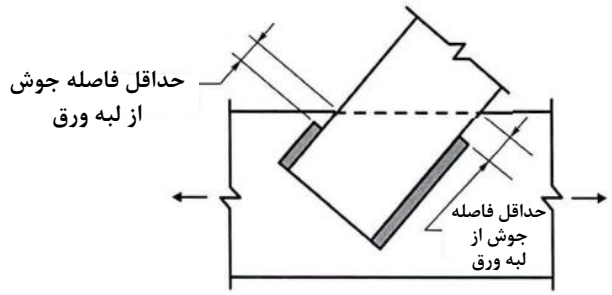
۴-۹-۳- انتهای جوش گوشه

۴-۹-۳-۱- کلیات

جوش گوشه را می‌توان تا انتها یا کناره‌های عضو ادامه داد و یا می‌توان جوش را در انتها بصورت قلاب درآورد، مگر اینکه طبق مفاد زیر محدود شده باشند.

۴-۹-۳-۲- درزهای پوششی تحت کشش

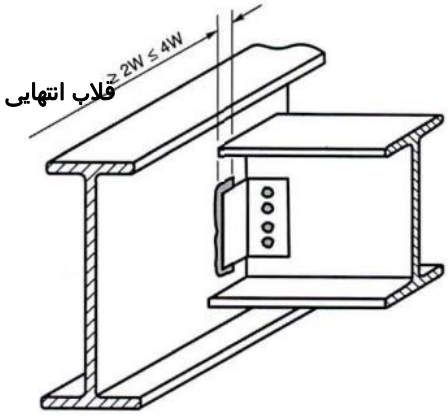
مطابق شکل ۴-۱۱، در درزهای پوششی تحت کشش که عرض ورق تحتانی بزرگتر از عرض تسمه می‌باشد، جوش گوشه طولی باید در فاصله‌ای نه کمتر از اندازه جوش از لبه ورق، قطع شود.



شکل ۴-۱۱- انتهای جوش‌های نزدیک به لبه تحت کشش (بند ۴-۹-۳-۲ ملاحظه شود.)

۴-۹-۳-۳- حداکثر طول قلاب انتهایی

مطابق شکل ۴-۱۲ طول قلاب انتهایی نباید از ۲ برابر ساق جوش کمتر و از ۴ برابر ساق جوش بزرگتر باشد.



W = اندازه اسمی ساق جوش

شکل ۴-۱۲- قلاب انتهایی در اتصال انعطاف‌پذیر با نبشی جان (به بند ۴-۹-۳-۳ و ۴-۱۷-۶ مراجعه شود.)

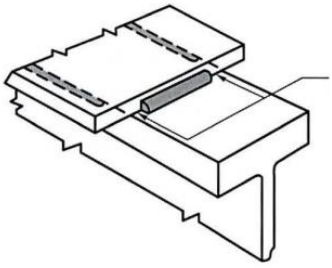
۴-۹-۳-۴- جوش سخت‌کننده‌های عرضی

به استثنای اتصال انتهای سخت‌کننده عرضی به بال، جوش‌های گوشه متصل‌کننده سخت‌کننده‌های عرضی به جان تیر، باید در فاصله‌ای نه کمتر از ۴ برابر و نه بیشتر از ۶ برابر ضخامت جان، از بال کششی قطع گردند.

۴-۹-۳-۵- وجوه مخالف فصل مشترک دو ورق

مطابق شکل ۴-۱۳، جوش‌های گوشه‌ای که در دو سمت مخالف فصل مشترک دو قطعه جوش می‌شوند، نباید تا انتها ادامه یابند.

در صورتی‌که نیاز به جوش آب‌بندی باشد یا بنا به دلایل دیگر، پیوسته بودن دو انتهای جوش باید در مشخصات فنی ذکر شود.



شکل ۴-۱۳- جوش گوشه در وجوه مخالف فصل مشترک دو ورق (به بند ۴-۹-۳-۵ مراجعه شود.)

۴-۹-۴- جوش گوشه در محیط سوراخ یا شکاف

در درزهای پوششی می‌توان از جوش گوشه در محیط سوراخ یا شکاف برای انتقال برش و یا جلوگیری از کمانش دو ورق پوششی استفاده کرد. حداقل ابعاد سوراخ یا شکاف برای جوش گوشه باید منطق بر مفاد بندهای ۴-۴-۴-۱، ۴-۴-۴-۲، ۴-۹-۱، ۴-۹-۲ و ۴-۱۰ باشد. جوش‌های گوشه محیط سوراخ یا شکاف، مطابق بند ۴-۴-۴-۴ می‌توانند دارای همپوشانی باشند. توجه شود که جوش گوشه در محیط سوراخ یا شکاف نباید به عنوان جوش انگشتانه یا کام در نظر گرفته شود.

۴-۹-۵- جوش‌های گوشه منقطع

از جوش‌های گوشه منقطع می‌توان برای انتقال تنش بین دو قطعه متصل استفاده نمود.

۴-۱۰- هندسه و جزئیات درزها- جوش انگشتانه و کام

۴-۱۰-۱- حداقل فاصله جوش‌های انگشتانه

حداقل فاصله مرکز به مرکز جوش‌های انگشتانه نباید کمتر از ۴ برابر قطر سوراخ باشد.

۴-۱۰-۲- حداقل فاصله جوش‌های کام

حداقل فاصله محور به محور شکاف‌ها در امتداد عمود بر طول آنها، ۴ برابر عرض شکاف می‌باشد. حداقل فاصله مرکز به مرکز شکاف‌ها در امتداد طولی، ۲ برابر طول شکاف می‌باشد.

۴-۱۰-۳- ابعاد پیش‌تایید شده

در بندهای ۴-۴-۵ و ۴-۴-۵ ابعاد پیش‌تایید شده جوش‌های کام ارائه شده است.

۴-۱۰-۴- محدودیت فولادهای آبدیده و بازپخت شده[1]

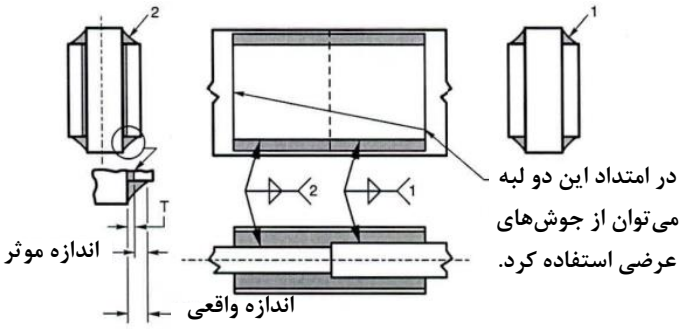
استفاده از جوش‌های انگشتانه و کام در فولادهای آبدیده و بازپخت شده با تنش تسلیم (F_y) بزرگتر از ۴۹۰ مگاپاسکال ممنوع می‌باشد.

۴-۱۱- ورق‌های پرکننده[2]

در صورت نیاز به ورق‌های پرکننده در اتصالاتی که برای انتقال نیرو به کار گرفته می‌شوند، ورق‌های پرکننده و جوش‌های متصل کننده آنها برحسب کاربرد باید منطبق بر الزامات بندهای ۴-۱۱-۱ و ۴-۱۱-۲ باشد.

۴-۱۱-۱- ورق‌های پرکننده نازک

از ورق‌های پرکننده با ضخامت مساوی و یا کمتر از ۶ میلی‌متر نباید برای انتقال نیرو استفاده کرد. هنگامیکه ضخامت ورق مساوی و یا کمتر از ۶ میلی‌متر باشد یا هنگامیکه ضخامت بزرگتر از ۶ میلی‌متر است اما از آن برای انتقال نیرو استفاده نشده و یا برای انتقال نیرو کافی نباشد، لبه‌های ورق پرکننده همباد ورق وصله‌شده و اندازه جوش باید به اندازه مورد نیاز به علاوه مقدار ضخامت ورق پرکننده افزایش یابد (شکل ۴-۱۴).



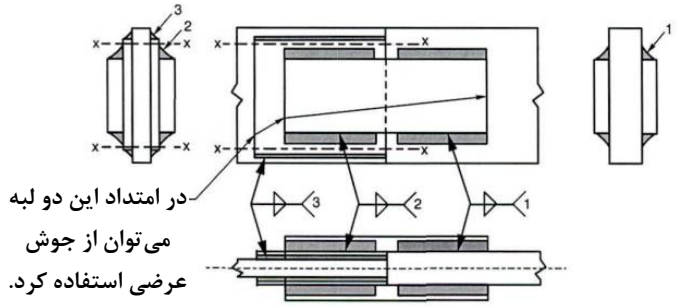
ملاحظه: مساحت موثر جوش شماره ۲ باید برابر با جوش شماره ۱ باشد، لیکن اندازه آن باید برابر با اندازه موثر به علاوه ضخامت T ورق پرکننده باشد.

شکل ۴-۱۴- ورق‌های پرکننده نازک در محل وصله (به بند ۴-۱۱-۱ مراجعه شود.)

۴-۱۱-۲- ورق‌های پرکننده ضخیم

وقتی ضخامت ورق پرکننده برای انتقال تنش ناشی از نیروی بین دو قطعه متصل شده مناسب باشد، ابعاد آن باید بزرگتر از ورق اتصال باشد. در این حالت ابتدا ورق اتصال نیروی خود را به ورق پرکننده منتقل کرده و سپس ورق پرکننده نیرو را به عضو انتقال می‌دهد. ورق پرکننده باید برای انتقال نیرو کافی باشد. جوش اتصالی ورق پرکننده به ورق پایه باید برای انتقال نیرو کافی باشد (شکل ۴-۱۵).

1- Quenched and tempered steel
2- Filler Plate



ملاحظه: مساحت موثر سطوح جوش‌های ۱، ۲ و ۳ باید برای انتقال نیروی طراحی کافی باشند و طول جوش‌های ۱ و ۲ باید برای جلوگیری از تنش بیش از حد در برش صفحه پرکننده در امتداد صفحات x-x کافی باشد.

شکل ۴-۱۵- ورق‌های پرکننده ضخیم در محل وصله (به بند ۴-۱۱-۲ مراجعه شود.)

۴-۱۱-۳- الزامات نقشه‌های کارگاهی

در صورتیکه اتصال نیاز به ورق پرکننده داشته باشد، جزییات آن می‌بایست به‌طور واضح در نقشه‌های کارگاهی نشان داده شود.

۴-۱۲- اعضای ساخته شده[1]

۴-۱۲-۱- حداقل جوش لازم

وقتی عضوی از دو یا چند ورق و یا نیمرخ نوردشده ساخته شده باشد، به آن عضو ساخته شده می‌گویند. اجزای عضو باید با استفاده از انواع جوش‌های گوشه، انگشتانه یا کام کافی به یکدیگر متصل شوند، به‌طوری‌که بصورت یکپارچه با هم عمل نمایند و جوش اتصالی برای انتقال تنش بین اجزا کافی باشد.

۴-۱۲-۲- حداکثر فاصله بین جوش‌های منقطع

۴-۱۲-۲-۱- کلیات

به استثنای الزامات بندهای ۴-۱۲-۲-۲ یا ۴-۱۲-۲-۳، حداکثر فاصله طولی خالص بین جوش‌های منقطع نباید از ۲۴ برابر ضخامت ورق نازکتر و حداکثر ۳۰۰ میلی‌متر تجاوز نماید. حداکثر فاصله طولی بین جوش‌های گوشه متصل‌کننده دو نیمرخ نباید از ۶۰۰ میلی‌متر تجاوز کند.

۴-۱۲-۲-۲- اعضای فشاری

به استثنای الزام بند ۴-۱۲-۲-۳، فاصله طولی خالص بین جوش‌های منقطع بین اجزای اعضای فشاری ساخته شده، نباید از

$$\left(0.73\sqrt{E/F_y}\right)t \qquad (۵-۴)$$

و یا ۳۰۰ میلی‌متر تجاوز کند که t ضخامت ورق نازکتر است.

وقتی‌که جوش‌های دو لبه ورق بصورت بخیه (یک‌درمیان) اجرا شوند، فاصله فوق به ۴۵۰ میلیمتر و یا $\left(1.1\sqrt{E/F_y}\right)t$ افزایش می‌یابد.

عرض غیرمتکی جان، ورق‌های پوششی (تقویتی) یا ورق‌های دیافراگمی بین خطوط جوش مجاور نباید از $\left(1.46\sqrt{E/F_y}\right)t$ تجاوز نماید.

۴-۱۲-۲-۳- فولادهای رنگ نشده

فاصله جوش‌هایی که اجزای رنگ‌نشده را به یکدیگر متصل می‌کنند نباید بیش از ۱۴ برابر ضخامت ورق نازکتر و یا ۱۸۰ میلی‌متر باشد. این محدودیت به منظور جلوگیری از زنگ‌زدگی است.

1- Built-up members

قسمت پ: الزامات ویژه برای طراحی اتصالات اعضای غیرلوله‌ای

(بارهای چرخه‌ای (سیکلی)- خستگی)

۴-۱۳- کلیات

۴-۱۳-۱- محدوده کاربرد

کاربرد قسمت پ فقط محدود به اعضای غیرلوله‌ای و اتصالات تحت بارهای چرخه‌ای (سیکلی) با تعداد تکرار (فرکانس) و دامنه کافی در محدوده‌های الاستیک برای آغاز ترک و شکست پیش‌رونده (خستگی) می‌باشد. الزامات قسمت پ روشی برای ارزیابی اثر تنش‌های تکراری روی جوش اعضای سازه‌ای غیرلوله‌ای می‌باشد که برای به حداقل رساندن احتمال شکست خستگی اعمال می‌شود.

۴-۱۳-۲- سایر الزامات وابسته

الزامات قسمت‌های الف و ب باید علاوه بر الزامات قسمت پ برای اعضا و اتصالات موضوع این قسمت، اعمال شوند.

۴-۱۳-۳- مسئولیت مهندس طراح

مهندس طراح در اسناد قراردادی باید جزییات کامل، شامل اندازه جوش را ارائه نموده و به علاوه تعداد تکرار چرخه در عمر پیش‌بینی شده و دامنه تنش ناشی از لنگرها، برش‌ها و واکنش‌های ناشی از بارهای چرخه‌ای (سیکلی) را مشخص نماید.

۴-۱۴- محدودیت‌ها

۴-۱۴-۱- آستانه دامنه تنش (حد دوام)

در صورتیکه دامنه تنش ناشی از بار زنده کمتر از آستانه دامنه تنش (FTH)[1] جدول ۴-۵ باشد، نیاز به بررسی مقاومت خستگی نمی‌باشد.

1- FTH: Fatigue Threshold Stress Range

۴-۱۴-۲- خستگی با تکرار کم[1]

الزامات قسمت پ به مواردی که تحت بارهای خستگی با تکرار کم قرار دارند و این بارها تنش‌های فراتر از حد الاستیک (در محدوده پلاستیک) تولید می‌کنند، مربوط نمی‌باشد.

۴-۱۴-۳- محافظت در مقابل خوردگی

مقاومت خستگی شرح داده شده در قسمت پ برای اعضایی که به خوبی در مقابل خوردگی محافظت شده باشند و یا در محیط با شرایط خورندگی ملایم و کم (مانند شرایط جوی متعارف) قرار داشته باشند، کاربرد دارد.

۴-۱۴-۴- اعضای معین و نامعین استاتیکی[2]

این آیین‌نامه تمایزی بین اعضای معین و نامعین قائل نمی‌باشد.

۴-۱۵- محاسبه تنش

۴-۱۵-۱- تحلیل خطی (الاستیک)

تنش‌ها و دامنه تنش‌های محاسبه شده، باید اسمی و برپایه تحلیل خطی تنش باشد، همچنین نباید در ضریب تمرکز تنش ناشی از ناپیوستگی در هندسه مقطع عضو، ضرب شود.

۴-۱۵-۲- تنش ناشی از بارهای محوری و خمشی

در حالت ترکیب تنش محوری و خمشی، حداکثر تنش ترکیبی براساس ترکیب بارهای همزمان حاصل می‌شود.

۴-۱۵-۳- نیمرخ‌های متقارن

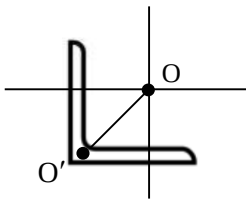
در اعضای دارای مقطع متقارن، آرایش جوش‌های مقطع حول محور تقارن باید متقارن باشد. در صورتیکه آرایش متقارن جوش امکان‌پذیر نباشد، در محاسبه تنش جوش‌ها، تنش‌های ناشی از برون‌محوری اتصالات باید منظور شود.

1- Low cycle fatigue (تنش‌های ناشی از ارتعاشات لرزه‌ای در این طبقه قرار می‌گیرند.)

2- Reducdan- Nonredundant member

۴-۱۵-۴- نیمرخ نبشی

برای اعضا با نیمرخ نبشی تحت تنش محوری در صورتی‌که مرکز ثقل جوش‌های اتصالی بین مرکز ثقل مقطع نبشی O و مرکز تقاطع اضلاع O′ قرار گیرد، می‌توان از اثرات برون‌محوری صرفنظر نمود. در غیر اینصورت لازم است تنش‌های ناشی از برون‌محوری و محوری در محاسبات مدنظر قرار گیرند.



۴-۱۶- تنش‌های مجاز و دامنه‌های مجاز تنش

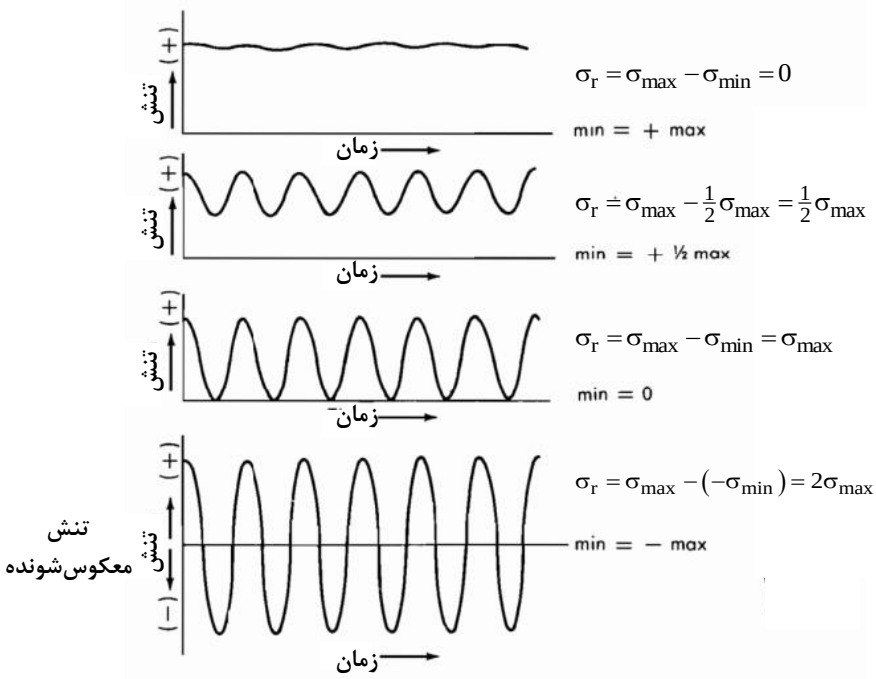
۴-۱۶-۱- تنش‌های مجاز

تنش‌های محاسبه شده در جوش نباید از مقادیر تنش مجاز جدول ۴-۳ تجاوز نماید.

۴-۱۶-۲- دامنه مجاز تنش[1]

دامنه تنش، برابر با اختلاف تنش حداکثر و حداقل با منظور کردن علامت به علت تکرار چرخه بارگذاری و باربرداری بارهای زنده می‌باشد. در حالت تنش معکوس‌شونده[2]، دامنه تنش مساوی جمع جبری تنش تکراری حداکثر کششی و تنش حداکثر فشاری (با منظور نمودن علامت مثبت برای تنش کششی و علامت منفی برای تنش فشاری) می‌باشد. به زبان ساده دامنه تنش مساوی جمع قدر مطلق تنش تکراری حداکثر کششی و حداقل فشاری می‌باشد. در مورد تنش برشی، دامنه تنش مساوی مجموع قدر مطلق تنش برشی حداکثر در دو جهت مخالف است که به علت تکرار و یا حذف تنش ناشی از بار مرده به وجود می‌آید.

1 - Allowable Stress Range
2- Reversal stress



دامنه تنش محاسبه‌شده نباید بزرگتر از مقدار حداکثر محاسبه‌شده از روابط ۴-۶ تا ۴-۹ برحسب مورد باشد. (شکل ۴-۱۶ که نمودار روابط ۴-۶ تا ۴-۹ برای رده‌های[1] تنش A، B، B′، C، D، E، E′ و F می‌باشد)

برای رده A، B، B′، C، D، E و E′ دامنه تنش محاسبه شده نباید از مقدار حاصل از رابطه (۴-۶) تجاوز کند.

$$F_{SR} = \left[\left(\frac{C_f \times 329}{N}\right)^{0.333} \geq F_{TH}\right] \qquad (۴-۶)$$

که در آن:

F_{SR} = دامنه مجاز تنش [MPa]

C_f = مقدار ثابت از جدول ۴-۵ (برای همه رده‌ها، به جز F)

N = تعداد چرخه در عمر طراحی (تعداد چرخه در هر روز × ۳۶۵ × عمر طراحی به سال)

F_{TH} = آستانه دامنه تنش خستگی (حداکثر دامنه تنش برای عمر بی‌نهایت) [MPa]

برای رده تنش F، دامنه تنش محاسبه شده نباید از F_{SR} محاسبه شده طبق رابطه ۴-۷ بزرگتر شود.

$$F_{SR} = \left[\left(\frac{C_f \times 11 \times 10^4}{N}\right)^{0.167} \geq F_{TH}\right] \qquad (۴-۷)$$

که در آن:

C_f = مقدار ثابت از جدول ۴-۵ (برای همه رده‌ها، به جز F)

1- Category

اجزای ورقی تحت بار کششی به شکل صلیبی (+)، سپری (T) و گونیا (L)

برای این اجزا که با جوش‌های شیاری با نفوذ کامل (CJP)، جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی (PJP) و جوش‌های گوشه و یا ترکیبی از جوش‌های فوق متصل شده‌اند، حداکثر دامنه تنش از حالات (الف)، (ب) و (پ) به شرح زیر به دست می‌آید:

(الف) برای مقطع اعضای کششی؛

حداکثر دامنه تنش در مقطع فلز پایه در پنجه جوش که با ملاحظه وقوع ترک از پنجه جوش بوجود می‌آید، نباید از دامنه تنش F_{SR} که از رابطه (۴-۶) رده C بدست می‌آید تجاوز کند که مساوی است با:

$$F_{SR} = \left[\left(\frac{14.4 \times 10^{11}}{N} \right)^{0.333} \geq 68.9 \right] \qquad (۴-۷-۱)$$

(ب) برای اتصالات انتهایی ورق‌های کششی که با جوش عرضی شیاری با نفوذ کامل (PJP) متصل شده‌اند؛

در صورتی‌که جوش شیاری به همراه و یا بدون جوش گوشه تقویتی یا ملایم‌سازی باشد، حداکثر دامنه تنش در مقطع فلز پایه در پنجه جوش با ملاحظه وقوع ترک از ریشه جوش نباید از F_{SR} محاسبه شده از رابطه (۴-۸) تجاوز کند:

$$F_{SR} = \left[R_{PJP} \left(\frac{14.4 \times 10^{11}}{N} \right)^{0.333} \right] \qquad (۴-۸)$$

که در آن:

R_{PJP} = ضریب کاهش برای اتصالات PJP تقویت‌شده یا نشده

$$R_{PJP} = \frac{1.12 - 1.01\left(2a/t_p\right) + 1.24\left(w/t_p\right)}{t_p^{0.167}} \leq 1.0 (mm) \qquad (۴-۸-۱)$$

2a= طول جوش‌نشده پیشانی ریشه در راستای ضخامت ورق تحت بار کششی

t_p= ضخامت ورق تحت بار کششی (mm)

w= اندازه ساق جوش گوشه تقویت یا ملایم‌سازی‌شده در راستای ضخامت ورق تحت بار کششی (mm)

(پ) برای اتصال انتهایی ورق‌های کششی که با یک جفت جوش عرضی گوشه متصل شده‌اند؛

حداکثر دامنه تنش در مقطع فلز پایه در پنجه جوش با ملاحظه شروع ترک از ریشه جوش به علت کشش در ریشه نباید از F_{SR} به دست آمده از رابطه (۴-۹) تجاوز کند. به علاوه دامنه تنش برشی در گلویی جوش نباید از F_{SR} حاصل از رابطه (۴-۷) برای رده F تجاوز کند.

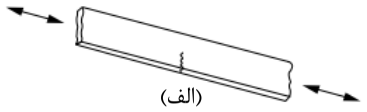
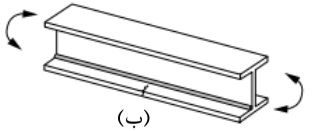
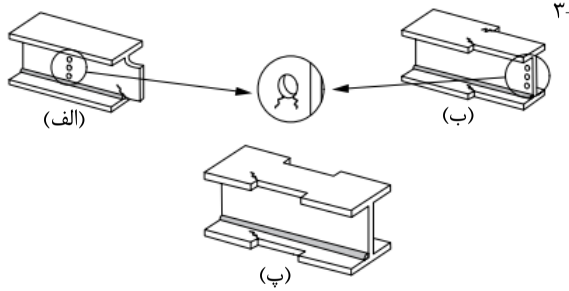
$$F_{SR} = \left[R_{FIL} \left(\frac{14.4 \times 10^{11}}{N} \right)^{0.333} \right] \qquad (۹-۴)$$

که در آن:

R_{FIL} = ضریب کاهش برای اتصالاتی که تنها با استفاده از یک جفت جوش گوشه عرضی متصل شده‌اند.

$$R_{FIL} = \frac{0.10 + 1.24\left(\frac{w}{t_p}\right)}{t_p^{0.167}} \le 1.0(mm) \qquad (۱-۹-۴)$$

جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

نمونه‌های شکلی	نقطه مستعد شروع ترک	آستانه‌دامنه تنش F_{TH} [MPa]	ثابت C_f	رده تنش	توضیحات
بخش ۱- متریال ساده به دور از هرگونه جوش					
۱-۱ ۱-۲  (الف)	دور از هرگونه جوش یا اتصالات سازه‌ای	[165]	250×10^8	A	۱-۱ فلز پایه، به جز فولاد هوازده بدون پوشش، با سطوح نوردشده یا پرداخت شده. لبه‌های بریده شده با مشعل و با مقدار زبری مساوی یا کمتر از ۲۵ میکرون اما بدون گوشه‌های مقعر
 (ب)	دور از هرگونه جوش یا اتصالات سازه‌ای	[110]	120×10^8	B	۱-۲ فلز پایه فولادی هوازده بدون پوشش با سطوح نورد یا پرداخت شده. لبه‌های بریده شده با مشعل و با مقدار زبری مساوی یا کمتر از ۲۵ میکرون اما بدون گوشه‌های مقعر.
۱-۳  (الف) (ب) (پ)	در هر لبه خارجی یا در محیط سوراخ	[69]	44×10^8	C	۱-۳ عضوی با گوشه‌های مقعر در سوراخ‌ها، برشها، زبانه و یا سایر ناپیوستگی‌های هندسی، به جز سوراخ‌های دسترسی جوش. R≥25 میلی‌متر ایجاد شده با سوراخ‌کاری، پانچ و برقوکاری یا برش حرارتی و رسیدن به سطح براق با سنگ‌زنی
		[18]	3.9×10^8	E’	R≥10 میلی‌متر و لازم نیست سنگ‌زنی و براق شود.

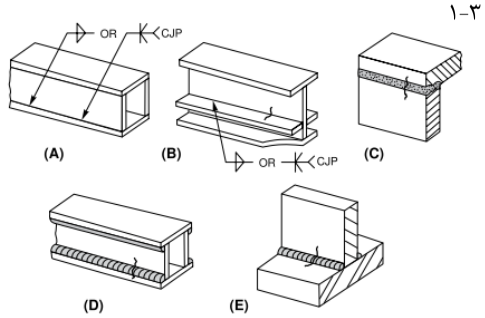
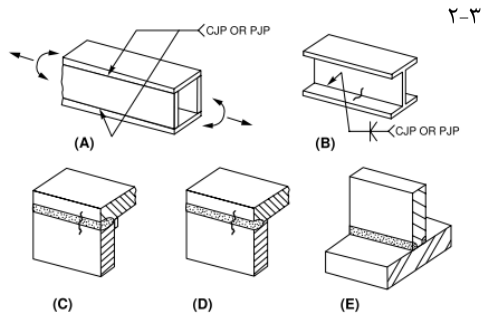
(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

نمونه‌های شکلی	نقطه مستعد شروع ترک	آستانه دامنه تنش F_{TH} [MPa]	ثابت C_f	رده تنش	توضیحات
بخش ۱- مصالح ساده به دور از هر گونه جوش					
۴-۱	در گوشه مقعر سوراخ دسترسی جوش	[69]	44×10^8	C	۱-۴ مقاطع نوردشده یا سوراخ‌های دسترسی جوش ساخته شده مطابق الزامات ۴-۱۷-۱۶-۷.
		[18]	3.9×10^8	E’	سوراخ دسترسی R≥25 میلی‌متر، ایجاد شده با سوراخکاری، پانچ و برقوکاری یا برش حرارتی و رسیدن به سطح براق با سنگ‌زنی. سوراخ دسترسی R≥10 میلی‌متر و لازم نیست شعاع، سنگ‌زنی و براق شود.
۵-۱	در ضعیف‌ترین قسمت ناشی از کناره سوراخ	[69]	44×10^8	C	۱-۵ اعضا با سوراخ‌های مته‌زنی یا برقوکاری شده.
		[48]	22×10^8	D	سوراخ‌های حاوی پیچ‌های پیش‌تنیده سوراخ‌های بار بدون پیچ و مهره.
بخش ۲- مصالح متصل در مفاصل بست‌شده مکانیکی- استفاده نشده					

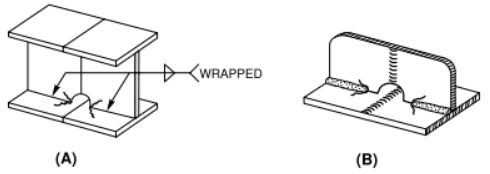
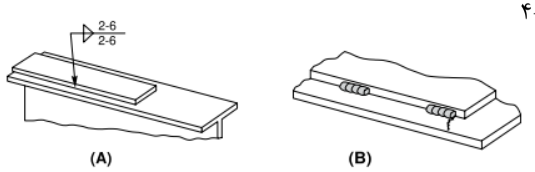
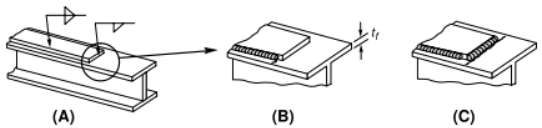
(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

نمونه‌های شکلی	نقطه مستعد شروع ترک	آستانه‌دامنه تنش F_{TH} [MPa]	ثابت C_f	رده تنش	توضیحات
بخش ۳- اتصالات جوش داده شده به اجزای اعضای ساخته شده					
۳-۱ 	از ناپیوستگی‌های سطحی یا داخلی در جوش	[110]	120×10^8	B	۳-۱ فلز پایه و فلز جوش در اعضای بدون ملحقات ساخته شده از ورق‌ها یا نیمرخ‌های متصل‌شده با جوش‌های شیاری CJP طولی پیوسته همراه با شیارزنی و جوش پشت یا با جوش‌های گوشه پیوسته.
۳-۲ 	از ناپیوستگی‌های سطحی یا داخلی در جوش	[83]	61×10^8	B'	۳-۲ فلز پایه و فلز جوش در اعضای بدون ملحقات ساخته‌شده از ورق‌ها یا نیمرخ‌های متصل‌شده توسط جوش‌های شیاری CJP طولی پیوسته همراه با پشت‌بند باقی‌مانده یا توسط جوش‌های شیاری PJP پیوسته.

(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

نمونه‌های شکلی	نقطه مستعد شروع ترک	آستانه‌دامنه تنش F_{TH} [MPa]	ثابت C_f	رده تنش	توضیحات
بخش ۳- اتصالات جوش داده شده به اجزای اعضای ساخته شده					
۳-۳ 	از انتهای جوش به جان یا بال	[48] [18]	22×10^8 3.9×10^8	D E’	۳-۳ فلز پایه در انتهای جوش‌های طولی منتهی به سوراخ‌های دسترسی جوش، و همچنین جوش‌های گوشه قلاب‌شده در انتهای سوراخ‌های دسترسی سوراخ دسترسی R≥25 میلی‌متر ایجاد شده با سوراخکاری، پانچ و برقوکاری و یا برش حرارتی و سنگ‌زنی و رسیدن به سطح براق سوراخ دسترسی R≥10 میلی‌متر و لازم نیست سنگ‌زنی و براق شود.
۴-۳ 	در مصالح اعضای متصل و در محل شروع و انتهای هر جوش	[31]	11×10^8	E	۴-۳ فلز پایه در انتهای جوش‌های گوشه طولی منقطع
۵-۳ 	روی پنجه جوش انتهای بال (در صورت وجود) یا در بال، در انتهای جوش طولی	[31] [18]	11×10^8 3.9×10^8	E E’	۵-۳ فلز پایه در انتهای جوش منقطع ورق پوششی با عرض کمتر از بال با انتهای مربعی یا مخروطی، همراه با یا بدون جوش در قسمت انتهایی. ضخامت بال ≥20 میلی‌متر ضخامت بال <20 میلی‌متر

(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

توضیحات	رده تنش	ثابت C_f	آستانه‌ادامنه تنش F_{TH} [MPa]	نقطه مستعد شروع ترک	نمونه‌های شکلی
بخش ۳- اتصالات جوش داده شده به اجزای اعضای ساخته شده					
۳-۶ فلز پایه در انتهای ورق‌های پوششی و یا دیگر ملحقات جوش‌شده به صورت منقطع و با عرض بیشتر از بال، به همراه جوش انتهایی.				در بال، در پنجه انتهای جوش یا در انتهای جوش طولی یا در لبه بال	۳-۶ (الف) (ب) (پ)
ضخامت بال ≤20 میلی‌متر	E	11×10^8	[31]		
ضخامت بال >20 میلی‌متر	E'	3.9×10^8	[18]		
۳-۷ فلز پایه در انتهای ورق‌های پوششی جوش شده به صورت منقطع و پهن‌تر از بال بدون جوش انتهایی.				در لبه بال در انتهای جوش ورق پوششی	۳-۷ NO WELD TYP. (الف) (ب)
ضخامت بال ≥20 میلی‌متر	E'	3.9×10^8	[18]		
ضخامت بال >20 میلی‌متر (مجاز نیست)					
بخش ۴- اتصالات انتهایی با جوش گوشه طولی					
۴-۱ فلز پایه در محل تقاطع اعضای تحت بارگذاری محوری به همراه اتصالات انتهایی با جوش طولی، به منظور متعادل کردن تنش‌ها در جوش، جوش‌ها در هر دو سمت محور عضو قرار دارند.				شروع از انتهای هر جوشی که به فلز پایه گسترش می‌یابد.	۴ t = ضخامت (الف) (ب)
ضخامت ≤ ۱۲ میلی‌متر	E	11×10^8	[31]		
ضخامت > ۱۲ میلی‌متر	E'	3.9×10^8	[18]		

(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

نمونه‌های شکلی	نقطه مستعد شروع ترک	آستانه‌دامنه تنش F_{TH} [MPa]	ثابت C_f	رده تنش	توضیحات
بخش ۵- اتصالات جوش داده شده عمود بر جهت تنش					
۵-۱ (A) (B)	از ناپیوستگی‌های داخلی در فلز جوش یا درامتداد مرز هم‌جوشی *	[110]	120×10^8	B	۵-۱ فلزجوش و فلزپایه در وصله‌های جوش‌شده شیاری CJP در ورق‌ها، نیمرخ‌های نوردشده و یا مقاطع عرضی با مقطع ثابت یا در مجاورت آن؛ به همراه جوش‌هایی که لزوما موازی با امتداد تنش سنگ‌زنی شده و مطابق بند ۴-۱۹ بازرسی شده باشد.
۵-۲ (A) (B) (C) (D)	از ناپیوستگی‌های داخلی در فلز جوش یا در امتداد مرز هم‌جوشی یا در شروع تبدیل وقتی $F_y \geq 620$ MPa	[110] [83]	120×10^8 61×10^8	B B'	۵-۲ فلزجوش و فلزپایه در وصله‌های جوش‌شده شیاری CJP یا در مجاورت آن؛ به همراه جوش‌هایی که لزوما موازی با امتداد تنش سنگ‌زنی شده باشند و با تبدیل در ضخامت یا پهنا با شیبی که بیشتر از ۱ به ۲/۵ نباشد و مطابق ۴-۱۹، بازرسی شده باشد. $F_y < [620$ MPa$]$ $F_y \geq [620$MPa$]$
۵-۳ (A) (B)	از ناپیوستگی‌های داخلی در فلز جوش یا در امتداد مرز هم‌جوشی	[110]	120×10^8	B	۵-۳ فلزجوش و فلزپایه در وصله‌های جوش‌شده شیاری CJP یا در مجاورت آن؛ به همراه جوش‌هایی که لزوما موازی با امتداد تنش سنگ‌زنی شده باشند و با تبدیل در پهنا به صورت کمانی از دایره با شعاع حداقل ۶۰۰ میلی‌متر و مماس به ورق با عرض کمتر باشد. مطابق بند ۴-۱۹ بازرسی شده باشد.

(ادامه دارد)

* مرز بین ناحیه ذوب و ناحیه متاثر از حرارت (HAZ)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

نمونه‌های شکلی	نقطه مستعد شروع ترک	آستانه‌دامنه تنش F_{TH} [MPa]	ثابت C_f	رده تنش	توضیحات
بخش ۵- اتصالات جوش داده شده در جهت تنش					
۵-۴ (A) CJP (B) CJP (C) CJP (D) محل شروع احتمالی ترک به دلیل تنش خمشی و کششی (E)	گسترش از جوش به فلز پایه یا در امتداد فلز جوش	[69]	44×10^8	C	۴-۵ فلز جوش و فلزپایه در جوش شیاری CJP یا در مجاورت آن، در اتصال سپری، گوشه یا وصله‌ها، بدون تبدیل در ضخامت یا همراه با تبدیل در ضخامت با شیبی که بیشتر از ۱ به ۲/۵ نباشد، هنگامیکه گرده جوش برداشته نشده و جوش مطابق با بند ۴-۱۹ بازرسی شود.

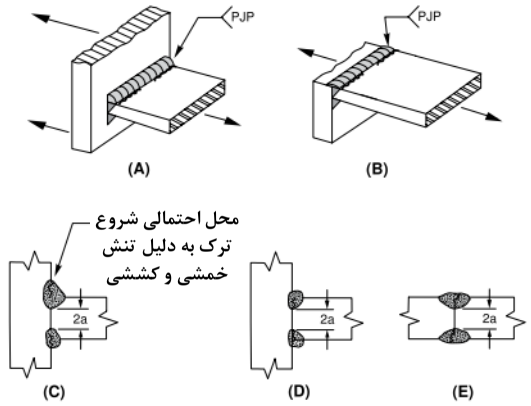
(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

نمونه‌های شکلی	نقطه مستعد شروع ترک	آستانه‌دامنه تنش F_{TH} [MPa]	ثابت C_f	رده تنش	توضیحات
بخش ۵- اتصالات جوش داده شده عمود بر جهت تنش					
۵-۵ (A) (B) (C) (D) 0.5 in [12 mm]	از پنجه جوش شیاری یا جوش پشت‌بند در صورت استفاده	[48] [31]	22×10^8 11×10^8	D E	۵-۵ فلزجوش و فلز پایه در جوش شیاری عرضی CJP لب‌به‌لب یا در مجاورت آن؛ همراه با پشت‌بند باقی‌مانده خال جوش درون شیار. خال جوش بیرون شیار و نزدیکتر از ۱۲ میلی‌متر به لبه فلز پایه نباشد.

(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

نمونه‌های شکلی	نقطه مستعد شروع ترک	آستانه‌دامنه تنش F_{TH} [MPa]	ثابت C_f	رده تنش	توضیحات
بخش ۵- اتصالات جوش داده شده عمود بر جهت تنش					
۵-۶  	شروع از پنجه جوش و گسترش به فلز پایه شروع در ریشه جوش و گسترش از طریق جوش	[69] ندارد	44×10^8 رابطه (۷-۴)	C C’	۵-۶ فلز جوش و فلز پایه در انتهای اتصالات عرضی ورق‌های تحت بارگذاری کششی که با استفاده از جوش شیاری PJP در اتصالات لب‌به‌لب، سپری یا کنج متصل شده‌اند و تقویت‌یا ملایم‌سازی شده باشند. F_{SR} باید برابر با دامنه تنش ترک پنجه یا ترک ریشه، هرکدام کوچکتر است، باشد. شروع ترک از پنجه جوش: شروع ترک از ریشه جوش:

(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

توضیحات	رده تنش	ثابت C_f	آستانه دامنه تنش F_{TH} [MPa]	نقطه مستعد شروع ترک	نمونه‌های شکلی
بخش ۵- اتصالات جوش داده شده عمود بر جهت تنش					
۵-۷ فلز جوش و فلز پایه در انتهای اتصالات متقاطع ورق‌های تحت بارگذاری کششی که با استفاده از جفت جوش‌های گوشه در دو طرف مقابل ورق متصل شده‌اند. F_{SR} باید برابر با دامنه تنش مجاز ترک ریشه یا ترک پنجه، هر کدام کوچکتر است، باشد.					۵-۷ (A) (B) (C) (D) (E)
شروع ترک از پنجه جوش:	C	44×10^8	[69]	شروع از پنجه جوش و گسترش به فلز پایه	
شروع ترک از ریشه جوش:	C''	رابطه (۴-۷)	ندارد	شروع از ریشه جوش و گسترش از طریق جوش	
۵-۸ فلز پایه ورق‌های تحت بارگذاری کششی، نیمرخ‌های سرهم شده و جان یا بال تیر آهن مورد شده؛ در پنجه جوش گوشه عرضی، در مجاورت سخت کننده عرضی جوش داده شده.	C	44×10^8	[69]	از ناپیوستگی هندسی در پنجه گوشه و گسترش به فلز پایه	۵-۸ (A) (B) (C)

(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

نمونه‌های شکلی	نقطه مستعد شروع ترک	استانه‌دامنه تنش F_{TH} [MPa]	ثابت C_f	رده تنش	توضیحات
بخش ۶- فلز پایه در اتصالات اعضای عرضی جوش شده					
۶-۱ (A) (B) (C)	نزدیک به نقطه مماس انتهای گردی در لبه عضو	[110]	120×10^8	B	۶-۱ فلز پایه با ضخامت برابر یا نابرابر جزئیات ملحق‌شده به وسیله جوش‌های شیاری CJP، تحت بارگذاری طولی، تنها هنگامیکه جزئیات دارای شعاع تبدیلی R باشند، به همراه جوش سنگ‌زنی شده و صاف در محل انتقال که مطابق با بند ۴-۱۹ بازرسی شده باشند.
		[69]	44×10^8	C	R≥600 میلی‌متر
		[48]	22×10^8	D	150≤R≤600 میلی‌متر
		[31]	11×10^8	E	50≤R≤150 میلی‌متر
					R<50 میلی‌متر

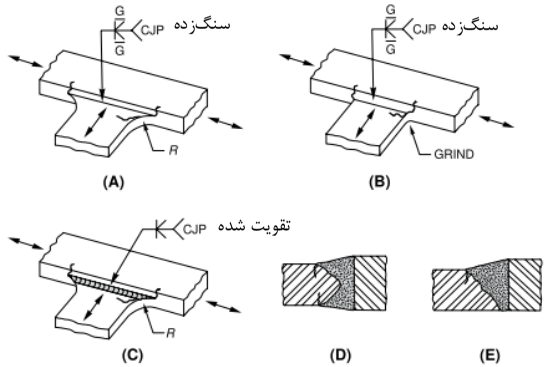
(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

توضیحات	رده تنش	ثابت C_f	آستانه‌دامنه تنش F_{TH} [MPa]	نقطه مستعد شروع ترک	نمونه‌های شکلی
بخش ۶- فلز پایه در اتصالات اعضای عرضی جوش شده (ادامه)					
۶-۲ فلز پایه با ضخامت برابر در جزئیات ملحق‌شده با جوش شیاری CJP، تحت بارگذاری عرضی و همراه با یا بدون بارگذاری طولی، هنگامیکه جزئیات دارای شعاع تبدیلی R باشند، همراه با انتهای جوش سنگ‌زنی شده و صاف که مطابق با بند ۴-۱۹ بازرسی شده باشد. ۶-۲(الف) هنگامیکه گرده جوش برداشته شود:					۶-۲ (A) (B) (C) CJP R G G
R≥600 میلی‌متر	B	120×10^8	[110]	در نزدیکی نقطه مماس انتهای گردی یا در جوش یا در مرز هم‌جوشی عضو یا ملحقات	
150≤R<600 میلی‌متر	C	44×10^8	[69]		
50≤R<150 میلی‌متر	D	22×10^8	[48]		
R<50 میلی‌متر	E	11×10^8	[31]		
۶-۲(ب) هنگامیکه گرده جوش باقی بماند:				در پنجه جوش یا در راستای لبه عضو یا ملحقات	
R≥150 میلی‌متر	C	44×10^8	[69]		
50≤R<150 میلی‌متر	D	22×10^8	[48]		
R<50 میلی‌متر	E	11×10^8	[31]		

(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

نمونه‌های شکلی	نقطه مستعد شروع ترک	آستانه‌دامنه تنش F_{TH} [MPa]	ثابت C_f	رده تنش	توضیحات
بخش ۶- فلز پایه دراتصالات اعضای عرضی جوش شده (ادامه)					
۶-۳ 					۶-۳ فلز پایه با ضخامت نابرابر جزئیات ملحق‌شده با جوش شیاری CJP، تحت بارگذاری عرضی و همراه با یا بدون بارگذاری طولی هنگامیکه جزئیات دارای شعاع تبدیلی R باشند. همراه با انتهای جوش سنگ‌زنی شده و صاف که مطابق با بند ۴-۱۹ بازرسی شده باشد.
	پنجه جوش، در امتداد کناره عضو نازکتر	[48]	22×10^8	D	۶-۳(الف) هنگامیکه گرده جوش برداشته شود: R>50 میلی‌متر
	انتهای جوش در شعاع‌های کوچک	[31]	11×10^8	E	R≤50 میلی‌متر
	پنجه جوش در امتداد کناره عضو نازکتر	[31]	11×10^8	E	۶-۳(ب) هنگامیکه گرده جوش باقی‌بماند: در هر شعاعی

(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: پارامترهای طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

توضیحات	طبقه‌بندی تنش	ثابت C_f	آستانه‌دامنه تنش F_{TH} [MPa]	نقطه مستعد شروع ترک	نمونه‌های شکلی
بخش ۶- فلز پایه دراتصالات اعضای عرضی جوش شده (ادامه)					۶-۴
۶-۴ فلز پایه با ضخامت برابر یا نابرابر، تحت تنش طولی در اعضای عرضی، همراه با یا بدون تنش عرضی، ماحق‌شده با جوش شیاری PJP یا جوش گوشه موازی با امتداد تنش هنگامیکه دارای شعاع تبدیلی R باشد. همراه با انتهای جوش سنگ‌زنی شده و صاف.				شروع در فلز پایه در انتهای جوش یا در پنجه جوش و گسترش در آن	OR PJP R (A) PJP R (B) PJP G سنگ‌زنی شده (C) (D)
R≥50 میلی‌متر	D	22×10^8	[48]		
R≤50 میلی‌متر	E	11×10^8	[31]		

(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

نمونه‌های شکلی	نقطه مستعد شروع ترک	آستانه‌دامنه تنش F_{TH} [MPa]	ثابت C_f	رده تنش	توضیحات
بخش ۶- فلز پایه در اتصالات عضای عرضی جوش شده (ادامه)					
۷-۱ (A) (B) (C) (D) (E)	شروع در فلز پایه از انتهای جوش یا پنجه جوش و گسترش در آن	[69]	44×10^8	C	۷-۱ فلزپایه تحت بارگذاری طولی، در جزئیات شامل جوش‌های موازی یا عرضی نسبت به جهت تنش که می‌توانند تحت تنش عرضی باشد یا نباشد. هنگامیکه جزئیات شامل شعاع تبدیلی R نباشد و به طول a، در جهت تنش و ضخامت ملحقات b باشد:
		[48]	22×10^8	D	a<50 برای همه ضخامت‌های b (میلی‌متر)
		[31]	11×10^8	E	مقدار کمتر 12b یا 50≤a≤100 میلی‌متر
		[18]	3.9×10^8	E'	مقدار کمتر 100 یا a>12b میلی‌متر (هنگامیکه b≤20 میلی‌متر باشد)
					a>100 میلی‌متر هنگامیکه b>20 میلی‌متر باشد.
۷-۲ OR PJP R (A) (B)	شروع در فلز پایه از انتهای جوش و گسترش در آن	[48]	22×10^8	D	۷-۲ فلز پایه تحت تنش طولی در جزئیات ملحق شده با جوش شیاری PJP یا جوش گوشه، همراه یا بدون بارگذاری عرضی در جزئیات. هنگامیکه جزئیات دارای شعاع تبدیلی R و همراه با انتهای جوش سنگ‌زنی شده و صاف باشند. R>50 میلی‌متر R≤50 میلی‌متر
		[31]	11×10^8	E	

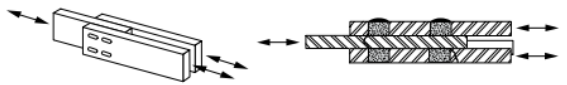
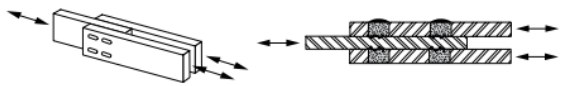
(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

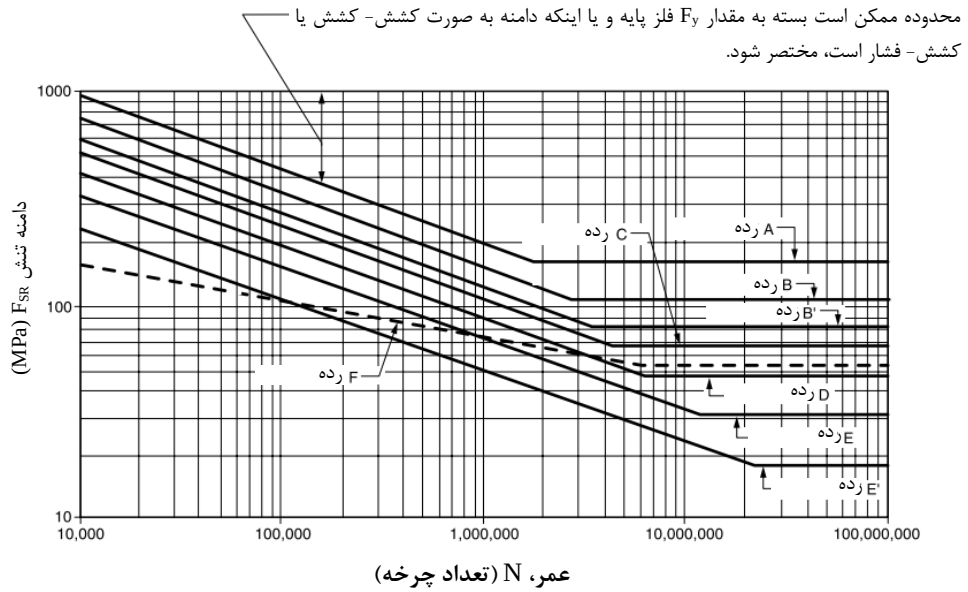
توضیحات	رده تنش	ثابت C_f	آستانه‌دامنه تنش F_{TH} [MPa]	نقطه مستعد شروع ترک	نمونه‌های شکلی
بخش ۶- فلز پایه در اتصالات اعضای عرضی جوش شده (ادامه)					
۸-۱ پایه در مهار گل میخ فولادی سرتخت جوش شده با جوش گوشه یا جوش خودکار گل میخ	C	44×10^8	[69]	پنجه جوش در فلز پایه	۸-۱ (A) (B)
۸-۲ برش روی گلویی هر جوش گوشه پیوسته یا منقطع، طولی یا عرضی.	F	150×10^{10} رابطه (۴-۶)	[55]	شروع در ریشه جوش گوشه و گسترش به داخل آن	۸-۲ (A) (B) (C)

(ادامه دارد)

ادامه جدول ۴-۵: مشخصه‌های طراحی تنش خستگی (بند ۴-۱۴-۱ ملاحظه شود.)

نمونه‌های شکلی	نقطه مستعد شروع ترک	آستانه‌دامنه تنش F_{TH} [MPa]	ثابت C_f	رده تنش	توضیحات
بخش ۶- فلز پایه دراتصالات اعضای عرضی جوش شده (ادامه)					
8.3  (A) (B)	شروع در فلز پایه در انتهای جوش انگشتانه یا کام و گسترش به فلز پایه	[31]	11×10^8	E	۸-۳ فلز پایه در جوش انگشتانه یا کام
8.4  (A) (B)	شروع در سطح تماس در جوش و گسترش در جوش	[55]	150×10^{10} رابطه (۴-۶)	F	۸-۴ برش در جوش انگشتانه یا کام

« (b) (ملحقات) » به عنوان هر نوع جزئیات فولادی که به عضو اصلی جوش داده شده است تعریف می‌شود، که باعث انحراف در جریان تنش در عضو شده و در نتیجه مقاومت در برابر خستگی را کاهش می‌دهد. این تغییر به دلیل وجود ملحقات بوده و به دلیل بارگذاری روی آن نمی‌باشد.



شکل ۴-۱۶: دامنه مجاز تنش برای بارگذاری چرخه‌ای (خستگی) در اتصالات لوله‌ای

(نمودار ترسیمی جدول ۴-۵) (به بند ۴-۱۶-۲ مراجعه شود)

۴-۱۷- جزئیات‌بندی، ساخت و نصب

۴-۱۷-۱- تبدیل ضخامت و عرض

۴-۱۷-۱-۱- تبدیل ضخامت درز لب‌به‌لب[1]

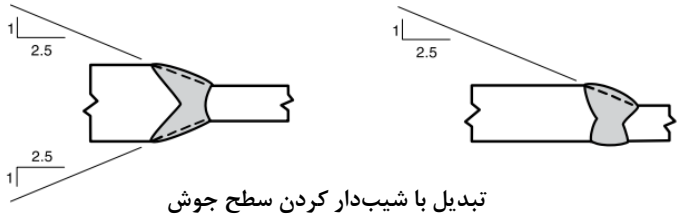
در صورتی‌که ضخامت دوطرف درز جوش شیاری لب‌به‌لب متفاوت و تحت تنش کششیِ چرخه‌ای (سیکلی) قرار داشته باشد، تبدیل ضخامت باید به صورت یکنواخت و با شیبی کمتر از ۱ قائم به ۲/۵ افقی در سطح هر دو عضو صورت پذیرد. مطابق شکل ۴-۱۷، این انتقال می‌تواند با شیب‌دار کردن سطح جوش، پخ‌دار کردن ورق ضخیم‌تر و یا ترکیب این دو روش انجام شود.

۴-۱۷-۱-۲- تبدیل عرض درز لب‌به‌لب

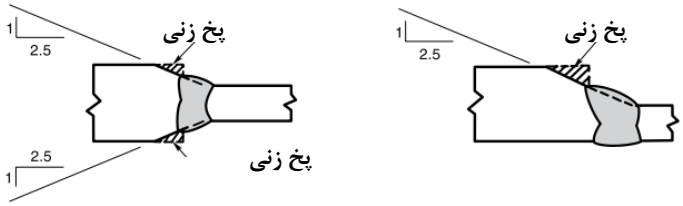
در صورتی‌که عرض قطعات دوطرف درز جوش شیاری لب‌به‌لب متفاوت بوده و تحت تنش چرخه‌ای (سیکلی) در دامنه کششی قرار داشته باشد، ناحیه تبدیل باید بصورت یکنواخت و با شیبی کمتر از ۱ قائم به ۲/۵ افقی بوده و یا بصورت کمانی از دایره با شعاع حداقل ۶۰۰ میلیمتر و مماس به ورق با عرض کمتر ایجاد شود (شکل ۴-۱۸).

1- Butt-Joint

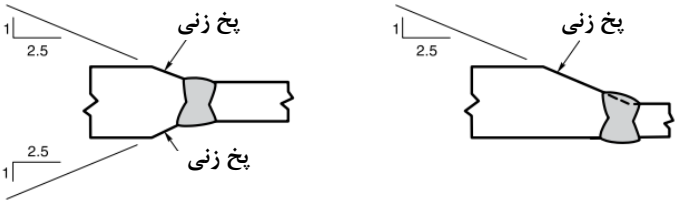
برای تبدیل با کمانی از دایره برای فولاد پایه با تنش تسلیم بزرگتر از ۶۲۰ مگاپاسکال، می‌توان دامنه تنش بزرگتری در نظر گرفت.



تبدیل با شیب‌دار کردن سطح جوش



تبدیل با شیب‌دار کردن سطح جوش و پخ زنی



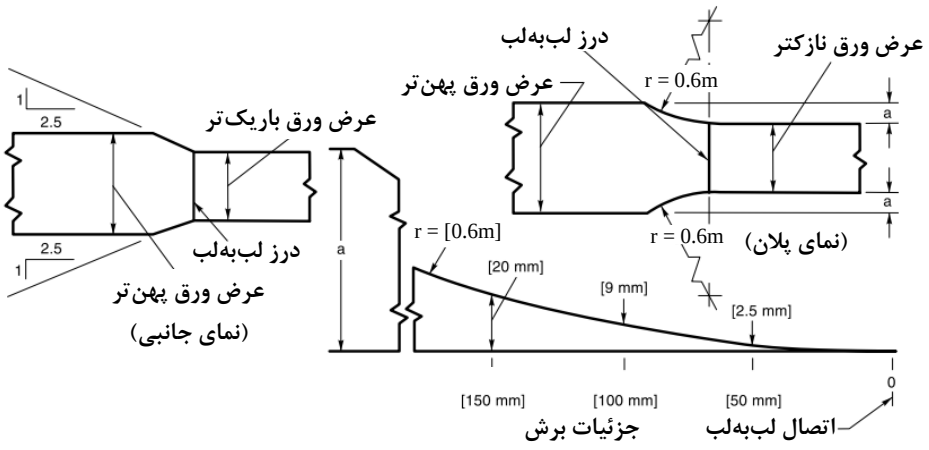
تبدیل با پخ زدن ورق ضخیم‌تر

ورق‌های همباد از یک لبه (قابل استفاده به ویژه در ورق‌های بال)

ورق‌های هم‌محور (قابل استفاده به ویژه برای ورق‌های جان)

شکل ۴-۱۷: تبدیل اعضای با ضخامت نامساوی در اتصالات لب‌به‌لب (بارگذاری چرخه‌ای «سیکلی» اعضای غیرلوله‌ای)

(به بند ۴-۱۷-۱-۱ مراجعه شود)



شکل ۴-۱۸: تبدیل عرض (بارگذاری چرخه‌ای «سیکلی» اعضای غیرلوله‌ای) (به بند ۴-۱۷-۱-۲ مراجعه شود.)

۴-۱۷-۲- پشت‌بند[1]

۴-۱۷-۲-۱- جوش تسمه پشت‌بند فولادی

الزامات جوش برای تسمه پشت‌بند فولادی و اینکه پشت‌بند باید برداشته شده یا در جای خود باقی بماند، در بندهای ۴-۱۷-۲-۲ و ۴-۱۷-۲-۳ و ۴-۱۷-۲-۴ و دامنه تنش مجاز در جدول ۴-۵ ارائه شده است. در نقشه‌های قراردادی باید رده تنش خستگی ارائه شود. پیمانکار در نقشه‌های کارگاهی باید محل، جزئیات جوش، محل خال‌جوش‌ها[2] که در داخل و یا خارج شیار باشد و حذف یا عدم حذف ورق پشت‌بند برای رده تنش ذکر شده در اسناد را ارائه نماید.

۴-۱۷-۲-۲- جوش شیاری با نفوذ کامل (CJP) در اتصال سپری (T) و جوش گوشه یک‌طرفه

جوش‌هایی که از آنها برای اتصال تسمه پشت‌بند استفاده می‌شود، می‌تواند داخل و خارج شیار باشند. در درزهایی که تحت بارهای چرخه‌ای (خستگی) قرار می‌گیرند، تسمه پشت‌بند باید برداشته شده و سطح پشتی شیار سنگ‌زنی شود تا هم‌سطح ورق شود. هرگونه زخم و ناپیوستگی ناشی از برداشتن تسمه پشت‌بند باید ترمیم و هم‌سطح شود.

۴-۱۷-۲-۳-درزهای لب‌به‌لب با جوش شیاری با نفوذ کامل (CJP)

خال‌جوش‌های متصل‌کننده ورق پشت‌بند می‌توانند در داخل و یا خارج از شیار واقع شوند، مگر اینکه در رده خستگی محدود شده باشند. خال‌جوش‌های واقع در خارج شیار درز، باید در فاصله‌ای نه کمتر از ۱۲ میلی‌متر از لبه قطعات متصل بهم قرار گرفته باشند. تسمه پشت‌بند را می‌توان حذف و یا در محل باقی گذاشت، مگر اینکه در رده تنش مورد استفاده در طراحی محدود شده باشد.

1- Backing
2- Tack weld

۴-۱۷-۲-۴- جوش شیار طولی و درز گوشه[1]

در صورت استفاده از تسمه پشت‌بند فولادی جوش در تمام طول شیار باید پیوسته باشد. جوشی که تسمه پشت‌بند را متصل می‌کند، می‌تواند داخل یا خارج شیار باشد (به بخش ۷-۹-۱-۲ مراجعه شود).

۴-۱۷-۳- جوش ملایم‌سازی[2] در درزهای گوشه گونیا (L) و سپری (T)

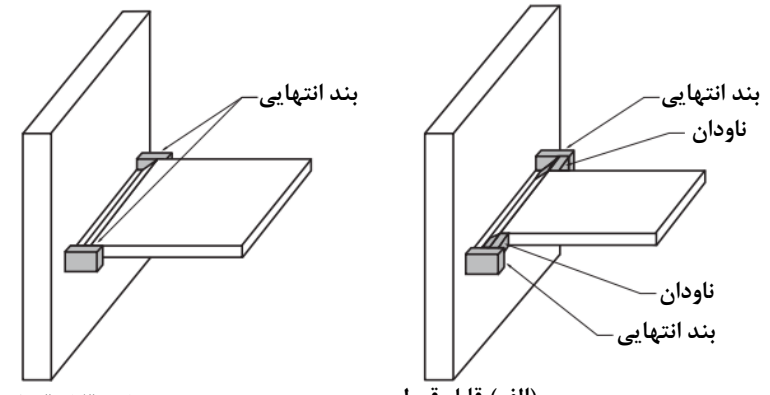
در درزهای عرضی گوشه و سپری تحت کشش یا کشش ناشی از خمش، در گوشه‌های مقعر لازم است یک جوش گوشه تک‌عبور، با اندازه نه کمتر از ۶ میلی‌متر اجرا شود.

۴-۱۷-۴-لبه‌های بریده شده با شعله

لبه‌های بریده‌شده با شعله که الزامات زبری سطح[3] بند ۷-۱۴-۸-۳ را برآورده می‌نمایند، نیازی به پرداخت[4] سطحی ندارند.

۴-۱۷-۵- درزهای لب‌به‌لب تحت بار عرضی

در درزهای لب‌به‌لب عرضی، باید در دو انتهای جوش از ناودان استفاده شود تا دو انتهای جوش دچار گودافتادگی نشود و گودافتادگی به ناودان منتقل شود. از بند انتهایی[5] نباید استفاده شود. طبق شکل ۴-۱۹ ناودان انتهایی باید برداشته شده و دو انتهای جوش و محل اتصال ناودان باید سنگ‌زده شود.



(ب) غیر قابل قبول (الف) قابل قبول

(مشروط براینکه ناودان و بند پس از اتمام جوش برداشته شود.)

شکل ۴-۱۹: شکل ناودان و بند انتهایی

1- Corner Joint
2- Countoring
3- Roughness
4- Dressed
5- End dam

۴-۱۷-۶-انتهای جوش گوشه[1]

علاوه بر الزامات بند ۴-۹-۳-۳، ضوابط زیر باید در محل انتهای جوش‌های تحت بارهای چرخه‌ای (خستگی) اعمال شود. برای اتصالات و اجزای برجسته تحت نیروهای چرخه‌ای (سیکلی) با تکرار و دامنه‌ای که توانایی شکست پیش‌رونده در نقطه حداکثر تنش در انتهای جوش داشته باشد، انتهای جوش باید حداقل به مقدار دو برابر اندازه جوش قلاب شود. (شکل ۴-۱۲ ملاحظه شود.)

۴-۱۸- درزها و جوش‌های غیرمجاز[2]

۴-۱۸-۱- جوش‌های شیاری یکطرفه

جوش‌های شیاری یکطرفه همراه با پشت‌بند غیرفولادی و یا بدون آن،که تحت ارزیابی فصل ۶ قرار نگرفته‌اند، غیرمجاز می‌باشند، مگر اینکه یکی از شرایط زیر برقرار باشد:

۱- اعضای ثانویه یا اعضای بدون تنش.

۲- درز گوشه موازی با امتداد تنش محاسباتی در اعضای ساخته شده.

۴-۱۸-۲-جوش‌های شیاری در وضعیت تخت (کفی)

در صورت امکان استفاده از شیار جناغی V یا لاله‌ای U، برای درزهای لب‌به‌لب در وضعیت تخت، استفاده از درزهای نیم‌جناغی و نیم‌لاله‌ای J غیرمجاز است.

۴-۱۸-۳- جوش‌های گوشه با اندازه کوچکتر از ۵ میلی‌متر

جوش‌های گوشه با اندازه ساق کوچکتر از ۵ میلی‌متر مجاز نیست.

۴-۱۸-۴- جوش‌های CJP در درز گوشه و سپری با تسمه پشت‌بند دائمی

جوش شیاری CJP در درزهای گوشه و سپری (T) تحت بارهای کششی چرخه‌ای (سیکلی) عرضی، با تسمه پشت‌بند دائمی مجاز نمی‌باشد.

۴-۱۹- بازرسی

در شرایط تنش خستگی رده‌های B و C، جوش‌های شیاری با نفوذ کامل (CJP) تحت تنش چرخه‌ای (سیکلی) عرضی که وارد دامنه کششی می‌شود، بازرسی رادیوگرافی (RT) یا فراصوت (UT) لازم است.

1- Fillet weld termination
2- Prohibited

فصل ۵

پیش‌تایید WPS

۵-۱- گستره

این فصل شامل ضوابطی برای درز جوش‌های پیش‌تایید شده است که از الزامات آزمایش‌های مورد نیاز برای ارزیابی WPS فصل ۶ مستثنی هستند. برای اینکه WPS پیش‌تایید شده در نظر گرفته شود، مطابقت با تمام ضوابط فصل ۵ الزامی است. WPSهایی که با ضوابط این فصل مطابقت ندارند می‌توانند با آزمایش‌های فصل ۶ ارزیابی گردند. جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و خال جوشکارانی که از WPSهای پیش‌تایید شده استفاده می‌کنند، باید مطابق الزامات قسمت پ فصل ۶ یا قسمت ت فصل ۱۰ ارزیابی شده باشند. در هنگام استفاده از درز جوش‌های پیش‌تایید شده برای جوش‌های بحرانی لرزه‌ای، آزمایش ضربه باید طبق مفاد فصل سیزدهم انجام شود.

۵-۲- الزامات عمومی WPS

تمامی الزامات جدول ۵-۱ باید در WPSهای پیش‌تایید شده رعایت شود.

۵-۲-۱- تمامی WPSهای پیش‌تایید شده باید به صورت مکتوب توسط سازنده یا پیمانکار بصورت WPS پیش‌تایید شده آماده شود. این WPS مکتوب می‌تواند مطابق فرمت ارائه شده در پیوست ۲ باشد. پارامترهای ارائه شده در جدول ۵-۲ باید در WPS مشخص شده و برای متغیرهای دارای محدودیت، در محدوده‌های مشخص شده باشد. تغییر در متغیرهای اساسی[1] بیشتر از مقادیری که در جدول ۵-۲ مجاز گردیده، نیازمند WPS پیش‌تایید شده اصلاحی بوده یا باید مطابق فصل ۶ با آزمایش مورد ارزیابی قرار گیرد.

1 - Essential Variables

جدول ۵-۱- الزامات WPS پیش‌تایید شده (به بند ۵-۲ مراجعه شود)

متغیر	موقعیت	نوع جوش	SMAW	SAW (ب)			GMAW/FCAW (پ)
				چندگانه	موازی	تک	
حداکثر قطر الکترود	تخت	گوشه (ت)	8.0mm	6.4 mm			3.2 mm
		شیاری (ت)	8.0mm				
		عبور ریشه	4.8mm				
	افقی	گوشه	6.4mm	6.4 mm			3.2 mm
		شیاری	4.8mm	نیازمند آزمایش ارزیابی WPS			
	عمودی	همه	4.8mm (ث)				2.4 mm
	بالاسری	همه	4.8mm (ث)				2.0 mm
حداکثر جریان	همه	گوشه	در محدوده عملکرد توصیه شده توسط سازنده فلز پرکننده	نامحدود	1200A	1000A	در محدوده عملکرد توصیه شده توسط سازنده فلز پرکننده
	همه	عبور ریشه جوش شیاری با دهانه ریشه			700A	600A	
		عبور ریشه جوش شیاری بدون دهانه ریشه			900A		
		عبورهای میانی جوش شیاری			1200A		
		عبور رویه جوش شیاری		نامحدود			
حداکثر ضخامت عبور ریشه	تخت	همه	10mm	نامحدود			10mm
	افقی		8mm				8mm
	عمودی		12mm				12mm
	بالاسری		8mm				8mm
حداکثر ضخامت عبورمیانی	همه	همه	5mm	نامحدود		6mm	6mm
حداکثر اندازه تک‌عبور جوش گوشه	تخت	گوشه	10mm	نامحدود			10mm
	افقی		8mm	12mm	8mm	8mm	8mm
	عمودی		12mm				12mm
	بالاسری		8mm				8mm
حداکثر پهنای لایه تک‌عبور	همه (برای GMAW /FCAW) (F&H برای SAW)	< فاصله ریشه 12 mm		چندلایه	الکترودها با فاصله جانبی یا چندلایه	چندلایه	چندلایه[1]
		لایه با هر پهنایی		چندلایه اگر w>16 میلیمتر باشد.	چندلایه به همراه جفت الکترود دنبال‌هم اگر w>16 میلیمترباشد.	چندلایه اگر w>25 میلی‌متربا شد.	(پانویس چ)

(الف) ناحیه سایه‌دار، نشان‌دهنده عدم کاربرد می‌باشد.

(ب) برای محدودیت‌های عرض به عمق به بند ۵-۸-۲-۱ مراجعه شود.

(پ) GMAW-S نباید پیش‌تایید شود.

(ت) به جز عبورهای ریشه

(ث) ۴/۰ میلی‌متر برای EXX14 و الکترودهای کم‌هیدروژن

(ج) برای الزامات مربوط به جوشکاری فولاد پرمقاومت کم آلیاژ (مانند ASTM A588) رنگ نشده و در معرض محیط به بند ۵-۶-۲ مراجعه شود.

(چ) چندلایه، در موقعیت‌های F، H یا OH برای مقاطع غیرلوله‌ای، هنگامی‌که پهنای لایه (W>16 میلی‌متر) می‌باشد.

چندلایه، در موقعیت عمودی برای مقاطع غیرلوله‌ای یا موقعیت تخت، افقی، عمودی و بالاسری برای مقاطع لوله‌ای، هنگامی‌که W>25 میلی‌متر باشد.

1- Split Layers

جدول ۵-۲- متغیرهای اساسی WPS پیش‌تایید شده (به بند ۵-۲-۱ مراجعه شود.)

متغیرهایی که باید در WPS پیش‌تایید شده گنجانده شود.	
۱- فرایند جوشکاری *	۱۲- حالت انتقال (GMAW)
۲- موقعیت جوشکاری	۱۳- نوع جریان (DC یا AC)
۳- عدد گروه فلزپایه (به جدول ۵-۳ مراجعه شود)	۱۴- قطبیت جریان (DCEP, DCEN, AC)
۴- رده پیش‌گرمایش فلزپایه (به‌جدول۵-۴ مراجعه شود)	۱۵- سرعت تغذیه سیم جوش (SAW, FCAW, GMAW)
۵- رده فلز پرکننده (SMAW,GMAW,FCAW)	۱۶- سرعت حرکت
۶- طبقه‌بندی فلز پرکننده/پودرجوش (SAW)	۱۷- ترکیب گاز محافظ (FCAW-G, GMAW)
۷- قطر اسمی الکترود	۱۸- نرخ جریان گاز محافظ (FCAW-G, GMAW)
۸- تعداد الکترودها (SAW)	۱۹- نوع جوش (گوشه، CJP، PJP، انگشتانه و کام)
۹- فاصله و جهت الکترود (SAW)	۲۰- جزئیات جوش شیاری
۱۰- آمپر (SAW, FCAW, GMAW)	۲۱- عملیات حرارتی بعد از جوشکاری (PWHT)
۱۱- ولتاژ (SAW, FCAW, GMAW)	

رواداری متغیرها برای WPSهای پیش‌تایید شده	
متغیر	**(رواداری مجاز)**
۲۲- آمپر (SAW, FCAW, GMAW)	± 10%
۲۳- ولتاژ (SAW, FCAW, GMAW)	± 15%
۲۴- سرعت تغذیه سیم جوش (اگر آمپرکنترل شده نباشد) (SAW, FCAW, GMAW)	± 10%
۲۵- سرعت حرکت (SAW, FCAW, GMAW)	± 25%
۲۶- نرخ جریان گاز محافظ (FCAW-G, GMAW)	بیش از ۵۰ درصد افزایش یا بیش از ۲۵ درصد کاهش
۲۷- تغییر در فاصله طولی قوس‌ها (SAW)	بیش از ۱۰ درصد یا ۳ میلی‌متر (هرکدام بزرگتر بود)
۲۸- فاصله جانبی قوس‌ها (SAW)	بیش از ۱۰ درصد یا ۳ میلی‌متر (هرکدام بزرگتر بود)
۲۹- جهت زاویه‌ای الکترودهای موازی (SAW)	± 10%
۳۰- زاویه موازی با جهت حرکت الکترود برای حالت مکانیزه یا اتوماتیک (SAW)	± 10%
۳۱- زاویه الکترود عمود برجهت حرکت برای حالت مکانیزه یا اتوماتیک (SAW)	± 10%

* هنگامی‌که این متغیر تغییر می‌کند، یک WPS جداگانه لازم است.

۵-۲-۲- ترکیب WPSها

ترکیب WPSهای پیش‌تایید شده و ارزیابی شده با آزمایش را می‌توان بدون ارزیابی استفاده نمود، مشروط بر اینکه محدودیت‌های متغیرهای اساسی مربوط به هر فرایند رعایت شود.

۵-۳- فلز پایه

فقط فلزات پایه گروه‌بندی شده جدول ۵-۳ را می‌توان در WPS پیش‌تایید شده استفاده نمود. (برای ارزیابی فلزات پایه گروه‌بندی شده و برای فلزات پایه گروه‌بندی نشده در جدول ۵-۳، بند ۶-۲-۱- ملاحظه شود.)

۵-۳-۱- تایید ملحقات کمکی توسط مشاور

به عنوان راهکار جایگزین برای ارزیابی WPS، مواد گروه‌بندی نشده برای ملحقات کمکی که در محدوده آنالیز شیمیایی مواد گروه‌بندی شده در جدول ۵-۳ قرار می‌گیرد، می‌تواند با تایید مهندس مشاور در WPS استفاده شود. انتخاب فلز

پرکننده از جدول ۵-۴ و حداقل پیش‌گرمایش مطابق بند ۵-۷، باید منطبق بر فلز مشابه از نظر مقاومت و ترکیب شیمیایی باشد.

جدول ۵-۳- فلزات پایه مورد تایید برای WPSهای پیش‌تایید شده و الکترود سازگار آن‌ها

مشخصات الکترود سازگار				
مقاومت نهایی N/mm^2	تنش تسلیم N/mm^2	روش جوشکاری و علامت الکترود	مشخصات فلز پایه	گروه
		جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار (SMAW)	فولادهای نرمه مطابق جداول ۱-۱-۱۰ تا ۴-۱-۱۰ مبحث دهم F_y = 200 تا 300N/mm^2 F_u = 340 تا 420N/mm^2 و فولاد رده ST37 تا ضخامت ۲۰ میلی‌متر	۱
۴۲۰	۳۴۵	E60XX		
۴۹۰	۴۱۵	E70XX		
۴۹۰	۳۹۰	E70XX-X		
		جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW)		
۴۲۰-۵۵۰	۳۳۰	F6XX-EXXX		
۴۹۰-۶۶۰	۴۰۰	F7XX-EXXX		
		F7XX-EXXX-XX		
		جوشکاری قوسی فلزی تحت حفاظت گاز (GMAW , GTAW)		
۴۹۰	۴۱۵	ER70S-X		
		جوشکاری قوسی با سیم توپودری (FCAW)		
۴۲۰	۳۴۵	E6XT-X		
۴۹۰	۴۱۵	E7XT-X		
		جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار (SMAW)	فولادهای پرمقاومت کم‌آلیاژ مطابق جداول ۱-۱-۱۰ تا ۴-۱-۱۰- مبحث دهم F_y = 300 تا 380N/mm^2 F_u = 420 تا 490N/mm^2 و فولاد پرمقاومت رده ST52 یا S355 و فولادهای نرمه رده ST37 یا S235 ضخامت بالای ۲۰ میلی‌متر	۲
۴۹۰	۴۱۵	E7015 , E7016 E7018 , E7028		
۴۹۰	۳۹۰	E7015-X , E7016-X E7018-X		
		جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW)		
۴۹۰-۶۶۰	۴۰۰	F7XX-EXXX یا F7XX-EXX-XX		
		جوشکاری قوسی فلزی تحت حفاظت گاز (GMAW,GTAW)		
۴۹۰	۴۱۵	ER70S-X		
		جوشکاری قوسی با سیم توپودری (FCAW)		
۴۹۰	۴۱۵	E7XT-X		

مشخصات الکترود سازگار			مشخصات فلز پایه	گروه
مقاومت نهایی N/mm^2	تنش تسلیم N/mm^2	روش جوشکاری و علامت الکترود		
		جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار (SMAW)	فولادهای پرمقاومت مطابق جداول ۱۰-۱-۱ و ۱۰-۱-۴ مبحث دهم F_y = 380 تا 450N/mm² F_u = 490 تا 560N/mm²	۳
۵۶۰	۴۶۰	E8015-X, E8016-X E8018-X		
		جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW)		
۵۶۰-۶۹۰	۴۷۰	F8XX-EXXX-XX		
		جوشکاری قوس فلزی تحت حفاظت گاز (GMAW,GTAW)		
۵۶۰	۴۷۰	ER80S-X		
		جوشکاری قوسی با سیم توپودری (FCAW)		
۵۶۰-۶۹۰	۴۷۰	E8XTX-X		
		جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار (SMAW)	فولادهای پرمقاومت متوسط جداول ۱۰-۱-۱ تا ۱۰-۱-۴ مبحث دهم F_y = 450 تا 480N/mm² F_u = 560 تا 700N/mm²	۴
۶۲۰	۵۳۰	E9015-X, E9016-X E9018-X , E9018-M		
		جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW)		
۶۳۰-۶۹۰	۵۳۰	F9XX-EXXX-XX		
		جوشکاری قوسی فلزی تحت حفاظت گاز (GMAW,GTAW)		
۶۳۰	۵۳۰	ER90S-X		
		جوشکاری قوسی با سیم توپودری (FCAW)		
۶۳۰-۶۹۰	۵۳۰	E9XTX-X		
		جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار (SMAW)	فولادهای خیلی پرمقاومت مطابق جداول ۱۰-۱-۱ تا ۱۰-۱-۴ مبحث دهم F_y > 480 N/mm² F_u > 700 N/mm²	۵
۷۶۰	۶۷۰	E11015-X, E11016-X E11015-X		
		جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW)		
۷۶۰-۹۰۰	۶۸۰	F11XX-EXX-XX		
		جوشکاری قوسی فلزی تحت حفاظت گاز (GMAW,GTAW)		
۷۶۰	۶۶۰-۷۴۰	ER110S-X		
		جوشکاری قوسی با سیم توپودری (FCAW)		
۷۶۰-۹۰۰	۶۷۵	E11XTX-X		

۵-۴- اتصالات جوشی

۵-۴-۱- جزئیات جوش شیاری با نفوذ کامل (CJP)[1]

جوش‌های شیاری که منطبق بر جزئیات شکل ۵-۱ و مقررات بند ۵-۴-۱-۱ باشند را می‌توان بدون آزمایش‌های ارزیابی فصل ۶ به کار برد.

۵-۴-۱-۱- ابعاد جوش‌های شیاری مشخص شده در بند ۵-۴-۱ در نقشه‌های طراحی یا تفصیلی، می‌تواند در محدوده رواداری نشان داده شده «در- طراحی[2]» شکل ۵-۱ تغییر نماید.

۵-۴-۱-۲- پشت‌بند

جوش‌های شیاری نفوذ کامل پیش‌تایید شده که فقط از یک طرف اجرا می‌شود، به جز مواردی‌که در سازه‌های لوله‌ای مجاز شده است، باید دارای پشت‌بند باشند.

۵-۴-۱-۳- برای جوش‌های شیاری نفوذ کامل پیش‌تایید شده که بدون پشت‌بند فولادی یا تسمه فاصله‌انداز طراحی شده است، می‌توان از پشت‌بند با جنس غیرفولادی ذکر شده در بند ۷-۹-۳ استفاده نمود.

مشروط به رعایت موارد زیر:

۱) پشت‌بند پس از جوشکاری برداشته شود.

۲) پشت جوش شیارزنی شده و جوش پشت اجرا شود.

دستورالعمل‌های جوشکاری اتصالات جوشی با استفاده از پشت‌بند غیرفلزی که بصورت جوش بکر[3] و بدون شیارزنی و جوش پشت باقی می‌ماند، پیش‌تایید شده نیست.

۵-۴-۱-۴- آماده‌سازی شیار دوطرفه

آماده‌سازی شیار نیم‌لاله‌ای (J) و لاله‌ای (U) و طرف دیگر جوش شیاری با درز جناغی دوطرفه (X) و نیم‌جناغی دوطرفه (K) را می‌توان قبل و یا بعد از مونتاژ انجام داد. ریشه جوش‌های شیاری با درز جناغی دوطرفه و نیم‌جناغی دوطرفه، باید طوری از پشت شیارزنی شوند که هندسه شیار به صورت درز U یا J استاندارد درآید.

1 - Complete Joint Penetration (CJP)
2 - As- Detailed
3 - As- Welded

۵-۴-۱-۵- روش GMAW/FCAW در اتصالات SMAW

جزئیات آماده‌سازی شیار مربوط به جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار پیش‌تایید شده، می‌تواند برای شیار جوشکاری قوسی فلزی تحت حفاظت گاز و قوسی با سیم توپودری پیش‌تایید شده ، مورد استفاده قرار گیرد.

۵-۴-۱-۶- آماده‌سازی اتصالات کنج

در اتصالات کنج، آماده‌سازی جوش شیاری خارجی، می‌تواند در یک یا هر دو قطعه انجام شود، مشروط براینکه هندسه مقطع شیار تغییر نکرده و لبه‌ها فاصله کافی به منظور انجام عملیات جوشکاری بدون ذوب لبه را داشته باشند.

۵-۴-۱-۷- فاصله ریشه[1]

فاصله ریشه می‌تواند مطابق ضوابط بندهای ۵-۴-۱-۱ و ۵-۴-۱-۸ تغییر نماید. لیکن در جوشکاری‌های خودکار زیرپودری، تحت حفاظ گاز و الکترود توپودری، حداکثر تغییرات فاصله ریشه (اختلاف بین فاصله حداکثر و حداقل در- مونتاژ[2]) نباید از ۳ میلیمتر تجاوز نماید. تغییرات بیش از ۳ میلیمتر باید قبل از جوشکاری خودکار یا مکانیزه اصلاح شود.

۵-۴-۱-۸- رواداری‌های مونتاژ

رواداری‌های مونتاژ در شکل ۵-۱ را می‌توان به ابعاد نشان داده شده در نقشه‌های اجرایی اعمال نمود.

۵-۴-۱-۹- آماده‌سازی شیارهای J و U

شیارهای J و U را می‌توان قبل یا بعد از مونتاژ آماده‌سازی نمود.

۵-۴-۲- جزئیات جوش شیاری با نفوذ نسبی (PJP)

دستورالعمل جوشکاری جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی در صورتی که منطبق بر جزئیات در- طراحی شکل ۵-۲ و مقررات بخش ۵-۴-۲ باشند، می‌تواند بدون انجام آزمایش‌های ارزیابی فصل ۶ به کار برده شود.

۵-۴-۲-۱- تعریف

به غیر از مواردی که در شکل ۵-۱ (B-L1-S) ذکر شده است، جوش‌های شیاری بدون پشت‌بند که فقط از یک طرف جوش می‌شوند و جوش‌های شیاری که از هر دو طرف، لیکن بدون شیارزنی ریشه از پشت[3] جوش می‌شوند، در رده جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی قرار می‌گیرند.

1- Root opening
2- As Fit-up
3- Back gouging

۵-۴-۲-۲- ابعاد اتصال

ابعاد جوش‌های شیاری مقرر شده در بند ۵-۴-۲ می‌توانند در نقشه‌های محاسباتی و با نقشه‌های جزئیات در محدوده رواداری‌های تعیین شده در ستون در- طراحی، شکل ۵-۲ تغییر نمایند.

۵-۴-۲-۳- بعد جوش پیش‌تایید شده

بعد جوش (S) یک جوش پیش‌تایید شده PJP باید مطابق شکل ۵-۲ برای هر فرایند مشخص، هندسه درز، زاویه شیار و موقعیت جوشکاری باشد.

۱) حداقل بعد جوش شیاری با نفوذ نسبی با شیار V یک یا دوطرفه، شیار J یا U، نوع ۲ تا ۹ باید مطابق جدول ۵-۴ باشد. ضخامت فلز پایه به منظور برآورده کردن الزامات جزئیات اتصال انتخاب شده باید کافی و منطبق بر تغییرات اشاره شده در بند ۵-۴-۲-۲ و الزامات جدول ۵-۴ باشد.

۲) حداکثر ضخامت فلز پایه نباید محدود باشد.

۳) برای جوش شیاری نفوذ نسبی با لبه ساده B-P1 و شیاری نیم لبه‌گرد[1] BTC-P10 و B-P11، حداقل بعد جوش باید از شکل ۵-۲ محاسبه شود.

۴) در نقشه‌های اجرایی باید عمق شیار طراحی (D) که برای بعد جوش (S) به کار می‌رود و مطابق بند ۵-۴-۲-۲ مورد نیاز است، مشخص شود. (دقت شود که این موضوع نباید برای اتصالات B-P1، BTC-P10 و B-P11 اعمال شود.)

۵-۴-۲-۴- روش GMAW/FCAW در اتصالات SMAW

جزئیات آماده‌سازی شیار مربوط به جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار پیش‌تایید شده، می‌تواند برای شیار جوشکاری قوسی فلزی تحت حفاظ گاز و قوسی با سیم توپودری پیش‌تایید شده ، مورد استفاده قرار گیرد.

۵-۴-۲-۵- آماده‌سازی اتصالات کنج

در اتصالات کنج، آماده‌سازی شیار خارجی می‌تواند در یک و یا هر دو قطعه اتصال انجام شود، مشروط براینکه هندسه شیار شامل زاویه، عمق و فاصله ریشه تغییری نکرده و فاصله کافی از لبه به منظور انجام عملیات جوشکاری بدون ذوب لبه، باقی بماند.

1 - Flare-bevel

جدول ۵-۴- حداقل بعد گلویی جوش (S) برای جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی

ضخامت فلز پایه (mm)	حداقل بعد گلویی جوش* (mm)
۳ تا ۵	۲
بزرگتر از ۵ تا ۶	۳
بزرگتر از ۶ تا ۱۲	۵
بزرگتر از ۱۲ تا ۲۰	۶
بزرگتر از ۲۰ تا ۳۸	۸
بزرگتر از ۳۸ تا ۵۷	۱۰
بزرگتر از ۵۷ تا ۱۵۰	۱۲
بزرگتر از ۱۵۰	۱۶

* لازم نیست حداقل اندازه جوش از ضخامت قطعه نازکتر بیشتر باشد.

۵-۴-۲-۶- فاصله ریشه

فاصله ریشه می‌تواند مطابق ضوابط مندرج در بندهای ۵-۴-۲-۲ و ۵-۴-۲-۷ متغیر باشد. هرچند، برای جوشکاری خودکار که از روش‌های GMAW، FCAW و SAW استفاده می‌نماید، حداکثر تغییر فاصله ریشه (تفاوت فاصله حداقل و حداکثر در مونتاژ) نباید از ۳ میلیمتر تجاوز نماید. تغییرات بیشتر از ۳ میلیمتر باید بصورت موضعی قبل از جوشکاری خودکار برطرف شود.

۵-۴-۲-۷- رواداری‌های مونتاژ

رواداری‌های مونتاژ در شکل ۵-۲ را می‌توان به ابعاد نشان داده شده در نقشه‌های اجرایی اعمال نمود. هرچند، رواداری‌های مونتاژ نمی‌تواند باعث نادیده گرفته شدن الزامات حداقل بعد جوش مطابق بند ۵-۴-۲-۳(۱) شود.

۵-۴-۲-۸- آماده‌سازی شیارهای J و U

شیارهای J و U شکل را می‌توان قبل یا پس از مونتاژ آماده‌سازی نمود.

تذکرات مربوط به شکل ۵-۱ و ۵-۲:

a: برای جوش تحت حفاظ گاز GTAW یا GMAW-S، پیش‌تایید شده نیست و آزمایش‌های ارزیابی لازم است.

b: جوشکاری فقط از یک طرف درز انجام می‌شود.

c: در بارهای چرخه‌ای (سیکلی)، این درز محدود به درز لب‌به‌لب در وضعیت تخت می‌شود (بند ۴-۱۸-۲).

d: قبل از جوشکاری طرف دیگر، ریشه جوش تا رسیدن به فلز سالم، شیارزنی شود.

e: جزئیات اتصال SMAW می‌تواند برای GMAW به جز GMAW-S و FCAW استفاده شود.

f: حداقل اندازه جوش (S) طبق جدول ۵-۴. عمق شیار (D) طبق مقدار معرفی شده در نقشه.

g: اگر در اعضای تحت بار استاتیکی برای تقویت جوش‌های شیاری در اتصالات کنج و سپری از جوش گوشه استفاده شود، اندازه آنها باید $\frac{۱}{۴}T_۱ \leq ۱۰mm$ باشد.

h: جوش‌های شیاری دوطرفه، می‌توانند شیارهایی با عمق‌های متفاوت داشته باشند، لیکن عمق شیار کم عمق‌تر نباید کمتر از $\frac{۱}{۴}$ برابر ضخامت قطعه نازکتر باشد.

i: جوش‌های شیاری دوطرفه می‌توانند دارای شیارهایی با عمق نامساوی باشند، مشروط براینکه محدودیت‌های تذکر f را برآورده نمایند. اندازه جوش S نیز برحسب عمق شیار مربوطه تعیین می‌شود.

j: زاویه دو قطعه می‌تواند بین ۱۳۵ تا ۱۸۰ درجه در اتصالات لب‌به‌لب، ۴۵ تا ۱۳۵ درجه در اتصالات کنج و یا ۴۵ تا ۹۰ درجه در اتصالات سپری تغییر یابد.

k: برای اتصالات کنج، شیار خارجی می‌تواند در یک و یا هر دو قطعه متصل شده باشد، مشروط بر اینکه هندسه درز شامل زاویه، دهانه ریشه، ضخامت ریشه ثابت باقی بماند و فاصله لبه‌ای کافی برای انجام عملیات جوشکاری بدون ذوب لبه داشته باشد.

l: بعد جوش (S) باید براساس سطح صاف درز جوش شده باشد.

m: در جوش‌های نیم لبه‌گرد یک‌طرفه یا دوطرفه به مقاطع لوله‌ای چهارگوش، r باید دو برابر ضخامت دیواره باشد.

n: در جوش‌های نیم لبه‌گرد دوطرفه با شعاع‌های r متفاوت، r با شعاع کمتر باید استفاده شود.

o: در اتصالات کنج و سپری زاویه اعضای اتصال می‌تواند از ۹۰ تا ۱۷۰ درجه تغییر یابد، مشروط براینکه زاویه شیار و فاصله ریشه حفظ شود و زاویه بین وجوه شیار و پشت‌بند فولادی حداقل ۹۰° باشد. (شکل ۵-۵ ملاحظه شود.)

* تمامی اندازه‌ها به میلی‌متر است.

نمادهای نوع اتصال	
B	لب‌به‌لب (Butt)
C	کنج (Corner)
T	سپری (T)
BC	لب‌به‌لب یا کنج
TC	کنج یا سپری
BTC	لب‌به‌لب، سپری یا کنج

نمادهای روش جوشکاری	
SMAW	جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار
SAW	جوشکاری قوسی زیرپودری
GMAW	جوشکاری قوسی فلزی با محافظت گاز
FCAW	جوشکاری قوسی با سیم توپودری

نمادهای ضخامت فلز پایه و میزان نفوذ	
P	شیاری با نفوذ نسبی PJP
L	شیاری با نفوذ کامل CJP، ضخامت محدود
U	شیاری با نفوذ کامل CJP، ضخامت نامحدود

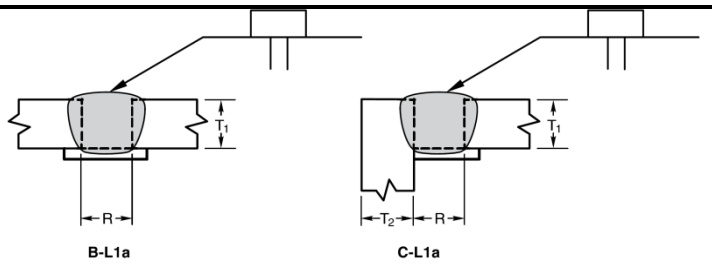
وضعیت جوشکاری	
F	تخت
H	افقی
V	سربالا (قائم)
OH	سقفی (بالای سر)

نمادهای نوع جوش	
۱	جوش شیاری ساده (Square-groove)
۲	جوش شیاری جناغی یک‌طرفه (Single-V)
۳	جوش شیاری جناغی دوطرفه (Double-V)
۴	جوش شیاری نیم‌جناغی یک طرفه (Single-Bevel)
۵	جوش شیاری نیم‌جناغی دوطرفه (Double-Bevel)
۶	جوش شیاری لاله‌ای یک‌طرفه (Single-U)
۷	جوش شیاری لاله‌ای دوطرفه (Double-U)
۸	جوش شیاری نیم‌لاله‌ای یک‌طرفه (Single -J)
۹	جوش شیاری نیم‌لاله‌ای دوطرفه (Double-J)
۱۰	جوش شیاری نیم‌لبه‌گرد (Flare-Bevel)
۱۱	جوش شیاری لبه گرد (Flare-V)

ابعاد
R = فاصله ریشه
α و β = زاویه شیار
f = سطح ریشه
r = شعاع شیار لاله‌ای یا نیم‌لاله‌ای
D، D_1، D_2 = عمق شیار جوش شیاری نفوذ نسبی
S، S_1، S_2 = اندازه‌های جوش شیاری نفوذ نسبی

نمادها برای فرایندهای جوشکاری غیراز SMAW	
S	SAW
G	GMAW
F	FCAW

(1) جوش شیاری ساده
(B) اتصال لب‌به‌لب
(C) اتصال کنج

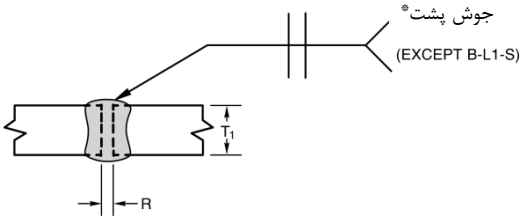


فرایند جوشکاری	نام اتصال	ضخامت فلز پایه		آماده‌سازی درز			وضعیت مجاز جوش	گازمحافظ برای FCAW	تذکرات
		T_1	T_2	فاصله ریشه	روادارى‌ها				
					در طراحی	در مونتاژ			
SMAW	B-L1a	6 max	—	$R = T_1$	+2, -0	+6, -2	همه	—	e, j
	C-L1a	6 max	U	$R = T_1$	+2, -0	+6, -2	همه	—	e, j
FCAW GMAW	B-L1a-GF	10 max	—	$R = T_1$	+2, -0	+6, -2	همه	لازم‌نیست	a, j

U = نامحدود

Max = حداکثر

(1) جوش شیاری ساده
(B) اتصال لب‌به‌لب
(C) اتصال کنج

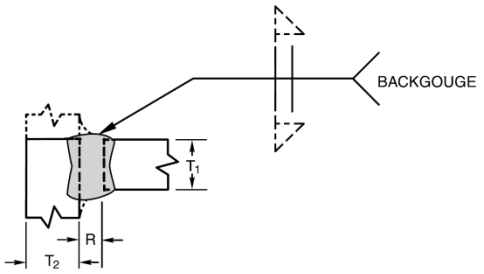


فرایند جوشکاری	نام اتصال	ضخامت فلز پایه		آماده‌سازی درز			وضعیت مجاز جوش	گازمحافظ برای FCAW	تذکرات
		T_1	T_2	فاصله ریشه	روادارى‌ها				
					در طراحی	در مونتاژ			
SMAW	B-L1b	6max	—	$R = \frac{T_1}{2}$	+2,-0	+2,-3	همه	—	d,e,j
GMAW FCAW	B-L1b-GF	10max	—	R=0to3	+2,-0	+2,-3	همه	لازم‌نیست	a,d,j
SAW	B-L1-S	10max	—	R=0	±0	+2,-0	F	—	j
SAW	B-L1a-S	10max	—	R=0	±0	+2,-0	F	—	d,j

* شیارزنی و جوش پشت ضروری است (Backgouge)

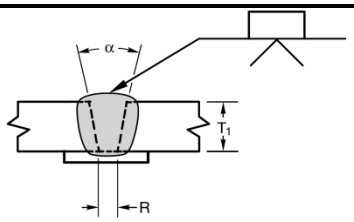
شکل ۵-۱- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذی کامل

(1) جوش شیاری ساده
(T) اتصال سپری
(C) اتصال کنج



فرایند جوشکاری	نام اتصال	ضخامت فلز پایه		آماده‌سازی درز			وضعیت مجاز جوش	گازمحافظ برای FCAW	تذکرات
		T_1	T_2	فاصله ریشه	رواداری‌ها: در طراحی	رواداری‌ها: در مونتاژ			
SMAW	TC-L1b	6max	U	$R=\frac{T_1}{2}$	+2,-0	+2,-3	همه	—	d,e,g
GMAW FCAW	TC-L1-GF	10max	U	R=0to3	+2,-0	+2,-3	همه	لازم‌نیست	a,d,g
SAW	TC-L1-S	10max	U	R = 0	±0	+2,-0	F	—	d,g

(2) جوش‌شیاری‌جناغی‌یک‌طرفه
(B) اتصال لب‌به‌لب

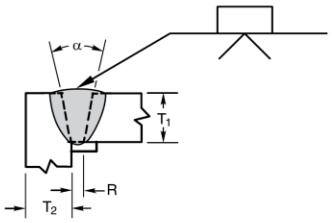


رواداری‌ها	
در مونتاژ (۵-۴-۱-۸)	در- طراحی (۵-۴-۱-۱)
+6, –2	R = +2, –0
+10°, –5°	α = +10°, –0°

فرایند جوشکاری	نام اتصال	ضخامت فلز پایه		آماده‌سازی درز		وضعیت مجاز جوش	گازمحافظ برای FCAW	تذکرات
		T_1	T_2	فاصله ریشه	زاویه شیار			
SMAW	B-U2a	U	—	R=6	α = 45°	همه	—	e,j
				R=10	α = 30°	F,V,OH	—	e,j
				R=12	α = 20°	F,V,OH	—	e,j
GMAW FCAW	B-U2a-GF	U	—	R=5	α = 30°	F,V,OH	لازم‌الاجرا	a,j
				R=10	α = 30°	F,V,OH	لازم نیست	a,j
				R=6	α = 45°	F,V,OH	لازم نیست	a,j
SAW	B-L2a-S	50 max	—	R=6	α = 30°	F	—	j
SAW	B-U2-S	U	—	R=16	α = 20°	F	—	j

شکل ۵-۱- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذی کامل (ادامه)

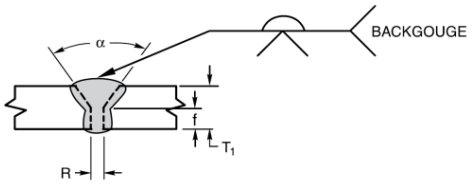
(2) جوش شیاری‌جناغی یک‌طرفه
(C) اتصال کنج



رواداری	
در مونتاژ (۵-۴-۱-۸)	در- طراحی (۵-۴-۱-۱)
+6 , -2	R = +2 , -0
+10°,–5°	α = +10°,–0°

تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز		ضخامت فلز پایه		نام اتصال	فرایند جوشکاری
			زاویه شیار	فاصله ریشه	T_2	T_1		
e,o	—	همه	α = 45°	R=6	U	U	C-U2a	SMAW
e,o	—	F,V,OH	α = 30°	R=10				
e,o	—	F,V,OH	α = 20°	R=12				
a	لازم‌الاجرا	F,V,OH	α = 30°	R=5	U	U	C-U2a-GF	GMAW FCAW
a,o	لازم نیست	F,V,OH	α = 30°	R=10				
a,o	لازم نیست	F,V,OH	α = 45°	R=6				
o	—	F	α = 30°	R=6	U	50 max	C-L2a-S	SAW
o	—	F	α = 20°	R=16	U	U	C-U2-S	SAW

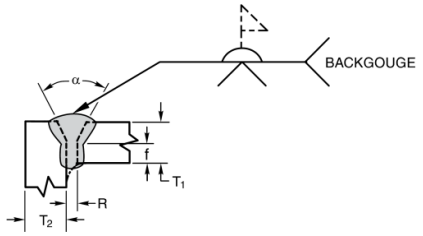
(2) جوش شیاری جناغی یک‌طرفه
(B) اتصال لب‌به‌لب



تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز			ضخامت فلز پایه		نام اتصال	فرایند جوشکاری
			رواداری‌ها		فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار	T_2	T_1		
			در مونتاژ	در طراحی					
d,e,j	—	همه	+2,-3 نامحدود +10°,–5°	+2,-0 +2,-0 +10°,–0°	R=0to3 f=0to3 α = 60°	—	U	B-U2	SMAW
a,d,j	لازم‌نیست	همه	+2,-3 نامحدود +10°,–5°	+2,-0 +2,-0 +10°,–0°	R=0to3 f=0to3 α = 60°	—	U	B-U2-GF	GMAW FCAW
d,j	—	F	+2,-0 ±2 +10°,–5°	R= ±0 f= +0,-f α = +10°,–0°	R=0 f=6max α = 60°	—	Over12to25	B-L2c-S	SAW
					R=0 f=12max α = 60°	—	Over25to38		
					R=0 f=16max α = 60°	—	Over38to50		

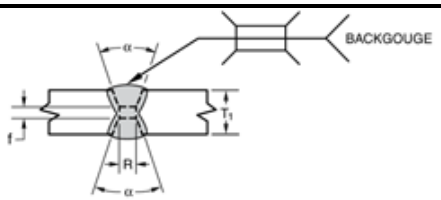
شکل ۵-۱- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذی کامل (ادامه)

(2) جوش شیاری جناغی یک‌طرفه
(C) اتصال کنج



تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز			ضخامت فلز پایه		نام اتصال	فرایند جوشکاری
			رواداری‌ها		فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار	T_2	T_1		
			در مونتاژ	در طراحی					
d,e,g,j	—	همه	+2,-3 نامحدود +10°,–5°	+2,-0 +2,-0 +10°,–0°	R=0to3 f=0to3 α = 60°	U	U	C-U2	SMAW
a,d,g,j	لازم‌نیست	همه	+2,-3 نامحدود +10°,–5°	+2,-0 +2,-0 +10°,–0°	R=0to3 f=0to3 α = 60°	U	U	C-U2-GF	GMAW FCAW
d,g,j	—	F	+2,-0 ±2 +10°,–5°	±0 +0,-6 +10°,–0°	R=0to3 f=6max α = 60°	U	U	C-U2b-S	SAW

(3) جوش‌شیاری‌جناغی دوطرفه
(B) اتصال لب‌به‌لب

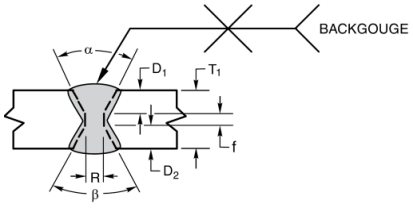


		روادارى	
		در مونتاژ (۵-۴-۱-۸)	در- طراحی (۵-۴-۱-۱)
		+6 , -2	R = ±0
		+2 , -0	f = ±0
		+10°,–5°	α = +10°,–5°
فاصله‌انداز	SAW	+2 , -0	±0
	SMAW	+3 , -0	±0

تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز			ضخامت فلز پایه		نام اتصال	فرایند جوشکاری
			در مونتاژ	در طراحی	فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار	T_2	T_1		
d,e,h,j	—	همه	α = 45°	f = 0to3	R = 6	—	U = فاصله‌انداز 1/8 × R	B-U3a	SMAW
	—	F,V,OH	α = 30°	f = 0to3	R = 10				
	—	F,V,OH	α = 20°	f = 0to3	R = 12				
d,h,j	—	F	α = 20°	f = 0to3	R = 16	—	U = فاصله‌انداز 1/4 × R	B-U3a-S	SAW

شکل ۵-۱- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذی کامل (ادامه)

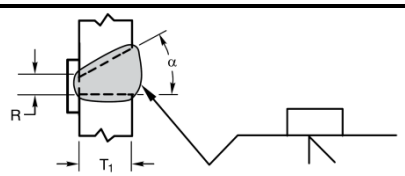
(3) جوش شیاری جناغی‌دوطرفه
(B) اتصال لب‌به‌لب



فقط برای B-U3C-S		
T_1		D_1
Over	to	
50	60	35
60	80	45
80	90	55
90	100	60
100	120	70
120	140	80
140	160	95
$D_1=2/3\ (T_1-6)$ برای $T_1>160$ یا $T_1\leq50$		

تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها در مونتاژ	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها در طراحی	آماده‌سازی درز: فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار	ضخامت فلز پایه T_2	ضخامت فلز پایه T_1	نام اتصال	فرایند جوشکاری
d,e,h,j	—	همه	+2,-3	+2,-0	R=0to3 f=0to3 α = β = 60°	—	U	B-U3b	SMAW
a,d,h,j	لازم‌نیست	همه	نامحدود +10°, –5°	+2,-0 +10°, –0°				C-U3-GF	GMAW FCAW
d,h,j	—	F	+2,-0 +6, -0 +10°, –5°	+2, -0 +6,-0 +10°, –0°	R=0 f=6min α = β = 60°	—	U	C-U3c-S	SAW
					To find D_1 see table above: $D_2=T_1-(D_1+f)$				

(4) جوش شیاری‌نیم‌جناغی‌یک‌طرفه
(B) اتصال لب‌به‌لب

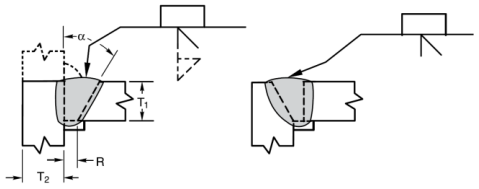


رواداری	
در مونتاژ (۵-۴-۱-۸)	در- طراحی (۵-۴-۱-۱)
+6 , -2	R = +2 , -0
+10°, –5°	α = +10°, –0°

تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز: زاویه شیار	آماده‌سازی درز: فاصله ریشه	ضخامت فلز پایه T_2	ضخامت فلز پایه T_1	نام اتصال	فرایند جوشکاری
c,e, j	—	همه	α = 45°	R=6	—	U	B-U4a	SMAW
c,e, j	—	همه	α = 30°	R=10				
a, c, j	لازم‌الاجرا	همه	α = 30°	R-5	—	U	B-U4a-GF	GMAW FCAW
a, c, j	لازم نیست	همه	α = 45°	R=6				
a, c, j	لازم نیست	F, H	α = 30°	R=10				
c, j	—	F	α = 30°	R=10	—	U	C-U4a-S	SAW
			α = 45°	R=6				

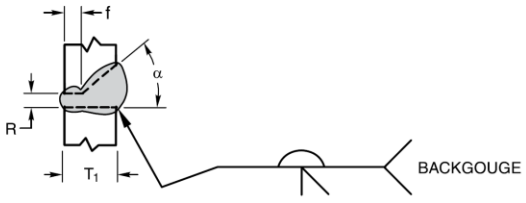
شکل ۵-۱- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذی کامل (ادامه)

رواداری	
در مونتاژ (۵-۴-۱-۸)	در- طراحی (۵-۴-۱-۱)
+6 , -2	R = +2 , -0
+10°,–5°	α = +10°,–0°



(4) جوش شیاری‌نیم‌جناغی‌یک‌طرفه
(T) اتصال سپری
(C) اتصال کنج

تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز		ضخامت فلز پایه		نام اتصال	فرایند جوشکاری
			زاویه شیار	فاصله ریشه	T_2	T_1		
e,g,k,o	—	همه	α = 45°	R=6	U	U	TC-U4a	SMAW
e,g,k,o	—	F,V,OH	α = 30°	R=10				
a,g,k,o	لازم‌الاجرا	همه	α = 30°	R-5	U	U	TC-U4a-GF	GMAW FCAW
a,g,k,o	لازم نیست	F	α = 30°	R=10				
a,g,k,o	لازم نیست	همه	α = 45°	R=6				
g,k,o	—	F	α = 30°	R=10	U	U	TC-U4a-S	SAW
			α = 45°	R=6				

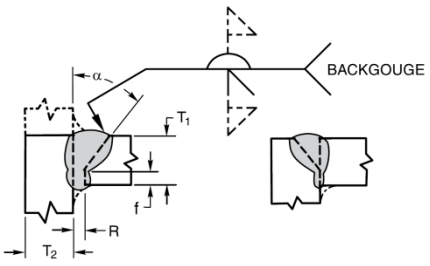


(4) جوش شیاری نیم‌جناغی یک‌طرفه
(B) اتصال لب‌به‌لب

تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز			ضخامت فلز پایه		نام اتصال	فرایند جوشکاری
			رواداری		فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار	T_2	T_1		
			در مونتاژ	در طراحی					
c,d,e,j	—	همه	+2,-3 نامحدود 10°,–5°	+2,-0 +2,-0 +10°,–0°	R=0to3 f=0to3 α = 45°	—	U	B-U4b	SMAW
a,c,d,j	لازم نیست	همه				—	U	B-U4b-GF	GMAW FCAW
c,d,j	—	F	+6,-0 ±2 10°,–5°	±0 +6,-3 +10°,–0°	R=0 f=6max α = 60°	—	U	B-U4b-S	SAW

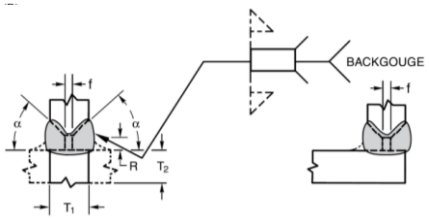
شکل ۵-۱- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذی کامل (ادامه)

(4) جوش شیاری نیم‌جناغی یک‌طرفه
(T) اتصال سپری
(C) اتصال کنج



تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز			ضخامت فلز پایه		نام اتصال	فرایند جوشکاری
			رواداری‌ها		فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار	T_2	T_1		
			در مونتاژ	در طراحی					
d,e,g,j,k	—	همه	+2,-3	+2,-0	R=0to3 f=0to3 α = 45°	U	U	TC-U4b	SMAW
a,d,g,j,k	لازم نیست	همه	+2,-0 +10°,–5°	+2,-0 +10°,–0°		U	U	TC-U4b-GF	GMAW FCAW
d,g,j,k	—	F	+6,-0 ±2 +10°,–5°	±0 +0,-3 +10°,–0°	R=0 f=6max α = 60°	U	U	TC-U4b-S	SAW

(5)جوش‌شیاری‌نیم‌جناغی دوطرفه
(B) اتصال لب‌به‌لب
(T) اتصال سپری
(C) اتصال کنج



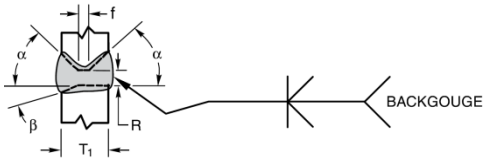
رواداری	
در مونتاژ (۸-۱-۴-۵)	در- طراحی (۱-۱-۴-۵)
+6 , -2	R = ±0
±2	f = +2 , -0
+10°,–5°	α = +10°,–0°
+3 , -0	+2 , -0 فاصله‌انداز

تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز			ضخامت فلز پایه		نام اتصال	فرایند جوشکاری
			در مونتاژ	در طراحی	فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار	T_2	T_1		
c,d,e,h,j	—	همه	α = 45°	f = 0to3	R = 6	—	U = فاصله‌انداز 1/8×R	B-U5b	SMAW
d,e,g,h,j,k	—	همه	α = 45°	f = 0to3	R = 6	U	U = فاصله‌انداز 1/4×R	TC-U5a	
d,e,j,h,j,k	—	F, OH	α = 30°	f = 0to3	R = 10				

شکل ۵-۱- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذی کامل (ادامه)

(5) جوش شیاری نیم‌جناغی دوطرفه

(B) اتصال لب‌به‌لب

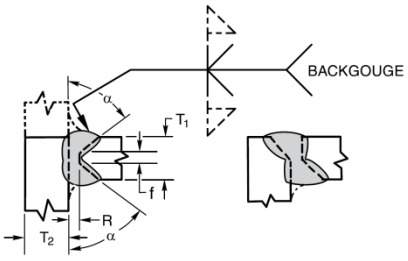


تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز: روادارها در مونتاژ	آماده‌سازی درز: روادارها در طراحی	آماده‌سازی درز: فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار	ضخامت فلز پایه T_2	ضخامت فلز پایه T_1	نام اتصال	فرایند جوشکاری
c,d,e,h,j	—	همه	+2,-3 نامحدود α+β= −10°,−5°	+2,-0 +2,-0 α+β= −10°,−0°	R=0to3 f=0to3 α = 45° β = 0° to15°	—	U	B-U5a	SMAW
a,c,d,h,j	لازم نیست	همه	+2,-3 نامحدود α+β= −10°,−5°	+2,-0 +2,-0 α+β= −10°,−0°	R=0to3 f=0to3 α = 45° β = 0° to15°	—	U	B-U5-GF	GMAW FCAW

(5) جوش شیاری نیم‌جناغی دوطرفه

(T) اتصال سپری

(C) اتصال کنج



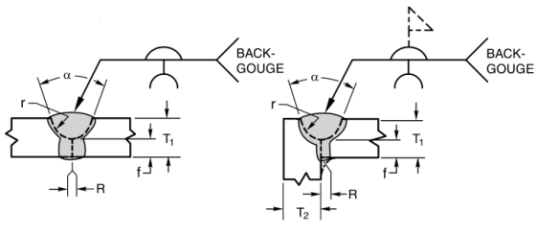
تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت درز جوش	آماده‌سازی درز: روادارها در مونتاژ	آماده‌سازی درز: روادارها در طراحی	آماده‌سازی درز: فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار	ضخامت فلز پایه T_2	ضخامت فلز پایه T_1	نام اتصال	فرایند جوشکاری
d,e,g,h,j,k	—	همه	+2,-3 نامحدود +10°,−5°	+2,-0 +2,-0 +10°,−0°	R=0to3 f=0to3 α = 45°	U	U	TC-U5b	SMAW
a,d,g,h,j,k	لازم‌نیست	همه				U	U	TC-U5-GF	GMAW FCAW
d,g,h,j,k	—	F	+2,-0 ±2 +10°,−5°	±0 +0,-5 +10°,−0°	R=0 f=6max α = 60°	U	U	TC-U5-S	SAW

شکل ۵-۱- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذی کامل (ادامه)

(6) جوش شیاری لاله‌ای یک‌طرفه

(B) اتصال لب‌به‌لب

(C) اتصال کنج

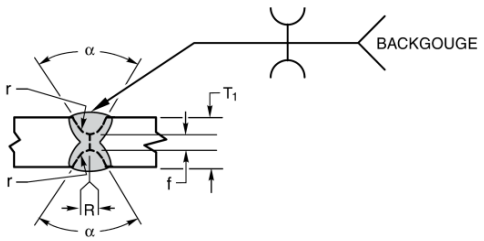


رواداری	
در مونتاژ (۸-۱-۴-۵)	در- طراحی (۱-۱-۴-۵)
+2 , -3	R = +2 , -0
+10°, –5°	α = +10°, –0°
نامحدود	f = ±2
+3 , -0	r = +3 , -0

تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز: شعاع لبه	پیشانی ریشه	زاویه شیار	فاصله ریشه	ضخامت فلز پایه: T_2	ضخامت فلز پایه: T_1	نام اتصال	فرایند جوشکاری
d,e,j	—	همه	r=6	f=3	α = 45°	R=0to3	—	U	B-U6	SMAW
d,e,j	—	F,OH	r=6	f=3	α = 20°	R=0to3				
d,e,g,j	—	همه	r=6	f=3	α = 45°	R=0to3	U	U	C-U6	
d,e,g,j	—	F,OH	r=6	f=3	α = 20°	R=0to3				
a,d,j	لازم نیست	همه	r=6	f=3	α = 20°	R=0to3	—	U	B-U6-GF	GMAW FCAW
a,d,g,j	لازم نیست	همه	r=6	f=3	α = 20°	R=0to3	U	U	C-U6-GF	

(7) جوش شیاری لاله‌ای دوطرفه

(B) اتصال لب‌به‌لب



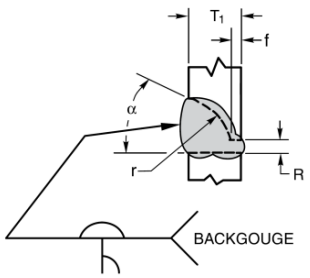
رواداری	
در مونتاژ (۸-۱-۴-۵)	در- طراحی (۱-۱-۴-۵)
برای B-U7 و B-U7-GF	
+2 , -3	R = +2 , -0
+10°, –5°	α = +10°, –0°
نامحدود	f = ±2
±2	r = +3 , -0
برای B-U7-S	
+2 , -3	R = +0
+10°, –5°	α = +10°, –0°
±2	f = +0 , -6
±2	r = +6 , -0

تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز: شعاع لبه	پیشانی ریشه	زاویه شیار	فاصله ریشه	ضخامت فلز پایه: T_2	ضخامت فلز پایه: T_1	نام اتصال	فرایند جوشکاری
d,e,h,j	—	همه	r=6	f=3	α = 45°	R=0to3	—	U	B-U6	SMAW
d,e,h,j	—	F,OH	r=6	f=3	α = 20°	R=0to3				
a,d,j,h	لازم‌نیست	همه	r=6	f=3	α = 20°	R=0to3	—	U	B-U7-GF	GMAW FCAW
d,h,j	—	F	r=6	f=6max	α = 20°	R=0	—	U	B-U7-S	SAW

شکل ۵-۱- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذی کامل (ادامه)

(8) جوش شیاری نیم‌لاله‌ای یک‌طرفه

(B) اتصال لب‌به‌لب



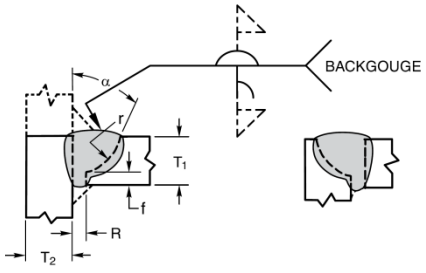
رواداری	
در مونتاژ (۵-۴-۱-۸)	در- طراحی (۵-۴-۱-۱)
B-U6-GF و B-U8	
+2 , -3	R = +2 , -0
+10°,–5°	α = +10°,–0°
نامحدود	f = ±3 , -0
±1/16	r = +6 , -0
B-U8-S	
+3 , -0	R = ±0
+10°,–5°	α = +10°,–0°
±2	f = +0 , -6
±2	r = +6 , -0

فرایند جوشکاری	نام اتصال	ضخامت فلز پایه		آماده‌سازی درز				وضعیت مجاز جوش	گازمحافظ برای FCAW	تذکرات
		T_1	T_2	فاصله ریشه	زاویه شیار	پیشانی ریشه	شعاع لبه			
SMAW	B-U8	U	—	R=0to3	α = 45°	f=3	r=10	همه	—	c,d,e,j
GMAW FCAW	B-U8-GF	U	—	R=0to3	α = 30°	f=3	r=10	همه	لازم‌نیست	a,c,d,j
SAW	B-U8-S	U	—	R=0	α = 45°	f=6max	r=10	F	—	c,d,j

(8) جوش‌شیاری نیم‌لاله‌ای‌یک‌طرفه

(T) اتصال سپری

(C) اتصال لب‌به‌لب



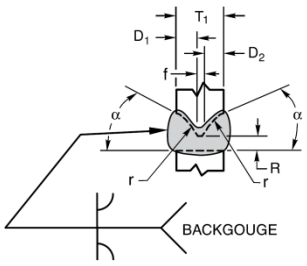
رواداری	
در مونتاژ (۵-۴-۱-۸)	در- طراحی (۵-۴-۱-۱)
B-U8a و TC-U8a-GF	
+2 , -3	R = +2 , -0
+10°,–5°	α = +10°,–0°
نامحدود	f = ±3 , -0
±1/16	r = +6 , -0
TC-U8a-S	
+6 , -0	R = ±0
+10°,–5°	α = +10°,–0°
±2	f = +0 , -3
±2	r = +6 , -0

فرایند جوشکاری	نام اتصال	ضخامت فلز پایه		آماده‌سازی درز				وضعیت مجاز جوش	گازمحافظ برای FCAW	تذکرات
		T_1	T_2	فاصله ریشه	زاویه شیار	پیشانی ریشه	شعاع لبه			
SMAW	TC-U8a	U	U	R=0to3	α = 45°	f=3	r=10	همه	—	d,e,g,j,k
				R=0to3	α = 45°	f=3	r=10	F,OH	—	d,e,g,j,k
GMAW FCAW	TC-U8a-GF	U	U	R=0to3	α = 45°	f=3	r=10	همه	لازم‌نیست	a,d,g,j,h
SAW	TC-U8a-S	U	U	R=0	α = 45°	f=6max	r=10	F	—	d,g,j,k

شکل ۵-۱- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذی کامل (ادامه)

(9) جوش شیاری نیم‌لاله‌ای دوطرفه

(B) اتصال لب‌به‌لب



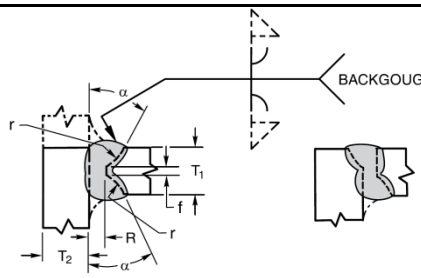
رواداری	
در مونتاژ (۸-۱-۴-۵)	در- طراحی (۱-۱-۴-۵)
+2 , -3	R = +2 , -0
+10°, –5°	α = +10°, –0°
نامحدود	f = -2 , -0
±2	r = +3 , -0

تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز: شعاع لبه	پیشانی ریشه	زاویه شیار	فاصله ریشه	ضخامت فلز پایه: T_2	ضخامت فلز پایه: T_1	نام اتصال	فرایند جوشکاری
c,d,e,h,j	—	همه	r=10	f=3	α = 45°	R=0to3	—	U	B-U9	SMAW
a,c,d,h,j	لازم نیست	همه	r=10	f=3	α = 30°	R=0to3	—	U	B-U9-GF	GMAW FCAW

(9) جوش شیاری نیم‌لاله‌ای دوطرفه

(T) اتصال سپری

(C) اتصال کنج



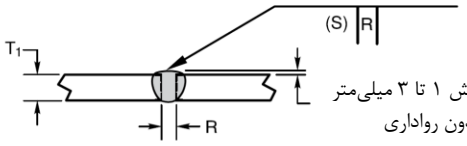
رواداری	
در مونتاژ (۸-۱-۴-۵)	در- طراحی (۱-۱-۴-۵)
+2 , -3	R = +2 , -0
+10°, –5°	α = +10°, –0°
نامحدود	f = +2 , -0
±2	r = 3 , -0

تذکرات	گازمحافظ برای FCAW	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز: شعاع لبه	پیشانی ریشه	زاویه شیار	فاصله ریشه	ضخامت فلز پایه: T_2	ضخامت فلز پایه: T_1	نام اتصال	فرایند جوشکاری
d,e,g,h,j,k	—	همه	r=10	f=3	α = 45°	R=0to3	U	U	TC-U9a	SMAW
d,e,g,h,j,k	—	F,OH	r=10	f=3	α = 30°	R=0to3				
a,d,g,h,j,k	لازم نیست	همه	r=10	f=3	α = 30°	R=0to3	U	U	TC-U9a-GF	GMAW FCAW

شکل ۵-۱- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذی کامل (ادامه)

(1) جوش شیاری ساده

(B) اتصال لب‌به‌لب

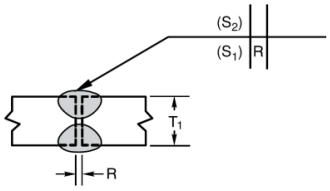


گرده جوش ۱ تا ۳ میلی‌متر
بدون رواداری

فرایند جوشکاری	نام اتصال	ضخامت فلز پایه		آماده‌سازی درز			وضعیت مجاز جوش	اندازه جوش (S)	تذکرات
		T_1	T_2	فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار	رواداری‌ها در طراحی	رواداری‌ها در مونتاژ			
SMAW	B-P1a	3	—	R= 0to2	+2,-0	±2	همه	T_1-1	b
	B-P1c	6max	—	$R=\frac{T_1}{2}$ min.	+2,-0	±2	همه	$\frac{T_1}{2}$	b
GMAW FCAW	B-P1a-GF	3	—	R= 0to2	+2,-0	±2	همه	T_1-1	b,e
	B-P1c-GF	6max	—	$R=\frac{T_1}{2}$ min.	+2,-0	±2	همه	$\frac{T_1}{2}$	b,e

(1) جوش شیاری ساده

(B) اتصال لب‌به‌لب

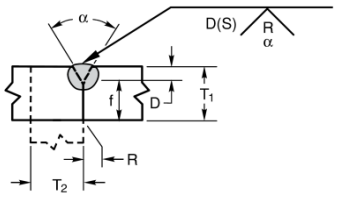


S_2+S_1 نباید از 3T1/4 تجاوز کند.

فرایند جوشکاری	نام اتصال	ضخامت فلز پایه		آماده‌سازی درز			وضعیت مجاز جوش	کل اندازه جوش (S_1+S_2)	تذکرات
		T_1	T_2	فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار	رواداری‌ها در طراحی	رواداری‌ها در مونتاژ			
SMAW	B-P1b	6max	—	$R=\frac{T_1}{2}$	+2,-0	±2	همه	$\frac{3T_1}{4}$	
GMAW FCAW	B-P1b-GF	6max	—	$R=\frac{T_1}{2}$	+2,-0	±2	همه	$\frac{3T_1}{4}$	e

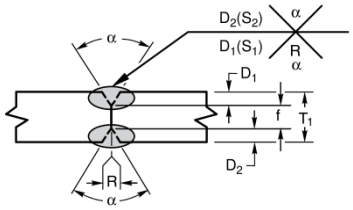
شکل ۵-۲- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذ نسبی

(2) جوش شیاری جناغی یک‌طرفه
(B) اتصال لب‌به‌لب
(C) اتصال کنج



تذکرات	اندازه جوش (S)	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز		ضخامت فلز پایه		نام اتصال	فرایند جوشکاری
			روادارى‌ها					
			در مونتاژ	در- طراحی	T_2	T_1		
			فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار					
b,e,f,j	D	همه	+3, -2 ±2 +10°,–5°	+2,-0 +U,-0 +10°,–0°	U	6min	BC-P2	SMAW
			R=0 f=1min α = 60°					
a,b,f,j	D	همه	+3, -2 ±2 +10°,–5°	+2,-0 +U,-0 +10°,–0°	U	6min	BC-P2-GF	GMAW FCAW
			R=0 f=3min α = 60°					
b,f,j	D	F	+2, -0 ±2 +10°,–5°	±0 +U,-0 +10°,–0°	U	11min	BC-P2-S	SAW
			R=0 f=6min α = 60°					

(3) جوش شیاری جناغی دوطرفه
(B) اتصال لب‌به‌لب



تذکرات	اندازه جوش (S)	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز		ضخامت فلز پایه		نام اتصال	فرایند جوشکاری
			روادارى					
			در مونتاژ	در- طراحی	T_2	T_1		
			فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار					
e,f,i,j	D_1+D_2	همه	+3, -2 ±2 +10°,–5°	+2,-0 +U,-0 +10°,–0°	—	12min	B-P3	SMAW
			R=0 f=3min α = 60°					
a,f,i,j	D_1+D_2	همه	+3, -2 ±2 +10°,–5°	+2,-0 +U,-0 +10°,–0°	—	12min	B-P3-GF	GMAW FCAW
			R=0 f=3min α = 60°					
f,i,j	D_1+D_2	F	+2, -0 ±2 +10°,–5°	±0 +U,-0 +10°,–0°	—	20min	B-P3-S	SAW
			R=0 f=6min α = 60°					

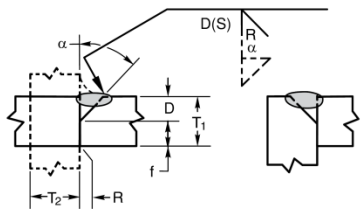
شکل ۵-۲- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذ نسبی (ادامه)

(4) جوش شیاری نیم‌جناغی یک‌طرفه

(B) اتصال لب‌به‌لب

(T) اتصال سپری

(C) اتصال کنج



تذکرات	اندازه جوش (S)	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز		ضخامت فلز پایه		نام اتصال	فرایند جوشکاری
			رواداری‌ها					
			در مونتاژ	در- طراحی	T_2	T_1		
b,e,f,g,j,k	D-3	همه	+3, -2 ±2 +10°,–5°	+2,-0 +U,-0 +10°,–0°	U	U	BTC-P4	SMAW
a,b,f,g,j,k	D	F,H	+3, -2 ±2 +10°,–5°	+2,-0 +U,-0 +10°,–0°	U	6min	BTC-P4-GF	GMAW FCAW
	D-3	V,OH						
b,f,g,j,k	D	F	+2, -0 ±2 +10°,–5°	±0 +U,-0 +10°,–0°	U	11min	TC-P4-S	SAW

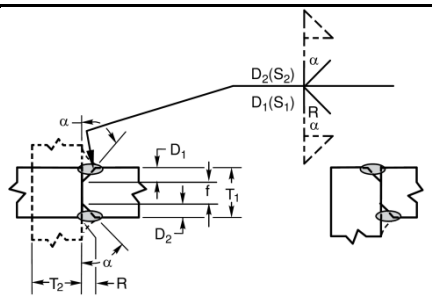
تذکرات	اندازه جوش (S)	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز			ضخامت فلز پایه		نام اتصال	فرایند جوشکاری
			رواداری‌ها		فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار				
			در مونتاژ	در- طراحی		T_2	T_1		
e,f,g,i,j,k	D_1+D_2 -6	همه	+3, -2 ±2 +10°,–5°	+2,-0 +U,-0 +10°,–0°	R=0 f=3min α = 45°	U	8min	BTC-P5	SMAW
a,f,g,i,j,k	D_1+D_2	F,H	+3, -2 ±2 +10°,–5°	+2,-0 +U,-0 +10°,–0°	R=0 f=3min α = 45°	U	12min	BTC-P5-GF	GMAW FCAW
	D_1+D_2 -6	V,OH							
f,g,i,j,k	D_1+D_2	F	+2, -0 ±2 +10°,–5°	±0 +U,-0 +10°,–0°	R=0 f=6min α = 60°	U	20min	TC-P5-S	SAW

(5) جوش شیاری نیم‌جناغی دوطرفه

(B) اتصال لب‌به‌لب

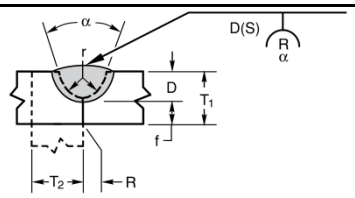
(T) اتصال سپری

(C) اتصال کنج



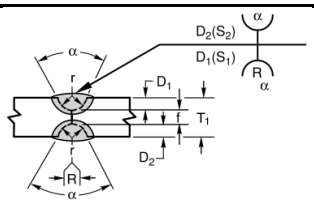
شکل ۵-۲- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذ نسبی (ادامه)

(6) جوش شیاری لاله‌ای یک‌طرفه
(B) اتصال لب‌به‌لب
(C) اتصال کنج



تذکرات	اندازه جوش (S)	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها: در مونتاژ	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها: در- طراحی	آماده‌سازی درز: فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار	ضخامت فلز پایه: T_2	ضخامت فلز پایه: T_1	نام اتصال	فرایند جوشکاری
b,e,f, j	D	همه	+3, -2 ±2 ±2 +10°,–5°	+2,-0 +U,-0 +6,-0 +10°,–0°	R=0 f=1min r=6 α = 45°	U	6min	BC-P6	SMAW
a,b,f,j	D	همه	+3, -2 ±2 ±2 +10°,–5°	+2,-0 +U,-0 +6,-0 +10°,–0°	R=0 f=3min r=6 α = 20°	U	6min	BC-P6-GF	GMAW FCAW
b,f,j	D	F	+2, -0 ±2 ±2 +10°,–5°	±0 +U,-0 +6,-0 +10°,–0°	R=0 f=6min r=6 α = 20°	U	11min	BC-P6-S	SAW

(7) جوش شیاری لاله‌ای دوطرفه
(B) اتصال لب‌به‌لب



تذکرات	کل اندازه جوش (S_1+S_2)	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها: در مونتاژ	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها: در- طراحی	آماده‌سازی درز: فاصله ریشه پیشانی‌ریشه زاویه‌شیار	ضخامت فلز پایه: T_2	ضخامت فلز پایه: T_1	نام اتصال	فرایند جوشکاری
e,f,i,j	D_1+D_2	همه	+3, -2 ±2 ±2 +10°,–5°	+2,-0 +U,-0 +6,-0 +10°,–0°	R=0 f=3min r=6 α = 45°	—	12min	B-P7	SMAW
a,f,i,j	D_1+D_2	همه	+3, -2 ±2 ±2 +10°,–5°	+2,-0 +U,-0 +6,-0 +10°,–0°	R=0 f=3min r=6 α = 20°	—	12min	B-P7-GF	GMAW FCAW
f,i,j	D_1+D_2	F	+2, -0 ±2 ±2 +10°,–5°	±0 +U,-0 +6,-0 +10°,–0°	R=0 f=6min r=6 α = 20°	—	20min	B-P7-S	SAW

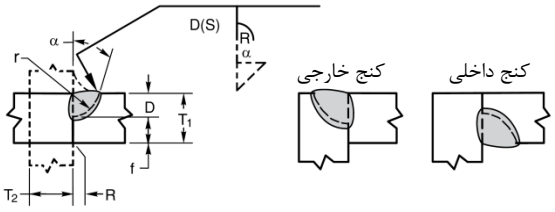
شکل ۵-۲- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذ نسبی (ادامه)

(8)جوش شیاری نیم‌لاله‌ای یک‌طرفه

(B) اتصال لب‌به‌لب

(T) اتصال سپری

(C) اتصال کنج



فرایند جوشکاری	نام اتصال	ضخامت فلز پایه		آماده‌سازی درز			وضعیت مجاز جوش	کل اندازه جوش (S_1+S_2)	تذکرات
		T_1	T_2	فاصله ریشه سطح‌ریشه شعاع پخ زاویه‌شیار	رواداری‌ها در طراحی	در مونتاژ			
SMAW	B-P8	6min	—	R=0 f=3min r=10 $\alpha = 30°$	+2,-0 +U,-0 +6,-0 +10°,–0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°,–5°	همه	D	e,f,g,j,k
	TC-P8	6min	U	R=0 f=3min r=10 $\alpha_{oc} = 30°^{*}$ $\alpha_{ic} = 45°^{**}$	+2,-0 +U,-0 +6,-0 +10°,–0° +10°,–0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°,–5° +10°,–5°	همه	D	e,f,g,j,k
GMAW FCAW	B-P8-GF	6min	—	R=0 f=3min r=10 $\alpha = 30°$	+2,-0 +U,-0 +6,-0 +10°,–0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°,–5°	همه	D	a,f,g,j,k
	TC-P8-GF	6min	U	R=0 f=3min r=10 $\alpha_{oc} = 30°^{*}$ $\alpha_{ic} = 45°^{**}$	+2,-0 +U,-0 +6,-0 +10°,–0° +10°,–0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°,–5° +10°,–5°	همه	D	a,f,g,j,k
SAW	B-P8-S	11min	—	R=0 f=6min r=10 $\alpha = 20°$	±0 +U,-0 +6,-0 +10°,–0°	+2, -0 ±2 ±2 +10°,–5°	F	D	f,g,j,k
	TC-P8-S	11min	U	R=0 f=6min r=12 $\alpha_{oc} = 20°^{*}$ $\alpha_{ic} = 45°^{**}$	±0 +U,-0 +6,-0 +10°,–0° +10°,–0°	+2, -0 ±2 ±2 +10°,–5° +10°,–5°	F	D	f,g,j,k

* α_{oc} = زاویه شیار کنج خارجی

** α_{ic} = زاویه شیار کنج داخلی

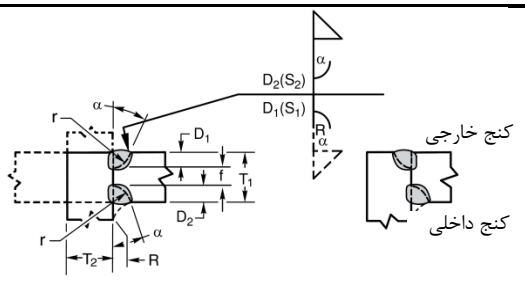
شکل ۵-۲- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذ نسبی (ادامه)

(9) جوش شیاری نیم‌لاله‌ای دوطرفه

(B) اتصال لب‌به‌لب

(T) اتصال سپری

(C) اتصال کنج



تذکرات	کل اندازه جوش (S_1+S_2)	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز		ضخامت فلز پایه		نام اتصال	فرایند جوشکاری
			رواداری‌ها					
			در مونتاژ	در طراحی	T_2	T_1		
			زاویه‌شیار شعاع پخ فاصله ریشه					
e,f,g,i,j,k	D_1+D_2	همه	+3, -2 ±2 ±2 +10°, –5°	+2,-0 +U,-0 +6,-0 +10°, –0°	—	12min	B-P9	SMAW
e,f,g,i,j,k	D_1+D_2	همه	+3, -2 ±2 ±2 +10°, –5°	+2,-0 +U,-0 +6,-0 +10°, –0°	U	12min	TC-P9	
a,f,g,i,j,k	D_1+D_2	همه	+3, -2 ±2 ±2 +10°, –5°	+2,-0 +U,-0 +6,-0 +10°, –0°	—	6min	B-P9-GF	GMAW FCAW
a,f,g,i,j,k	D_1+D_2	همه	+3, -2 ±2 ±2 +10°, –5°	+2,-0 +U,-0 +6,-0 +10°, –0°	U	6min	TC-P9-GF	
f,g,i,j,k	D_1+D_2	F	+2, -0 ±2 ±2 +10°, –5°	±0 +U,-0 +6,-0 +10°, –0°	—	20min	B-P9-S	SAW
f,g,i,j,k	D_1+D_2	F	+2, -0 ±2 ±2 +10°, –5°	±0 +U,-0 +6,-0 +10°, –0°	U	20min	TC-P9-S	

R=0
f=3min
r=10
$\alpha = 30°$

R=0
f=3min
r=10
$\alpha_{oc} = 30°^{*}$
$\alpha_{ic} = 45°^{**}$

R=0
f=6min
r=12
$\alpha = 20°$

R=0
f=6min
r=12
$\alpha_{oc} = 20°^{*}$
$\alpha_{ic} = 45°^{**}$

* α_{oc} = زاویه شیار کنج خارجی

** α_{ic} = زاویه شیار کنج داخلی

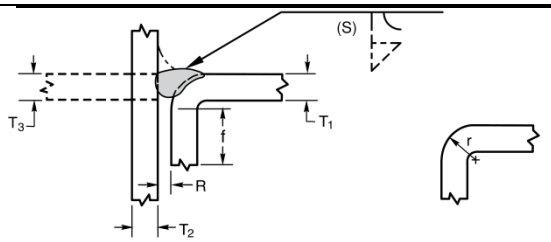
شکل ۵-۲- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذ نسبی (ادامه)

(10) جوش شیاری نیم لبه گرد

(B) اتصال لب‌به‌لب

(T) اتصال سپری

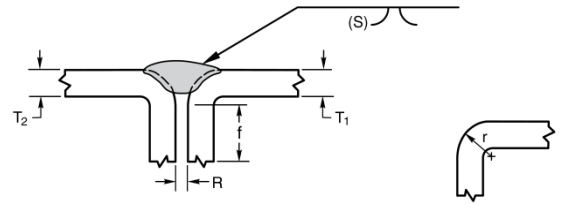
(C) اتصال کنج



تذکرات	اندازه جوش (S)	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز		ضخامت فلز پایه			نام اتصال	فرایند جوشکاری
			روادارى‌ها		فاصله ریشه سطح‌ریشه زاویه‌شیار	T_3	T_2	T_1		
			در مونتاژ	در طراحی					
e,g,j,l	5/16r	همه	+3, -2 +U,-2 +U,-0	+2, -0 +U,-0 +U,-0	R=0 f=5min $r=\frac{3T_1}{4}$ min	T_1min	U	5min	BTC-P10	SMAW
a,g,j,l,m	5/8r	همه	+3, -2 +U,-2 +U,-0	+2, -0 +U,-0 +U,-0	R=0 f=5min $r=\frac{3T_1}{4}$ min	T_1min	U	5min	BTC-P10-GF	GMAW FCAW
g,j,l,m	5/16r	F	+2, -0 +U,-2 +U,-0	±0 +U,-0 +U,-0	R=0 f=12min $r=\frac{3T_1}{4}$ min	ندارد	12min	12min	B-P10-S	SAW

(11) جوش شیاری جناغی لبه‌گرد

(B) اتصال لب‌به‌لب



تذکرات	اندازه جوش (S)	وضعیت مجاز جوش	آماده‌سازی درز		ضخامت فلز پایه		نام اتصال	فرایند جوشکاری
			روادارى‌ها		فاصله ریشه سطح‌ریشه زاویه‌شیار	T_2	T_1	
			در مونتاژ	در طراحی				
e,j,l,m,n	5/8r	همه	+3, -2 +U,-2 +U,-0	+2,-0 +U,-0 +U,-0	R=0 f=5min $r=\frac{3T_1}{2}$ min	T_1min	5min	SMAW FCAW-S	B-P11
a,j,l,m,n	3/4r	همه	+3, -2 +U,-2 +U,-0	+2,-0 +U,-0 +U,-0	R=0 f=5min $r=\frac{3T_1}{2}$ min	T_1min	5min	GMAW FCAW-G	B-P11-GF
j,l,m,n	1/2r	F	+2, -0 +U,-2 +U,-0	±0 +U,-0 +U,-0	R=0 f=12min $r=\frac{3T_1}{2}$ min	T_1min	12min	SAW	B-P11-S

شکل ۵-۲- جزئیات درزهای پیش‌تایید شده نفوذ نسبی (ادامه)

۵-۴-۳- جزئیات جوش گوشه

برای حداقل بعد جوش گوشه، جدول ۷-۷ و برای جوش‌های گوشه پیش‌تایید شده ، شکل ۵-۳ ملاحظه شود.

۵-۴-۳-۱- جزئیات (غیرلوله‌ای). برای محدودیت‌های جوش گوشه پیش‌تایید شده شکل‌های ۴-۱، ۴-۷ و ۴-۹ ملاحظه شود.

۵-۴-۳-۲- اتصالات سپری مایل. اتصالات سپری مایل باید منطبق بر شکل‌های ۵-۴ و ۵-۵ باشد.

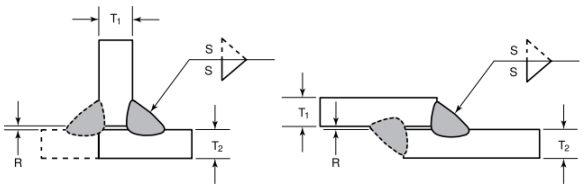
۵-۴-۳-۳- محدودیت‌های زاویه دووجهی[1]. سمت بیرونی اتصالات سپری مایل با زاویه دووجهی بیش از ۱۰۰ درجه، برای سهولت اعمال جوش با بعد مورد نیاز باید مطابق جزئیات پ در شکل ۵-۴ آماده‌سازی شود.

مقدار ماشینکاری و سنگ‌زنی جزئیات پ شکل ۵-۴ نباید از مقداری که برای رسیدن به بعد جوش (W) است بیشتر باشد.

۵-۴-۳-۴- حداقل بعد جوش اتصالات سپری مایل. حداقل بعد جوش اتصالات سپری مایل برای جزئیات الف، ب و پ شکل ۵-۴ باید مطابق جدول ۷-۷ باشد.

1 - Dihedral Angle

(12) جوش گوشه
(T) اتصال سپری
(C) اتصال کنج
(L) اتصال پوششی



تذکرات	وضعیت جوشکاری مجاز	هندسه/طراحی درز			ضخامت فلز پایه	نام اتصال	فرایند جوشکاری
		رواداری‌ها		فاصله ریشه سطح‌ریشه زاویه‌شیار	T_1or T_2		
		در مونتاژ	در طراحی				
a,b,d	همه	5max	+2,-0	R=0	<75	TC-F12	SMAW
a,b,d		8max			≥75	TC-F12a	
a,b,c		5max			<75	L-F12	
a,b,c		8max			≥75	L-F12a	
a,b,d	همه	5max	+2,-0	R=0	<75	TC-F12-GF	GMAW FCAW
a,b,d		8max			≥75	TC-F12a-GF	
a,b,c		5max			<75	L-F12-GF	
a,b,c		8max			≥75	L-F12a-GF	
a,b,d	F,H	5max	+2,-0	R=0	<75	TC-F12-S	SAW
a,b,d		8max			≥75	TC-F12a-S	
a,b,c		5max			<75	L-F12-S	
a,b,c		8max			≥75	L-F12a-S	

تذکرات:

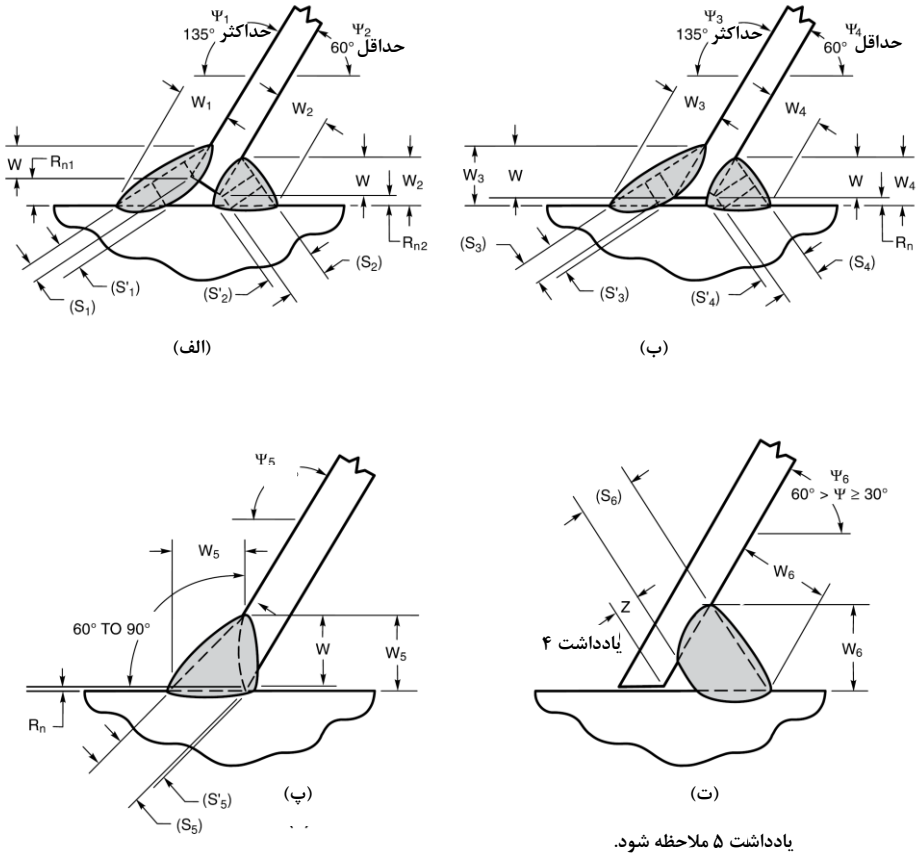
(a) اندازه جوش گوشه ("S")، برای حداقل اندازه جوش گوشه بند ۴-۴-۲-۸ و ۷-۱۳ ملاحظه شود. برای حداکثر اندازه تک‌عبوره، جدول ۵-۱ ملاحظه شود.

(b) برای الزامات اضافی یا استثنائات جوش گوشه بند ۷-۲۱-۱ ملاحظه شود.

(c) برای حداکثر اندازه جوش در اتصال پوششی بند ۴-۴-۲-۹ ملاحظه شود.

(d) میزان انحراف از عمود بودن اعضا باید بین ۱۰° تا ۱۰°- باشد.

شکل ۵-۳- جزئیات جوش گوشه پیش‌تایید شده (ابعاد به میلی‌متر) (بند ۵-۴-۳ ملاحظه شود)



یادداشت ۵ ملاحظه شود.

یادداشت:

۱- S_n و S'_n = گلویی موثر که بستگی به مقدار دهانه ریشه (R_n) دارد.

۲- t = ضخامت ورق نازکتر.

۳- برای جوشکاری قوسی فلزی تحت حفاظت گاز- اتصال کوتاه و جوشکاری با الکترود تنگستن پیش‌تایید شده نیست و آزمایش ارزیابی لازم است.

۴- در جزئیات ت، کاهش بعد Z به منظور تعیین گلویی موثر از جدول ۴-۲ به دست می‌آید.

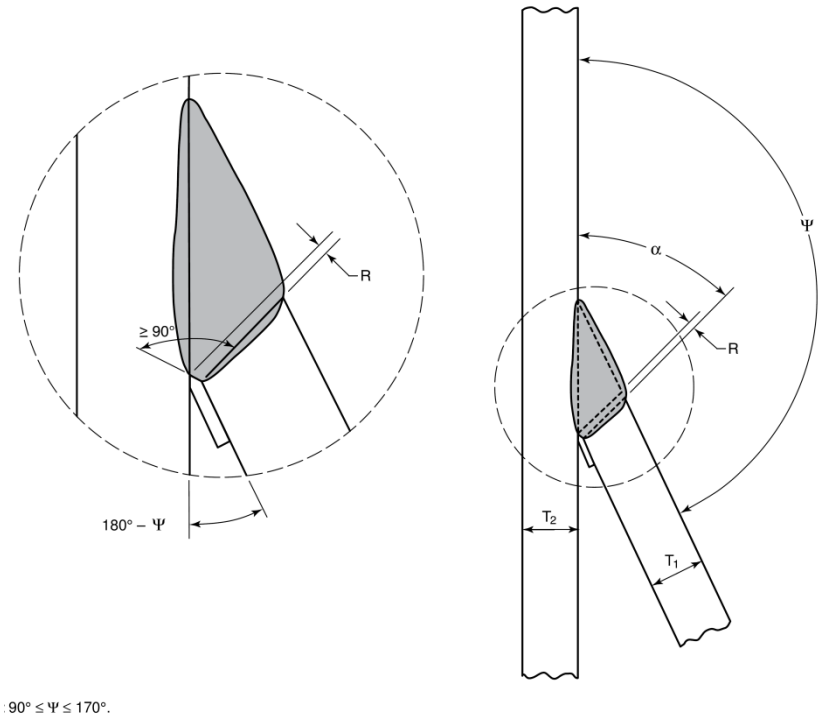
۵- جزئیات ت، برای $\psi < 30°$ پیش‌تایید شده نیست.

شکل ۵-۴- جزئیات اتصال سپری مایل پیش‌تایید شده (غیرلوله‌ای)

۵-۴-۴- جزئیات جوش انگشتانه و کام

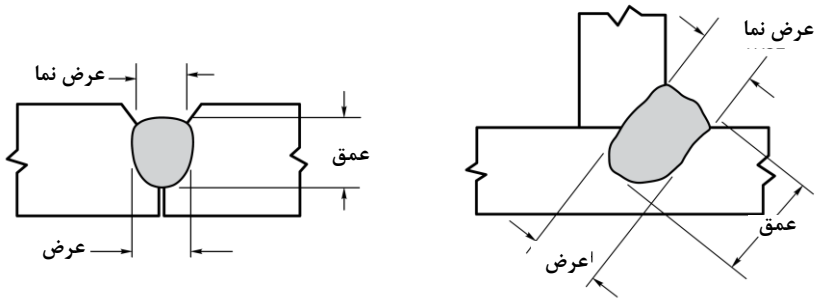
جزئیات جوش‌های انگشتانه و کام که با استفاده از یکی از روش‌های جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار، جوشکاری قوسی فلزی تحت حفاظت گاز (به استثنای اتصال کوتاه[1])، و جوشکاری قوسی با سیم توپودری انجام می‌شود، در بندهای ۴-۴-۵-۱، ۴-۴-۵-۲ و ۴-۴-۵-۴ و ۴-۱۰ ارائه شده است. جوشکاری‌های تحت شرایط فوق را می‌توان بدون انجام آزمایش ارزیابی فصل ۶ مورد استفاده قرار داد، مشروط براینکه مطابق مقررات تکنیکی بخش ۷-۲۴، باشند.

1- GMAW-S



$90° \le \Psi \le 170°$.

شکل ۵-۵- جزئیات اتصال شیاری، سپری و کنج نفوذ کامل CJP



شکل ۵-۶- جزئیات مهره جوش که عمق و عرض آن از عرض نمای جوش بیشتر است. (بند ۵-۸-۲-۱)

۵-۵- فرایندهای جوشکاری

۵-۵-۱- فرایندهای پیش‌تایید شده

درزهایی که ضوابط زیر را برآورده نمایند، در رده درزهای پیش‌تایید شده قرار می‌گیرند.

۱- در صورتی‌که منطبق بر جزئیات فصل ۵ باشند.

۲- با استفاده از یکی از فرآیندهای جوشکاری زیر جوش شده باشند:

الف: جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار

ب: جوشکاری قوسی زیرپودری

پ: جوشکاری قوسی فلزی با گاز محافظ (به استثنای جوش‌های اتصال کوتاه[1])

ت: جوشکاری قوسی با سیم توپودری

برای پیش‌تایید کردن دستورالعمل جوشکاری، مطابقت با تمامی ضوابط فصل ۵ مورد نیاز است.

۵-۵-۲- فرایندهای مورد تایید آیین‌نامه

در صورت استفاده از جوش ESW، EGW، GTAW و GMAW-S باید آزمایش تایید کیفیت درز مطابق فصل ۶ انجام شود.

۵-۵-۳- سایر فرایندها

می‌توان از فرایندهایی به غیر از فرایندهای شرح داده شده در بندهای ۵-۵-۱ و ۵-۵-۲ استفاده نمود مشروط براینکه دستورالعمل جوشکاری مطابق با آزمایش‌های ارزیابی فصل ۶ به تایید برسد.

۵-۵-۴- منابع جریان فرایندهای GMAW و FCAW

فرایندهای GMAW و FCAW که با دستورالعمل جوشکاری پیش‌تایید شده انجام می‌شود، باید با استفاده از منابع قدرت ولتاژ- ثابت انجام پذیرد.

۵-۵-۵- الزامات عمومی عبور ریشه GMAW که با جوش SAW با الکترود موازی یا چندگانه دنبال می‌شود.

می‌توان جوشکاری درجوش شیاری یا گوشه را بصورت اجرای عبور ریشه به روش GMAW و سپس اجرای جوش SAW الکترود موازی یا چندتایی انجام داد، مشروط براینکه:

۱) روش GMAW باید منطبق بر الزامات این فصل انجام شود.

۲) فاصله بین قوس GMAW و قوس SAW نباید از ۳۸۰ میلیمتر بیشتر باشد.

1 - Short Circulting Transfer

۵-۶- ضوابط فلز الکترود[1] (فلز پرکننده) و گاز محافظ

فقط فلزات پرکننده گروه‌بندی شده در جدول ۵-۳ را می‌توان در دستورالعمل جوشکاری پیش‌تایید شده استفاده نمود. برای ارزیابی فلز جوش‌های گروه‌بندی شده و گروه‌بندی نشده در جدول ۵-۳، بند ۶-۲-۱ باید رعایت شود.

۵-۶-۱- فلز پرکننده سازگار

رابطه مقاومتی بین فلز پایه و فلز پرکننده در جدول زیر باید در ارتباط با جدول ۵-۳ برای تعیین اینکه تطابق یا عدم تطابق فلز پرکننده مورد نیاز است، استفاده شود.

رابطه مقاومتی	فلز پایه	رده مقاومتی مورد نیاز فلز پرکننده
تطابق Matching (سازگار)	هر رده فولادی به خودش یا به هر رده دیگر در همان گروه	هر فلز پرکننده‌ای که در همان گروه ارائه شده است.
	هر رده فولادی در یک گروه به هر رده فولادی در گروه‌های دیگر	هر فلز پرکننده ارائه شده در هر گروه. الکترودهای SMAW باید کم‌هیدروژن باشد.
عدم تطابق Under matching (ناسازگار)	هر رده فولادی به هر رده فولادی در گروه‌های دیگر	هر فلز پرکننده‌ای که در گروه مقاومتی کمتر ارائه شده است. الکترودهای SMAW باید از نوع کم‌هیدروژن باشد.

* برای تعیین الزامات فلز پرکننده با تطابق یا عدم تطابق با مقاومت فلز پایه جداول ۴-۳ یا ۱۰-۲ ملاحظه شود.

۵-۶-۲- الزامات فولادهای خودمحافظ[2]

برای فولادهای خودمحافظ روباز و فاقد رنگ‌آمیزی که به فلز جوش مقاوم به خوردگی اتمسفری و مشخصات رنگ‌آمیزی مشابه فلز پایه نیاز دارد، الکترود یا ترکیب الکترود- پودر باید مطابق جدول ۵-۵ باشد.

جدول ۵-۵- الزامات فلز پرکننده برای فولادهای خودمحافظ روباز(بند ۵-۶-۲ ملاحظه شود)

فرایند	مشخصات فلز پرکننده AWS	الکترودهای تایید شده
SMAW	A5.5/A5.5M	همه الکترودهایی که فلز جوش مطابق با B2L، C1، C1L، C2، C2L، C3 یا WX رسوب می‌دهند.
SAW	A5.23/A5.23M	همه الکترود/پودرهایی که فلز جوش Ni1، Ni2، Ni3، Ni4 یا WX رسوب می‌دهند.
FCAW	A5.29/A5.29M and A5.36/A5.36M	همه الکترودهایی که فلزهای B2L، K2، Ni1، Ni2، Ni3، Ni4 یا WX رسوب می‌دهند.
GMAW	A5.28/A5.28M and A5.36/A5.36M	تمام الکترودهایی که الزامات ترکیب فلز پرکننده B2L، G، Ni1، Ni2، Ni3 را برآورده می‌کنند.

نکات:

۱- فلز پرکننده علاوه بر الزامات ترکیبی بالا، باید الزامات جدول ۵-۴ را برآورده سازد. می‌توان از فلز پرکننده مشابه با مقاومت نهایی بالاتری که در مشخصات فلز پرکننده AWS ذکر شده است، استفاده شود.

۲- الکترودهای مغز فلزی به شرح زیر تعیین می‌شود:

SAW: اضافه شدن حرف "C" بین حروف "E" و "X" (مثال: E7AX-ECXXX-Ni1)

GMAW: جایگزین کردن حرف "S" با حرف "C" و حذف حرف "R"

(مثال E80C-Ni1.AWS A5.36/A5.36M)

1 - Filler metal requirement
2 - Weathering Steel

۵-۶-۲-۱- جوش شیاری تک‌عبور

جوش‌های شیاری که به صورت تک‌عبوره و یا یک عبور در هر سمت درز اتصال انجام می‌شود را می‌توان با استفاده از هر فلز پرکننده‌ای در گروه ۲ در جدول ۵-۳ انجام داد.

۵-۶-۲-۲- جوش گوشه تک‌عبور

جوش‌های گوشه تک‌عبور با بعد جوش تا ابعاد زیر را می‌توان با استفاده از فلز پرکننده گروه ۲ جدول ۵-۳ اجرا نمود.

SMAW: ۶ میلیمتر

SAW: ۸ میلیمتر

GMAW/FCAW: ۸ میلیمتر

۵-۶-۳- گاز محافظ

گاز محافظ در فرایندهای GMAW و FCAW-G باید منطبق بر استاندارد ملی یا مراجع بین‌المللی (AWS A5.32) و یکی از شرایط زیر باشد:

۱) گاز محافظ باید مطابق با گاز محافظ ذکر شده برای رده الکترود، مطابق با استاندارد ملی یا مراجع بین‌المللی مرتبط[1] استفاده شده است.

۲) روش‌های FCAW و GMAW با استفاده از فلز جوش فولاد کربنی یا کم‌آلیاژ (مطابق AWS A5.36) که با گاز محافظ M21 ارزیابی شده است، باید به الزامات گاز محافظ ترکیبی مندرج در استاندارد ملی یا آئین‌نامه بین‌المللی[2] مرتبط محدود شود.

۳) جدول ۵-۶، گاز محافظ یا ترکیب گاز محافظ مورد قبول را برای الکترودهای مورد استفاده مطابق AWS A5.18، ارائه داده است.

۴) ترکیب الکترود/گاز محافظ باید مطابق مشخصات مندرج در استاندارد ملی یا مراجع بین‌المللی مرتبط (AWS A5) مورد آزمایش قرار گیرد. آزمایش‌ها باید نشان دهد که ترکیب الکترود/گازمحافظ می‌تواند تمام ویژگی‌های مکانیکی و شیمیایی و الزامات NDT را برای طبقه‌بندی الکترود برآورده نماید. برای الکترودهای ترکیبی FCAW-G و GMAW آزمایش‌ها باید برای هر سازنده انجام شود. آزمایش باید توسط سازنده فلز پرکننده یا تولیدکننده گاز انجام شود. برای FCAW-G، فلز پرکننده باید توسط سازنده فلز پرکننده به عنوان محصول گاز مخلوط "M" طبقه‌بندی شود.

---

1 - (AWS A5.18 , A5.20 , A5.28 , A5.29)

2 - M21-AVC-20/25، A5.29، A5.20 و کدهایAWS A5.18

جدول ۵-۶- گاز محافظ‌های پیش تایید شده برای فرایند GMAW مطابق AWS A5.18

ترکیبات	گاز محافظ	الکترود
Ar 75-90%/CO_2 10-25%	ترکیب Ar/CO_2	ER70S-X به جز ER70S-G و E70C-X (الکترود مغز فلزی)
Ar 95-98%/O_2 2-5%	ترکیب Ar/O_2	
100% CO_2	100% CO_2	

۵-۷- الزامات پیش‌گرمایش و دمای عبورهای میانی

۵-۷-۱- حداقل پیش‌گرمایش و دمای عبورهای میانی

برای تعیین حداقل پیش‌گرمایش در دمای عبورهای میانی فولادهای گروه‌بندی شده در جدول ۵-۳، جدول ۵-۷ باید مورد استفاده قرار گیرد.

۵-۷-۲- ضخامت فلز پایه متفاوت

حداقل پیش‌گرمایش و دما عبورهای میانی مطابق جدول ۵-۷ (براساس رده و ضخامت)، برای اتصالاتی که شامل اعضا با ضخامت و حداقل پیش‌گرمایش متفاوت است باید براساس بیشترین حداقل پیش‌گرمایش ذکر شده انجام شود.

۵-۷-۳- پیش‌گرمایش و دمای عبورهای میانی جایگزین برای SAW

پیش‌گرمایش و دما عبورهای میانی برای جوشکاری قوسی زیرپودری با الکترود موازی یا چندگانه باید مطابق جدول۵-۷ انجام پذیرد.

با تائید مهندس، پیش‌گرمایش و دمای عبورهای میانی جوش شیاری یا گوشه تک‌عبوره یا ترکیبی از فلزاتی که باید جوشکاری شده و شامل حرارت ورودی می‌شوند را می‌توان طوری تعیین نمود که به کاهش سختی ناحیه متاثر از حرارت[1] فلز پایه به زیر 225HV برای فولادهای با مقاومت نهایی تا ۴۱۵ مگاپاسکال و 280HV برای فولادهای با مقاومت نهایی ۴۱۵ مگاپاسکال تا ۴۸۵ مگاپاسکال دست یافت[2].

1- HAZ (Heat Affected Zone)

۲- عدد سختی ویکرز باید مطابق استاندارد ملی مربوطه و یا ASTM E92 تعیین شود. اگر از روش سختی‌سنجی دیگری استفاده شود باید سختی معادل مطابق ASTM E140 تعیین شود.

جدول ۵-۷- حداقل پیش‌گرمایش و دمای عبورهای میانی

طبقه	نوع فولاد	فرایند جوشکاری	مشخصات ورق	
			ضخامت ورق (mm)	حداقل دمای ورق (سلسیوس)
A	فولادهای گروه ۱ و ۲ جدول ۵-۳	جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار (غیر از الکترودهای کم هیدروژن) (SMAW)	t ≤ 20	۲۰
			20 < t ≤ 40	۶۵
			40 < t ≤ 65	۱۱۰
			t > 65	۱۵۰
B	فولادهای گروه ۱ و ۲ جدول ۵-۳	جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار کم‌هیدروژن (SMAW) جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW) جوشکاری قوسی فلزی تحت حفاظت گاز (GMAW) جوشکاری با سیم توپودری (FCAW)	t ≤ 20	۱۰
			20 < t ≤ 40	۲۰
			40 < t ≤ 65	۶۵
			t > 65	۱۱۰
C	فولادهای گروه ۳ و ۴ جدول ۵-۳	جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار کم‌هیدروژن (SMAW) جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW) جوش کاری قوسی فلزی تحت حفاظت گاز (GMAW) جوش با سیم توپودری (FCAW)	t ≤ 20	۱۰
			20 < t ≤ 40	۶۵
			40 < t ≤ 65	۱۱۰
			t > 65	۱۵۰

۱- در جوشکاری ورق‌ها با ضخامت بزرگتر از ۲۵ میلیمتر که تحت بارهای دینامیکی قرار دارند، فقط باید از الکترودهای کم‌هیدروژن استفاده نمود.

۲- هر قدر گیرداری قطعه مورد جوش بیشتر باشد، دمای پیش‌گرمایش باید افزایش یابد.

۳- دمای پیش‌گرمایش لازم نیست از ۲۳۰ درجه سلسیوس بزرگتر باشد.

۴- برای پیش گرمایش فلزات پایه از گروه‌های مختلف بند ۵-۷-۱ ملاحظه شود.

۵-۷-۳-۱- الزامات سختی

تعیین سختی ناحیه متاثر از حرارت باید براساس موارد زیر انجام پذیرد:

۱) تهیه نمونه‌های آزمایش حک‌کاری ماکرو[1] سطح مقطع اولیه.

۲) سطح قطعه در حین پیشرفت کار قبل از آزمایش سختی باید سنگ زده و صاف شود.

الف) تواتر آزمایش ناحیه متاثر از حرارت، باید حداقل یک آزمایش از قطعه ضخیم‌تر در هر ۱۵ مترطول جوش شیاری یا یک جفت برای جوش گوشه باشد.

ب) آزمایش‌های تعیین سختی می‌تواند پس از اینکه رویه اجرایی شد و پس از تایید مهندس ناظر، متوقف شود.

1- Macroetch

۵-۸- الزامات WPS

۵-۸-۱- الزامات عمومی WPS. تمامی الزامات جدول ۵-۱ باید برای WPSهای پیش‌تایید شده رعایت شود.

۵-۸-۱-۱- الزامات جوشکاری عمودی

پیشرفت جوشکاری همه عبورها در وضعیت عمودی باید بصورت سربالا باشد؛ به جز موارد استثنای زیر:

۱) تعمیر عیب بریدگی کنار جوش را می‌توان بصورت سرازیر با پیش‌گرمایش مطابق جدول ۵-۷ اما نه کمتر از ۲۰°C، انجام داد.

۲) برای جوشکاری مقاطع لوله‌ای، پیشرفت جوش عمودی می‌تواند بصورت سربالا یا سرازیر و فقط در جهتی که جوشکار تایید صلاحیت شده است انجام پذیرد.

۵-۸-۲- محدوده متغیرها

در جدول ۵-۱، متغیرهای WPS و محدودیت‌های مربوطه برحسب وضعیت، نوع جوش و فرایند ارائه شده است.

۵-۸-۲-۱- محدودیت عرض به عمق عبور جوش. عمق و حداکثر عرض در سطح مقطع جوش رسوب شده در هر عبور جوش نباید از عرض عبور جوش سطح بیشتر شود.

۵-۹- عملیات حرارتی پس از جوشکاری[1]

عملیات حرارتی پس از جوشکاری باید پیش‌تایید شده باشد، مشروط براینکه به تایید مهندس ناظر رسیده باشد و منطبق بر شرایط زیر باشد:

۱) حداقل مقاومت تسلیم فلز پایه نباید از ۳۴۵ مگاپاسکال بیشتر باشد.

۲) فلز پایه نباید از نوع آبدیده و بازپخت شده (Q&T)[2]، آبدیده و خود بازپخت شده (Q&ST)[3]، تحت کنترل حرارتی-مکانیکی (TMCP)[4] یا هر عملیات مکانیکی سردی[5] که برای رسیدن به مقاومت‌های مکانیکی بالاتر انجام می‌شود، باشد (مثل رده‌های مشخصی از قوطی‌های ASTMA500)

۳) نباید هیچ الزاماتی برای آزمایش ضربه شارپی فلز پایه، ناحیه متاثر از حرارت یا فلز جوش وجود داشته باشد.

1- PWHT (Post weld heat treatment)
2- Quenching and Tempering
3- Quenching and Self Tempering
4- Thermo-mechanical Controlled Processing
5- Cold Working

۴) باید اطلاعاتی وجود داشته باشد که نشان دهد فلز جوش، مقاومت و شکل‌پذیری کافی را در شرایط عملیات حرارتی پس از جوشکاری دارد. (بطور مثال اطلاعاتی که در استانداردهای سری AWS A5.X مربوط به هر نوع فلز پرکننده و یا از تولیدکننده فلز پرکننده).

۵) عملیات حرارتی بعد از جوشکاری باید مطابق الزامات بند ۷-۸ انجام پذیرد.

فصل ۶

ارزیابی

۶-۱- گستره

این فصل شامل الزامات مربوط به آزمایش‌های ارزیابی دستورالعمل‌های جوشکاری (WPSs) و تایید صلاحیت پرسنل جوشکاری می‌باشد و به پنج قسمت با عناوین زیر تقسیم می‌شود:

قسمت الف: ضوابط کلی

قسمت ب: ارزیابی دستورالعمل جوشکاری[1]

قسمت پ: ارزیابی عملکرد پرسنل جوشکاری

قسمت ت: الزامات آزمایش‌های ضربه[2]

به کمک آزمایش‌های ارزیابی ارائه شده در این فصل، صلاحیت فنی دستورالعمل جوشکاری، جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و خال‌جوشکاران مورد بررسی قرار می‌گیرد.

1 - W.P.S qualification
2- CVN Toughness testing

قسمت الف: ضوابط کلی

۶-۲- کلیات

الزامات آزمایش‌های ارزیابی دستورالعمل جوشکاری و پرسنل جوشکاری در این بخش ارائه شده است.

۶-۲-۱- دستورالعمل‌های جوشکاری

به استثنای دستورالعمل‌های جوشکاری پیش‌تایید شده مطابق الزامات فصل ۵، سایر دستورالعمل‌های جوشکاری قبل از اجرا باید مطابق قسمت ب این فصل مورد ارزیابی قرار گرفته و به تایید مهندس مشاور برسد. با صلاحدید مهندس مشاور، ارزیابی‌های قبلی می‌تواند ملاک عمل تایید قرار گیرد.

۶-۲-۱-۱- مسئولیت ارزیابی

پیمانکار باید ترتیبی اتخاذ نمایند که آزمایش‌های مورد نیاز برای ارزیابی دستورالعمل جوشکاری مطابق این آیین‌نامه انجام پذیرد. در صورتی‌که شرکتی تغییرنام داده و یا با شرکت دیگری ادغام شده باشد و قبلاً دستورالعمل‌های مستند ارزیابی شده تحت الزامات این آیین‌نامه داشته باشد، می‌تواند از نام جدید خود در اسناد دستورالعمل جوشکاری (WPS) استفاده نموده و سوابق PQR[1] پشتیبانی را به نام شرکت قدیمی حفظ کند.

۶-۲-۱-۲- ارزیابی دستورالعمل جوشکاری با سایر استانداردها*

قبول یا رد ارزیابی مطابق سایر استانداردها با مسئولیت مهندس ناظر می‌باشد که باید براساس شرایط بهره‌برداری اعمال شود.

۶-۲-۱-۳- الزامات آزمایش ضربه شارپی CVN

در صورتی‌که لزوم انجام آزمایش ضربه شارپی در اسناد قرارداد درج شده باشد، این مورد باید همراه دیگر الزامات ارزیابی دستورالعمل جوشکاری، مطابق با قسمت ت این فصل یا طریقی که در اسناد قرارداد مشخص شده است، انجام گیرد.

1- Procedure Qualification Record

* - بطور مثال AWS B 2.1-X-XXX را می‌توان به عنوان WPS استاندارد برای استفاده در این آیین‌نامه استفاده نمود.

۶-۲-۲-ارزیابی صلاحیت پرسنل جوشکاری

استخدام و بکارگیری جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و خال‌جوشکاران برای جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار، زیرپودری، تحت حفاظت گاز (الکترود فلزی یا تنگستن)، سیم توپودری، الکتریکی سرباره‌ای و الکتریکی گازی وقتی مجاز است که طبق قسمت پ این فصل مورد ارزیابی قرار گرفته باشند.

۶-۲-۲-۱- تایید صلاحیت قبلی

با صلاحدید مهندس مشاور، ارزیابی‌های قبلی جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و یا خال‌جوشکاران می‌تواند به عنوان ملاک تایید صلاحیت آنها مورد استفاده قرار گیرد.

۶-۲-۲-۲- مسئولیت ارزیابی

بدون توجه به این موضوع که ارزیابی توسط چه سازمانی (پیمانکار یا سازمان ثالث) انجام می‌شود، مسئولیت ایجاد تسهیلات و انجام آزمایش‌های ارزیابی جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و خال‌جوشکاران برعهده پیمانکار است.

۶-۲-۳-دوره اعتبار

۶-۲-۳-۱- جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری

ارزیابی جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری ارائه شده دراین آیین‌نامه برای مدت نامحدود معتبر است مگر اینکه:

۱) جوشکار به مدت بیش از ۶ ماه در زمینه ارزیابی شده فعالیت نداشته باشد.

۲) شواهدی دال بر از دست رفتن توانایی جوشکار باشد (بند ۶-۲۵-۱).

۶-۲-۳-۲- خال جوشکاران

مدت اعتبار آزمون ارزیابی خال جوشکار که مطابق الزامات قسمت پ این فصل ارزیابی شده باشد نامحدود است، مگر اینکه دلایل مشخصی برای زیرسوال بردن توانایی جوشکار وجود داشته باشد.

۶-۳- ضوابط عمومی ارزیابی دستورالعمل و پرسنل جوشکاری

۶-۳-۱-ارزیابی طبق ویرایش‌های قبلی

ارزیابی براساس مقررات ویرایش قبلی این آیین‌نامه تا زمانی که معتبر هستند، قابل استفاده است. استفاده از ویرایش قبلی برای ارزیابی‌های جدید به جای ویرایش‌های جدید ممنوع است، مگر اینکه ویرایش قبلی در اسناد قرارداد درج شده باشد.

۶-۳-۲-پیرسازی[1]. در صورتیکه در مشخصات فنی فلز پرکننده مورد آزمایش مجاز شده باشد، نمونه‌های آزمایش فلز جوش قبل از آزمایش باید به مدت ۲±۴۸ ساعت تحت دمای ۹۵ تا ۱۰۵ درجه سلسیوس پیرسازی شود.

۶-۳-۳- ثبت نتایج

نتایج آزمایش‌ها باید توسط پیمانکار به صورت گزارش نگهداری شده و در دسترس باشد.

۶-۳-۴-وضعیت‌های جوش

تمامی جوش‌ها باید بصورت تخت (F)، افقی (H)، عمودی (V) یا سقفی (OH) مطابق تعاریف مندرج در شکل ۶-۱ و ۶-۲ و بند ۱۰-۱۱-۱ باشد. آماده‌سازی نمونه ارزیابی وضعیت‌ها در شکل‌های زیر نمایش داده شده است.

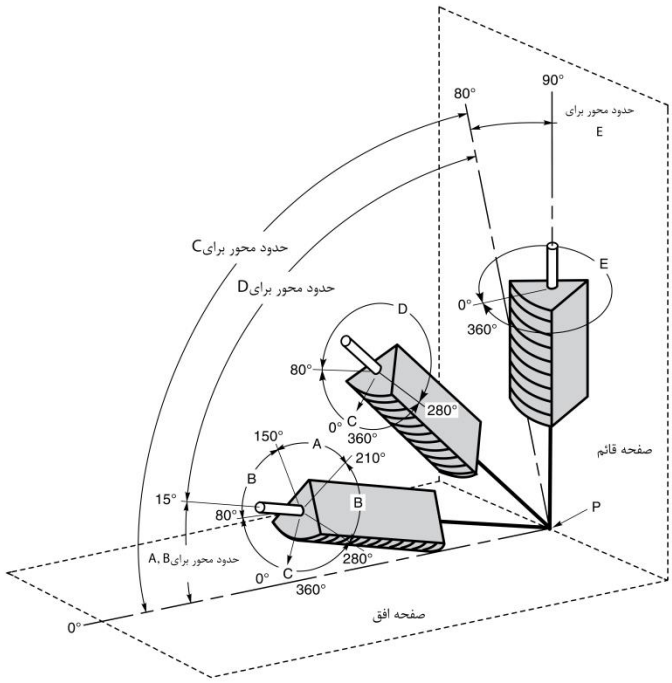
۱) شکل ۶-۳ (جوش شیاری در ورق)

۲) شکل ۶-۴ (جوش گوشه در ورق)

1- Aging

جدول وضعیت جوش شیاری

وضعیت	نمودار مرجع	تمایل محور	دوران رویه
تخت	A	0° تا 15°	150° تا 210°
افقی	B	0° تا 15°	80° تا 150° 210° تا 280°
سقفی	C	0° تا 80°	0° تا 80° 280° تا 360°
قائم (سربالا)	D	15° تا 80°	80° تا 280°
	E	80° تا 90°	0° تا 360°



توجه:

۱-صفحه مرجع افقی همواره در زیر جوش مورد نظر، قرار می‌گیرد.

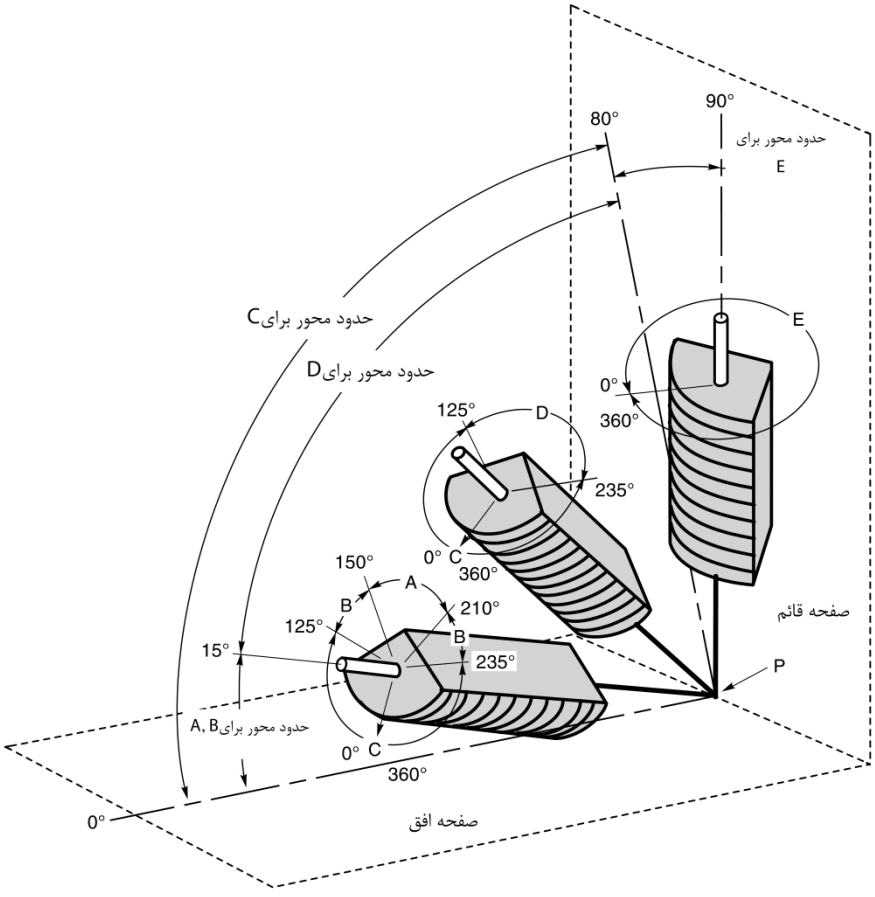
۲-زاویه تمایل محور (شیب محور) همواره از صفحه افق به سمت صفحه قائم در نظر گرفته می‌شود.

۳-زاویه دوران رویه جوش، همیشه از خطی عمود بر رویه تئوریک جوش که از محور جوش عبور می‌کند، اندازه‌گیری می‌شود. وضعیت مرجع (0°) دوران وجه همواره در سمت مخالف افزایش زاویه تمایل محور می‌باشد. وقتی‌که به نقطه P نگاه می‌کنیم، زاویه دوران رویه جوش در جهت عقربه‌های ساعت از نقطه مرجع (0°) اندازه‌گیری می‌شود.

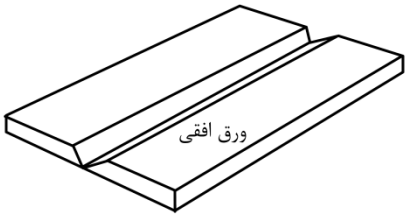
شکل ۶-۱- وضعیت‌های جوش شیاری (بند ۶-۳-۴)

جدول وضعیت جوش گوشه

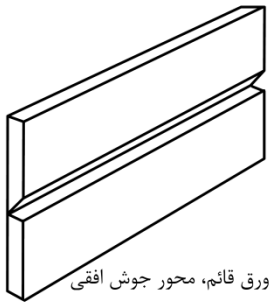
وضعیت	نمودار مرجع	تمایل محور	دوران رویه
تخت	A	0° تا 15°	150° تا 210°
افقی	B	0° تا 15°	125° تا 150° 210° تا 235°
سقفی	C	0° تا 80°	0° تا 125° 235° تا 360°
قائم	D	15° تا 80°	125° تا 235°
	E	80° تا 90°	0° تا 360°



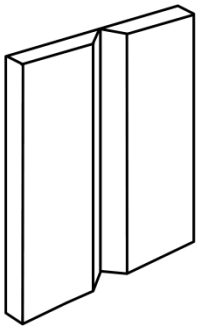
شکل ۶-۲- وضعیت‌های جوش گوشه (بند ۶-۳-۴)



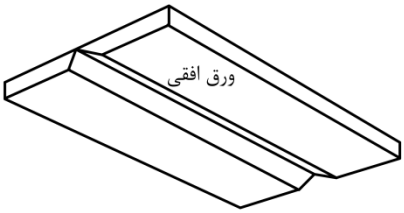
(الف) وضعیت آزمایشی 1G (تخت)



(ب) وضعیت آزمایشی 2G (افقی)

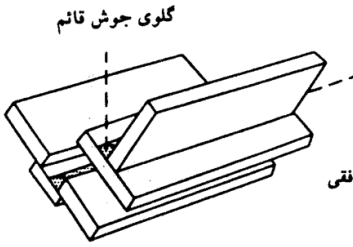


(پ) وضعیت آزمایشی 3G (قائم)

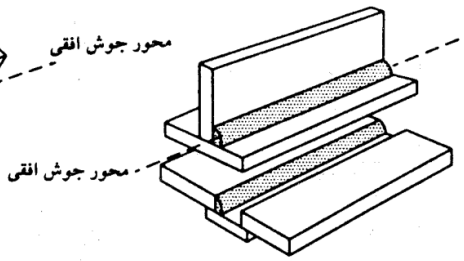


(ت) وضعیت آزمایشی 4G (سقفی)

شکل ۶-۳- وضعیت ورق آزمایشی برای جوش شیاری (به بند ۶-۳-۴ مراجعه شود)

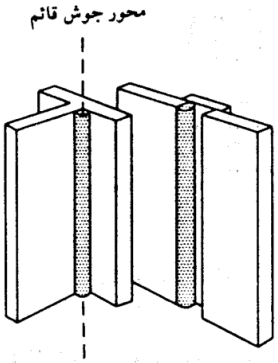


(الف) وضعیت تخت 1F

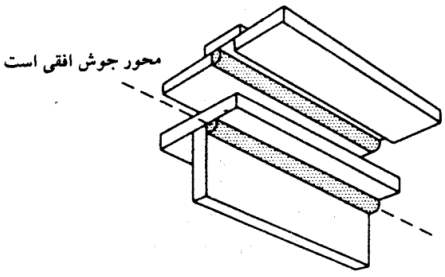


توجه: یک ورق باید افقی باشد

(ب) وضعیت افقی 2F



(پ) وضعیت قائم 3F



توجه: یک ورق باید افقی باشد

(ت) وضعیت سقفی 4F

شکل ۶-۴- وضعیت ورق آزمایشی برای جوش گوشه (بند ۶-۳-۴)

قسمت ب: ارزیابی دستورالعمل جوشکاری

۶-۴- وضعیت‌های تایید شده جوش تولیدی

وضعیت‌های تایید شده جوش تولیدی با ورق باید منطبق بر ضوابط فصل ۶ و جدول ۶-۱ باشد. وضعیت‌های تایید شده جوش تولیدی با مقطع لوله‌ای باید منطبق بر فصل ۱۰ و جدول ۱۰-۸ باشد.

جدول ۶-۱- ارزیابی WPS- وضعیت‌های تایید شده جوش تولیدی با آزمایش روی ورق، لوله و قوطی (بند ۶-۴)

جوش تولیدی قوطی تایید شده				جوش تولیدی لوله‌ای تایید شده				جوش تولیدی ورق تایید شده			آزمایش ارزیابی		
گوشه (ب)	اتصالات K,Y,T	اتصال لب‌به‌لب		گوشه	اتصالات K,Y,T	اتصال لب‌به‌لب		گوشه (ب)	شیاری PJP	شیاری CJP	وضعیت آزمایش	نوع جوش	
	PJP	CJP	PJP		PJP	CJP	PJP						
F F,H V OH		F F,H V OH	F F,H V OH	F F,H V OH		F F,H V OH	F F,H V OH	F F,H V OH	F F,H V OH	F F,H V OH	1G 2G 3G 4G	شیاری CJP (پ)	ورق
F F,H V OH				F F,H V OH				F F,H V OH			1F 2F 3F 4F	گوشه (الف‌وب)	
جوشکاری انگشتانه و کام فقط وضعیت‌های آزمایش شده را تایید می‌کند.											انگشتانه/کام		

CJP- جوش شیاری نفوذ کامل / PJP جوش شیاری نفوذ نسبی

(الف) برای جوش‌های محیطی در لوله‌های با قطر خارجی اسمی مساوی یا بزرگتر از ۶۰۰ میلی‌متر تایید می‌شود.

(ب) جوش گوشه برای تولید اتصالات T، Y یا K باید مطابق شکل ۱۰-۵ باشد. ارزیابی WPS باید مطابق بند ۶-۱۳ باشد.

(پ) تایید شده برای محور جوشکاری با اساساً یک خط مستقیم، شامل جوشکاری در امتداد خط موازی با محور لوله دایروی.

۶-۵- انواع آزمایش‌های ارزیابی

نوع و تعداد آزمایش‌ها برای ارزیابی دستورالعمل جوشکاری برای ضخامت، قطر مشخص یا هر دو، باید منطبق بر جدول ۶-۲ (برای جوش شیاری با نفوذ کامل)، جدول ۶-۳ (برای جوش شیاری با نفوذ نسبی) و جدول ۶-۴ (برای جوش گوشه) باشد. جزئیات آزمایش‌های غیرمخرب (NDT) مجزا و الزامات آزمایش‌های مکانیکی مطابق موارد زیر می‌باشد:

(۱) بازرسی چشمی (بند ۶-۱۰-۱)

(۲) آزمایش‌های غیرمخرب NDT (بند ۶-۱۰-۲)

(۳) خمش رویه، ریشه و جانبی (بند ۶-۱۰-۳-۱)

(۴) کشش مقطع کاهش یافته (بند ۶-۱۰-۳-۴)

(۵) کشش فلز تمام جوش (بند ۶-۱۰-۳-۶)

(۶) حک کاری ماکرو[1] (بند ۶-۱۰-۴)

جدول ۶-۲- ارزیابی WPS- تعداد و نوع آزمونه‌ها برحسب ضخامت به منظور ارزیابی دستورالعمل جوش شیاری با نفوذ کامل (CJP)

۱- آزمایش روی ورق(الف)

ضخامت تاییدشده(ب) (mm)	تعداد آزمونه‌های لازم					تعداد ورق آزمایشی برای هر وضعیت جوشکاری	ضخامت ورق مورد آزمایش (T) (mm)
	خمش‌جانبی (شکل ۶-۹)	خمش رویه (شکل ۶-۸)	خمش ریشه (شکل ۶-۸)	کشش مقطع کاهش یافته (شکل۶-۱۰)	NDT (ث)		
۲T تا ۳	(ت)	۲	۲	۲	بله	۱	۳≤T≤۱۰
۲T تا ۳	۴	—	—	۲	بله	۱	۱۰<T<۲۵
نامحدود تا ۳	۴	—	—	۲	بله	۱	>۲۵

یادداشت:

(الف) برای ضوابط ورق آزمایشی شکل‌های ۶-۶ و ۶-۷ ملاحظه شود.

(ب) برای جوش شیاری با لبه ساده، حداکثر ضخامت مورد تایید، ضخامت ورق مورد آزمایش است.

(پ) برای ضوابط ورق آزمایشی شکل ۶-۵ ملاحظه شود.

(ت) برای ورق با ضخامت ۱۰ میلی‌متر می‌توان آزمون خمش جانبی را جایگزین آزمون‌های خمش رویه و ریشه کرد.

۲- آزمایش روی جوشکاری الکتریکی سرباره‌ای و الکتریکی گازی(پ)

ضخامت تایید شده	تعداد آزمونه‌های لازم				تعداد قطعه آزمایشی	ضخامت ورق
	خمش جانبی (شکل ۶-۹)	کشش فلز تمام جوش (شکل۶-۱۴)	کشش مقطع کاهش یافته (شکل ۶-۱۰)	NDT(ث)		
۰/۵T تا ۱/۱T	۴	۱	۲	بله	۱	T**

یادداشت:

(الف) برای ضوابط ورق آزمایشی شکل‌های ۶-۶ و ۶-۷ ملاحظه شود.

(ب) برای جوش شیاری با لبه ساده، حداکثر ضخامت مورد تایید، ضخامت ورق مورد آزمایش است.

(پ) برای ضوابط ورق آزمایشی شکل ۶-۵ ملاحظه شود.

(ت) برای ورق با ضخامت ۱۰ میلی‌متر می‌توان آزمون خمش جانبی را جایگزین آزمون‌های خمش رویه و ریشه کرد.

توجه : تمام ورق‌های جوش‌شده باید تحت بازرسی چشمی قرار گیرند.

1- Macroetch

جدول ۶-۳- ارزیابی WPS- تعداد و نوع آزمونه‌ها برحسب ضخامت به منظور ارزیابی جوش شیاری با نفوذ نسبی (PJP)

محدوده ارزیابی		تعداد آزمونه‌های لازم					تعداد قطعه آزمایشی	D عمق شیار (mm)
حداکثر عمق شیار	ضخامت ورق‌ارزیابی شده (mm)	خمش جانبی شکل۶-۹	خمش رویه شکل۶-۸	خمش ریشه شکل۷-۸	کشش مقطع کاهش‌یافته شکل۶-۱۰	آزمایش حک کاری ماکرو برای بعد جوش		
D	۳T تا ۲	—	۲	۲	۲	۳	۱	۳≤D≤۱۰
D	نامحدود تا ۳	۴	—	—	۲	۳	۱	۱۰<D≤۲۵

توجه: تمام ورق‌های جوش شده باید تحت بازرسی چشمی قرار گیرند.

T: ضخامت ورق مورد استفاده در نمونه است.

۱- قبل از برداشتن نمونه‌های آزمایش مکانیکی، نمونه‌های آزمایش حک کاری ماکرو برای تعیین اندازه جوش برداشته شود.

۲- قبل از تهیه نمونه‌های آزمایش خمش و کشش، ضخامت اضافی را از سمت ریشه ورق آزمایش تا اندازه ضخامتی که توسط آزمایش حک کاری ماکرو مشخص شده است، بردارید.

جدول ۶-۴- ارزیابی WPS- تعداد و نوع آزمونه‌ها برحسب ضخامت به منظور ارزیابی دستورالعمل جوشکاری جوش گوشه

نمونه آزمایشی	اندازه جوش‌گوشه	تعداد جوش‌ها برای هر WPS	تعداد آزمونه‌های لازم			اندازه تایید شده	
			حک کاری ماکرو ۶-۱۳-۱ ۶-۱۳-۴	آزمایش‌کشش فلز تمام‌جوش شکل۶-۱۴	خمش جانبی شکل۶-۹	ضخامت ورق	اندازه ساق
ورق آزمایش T شکل۶-۱۵	تک عبوره، با حداکثر اندازه‌ای که در ساخت مورد استفاده قرار می‌گیرد.	یک عدد برای هر وضعیت	۳ مقطع	—	—	نامحدود	حداکثراندازه تک عبوره و کوچکتر
	چندعبوره، با حداقل اندازه‌ای که در ساخت مورد استفاده قرار می‌گیرد.	یک عدد برای هر وضعیت	۳ مقطع	—	—	نامحدود	حداقل اندازه چندعبوره و بزرگتر
آزمایش تایید مواد مصرفی شکل۶-۱۸	—	یک عدد برای وضعیت 1G	—	۱	۲	مصالح مصرفی (فلزجوش و روکش آن) برای آزمایش‌های T مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.	

تذکر:

۱- تمام نمونه‌های جوش شده باید مطابق بند ۶-۱۰-۱ مورد بازرسی چشمی قرار گیرند.

۲- حداقل ضخامت ارزیابی شده ۳ میلیمتر می‌باشد.

۶-۶- انواع جوش برای ارزیابی WPS

برای ارزیابی دستورالعمل جوشکاری، انواع جوش باید مطابق موارد زیر باشد:

(۱) جوش شیاری نفوذ کامل CJP برای اتصالات غیرلوله‌ای (بند ۶-۱۱)

(۲) جوش شیاری نفوذ نسبی PJP برای اتصالات غیرلوله‌ای (بند ۶-۱۲)

(۳) جوش گوشه (بند ۶-۳-۱)

(۴) جوش شیاری نفوذ کامل CJP برای اتصالات لوله‌ای (بند ۱۰-۱۴)

(۵) جوش شیاری نفوذ نسبی PJP برای اتصالات T، Y، K در مقاطع لوله‌ای و اتصالات لب‌به‌لب (بند ۱۰-۱۵)

(۶) جوش کام و انگشتانه (بند ۶-۱۴)

۶-۷- آماده‌سازی WPS

پیمانکار باید دستورالعمل مکتوب که مشتمل بر متغیرهای اساسی مورد اشاره در بند ۶-۸ باشد را تهیه نماید. مقادیر ویژه این متغیرها باید از PQR بدست آید، که به عنوان تاییدیه کتبی مدارک دستورالعمل جوشکاری محسوب می‌شود.

۶-۸- متغیرهای اساسی

۶-۸-۱- فرایندهای SMAW، SAW، GMAW، GTAW و FCAW. متغیرهای اساسی PQR برای فرایندهای SMAW، SAW، GMAW، GTAW و FCAW که در صورت تغییر نیاز به ارزیابی مجدد دارند، در جدول ۶-۵ و ۶-۷ (وقتی که آزمون ضربه شارپی لازم باشد) ارائه شده است (بند ۶-۱۲-۱۳ ملاحضه شود).

۶-۸-۲- فرایندهای ESW و EGW. متغیرهای اساسی PQR فرایندهای ESW و EGW که در صورت تغییر، نیاز به ارزیابی مجدد دارد، در جدول ۶-۶ ذکر شده است. متغیرهای اساسی تکمیلی (وقتی که آزمون ضربه شارپی مورد نیاز باشد) در جدول ۶-۷ ارائه شده است.

۶-۸-۳- ارزیابی فلز پایه

آزمایش‌های ارزیابی دستورالعمل جوشکاری با استفاده از فلزات فهرست شده در جدول ۵-۳، دستورالعمل‌هایی که با فلزات پایه از دیگر گروه‌ها تهیه شده است (همانطور که در جدول ۶-۸ ذکر شده است) را نیز ارزیابی و تایید می‌نماید. دستورالعمل‌هایی که با فلزات فهرست نشده در جداول ۵-۳ یا ۶-۹ تهیه شده‌اند باید مطابق الزامات فصل ۶ ارزیابی شود.

دستورالعمل‌های فلزات فهرست شده در جدول ۶-۹، همچنین فلزات جدول ۵-۳ و فلزات در تطابق با جدول ۶-۸ را ارزیابی می‌کند.

همچنین در جدول ۶-۹ پیشنهاداتی برای مقاومت فلز جوش سازگار و حداقل دمای پیش‌گرمایش و عبورهای میانی ارائه شده است.

۶-۸-۴-دمای پیش‌گرمایش و عبورهای میانی

حداقل دمای پیش‌گرمایش و عبورهای میانی باید براساس ترکیب ارائه شده در جدول ۵-۷ تعیین شود. همچنین، روش‌های پیش‌بینی[۱] یا روش‌های دیگر نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. دمای پیش‌گرمایش یا عبورهای میانی پائین‌تر از مقادیر ذکر شده در جدول ۵-۷ را مشروط به اینکه به تایید مهندس ناظر رسیده و با آزمایش‌های WPS به تایید رسیده باشد، می‌توان استفاده نمود.

۱- برای موارد بیشتر در این خصوص پیوست B، AWSD1.1 2020 ملاحظه شود.

جدول ۶-۵- تغییرات متغیرهای اساسی. PQR که نیازمند ارزیابی مجدد WPS برای فرایندهای SMAW، SAW، GMAW و GTAW هستند. (بند ۶-۸-۱)

تغییرات متغیرهای اساسی در PQR نیازمند ارزیابی مجدد	فرایند				
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
فلز پرکننده					
(۱)افزایش رده مقاومتی فلزپرکننده	X		X	X	
(۲) تغییر از الکترود کم‌هیدروژن به الکترودی غیر از آن در فرایند SMAW	X				
(۳) تغییر از یک رده الکترود یا الکترود پودر به هرنوع الکترود یا الکترود پودر دیگر (الف).		X		X	X
(۴) تغییر به الکترود یا الکترودپودر که در موارد مقابل قرار ندارد (ب):	AWS A5.1 یا A5.5	AWS A5.17 یا A5.23	AWS A5.18, A5.28, یا A5.36	AWS A5.20, A5.29, یا A5.36	AWS A5.18 یا A5.28
(۵) افزودن یا حذف فلز پرکننده					X
(۶) تغییر از تغذیه سیم جوش سرد به سیم جوش گرم یا برعکس					X
(۷) افزودن یا حذف کردن مکمل پودری یا پرکننده فلزی دانه‌ای یا سیم‌جوش		X			
(۸) افزایش در مقدار پودر مکمل یا پرکننده فلزی دانه‌ای یا سیم‌جوش		X			
(۹) در صورتیکه آلیاژ فلز جوش خیلی به مکمل پودری فلز پرکننده بستگی داشته باشد، هرگونه تغییر WPS که منجر به رسوب با عناصر آلیاژی فلزجوش که الزامات شیمیایی WPS را برآورده نمی‌سازد.		X			
(۱۰) تغییر در اندازه قطر اسمی فلز پرکننده	بیش از ۰/۸ میلی‌متر افزایش	هر افزایشی (پ)	هر افزایش یا کاهش	هر افزایش	بیش از ۱/۶ میلی‌متر افزایش یا کاهش
(۱۱) تغییر در تعداد الکترودها		X	X	X	X
پارامترهای فرایند					
(۱۲) تغییر در آمپر برای هر قطر استفاده شده:	به‌مقداری‌که‌سازنده توصیه نکرده است	بیش از ۱۰٪ افزایش‌یاکاهش	بیش از ۱۰٪ افزایش‌یاکاهش	بیش از ۱۰٪ افزایش‌یاکاهش	بیش از ۲۵٪ افزایش‌یاکاهش
(۱۳) تغییردر نوع جریان (DC یا AC) یا قطبیت (الکترود مثبت یا منفی برای جریان مستقیم)	X	X	X	X	X
(۱۴) تغییر در حالت انتقال			X		
(۱۵) تغییر در خروجی CV به CC			X	X	
(۱۶) تغییر در ولتاژ برای هر قطر استفاده شده:		بیش از ۷٪ افزایش‌یاکاهش	بیش از ۷٪ افزایش‌یاکاهش	بیش از ۷٪ افزایش‌یاکاهش	
(۱۷) افزایش یا کاهش سرعت حرکت الکترود برای هر قطر الکترود (اگر آمپر کنترل نشود):		>10%	>10%	>10%	

(ادامه دارد)

جدول ۶-۵ (ادامه)- تغییرات متغیرهای اساسی. PQR که نیازمند ارزیابی مجدد WPS برای فرایندهای SMAW، SAW، GMAW و GTAW هستند. (بند ۶-۸-۱)

تغییرات متغیرهای اساسی در PQR نیازمند ارزیابی مجدد	فرایند				
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
پارامترهای فرایند (ادامه)					
(۱۸) (ت) تغییر در سرعت انتقال با:		بیش از ۱۵٪ افزایش‌یاکاهش	بیش از ۲۵٪ افزایش‌یاکاهش	بیش از ۲۵٪ افزایش‌یاکاهش	بیش از ۵۰٪ افزایش‌یاکاهش
گاز محافظ					
(۱۹) تغییر درگاز محافظ از یک‌گاز به یک‌گاز دیگر یا ترکیب گازها و یا درصد مشخص شده از ترکیب گازها و یا بدون گاز			X	X	X
(۲۰) تغییر در نرخ جریان کلی گاز			بیش از ۵۰٪ افزایش یا بیش از ۲۰٪ کاهش	بیش از ۵۰٪ افزایش یا بیش از ۲۰٪ کاهش	بیش از ۵۰٪ افزایش یا بیش از ۲۰٪ کاهش
(۲۱) تغییر در گاز محافظ که در این آیین‌نامه ذکر نشده است:			AWS A5.18، A5.28 یا A5.36 برای طبقه‌بندی ثابت و باز A5.36، تغییرات درمحدوده طبقه‌بندی گاز محافظ باید محدود به گاز محافظ مخصوص آزمایش شده یا تعیین کننده طبقه‌بندی الکترود استفاده شده، شود.	AWS A5.20، A5.29 یا A5.36 برای طبقه‌بندی ثابت و باز A5.36، تغییرات درمحدوده طبقه‌بندی گاز محافظ باید محدود به گاز محافظ مخصوص آزمایش شده یا تعیین کننده طبقه‌بندی الکترود استفاده شده، شود.	
پارامترهای SAW					
(۲۲) تغییر بیش‌از ۱۰٪ یا ۳ میلی‌متر (هرکدام بزرگتر بود) در فاصله طولی قوس‌ها		X			
(۲۳) تغییر بیش‌از ۱۰٪ یا ۳ میلی‌متر (هرکدام بزرگتر بود) در فاصله جانبی قوس‌ها		X			
(۲۴) افزایش یا کاهش بیش از ۱۰ درجه در زاویه جهت هر الکترود موازی		X			
(۲۵) برای روش اتوماتیک SAW؛ افزایش یا کاهش بیشتر از ۳ درجه زاویه الکترودها		X			
(۲۶) برای روش اتوماتیک SAW؛ افزایش یا کاهش بیشتراز ۵ درجه عمود بر جهت حرکت		X			

(ادامه دارد)

جدول ۶-۵ (ادامه)- تغییرات متغیرهای اساسی. PQR که نیازمند ارزیابی مجدد WPS برای فرایندهای SMAW، SAW، GMAW و GTAW هستند.

تغییرات متغیرهای اساسی PQR که نیازمند ارزیابی مجدد می‌باشد.	فرایند				
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
متغیرهای عمومی					
(۲۷) تغییر در وضعیت ارزیابی نشده با جدول ۶-۱ یا ۶-۱۰	X	X	X	X	X
(۲۸) تغییر در قطر یا ضخامت یا هر دو، که با جدول ۶-۲ یا ۱۰-۹ ارزیابی نشده است.	X	X	X	X	X
(۲۹) تغییر در فلز پایه یا ترکیب فلزپایه که در PQR گروه‌بندی نشده یا طبق جدول ۶-۸ ارزیابی نشده است.	X	X	X	X	X
(۳۰) جوش قائم: برای همه عبورها، از سربالایی به سرپائینی یا بلعکس.	X		X	X	X
(۳۱) تغییر در نوع شیار (مثال تبدیل از جناغی یک‌طرفه به جناغی دوطرفه)، به جز پذیرفتگی هر جوش شیاری CJP برای هر جزئیات شیار مطابق با الزامات ۵-۴-۱-۱، ۵-۴-۲-۲، ۱۰-۹ یا ۱۰-۱۰	X	X	X	X	X
(۳۲) تغییر در نوع شیار به شیار لب ساده یا بالعکس.	X	X	X	X	X
(۳۳) تغییر فراتر از رواداری ۵-۴-۱-۱ و ۵-۴-۲-۲ و ۷-۲۲-۴-۱-۱ یا ۱۰-۹-۱، ۱۰-۱۰-۱ و ۱۰-۲۳-۲-۱-۱ شامل: الف) کاهش زاویه شیار ب) کاهش فاصله ریشه ج) افزایش سطح ریشه برای جوش‌های شیاری CJP	X	X	X	X	X
(۳۴) فضای‌جامانده درریشه (نه‌به‌صورت آخال) در پشت‌بند یا شیارزنی پشت	X	X	X	X	X
(۳۵) (ث) کاهش درجه حرارت پیش‌گرمایش:	>[15°C]	>[15°C]	>[15°C]	>[15°C]	>[55°C]
(۳۶) (ث) کاهش درجه حرارت عبورهای میانی:	>[15°C]	>[15°C]	>[15°C]	>[15°C]	>[55°C]
(۳۷) افزودن‌یا حذف مرحله PWHT:	X	X	X	X	X

تذکر: علامت X نشان‌دهنده کاربرد برای هر روش می‌باشد و جدول خالی نشان‌دهنده بدون کاربرد بودن برای روش جوشکاری مربوطه است.

(الف) مقاومت فلز پرکننده ممکن است بدون ارزیابی مجدد WPS، کاهش یابد.

(ب) الکترودهای طبقه‌بندی مشابه AWS A5M ممکن است به جای طبقه‌بندی الکترود AWS A5 استفاده شود.

(پ) برای WPSهایی که از پودر آلیاژی استفاده می‌کند، هر افزایش یا کاهش در قطر الکترود، نیازمند ارزیابی مجدد WPS می‌باشد.

(ت) نرخ سرعت حرکت برای همه اندازه‌های جوش گوشه ممکن است با آزمایش‌های ارزیابی بزرگترین عبور تک‌گوشه و کوچک‌ترین چندعبور جوش گوشه، تعیین شود.

(ث) دمای پیش‌گرمایش یا حرارت عبور میانی تولیدی ممکن است کمتر از PQR دمای پیش‌گرمایش یا حرارت عبور میانی باشد، مشروط براینکه مفاد ۶-۷ رعایت شود و دمای فلز پایه نباید کمتر از دمای WPS، در زمان جوشکاری بعدی باشد.

جدول ۶-۶- تغییرات متغیرهای اساسی که نیازمند ارزیابی مجدد WPS در فرایندهای ESW و EGW هستند. (بند ۶-۸-۲)

تغییرات متغیرهای اساسی، PQR که نیازمند ارزیابی مجدد می‌باشد.	ارزیابی مجدد باآزمایش WPS	ارزیابی مجدد با آزمون فراصوتی[1] یا پرتونگاری[2] (الف)
فلز پرکننده		
(۱) تغییر «قابل توجه» در ترکیب فلز پایه یا فلز راهنمای مصرفی	X	
کفشک قالب (ثابت یا متحرک)		
(۲) تغییر از فلز به غیرفلز و بلعکس		X
(۳) تغییر از ذوبی[3] به غیرذوبی و بلعکس		X
(۴) کاهش بیش از ۲۵ درصد در ابعاد هر مقطع عرضی یا سطح کفشک جامد غیرذوبی		X
(۵) تغییر در طراحی از جامد غیرذوبی به خنک شونده آب یا بلعکس	X	
نوسان فلزپرکننده		
(۶) تغییر در نوسان سرعت پیمایش بیشتر از ۴ میلی‌متر برثانیه		X
(۷) تغییر در ماندگاری نوسان پیمایش بیشتر از ۲ ثانیه (به جز مواردی که جبران تغییرات در باز شدن اتصالات لازم است.)		X
(۸) تغییر در طول نوسان که بیش از ۳ میلی‌متر، نزدیکی فلز پرکننده به کفشک‌های قالب را تحت تاثیر قرار می‌دهد.		X
مکمل‌های فلز پرکننده		
(۹) تغییر بیش از ۳۰ درصد در سطح مقطع عرضی مغز فلز راهنمای مصرفی	X	
(۱۰) تغییر در سیستم پودر، به معنای مغز، الکترود مغناطیسی، خارجی و غیره.	X	
(۱۱) تغییر در ترکیبات پودر ازجمله پوشش راهنمای مصرفی	X	
(۱۲) تغییر بیش از ۳۰ درصد در بار اضافی[4] پودر		X
قطر الکترود / فلز پرکننده		
(۱۳) افزایش یا کاهش بیش از ۱ میلی‌متر در قطر الکترود		X
(۱۴) تغییر در تعداد الکترودهای مصرفی	X	
آمپر الکترود		
(۱۵) افزایش یا کاهش بیش از ۲۰ درصد آمپر	X	
(۱۶) تغییر در نوع جریان (DC یا AC) یا قطبیت		X
ولتاژ قوس الکترود		
(۱۷) افزایش یا کاهش بیش از ۱۰ درصد ولتاژ		X

(ادامه دارد)

1- UT (Ultrasonic test)
2- RT (Radiography test)
3- Fusion
4- Burden

جدول ۶-۶ (ادامه)- تغییرات متغیرهای اساسی که نیازمند ارزیابی مجدد WPS در فرایندهای ESW و EGW هستند. (بند ۶-۸-۲)

تغییرات متغیرهای اساسی، PQR که نیازمند ارزیابی مجدد می‌باشد.	ارزیابی مجدد باآزمایش WPS	ارزیابی مجدد با التراسونیک یا رادیوگرافی
ویژگی‌های فرایند		
(۱۸) تغییر در ترکیب با هر فرایند جوش دیگر	X	
(۱۹) تغییر از تک‌عبوره به چندعبوره یا بالعکس	X	
(۲۰) تغییر از جریان ثابت به ولتاژ ثابت یا بالعکس		X
سرعت تغذیه سیم‌جوش		
(۲۱) افزایش یا کاهش بیش از ۴۰ درصد در سرعت تغذیه الکترود	X	
سرعت حرکت		
(۲۲) افزایش یا کاهش بیش از ۲۰ درصد سرعت حرکت (اگر تابع خودکار طول قوس یا نرخ رسوب نباشد) (به جز مواردی که جبران بازشدگی درز لازم است).		X
محافظ الکترود (فقط EGW)		
(۲۳) تغییر در ترکیبات گاز محافظ هر یک از اعضای تشکیل دهنده بیش از ۵ درصد کل جریان	X	
(۲۴) افزایش یا کاهش بیش از ۲۵ درصد در کل نرخ جریان محافظ		X
وضعیت جوشکاری		
(۲۵) تغییر بیش از ۱۰ درجه در وضعیت قائم		X
نوع شیار		
(۲۶) افزایش در سطح مقطع عرضی (برای شیارهای غیرساده)	X	
(۲۷) کاهش در سطح مقطع عرضی (برای شیارهای غیرساده)		X
(۲۸) تغییر در ضخامت اتصال PQR ، خارج از محدوده 0.5T تا 1.1T	X	
(۲۹) افزایش یا کاهش بیش از ۶ میلی‌متر در فاصله ریشه شیار ساده		X
عملیات حرارتی بعد از جوشکاری		
(۳۰) تغییر در عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT)	X	

(الف) در صورت لزوم آزمایش باید مطابق با فصل۸ ، قسمت ث یا ج و فصل ۱۰ قسمت ج برای مقاطع لوله‌ای، انجام شود.

جدول ۶-۷- تغییرات متغیرهای اساسی تکمیلی برای کاربردهای آزمایش ضربه CVN که نیازمند ارزیابی مجدد WPS برای فرایندهای SMAW، SAW، GMAW، FCAW، GTAW و ESW/EGW هستند. (بند ۶-۸-۲)

متغیر	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW	ESW/ EGW
فلز پایه						
(۱) تغییر در عدد گروه	X	X	X	X	X	X
(۲-الف) حداقل ضخامت ارزیابی شده ۱۶ میلی‌متر یا T، هر کدام کمتر باشد، می‌باشد؛ به جز حالتی‌که T کمتر از ۶ میلی‌متر باشد که در این حالت حداقل ضخامت ارزیابی شده ۳ میلی‌متر است.	X	X	X	X	X	
(۲-ب) حداقل ضخامت ارزیابی شده 0.5T می‌باشد.						X
فلز پرکننده						
(۳) تغییر در طبقه‌بندی AWSA5.X یا رده فلز جوش یا فلز پرکننده پوشش داده نشده در A5.X الکترودهای کربنی و کم‌آلیاژ فولادی FCAW و GMAW مغزه فلزی که قبلاً تحت A5.28، A5.20، A5.18 یا A5.29 طبقه‌بندی شده بودند و بدون تغییر سازنده یا نام تجاری، تحت A5.36 مجدداً طبقه‌بندی شده بودند و تمام الزامات طبقه‌بندی قبلی استفاده شده در CVN PQR/WPS باید بدون ارزیابی مجدد قابل قبول باشد.	X	X	X	X	X	X
(۴) تغییر در رده سیم‌جوش/پودر		X				X[ب]
(۵) تغییر در نام تجاری الکترود یا پودر، وقتی‌که با مشخصات AWS طبقه‌بندی نشده باشد.		X				X
(۶) تغییر از پودر دست‌نخورده به پودر سرباره خردشده		X				X[ب]
(۷) تغییر در سازنده یا نام برند سازنده یا نوع الکترود			X[الف]	X		
دمای پیش‌گرمایش/عبور میانی						
(۸) افزایش بیش از ۵۶ درجه سلسیوس در حداکثر دما ارزیابی شده پیش‌گرمایش یا عبور میانی.	X	X	X	X	X	X
عملیات حرارتی پس از جوشکاری						
(۹) تغییر در دمای عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) و/یا محدوده زمانی آن. آزمایش PQR باید در معرض ۸۰ درصد مجموع زمان دماها باشد. مجموع زمان ممکن است در گرمایش تکی یا چندگانه اعمال شود.	X	X	X	X	X	X
ویژگی‌های الکتریکی						
(۱۰) افزایش در حرارت ورودی بیش از مقدار ارزیابی شده (بند ۶-۸-۵ ملاحظه شود.) به جز زمانی که عملیات حرارتی آستینتی اصلاح دانه پس از جوشکاری[1] انجام می‌شود.	X	X	X	X	X	X

(ادامه دارد)

1- Grain Refining Austenitizing Heat treatment

جدول ۶-۷ (ادامه)- تغییرات متغیرهای اساسی تکمیلی برای کاربردهای آزمایش ضربه CVN که نیازمند ارزیابی مجدد WPS برای فرایندهای SMAW، SAW، GMAW، FCAW، GTAW و ESW/EGW هستند.

متغیر	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW	ESW/ EGW
دیگر متغیرها						
(۱۱) در وضعیت قائم، تغییر از حالت ریسه‌ای[1] به بافته‌ای[2]	X		X	X	X	
(۱۲) تغییر در حالت چندعبوره در هر طرف به تک‌عبوره در هر طرف	X	X	X	X	X	
(۱۳) تغییر بیش از ۲۰± درصد در متغیرهای نوسان برای حالت جوشکاری خودکار یا مکانیزه		X	X	X	X	X

(الف) نامحدودیت‌ها تنها باید برروی الکترودهای مغز فلزی گروه‌بندی شده در AWS A5.1 8/A5.18M، AWS A5.28/A5.28M و AWS A5.36/A5.36M:2012 اعمال شود.

(ب) تنها جوش الکتریکی سرباره‌ای (ESW)

جدول ۶-۸- فولادهای جدول ۵-۳ و ۶-۹ و فولادهای فهرست نشده که با PQR تایید شده است.

ترکیب فلز پایه WPS تایید شده با PQR	فلز پایه PQR
هر فولاد گروه ۱ به گروه ۱	هر فولاد گروه ۱ به گروه ۱
هر فولاد گروه ۱ به گروه ۱ هر فولاد گروه ۲ به گروه ۱ هر فولاد گروه ۲ به گروه ۱	هر فولاد گروه ۱ به گروه ۱
هر PQR گروه ۳ یا فولاد جدول ۶-۹ آزمایش شده به هر فولاد گروه ۱	هر فولاد گروه ۳ یا فولادهای جدول ۶-۹ به گروه ۱
هر PQR گروه ۳ یا فولاد جدول ۶-۹ آزمایش شده به هر فولاد گروه ۱ یا ۲	هر فولاد گروه ۳ یا فولادهای جدول ۶-۹ به گروه ۲
فولاد باید از مشخصات مشابه مصالح، رده و نوع و مقاومت تسلیم گروه‌بندی شده در PQR باشد.	هر فولاد گروه ۳ به فولاد مشابه یا دیگر موارد گروه ۳ یا هر فولاد گروه ۴ به فولاد مشابه یا دیگر موارد گروه ۴ یا هر فولاد جدول ۶-۹ به فولاد مشابه یا دیگر موارد جدول ۶-۹
تنها ترکیب خاص فولادهای ذکر شده در PQR	هر ترکیب گروه ۳ و ۴ و جدول ۶-۹
تنها ترکیب خاص فولادهای ذکر شده در PQR	هر فولاد گروه‌بندی نشده به فولاد گروه‌بندی نشده دیگر یا فولاد گروه‌بندی شده در جدول ۵-۳ یا جدول ۶-۹

یادداشت:

۱- گروه ۱ تا ۴ در جدول ۵-۳ نشان داده شده‌اند.

۲- در صورت مجاز بودن در مشخصات فولاد، مقاومت تسلیم با افزایش ضخامت می‌تواند کاهش یابد.

1- Stringer
2- Weave

جدول ۶-۹- فهرست فلزات پایه و پرکننده که نیازمند ارزیابی مطابق فصل ۶ هستند. (بند ۶-۸-۳)

فلزپایه			مقاومت فلز پرکننده سازگار			ضخامت فلز پایه، T	حداقل‌دمای پیش‌گرمایش و عبورهای‌میانی
مشخصات	حداقل مقاومت تسلیم	محدوده کشش	فرایند	مشخصات الکترود WPS	مشخصات الکترود		
	MPa	MPa				mm	°C
ASTM A871 Grade60 Grade 65	415 450	حداقل520 حداقل550	SMAW	A5.5	E8015-X E8016-X E8018-X		
			SAW	A5.23	F8XX-EXXX-XX F8XX-ECXXX-XX		
			GMAW	A5.28 A5.36	ER80S-XXX E80C-XXX E8XTX-XAX-XXX		
			FCAW	A5.29 A5.36	E8XTX-X E8XTX-XC E8XTX-XM E8XTX-AX-XXX E8XTX-XAX-XXX	تا ۲۰	10
ASTM A514 (بالای ۶۵ میلی‌متر)	620	690-895	SMAW	A5.5	E10015-X E10016-X E10018-X E10018M	۲۰ تا ۳۸	50
ASTM A709 (۶۵ تا ۱۰۰ میلی‌متر)	620	690-895	SAW	A5.23	F10XX-EXXX-XX F10XX-ECXXX-XX	۳۸ تا ۶۵	80
			GMAW	A5.28 A5.36	ER100S-XXX E100C-XXX E10TX-XAX-XXX	بالای ۶۵	110
ASTM A710 GradeA ،گروه ۱			FCAW	A5.29 A5.36	E10XTX-XC E10XTX-XM E10TX-XAX-XXX		
۸ میلی‌متر وکمتر	858	حداقل620					
۸ تا ۲۰ میلی‌متر	550	حداقل620					
ASTM A710 GradeA ،گروه ۳							
۳۰ میلی‌متر و کمتر	550	حداقل585					
۳۰ تا ۵۰ میلی‌متر	515	حداقل585					
ASTM A514 ۶۵ میلی‌متر و کمتر	690	760-895	SMAW	A5.5	E11015-X E11016-X E11018-X E11018M		
ASTM A517			SAW	A5.23	F11XX-EXXX-XX F11XX-ECXXX-XX		
۶۵ میلی‌متر و کمتر	690	795-930	GMAW	A5.28 A5.36	ER110S-XXX E110C-XXX E11TX-XAX-XXX	تا ۲۰	10
بالای ۶۵ میلی‌متر	620	725-930					
ASTM A709 ۶۵ میلی‌متر و کمتر	690	760-895	FCAW	A5.29 A5.36	E11XTX-XC E11XTX-XM E11TX-XAX-XXX	۲۰ تا ۳۸	50
ASTM A1043/A1043M							
Grade 36	250-360	حداقل400	SMAW	A5.1	E7015 E7016 E7018 E7028	۳۸ تا ۶۵	80
Grade 50	345-450	حداقل450		A5.5	E7015-X E7016-X E7018-X	بالای ۶۵	110
			SAW	A5.17 A5.23	F7XX-EXXX F7XX-ECXXX F7XX-EXXX-XX F7XX-ECXXX-XX		

(ادامه دارد)

جدول ۶-۹- فهرست فلزات پایه و پرکننده که نیازمند ارزیابی مطابق فصل ۶ هستند. (ادامه)

فلزپایه			مقاومت فلز پرکننده سازگار			ضخامت فلز پایه، T	حداقل‌دمای پیش‌گرمایش وعبورهای‌میانی
مشخصات	حداقل مقاومت تسلیم	محدوده کشش	فرایند	مشخصات الکترود WPS	مشخصات الکترود		
	MPa	MPa				mm	°C
ASTM A1043/A1043M Grade 36 Grade 50	250-360 345-450	حداقل 400 حداقل 450	GMAW FCAW	A5.18 A5.36 A5.36 A5.28 A5.36 A5.20	ER70S-X E70C-XC E70C-XM (Electrodes with the -GS suffix shall be excluded) (Fixed Classification, carbon steel) E70C-6M (Electrodes with the -GS suffix shall be excluded) (Open Classification, carbon steel) E7XT15-XAX-CS1 E7XT15-XAX-CS2 E7XT16-XAX-CS1 E7XT16-XAX-CS2 (Electrodes with the -GS suffix shall be excluded) ER70S-XXX E70C-XXX (Open Classification, GMAW-Metal Cored low-alloy steel) E7XT-X E7XT-XC E7XT-XM (Electrodes with the –2C, –2M, –3, –10, –13, –14, and -GS suffix shall be excluded, and electrodes with the –11 suffix shall be excluded for thicknesses greater than 1/2 in [12 mm])	تا ۲۰ ۲۰ تا ۳۸ ۳۸ تا ۶۵ بالای ۶۵	10 50 80 110
ASTM A1043/A1043M Grade 36 Grade 50	250-360 345-450	حداقل400 حداقل450	FCAW	A5.36	(Fixed Classification, carbon steel) E7XT-1C E7XT-1M E7XT-5C E7XT-5M E7XT-9C E7XT-9M E7XT-12C E7XT-12M E70T-4 E7XT-6 E7XT-7 E7XT-8 *(Flux Cored Electrodes with the T1S, T3S, T10S, and -GS suffix shall be excluded and electrodes with the T11 suffix shall be excluded for thicknesses greater than 1/2 in [12 mm]*	تا ۲۰ ۲۰ تا ۳۸ ۳۸ تا ۶۵ بالای ۶۵	10 50 80 110

(ادامه دارد)

جدول ۶-۹- فهرست فلزات پایه و پرکننده که نیازمند ارزیابی مطابق فصل ۶ هستند. (ادامه)

فلزپایه			مقاومت فلز پرکننده سازگار			ضخامت فلز پایه، T	حداقل‌دمای پیش‌گرمایش و عبورهای میانی
مشخصات	حداقل مقاومت تسلیم	محدوده کشش	فرایند	مشخصات الکترود WPS	مشخصات الکترود		
	MPa	MPa				mm	°C
ASTM A1043/A1043M	250-360 345-450	حداقل 400 حداقل 450	FCAW	A5.36	(Open Classification, carbon steel) E7XTX-XAX-CS1 E7XTX-XAX-CS2 E7XTX-AX-CS3 *(Flux Cored Electrodes with the T1S, T3S, T10S, and -GS suffix shall be excluded and electrodes with the T11 suffix shall be excluded for thicknesses greater than 1/2 in [12 mm]*	تا ۲۰ ۲۰ تا ۳۸ ۳۸ تا ۶۵ بالای ۶۵	10 50 80 110
				A5.29	E7XTX-X E7XTX-XC E7XTX-XM (Open Classification, FCAW, low-alloy steel) E6XTX-AX-XXX E6XTX-XAX-XXX E7XTX-AX-XXX E7XTX-XAX-XXX		
				A5.36			

یادداشت:

۱- هنگامی‌که جوش نیازمند تنش‌زدایی است، وانادیوم فلز جوش رسوب کرده نباید از 0.05 درصد فراتر رود.

۲- در صورت درج در مشخصات پیمان، فلزجوش باید دارای حداقل انرژی آزمایش ضربه CVN به مقدار ۲۷ ژول در دمای ۲۰- درجه سلسیوس، مطابق با آزمایش ضربه نشان داده شده در فصل ۶، قسمت ت باشد.

۳- برای فولاد A709، A517، A514 و ASTM رده [HPS 690W] HPS100W، حداکثر دمای پیش‌گرمایش و بین عبوری نباید از ۲۰۰ درجه سلسیوس برای ضخامت‌های تا ۳۸ میلی‌متر و ۲۳۰ درجه سلسیوس برای ضخامت‌های بیشتر از ۳۸ میلی‌متر، فراتر رود.

۶-۸-۵- حرارت ورودی

در صورتیکه انجام آزمایش ضربه شارپی در اسناد قرارداد ذکر شده باشد، حرارت ورودی[1] باید مطابق ورودی زیر محاسبه شود:

(۱) در صورتیکه جوشکاری کنترل شده غیرموجی[2] به کار رود، حرارت ورودی باید با یکی از روش‌های ارائه شده در معادلات ۶-۸-۵-۱ (۱) تا (۳) محاسبه شود.

1- Heat Input
2 - Non- wave form controlled welding

(۲) در صورتیکه جوشکاری با شکل موج کنترل‌شده[1] به کار می‌رود، حرارت ورودی باید با هر یک از روش‌های نشان داده شده در معادلات ۶-۸-۵-۱ (۲) یا (۳) محاسبه شود.

۶-۸-۵-۱- روش‌های محاسبه حرارت ورودی

معادلات زیر برای محاسبه حرارت ورودی قابل اعمال است. انتخاب معادله به ظرفیت اندازه‌گیری تجهیزات جوشکاری و اینکه آیا از جوشکاری تحت کنترل موجی‌شکل استفاده می‌شود، بستگی دارد.

$$\text{حرارت ورودی}\left(\frac{\text{ژول}}{\text{میلیمتر}}\right)=\frac{A\times Volts\times 60}{TS\left(\frac{\text{میلیمتر}}{\text{دقیقه}}\right)} \qquad (۱)$$

که در آن:

A: شدت جریان، آمپر

Volts: ولتاژ

TS: سرعت حرکت جوشکاری $\left(\frac{\text{میلیمتر}}{\text{دقیقه}}\right)$

$$\text{حرارت}\left(\frac{\text{ژول}}{\text{میلیمتر}}\right)=\frac{TIE}{L} \qquad (۲)$$

ورودی

که در آن:

TIE: کل انرژی لحظه‌ای، برحسب ژول (بوسیله منبع جریان اندازه‌گیری می‌شود.)

L: طول جوش، (میلیمتر)

$$\text{حرارت ورودی}\left(\frac{\text{ژول}}{\text{میلیمتر}}\right)=\frac{(AIP\times T)}{L} \qquad (۳)$$

که در آن:

AIP: میانگین توان لحظه‌ای، W(J/S) (بوسیله منبع جریان اندازه‌گیری می‌شود).

T: زمان قوس، (ثانیه)

L: طول جوش، (میلیمتر)

1- Wave form controlled welding

۶-۸-۵-۲- حداکثر حرارت ورودی برای WPSهای چندوضعیتی

حداکثر حرارت ورودی برای WPS چندوضعیتی باید با PQR با بالاترین گرمای ورودی ایجاد شود.

۶-۸-۵-۳- اندازه‌گیری انرژی یا توان کل لحظه‌ای

دستگاه‌های جوشکاری متشکل از منبع قدرت و کنترل تغذیه سیم‌جوش که به هم متصل می‌باشد، باید مقادیر انرژی کل لحظه‌ای یا متوسط توان لحظه‌ای را با استفاده از یکی از روش‌های زیر نمایش دهند:

(۱) کنتورها یا نمایشگرهای تعبیه شده در منبع قدرت یا کنترلر تغذیه سیم.

(۲) کنتورهای خارجی با نمونه‌برداری فرکانس بالا با قابلیت تعیین و نمایش انرژی کل لحظه‌ای یا متوسط توان لحظه‌ای.

(۳) ارتقاء یا اصلاح تجهیزات جوشکاری برای تسهیل در تعیین و نمایش انرژی کل لحظه‌ای یا متوسط توان لحظه‌ای.

۶-۹- الزامات WPS برای جوشکاری با استفاده از WPSهای موجود با شکل موج کنترل‌شده و کنترل‌نشده.

۶-۹-۱- دستورالعمل‌های ارزیابی شده با منابع جریان شکل موج کنترل‌نشده

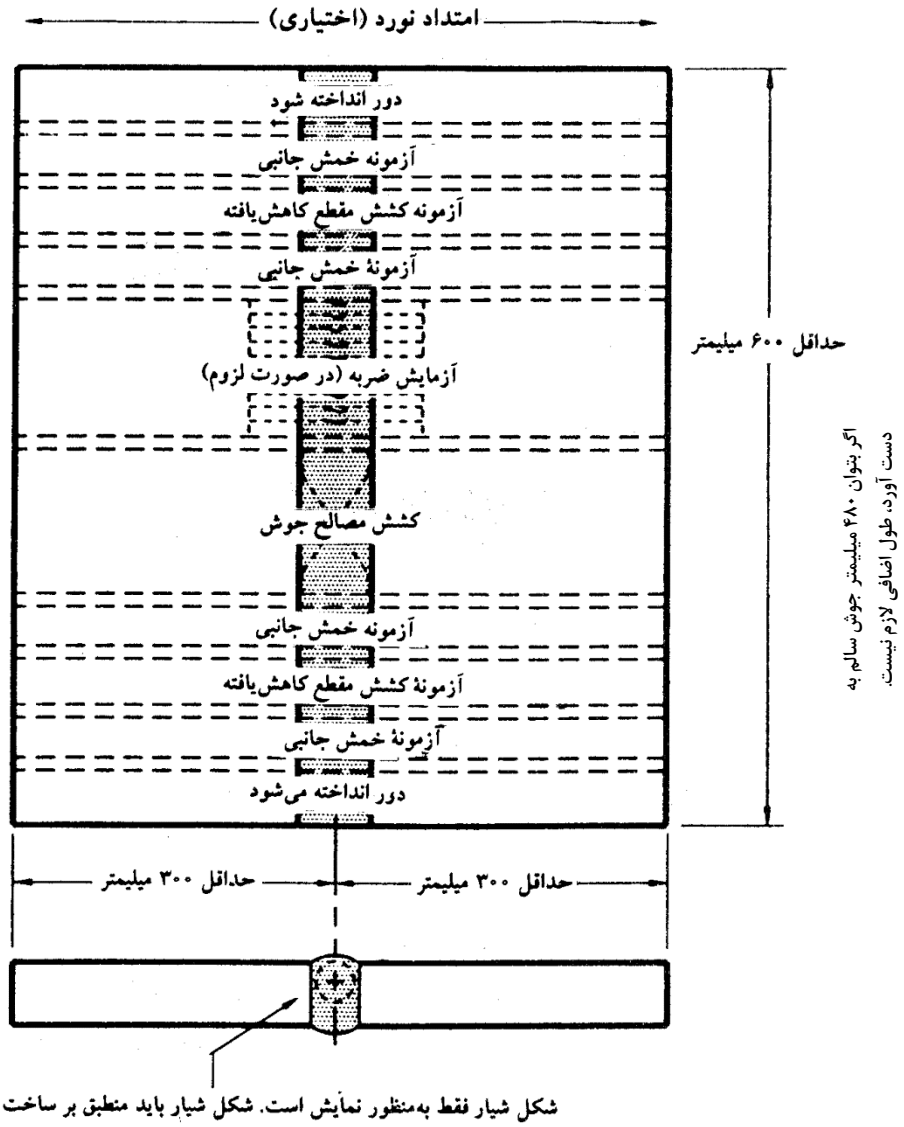
دستورالعمل‌های جوشکاری که بوسیله تجهیزات جوشکاری با شکل موج کنترل‌نشده ، ارزیابی شده‌اند و حرارت ورودی با رابطه ۶-۸-۵-۱ (۱) تعیین شده باشد، هنگام استفاده بوسیله تجهیزات جوشکاری با شکل موج کنترل‌شده بصورت تاییدشده تلقی می‌شود، مشروط براینکه WPS به منظور تعیین حرارت ورودی لازم جوش‌های آزمایشی با استفاده از روابط محاسباتی ۶-۸-۵-۱ (۲) یا (۳)، مورد بازنگری قرار گیرد.

۶-۹-۲- جوش‌های تولیدی اجرا شده بوسیله تجهیزات با شکل موج کنترل‌نشده و با استفاده از WPSهای ارزیابی شده بوسیله تجهیزات با شکل موج کنترل‌شده.

حرارت ورودی جوش‌های تولیدی تعیین شده با رابط ۶-۸-۵-۱ (۱) نباید از حد حرارت ورودی دستورالعملی که از رابطه ۶-۸-۵-۱ (۲) یا (۳) تعیین شده تجاوز نماید.

۶-۱۰- روش‌های آزمایش و معیارهای پذیرش برای ارزیابی WPS

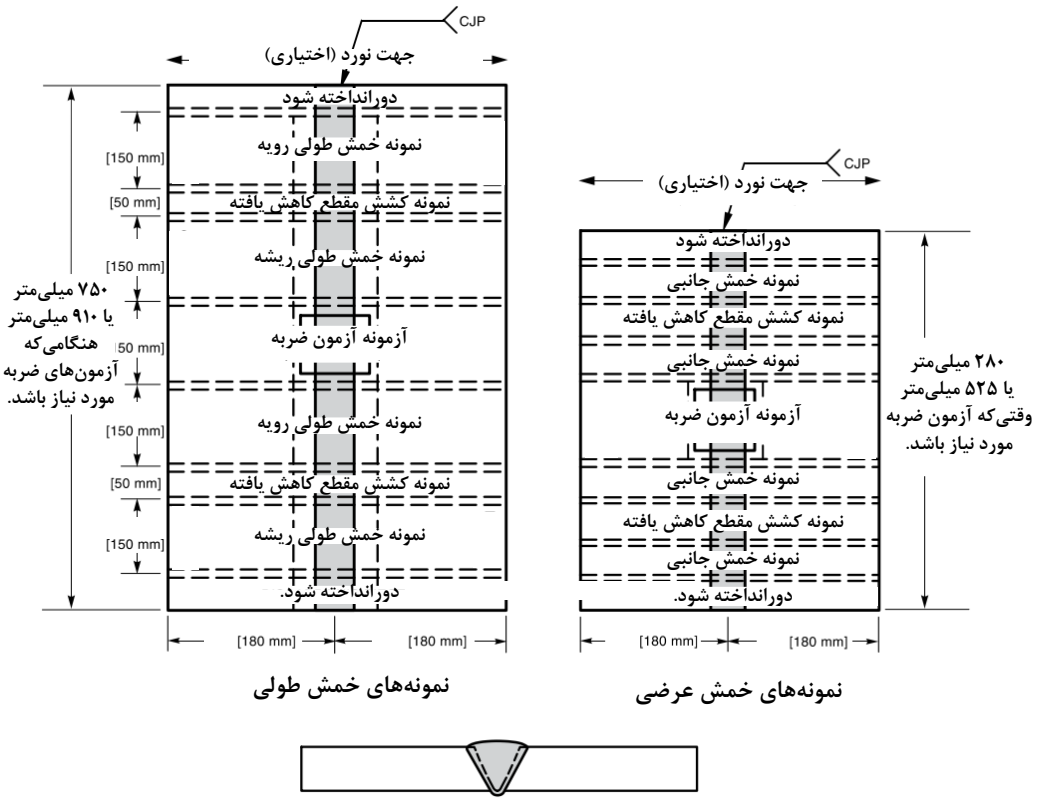
تهیه آزمونه‌ها از قطعه آزمایشی جوش شده که منطبق بر بند ۶-۱۰-۲ می‌باشد باید به روش برشکاری ورق که در اشکال ۶-۵ تا ۶-۷ (هرکدام قابل اجراست) نشان داده شده است، صورت پذیرد. آماده‌سازی آزمونه‌ها باید مطابق اشکال ۶-۸، ۶-۹، ۶-۱۰ و ۶-۱۴ صورت پذیرد.



شکل شیار فقط به‌منظور نمایش است. شکل شیار باید منطبق بر ساخت باشد.

توجه: در صورت لزوم به آزمایش ضربه، به قسمت ت فصل ۶ مراجعه شود.

شکل ۶-۵- محل آزمونه‌ها از ورق آزمایشی در جوشکاری الکتریکی سرباره‌ای و الکتریکی گازی (به بند ۶-۱۰ مراجعه شود).



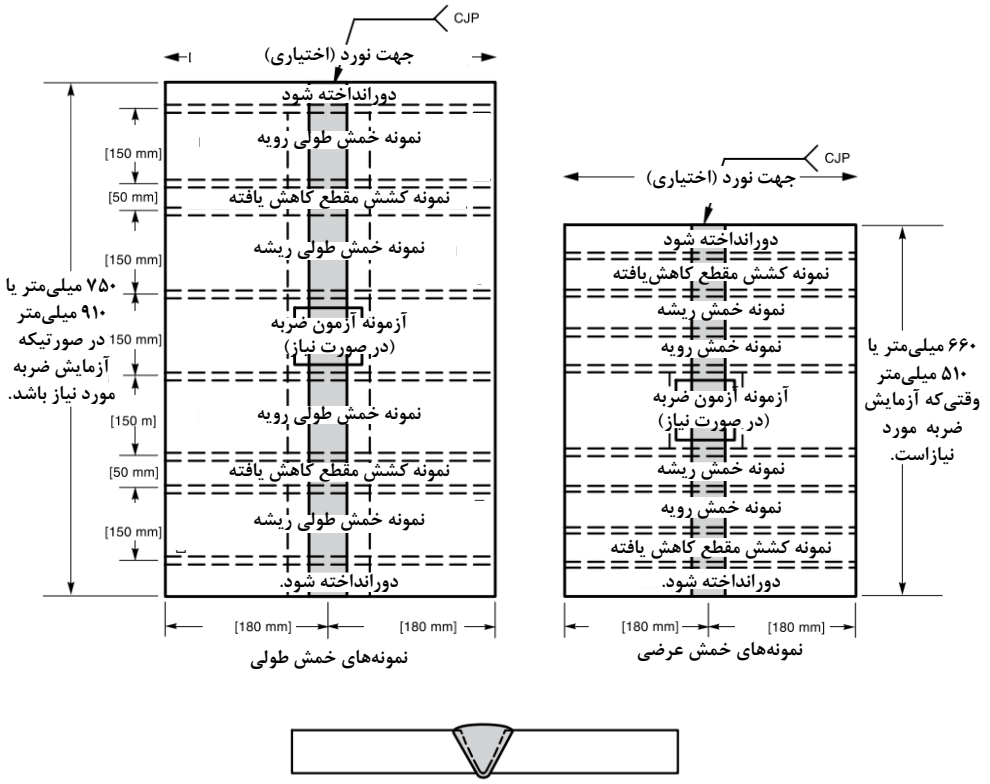
یادداشت:

۱- شکل شیار تنها به منظور نمایش است. شیار نمونه آزمایشی باید مطابق با شیار مورد ارزیابی باشد.

۲- در صورت لزوم آزمایش ضربه، نمونه‌ها باید مطابق شکل ۶-۲۸ برداشته شود.

۳- تمام ابعاد به صورت حداقلی بیان شده است.

شکل ۶-۶- محل آزمونه‌ها در قطعه آزمایشی ورق با ضخامت بیش از ۱۰ میلیمتر به منظور ارزیابی دستورالعمل جوشکاری (بند ۶-۱۰)



یادداشت:

۱- شکل شیار تنها به منظور نمایش است. شیار نمونه آزمایشی باید مطابق با شیار مورد ارزیابی باشد.

۲- در صورت لزوم آزمایش ضربه، نمونه‌ها باید مطابق شکل ۶-۲۸ برداشته شود.

۳- برای ورق‌های ۱۰ میلی‌متر، آزمون خمش جانبی می‌تواند جایگزین هر یک از آزمون‌های خمش رویه و ریشه شود. برای موقعیت و طول ورق نمونه‌ها، شکل ۶-۶ (۲) ملاحظه شود.

شکل ۶-۷- محل آزمونه‌ها در قطعه آزمایشی با ضخامت ۱۰ میلیمتر و کمتر برای ارزیابی دستورالعمل جوشکاری (بند ۶-۱۰)

۶-۱۰-۱-بازرسی چشمی جوش

معیار پذیرش بازرسی چشمی برای ارزیابی جوش‌های شیاری و گوشه (به جز ناودان جوش) باید مطابق الزامات زیر باشد:

۶-۱۰-۱-۱- بازرسی چشمی جوش‌های شیاری

جوش‌های شیاری باید مطابق ضوابط زیر باشند:

(۱) تمامی ترک‌ها باید بدون توجه به اندازه آن مردود شود.

(۲) همه چاله‌های جوش باید به اندازه سطح مقطع کامل جوش پر شود.

(۳) گرده جوش نباید از ۳ میلیمتر تجاوز نماید. نمای جوش باید مطابق شکل ۷-۴ بوده و ذوب کامل داشته باشد.

(۴) بریدگی کنار جوش نباید از یک میلیمتر تجاوز نماید.

(۵) ریشه جوش‌های شیاری نفوذ کامل باید بازرسی شده و نباید حاوی ترک، ذوب ناقص یا عدم نفوذ باشد.

(۶) در جوش‌های شیاری نفوذ کامل که از یک طرف بدون پشت‌بند جوش می‌شود، تقعر ریشه جوش[1] یا ذوب عمقی جوش[2] باید مطابق موارد زیر باشد:

الف- حداکثر تقعر ریشه جوش باید ۲ میلیمتر باشد، مشروط بر اینکه ضخامت جوش برابر یا بزرگتر از ضخامت فلز پایه باشد.

ب- حداکثر ذوب عمقی باید ۳ میلیمتر باشد.

۶-۱۰-۱-۲- بازرسی چشمی جوش گوشه

جوش‌های گوشه باید مطابق ضوابط زیر باشد:

(۱) تمامی ترک‌ها باید بدون توجه به اندازه آن مردود شود.

(۲) همه چاله‌های جوش باید به اندازه سطح مقطع کامل جوش پر شده باشد.

(۳) اندازه ساق جوش‌های گوشه نباید از اندازه ساق موردنیاز کمتر باشد.

(۴) سطح جوش باید الزامات شکل ۷-۴ را برآورده نماید.

(۵) بریدگی کنار جوش فلز پایه نباید از یک میلیمتر بیشتر باشد.

۶-۱۰-۲- آزمایش‌های غیرمخرب، قبل از تهیه نمونه‌های آزمایش‌های مکانیکی، ورق، لوله و یا قوطی تهیه شده برای آزمون ارزیابی باید برای آگاهی از سلامت، به شرح زیر تحت آزمایش‌های غیرمخرب قرار گیرند:

۶-۱۰-۲-۱- آزمایش پرتونگاری یا فراصوت

یکی از دو آزمایش پرتونگاری یا فراصوت باید مورد استفاده قرار گیرد. در نمونه ورقی، تمام طول جوش به استثنای دو انتهای دور ریز آن، باید مورد آزمایش قرار گیرد.

۶-۱۰-۲-۲- معیار پذیرش آزمایش پرتونگاری یا فراصوت

به عنوان یک ارزیابی قابل پذیرش، جوشی که طبق آزمایش‌های غیرمخرب مورد تایید قرار گرفته است، باید منطبق بر ضوابط قسمت پ فصل ۸ یا قسمت ج فصل ۱۰ باشد.

۶-۱۰-۳- آزمایش مکانیکی

آزمایش‌های مکانیکی باید مطابق موارد زیر باشد:

---

1 - Root Concavity
2 - Melt-Through

۶-۱۰-۳-۱- آزمونه‌های خمش ریشه، رویه و جانبی[1] (شکل ۶-۸ را برای خمش رویه و ریشه و شکل ۶-۹ برای خمش جانبی ملاحظه شود)

آزمونه باید در گیره خم که منطبق بر ضوابط شکل‌های ۶-۱۱ تا ۶-۱۳ می‌باشد، تحت آزمایش خمش قرار گیرد و نباید از حداکثر شعاع خم تجاوز نماید.

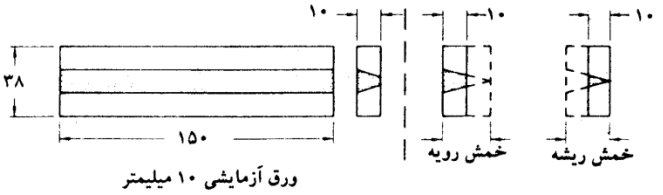
آزمونه باید به گونه‌ای روی پایه[2] قرار گیرد که شیار جوش در وسط آن باشد. سپس با اعمال فشار سنبه، آزمونه تحت خمش قرار می‌گیرد.

در آزمایش خمش رویه، آزمونه طوری قرار داده می‌شود که رویه جوش به سمت شکاف باشد. در آزمایش خمش ریشه و آزمایش سلامت جوش گوشه، آزمونه طوری قرار داده می‌شود که ریشه جوش به سمت شکاف باشد.

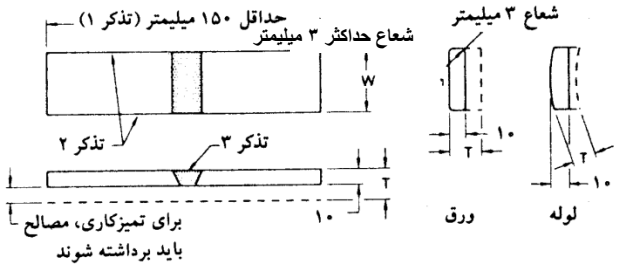
در آزمایش خمش جانبی، نمونه طوری قرار داده می‌شود که سطح جانبی که بزرگترین ناپیوستگی را نشان می‌دهد، در صورت وجود، به سمت شیار باشد. سنبه آنقدر برروی آزمونه فشار می‌آورد تا نمونه به شکل U درآید. جوش و ناحیه متاثر از حرارت جوش، پس از آزمایش باید در مرکز خم قرار گرفته و کاملاً در ناحیه خم‌شده نمونه قرار گیرند.

اگر برای آزمایش خم از فلکه[3] استفاده شود، در این صورت یک انتهای آزمونه باید کاملاً در فکهای گیره محکم شود، تا لغزش نداشته باشد. هنگامی‌که بازوی آزاد به میزان ۱۸۰ درجه از نقطه شروع دوران کرد، نمونه آزمایش باید از فلکه خارج شود.

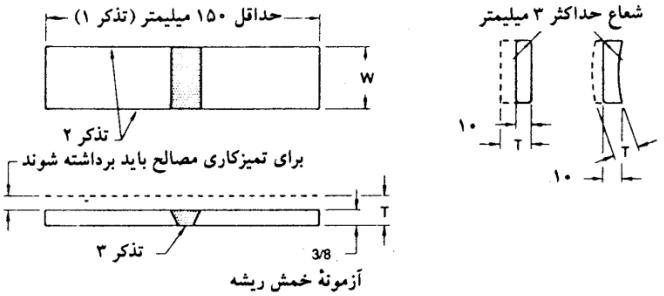
1 - Root, Face and side bend specimens
2 - Die
3- Wraparound jig



(۱) آزمونهٔ خمش طولی



آزمونهٔ خمش رویه



آزمونهٔ خمش ریشه

(۲) آزمونهٔ خمش عرضی

ابعاد قطعه	عرض آزمونه
ورق	۴۰ میلیمتر
لوله یا قوطی با قطر یا بعد کوچکتر و مساوی ۱۰۰ میلیمتر	۲۵ میلیمتر
لوله یا قوطی با قطر یا بعد بزرگتر از ۱۰۰ میلیمتر	۴۰ میلیمتر

تذکر:

۱- در صورت استفاده از خم فلکه و یا در مواقعی که $F_y \geq 6200\ kg/cm2$ است، طول نمونه باید بزرگتر انتخاب شود.

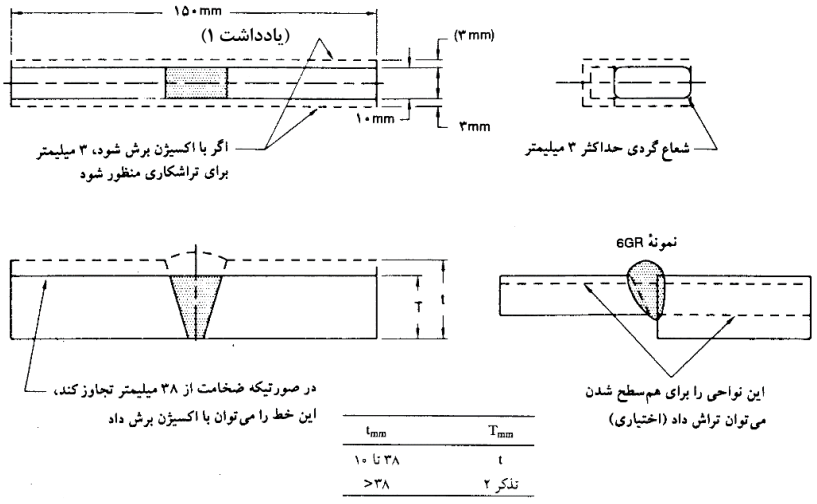
۲- این لبه را می‌توان با برش اکسیژن برید و می‌تواند پرداخت شده و یا نشود.

۳- رویه و ریشه جوش باید تراش داده شده و هم‌سطح شود.

۴- t= ضخامت ورق یا لوله

۵- وقتی‌که ضخامت ورق آزمایشی کمتر از ۱۰ میلیمتر است، برای خمش رویه و ریشه از ضخامت اسمی استفاده نمایید.

شکل ۶-۸- آزمونه‌های خمش رویه و ریشه (بند ۶-۱۰-۳-۱)



t_{mm}	T_{mm}
۳۸ تا ۱۰	t
>۳۸	تذکر ۲

در برش حرارتی کمتر از ۳ میلی‌متر مجاز نیست.

(یادداشت ۱)

در صورتی‌که ضخامت از ۳۸ میلیمتر تجاوز کند، این لبه را می‌توان با حرارت برش داد.

تذکر:

۱-در صورت استفاده از فلکه یا زمانی‌که از فولاد با مقاومت تسلیم ۶۲۰ مگاپاسکال یا بیشتر استفاده می‌شود، نمونه با طول بزرگتر مورد نیاز است.

۲- در ورق با ضخامت بزرگتر از ۳۸ میلیمتر، نمونه باید با ضخامت‌هایی بین ۲۰ تا ۳۸ میلیمتر بریده شود.

۳- t ضخامت ورق یا لوله.

شکل ۶-۹- آزمونه خمش جانبی (بند ۶-۱۰-۳-۱)

۶-۱۰-۳-۲- نمونه‌های خمش طولی

در صورتی‌که مشخصات مصالح به طور قابل توجهی متفاوت باشد (تفاوت دو فلز پایه و یا تفاوت فلز پایه با جوش)، آزمایش خمش طولی (رویه و ریشه)[1] می‌تواند به جای آزمایش خمش عرضی (رویه و ریشه) مورد استفاده قرار گیرد. از ورق‌ها یا قطعات آزمایشی تایید شده در بند ۶-۱۰-۲، به وسیله برش آزمونه‌هایی مطابق شکل‌های ۶-۶ یا ۶-۷، هرکدام که قابل استفاده باشد، تهیه می‌شود. آزمونه‌ها برای آزمایش خم طولی مطابق شکل ۶-۸ تهیه می‌شود.

۶-۱۰-۳-۳- معیار پذیرش آزمایش‌های خمش ریشه، رویه و جانبی

سطح محدب خم نمونه آزمایشی، باید برای بررسی هر نوع ترک مورد بازرسی چشمی قرار گیرد. برای پذیرش، طول و تعداد ترک‌ها نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:

(۱) ۳ میلیمتر در هر امتداد در سطح.

(۲) ۱۰ میلیمتر برای مجموع ترک‌هایی که طول آنها بین ۱ تا ۳ میلیمتر است.

(۳) ۶ میلیمتر برای ترک‌های گوشه. اگر ترک گوشه به علت آخال سرباره یا دیگر انواع ناپیوستگی‌های ذوبی باشد، حداکثر ۳ میلیمتر ملاک عمل خواهد بود.

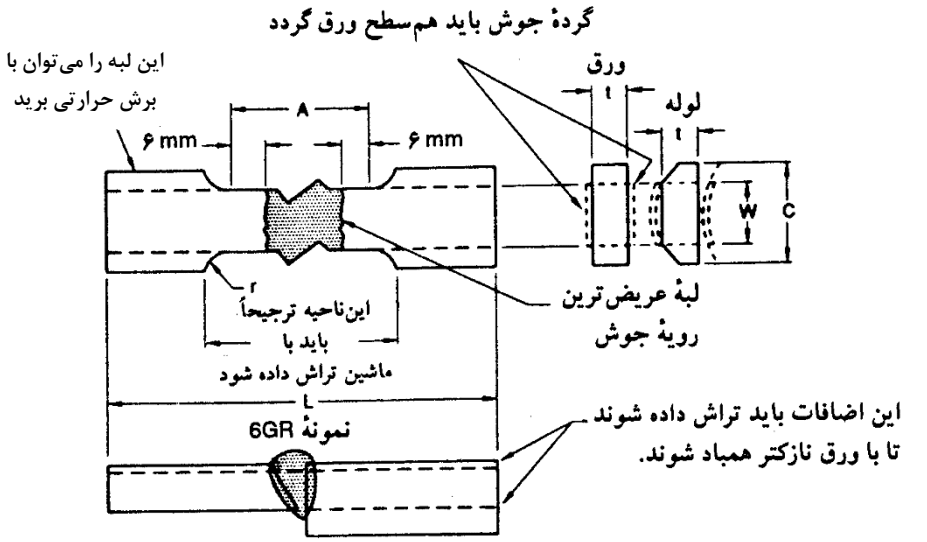
آزمونه‌های حاوی ترک گوشه[2] بزرگتر از ۶ میلیمتر که شواهدی از عیوب قابل مشاهده آخال سرباره یا دیگر ناپیوستگی‌های ذوبی نداشته باشد، نادیده گرفته می‌شود و با یک آزمونه جدید از جوش اصلی جایگزین می‌شود.

۶-۱۰-۳-۴- آزمونه‌های آزمایش کشش با مقطع کاهش‌یافته

قبل از آزمایش باید عرض حداقل و ضخامت نظیر مقطع کاهش‌یافته اندازه‌گیری شود. آزمونه تحت بار کششی باید گسیخته شده و حداکثر بار ثبت شود.

مساحت مقطع کاهش‌یافته از حاصل‌ضرب عرض در ضخامت به دست می‌آید. مقاومت کششی (تنش کشش نهایی) با تقسیم حداکثر بار (بار نظیر گسیختگی) بر سطح مقطع کاهش یافته، تعیین می‌شود.

1 - Longitudinal bend test (face and root)
2- Corner Crack



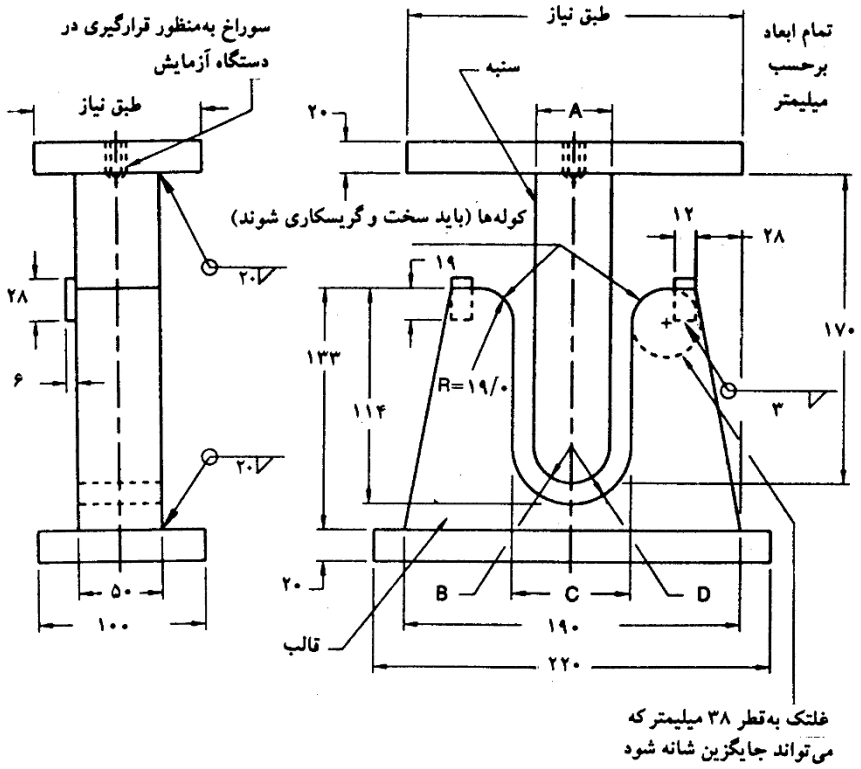
ابعاد به میلیمتر						
		ضخامت ورق آزمایشی			لوله آزمایشی	
		$T_p \geq 38mm$	25<Tp<38mm	Tp≤25mm	قطر ۷۵mm و ۵۰mm	قطر ۱۵۰ و ۲۰۰ میلیمتر و بزرگتر
A-	طول مقطع کاهش یافته	عریض‌ترین رویه جوش + ۱۲mm (حداقل ۶۰mm)			عریض‌ترین رویه جوش+ ۱۲mm (حداقل ۶۰mm)	
L-	طول کل (حداقل)	طبق نیاز دستگاه آزمایش			طبق نیاز دستگاه آزمایش	
W-	عرض مقطع کاهش یافته	۲۰mm (حداقل)	۲۰mm (حداقل)	۲۰mm (حداقل)	۱۲±۰/۰۲۵mm	۲۰mm (حداقل)
C-	عرض قسمت گیره	W+۱۲mm (حداقل)	W+۱۲mm (حداقل)	W+۱۲mm (حداقل)	W+۱۲mm (حداقل)	W+۱۲mm (حداقل)
t-	ضخامت نمونه	T_p	T_p	$T_{p/n}$*	حداکثر در صورتیکه بتوان دو صفحه موازی با طول A حاصل کرد	
r-	شعاع لبه حداقل(mm)	۱۲	۱۲	۱۲	۲۵mm	۲۵mm

تذکر:

T_p = ضخامت اسمی ورق

* ضخامت کل به تسمه‌هایی با ضخامت ۲۰ میلیمتر تبدیل می‌شود.

شکل ۶-۱۰- آزمونه کشش مقطع کاهش یافته (بند ۶-۱۰-۳-۴)

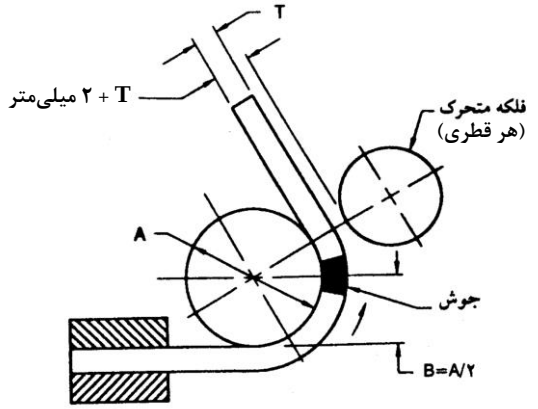


تنش تسلیم فلز پایه (N/mm^2)	A mm	B mm	C mm	D mm
≤۳۵۰	۳۸	۱۹	۶۰	۳۰
۳۵۰< و <۴۶۰	۵۰	۲۵	۷۳	۳۶/۵
≥۴۶۰	۶۵	۳۲	۸۶	۴۳

تذکر:

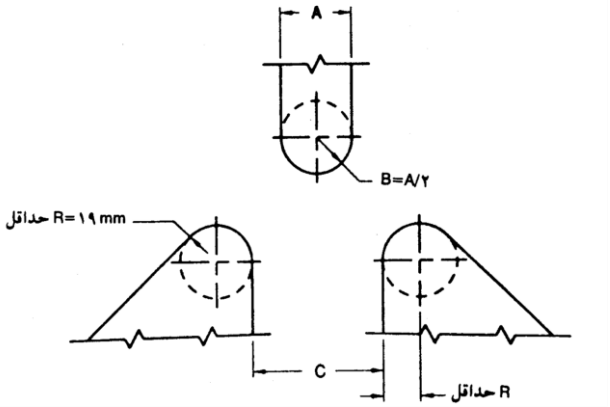
سطوح سنبه و قالب باید کاملاً پرداخت شود.

شکل ۶-۱۱- دستگاه سنبه و قالب برای آزمایش خمش (بند ۶-۱۰-۳-۱)



تنش تسلیم فلز پایه (N/mm^2)	A mm	B mm
≤۳۴۵	۳۸	۱۹
۳۴۵ < و < ۶۲۰	۵۰/۸	۲۵/۴
≥۶۲۰	۶۳/۵	۳۱/۸

شکل ۶-۱۲- آزمایش خم با فلکه (بند ۶-۱۰-۳-۱).



تنش تسلیم فلز پایه (N/mm^2)	A mm	B mm	C mm
≤۳۴۵	۳۸	۱۹	۶۰
۳۴۵ < و < ۶۲۰	۵۱	۲۵	۷۳
≥۶۲۰	۶۴	۳۲	۸۶

شکل ۶-۱۳- جزئیات جایگزین آزمایش خمش برای قالب تحتانی (بند ۶-۱۰-۳-۱)

۶-۱۰-۳-۵- آزمایش کششی مقطع کاهش‌یافته

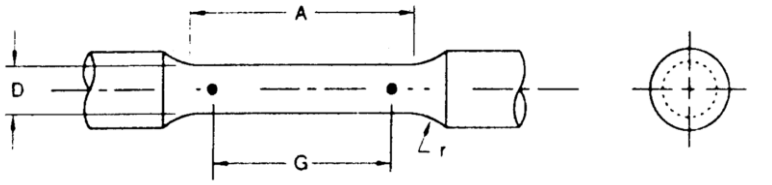
مقاومت کششی نباید از حداقل مقاومت کششی مقرر فلز پایه کمتر شود.

۶-۱۰-۳-۶- آزمایش کشش از فلز تمام جوش

آزمونه تراش داده شده از فلز تمام جوش که مطابق شکل ۶-۱۴ از شیار جوش به دست می‌آید، تحت آزمایش کشش قرار می‌گیرد[۱].

۶-۱۰-۴- آزمایش حک کاری ماکرو[۲]

باید آزمونه‌ای با مقطع پرداخت شده برای آزمایش حک کاری ماکرو تهیه شود. محلول مناسب باید برای حک کاری مقطع مورد استفاده قرار گیرد تا فلز جوش با فلز پایه به طور واضح تمیز داده شوند.



ابعاد (میلیمتر)			
قطر اسمی	نمونه استاندارد	نمونه‌های کوچکتر	
	قطر ۱۲/۵ میلیمتر	قطر۹ میلیمتر	قطر۶ میلیمتر
طول مقیاس- G	۶۲/۵ ± ۰/۱	۴۵ ± ۰/۱	۳۰ ± ۰/۱
قطر- D	۱۲/۵ ± ۰/۲	۹ ± ۰/۱	۶ ± ۰/۱
حداق شعاع لبه- r	۱۰	۸	۶
حداقل طول مقطع کاهش‌یافته-A	۷۵mm	۵۴mm	۳۶mm

شکل ۶-۱۴- آزمونه فلز تمام جوش (بند ۶-۱۰-۳-۶)

۶-۱۰-۴-۱- معیار پذیرش آزمایش حک کاری ماکرو

آزمایش چشمی مقطع حک کاری‌شده با اسید وقتی قابل پذیرش است که ضوابط زیر را برآورده نماید:

(۱) اندازه نفوذ جوش شیاری باید مساوی یا بزرگتر از اندازه پیش‌بینی شده باشد.

(۲) جوش گوشه باید تا ریشه درز نفوذ کرده باشد، لیکن لازم نیست فراتر از آن نفوذ نماید.

(۳) حداقل اندازه ساق جوش گوشه باید مساوی با مقدار پیش‌بینی شده باشد.

۱- آزمایش کشش باید طبق ضوابط یک استاندارد ملی انجام شود. در غیاب چنین استانداردی، می‌توان از استاندارد زیر استفاده نمود:
ASTM A370- "Mechanical Testing of Steel Prouducts"

2 - Macroetch

(۴) جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی و جوش گوشه باید دارای شرایط زیر باشد:

(الف) بدون ترک.

(ب) ذوب کامل بین فلز جوش و فلز پایه در فصل مشترک و ذوب بین لایه‌های جوش.

(پ) انطباق هندسه جوش واقعی با هندسه جوش طرح با رواداری‌های بند ۷-۱۶.

(ت) عدم وجود بریدگی با عمق بیش از ۱ میلیمتر.

۶-۱۰-۵- آزمایش مجدد

اگر هر یک از آزمونه‌ها نتواند ضوابط آزمایش بخش ۶-۱۰ را برآورد نماید، نمونه مذکور مردود محسوب می‌شود. در اینصورت دو آزمونه جدید برای آزمایش موردنظر از قطعه آزمایشی تهیه شده و مطابق یکی از حالت‌های زیر مورد آزمایش مجدد قرار می‌گیرد. برای پذیرش، نتایج هر دو آزمایش باید منطبق بر ضوابط آزمایش باشد.

۱) اگر مصالح کافی از نمونه جوش شده اصلی وجود داشته باشد، آزمونه‌های جدید باید تا حد امکان نزدیک به محل آزمونه اولیه برداشته شود.

۲) اگر مصالح کافی از نمونه جوش شده اصلی وجود نداشته باشد، نمونه جدید تا حدامکان باید با پیروی از PQR اصلی تهیه شود. نمونه جدید باید طول کافی برای تهیه دونمونه آزمونه جدید داشته باشد. اگر آزمونه‌های جدید تایید شوند، متغیرهای اساسی و تکمیلی باید در PQR مستند شود.

برای مصالح با ضخامت بیشتر از ۳۸ میلیمتر در صورتی‌که چندین آزمونه برای ضخامت کامل موردنیاز باشد، هنگام مردود شدن هر آزمونه که بخشی از ضخامت را معرفی می‌کند، لازم است از دو نقطه جدید قطعه آزمایش آزمونه‌هایی برای ضخامت کامل مصالح تهیه شود.

۶-۱۱- جوش شیاری نفوذ کامل CJP

جدول ۶-۲ (۱) ضوابط ارزیابی WPS جوش شیاری با نفوذ کامل برای مقاطع غیرلوله‌ای را نشان می‌دهد. شکل‌های ۶-۵ تا ۶-۷ را برای ورق آزمایش مناسب مشاهده نمایید.

۶-۱۱-۱-اتصالات کنج یا سپری

آزمونه‌های جوش شیاری در اتصالات سپری یا کنج باید بصورت اتصال لب‌به‌لب با همان ساختار شیار که در اتصال سپری یا کنج استفاده می‌شود باشد، به جز اینکه عمق شیار نباید از ۲۵ میلیمتر بیشتر باشد.

۶-۱۲- جوش شیاری نفوذ نسبی PJP

ارزیابی دستورالعمل‌های جوشکاری شیاری نفوذ نسبی باید منطبق بر یکی از روش‌های زیر باشد:

(۱) استفاده از دستورالعمل جوشکاری جوش شیاری نفوذ کامل ارزیابی شده با آزمایش برای پشتیبانی از ارزیابی دستورالعمل جوش شیاری نفوذ نسبی با هر کدام از جزئیات شکل ۵-۲ (بند ۶-۱۲-۱).

(۲) استفاده از دستورالعمل جوشکاری جوش شیاری نفوذ کامل ارزیابی شده با آزمایش برای پشتیبانی از ارزیابی دستورالعمل جوش شیاری نفوذ نسبی که در شکل ۵-۲ نیامده باشد. (بند ۶-۱۲-۲)

(۳) ارزیابی دستورالعمل جوشکاری جوش شیاری نفوذ نسبی که با دستورالعمل جوش شیاری نفوذ کامل پشتیبانی نمی‌شود. (۶-۱۲-۳)

(۴) ارزیابی درزجوش شیاری لبه‌گرد (بند ۶-۱۲-۴)

هر ارزیابی جوش شیاری نفوذ نسبی، تمامی سایزهای جوش گوشه روی هر ضخامتی را تایید می‌کند.

۶-۱۲-۱- ارزیابی دستورالعمل جوشکاری PJP: روش ۱

ارزیابی WPS جوش شیاری نفوذ کامل براساس فصل ۶، درز جوش شیاری نفوذ نسبی مطابق شکل ۵-۲ را تایید می‌کند، مشروط براینکه متغیرهای اساسی WPS جوش شیاری نفوذ کامل در محدوده‌های جدول ۶-۵ و ۶-۶ باشد.

۶-۱۲-۲- ارزیابی دستورالعمل جوشکاری PJP: روش ۲

در صورتی که WPS جوش شیاری نفوذ کامل ارزیابی شده و برای پشتیبانی از جزئیات جوش شیاری نفوذ نسبی که در شکل ۵-۲ نیامده است استفاده شود، اندازه جوش با نفوذ نسبی ارزیابی شده باید مطابق موارد زیر تعیین شود:

۶-۱۲-۲-۱- یک نمونه ورق آزمایشی با کمترین فاصله ریشه و کمترین زاویه شیار که در WPS درج شده است باید تهیه و جوش شود. نمونه آزمایشی باید منطبق بر جزئیات الف شکل ۶-۲۹ باشد. هر فلز پایه فولادی می‌تواند استفاده شود.

۶-۱۲-۲-۲- سه آزمونه حک کاری ماکرو باید تهیه شود و برای بررسی اینکه اندازه جوش موردنظر بدست آمده است، بصورت چشمی بازرسی شود.

۶-۱۲-۲-۳- حداکثر اندازه جوش مورد تایید درز جوش باید به اندازه کمترین مقدار سه آزمونه حک کاری ماکرو باشد.

۶-۱۲-۲-۴- دستورالعمل جوشکاری باید حداکثر اندازه جوش شیاری نفوذ نسبی تعیین شده در ارتباط با عمق شیار مشخص شده در بند ۶-۱۲-۲-۳، حداقل فاصله ریشه، حداقل زاویه شیار و عمق شیار را مشخص نماید.

۶-۱۲-۳- ارزیابی دستورالعمل جوشکاری جوش PJP: روش ۳

بطور جایگزین، دستورالعمل جوشکاری جوش شیاری نفوذ نسبی می‌تواند براساس جدول ۶-۳ ارزیابی و آزمایش شود. اگر قرار است برای اتصالات سپری یا کنج از جوش شیاری نفوذ نسبی استفاده شود، اتصال آزمایشی باید دارای یک ورق محدود کننده موقت در صفحه لبه عمودی درز باشد تا پیکربندی اتصال محدود شده را شبیه‌سازی کند. این ورق محدود کننده باید قبل از برشکاری آزمونه‌های مکانیکی برداشته شود.

۶-۱۲-۴- ارزیابی WPS جوش شیاری لبه‌گرد- PJP

اندازه موثر جوش ارزیابی شده باید مطابق موارد زیر تعیین شود:

۶-۱۲-۴-۱- نمونه ورق آزمایشی باید مطابق جزئیات ب و پ شکل ۶-۲۹ (هرکدام مربوط باشد) آماده‌سازی شود. پارامترهای جوشکاری باید در محدوده مندرج در دستورالعمل باشد. هر رده فولادی به عنوان فلز پایه قابل استفاده است.

۶-۱۲-۴-۲- حداقل ۳ آزمونه حک کاری ماکرو مقطع باید عمود بر محور جوش برش داده شده، آماده شود و تحت بازرسی چشمی به منظور تایید رسیدن به اندازه جوش مدنظر، قرارگیرد. آزمونه‌ها باید از وسط و انتهای جوش نشان داده شده در شکل ۶-۲۹ جزئیات ب و پ برداشته شود.

۶-۱۲-۴-۳- حداکثر اندازه جوش ارزیابی شده معادل حداقل اندازه جوش سه مقطع تهیه شده مطابق بند ۶-۱۲-۴-۲ می‌باشد. حداقل شعاع ارزیابی شده شعاع مورد آزمایش است.

۶-۱۳- جوش‌های گوشه

۶-۱۳-۱- نوع و تعداد آزمونه‌ها

به جز مواردی که در فصل ۶ مجاز شده است، در جدول ۶-۴ نوع و تعداد آزمونه‌های لازم برای ارزیابی دستورالعمل جوشکاری جوش گوشه تک‌عبوره یا چندعبوره ارائه شده است.

۶-۱۳-۲- آزمایش جوش‌های گوشه

برای انجام آزمون ارزیابی جوش‌های گوشه در ورق‌ها، قطعه آزمایشی T شکلی مطابق شکل ۶-۱۵ و برای ارزیابی جوش‌های گوشه در لوله‌ها، قطعه‌ای مطابق جزییات الف و ب در شکل ۶-۱۰ برای هر دستورالعمل جوشکاری و وضعیتی که در سازه استفاده شده، ساخته می‌شود. یک قطعه باید با استفاده از حداکثر اندازه جوش تک عبوره ممکن و یک قطعه باید با

استفاده جوش چندعبوره با حداقل اندازه جوش ساخته شود. این دو حالت را می‌توان در یک قطعه آزمایشی تنها نیز ترکیب نمود و یا به صورت مجزا انجام داد.. قطعه جوش شده باید در محل‌های نشان داده شده در شکل‌های ۶-۱۵ یا ۱۰-۱۶ بریده شود، تا آزمونه‌ها به دست آید. در هر یک از آزمونه‌ها، باید آزمایش حک کاری ماکرو مطابق با بند ۶-۱۰-۴ صورت پذیرد.

۶-۱۳-۳- آزمایش ارزیابی مواد مصرفی[1] (مصالح جوش)

۶-۱۳-۳-۱- لزوم انجام آزمایش

ارزیابی مصالح مصرفی جوش در شرایط زیر لازم است:

۱- مواد مصرفی جوش که منطبق بر مقررات پیش‌تایید فصل ۵ نباشند، و همچنین؛

۲- ارزیابی دستورالعمل جوشکاری طبق بندهای ۶-۱۱ و ۶-۱۲ انجام نشده باشد؛

۶-۱۳-۳-۲-ورق آزمایشی

ورق آزمایشی باید به صورت زیر جوش شود:

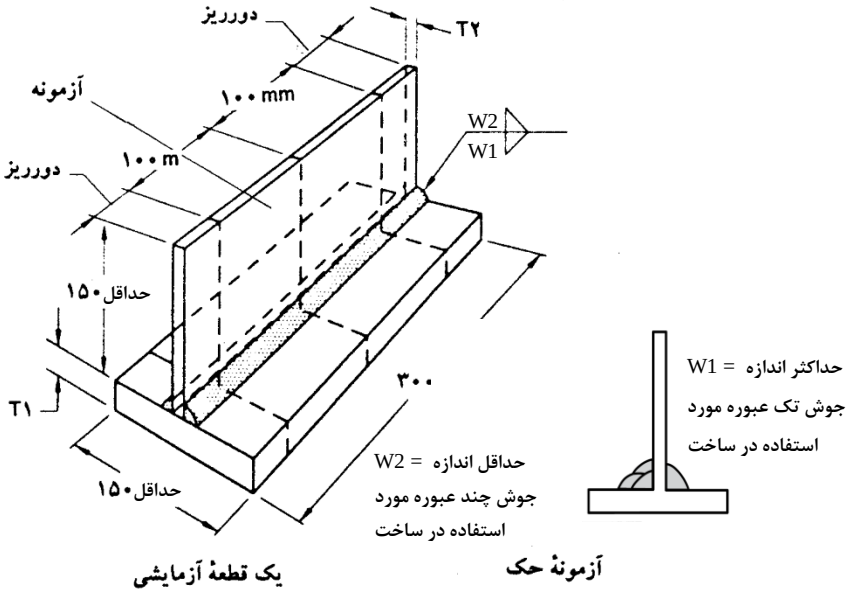
(۱) هندسه شیار ورق آزمایشی باید مطابق شکل ۶-۱۶ (یا شکل ۶-۱۷ برای جوشکاری خودکار زیرپودری)، همراه با تسمه پشت‌بند باشد.

(۲) ورق باید در وضعیت 1G (تخت) جوش شود.

(۳) همانطورکه در شکل ۶-۱۸ نشان داده شده است، طول ورق آزمایشی باید به حدی کافی باشد تا بتوان آزمونه‌های لازم را از آن بدست آورد.

(۴) شرایط جوشکاری شامل شدت جریان، ولتاژ، سرعت حرکت انبر، دبی گاز محافظ باید تا حدامکان نزدیک به مقادیر ارائه شده در دستورالعمل جوشکاری باشد.

1 - Consumable verification test

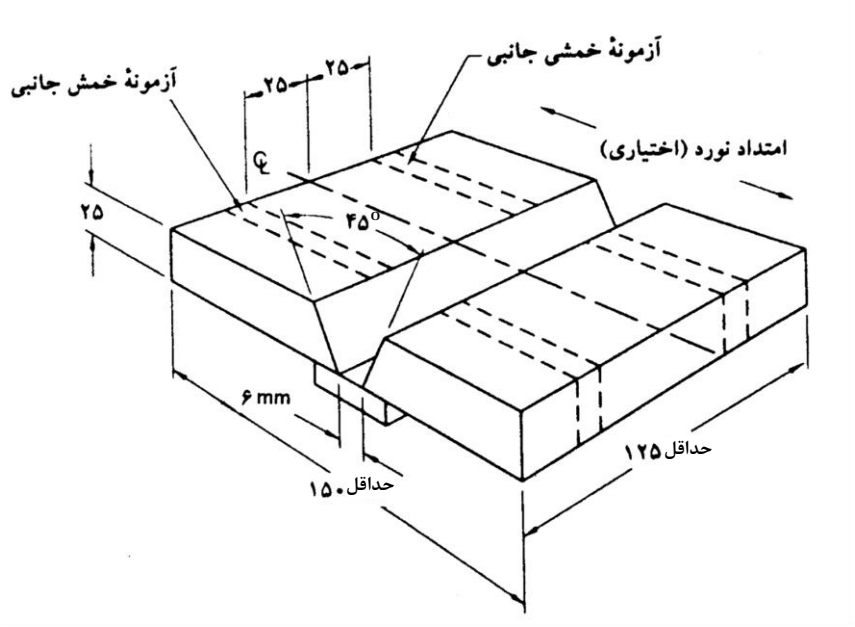


ابعاد برحسب میلیمتر		
حدقل T۲	حداقل T۱	اندازه جوش
۵	۶	۳
۵	۱۲	۵
۶	۲۰	۶
۸	۲۵	۸
۱۰	۲۵	۱۰
۱۲	۲۵	۱۲
۱۶	۲۵	۱۶
۲۰	۲۵	۲۰
۲۵	۲۵	>۲۰

تذکر:

وقتی‌که حداکثر ضخامت ورق مصرفی کمتر از مقادیر نشان داده شده در جدول باشد، حداکثر ضخامت موجود باید جانشین T۱ و T۲ شود.

شکل ۶-۱۵- آزمایش سلامت جوش گوشه برای ارزیابی دستورالعمل جوشکاری (بند ۶-۱۳-۲)



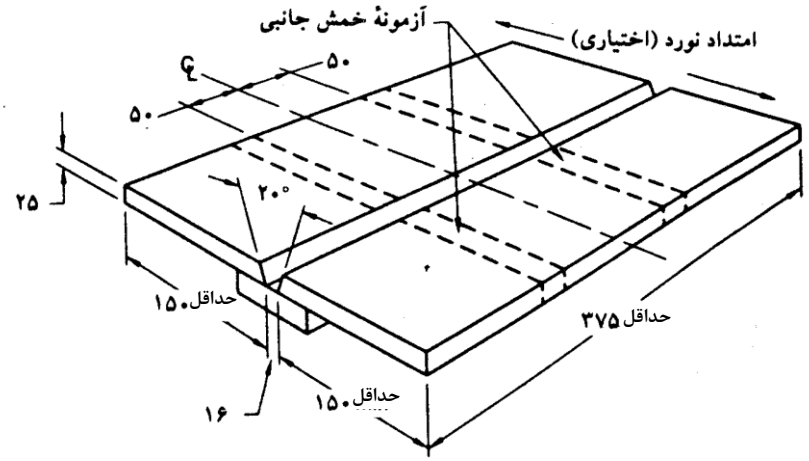
تذکر:

۱- وقتی‌که از آزمایش پرتونگاری استفاده می‌شود، در منطقه جوش نباید خال‌جوش وجود داشته باشد.

۲- ضخامت تسمه پشت‌بند بین حداقل ۶ و حداکثر ۱۰ میلیمتر می‌باشد. اگر تسمه برای آزمایش پرتونگاری برداشته نشود، عرض آن حداقل باید ۷۵ میلیمتر و در غیراینصورت عرض آن حداقل ۲۵ میلیمتر می‌باشد.

شکل ۶-۱۶- ورق آزمایشی برای ضخامت نامحدود به منظور ارزیابی جوشکار و آزمایش تایید مصالح جوش گوشه

(به بند ۶-۲۱-۱ و ۶-۱۳-۳-۲ مراجعه شود).



تذکر:

۱- وقتی‌که برای آزمایش از پرتونگاری استفاده می‌شود، در ناحیه آزمایش نباید خال‌جوش وجود داشته باشد.

۲- در صورت عدم استفاده از جوش شیاری با جزئیات فوق، می‌توان از هندسه یک جوش شیارزی ارزیابی شده استفاده نمود.

۳- ضخامت پشت‌بند حداقل ۱۰ و حداکثر ۱۲ میلیمتر می‌باشد. اگر تسمه برای آزمایش پرتونگاری برداشته نشود، عرض حداقل آن ۷۵ میلیمتر و اگر برداشته شود، عرض حداقل آن ۴۰ میلیمتر می‌باشد.

شکل ۶-۱۷- ورق آزمایشی برای ضخامت نامحدود به منظور ارزیابی اپراتور جوشکاری و مصالح جوش گوشه (بند ۶-۱۳-۳-۲ و ۶-۲۱-۲-۲)

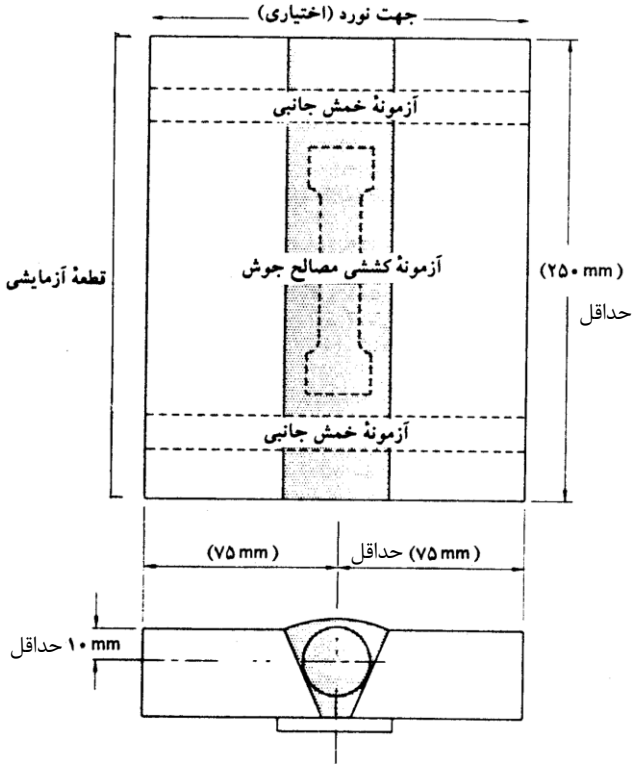
۶-۱۳-۳-۳- ضوابط آزمایش

ورق آزمایشی باید به صورت زیر آزمایش شود:

(۱) دو آزمونه برای آزمایش خم جانبی (شکل ۶-۹) و یک آزمونه برای آزمایش مصالح جوش (شکل ۶-۱۴) باید مطابق شکل ۶-۱۸ از قطعه آزمایشی جدا شود.

(۲) آزمونه خم باید مطابق بند ۶-۱۰-۳-۱ آزمایش شده و نتایج آزمایش منطبق بر ضوابط بند ۶-۱۰-۳-۳ باشند.

(۳) آزمونه فلز جوش باید مطابق بند ۶-۱۰-۳-۶ تحت آزمایش کشش قرار گیرد. نتیجه آزمایش، رده مقاومتی فلز جوش را تعیین می‌کند که باید مطابق جدول ۴-۳ یا رده مقاومتی فلز پایه باشد.



شکل ۶-۱۸- محل آزمونه‌ها در ورق آزمایشی با ضخامت ۲۵ میلیمتر برای تایید مصالح مصرفی (مصالح الکترود) در ارزیابی دستورالعمل جوشکاری جوش گوشه (بند ۶-۱۳-۳)

۶-۱۴- جوش کام و انگشتانه

در صورتی‌که جوش کام و انگشتانه مدنظر باشد، ارزیابی WPS باید مطابق بند ۶-۲۲-۳ انجام پذیرد.

۶-۱۵- فرایندهای جوشکاری که نیاز به ارزیابی دارند

۶-۱۵-۱- فرایندهای GTAW، GMAW-S، ESW و EGW

فرایندهای GTAW، GMAW-S، ESW و EGW را مشروط بر اینکه WPS مربوطه براساس ضوابط فصل ۶ ارزیابی شود، می‌توان مورد استفاده قرار داد.

۶-۱۵-۱-۱- الزامات دستورالعمل جوشکاری (GMAW-S)

قبل از استفاده، پیمانکار باید دستورالعمل را تهیه نموده و تمامی آنها را براساس ضوابط فصل ۶ مورد ارزیابی قرار دهد. محدودیت متغیرهای اساسی در جدول ۶-۵ برای GMAW باید برای GMAW-S نیز اعمال شود.

۶-۱۵-۱-۲- الزامات دستورالعمل جوشکاری (GTAW)

قبل از استفاده، پیمانکار باید دستورالعمل مربوطه را تهیه نموده و براساس ضوابط فصل ۶ مورد ارزیابی قرار دهد.

۶-۱۵-۱-۳- الزامات دستورالعمل جوشکاری (ESW/EGW)

(۱) قبل از استفاده، پیمانکار باید دستورالعمل را تهیه و براساس ضوابط فصل ۶ ارزیابی نماید. دستورالعمل باید شامل جزئیات درز، نوع و قطر فلز پرکننده، آمپراژ، ولتاژ (نوع و قطبیت)، سرعت حرکت عمودی در صورتی‌که تابع خودکار از طول قوس یا نرخ رسوب نباشد، نوسان (سرعت پیمایش، طول و زمان ماندن)، نوع حفاظت شامل دبی گاز، نقطه شبنم گاز و نوع پودر، نوع کفشک قالب، عملیات حرارتی پس از جوشکاری در صورت نیاز و سایر اطلاعات مرتبط باشد.

(۲) الزامات آزمایش مصالح تمام جوش. قبل از استفاده، پیمانکار باید با آزمایش‌های مندرج در فصل ۶ نشان دهد که ترکیب گاز یا پودر محافظ و فلز پرکننده فلز جوشی ایجاد خواهد کرد که خواص مکانیکی مندرج در استانداردهای مربوطه (مثل A5.26 یا AWS A5.25) را زمانی‌که مطابق دستورالعمل جوشکاری می‌شود، دارد.

(۳) ارزیابی قبلی. دستورالعمل‌هایی که قبلاً ارزیابی شده‌اند را می‌توان استفاده نمود، مشروط براینکه مستندات کافی وجود داشته و توسط مهندس ناظر تایید شود.

۶-۱۵-۲- سایر فرایندها

دستورالعمل جوشکاری سایر فرایندهایی که در بخش ۵-۵-۱ یا ۶-۱۵-۱ فهرست نشده‌اند را مشروط براینکه با آزمایش‌های ارزیابی تایید شده باشد، می‌توان استفاده نمود.

محدوده متغیرهای اساسی فرایند جوشکاری باید توسط پیمانکار مشخص شده و به تایید مهندس ناظر برسد. محدوده متغیرهای اساسی باید منطبق بر شواهد مستند از تجربیات قبلی فرایند یا سری آزمایش‌هایی که محدوده متغیرهای اساسی را نشان می‌دهد، باشد. هر تغییری از محدوده متغیرهای اساسی خارج از محدوده تعیین شده باید مجدداً ارزیابی شود.

قسمت پ*: ارزیابی جوشکاران

۶-۱۶- کلیات

هدف آزمایش‌های ارزیابی ارائه شده در این قسمت، تعیین توانایی جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و خال جوشکاران برای تولید جوش سالم است. آزمایش‌های ارزیابی به عنوان راهنمایی برای انجام عملیات جوشکاری یا خال‌جوشکاری در حین اجرای واقعی تهیه نشده‌اند. جوشکاری عملی باید طبق دستورالعمل جوشکاری انجام پذیرد.

۶-۱۶-۱- وضعیت جوشکاری نمونه آزمایشی

۶-۱۶-۱-۱- جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری

وضعیت جوشکاری ارزیابی شده با قطعه آزمایشی ورق برای جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری باید منطبق بر جدول ۶-۱۰ باشد. قطعه آزمایشی وضعیت جوشکاری ارزیابی شده با مقاطع لوله و قوطی برای جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری باید منطبق بر فصل ۱۰ و جدول ۱۰-۱۲ باشد.

۶-۱۶-۱-۲- خال‌جوشکاران

خال‌جوشکار باید با یک نمونه ورق آزمایشی در وضعیتی که قرار است خال جوشکاری انجام دهد، ارزیابی شود.

* به عنوان جایگزین استفاده از استاندارد ملی ۱-۵۹۶۱ تحت عنوان آزمون تایید صلاحیت جوشکاران- جوشکاری ذوبی- قسمت ۱: فولادها، بلامانع می‌باشد.

جدول ۶-۱۰- وضعیت‌های جوشکاری ارزیابی شده با آزمایش روی ورق، لوله و قوطی برای ارزیابی حوشکاران و اپراتورهای جوشکاری (بند ۶-۱۶-۱) [1]

	آزمایش ارزیابی		جوشکاری ورق ارزیابی شده			جوشکاری لوله ارزیابی شده					جوشکاری قوطی ارزیابی شده				
			شیاری	شیاری		شیاری‌لب‌به‌لب[2]		شیاری T,Y,K			شیاری‌لب‌به‌لب		شیاری T,Y,K		
	نوع جوش	وضعیت[3]	CJP	PJP	گوشه[4]	CJP[6]	PJP	CJP	PJP[3]	گوشه[4]	CJP[6]	PJP	CJP	PJP[5]	گوشه[4]
ورق	شیاری[7]	1G	F	F	F,H	F	F		F	F,H	F	F		F	F,H
		2G	F,H	F,H	F,H	F,H	F,H		F,H	F,H	F,H	F,H		F,H	F,H
		3G	F,H,V	F,H,V	F,H,V	F,H,V	F,H,V		F,H,V	F,H,V	F,H,V	F,H,V		F,H,V	F,H,V
		4G	F,OH	F,OH	F,H,OH	F,H,OH	F,OH		F,OH	F,H,OH	F,OH	F,OH		F,OH	F,H,OH
		3G+4G	همه	همه	همه	همه	همه		همه	همه	همه	همه		همه	همه
	گوشه	1F			F					F					F
		2F			F,H					F,H					F,H
		3F			F,H,V					F,H,V					F,H,V
		4F			F,H,OH					F,H,OH					F,H,OH
		3F+4F			همه					همه					همه
	انگشتانه	تایید وضعیت جوش انگشتانه و کام فقط برای وضعیت آزمایش ارزیابی می‌باشد.													

CJP= جوش شیاری با نفوذ کامل

PJP = جوش شیاری با نفوذ نسبی

توجه:

۱- تایید صلاحیت اپراتورهای جوشکاری در فرایندهای ESW و EGW فقط برای وضعیت مورد ارزیابی اعمال می‌شود.

۲- فقط لوله‌ها با قطر مساوی یا بزرگتر از ۶۰۰ میلیمتر با تسمه پشت‌بند، با شیارزنی از پشت یا هر دو را ارزیابی می‌کند.

۳- به شکل‌های ۶-۳ و ۶-۴ مراجعه شود.

۴- برای ملاحظه محدودیت‌های زاویه دووجهی اتصالات ورق و لوله‌ای T، Y و K، به بخش‌های ۶-۲۲ و ۱۰-۹ مراجعه شود.

۵- جوش‌ها با زاویه کوچکتر از ۳۰ درجه ارزیابی نمی‌شود (بند ۱۰-۱۴-۴-۲)

۶- جوش‌های یکطرفه بدون تسمه پشت‌بند و دوطرفه بدون شیارزنی ریشه، ارزیابی نمی‌شود.

۷- ارزیابی جوش شیاری، جوش‌های کام و انگشتانه را برای وضعیت آزمایش مشخص شده ارزیابی می‌کند.

۶-۱۶-۲- ضخامت‌ها و قطرهای آزمایشی ارزیابی شده

۶-۱۶-۲-۱- جوشکاران یا اپراتورهای جوشکاری. محدوده ضخامت‌ها و قطرهای قطعه آزمایشی ارزیابی شده برای جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری باید منطبق بر جدول ۶-۱۱ باشد.

۶-۱۶-۲-۲- خال‌جوشکاران. تایید صلاحیت خال‌جوشکاران باید برای ضخامت‌های مساوی و بیشتر از ۳ میلیمتر ارزیابی شود.

جدول ۶-۱۱- تعداد و نوع آزمونه‌ها برحسب ضخامت برای ارزیابی جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری (بند ۶-۱۶-۲-۱)

	آزمایش روی ورق							
	ابعاد ارزیابی شده		تعداد آزمونه‌ها (الف)				جوش شیاری یا انگشتانه	
	ضخامت اسمی ورق، لوله یا قوطی ارزیابی شده		حک کاری ماکرو	خمش جانبی (ب) (شکل۶-۹)	خمش ریشه (ب) (شکل۶-۸)	خمش رویه (ب) (شکل۶-۸)	ضخامت ورق آزمایش (mm)	نوع آزمایش جوش
	حداکثر	حداقل						
	حداکثر ۲۰(ت)	3	—	پانویس (پ)	1	1	10	شیاری (شکل۶-۲۰یا۶-۲۱)
	حداکثر ۲T(ت)	3	—	2	—	—	10<T<25	شیاری(شکل۶-۱۶، ۶-۱۷ یا ۶-۹)
	نامحدود(ت)	3	—	2	—	—	۲۵یابیشتر	شیاری(شکل۶-۱۶، ۶-۱۷ یا ۶-۱۹)
	نامحدود	3	2	—	—	—	10	انگشتانه (شکل۶-۲۶)

زوایای دووجهی ارزیابی شده (ث)		ابعاد ارزیابی شده		تعداد آزمونه‌ها(الف)				جوش گوشه (اتصال سپری (T) و مورب)	
		ضخامت اسمی ورق، لوله یا قوطی ارزیابی شده		خمش رویه	خمش ریشه	خمش جانبی	حک کاری ماکرو	شکست جوش گوشه	ضخامت ورق آزمایش (mm)	نوع آزمایش جوش
نامحدود	30°	نامحدود	3	1	1	پانویس(پ)	—	—	10	شیاری (شکل۶-۲۰یا۶-۲۱)
نامحدود	30°	نامحدود	3	—	—	2	—	—	10<T<25	شیاری (شکل۶-۲۰یا۶-۲۱)
نامحدود	30°	نامحدود	3	—	—	2	—	—	≥25	شیاری(شکل۶-۱۶، ۶-۱۷ یا ۶-۱۹)
135°	60°	نامحدود	3	—	—	—	1	1	12	گوشه انتخاب ۱ (شکل ۶-۲۵)
135°	60°	نامحدود	3	—	2	—	—	—	10	گوشه انتخاب ۲ (شکل ۶-۲۲)
نامحدود	30°	نامحدود	3	—	—	—	1	—	>3	گوشه انتخاب ۳ (شکل ۱۰-۱۶) [لوله با هرقطری]

آزمایش روی جوشکاری الکتریکی سرباره‌ای و الکتریکی گازی				
ضخامت اسمی ورق، لوله یا قوطی ارزیابی شده		تعداد آزمونه‌ها(الف)	جوش شیاری تولیدی ورق	
حداکثر	حداقل	خمش جانبی(ب) (شکل ۶-۹)	ضخامت ورق آزمایش (mm)	نوع جوش مورد آزمایش
T	3	2	<38	شیار (شکل ۶-۲۴)
نامحدود	3	2	38	

- تمامی ابعاد به میلی‌متر می‌باشد.

(الف) همه جوش‌ها باید بازرسی چشمی شوند. (بند ۶-۲۳-۱)

(ب) آزمون پرتونگاری از ورق می‌تواند جایگزین آزمایش‌های خمش شود (بند ۶-۱۷-۱-۱)

(پ) برای ضخامت ورق یا دیواره ۱۰ میلی‌متر، آزمایش خمش جانبی می‌تواند جایگزین هر کدام از آزمایش‌های خمش رویه و ریشه شود.

(ت) همچنین هر جوش گوشه یا شیاری نفوذ نسبی PJP در هر ضخامتی را ارزیابی می‌کند.

(ث) برای زاویه دو وجهی کمتر از ۳۰ درجه، بند ۱۰-۱۸-۱ ملاحظه شود؛ به جز آزمایش در وضعیت 6GR که لزومی نیست.

۶-۱۶-۳-تایید صلاحیت جوشکار و اپراتور جوشکاری از طریق ارزیابی WPS

همچنین جوشکار یا اپراتور جوشکاری می‌تواند براساس جوشکاری موفقیت آمیز نمونه آزمایش ورق، لوله یا قوطی ارزیابی WPS مورد قبول و برآورده کردن الزامات جدول ۶-۱۰، تایید صلاحیت شود. در نتیجه جوشکار یا اپراتور جوشکاری منطبق بر بندهای ۶-۱۶-۱ و ۶-۱۶-۲ ارزیابی می‌شود.

۶-۱۷- انواع آزمایش‌های ارزیابی موردنیاز

۶-۱۷-۱- جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری

نوع و تعداد آزمایش‌های ارزیابی موردنیاز برای تایید صلاحیت جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری باید منطبق بر جدول ۶-۱۱ باشد. جزئیات آزمایش‌های غیرمخرب و الزامات آزمایش مکانیکی به شرح زیر می‌باشد:

(۱) بازرسی چشمی (مطابق بند ۶-۱۰-۱) (ضوابط WPS استفاده شود).

(۲) خمش رویه، ریشه و جانبی (مطابق بند ۶-۱۰-۳-۱) (ضوابط WPS استفاده شود).

(۳) حک کاری ماکرو (مطابق بند ۶-۲۳-۲).

(۴) شکست جوش گوشه (مطابق بند ۶-۲۳-۴).

۶-۱۷-۱-۱- جایگزینی پرتونگاری به جای آزمایش خمش هدایت شده[1]

به جز اتصالاتی که به روش GMAW-S جوشکاری می‌شود، آزمایش پرتونگاری نمونه ورق یا لوله آزمایشی یک جوشکار یا اپراتور جوشکاری را می‌توان به جای آزمایش‌های خمش که در بند ۶-۱۷-۱ (۲) ذکر شده است به کار برد. الزامات پرتونگاری را در بند ۶-۲۳-۳ ملاحظه نمایید.

به جای آزمایش‌های مکانیکی یا پرتونگاری نمونه‌های تایید صلاحیت اپراتور جوشکاری، می‌توان از پرتونگاری ۳۸۰ میلیمتر اول جوش شیاری تولیدی برای تایید صلاحیت استفاده کرد. محدوده ضخامت تایید شده باید منطبق بر جدول ۶-۱۱ باشد.

۶-۱۷-۱-۲- آزمایش‌های خمش هدایت شده

آزمونه‌های آزمایش مکانیکی باید از برشکاری نمونه‌های آزمایش ورق، لوله یا قوطی مطابق شکل‌های ۶-۱۶، ۶-۱۹، ۶-۲۰، ۶-۲۱، ۶-۲۲ و ۱۰-۲۳ برای تایید صلاحیت جوشکاران و شکل‌های ۶-۱۷، ۶-۲۲ یا ۶-۲۴ برای تایید صلاحیت

1- Guided Bend Test

اپراتورهای جوشکاری، برحسب کاربرد، آماده‌سازی شود. این آزمونه‌ها باید تقریباً مقطع مستطیل شکل داشته و برای آزمایش مطابق شکل‌های ۶-۸، ۶-۹، ۶-۱۰ یا ۶-۱۴، برحسب کاربرد، آماده شود.

۶-۱۷-۲- خال‌جوشکاران

فرد خال‌جوشکار باید بتواند جوش با حداکثر بعد ۶ میلیمتر به طول حدود ۵۰ میلیمتر روی نمونه شکست جوش گوشه که در شکل ۶-۲۷ نشان داده شده است، اجرا نماید.

۶-۱۷-۲-۱- حدود صلاحیت

خال‌جوشکاری که در آزمایش شکست جوش گوشه پذیرفته شود، برای خال جوشکاری تمامی اتصالات (به جز جوش شیاری نفوذ کامل، که از یک طرف بدون پشت‌بند جوشکاری می‌شود مثل اتصال لب‌به‌لب و اتصالات K, Y, T) برای فرایند جوشکاری و در وضعیتی که خال‌جوشکاری انجام شده است، تایید صلاحیت می‌شود. خال‌جوش‌هایی که در حالتی غیر از حالت فوق انجام می‌شود باید توسط جوشکارانی که برای فرایند و وضعیت مذکور تایید شده‌اند، انجام شود.

۶-۱۸- انواع جوش برای تایید صلاحیت جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری

به منظور تایید صلاحیت جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری، انواع جوش به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

(۱) جوش شیاری CJP برای اتصالات غیر لوله‌ای (بند ۶-۲۱).

(۲) جوش شیاری PJP برای اتصالات غیر لوله‌ای (بند ۶-۲۲-۱).

(۳) جوش گوشه برای اتصالات غیر لوله‌ای (بند ۶-۲۲-۲)

(۴) جوش شیاری CJP برای اتصالات لوله‌ای (بند ۱۰-۱۸)

(۵) جوش شیاری PJP برای اتصالات لوله‌ای (بند ۱۰-۱۹)

(۶) جوش گوشه برای اتصالات لوله‌ای (بند ۱۰-۲۰)

(۷) جوش کام و انگشتانه برای اتصالات لوله‌ای و غیر لوله‌ای (بند ۶-۲۲-۳).

۶-۱۹- آماده‌سازی فرم‌های تایید صلاحیت عملکرد پرسنل

پرسنل جوشکاری باید WPS مربوط به آزمایش ارزیابی صلاحیت را رعایت نمایند. همه محدوده متغیرهای اساسی ذکر شده در بند ۶-۸ علاوه بر محدوده‌های متغیرهای اساسی بند ۶-۲۰ باید اعمال شود. مدارک تایید صلاحیت پرسنل جوشکاری (WPQR) به عنوان تایید کتبی عمل نموده و باید همه متغیرهای اساسی قابل اجرای جدول ۶-۱۲ را فهرست نماید. فرم‌های پیشنهادی در پیوست ۲ ارائه شده است.

۶-۲۰- متغیرهای اساسی

تغییرات فراتر از محدوده متغیرهای اساسی برای جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و خال‌جوشکاران که در جدول ۶-۱۲ ارائه شده است، نیاز به ارزیابی مجدد دارد.

جدول ۶-۱۲- تغییرات متغیرهای اساسی عملکرد پرسنل جوشکاری که نیازمند ارزیابی مجدد است

پرسنل جوشکاری			تغییرات اساسی در متغیرهای WPQR[1] که نیازمند ارزیابی مجددند
خال‌جوشکاران	اپراتورجوشکاری(ب)	جوشکاران (الف)	
X	X	X	(۱) برای فرایندی که در آن ارزیابی نشده است (GMAW-S به عنوان فرایند جدا در نظر گرفته می‌شود.)
X		X	(۲) استفاده از الکترود با شمار F بالاتر از شماره F الکترود WPQR در جوشکاری SMAW (جدول ۶-۱۳)
X	X	X	(۳) برای وضعیتی که ارزیابی نشده است.
	X	X	(۴) برای قطر یا ضخامت ارزیابی نشده
		X	(۵) برای مسیر پیمایش جوشکاری عمودی ارزیابی نشده (سربالا یا سرپائین)
	X	X	(۶) حذف پشت‌بند (در صورت استفاده در آزمون WPQR)
	X(پ)		(۷) برای چندالکترودی (اگر از یک الکترود در آزمون WPQR استفاده شده بود) اما نه بالعکس.

(الف) جوشکارانی که در فرایندهای جوشکاری SAW، GMAW، FCAW یا GTAW ارزیابی شده اند، به عنوان اپراتور جوشکاری ارزیابی شده در همان فرایند جوشکاری در نظر گرفته می‌شوند و مشمول محدودیت‌های متغیرهای اساسی می‌باشند.

(ب) جوش شیاری، جوش انگشتانه را برای وضعیت WPQR و محدوده ضخامت‌های نشان داده شده در جدول ۶-۱۱ ارزیابی می‌کند.

(پ) برای ESW و EGW به کار نمی‌رود.

جدول ۶-۱۳- گروه‌های طبقه‌بندی الکترودها (جدول ۶-۱۲ ملاحظه شود)

گروه	طبقه‌بندی الکترودها
F4	EXX15, EXX16, EXX18, EXX48, EXX15-X, EXX16-X, EXX18-X
F3	EXX10, EXX11, EXX10-X, EXX11-X
F2	EXX12, EXX13, EXX14, EXX13X
F1	EXX20, EXX24, EXX27, EXX28, EXX20-X, EXX27-X

یادداشت: حروف XX نوشته شده در نام الکترود، بیانگر رده مقاومتی مختلف الکترود می‌باشد. (۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰، ۱۱۰ و ۱۲۰ برحسب ksi)

1- Welding Performance Qualification Record

۶-۲۱- جوش‌های شیاری نفوذ کامل برای اتصالات غیر لوله و قوطی

در جدول ۶-۱۰، الزامات وضعیت جوشکاری برای جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری روی اتصالات غیر لوله‌ای ارائه شده است. توجه شود که تایید صلاحیت برای اتصالات با پشت‌بند، جوشکاری اتصالاتی که از سمت مقابل شیارزنی و جوش می‌شود را تایید می‌کند.

۶-۲۱-۱- ورق‌های تائید صلاحیت جوشکار

الزامات وضعیت و ضخامت برای جوشکاران مطابق شکل‌های زیر اعمال می‌شود:

(۱) شکل ۶-۱۶- همه وضعیت‌ها- ضخامت نامحدود

(۲) شکل ۶-۱۹- وضعیت افقی- ضخامت نامحدود

(۳) شکل ۶-۲۰- همه وضعیت‌ها- ضخامت محدود

(۴) شکل ۶-۲۱- وضعیت افقی- ضخامت محدود

۶-۲۱-۲- ورق‌های آزمایش تائید صلاحیت اپراتورهای جوشکاری

۶-۲۱-۲-۱- فرایندهای غیر از ESW، EGW و جوش کام

ورق آزمایشی برای اپراتور جوشکاری در فرایندهای غیر از ESW، EGW و جوش کام باید مطابق شکل ۶-۱۷ باشد. اپراتور جوشکاری براین اساس برای جوشکاری شیاری و گوشه در مصالح با ضخامت نامحدود برای فرایند و وضعیتی که آزمایش می‌شود، تایید صلاحیت می‌شود.

۶-۲۱-۲-۲- فرایندهای ESW و EGW

ورق آزمایش ارزیابی اپراتور جوشکاری ESW و EGW باید شامل جوشکاری با حداکثر ضخامت مصالح مورد استفاده در اجرا باشد، اما لازم نیستبیش از ۳۸ میلی‌متر باشد(شکل ۶-۲۴). اگر نمونه جوش با ضخامت ۳۸ میلیمتر ساخته شود، نیازی به آزمایش برای ضخامت کمتر نیست. این آزمایش اپراتور جوشکاری را برای جوش‌های شیاری و گوشه در مصالح با ضخامت نامحدود برای این فرایند و وضعیت آزمایش، تایید صلاحیت می‌کند.

۶-۲۲- حدود تایید صلاحیت

۶-۲۲-۱- جوش شیاری نفوذ نسبی برای اتصالات غیر لوله‌ای

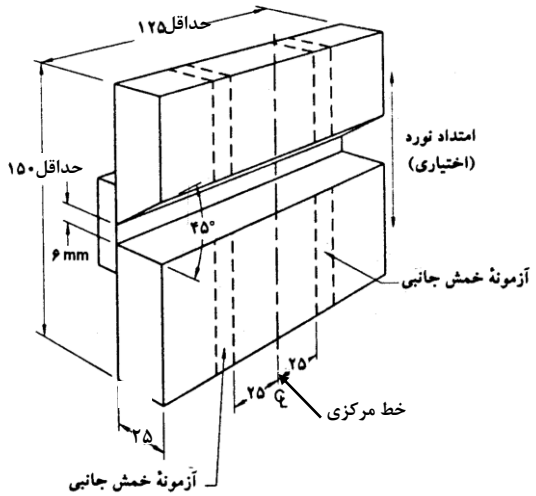
تایید صلاحیت جوش شیاری نفوذ کامل، جوش شیاری نفوذ نسبی را تایید می‌کند.

۶-۲۲-۲- جوش گوشه در اتصالات غیر لوله‌ای

تایید صلاحیت جوش شیاری نفوذ کامل، جوش گوشه را نیز تایید می‌کند. با این حال، در مواردی که صرفاً تایید صلاحیت جوش گوشه مورد نیاز است، جدول ۶-۱۱ ملاحظه شود.

۶-۲۲-۳- جوش کام و انگشتانه

تایید صلاحیت جوش شیاری نفوذ کامل روی اتصالات لوله‌ای یا غیرلوله‌ای، جوش کام و انگشتانه را تایید می‌کند.



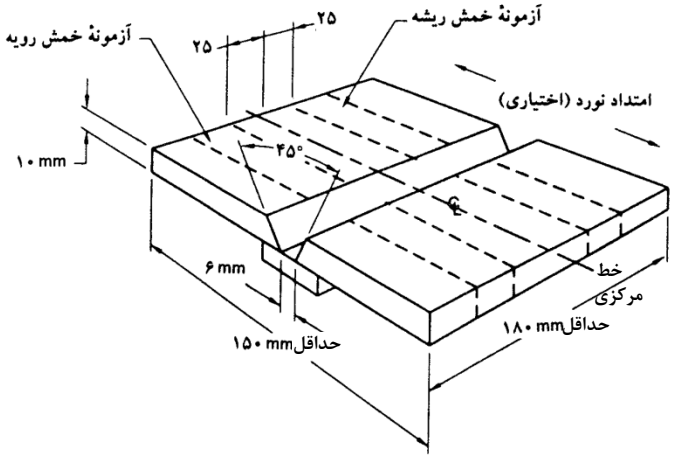
تذکر:

۱- وقتی‌که از آزمایش پرتونگاری استفاده می‌شود، در منطقه آزمایش نباید خال‌جوش وجود داشته باشد.

۲- حداقل ضخامت پشت‌بند، ۶ و حداکثر آن ۱۰ میلیمتر است. اگر برای آزمایش پرتونگاری، پشت‌بند برداشته نشود، حداقل عرض آن ۷۵ و اگر برداشته شود، حداقل عرض آن ۲۵ میلیمتر می‌باشد.

۳- برای ورق با ضخامت ۱۰ میلی‌متر، آزمایش خمش جانبی می‌تواند جایگزین هر یک از آزمایش‌های خمش رویه و ریشه شود.

شکل ۶-۱۹- ورق آزمایشی با ضخامت نامحدود به منظور ارزیابی جوشکاران در وضعیت افقی(بند ۶-۲۱-۱)



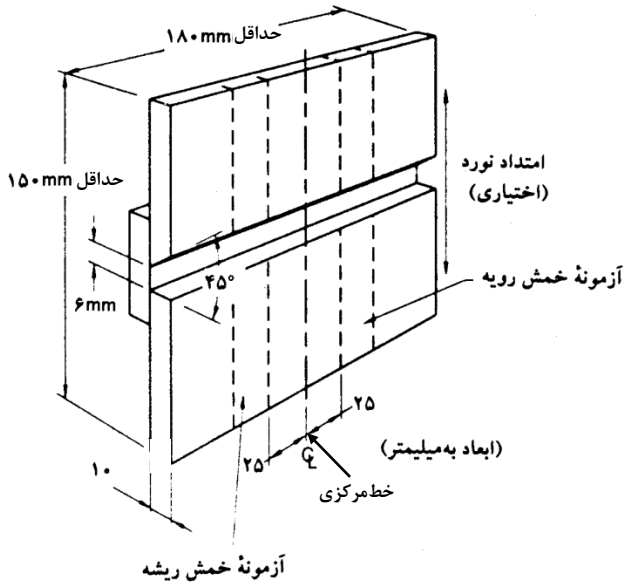
تذکر:

۱- وقتی‌که از آزمایش پرتونگاری استفاده می‌شود، در منطقه آزمایش نباید خال‌جوش وجود داشته باشد.

۲- حداقل ضخامت پشت‌بند، ۶ و حداکثر آن ۱۰ میلیمتر است. اگر برای آزمایش پرتونگاری، پشت‌بند برداشته نشود، حداقل عرض آن ۷۵ و اگر برداشته شود، حداقل عرض آن ۲۵ میلیمتر می‌باشد.

۳- برای ورق با ضخامت ۱۰ میلی‌متر، آزمایش خمش جانبی می‌تواند جایگزین هر یک از آزمایش‌های خمش رویه و ریشه شود.

شکل ۶-۲۰- ورق آزمایشی با ضخامت محدود به منظور ارزیابی جوشکاران در همه وضعیت‌ها (بند۶-۲۱-۱)

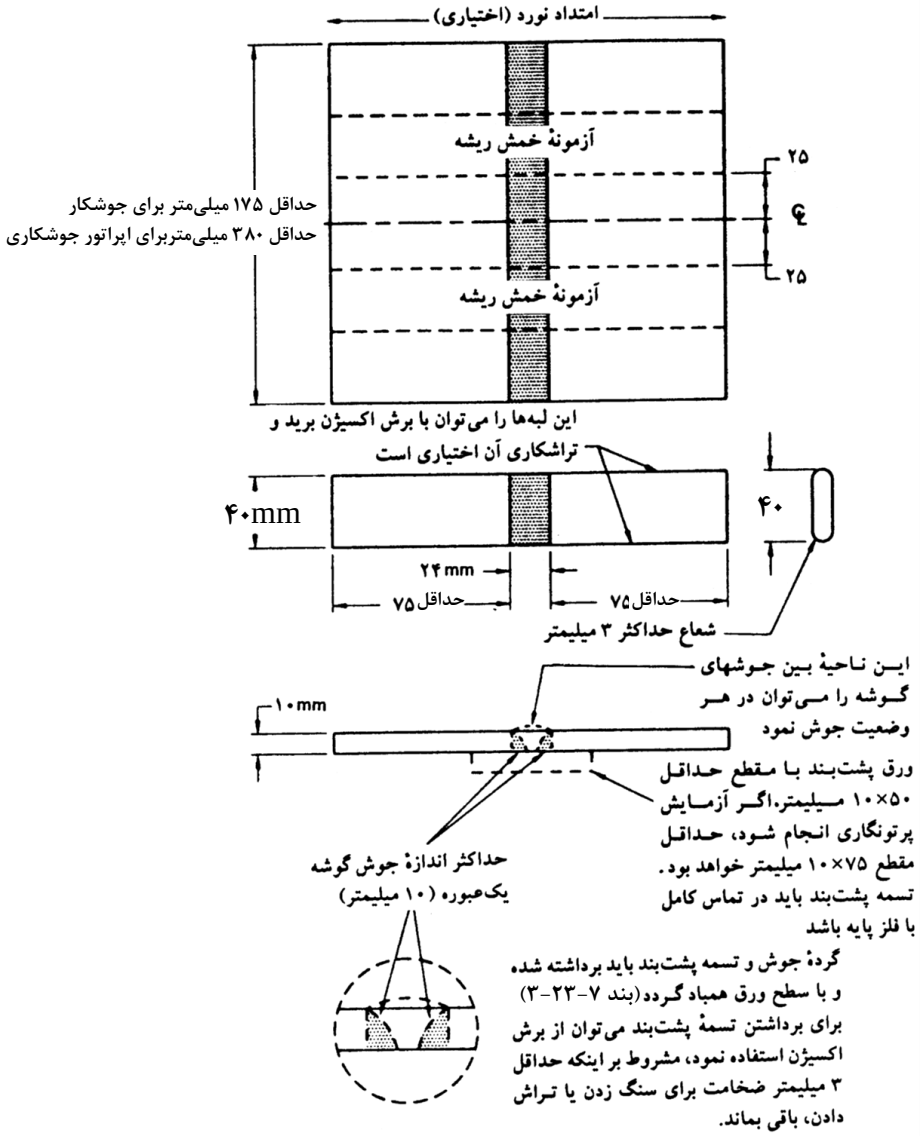


تذکر:

۱- وقتی‌که از آزمایش پرتونگاری استفاده می‌شود، در منطقه آزمایش نباید خال‌جوش وجود داشته باشد.

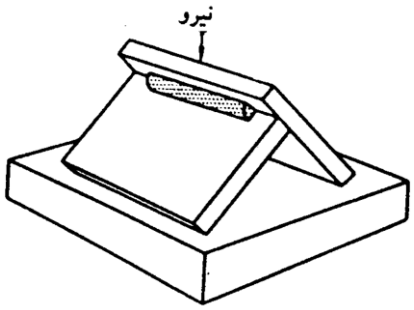
۲- حداقل ضخامت پشت‌بند مساوی ۶ و حداکثر آن ۱۰ میلیمتر است. اگر برای آزمایش پرتونگاری، تسمه پشت‌بند برداشته نشود، حداقل عرض آن ۷۵ و اگر برداشته شود، حداقل عرض آن ۲۵ میلیمتر می‌باشد.

شکل ۶-۲۱- ورق آزمایشی با ضخامت محدود به منظور ارزیابی جوشکاران در وضعیت افقی (بند ۶-۲۱-۱)

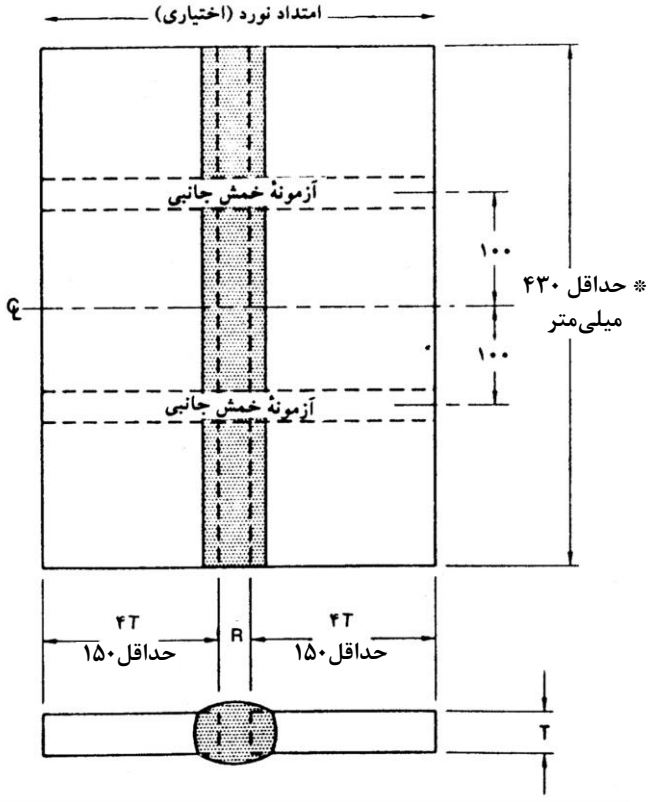


شکل ۶-۲۲- ورق آزمایشی برای خمش ریشه جوش گوشه به منظور ارزیابی جوشکار و اپراتور جوشکار و اپراتور جوشکاری- گزینه دوم

(بند ۶-۲۲-۲ و جدول ۶-۱۱ یا بند ۱۰-۲۰ و جدول ۱۰-۱۳)



شکل ۶-۲۳- آزمونه شکست جوش گوشه به منظور ارزیابی خال‌جوشکاران (بند ۶-۲۴)



تذکر:

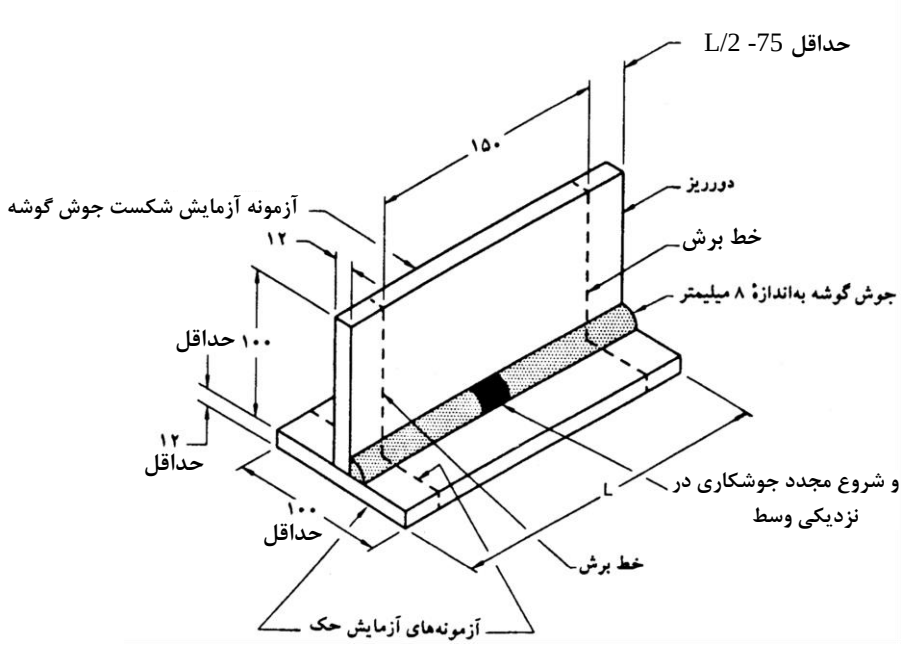
۱- فاصله ریشه R بر اساس دستورالعمل جوشکاری می‌باشد.

۲- T = حداکثر ضخامت مورد استفاده در اجرا، ولی لازم نیست از ۳۸ میلیمتر بزرگتر در نظر گرفته شود.

* اگر بتوان ۴۳۰ میلیمتر جوش سالم انجام داد، نیاز به اضافه طول جوش نیست.

* ابعاد به میلی‌متر می‌باشد.

شکل ۶-۲۴- اتصال لب‌به‌لب برای ارزیابی اپراتور جوشکاری الکتریکی سرباره‌ای و الکتریکی گازی (بند ۶-۲۱-۲-۲)



تذکر:

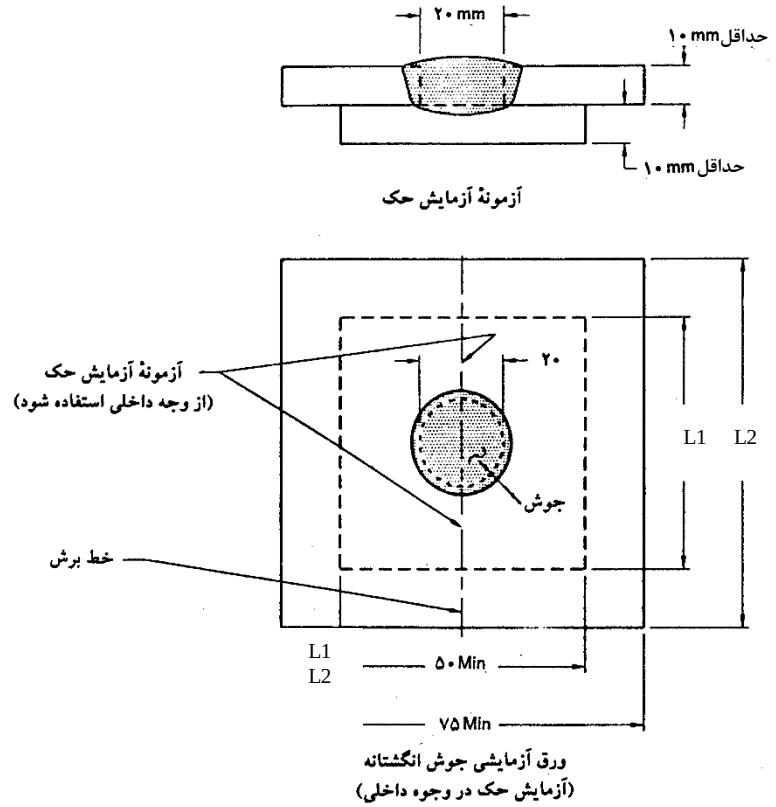
۱- حداقل طول L مساوی ۳۸۰ میلیمتر برای اپراتور و ۲۰۰ میلیمتر برای جوشکار می‌باشد.

۲- ضخامت ورق و ابعاد نشان داده شده، حداقل هستند.

۳- هر یک از دو انتها می‌تواند برای آزمایش حک کاری ماکرو مورد استفاده قرار گیرد. انتهای دیگر دور انداخته می‌شود.

* ابعاد به میلی‌متر می‌باشد.

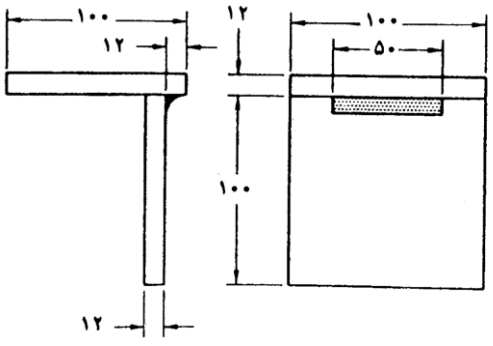
شکل ۶-۲۵- قطعه آزمایش شکست جوش گوشه و آزمایش حک کاری ماکرو به منظور ارزیابی جوشکاران و اپراتورها- گزینه اول (بند ۶-۲۳-۲-۱)



L1: حداقل ۵۰ میلی‌متر برای جوشکار و ۷۵ میلی‌متر برای اپراتور جوشکاری

L2: حداقل ۷۵ میلی‌متر برای جوشکار و ۱۲۵ میلی‌متر برای اپراتور جوشکاری

شکل ۶-۲۶- ورق آزمایشی جوش انگشتانه برای آزمایش حک کاری ماکرو به منظور ارزیابی جوشکاران یا اپراتور جوشکاری (بند ۶-۲۲-۳)



* ابعاد به میلی‌متر می‌باشد.

شکل ۶-۲۷- نمونه شکست جوش گوشه به منظور ارزیابی خال‌جوشکاران (بند ۶-۱۷-۲)

۶-۲۳- روش‌های آزمایش و معیار پذیرش آزمایش ارزیابی جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری

۶-۲۳-۱- بازرسی چشمی

برای شرایط پذیرش به بند ۶-۱۰-۱ مراجعه شود.

۶-۲۳-۲- آزمایش حک کاری ماکرو

باید یک مقطع از جوش به طور مناسب برای آزمایش حک کاری ماکرو آماده شود. برای تمایز واضح بین فلز جوش و پایه باید از محلول مناسب حک کاری استفاده شود.

۶-۲۳-۲-۱- آزمایش حک کاری ماکرو جوش گوشه و انگشتانه

سطح قطعه آزمایش حک کاری ماکرو باید صاف و صیقلی باشد.

(۱) آزمونه حک کاری ماکرو جوش انگشتانه باید از درز نمونه برحسب موارد زیر بریده شود.

الف- ارزیابی جوشکار- شکل ۶-۲۶

ب- ارزیابی اپراتور جوشکاری- شکل ۶-۲۶

(۲) آزمونه حک کاری ماکرو جوش گوشه باید از درز نمونه برحسب موارد زیر بریده شود.

الف- ارزیابی جوشکار- شکل ۶-۲۵

ب- ارزیابی اپراتور جوشکاری- شکل ۶-۲۵

۶-۲۳-۲-۲- معیار پذیرش آزمایش حک کاری ماکرو

بازرسی چشمی مقطع حک کاری ماکرو شده با اسید وقتی قابل پذیرش است که ضوابط زیر را برآورده نماید:

(۱) جوش‌های گوشه باید کاملاً به ریشه درز نفوذ داشته باشند، لیکن لازم نیست فراتر از آن نفوذ نماید.

(۲) حداقل اندازه ساق باید مساوی مقدار پیش‌بینی شده باشد.

(۳) جوش‌های انگشتانه باید دارای شرایط زیر باشند:

(الف) بدون ترک.

(ب) ذوب کامل با پشت‌بند و کناره سوراخ.

(پ) مجموع طول انباشه سرباره جوش (آخال‌ها)، نباید از ۶ میلیمتر تجاوز نماید.

۶-۲۳-۳- آزمایش پرتونگاری

اگر از آزمایش پرتونگاری به جای آزمایش خمش استفاده شود، نیاز به سنگ‌زنی گرده جوش برای بازرسی نمی‌باشد مگر اینکه بی‌نظمی‌های سطحی جوش یا اتصال آن با فلز پایه باعث شود که ناپیوستگی‌های جوش در پرتونگاری پنهان شود. در صورت برداشتن پشت‌بند برای پرتونگاری، ریشه جوش باید تا سطح فلز پایه سنگ‌زنی شود.

۶-۲۳-۳-۱- دستورالعمل و روش آزمایش پرتونگاری

روش انجام آزمایش پرتونگاری باید مطابق قسمت ث فصل ۸ و یا قسمت ج فصل ۱۰ برای مقاطع لوله‌ای باشد. برای ارزیابی جوشکاران ۳۲ میلیمتر از هر انتهای نمونه آزمایش و برای اپراتورهای جوشکاری ۷۵ میلیمتر از هر انتهای نمونه آزمایش حذف می‌شود.

۶-۲۳-۳-۲- معیار پذیرش آزمایش پرتونگاری

تایید کیفیت جوش که توسط پرتونگار آشکار شده است باید منطبق بر ضوابط بند ۸-۱۲-۲ (به جز ۸-۱۲-۲-۲) باشد.

۶-۲۳-۴- آزمایش شکست جوش گوشه[1]

تمام طول جوش باید مورد بازرسی چشمی قرار گیرد، سپس آزمونه‌ای به طول ۱۵۰ میلیمتر برای نمونه ورق (شکل ۶-۲۵) و یا $\frac{۱}{۴}$ مقطع لوله باید طوری بارگذاری شود تا ریشه آن تحت کشش قرار گیرد. حداقل یک نقطه شروع و یک نقطه ختم جوشکاری باید در نمونه باشد. نیرو به آرامی افزایش می‌یابد تا آزمونه گسیخته و یا تخت شود.

۶-۲۳-۴-۱- معیار پذیرش شکست جوش گوشه

قبل از انجام آزمون و برای پذیرش بازرسی چشمی، جوش گوشه باید دارای ظاهر یکنواخت و عاری از روی‌هم افتادگی[2]، ترک[3] و بریدگی کنار جوش[4] بیش از حد ضوابط بند ۸-۹ باشد. در سطح جوش نباید هیچگونه تخلخل قابل مشاهده باشد. آزمونه شکسته شده تحت شرایط زیر تایید می‌شود:

(۱) نمونه روی خود تخت شود، یا

(۲) جوش گوشه در صورت شکستگی، نشان دهنده ذوب کامل تا ریشه درز اتصال بدون آخال‌ها یا تخلخل بزرگتر از ۲/۵ میلیمتر در بزرگترین بعد باشد، و

---

1 - Fillet weld break test
2 - Over-lap
3 - Crack
4 - Undercut

(۳) مجموع بزرگترین اندازه آخال‌ها و تخلخل‌ها نباید از ۱۰ میلیمتر در طول ۱۵۰ میلیمتر نمونه تجاوز نماید.

۶-۲۳-۵- نمونه‌های خمش ریشه، رویه و جانبی

برای معیار پذیرش بند ۶-۱۰-۳-۳ ملاحظه شود.

۶-۲۴- روش آزمایش و شرایط پذیرش صلاحیت خال‌جوشکار

آزمونه باید مطابق شکل ۶-۲۳ قرار داده شده و تحت بارگذاری تا رسیدن به شکست قرار بگیرد. نیرو را با هر وسیله مناسبی می‌توان اعمال نمود. رویه جوش و سطح شکست جوش بعد از انجام آزمایش باید برای وجود هر نوع عیب مورد بازرسی چشمی قرار گیرند.

۶-۲۴-۱-معیار پذیرش چشمی

خال‌جوش باید دارای ظاهر یکنواخت و عاری از لوچه، ترک و بریدگی بیش از ۱ میلیمتر باشد. در سطح خال‌جوش نباید هیچگونه تخلخلی مشاهده شود.

۶-۲۴-۲- معیار پذیرش آزمایش مخرب

سطح شکست خال‌جوش باید ذوب کامل ریشه، نه لزوماً فراتر از آن، و ذوب کامل با فلز پایه را نشان داده و تخلخل و آخال سرباره جوش بزرگتر از بیش از ۲/۵ میلیمتر در آن مشاهده نشود.

۶-۲۵- آزمایش مجدد[1]

در صورتی‌که جوشکار، اپراتور جوش یا خال‌جوشکار در یک یا چند مورد آزمایش ارزیابی مردود شود، یا اینکه دلایل مشخصی برای زیرسوال بردن توانایی جوشکار وجود داشته باشد یا دوره اثر بخشی پایان یافته باشد، آزمایش مجدد باید تحت شرایط زیر صورت پذیرد:

۶-۲۵-۱- ضوابط آزمایش مجدد جوشکار و اپراتور جوشکاری

۶-۲۵-۱-۱- آزمایش مجدد فوری

آزمایش فوری شامل انجام دو جوش برای هر نوع وضعیتی که جوشکار یا اپراتور جوشکاری در آن مردود شده است می‌تواند انجام پذیرد. تمام آموزنه‌های آزمایش مجدد باید الزامات مشخص شده را برآورده نماید.

1 - Retest

۶-۲۵-۱-۲- آزمایش مجدد بعد از آموزش و تمرین

اگر شواهدی دال بر آموزش و تمرین جوشکار باشد، می‌توان آزمایش مجدد انجام داد. در این حالت یک آزمایش مجدد کامل از جوش مردود شده به عمل می‌آید.

۶-۲۵-۱-۳- آزمایش مجدد بعد از انقضای دوره اثربخشی

در صورتی‌که دوره اثربخشی ارزیابی جوشکار یا اپراتور جوشکاری خاتمه یابد، ارزیابی مجدد مورد نیاز است. جوشکار می‌تواند از ضخامت آزمایشی ۱۰ میلیمتر برای پذیرفته شدن در هر ضخامت جوش بزرگتر یا مساوی ۳ میلیمتر استفاده نماید.

۶-۲۵-۱-۴- استثناء- مردود شدن در آزمایش ارزیابی مجدد

هیچ آزمون مجدد فوری برای جوشکاری که در آزمایش مجدد مردود شده باشد مجاز نیست. آزمایش مجدد فقط پس از گذراندن دوره آموزشی و تمرین مطابق بند ۶-۲۵-۱-۲ مجاز است.

۶-۲۵-۲- ضوابط آزمایش مجدد خال‌جوشکاران

۶-۲۵-۲-۱- آزمایش مجدد بدون آموزش اضافی. در صورت عدم قبولی الزامات آزمایش، خال‌جوشکار می‌تواند یک‌بار بدون آموزش آزمون مجدد دهد.

۶-۲۵-۲-۲-آزمایش مجدد پس از تمرین و آموزش. آزمایش مجدد در صورتی‌که خال‌جوشکار تحت آموزش و تمرین قرار گرفته باشد می‌تواند انجام شود. آزمایش کامل باید انجام شود.

قسمت ت: ضوابط آزمایش ضربه شیاری[1] CVN

۶-۲۶- کلیات: آزمایش ضربه شارپی CVN

۶-۲۶-۱- کاربرد. ضوابط آزمایش ضربه و دستورالعمل‌های آزمایش در این قسمت در صورت درج در اسناد قرارداد و یا در صورتیکه براساس این آیین‌نامه (بندهای ۶-۲-۱-۳ و ۷-۱۸-۵(۳)(ت) ملاحظه شود) مورد نیاز باشد، باید انجام شود.

۶-۲۶-۱-۱- ترکیب دستورالعمل‌ها. به جز مواردی که در بند ۶-۲۶-۱-۲ مورد نیاز است، استفاده از ترکیب چند دستورالعمل که هر کدام با آزمایش ضربه ارزیابی شده‌اند، در یک اتصال بدون ارزیابی جدید مجاز است. دستورالعمل‌هایی که بدون آزمایش ضربه ارزیابی شده‌اند، مجاز به انجام آزمایش ضربه روی نمونه‌هایی که براساس متغیرهای اساسی دستورالعمل جوشکاری آماده شده است می‌باشد، سپس می‌تواند با دستورالعمل‌هایی که با آزمایش ضربه ارزیابی شده‌اند برای جوشکاری یک اتصال بصورت ترکیبی استفاده شود.

۶-۲۶-۱-۲- فرایند FCAW-S. در صورتی‌که فرایند جوشکاری غیر از FCAW-S برای رسوب دادن فلز جوش روی FCAW-S در یک اتصال واحد استفاده شود، مجموعه دیگری از آزمایش ضربه باید مطابق بند ۶-۲۸ انجام شود.

۶-۲۶-۲- استانداردهای آزمایش. نمونه‌های آزمایش ضربه CVN باید مطابق استانداردهای معتبر ملی یا بین‌المللی (ASTM A370 , ASTM E24 یا AWS B4.0) ماشین‌کاری و آزمایش شود.

۶-۲۶-۳- ضوابط آزمایش. در صورتیکه دستورالعمل‌های با پشتیبانی PQR همراه با آزمایش ضربه موردنیاز باشد، موارد زیر باید رعایت شود:

(۱) دستورالعمل باید با آزمایش‌های لازم شامل آزمایش ضربه ارزیابی شود، یا

(۲) اگر دستورالعمل براساس ضوابط فصل ۶ بدون پشتیبانی از نتایج آزمایش ضربه ارزیابی شده وجود داشته باشد، یک نمونه آزمایش باید براساس پارامترهای دستورالعمل شامل حرارت ورودی که از حرارت ورودی دستورالعمل موجود تجاوز نکند آماده شده و آزمونه‌های ضربه از ورق آزمایشی استخراج شده و آزمایش شود.

1- Toughness

اگر گزینه (۱) استفاده شود، دستورالعمل جدیدی برمبنای PQR در محدوده جداول ۶-۱، ۶-۲ و ۶-۵ بعلاوه متغیرهای اساسی تکمیلی PQR که برای آزمایش ضربه کاربرد دارند (جدول ۶-۷) باید نوشته شود، آزمونه‌های آزمایش ضربه باید از نمونه‌های آزمایش نشان داده شده در شکل‌های ۶-۵، ۶-۶ و ۶-۷ برای ورق و شکل‌های ۱۰-۱۴ و ۱۰-۱۵ برای مقاطع لوله و قوطی برداشته شود.

اگر گزینه (۲) استفاده شود، پارامترهای دستورالعمل موجود باید برای جوش و نمونه آزمایش استفاده شود و نباید از حرارت ورودی دستورالعمل موجود تجاوز نماید. نمونه باید ضوابط ارزیابی دستورالعمل (قسمت ب) را برآورده نماید به جز اینکه آزمونه کشش و خمش موردنیاز نخواهد بود. دستورالعمل اولیه باید برای مطابقت متغیرهای اساسی تکمیلی PQR که برای آزمایش ضربه کاربرد دارد (جدول ۶-۷) و متغیرهای اساسی PQR (جدول ۶-۵) بازنگری شود.

گزینه (۲) نباید برای دستورالعمل‌های پیش‌تایید شده اعمال شود.

۶-۲۷- آزمایش‌های ضربه شارپی CVN

۶-۲۷-۱- محل آزمونه‌ها. محل نمونه‌برداری آزمایش ضربه باید از خط مرکزی فلز جوش و در ناحیه متاثر از حرارت باشد.

مگر اینکه محل‌های جایگزین مشخص شده باشد، محل نمونه‌برداری آزمونه در منطقه مورد آزمایش و جزئیات اتصال مورد استفاده باید مطابق شکل ۶-۲۸ باشد.

۶-۲۷-۲- تعداد آزمونه‌ها. سه آزمونه آزمایش ضربه باید از هر نمونه آزمایش برداشته شود. یا به صورت دیگر، می‌توان ۵ آزمونه از هر نمونه آزمایش تهیه کرد اما بالاترین و پائین‌ترین نتیجه باید حذف شود.

۶-۲۷-۳- اندازه آزمونه‌ها. در صورتی‌که ضخامت نمونه آزمایشی بیشتر از ۱۱ میلیمتر باشد، اندازه آزمونه‌ها باید اندازه کامل (۱۰ در ۱۰ میلیمتر) باشد. در صورتیکه ضخامت نمونه آزمایشی کمتر از ۱۱ میلیمتر باشد یا اینکه هندسه نمونه اجازه تهیه آزمونه با اندازه کامل را ندهد، آزمونه‌های کوچکتر باید استفاده شود. در صورت استفاده از آزمونه‌های با اندازه کوچکتر برای ارزیابی آزمایش ضربه، باید براساس یکی از اندازه‌های استاندارد جدول ۶-۱۴ ساخته شود.

بزرگترین اندازه استاندارد ممکن برای آزمونه‌های کوچک باید از نمونه آزمایشی بریده و ماشین‌کاری شود.

۶-۲۷-۴- دستورالعمل تعیین محل شیار

آزمونه‌های آزمایش ضربه باید منطبق بر موارد زیر باشد:

(۱) آزمونه‌ها باید از قطعه آزمایشی در عمق مناسب مطابق شکل ۶-۲۸ ماشینکاری شود. آزمونه‌ها باید به اندازه کمی بزرگتر ساخته شوند که امکان قرارگیری دقیق شیار فراهم شود.

(۲) میله‌های آزمونه آزمایش ضربه با یک محلول حک کاری ملایم مثل نایتال ۵٪ باید حک کاری شود تا محل خط ذوب ناحیه متاثر از حرارت نمایان شود.

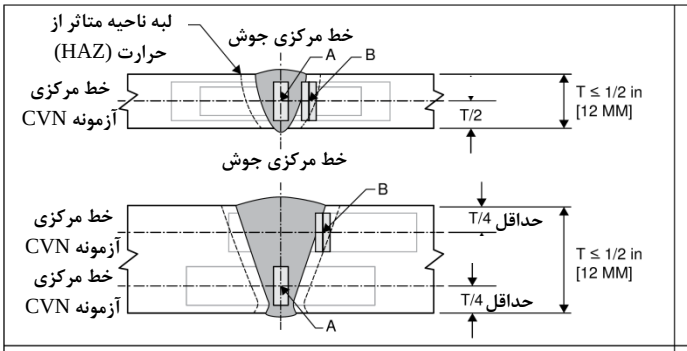
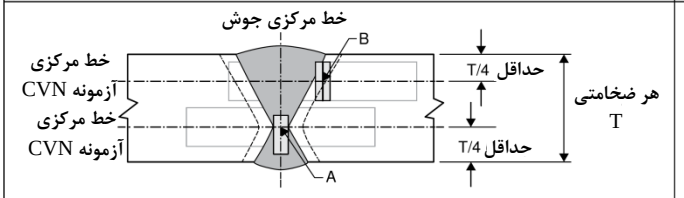
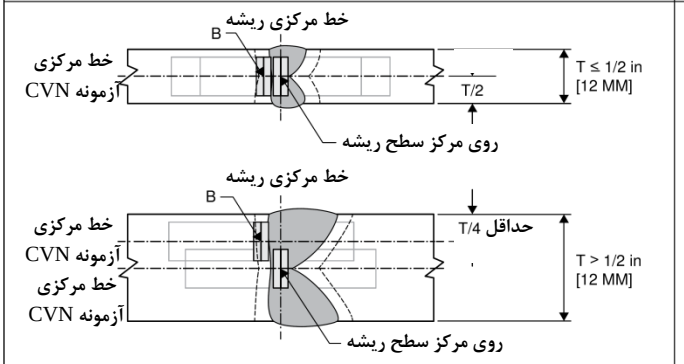
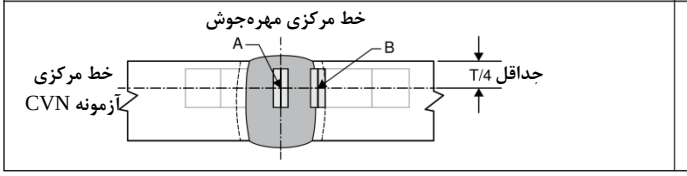
(۳) خط مرکزی طولی آزمونه‌ها باید بصورت عرضی با محور جوش قرار گیرد. شیار نمونه باید عمود بر سطح قطعه آزمایش باشد.

(۴) خط مرکزی شیار باید روی آزمونه‌ها مطابق شکل ۶-۲۸ برای هر نوع جوش در دست ارزیابی، جانمایی شود.

در صورت الزام ضوابط تعریف شده در بند ۶-۲۶-۱-۲، ممکن است آزمایش روی محل‌های جایگزین نشان داده شده در شکل ۶-۲۶، مورد نیاز باشد.

۶-۲۷-۵- دمای آزمایش ضربه

دمای آزمونه‌های آزمایشی ضربه باید مطابق شرایط ذکر شده در اسناد قرارداد باشد، به استثنای آزمونه‌های سایز کوچک، که دمای آزمایش باید مطابق بند ۶-۲۷-۶ اصلاح شود.

	شیاری جناغی یا لاله‌ای یک‌طرفه
	شیاری جناغی یا لاله‌ای دوطرفه
	شیاری نیم‌جناغی یا نیم‌لاله‌ای دوطرفه
	بی‌شکل (EGW/ESW)

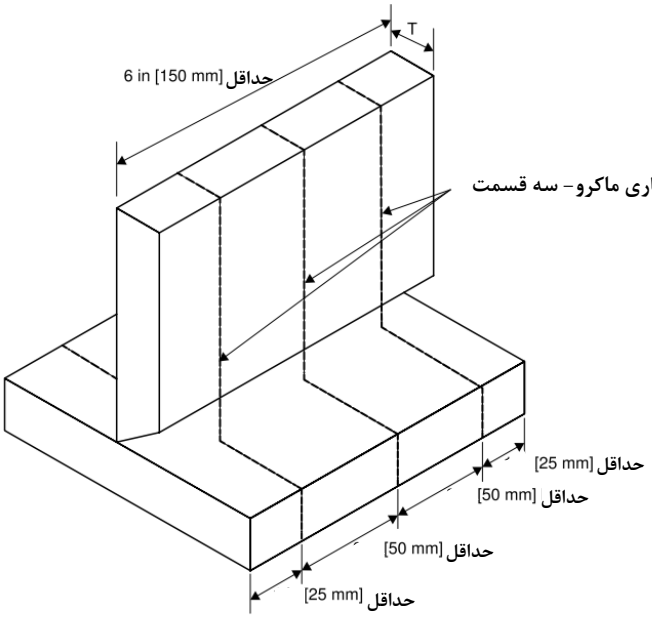
نکات:

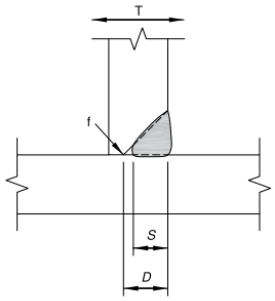
۱- A= موقعیت شیار را در جوش‌های شیاری جناغی و لاله‌ای و ساده، روی خط مرکز جوش قرار دهید. موقعیت شیار را در جوش‌های شیاری نیم‌جناغی و نیم‌لاله‌ای روی خط مرکز ریشه قرار دهید.

۲- B= موقعیت شیار را هنگامیکه آزمون ضربه در ناحیه متاثر از حرارت مدنظر است، در همان ناحیه قرار دهید.

۳- مهندس می‌تواند به جای موقعیت B، فاصله از خط ذوب را مشخص کند.

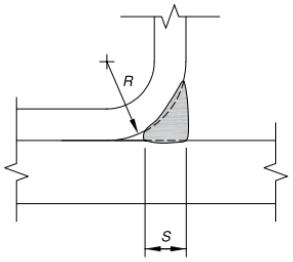
شکل ۶-۲۸- موقعیت آزمونه آزمایش ضربه (بند ۶-۲۷-۱ ملاحظه شود.)





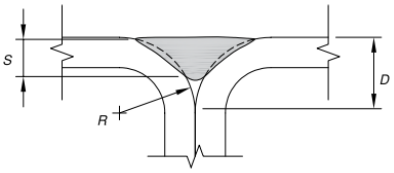
یادداشت:
۱- حداقل زاویه شیار ذکر شده در WPS
۲- حداقل فاصله ریشه (f) ذکر شده در WPS
۳- نوع شیار ممکن است متفاوت باشد.

الف) ارزیابی درز نفوذ نسبی (بند ۶-۱۲-۲)



یادداشت:
۱- حداکثر شعاع گوشه (R) ذکر شده در WPS

ب) ارزیابی درز شیاری نیم‌لبه‌گرد (بند ۶-۱۲-۴)

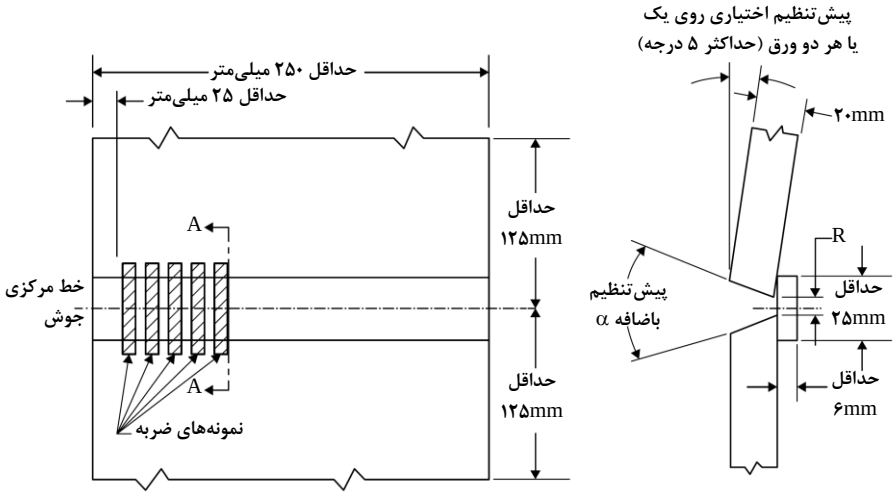


یادداشت:
۱- حداکثر شعاع گوشه (R) ذکر شده در WPS

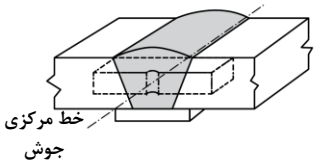
پ) ارزیابی درز شیاری جناغی لبه گرد

یادداشت: ۱- ضخامت (T)≤ حداکثر عمق شیار استفاده شده در ساخت (D)
لزومی ندارد اندازه (D) بزرگتر از ۲۵ میلی‌متر باشد.
۲- S اندازه جوش می‌باشد.

شکل ۶-۲۹- نمونه آزمایش حک‌کاری ماکرو برای تعیین اندازه جوش نفوذ نسبی PJP (بند ۶-۱۲-۲ یا ۶-۱۲-۴)



الف- ورق آزمون که در آن موقعیت نمونه‌های آزمون نشان داده شده است.

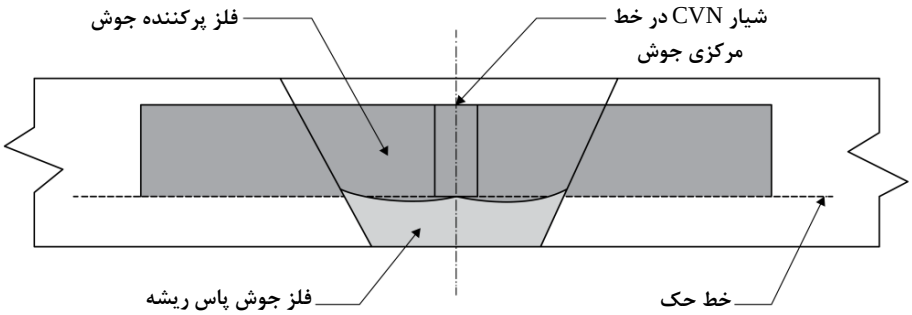


مقطع A-A

ب- جهت نمونه‌های ضربه

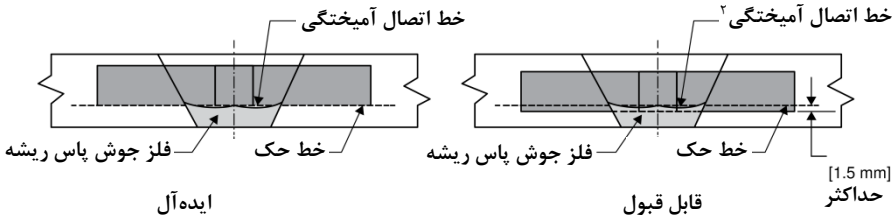
دهانه ریشه (R)	زاویه شیار (α)
۱۲ میلی‌متر	۴۵ درجه
۱۶ میلی‌متر	۲۰ درجه

شکل ۶-۳۰- جزئیات قطعه آزمایشی (بند ۶-۲۸-۲)

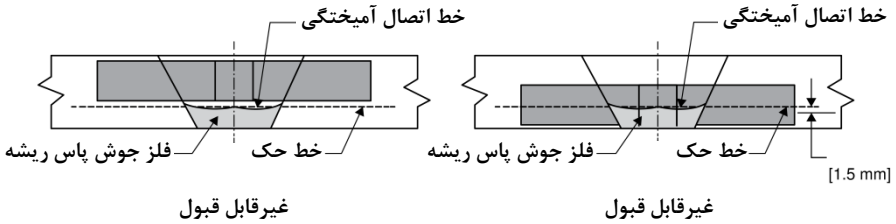


یادداشت: لبه آزمونه ضربه روی خط حک[1] قرار دارد.

شکل ۶-۳۱- محل خط حک مشترک (بند ۶-۲۸-۵ (۲))



یادداشت: محل آزمون ضربه در مقطع عرضی، شامل سطح آمیختگی با لبه پایین در ۱/۵ میلی‌متری خط حک



شکل ۶-۳۲- محل آزمونه آزمایش ضربه ترکیبی (بند ۶-۲۸-۵ (۳))

1- Scribe line
2- Intermix Interface

۶-۲۷-۶- استفاده از آزمونه‌های سایزکوچک[1]

۶-۲۷-۶-۱- ضخامت قطعه آزمایش[2] ۱۱ میلیمتر و بیشتر. در صورتیکه به دلیل هندسه، آزمونه‌های کوچک مورد نیاز باشد و زمانی‌که عرض آزمونه‌ها در محل شیار کمتر از ۸۰ درصد ضخامت فلز پایه است، دمای آزمایش باید مطابق جدول ۶-۱۴ کاهش یابد. اگر عرض آزمونه در محل شیار معادل ۸۰ درصد یا بیشتر نسبت به ضخامت فلز پایه باشد نیازی به کاهش دمای آزمایش نیست.

جدول ۶-۱۴- کاهش دمای آزمایش ضربه

کاهش دما	اندازه نمونه ضربه	
°C	mm	
0	10×10	
0	10×9	نمونه اندازه استاندارد
0	10×8	
3	10×7.5	اندازه ۳/۴
4	10×7	
6	10×6.7	اندازه ۲/۳
8	10×6	
11	10×5	اندازه ۱/۲
17	10×4	
19	10×3.3	اندازه ۱/۳
22	10×3	
28	10×2.5	اندازه ۱/۴

یادداشت:

(۱) شیار باید روی سطح نمونه آزمایش ضربه با ابعاد کمتر قرار گیرد.

(۲) میانیابی خطی برای ابعاد میانی مجاز است.

۶-۲۷-۶-۲- ضخامت قطعه آزمایش کمتر از ۱۱ میلیمتر. در صورت استفاده از آزمونه‌های کوچک‌تر به دلیل ضخامت قطعه آزمایش و اینکه عرض آزمونه در محل شیار کمتر از ۸۰ درصد ضخامت قطعه آزمایش باشد، دمای آزمایش باید به میزانی برابر با اختلاف ذکر شده در جدول ۶-۱۴ بین کاهش دمای مربوط به ضخامت قطعه آزمایش و کاهش دما مربوط به عرض آزمونه کاهش یابد.

در صورتی‌که عرض آزمونه در محل شیار ۸۰ درصد ضخامت قطعه یا بیشتر باشد، نیازی به کاهش دما نمی‌باشد.

1 - Sub-Size
2 - Test coupon

۶-۲۷-۷- شرایط پذیرش. میانگین انرژی و حداقل انرژی ضربه یک نمونه باید توسط طراح مطابق بندهای ۴-۳-۲ و ۱-۵-۱ تعیین شده باشد. کاهش حداقل انرژی ضربه قابل قبول برای نمونه‌های کوچک باید مطابق جدول ۶-۱۵ تعیین شود.

۶-۲۷-۸- آزمایش مجدد

در صورتی‌که ضوابط بند ۶-۲۷-۷ برآورده نشود، آزمایش مجدد می‌تواند انجام پذیرد. آزمایش مجدد شامل ۳ آزمونه آزمایش ضربه اضافی از همان قطعه آزمایشی که آزمونه‌هایش مردود شده است، می‌باشد. مقدار انرژی هر آزمونه باید حداقل شرایط پذیرش متوسط تعریف شده را مطابق بند ۶-۲۷-۷ برآورده نماید.

اگر به مقدار کافی قطعه آزمایش برای برداشتن ۳ آزمونه جدید وجود نداشته باشد، باید یک قطعه آزمایش کامل جدید آماده شده و همه آزمایش‌های غیرمخرب، مکانیکی و ضربه که مطابق قسمت ب این فصل مورد نیاز است، انجام شود.

جدول ۶-۱۵- معیار پذیرش آزمایش ضربه برای آزمونه های کوچک سایز

اندازه اصلی 10 × 10 mm		اندازه 3/4 10 × 7.5 mm		اندازه 2/3 10 × 6.7 mm		اندازه 1/2 10 × 5 mm		اندازه 1/3 10 × 3.3 mm		اندازه 1/4 10 × 2.5 mm	
Ft-lbf	[J]	Ft-lbf	[J]	Ft-lbf	[J]	Ft-lbf	[J]	Ft-lbf	[J]	Ft-lbf	[J]
40[a]	[54]	30	[41]	27	[37]	20	[27]	13	[18]	10	[14]
35	[48]	26	[35]	23	[31]	18	[24]	12	[16]	9	[12]
30	[41]	22	[30]	20	[27]	15	[20]	10	[14]	8	[11]
25	[34]	19	[26]	17	[23]	12	[16]	8	[11]	6	[8]
20	[27]	15	[20]	13	[18]	10	[14]	7	[10]	5	[7]
16	[22]	12	[16]	11	[15]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
15	[20]	11	[15]	10	[14]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
13	[18]	10	[14]	9	[12]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
12	[16]	9	[12]	8	[11]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
10	[14]	8	[11]	7	[10]	5	[7]	3	[4]	2	[3]
7	[10]	5	[7]	5	[7]	4	[5]	2	[3]	2	[3]

الف) جدول به محدوده 54J محدود شده است؛ بخاطر اینکه ارتباط بین اندازه نمونه‌ها و نتیجه آزمایش به صورت غیرخطی برای مقادیر بزرگتر گزارش شده است.

یادداشت:

۱- میانیابی خطی برای ابعاد میانی مجاز است.

۶-۲۸- ترکیب فرایند FCAW-S با سایر فرایندهای جوشکاری در یک اتصال

در این بخش مجموعه روش‌های آزمایشی برای تعیین مناسب بودن ترکیب فرایند FCAW-S با سایر فرایندهای جوشکاری در یک اتصال ارائه می‌شود.

۶-۲۸-۱- متغیرهای فلز پرکننده

متغیرهای اساسی فلز پرکننده برای آزمایش ضربه مختلط باید مطابق جدول ۶-۱۶ باشد. تغییر این متغیرهای اساسی نیاز به آزمایش اضافی دارد.

۶-۲۸-۲- جزئیات قطعه آزمایش

یک قطعه آزمایش از جنس فولاد کربنی A36، A572 Gr50 یا A992 برای ارزیابی فلز پرکننده رده E70 ترکیبی و جنس فولاد A572 Gr65 یا A913 Gr65 باید برای ارزیابی فلز پرکننده رده E80 ترکیبی استفاده شود. برای فلز پرکننده E90 ترکیبی هم از فلز A913Gr70 استفاده می‌شود. ورق آزمایش باید با ضخامت ۲۰ میلیمتر با دهانه ریشه ۱۶ میلیمتر با زاویه شیار ۲۰ درجه یا دهانه ریشه ۱۲ میلیمتر با زاویه شیار ۴۵ درجه باشد. ورق آزمایش و آزمونه‌ها باید مطابق شکل ۶-۳۰ باشد. از طرفی، ممکن است از یک ورق آزمایش PQR استفاده شود که در آن آزمونه‌های آزمایش ضربه از ناحیه مخلوط برداشته شده باشد. صرف‌نظر از روش آزمایش مورد استفاده، آزمایش باید نشان دهنده این باشد که معیارهای پذیرش بند ۶-۲۸ برآورده شده است.

جدول ۶-۱۶- متغیرهای اساسی فلز پرکننده – عبور ریشه فرایند FCAW-S با سایر فرایندهای جوشکاری

	عبور ریشه	عبور میانی					
	FCAW-S	FCAW-S	FCAW-G	SMAW	GMAW	SAW	دیگر موارد
طبقه‌بندی AWS	X		X	X	X	X	X
سازنده	X		X	X		X	X
نام تجاری و برند سازنده	X		X	X		X	X
قطر			X	X	X	X	X

۶-۲۸-۳- جوشکاری قطعه آزمایش

ترتیب و توالی اعمال فلز جوش باید مطابق رویه‌ای که در تولید استفاده می‌شود باشد. فلز اول رسوب شده به عنوان ماده ریشه و فلز جوش بعدی آن به عنوان مواد پرکننده میانی شناخته می‌شود. تقریباً یک سوم ضخامت اتصال باید با فلز ریشه و بقیه با فلز پرکننده جوشکاری شود.

۶-۲۸-۴- آزمونه‌های موردنیاز

۵ یا ۱۰ آزمونه ضربه بسته به تعداد آزمایش باید از قطعه آزمایش ساخته شود، آزمونه‌های ضربه باید مطابق AWS B4.0 آماده‌سازی شود.

۶-۲۸-۵- محل نمونه‌برداری آزمونه‌های ضربه

میله آزمایش ضربه باید مطابق شرایط زیر جانمایی شود:

(۱) آزمونه‌های عرضی که قرار است میله‌های آزمایش ضربه از آن‌ها ماشین‌کاری شود، باید حک کاری شوند تا سطح مقطع جوش مشخص شود.

(۲) یک خط باید روی سطح مقطع حک شده در فصل مشترک دو فرایند جوشکاری کشیده شود. (شکل ۶-۳۱)

(۳) آزمونه ضربه باید از اولین فلز رسوب داده شده جوش با فرایند دوم گرفته شود. محل فصل مشترک باید در آزمونه قرار گیرد که لبه آزمونه در فاصله ۱/۵ میلیمتر از فصل مشترک باشد (شکل ۶-۳۲).

۶-۲۸- شرایط پذیرش. بیشترین و کمترین مقدار نتیجه بدست آمده از ۵ نمونه باید حذف شود. در نهایت دو نمونه از سه نتیجه باقیمانده باید معادل یا بیشتر از حداقل انرژی جذب شده مشخص شده در دمای آزمایش باشد. یکی از نتایج می‌تواند تا ۷ ژول از حداقل انرژی مورد نیاز پائین‌تر باشد، اما میانگین سه نتیجه نباید کمتر از حداقل انرژی جذب شده مورد نیاز باشد.

۶-۲۹- گزارش

همه نتایج آزمایش ضربه شامل سه نمونه یا ۵ نمونه و نمونه‌های آزمون مجدد باید در PQR گزارش شود. اگر آزمایش ضربه برای دستورالعمل ارزیابی شده مطابق قسمت ب این فصل، تهیه شده باشد باید PQR مربوطه اصلاح شود.

قسمت ث: ضوابط ارزیابی بازرس‌ها*

۶-۳۰- کلیات

۶-۳۰-۱- ارزیابی صلاحیت بازرسین

الف) بازرسین مسئول تایید یا رد مصالح و اجرا باید مورد ارزیابی و تشخیص صلاحیت قرار گیرند. مبانی ارزیابی بازرسین باید مستند شود.

ب) ارزیابی بازرسین باید برمبنای «آیین‌نامه ملی ارزیابی بازرسین» انجام شود. در نبود آیین‌نامه ملی، می‌توان از آیین‌نامه‌های بین‌المللی یا معتبر استفاده نمود[۱].

پ) مهندسین یا تکنسین‌هایی که به واسطه تمرین یا تجربه و یا ترکیبی از آن دو، در زمینه بازرسی ساخت و انجام و تفسیر آزمایش‌های ارزیابی، دارای صلاحیت باشند، با تایید نماینده کارفرما یا مقام قانونی مسئول، می‌توانند به عنوان بازرس جوش انجام وظیفه نمایند.

ت) بازرسین جوش می‌توانند چند کمک بازرس داشته باشد که تحت نظارت وی در امر بازرسی عمل می‌نمایند. کمک بازرسین باید با تمرین و کسب تجربه در اموری که به آن‌ها محول می‌شود، صلاحیت عملی کسب نمایند. عملکرد کمک بازرسین باید توسط بازرس به طور منظم مورد ارزیابی قرار گیرد.

ث) بازرس و کمک بازرس باید تحت معاینه چشم قرار گیرند، به طوری که با یا بدون استفاده از عینک، قدرت دید نزدیک در فاصله ۳۰۰ میلی‌متر و قدرت دید دور در حد 20/40 را دارا باشند. گواهی معاینه چشم باید هر سه سال یکبار (یا کمتر در صورت اعلام نیاز توسط نماینده کارفرما) تکرار شود و در صورت درخواست قابل ارائه باشد. ارزیابی قدرت بینایی مطابق الزامات استاندارد ملی ایران به شماره 18490 انجام شود.

۶-۳۰-۲- وظایف بازرس

وظایف بازرس مطابق فصل ۸ این آیین‌نامه می‌باشد.

۱- معیارهای ارزیابی قابل قبول به شرح زیر هستند:

- AWS B5.1: Specification for the Qualification of welding inspectors.
- AWS QC1: Standard for AWS certification of welding inspectors.
- Standard W178:2:Certification of Welding Inspectors- Canadian standard association.

* ضوابط این قسمت براساس استاندارد انجمنی IWNT 52.1 و به صورت پیشنهادی و غیرالزام‌آور می‌باشد و در نبود آیین‌نامه ملی ارزیابی بازرسین، قابل استفاده است.

۶-۳۰-۳- ارزیابی و تعیین صلاحیت پرسنل آزمایش‌های غیرمخرب

الف) ارزیابی پرسنل مسئول انجام آزمایش‌های غیرمخرب، به غیر از بازرسی‌های چشمی، باید منطبق بر مفاد آیین‌نامه ملی باشد. در نبود آیین‌نامه‌های ملی، می‌توان از آیین‌نامه‌های بین‌المللی معتبر استفاده نمود[1].

ب) اشخاصی مجاز به انجام آزمایش‌های غیرمخرب هستند که توسط یک موسسه معتبر ایرانی یا دارای نمایندگی در ایران، در پایه دو صلاحیت آزمون‌های غیرمخرب، ارزیابی و تعیین صلاحیت شده باشند. اشخاصی که در پایه یک ارزیابی شده باشند، فقط می‌توانند زیرنظر یک کارشناس پایه دو به آزمایش بپردازند. در موسسه مورد اشاره، ارزیابی افراد در پایه یک و دو باید توسط فردی از پایه سه انجام شود. افراد پایه سه باید تحت نظر انجمن آزمایش‌های غیرمخرب ارزیابی شوند یا دارای تحصیلات عالیه در این زمینه باشند.

۶-۳۱- بازرس جوش

۶-۳۱-۱- کلیات

تایید صلاحیت و گواهی کردن بازرس جوش باید برمبنای آیین‌نامه ملی ارزیابی بازرسین یا آیین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی انجام پذیرد. در این راستا تحصیلات، تجربه، قبولی در آزمون کتبی، اثبات توانایی‌ها و داشتن مدرک سلامت بینایی برای داوطلبان بازرسی جوشی باید مورد ارزیابی قرار گیرد.

۶-۳۱-۲- سطوح تایید صلاحیت بازرسین جوش

سه سطح تعریف شده برای تایید صلاحیت بازرس جوش به شرح زیر تعریف شده است.

۱- بازرس جوش سطح ۱ یا کمک بازرس جوش

۲- بازرس جوش سطح ۲ یا بازرس جوش گواهی شده

۳- بازرس جوش سطح ۳ یا بازرس ارشد جوش گواهی شده

۱- معیارهای ارزیابی قابل قبول به شرح زیر است:

- Personnel Qualification and certification nondestructive testing (ASNT-SNT-TC-1A)
- Standard for the qualification and certification of nondestructive testing personnel (ANSI/ASNT CP-189)
- ISO 9712-Non-destructive testing- Qualification and certification of NDT personnel.

۶-۳۱-۳- توانایی‌های بازرسین جوش

۶-۳۱-۳-۱- بازرس جوش سطح ۱

بازرس جوش سطح ۱ باید قادر به انجام بازرسی‌ها تحت نظارت فعال یک بازرس جوش یا بازرس جوش ارشد باشد. مسئولیت انطباق قطعات جوش داده شده با روش اجرا و معیارهای پذیرش به عهده بازرسی ارشد و بازرس جوش می‌باشد.

۶-۳۱-۳-۲-بازرس جوش سطح ۲

بازرس جوش سطح ۲ باید قادر به انجام موارد زیر باشد:

- انجام بازرسی‌ها مطابق با دستورالعمل‌های کاربردی.
- نظارت بر بازرسین جوش سطح ۱ و ارائه آموزش به آنها.
- انجام ممیزی تامین کنندگان مواد یا خدمات‌دهندگان به پروژه.

بازرس جوش باید نسبت به اتمام کارها و نگهداری سوابق مربوطه اطمینان حاصل کند و همچنین مطمئن شود کارهای انجام شده با الزامات استانداردهای کاربردی یا دیگر مدارک قراردادی انطباق دارند.

۶-۳۱-۳-۳- بازرس جوش سطح ۳

بازرس جوش سطح ۳ باید قادر به انجام موارد زیر باشد:

- انجام بازرسی‌ها
- هماهنگی و نظارت بر بازرسین جوش سطح ۱ و ۲
- نوشتن مشخصات دستورالعمل جوشکاری WPS
- بازبینی و تفسیر دستورالعمل‌های جوشکاری

جدول ۶-۱۷- توانایی‌های بازرسان جوش براساس سطح تایید صلاحیت شده

دانش و مهارت‌ها	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳
۱- آماده کردن گزارش‌های بازرسی	X	X	X
۲- برقراری ارتباط شفاهی و کتبی موثر	X	X	X
۳- داشتن دانش اصول فرایندهای SMAW، SAW، OFW، RW، GTAW، FCAW، GMAW، SW، PAW، پاشش حرارتی، لحیم‌کاری نرم و لحیم‌کاری سخت، برشکاری مکانیکی، برشکاری/شیارزنی حرارتی.	X	X	X
۴- داشتن دانش اصول آزمایش‌های غیرمخرب شامل VT، MT، UT، PT، RT، LT، داشتن دانش اصول دستورالعمل‌های کیفیت و ممیزی‌های کیفیت	X	X	X
۵- داشتن دانش اصول متالورژی جوش		X	X
۶- داشتن دانش نمادها و نقشه‌های جوشکاری	X	X	X
۷- تفسیر نقشه‌ها		X	X
استانداردها	**سطح ۱**	**سطح ۲**	**سطح ۳**
۱- تصدیق انطباق فلزات پایه	X	X	X
۲- تصدیق انطباق فلزات پرکننده	X	X	X
۳- تصدیق انطباق نحوه انبارش و جابجایی فلز پرکننده	X	X	X
۴- تصدیق انطباق سوابق بازرسی	X	X	X
۵- تصدیق انطباق مستندسازی مناسب	X	X	X
۶- تصدیق سازگاری فلز پایه و فلز پرکننده		X	X
۷- تصدیق انطباق نتایج مستند شده		X	X
۸- تصدیق انطباق سوابق تایید دستورالعمل جوشکاری (PQR)		X	X
۹- تصدیق انطباق مشخصات دستورالعمل جوشکاری (WPS)		X	X
۱۰- تصدیق انطباق دستورالعمل‌های NDT		X	X
تایید دستورالعمل جوشکاری	**سطح ۱**	**سطح ۲**	**سطح ۳**
تصدیق تناسب تجهیزات جوشکاری	X	X	X
تصدیق انطباق آماده‌سازی لبه‌ها	X	X	X
تصدیق انطباق طرح اتصال	X	X	X
مشاهده مراحل مرتبط با تایید دستورالعمل جوشکاری		X	X
تصدیق انطباق تایید دستورالعمل جوشکاری		X	X
بازنگری دستورالعمل‌های جوشکاری برای انطباق با کد و الزامات قراردادی		X	X
نوشتن دستورالعمل‌های جوشکاری			X
تایید صلاحیت جوشکاران	**سطح ۱**	**سطح ۲**	**سطح ۳**
۱- نظارت برآزمون تایید صلاحیت جوشکار		X	X
۲- تصدیق انطباق آزمون تایید صلاحیت جوشکار		X	X
۳- تصدیق انطباق سوابق تایید صلاحیت جوشکار		X	X
۴- درخواست تایید صلاحیت مجدد جوشکار		X	X

تولید	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳
۱- تصدیق تناسب تایید صلاحیت جوشکار		X	X
۲- تصدیق انطباق جوشکاری تولیدی		X	X
۳- تصدیق تایید صلاحیت‌های کارکنان تولید		X	X
بازرسی	**سطح ۱**	**سطح ۲**	**سطح ۳**
۱- انجام بازرسی‌های چشمی	X	X	X
۲- تصدیق انطباق دستورالعمل بازرسی		X	X
۳- بازنگری انطباق نتایج بازرسی		X	X
۴- تهیه دستورالعمل‌های بازرسی چشمی (قبل، حین و پس از جوشکاری)		X	X
۵- طرح‌ریزی و زمان‌بندی NDT (قبل، حین و پس از یک پروژه ساخت/ تعمیرات/ بازسازی)		X	X
۶- بازنگری گزارش‌های بازرسی چشمی		X	X
۷- تصدیق انجام روش‌های ارزیابی غیرمخرب و مخرب		X	X
۸- آماده کردن الزامات بازرسی چشمی			X
۹- آماده کردن الزامات NDT			X
۱۰- بررسی اختلاف‌نظرها در مورد بازرسی کیفیت و ارائه گزارش			X
۱۱- آماده کردن الزامات آزمایش مخرب			X
ایمنی	**سطح ۱**	**سطح ۲**	**سطح ۳**
۱- آگاهی نسبت به الزامات ایمنی قابل کاربرد	X	X	X
تضمین کیفیت	**سطح ۱**	**سطح ۲**	**سطح ۳**
۱- انجام ممیزی‌ها و نظارت		X	X
۲- استقرار طرح‌های تضمین کیفیت بازرسی جوش		X	X
۳- آماده‌سازی طرح‌های تضمین کیفیت بازرسی جوش			X
۴- آماده کردن الزامات کنترل فلزات پایه			X
۵- آماده کردن الزامات کنترل مواد مصرفی جوشکاری			X
۶- آماده کردن طرح‌های ممیزی و نظارتی			X
۷- آماده کردن الزامات کنترل مستندات			X
مدیریت پروژه	**سطح ۱**	**سطح ۲**	**سطح ۳**
۱- بازنگری الزامات قراردادی		X	X
۲- بازنگری انطباق پیشنهاد فروشنده		X	X
۳- آماده‌سازی مشخصات پیشنهادی بازرسی جوش			X
۴- آماده‌سازی مشخصات خرید			X
۵- تعیین ظرفیت و توانایی فروشنده			X
۶- انتخاب فروشنده			X

آموزش	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳
۱- توسعه و ایجاد یک برنامه آموزشی برای سطح ۱		X	X
۲- توسعه آموزش بازرسی چشمی		X	X
۳- تصدیق اجرای آموزش بازرسی چشمی		X	X
۴- توسعه و ایجاد یک برنامه آموزشی برای سطح ۲			X
۵- رهبری فنی برای بازرسان جوش تحت آموزش			X
۶- تصدیق استقرار آموزش تضمین کیفیت			X
۷- راهنمایی و هدایت بازرسان برای نگهداری و ارتقاء دادن تایید صلاحیت‌های فردی			X
ارزیابی	**سطح ۱**	**سطح ۲**	**سطح ۳**
۱- ارزیابی عملکرد سطح ۱		X	X
۲- ارزیابی عملکرد سطح ۲			X
۳- تحلیل روند نتایج بازرسی			X

۶-۳۱-۴- الزامات تحصیلی و تجربه

۶-۳۱-۴-۱- بازرس جوش سطح ۱

بازرس جوش سطح ۱:

(۱) باید حداقل فارغ‌التحصیل دوره متوسطه یا دارای مدرک تایید شده معادل دیپلم باشد.

(۲) باید حداقل دارای دوسال تجربه در یک کار حرفه‌ای با ارتباط مستقیم با قطعات جوشی بوده و در یک یا چند حوزه فهرست شده در بند ۶-۳۱-۳-۵ تجربه کاری داشته باشد.

(۳) هر یک از حالت‌های زیر می‌توانند جایگزین بند (۲) شوند.

- دو سال تحصیل پس از دیپلم دوره متوسطه در یک رشته تحصیلی جوشکاری داشته باشد (بدون نیاز به تجربه)، یا دو سال تحصیل پس از دیپلم دوره متوسطه در زمینه فن‌آوری مهندسی یا علوم پایه و حداقل شش ماه تجربه در هر کدام از کارهای جوشکاری که در بند ۶-۳۱-۳-۵ تعریف شده است.
- گذراندن دوره‌های آموزشی تخصصی جوشکاری با حداقل مدت زمان آموزش ۸ ساعت به نحوی که حداقل ۹۰ درصد موضوعات تعیین شده برای سطح ۱ بازرسی جوش، پوشش داده شده باشد و حداقل یک ماه تجربه (توصیه شده) در هر کدام از کارهای جوشکاری که در بند ۶-۳۱-۳-۵ تعریف شده است.

۶-۳۱-۴-۲- بازرس جوش سطح ۲

بازرس جوش سطح ۲:

(۱) باید حداقل فارغ التحصیل دوره متوسطه دبیرستان یا دارای مدرک تایید شده معادل دیپلم باشد.

(۲) باید حداقل دارای پنج سال تجربه در یک کار حرفه‌ای با ارتباط مستقیم با قطعات جوشی بوده و در یک یا چند حوزه فهرست شده در بند ۶-۳۱-۳-۵ تجربه کاری داشته باشد.

(۳) هر یک از حالت‌های زیر می‌توانند در کاهش میزان تجربه، جایگزین بند (۲) شوند.

الف- امتیازی که برای کاهش میزان تجربه برای مدارک تحصیلی پس از دبیرستان داده می‌شود. به صورت زیر است:

- **مدرک تحصیلی دانشگاهی در زمینه فن‌آوری / مهندسی جوشکاری:** فوق‌دیپلم تا دو سال، لیسانس تا سه سال، فوق‌لیسانس یا بالاتر تا چهار سال کاهش در تجربه مورد نیاز.
- **مدرک تحصیلی دانشگاهی در زمینه غیرجوشکاری (فن‌آوری / مهندسی یا علوم پایه):** فوق‌دیپلم تا یک سال، لیسانس تا دو سال، فوق‌لیسانس یا بالاتر تا سه سال کاهش.
- **دوره‌های آموزشی مهندسی و دوره‌های فنی حرفه‌ای:** حداکثر دو سال کاهش، و فقط برای دوره‌هایی است که به طور موفقیت‌آمیز در یک برنامه تحصیلی به پایان رسیده باشد.

یادآوری- «دوره‌ها در یک برنامه تحصیلی» به این معنی است که دوره‌ها در محدوده برنامه‌ای قرار داشته باشند که هدف آن ارائه یک پایه، دیپلم یا گواهینامه با کاربری در زمینه جوشکاری باشد. «دوره‌های با موفقیت به پایان رسیده» به معنی یک نیمسال تحصیلی تمام شده همراه با امتیاز در آن دوره می‌باشد.

ب- گذراندن دوره‌های آموزشی تخصصی جوشکاری با حداقل مدت زمان آموزش ۲۴ ساعت به نحوی که حداقل ۹۰ درصد موضوعات تعیین شده برای سطح ۲ بازرسی جوش پوشش داده شده باشد و داشتن حداقل سه ماه تجربه در هر کدام از کارهای جوشکاری که در بند ۶-۳۱-۳-۵ تعریف شده است.

۶-۳۱-۴-۳- بازرس جوش سطح ۳

بازرس جوش سطح ۳:

(۱) باید حداقل فارغ‌التحصیل دوره متوسطه یا دارای مدرک تایید شده معادل دیپلم باشد.

(۲) باید دارای حداقل ۱۵ سال تجربه در یک کار حرفه‌ای با ارتباط مستقیم با قطعات جوشی بوده و در سه یا بیشتر از سه حوزه فهرست شده در بند ۶-۳۱-۳-۵ تجربه کاری داشته باشد.

(۳) مواردی به شرح زیر می‌تواند در کاهش میزان تجربه، جایگزین بند (۲) شود.

امتیازی که برای کاهش میزان تجربه برای مدارک تحصیلی پس از دبیرستان داده می‌شود، به صورت زیر است:

- **مدرک تحصیلی در زمینه فن‌آوری / مهندسی جوشکاری:** فوق‌دیپلم تا دو سال، لیسانس تا سه سال، فوق‌لیسانس یا بالاتر تا چهار سال کاهش در تجربه مورد نیاز.

- **مدرک تحصیلی در زمینه غیرجوشکاری (فن‌آوری / مهندسی یا علوم پایه):** فوق‌دیپلم تا یک سال، لیسانس تا دو سال، فوق‌لیسانس یا بالاتر تا سه سال کاهش.
- **دوره‌های آموزشی مهندسی و دوره‌های فنی حرفه‌ای**

حداکثر دو سال کاهش، و فقط برای دوره‌هایی است که به طور موفقیت‌آمیز در یک برنامه تحصیلی به پایان رسیده باشد.

یادآوری- «دوره‌ها در یک برنامه تحصیلی» به این معنی است که دوره‌ها در محدوده برنامه‌ای قرار داشته باشند که هدف آن ارائه یک پایه، دیپلم یا گواهینامه با کاربری در زمینه جوشکاری باشد. «دوره‌های با موفقیت به پایان رسیده» به معنی یک نیمسال تحصیلی تمام شده همراه با امتیازدر آن دوره می‌باشد.

(۴) باید به عنوان بازرس جوش سطح ۲ یا سطح معادل آن، حداقل به مدت سه سال تایید صلاحیت و گواهی شده باشد.

سه سال تایید صلاحیت مورد نیاز به عنوان بازرس جوش سطح ۲ یا سطح معادل آن، مندرج در بند (۴) برای دارندگان مدرک لیسانس و بالاتر در رشته‌های فن‌آوری / مهندسی یا علوم پایه به یک سال و برای دارندگان مدرک فوق‌دیپلم مرتبط با فن‌آوری / مهندسی یا علوم پایه به دو سال کاهش پیدا خواهد کرد.

۶-۳۱-۴-۴-مدارک

داوطلبان باید مدارک تحصیلی، آموزشی و تجربه کاری را ارائه دهند. توصیه می‌شود تجربه ادعا شده توسط داوطلبان به وسیله یک نامه با سربرگ موسسه/سازمان/شرکت/نهاد از صاحبان کار کنون و قبلی که نشان دهنده نام داوطلبان، شماره ملی، شماره تامین اجتماعی (اختیاری)، عنوان‌های شغلی، تاریخ شروع و پایان، نام شرکت، نشانی و شماره تلفن شرکت، نام و عنوان شخص تاییدکننده نامه باشد، مستند شود.

۶-۳۱-۴-۵-زمینه تجربه

(۱) تجربه در تهیه دستورالعمل‌ها، الزامات بازرسی، معیارهای پذیرش و مشخصات برای قطعات جوشی.

(۲) تجربه در طرح‌ریزی، کنترل و استفاده از فلزات پایه و فلزات پرکننده در آماده‌سازی و تکمیل محصول جوشکاری شده.

(۳) تجربه به عنوان جوشکار یا مونتاژکار در ساخت یا نصب.

(۴) تجربه در آشکارسازی و اندازه‌گیری ناپیوستگی‌های جوش به وسیله بازرسی چشمی یا دیگر روش‌های آزمایش‌های غیرمخرب مطابق با دستورالعمل کتبی.

(۵) تجربه در طرح‌ریزی، کنترل و استفاده از جوشکاری تعمیری.

(۶) تجربه در آماده‌سازی دستورالعمل‌های کتبی برای جوشکاری، ارزیابی غیرمخرب قطعات جوشی یا آزمایش‌های مخرب قطعات جوشی.

(۷) تجربه در تایید صلاحیت جوشکاران یا تایید دستورالعمل‌های جوشکاری مطابق با کدها، استانداردها و مشخصات فنی مختلف.

(۸) تجربه استفاده از کدها، استانداردها یا مشخصات فنی مرتبط با جوشکاری.

(۹) تجربه در فنون عملیاتی و فعالیت‌های مورد استفاده در برآورده ساختن الزامات کنترل/تضمین کیفیت قطعات جوشی.

(۱۰) تجربه در تدریس مهارت حرفه‌ای جوشکاری یا موضوعات مرتبط با جوشکاری شامل کاربرد آن‌ها، کنترل، مواد و فرایندها.

۶-۳۱-۵- گواهینامه

گواهینامه می‌تواند به مدت حداکثر پنج سال معتبر باشد مگر اینکه به دلایل نقض مقررات اخلاقی مشمول تعلیق شده و گواهینامه توسط مرجع رسمی صادر کننده ابطال یا مشروط شده باشد. گواهینامه باید دارای تاریخ صدور و انقضا باشد.

۶-۳۱-۶- ارتقاء از بازرسی سطح ۱ به بازرسی جوش سطح ۲

متقاضیانی که نمرات آنها در هر بخش از امتحان کتبی را برآورده کرده اما شرایط تجربه کاری را برآورده نمی‌کند، می‌توانند پس از برآورده شدن شرایط تجربه درخواست ارتقاء به سطح بازرسی جوش سطح ۲ را نمایند. مدت اعتبار گواهینامه بازرس جوش سطح ۲ برای افرادی که مطابق این بند ارتقاء داده‌اند نباید از دوره اصلی گواهینامه بازرسی جوش سطح ۱ تجاوز کند.

ارتقاء از سطح ۲ به سطح ۳ بدون برآورده شدن تمامی الزامات آزمون و الزامات تحصیلی و تجربه قابل انجام نیست.

۶-۳۱-۷- تمدید گواهینامه

(۱) گواهینامه بازرسی جوش سطح ۱ فقط برای یک دوره ۳ سال صادر شده و قابل تمدید نیست.

(۲) گواهینامه از اولین روز ماه بعد از تاریخ آزمون معتبر خواهد بود. در همان ماه و روز پنج سال بعد گواهینامه منقضی می‌شود.

(۳) بازرس جوش سطح ۲ و ۳ برای تمدید گواهینامه باید نشان دهد که عدم فعالیت مداوم کار بیش از دو سال در فعالیت‌های بازرسی وجود ندارد. در غیر اینصورت باید آزمون عملی بازرسی جوش سطح ۲ مجدداً انجام پذیرد.

(۴) تمدید دوره گواهینامه سطح ۲ و ۳ به دو دوره متوالی پنج ساله محدود می‌شود. قبل از پایان دوره پنج ساله سوم، بازرسی جوش سطح ۲ و ۳ موظف هستند مطابق ضوابط بند (۵) مجدداً تایید شوند.

(۵) قبل از پایان سال پانزدهم از تاریخ صدور گواهینامه اولیه و هر پانزده سال پس از آن، بازرس جوش سطح ۲ و ۳ باید برای صدور گواهینامه مجدد شرایط زیر را برآورده نمایند.

الف- تجدید گواهینامه بازرس جوش سطح ۳ با آزمون کتبی برای بازرس سطح ۳ و آزمون عملی برای بازرس سطح ۲ یا با تایید کمیته صدور گواهینامه مرجع صدور گواهینامه انجام می‌شود، یا

ب- تجدید گواهینامه باتجربه و ادامه تحصیل. بازرسی سطح ۲ و ۳ باید هیچ دوره عدم فعالیت بیش از ۲ سال در طول دوره گواهینامه قبلی نداشته و باید شواهدی مبنی بر انجام فعالیت آموزشی و تدریس و کسب امتیاز موردنیاز مطابق‌نظر مرجع رسمی صادرکننده گواهینامه ارائه نماید.

فصل ۷

ضوابط اجرایی

۷-۱- گستره

این بخش شامل الزامات مربوط به ساخت و نصب قطعات و سازه‌های جوشی که با استفاده از روش‌های جوشکاری مورد قبول این آیین‌نامه تولید می‌شوند، می‌باشد.

۷-۲- فلز پایه

۷-۲-۱- فلز پایه مقرر

مشخصات فنی و طبقه‌بندی فلز پایه مورد استفاده باید در اسناد پیمان مشخص شود. تا حد امکان باید از فلز پایه مورد تایید در جداول ۵-۳ یا ۶-۹ برای جوشکاری سازه‌های فولادی استفاده شود.

۷-۲-۲- فلز پایه برای ناودان انتهای جوش[1]، پشت‌بند[2] و فاصله‌انداز جوش[3]

۷-۲-۲-۱- ناودان انتهای جوش مورد استفاده برای مصالح فولادی فهرست شده در جداول ۵-۳ یا ۶-۹، می‌تواند هر کدام از مصالح معرفی شده در جداول مذکور باشد.

۷-۲-۲-۲- فلز مورد استفاده در پشت‌بند جوش باید از جداول ۵-۳ یا ۶-۹ یا تسمه فولادی نورد سرد شده با حداکثر ۰/۲۵ درصد کربن[4] استفاده شود، به استثنای اینکه برای مصالح فولادی با مقاومت تسلیم ۶۹۰ مگاپاسکال باید از پشت‌بند با مقاومت مشابه استفاده شود.

۷-۲-۲-۳- فلز مورد استفاده در قطعه فاصله‌انداز باید مشابه مصالح مصرفی فلز پایه باشد.

1- Weld Tab
2- Backing
3- Spacer
4- e.g. ASTM A109 T3 or T4

۷-۳- الزامات مواد مصرفی و الکترود جوشکاری

۷-۳-۱- کلیات

۷-۳-۱-۱- با درخواست مهندس ناظر، پیمانکار باید گواهینامه تایید کیفیت الکترود یا سیم جوش و پودر مصرفی کارخانه را مطابق با الزامات مربوطه ارائه نماید.

۷-۳-۱-۲- رده و اندازه الکترود، طول قوس، ولتاژ و آمپراژ باید متناسب با ضخامت فلز پایه، نوع شیار، وضعیت جوشکاری و سایر شرایط کاری باشد. شدت جریان جوشکاری باید در محدوده پیشنهاد شده سازنده الکترود باشد.

۷-۳-۱-۳- گاز یا ترکیب گاز محافظ باید با الزامات بند ۵-۵ مطابقت داشته باشد. با درخواست مهندس ناظر، پیمانکار باید گواهینامه تولیدکننده گاز را برای کنترل الزامات نقطه شبنم ارائه نماید. درصد گاز ترکیبی باید مطابق دستورالعمل جوشکاری باشد.

۷-۳-۱-۴- مواد مصرفی جوشکاری که از بسته‌بندی اولیه خارج می‌شود باید به نحوی حفاظت و نگهداری شود که اثر نامطلوبی بر خواص جوشکاری نداشته باشد.

۷-۳-۱-۵- الکترودها باید خشک و در شرایط مناسب برای جوشکاری باشد.

۷-۳-۲- الکترودهای جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار SMAW

۷-۳-۲-۱- مشخصات الکترودهای پوشش‌دار باید منطبق بر استانداردهای ملی و یا معتبر بین‌المللی باشد[1].

۷-۳-۲-۲- شرایط انبارکردن الکترودهای کم‌هیدروژن

الکترودها با پوشش کم‌هیدروژن باید در بسته‌بندی‌های ضدرطوبت مهر شده خریداری و نگهداری شوند و یا قبل از مصرف مطابق با بند ۷-۳-۲-۵، به مدت ۲ ساعت در دمای بین ۲۶۰ تا ۴۳۰ درجه سلسیوس در دستگاه خشک‌کن پخت[2] شود. در صورتی که بسته‌بندی الکترود معیوب شده باشد، الکترودها قبل از مصرف باید خشک شوند. الکترودهایی که بلافاصله بعد از باز کردن بسته‌بندی ضدرطوبت الکترود مصرف نمی‌شوند، باید در دستگاه خشک‌کن ذخیره با دمای حداقل ۱۲۰

۱- در نبود استانداردهای ملی، می‌توان دو استاندارد زیر را ملاک عمل قرار داد:
A- ANSI/AWSA5.1: Specification for carbon steel electrodes for shielded metal arc welding
B- ANSI/AWSA5.5: Specification for low-Alloy steel electrodes for shielded metal arc welding
2- Baked

درجه سلسیوس نگهداری شوند. الکترود نباید بیش از یک مرحله پخت مجدد[1] شود. الکترودهایی که مرطوب شده‌اند، نباید مورد استفاده قرار گیرند.

۷-۳-۲-۳- زمان مجاز تماس الکترود با هوای آزاد

بعد از باز کردن بسته‌بندی الکترود و یا در آوردن آن از دستگاه خشک‌کن یا خشک‌کن ذخیره، زمان تماس الکترود با فضای آزاد نباید بیش از مقادیر ذکر شده در ستون الف از جدول ۷-۱ باشد.

در صورتی که الکترود به میزان کمتر از مقادیر جدول ۷-۱ در تماس با هوای آزاد باشد، آنها را می‌توان دوباره به دستگاه خشک‌کن ذخیره با دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس برگرداند. بعد از حداقل ۴ ساعت نگهداری در این دما، می‌توان الکترودها را دوباره در فضای آزاد قرارداد.

۷-۳-۲-۴- در صورتی که به کمک آزمایش بتوان نشان داد که میزان رطوبت جذب شده از مقادیر استاندارد مرجع و یا از ۰/۴ درصد وزنی برای الکترودها E70XX و E70XX-X تجاوز نمی‌کند، می‌توان الکترود را به مقدار نشان داده شده در ستون ب، از جدول ۷-۱ در معرض هوای آزاد قرار داد.

جدول ۷-۱- مقادیر مجاز تماس الکترودهای کم‌هیدروژن با هوای آزاد

نوع الکترود	ستون (الف)	ستون (ب)
الکترود جوشکاری فولاد کربنی		
E70XX	۴ ساعت	بین ۴ تا ۱۰ ساعت
E70XXR	۹ ساعت	
E70XXHZR	۹ ساعت	
E7018M	۹ ساعت	
الکترود جوشکاری فولاد کم آلیاژ		
E70XX-X	۴ ساعت	۴ تا ۱۰ ساعت
E80XX-X	۲ ساعت	۲ تا ۱۰ ساعت
E90XX-X	۱ ساعت	۱ تا ۵ ساعت
E100XX-X	۰/۵ ساعت	۰/۵ تا ۴ ساعت
E110XX-X	۰/۵ ساعت	۰/۵ تا ۴ ساعت

۷-۳-۲-۵- خشک‌کردن الکترودها

در صورتی که الکترود به میزان بیشتر از مقادیر جدول ۷-۱ در معرض هوای آزاد قرار گیرد باید مطابق شرایط زیر پخت شود.

1- Rebake

۱) الکترودهای کم هیدروژن کم کربن (AWS A5.1) باید برای حداقل ۲ ساعت در دمای بین ۲۶۰ تا ۴۳۰ درجه سلسیوس پخت شود.

۲) الکترودهای کم‌هیدروژن کم‌آلیاژ (AWS A5.5) باید برای حداقل ۲ ساعت در دمای بین ۳۷۰ تا ۴۳۰ درجه سلسیوس پخت شود.

همه الکترودها باید قبل از اینکه در دماهای فوق قرار گیرد، به میزان نیم ساعت در دمای نصف دمای پخت نهایی قرار گیرد. زمان پخت نهایی از زمان رسیدن به دمای پخت نهایی محاسبه می‌شود.

۷-۳-۲-۶- الکترود کم‌هیدروژن برای فولادهای پرمقاومت آبدیده و بازپخت شده[1]

۱) وقتی جوشکاری با الکترود E90XX-X یا بالاتر انجام می‌شود، به شرطی که الکترود در بسته‌بندی ضدرطوبت مهر شده باشد، می‌تواند بدون پخت استفاده شود.

۲) وقتی از الکترود E90XX-X یا بالاتر بدون بسته‌بندی ضدرطوبت مهرشده و یا الکترود E80XX-X یا پایینتر حتی با بسته‌بندی ضدرطوبت مهر شده استفاده شود، باید برای حداقل یک ساعت در دمای بین ۳۷۰ تا ۴۳۰ درجه پخت شود.

۳) وقتی از الکترود E7018M یا E70XXH4R استفاده می‌شود، الکترود را می‌توان بدون پخت استفاده نمود.

۷-۳-۳- الکترود و پودر جوشکاری قوسی زیرپودری SAW

۷-۳-۳-۱- جوشکاری قوسی زیرپودری می‌تواند به وسیله یک یا چند الکترود و یا یک یا چند الکترود موازی و یا ترکیبی از الکترودهای تک و موازی انجام پذیرد. فاصله بین الکترودها باید طوری باشد که قبل از رسیدن قوس دوم، سرباره قوس اول به طور کامل خنک نشده باشد تا از رسوب کامل و صحیح الکترود دوم جلوگیری شود. جوش‌های زیرپودری چندالکترودی، می‌توانند برای هر عبور جوش شیاری و یا گوشه، مورد استفاده قرار گیرند.

۷-۳-۳-۲- الکترود لخت و پودر جوشکاری مورد مصرف در جوشکاری فولادها باید منطبق بر استانداردهای ملی و یا معتبر بین‌المللی باشد.[2]

1- Quenched and Tempered alloy steel (F_y = 600-700 MPa)

۲- در نبود استانداردهای ملی، می‌توان دو استاندارد زیر را ملاک عمل قرار داد:

- ANSI/AWS/A5.17 = Specification for bare carbon steel electrodes and fluxes for submerged arc welding.
- ANSI/AWS/A5.23 = Specification for low alloy electrods and fluxes for submerged arc welding.

۷-۳-۳-۳- پودر مورد استفاده برای جوش زیرپودری، باید خشک و عاری از هرگونه آلودگی، پوسته یا سایر مصالح خارجی باشد. پودرها باید در بسته‌بندی‌های مناسبی که بتوان آنها را در شرایط عادی به مدت حداقل ۶ ماه بدون هرگونه تغییر در مشخصات انبار نمود، خریداری شود. در صورت صدمه دیدن بسته‌بندی، پودر باید به مدت یک ساعت در دمای ۲۶۰ درجه سلسیوس خشک شود. بلافاصله بعد از باز کردن بسته پودر، آن را باید در قیف توزیع دستگاه ریخت. در صورت استفاده از بسته سرباز، باید از لایه سطحی به ضخامت ۲۵ میلیمتر صرفنظر کرده و دور ریخته شود. پودرهای مرطوب نباید مورد استفاده قرار گیرند.

۷-۳-۳-۴- بازیابی پودر

پودرهایی را که در حین جوشکاری ذوب نشده‌اند، می‌توان به کمک جارو یا مکش جمع‌آوری نمود و مورد استفاده مجدد قرار داد. پیمانکار باید دارای سیستمی برای جمع‌آوری پودرهای ذوب نشده، افزودن پودرهای جدید به آن و جوشکاری با ترکیب این دو پودر باشد به طوریکه ترکیب و دانه‌بندی پودر حاصل در حوضچه جوش به طور نسبی ثابت باقی بماند.

۷-۳-۳-۵- استفاده از سرباره جوش خرد شده[1]

سرباره جوش را می‌توان به صورت پودر درآورده و مجدد مورد استفاده قرار داد، مشروط بر اینکه توسط دستگاه ذیصلاح انجام شده و پودر حاصل مورد آزمایش ارزیابی قرار گیرد[2] و مطابق استانداردهای مرجع مندرج در بند ۷-۳-۳-۲ توسط پیمانکار طبقه‌بندی شود.

۷-۳-۴- سیم‌جوش‌های جوشکاری تحت حفاظت گاز GMAW/FCAW

۷-۳-۴-۱- مشخصات الکترود و پودر مغزه برای جوشکاری با الکترود فلزی تحت حفاظت گاز و یا جوشکاری قوسی با سیم توپودری، باید منطبق بر ضوابط استانداردهای ملی و در نبود آن منطبق بر ضوابط استانداردهای معتبر بین‌المللی باشد[3].

1- Crushed slag
2- ANSI/AWS A5.01 = Filler metal and fluxes procurement guide line.
۳- در نبود استانداردهای ملی، می‌توان استانداردهای زیر را ملاک عمل قرار داد.
AWS A5.18 , AWS A5.20 , AWS A5.28 , AWS A5.29 , AWS 5.36

۷-۳-۵- روش جوشکاری تحت حفاظت گاز با الکترود تنگستن GTAW

۷-۳-۵-۱- الکترودهای تنگستن

شدت جریان جوشکاری باید متناسب با قطر و نوع الکترود باشد. الکترودهای تنگستن باید منطبق بر ضوابط AWS A5.12 باشند.

۷-۳-۵-۲- فلز پرکننده (الکترود مصرفی)

فلز پرکننده (الکترود مصرفی) باید منطبق بر ضوابط استانداردهای ملی و یا معتبر بین‌المللی[1] باشد.

۷-۴- فرایندهای جوشکاری الکتریکی گازی و الکتریکی سرباره‌ای ESW و EGW

۷-۴-۱- محدودیت‌های فرایند

فرایندهای ESW و EGW باید به مصالح معرفی شده در جدول ۵-۳ گروه ۱، ۲ و ۳ محدود شود. به استثنای اینکه این فرایندها برای مصالح فولادی کم‌کربن رسوب- سختی[2] مجاز نمی‌باشد.

۷-۴-۲- شرایط الکترودها و لوله‌های هدایت

الکترود و لوله راهنمای مواد مصرفی باید خشک، تمیز و در شرایط مناسب برای مصرف باشد.

۷-۴-۳- شرایط پودر

پودر مصرفی برای جوشکاری الکتریکی سرباره‌ای باید خشک و عاری از هرگونه آلودگی‌ها، پوسته و یا سایر مصالح خارجی باشد. پودر باید در بسته‌بندی‌هایی مناسب که بتوان آنها را در شرایط عادی به مدت حداقل ۶ ماه، بدون هرگونه تغییر در مشخصات انبار نمود، خریداری شود. در صورت آسیب دیدن بسته‌بندی، پودر باید به مدت یک ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس قبل از مصرف خشک شود. پودرهای مرطوب نباید مورد استفاده قرار گیرد.

۷-۴-۴- شروع و پایان جوش

جوشکاری باید طوری شروع شود که فرصت تولید گرمای کافی برای ذوب کامل فلز جوش با وجوه شیار وجود داشته باشد. اگر در حین جوشکاری درز، توقفی در کار ایجاد شود، به طوری‌که حوضچه جوش و سرباره به حالت منجمد درآید، مشروط

۱- در نبود استانداردهای ملی، می‌توان استانداردهای زیر را ملاک عمل قرار داد.

AWS A5-18 , AWS A5.28 , AWS A5.30

2- Precipitation- Strengthed Low corbon steel, ASTM A710

بر اینکه سلامت جوشکاری به فاصله ۱۵۰ میلیمتر از هر طرف نقطه توقف، با آزمون فراصوت[1] (UT) یا پرتونگاری[2] (RT) کنترل شود، ادامه جوشکاری امکان‌پذیر است. مهندس ناظر باید نقاط توقف را ثبت کرده و گزارش نماید.

۷-۴-۵- پیش‌گرمایش

به علت حرارت القایی زیاد در این فرایند جوشکاری، درشرایط عادی نیاز به پیش‌گرمایش نیست. جوشکاری در شرایطی که دمای فلز پایه کمتر از صفر درجه سلسیوس باشد، مجاز نمی‌باشد.

۷-۴-۶- تعمیر

طبق ضوابط قسمت پ فصل ۸ یا قسمت ج فصل ۱۰، جوش‌های معیوبی که دارای ناپیوستگی هستند باید منطبق بر مندرجات بند ۷-۲۵ با استفاده از دستورالعمل جوشکاری مورد تایید، تعمیر شوند و یا کل جوش برداشته شده و به طور مجدد جوشکاری شود.

۷-۵- متغیرهای WPS

متغیرهای جوشکاری باید منطبق بر فرم WPS (مطابق پیوست ۲) باشد. هر عبور جوش، باید ذوب کاملی با فلز پایه نزدیک آن داشته و هیچگونه فرورفتگی یا بریدگی کنار جوش نداشته باشد. تقعر بیش از حد در عبورهای اولیه به دلیل جلوگیری از ترک‌خوردن ریشه جوش مجاز نیست. همه جوشکاران، اپراتورهای جوش و خال جوشکاران باید در مورد استفاده صحیح از WPS مطلع شوند و WPS اجرایی باید به راحتی در دسترس باشد و در حین انجام جوشکاری مورد استفاده قرار گیرد.

۷-۶- پیش‌گرمایش و دمای عبورهای میانی

۷-۶-۱- در صورت نیاز، فلز پایه باید تا دمای حداقل اعلام شده در WPS (مطابق بخش ۵-۲-۱ برای WPSهای پیش‌تایید شده و جدول ۶-۵ برای WPS ارزیابی شده با آزمایش) پیش‌گرم شود.

1- Ultrasonic Test
2- Radiographic Test

۷-۶-۲- دمای پیش گرمایش و دمای عبورهای میانی در حین فرایند جوشکاری باید در فاصله‌ای حداقل به میزان ضخامت بزرگترین عضو اتصال جوش (اما نه کمتر از ۷۵ میلیمتر) در همه جهات نسبت به نقطه جوشکاری حفظ شود.

۷-۶-۳- حداقل دمای عبورهای میانی باید برابر الزامات دمای پیش‌گرمایش رعایت شود، مگر اینکه در **WPS** به گونه‌ای دیگر ذکر شده باشد.

۷-۶-۴- دمای پیش‌گرمایش و عبورهای میانی باید دقیقاً در لحظه قبل از شروع قوس جوشکاری برای هر عبور جوش کنترل شود.

۷-۶-۵- برای ترکیب فلزهای پایه مختلف، حداقل دمای پیش‌گرمایش باید براساس بالاترین دمای پیش‌گرمایش انتخاب شود.

۷-۷- کنترل حرارت ورودی برای فولادهای آبدیده و بازپخت شده[1]

حرارت ورودی در جوشکاری فولادهای آبدیده و بازپخت‌شده باید به حداکثر دمای پیش‌گرمایش و عبورهای میانی مورد نیاز محدود شود. این ملاحظات باید شامل حرارت ورودی اضافی تولید شده در جوشکاری همزمان دو طرف یک عضو نیز باشد. این محدودیت‌ها باید منطبق بر پیشنهادات تولیدکننده فولاد باشد. محدودیت حرارت ورودی این بند شامل مقاطع فولادی کم آلیاژ پرمقاومت[2] تولید شده به روش آبدیده و خودبازپخت‌شده [3] نمی‌شود.

۷-۸- عملیات حرارتی تنش‌زدایی[4]

در صورت درج در اسناد قرارداد، مجموعه جوش شده باید تحت عملیات تنش‌زدایی به روش عملیات حرارتی قرار گیرد. ماشینکاری نهایی پس از تنش‌زدایی به منظور حفظ رواداری‌های ابعادی باید در نظر گرفته شود.

۷-۸-۱- الزامات

عملیات حرارتی تنش‌زدایی باید منطبق بر شرایط زیر انجام پذیرد:

۱) دمای کوره در زمانی که مجموعه جوشکاری شده در آن قرار می‌گیرد نباید بالای 315°C باشد.

1- Quenched and tempered steels
2- High strength low alloy steel HSLA
3- Quenched and self tempered QST, ASTM A913
4- Stress-Relief heat treatment

۲) در دمای بالای 315°C، نرخ افزایش حرارت نباید از نسبت ۵۶۰ تقسیم بر ضخامت عضو ضخیم‌تر مجموعه برحسب سانتی‌متر بیشتر باشد و در بدترین حالت نباید بیش از ۲۲۰ درجه سلسیوس بر ساعت باشد. در زمان حرارت دادن، تغییرات دما در قسمتی که گرم می‌شود نباید از ۱۴۰ درجه سلسیوس در هر ۵ مترطول بیشتر باشد. نیازی به نرخ سرد شدن و گرم شدن کمتر از ۵۵ درجه سلسیوس برساعت نمی‌باشد.

۳) پس از آنکه دمای قطعه به حداکثر ۶۰۰ درجه سلسیوس برای فولادهای آبدیده و بازپخت شده یا محدوده دمایی ۶۰۰ تا ۶۵۰ درجه سلسیوس برای سایر فولادها رسید، دمای مجموعه باید در دمای مذکور برای مدت زمان‌های حداقل درج شده در جدول ۷-۲ براساس ضخامت جوش نگه‌داشته شود. در صورتی که عملیات تنش‌زدایی به منظور پایداری ابعادی انجام می‌شود، زمان نگهداشتن در دمای مذکور باید برحسب ضخامت ضخیم‌ترین عضو مطابق جدول ۷-۲ انجام شود. در زمان نگهداری مجموعه در این دما نباید اختلاف دمایی بیش از ۶۵ درجه سلسیوس بین بیشترین و کمترین دمای قسمت‌های مختلف مجموعه در حال گرم شدن وجود داشته باشد.

۴) در دمای بالای ۳۱۵ درجه سلسیوس، سرد شدن باید در داخل کوره یا محفظه سرد شدن با نرخ حداکثر ۲۶۰ درجه سلسیوس بر ساعت تقسیم بر ضخامت قطعه ضخیم‌تر برحسب میلی‌متر و حداکثر نباید بیشتر از ۲۶۰ درجه سلسیوس بر ساعت باشد. مجموعه تا دمای ۳۱۵ درجه سلسیوس می‌تواند در هوای محیط سرد شود.

جدول ۷-۲- حداقل دمای نگهداری عملیات حرارتی تنش‌زدایی (بند ۷-۸-۱)

بیشتر از ۵۰ میلی‌متر	بین ۶ تا ۵۰ میلی‌متر	۶ میلی‌متر یا کمتر
۲ ساعت بعلاوه ۱۵ دقیقه اضافی یا کسری از آن برای هر ۲۵ میلی‌متر مازاد بر ۵۰ میلی‌متر	۱۵ دقیقه به ازای هر ۶ میلی‌متر یا کسری از آن	۱۵ دقیقه

۷-۸-۲- عملیات حرارتی پس از جوشکاری جایگزین

در صورتیکه PWHT در محدوده‌های ذکر شده در بند ۷-۸-۱ غیرعملی باشد، می‌توان قطعه جوش شده را در دماهای پائین‌تری برای مدت طولانی‌تر مطابق جدول ۷-۳ تنش‌زدایی نمود.

جدول ۷-۳- عملیات حرارتی تنش‌زدایی جایگزین

حداقل زمان نگهداری در دمای کاهش یافته؛ ساعت به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت	کاهش دما از حداقل دمای تعیین شده درجه سلسیوس □Δ
2	30
4	60
10	90
20	120

۷-۸-۳- فولادهایی که عملیات حرارتی پس از جوشکاری برای آنها پیشنهاد نمی‌شود

تنش‌زدایی جوش فولادهای پرمقاومت آبدیده و بازپخت شده[1] به طور عمومی پیشنهاد نمی‌شود. در مواردیکه مجموعه باید دقت ابعادی خود را در طول ماشینکاری حفظ کند و یا در جایی که ترک‌خوردگی ناشی از تنش و خوردگی[2] مورد انتظار است، تنش‌زدایی ممکن است ضروری باشد. با این حال، نتایج آزمایش‌های چقرمگی نشان داده است که عملیات حرارتی پس از جوشکاری ممکن است، چقرمگی فلز جوش و ناحیه متاثر از حرارت[3] را مختل کند و در برخی موارد باعث ایجاد ترک‌های بین دانه‌ای در ناحیه درشت‌دانه شده ناحیه متاثر از حرارت شود.

۷-۹- پشت‌بند جوش‌های شیاری

۷-۹-۱- پشت‌بند فولادی

در صورت استفاده از پشت‌بند فولادی الزامات زیر باید رعایت شود.

۷-۹-۱-۱- ذوب

در صورتی که برای جوش شیاری از تسمه پشت‌بند فولادی استفاده شود، عبور ریشه باید ذوب کامل با آن داشته باشد.

۷-۹-۱-۲- طول پشت‌بند

تسمه پشت‌بند فولادی به جز موارد استثنایی زیر باید در سرتاسر طول جوش پیوسته باشد. برای سرهم کردن تسمه‌های پشت‌بند به یکدیگر باید از جوش لب‌به‌لب شیاری با نفوذ کامل، منطبق بر ضوابط فصل هفتم این آیین‌نامه، استفاده شود. برای کاربردهای بارگذاری استاتیکی، در جوش‌های انتهای مقاطع بسته مثل سازه‌های با مقاطع توخالی[4]، می‌توان از پشت‌بند با یک یا دو قطعه بصورت ناپیوسته استفاده کرد به شرطی که تمامی موارد زیر در آن رعایت شده باشد:

۱) ضخامت اسمی مقطع بسته نباید از ۱۶ میلیمتر بیشتر باشد.
۲) محیط بیرونی مقطع بسته نباید از ۱۶۲۵ میلیمتر بیشتر باشد.
۳) پشت‌بند در جهت عرضی نسبت به محور طولی مقطع بسته باشد.
۴) فاصله پشت‌بندها نباید بیشتر از ۶ میلیمتر باشد.
۵) فاصله جوش با پشت‌بند ناپیوسته از دیگر اتصالات، کوچکتر از قطر مقطع توخالی یا بعد اصلی سطح مقطع نباشد.
۶) ناپیوستگی پشت‌بند در گوشه‌ها قرار نگیرد.

1- e.g A709Gr HPS 100W , A710 ،A517 و ASTM A514
2- Stress Corrosion Cracking (SCC)
3- HAZ
4- Hollow Structural Section (HSS)

در ستون‌های قوطی‌شکل تحت بارهای استاتیکی، پشت‌بند ناپیوسته در جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در کنج، در اتصالات درجا و در جزئیات اتصال، مجاز است. پشت‌بند ناپیوسته در دیگر بخش‌های مقاطع بسته به شرط تایید مهندس ناظر مجاز است.

۷-۹-۱-۳- ضخامت پشت‌بند

حداقل ضخامت تسمه پشت‌بند به منظور جلوگیری از ذوب عمقی[1] آن در هنگام جوشکاری باید مناسب بوده و مطابق جدول زیر پیشنهاد می شود.

روش جوشکاری	حداقل ضخامت جوش (میلیمتر)
جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار	۵
جوشکاری قوسی فلزی با حفاظت گاز	۶
جوشکاری قوسی با سیم توپودری	۶
جوشکاری قوسی زیرپودری	۱۰

* استفاده از تسمه‌های فولادی موجود در بازار برای پشت‌بند جوش شیاری لوله‌ها، قابل قبول است، مشروط بر اینکه شواهدی از سوختن آنها در هنگام جوشکاری مشاهده نشود.

۷-۹-۱-۴- اتصالات اعضای غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی)

پشت‌بند در اعضای غیرلوله‌ای تحت بارهای چرخه‌ای (سیکلی) باید مطابق شرایط زیر باشد:

۱) تسمه‌های پشت‌بند عمود بر امتداد تنش باید برداشته شده و پشت جوش کاملاً سنگ زده شود و مطابق جدول ۴-۵ هم‌سطح شود.

۲) لزومی به برداشتن تسمه‌های موازی امتداد تنش نیست، مگر طبق درخواست مهندس مشاور

۳) در اعضا تحت بارهای چرخه‌ای (سیکلی)، در صورتی که بخواهیم تسمه پشت‌بند را با جوش خارجی به عضو متصل کنیم، این جوش باید بصورت گوشه و در تمام طول تسمه در هر دو طرف پیوسته باشد.

۷-۹-۱-۵- اتصالات تحت بارگذاری استاتیکی

لزومی به جوش پیوسته و یا حذف تسمه‌های پشت‌بند در اعضا تحت بارهای استاتیکی در سازه‌های لوله‌ای یا غیرلوله‌ای نمی‌باشد، مگر طبق خواست مهندس مشاور.

1- Melt-through

۷-۹-۲- جوش پشت‌بند[1]

اولین جوش در پشت می‌تواند به عنوان پشت‌بند در جوش‌های شیاری یا گوشه استفاده شود. در صورت استفاده از روش SMAW باید الکترود کم‌هیدروژن مورد استفاده قرار گیرد.

۷-۹-۳- پشت‌بند غیرفلزی

ریشه جوش‌های شیاری را می‌توان با مس، پودر، نوار شیشه‌ای، سرامیکی، پودر آهن یا مواد مشابه برای اجتناب از ذوب عمقی آن استفاده نمود.

۷-۱۰- تجهیزات جوشکاری و برشکاری

همه تجهیزات جوشکاری و برشکاری حرارتی[2] باید طوری طراحی و ساخته شده و در چنان شرایطی باشند تا پرسنل مورد تایید با پیروی از روش‌های شرح داده شد، نتایجی مطابق با این آیین‌نامه بدست آورند.

۷-۱۰-۱- روش‌های برشکاری گرمایی طبق این آیین‌نامه، محدود به روش برشکاری قوسی[3] (پلاسما)، شیارزنی، و برش هواگاز[4] می‌باشد.

۷-۱۱- شرایط محیط جوشکاری

جوشکاری در شرایط زیر مجاز نیست:

۱- وقتی‌که دمای محیط کار نزدیک به جوش کمتر از ۲۰- درجه سلسیوس است.
۲- وقتی که دمای فلز پایه کمتر از مقادیر ذکر شده در جدول ۵-۸ است.
۳- وقتی که سطح کار مرطوب یا در معرض بارش باران و برف است.
۴- وقتی که کار در معرض وزش باد با سرعت زیاد است (۸ کیلومتر بر ساعت یا بیشتر).
۵- وقتی که پرسنل جوشکاری تحت شرایط غیرمتعادل[5] و سخت هستند.

1- Backing Weld
2- Thermal cutting
3- Arc cutting
4- Oxyfuel gas
5- Inclement

۷-۱۲- تطابق با طراحی

اندازه و طول جوش نباید کمتر از مقادیر تصریح شده در نقشه‌ها و مشخصات فنی خصوصی باشد، به استثنای شرایطی که در جداول ۸-۱ و ۱۰-۱۵ اجازه داده شده است. تغییر محل جوش بدون تایید مهندس طراح، مجاز نیست.

۷-۱۳- حداقل بعد جوش گوشه

حداقل بعد جوش گوشه به جز مواردی که به عنوان تقویتی روی جوش‌های شیاری استفاده می‌شود، باید مطابق جدول ۷-۷ باشد. این حداقل بعد برای همه جوش‌ها استفاده می‌شود مگر اینکه در نقشه‌ها ابعاد بزرگتری ارائه شده باشد.

جدول ۷-۷- حداقل بعد جوش‌های گوشه

حداقل اندازه جوش گوشه ب	ضخامت فلز پایه (T)الف
۳ب	T≤6
۵	6<T≤12
۶	12<T≤20
۸	20<T

الف) برای فرایندهای بدون پیش‌گرمایش محاسبه شده مطابق با بند ۶-۸-۴ با الکترود غیرکم‌هیدروژن، T برابر با ضخامت عضو ضخیم‌تر می‌باشد؛ جوش‌های تک‌عبوره باید مورد استفاده قرار گیرد.

برای جوش‌های با الکترود غیر کم‌هیدروژن که دستورالعمل آن به منظوری جلوگیری از ترک مطابق با بند ۶-۸-۴ ایجاد شده است و برای فرایندهای کم‌هیدروژن، T برابر با ضخامت عضو نازکتر می‌باشد؛ الزامات جوش تک‌عبوره نباید اعمال شود.

ب) نیازی به بزرگتر بودن اندازه جوش از ضخامت عضو ضخیم‌تر نمی‌باشد.

پ) حداقل اندازه برای سازه‌های تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) ۵ میلی‌متر می‌باشد.

۷-۱۴- آماده‌سازی فلز پایه

۷-۱۴-۱- کلیات

فلز پایه باید به اندازه کافی تمیز باشد تا امکان اجرای جوش مطابق با الزامات کیفی این آیین‌نامه را فراهم کند.

۷-۱۴-۲- عیوب سطحی ناشی از نورد

سطحی که فلز جوش روی آن رسوب می‌کند باید صاف، یکنواخت و عاری از هرگونه پلیسه، پارگی، ترک، سرباره و هرگونه عیبی که اثر سوء بر کیفیت و یا مقاومت جوش می‌گذارد، باشد.

۷-۱۴-۳- پوسته و زنگ

سطوحی که باید جوش شوند و سطوح مجاور نوار جوش، باید عاری از هرگونه پوسته ضخیم یا شل، سرباره جوش، زنگ، رطوبت، گریس، روغن و سایر مواد متفرقه که از اجرای صحیح و کامل جوش جلوگیری کرده و باعث بخارات مضر می شود، باشند. پوسته و زنگی که با برس کشیدن شدید دستی نیز زدوده نمی‌شود، مواد خام پوشش نازک ضدزنگ[1] و مواد ضدپاشش جوش، مشروط به برآورده کردن الزامات کیفی این آیین‌نامه می‌توانند در جای خود باقی بماند، به استثنای تیرهای سازه‌هایی که تحت بار چرخه‌ای (سیکلی) قرار دارند. در این حالت، تمامی پوسته موجود در ناحیه نوارجوش اتصال بال به جان باید برداشته شود.

۷-۱۴-۴- مواد خارجی

۷-۱۴-۴-۱- سطوح جوش داده شده و سطوح مجاور جوش باید تمیز شده و مقادیر بیش از حد مواد زیر حذف شود:

(۱) آب

(۲) روغن

(۳) گریس

(۴) سایر مواد مبتنی بر هیدروکربن

جوشکاری روی سطوح حاوی مقادیر باقیمانده مواد خارجی به شرط رعایت الزامات کیفی این آیین‌نامه مجاز است.

۷-۱۴-۴-۲- جوشکاری بر روی سطوح دارای پوشش ضدزنگ یا مواد ضدپاشش جوش مجاز است، به استثنای مواردی که در بند ۷-۱۴-۴-۱ ممنوع شده است، مشروط بر اینکه شرایط کیفی این آیین نامه برآورده شود.

۷-۱۴-۵- ناپیوستگی‌های تورقی ناشی از نورد

حدود پذیرش و یا تعمیر ترک‌های تورقی در سطوح برش خورده مطابق جدول ۷-۴ می‌باشد که در آن طول ترک یا ناپیوستگی، مساوی طول ظاهری تورق در سطح برش‌خورده و عمق آن، مساوی عمق نفوذ تورق در داخل مصالح می‌باشد. تمام جوشکاری‌های انجام یافته برای تعمیر تورق باید منطبق بر مفاد این آیین‌نامه باشد. برداشتن ترک می‌تواند از هر دو سطح فلز پایه انجام شود. طول جوش لازم برای تعمیر ترک نباید بزرگتر از ۲۰ درصد طول سطح ورقی باشد که تعمیر می‌شود. استفاده از طول‌های بزرگتر با تایید مهندس مشاور مجاز است.

1- Surface Protective coating

۷-۱۴-۵-۱- حد پذیرش

برای ناپیوستگی‌ها با طول و عمق بیش از ۲۵ میلیمتر، رویه زیر باید مورد بررسی قرار گیرد:

(۱) اگر قبل از تکمیل درز، ناپیوستگی‌های نظیر W، X و Y در شکل ۷-۱ مشاهده شود، اندازه و شکل ناپیوستگی باید با استفاده از آزمایش فراصوت (UT) تعیین شود. مساحت ناپیوستگی باید با استفاده از اتلاف کل انعکاس مطابق دستورالعمل[1] آزمایش فراصوت ورق‌های فولادی به روشی امواج مستقیم[2] تعیین شود.

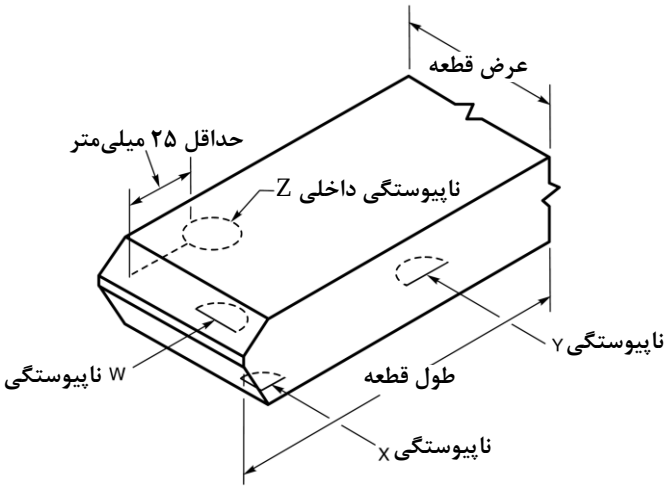
(۲) برای پذیرش ناپیوستگی‌های W، X و Y، مساحت ناپیوستگی (و یا مساحت تجمعی در حالت ناپیوستگی‌های متعدد)، نباید از ۴ درصد مساحت سطح برش خورده تجاوز نماید (حاصل‌ضرب طول در عرض) مگر در حالت زیر: اگر طول ناپیوستگی یا عرض تجمعی[3] ناپیوستگی‌ها در هر مقطع عرضی، که در امتداد عمود بر طول بریده شده اندازه‌گیری می‌شود، از ۲۰ درصد عرض برش خورده تجاوز نماید، معیار ۴ درصد سطح برش خورده مصالح باید به نسبت عرض‌های بیش از ۲۰ درصد کاهش یابد (برای مثال اگر ناپیوستگی به اندازه ۳۰ درصد عرض برش خورده مصالح باشد، مساحت ناپیوستگی نمی‌تواند از ۳/۶ درصد مساحت برش خورده تجاوز نماید). ناپیوستگی در سطح برش خورده باید به عمق ۲۵ میلیمتر فراتر از تقاطع آن با سطح برش خورده، به وسیله سنگ زدن یا شیارزنی[4] برداشته شده و با الکترود کم‌هیدروژن با لایه‌های با ضخامت کمتر از ۳ میلیمتر (حداقل برای چهار لایه اول) با جوش پر شود.

جدول ۷-۴- محدوده پذیرش و یا تعمیر ناپیوستگی‌های تورقی ناشی از نورد در سطوح برش خورده

شرح ناپیوستگی	لزوم تعمیر
هر نوع ناپیوستگی با طول مساوی ۲۵ میلیمتر یا کمتر	بدون عملیات - لازم نیست
هر نوع ناپیوستگی با طول بزرگتر از ۲۵ میلیمتر و عمق کمتر از ۳ میلیمتر	بدون عملیات - ولی عمق باید مورد بررسی قرار گیرد.(الف)
هر نوع ناپیوستگی با طول بزرگتر از ۲۵ میلیمتر و عمق ۳ تا ۶ میلیمتر	باید کاملاً برداشته شود ولی جوش لازم نیست.
هر نوع ناپیوستگی با طول بزرگتر از ۲۵ میلیمتر و عمق ۶ تا ۲۵ میلیمتر	باید کاملاً برداشته شده و با جوش پر شود.
هر نوع ناپیوستگی با طول بزرگتر از ۲۵ میلیمتر و عمق بزرگتر از ۲۵ میلیمتر	به بند ۷-۱۴-۵-۱ مراجعه شود.

(الف) باید ۱۰ درصد ناپیوستگی‌ها برای تعیین عمق با استفاده از سنگ‌زدن، مورد بازرسی قرار گیرند. هرگاه عمق یکی از آنها از ۳ میلیمتر بزرگتر شود، تمام ناپیوستگی‌ها به منظور تعیین عمق باید مورد بازرسی قرار گیرند. اگر عمق هیچکدام از ۱۰ درصدی که مورد بازرسی قرار گرفته از ۳ میلیمتر تجاوز ننماید، در اینصورت نیازی به تعیین عمق سایر ناپیوستگی‌ها نمی‌باشد.

1- ASTM A435
2- Straight Beam
3- Aggregate width
4- Gouging



شکل ۷-۱- ترک‌های تورقی در قطعه بریده شده

(۳) اگر یک ناپیوستگی نظیر ناپیوستگی Z در شکل ۷-۱، با مساحتی کوچکتر از مساحت مجاز بند ۷-۷-۳-۱ (۲) بعد از تکمیل درز، مورد شناسایی قرار گیرد و فاصله آن از لبه جوش مساوی یا بزرگتر از ۲۵ میلیمتر باشد، نیاز به تعمیر ناپیوستگی نمی‌باشد. اگر فاصله ناپیوستگی Z از لبه جوش کمتر از ۲۵ میلیمتر باشد، باید تا فاصله ۲۵ میلیمتر از عمق ناحیه ذوب برداشته شده و با استفاده از الکترود کم‌هیدروژن با لایه‌های کوچکتر از ۳ میلیمتر (حداقل برای چهار لایه اول) با جوش پر شود.

(۴) اگر مساحت ناپیوستگی‌های W، X، Y یا Z از مقادیر مجاز ۷-۷-۳-۱ (۲) تجاوز نماید، مصالح بریده شده یا اجزای آنها باید مردود و جایگزین شده و یا طبق نظر مهندس مشاور تعمیر شود.

۷-۱۴-۵-۲- تعمیر

به منظور حذف ناپیوستگی‌ها و یا حدود پذیرش یا تعمیر ترک‌های تورقی ناشی از نورد جدول ۷-۴، در تعمیر این ترکها در سطح برش خورده مقدار فلز برداشته شده باید در حداقل اندازه لازم حفظ شود. در صورت نیاز به تعمیر جوش، باید مقدار فلز برداشته شده برای ایجاد دسترسی جوش به داخل ترک کافی باشد. سطوح برش میتواند دارای امتداد دلخواهی نسبت به امتداد نورد باشد. جوشکاری‌های تعمیری باید منطبق بر مفاد این آیین نامه انجام پذیرد.

مراحل تعمیر باید به شرح زیر باشد:

۱- آماده‌سازی ناحیه تعمیر به طور مناسب

۲- جوشکاری با استفاده از الکترود کم‌هیدروژن و اعمال مقررات این فصل.

۳- سنگ زدن محل تعمیر (جوش تکمیل شده) به‌طوریکه سطح آن صاف شده و همتراز با سطوح مجاور شود.

نکته: الزامات این بند ممکن است در مواردی که بار کششی در ضخامت فلز وجود داشته باشد، کافی نباشد.

۷-۱۴-۶- آماده‌سازی درز

ماشین‌کاری، برش حرارتی، برشکاری (شامل برش قوس پلاسما و شیارزنی)، براده‌برداری یا سنگ‌زنی ممکن است برای آماده‌سازی درز، یا برداشتن فلز یا کار غیرقابل قبول استفاده شود، با این تفاوت که استفاده از برش اکسیژنی فقط برای استفاده در فولادهای نورد شده مجاز است.

۷-۱۴-۷- برشکاری[1] مصالح

در صورت نیاز، برای سازه‌های تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی)، مصالح ضخیم‌تر از آنچه در فهرست زیر مشخص شده است، برای ایجاد لبه جوش مطلوب در هر جایی که جوش قرار است تنش محاسبه‌شده را تحمل کند باید برشکاری شود:

(۱) مصالح برش خورده ضخیم‌تر از ۱۲ میلی‌متر

(۲) لبه‌های نورد شده ورق‌ها (به‌غیر از ورق‌های نوردی یونیورسال) ضخیم‌تر از ۱۰ میلی‌متر

(۳) بال‌های نبشی یا مقاطع نورد شده (به غیر از مقاطع بال پهن) ضخیم‌تر از ۱۶ میلی‌متر

(۴) ورق‌های نوردی یونیورسال یا لبه‌های بال‌های مقاطع بال پهن ضخیم‌تر از ۲۵ میلی‌متر

(۵) آماده‌سازی برای اتصالات لب به لب باید با الزامات نقشه‌های اجرایی مطابقت داشته باشد.

۷-۱۴-۸- برش حرارتی[2]

برشکاری با قوس الکتریکی[3] (پلاسما)، شیارزنی با الکترود ذغالی[4]، و هواگاز[5] به منظور برش، آماده‌سازی و صافکاری لبه‌ها مجاز می‌باشد.

۷-۱۴-۸-۱- سایر فرایندها

سایر روش‌های برشکاری وقتی قابل استفاده هستند که پیمانکار، کارآیی و کیفیت روش را به تایید مهندس مشاور برساند.

۷-۱۴-۸-۲- کیفیت پروفیل مصالح

فولاد و فلز جوش می‌تواند به صورت حرارتی برش داده شود، به شرطی که سطح، صاف و منظم عاری از ترک و شیار باشد و مشروط بر اینکه پروفیل دقیق با استفاده از یک ابزار مکانیکی بررسی شود. برای سازه‌های دارای بار چرخه‌ای (سیکلی)، برش حرارتی دستی باید فقط در جایی که به تایید مهندس ناظر رسیده است، انجام شود.

---

1 - Trimming
2 - Thermal cutting processes
3 - Electric arc cutting
4 - Gouging
5 - Oxyfuel gas cutting

۷-۱۴-۸-۳- الزامات زبری سطح

در برشکاری گرمایی، وسایل و تجهیزات باید طوری تنظیم شوند که بریدگی در سمت داخل خط برش نظری رخ ندهد. زبری سطح برش‌خورده نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:

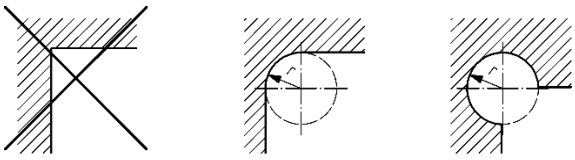
- برای مصالح تا ضخامت ۱۰۰ میلیمتر، ۲۵ میکرون.
- برای مصالح با ضخامت بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلیمتر، ۵۰ میکرون.

۷-۱۴-۸-۴- محدودیت‌های زخم یا شیار روی سطح

در صورتی که زبری سطح برش خورده از مقادیر فوق بزرگتر باشد و یا سطح برش خورده دارای زخم‌ها یا شیارهای با عمق کمتر از ۵ میلیمتر باشد، باید آنها را با ماشین‌کاری و یا سنگ زدن حذف نمود. زخم‌هایی با عمق بیش از ۵ میلیمتر را می‌توان با سنگ زدن حذف نمود، مشروط براینکه سطح مقطع اسمی عضو بیش از ۲ درصد کاهش پیدا نکند. سطوح سنگ خورده و یا ماشین‌کاری شده باید با شیبی که از ۱ به ۱۰ تجاوز نمی‌کند، به سطوح اصلی متصل شوند.
سطوح برش خورده و لبه‌های مجاور آنها باید عاری ازهرگونه سرباره باشند. زخم‌ها و شیارهای اتفاقی و پراکنده را می‌توان با اجازه مهندس مشاور، با جوش تعمیر نمود.

۷-۱۵- گوشه‌های مقعر

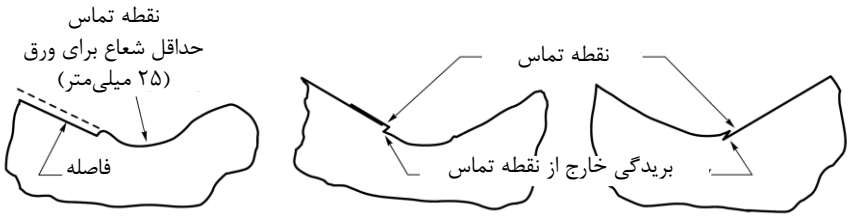
گوشه‌های مقعر[1] به جاهایی گفته می‌شود که زاویه باز بین سطوح کمتر از ۱۸۰ درجه باشد. گوشه مقعر قطعات، به جز گوشه‌های اتصال مصالح و تیرهای زبانه شده، باید با شعاع حداقل ۲۵ میلیمتر گرد شوند تا انتقال تدریجی برای توزیع تنش به دست آید. لبه‌ها و سطوح در تماس باید مماس بر هم بوده و دارای بیرون‌زدگی یا فاصله نباشند. گوشه‌های مقعر را می‌توان مطابق با الزامات سطحی بند ۷-۱۴-۸-۳، به‌وسیله برش حرارتی و سنگ‌زنی ایجاد کرد.



۱- مجاز نیست.
۲- شکل ۲ (توصیه شده برای فرایند تمام مکانیزه یا برش اتوماتیک.)
۳- شکل ۳ (مجاز است).

1- Reentrant corners

نمونه‌های گوشه مقعر



نمونه‌های گوشه مقعر غیر قابل پذیرش

۷-۱۶- سوراخ دسترسی جوش، زبانه تیر[1] و مصالح اتصال

سوراخ‌های دسترسی جوش، زبانه تیرها و سطوح برش خورده در مصالح اتصال باید عاری از زخم باشد. زبانه تیرها و سطوح برش خورده مصالح اتصال باید عاری از گوشه‌های تیز باشد. سوراخ‌های دسترسی باید تبدیل یکنواختی بوجود آورد که از نقاط تماس بین سطوح مجاور عبور نمی‌کند و باید الزامات سطح بخش ۷-۱۴-۸-۳ را برآورده نماید.

۷-۱۶-۱- ابعاد سوراخ دسترسی

تمام سوراخ‌های دسترسی باید دارای فاصله حداقل ۱/۵ برابر ضخامت ورقی که در آن ایجاد شده‌اند، از ریشه لبه آماده‌سازی شده برای جوشکاری باشند. ارتفاع سوراخ دسترسی برای رسوب سالم فلز جوش می‌بایست کافی بوده و در ضمن از ضخامت ورقی که در آن ایجاد شده یا حداقل ۲۰ میلیمتر کمتر نباشد و همچنین از ۵۰ میلیمتر بیشتر نباشد. سوراخ دسترسی باید دقیق باشد تا در صورت نیاز، فضایی برای پشت‌بند و دسترسی کافی برای جوش را فراهم نماید.

۷-۱۶-۱-۱- سوراخ‌های دسترسی در مقاطع نوردی

لبه جان از سمت بال به سمت گوشه مقعر سوراخ دسترسی باید شیب‌دار یا منحنی باشد. گوشه سوراخ دسترسی نباید شعاعی کمتر از ۱۰ میلیمتر داشته باشد.

۷-۱۶-۱-۲- سوراخ‌های دسترسی در مقاطع ساخته شده از ورق

در مقاطع ساخته شده از ورق، سوراخ‌های دسترسی که پس از جوشکاری مقطع ایجاد می‌شود باید از سمت بال به سمت گوشه مقعر سوراخ دسترسی به صورت شیب‌دار یا منحنی باشد. هیچ گوشه‌ای از سوراخ دسترسی نباید شعاعی کمتر از ۱۰ میلیمتر داشته باشد. در مقاطع ساخته شده‌ای که سوراخ دسترسی قبل از جوشکاری مقطع ایجاد می‌شود، سوراخ

1- Beam Copes

دسترسی می‌تواند عمود بر بال ایجاد شود مشروط براینکه انتهای جوش در فاصله‌ای حداقل به اندازه بعد جوش، از سوراخ دسترسی قرار گرفته باشد. جوش‌های گوشه نباید از طریق سوراخ دسترسی برگردانده شود. (شکل ۷-۲)

۷-۱۶-۲- مقاطعی که گالوانیزه می‌شوند

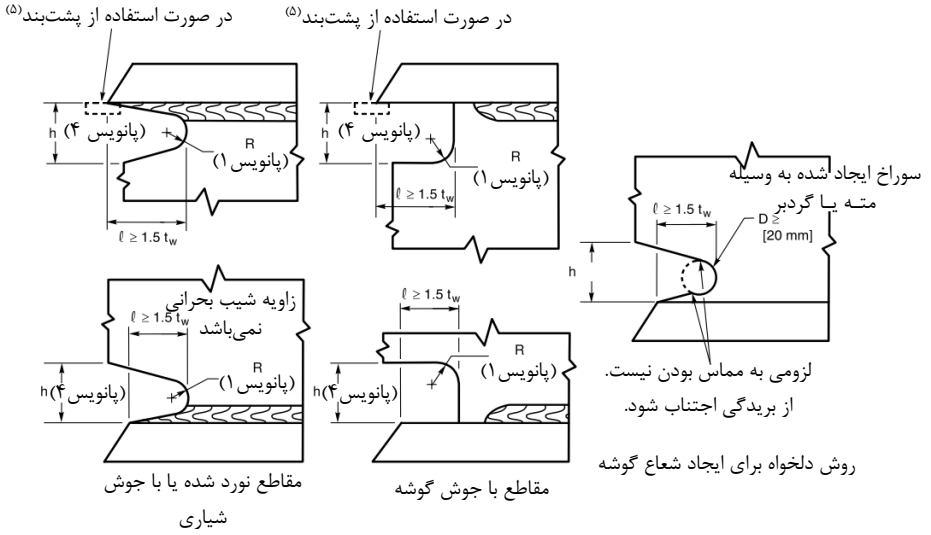
سوراخ‌های دسترسی و زبانه تیر در مقاطعی که گالوانیزه می‌شوند، باید تا رسیدن به فلز اصلی سنگ‌زنی شود. اگر قسمت منحنی سوراخ‌های دسترسی و زبانه تیر به روش سوراخ‌کاری با مته یا گردبر[1] از پیش ایجاد شده باشد نیازی به سنگ‌زنی نیست.

۷-۱۶-۳- زبانه تیر و سوراخ دسترسی در مقاطع سنگین

در مقاطع سنگین با ضخامت بیش از ۵۰ میلیمتر:

۱) اگر سطح منحنی سوراخ دسترسی به صورت حرارتی برش خورده باشد، باید حداقل پیش‌گرمایش ۶۵ درجه سلسیوس در ناحیه‌ای به اندازه ۷۵ میلیمتر از منحنی برش خورده قبل از برش حرارتی اعمال شود.

۲) سطوح برش حرارتی خورده زبانه تیر و سوراخ دسترسی باید تا رسیدن به فلز پایه سنگ زده شود و برای اطمینان از عدم وجود ترک، قبل از جوش بصورت چشمی بازرسی شود.



۱- شعاع باید دارای تبدیل ملایم باشد؛ R≥10 (mm) (معمولاً ۱۲ میلی‌متر)

۲- سوراخ دسترسی بعد از جوشکاری بال به جان ایجاد شود.

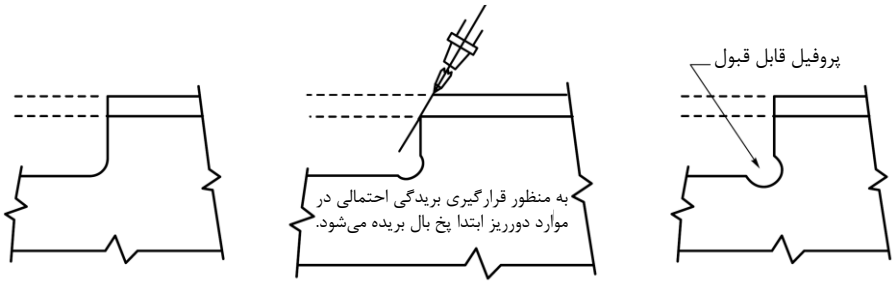
۳- سوراخ دسترسی قبل از جوشکاری بال به جان ایجاد شود. لازم نیست جوش در لبه شکاف قلاب شود.

۴- حداقل h، ۲۰ میلی‌متر یا t_w (ضخامت جان تیر) هر کدام بزرگتر بود. (لزومی ندارد بیشتر از ۵۰ میلی‌متر باشد.)

1- Hole Saw

۵- این جزئیات عمومی برای اتصالات جوش شده از یک طرف به همراه پشت‌بند می‌باشد. سایر طرح‌های اتصال هم باید در نظر گرفته شود.

شکل ۷-۲- هندسه سوراخ‌های دسترسی و شکاف برای عبور شیار جوش



نمونه آماده‌سازی مناسب زبانه تیر

۷-۱۷- خال‌جوش[1] و جوش قطعه کمکی[2]

۷-۱۷-۱- مقررات عمومی

۱- خال‌جوش‌ها و جوش‌های قطعه کمکی باید مطابق WPS پیش تایید شده یا ارزیابی شده و توسط جوشکار دارای صلاحیت انجام پذیرد.

۲- خال‌جوش‌هایی که در جوش نهایی قرار نمی‌گیرند و جوش‌های قطعه کمکی که برداشته نمی‌شوند، قبل از تایید قطعه باید الزامات بازرسی چشمی را برآورده کنند.

۷-۱۷-۲- استثناها

خال‌جوش‌ها و جوش‌های قطعه کمکی مجاز هستند مگر اینکه:

۱- در نواحی کششی سازه‌های تحت بار چرخه‌ای (سیکلی)، هیچ خال‌جوش یا جوش کمکی که در جوش نهایی قرار نمی‌گیرد نباید وجود داشته باشد به جز مواردی که در بند ۴-۱۷-۲ مجاز است. محل‌های خارج از ۱/۶ عمق جان نسبت به بال کششی تیرها، خارج از ناحیه کششی محسوب می‌شود.

۲- در اعضای ساخته شده از فولادهای آبدیده و بازپخت شده با مقاومت تسلیم بیشتر از ۴۸۵ مگاپاسکال، خال‌جوش خارج از جوش نهایی و جوش قطعه کمکی باید با تایید مهندس ناظر انجام پذیرد.

۷-۱۷-۳- برداشتن

1 - Tack Weld
2 - Construction Aid Weld

با تشخیص مهندس ناظر در محل‌هایی غیر از موارد اعلام شده در بند ۷-۱۷-۲، خال‌جوش و جوش قطعه کمکی که در جوش نهایی قرار نمی‌گیرد برداشته شود.

۷-۱۷-۴- الزامات تکمیلی خال‌جوش

۱- خال جوش‌هایی که در جوش نهایی قرار می‌گیرند باید توسط الکترود جوش نهایی، اجرا شود. این خال‌جوش‌ها باید پیش از جوش نهایی تمیزکاری شود.

۲- خال‌جوش‌های چندعبوره باید انتهای آبشاری (پله ای)[1] داشته باشند یا برای ادغام در جوش نهایی آماده‌سازی شوند.

۳- خال‌جوش‌هایی که در جوش نهایی ارزیابی شده با آزمایش ضربه قرار می‌گیرند و یا ملزم به اجرا با فلز پرکننده طبقه‌بندی شده با چقرمگی ضربه هستند باید با فلز جوش سازگار اجرا شوند.

۷-۱۷-۵- الزامات تکمیلی خال‌جوش‌هایی که در جوش زیرپودری ادغام می‌شوند

موارد زیر علاوه بر موارد ذکر شده در بند ۷-۱۷-۴ باید اعمال شود:

۱- پیش‌گرمایش برای خال‌جوش تک‌عبوره که در ادامه جوش SAW مجدداً ذوب می‌شود مورد نیاز نیست. این استثنایی بر بند ۷-۱۷-۱ است.

۲- اندازه خال‌جوش‌های گوشه نباید از ۱۰ میلیمتر تجاوز نماید و نباید تغییرات غیرقابل قبولی در ظاهر سطح جوش بوجود آورد.

۳- خال‌جوش، در ریشه جوش‌هایی که نیاز به نفوذ ریشه مشخصی دارد نباید باعث کاهش نفوذ شود.

۴- خال‌جوش‌هایی که با الزامات (۲) و (۳) انطباق نداشته باشد باید برداشته شود یا با ابزار مناسب آن به اندازه مناسب قبل از جوشکاری کاهش یابد.

۵- خال‌جوش در ریشه جوش به همراه پشت‌بند با ضخامت کمتر از ۸ میلیمتر، باید برداشته شود یا اینکه در طول کل درز با استفاده از الکترود کم‌هیدروژن جوشکاری قوسی فلزی با حفاظت گاز و یا جوشکاری قوسی با سیم توپودری تحت حفاظت گاز، اجرا شود.

1- Cascaded end

۷-۱۸- انحنا[1] (پیش‌خیز) اعضای ساخته شده از ورق

۷-۱۸-۱- انحنا

لبه جان تیرهای ساخته شده از ورق باید با انحنای تعیین شده با رواداری مجاز برای جمع‌شدگی[2] ناشی از برش حرارتی و جوشکاری برشکاری شود. با این حال، انحراف نسبی از انحنای تعیین شده مذکور را می‌توان به روش اصلاح حرارتی با اعمال دقیق حرارت اصلاح نمود.

۷-۱۸-۲- اصلاح

اصلاح معایب انحنا در فولادهای آبدیده و بازپخت شده باید به تایید مهندس ناظر برسد.

۷-۱۹- وصله‌ها[3]

۷-۱۹-۱- وصله‌های اجزا

همه وصله‌های اجزای هر عضو از تیرهای درپوش‌دار یا ساخته شده از ورق باید قبل از اینکه هر عضو به سایر عضوهای قطعه نهایی وصل شود، جوش داده شود.

۷-۱۹-۱-۱- محل وصله‌ها

قطعات اتصال بال و جان تیرهای ساخته شده از ورق می‌تواند در یک صفحه عرضی یا چندصفحه عرضی قرار داشته باشد.

۷-۱۹-۱-۲- وصله‌ها در سازه‌های چرخه‌ای (سیکلی)

در اعضای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی)، مقررات تنش خستگی مشخصات فنی عمومی باید اعمال شود.

۷-۱۹-۲- وصله‌های اتصال اعضا

تیرهای بلند می‌تواند از جوشکاری اجزای کوچکتر آن ساخته شوند. در صورت امکان، وصله بین مقاطع نیمرخ‌های نوردی یا تیرهای ساخته شده از ورق باید در یک صفحه عرضی انجام پذیرد.

1- Camber
2- Shrinkage
3- Splice

۷-۲۰- کنترل اعوجاج[1] و جمع‌شدگی[2]

۷-۲۰-۱- دستورالعمل و توالی

در مونتاژ و انجام جوش درزهای اعضای ساخته شده از ورق یا نیمرخ و همچنین تقویت نیمرخ‌ها، دستورالعمل[3] و توالی[4] جوشکاری باید طوری انتخاب شود که مقادیر اعوجاج و جمع شدگی حداقل شود.

۷-۲۰-۲- توالی

تاحد امکان، توالی جوش‌ها باید طوری انتخاب شود که دمای جوشکاری در حین پیشرفت جوشکاری، متعادل شود.

۷-۲۰-۳- مسئولیت پیمانکار

در اعضا یا سازه‌هایی که اعواج یا جمع‌شدگی زیادی مورد انتظار است، سازنده باید روش مونتاژ، دستورالعمل جوشکاری و توالی جوشکاری را طوری انتخاب نماید که قطعه به دست آمده منطبق بر ضوابط کنترل کیفی قطعه باشد. قبل از شروع جوشکاری، توالی جوشکاری و برنامه کنترل اعوجاج باید برای اطلاع و اظهارنظر[5] به مهندس مشاور ارائه شود.

۷-۲۰-۴- پیشرفت جوشکاری

مسیر پیشرفت جوشکاری یک عضو، باید از نقطه با گیرداری بیشتر به سمت نقطه با آزادی بیشتر باشد.

۷-۲۰-۵- کاهش گیرداری

در هنگام مونتاژ، درزهایی که در آنها انتظار جمع‌شدگی بزرگتری می‌رود باید قبل از درزهایی جوش شوند که انتظار جمع‌شدگی کمتری از آنها داریم. جوشکاری این درزها باید تا حد امکان با گیرداری کمی انجام شود.

۷-۲۰-۶- محدودیت‌های دمایی

در جوشکاری تحت شرایط گیرداری خارجی سخت[6] در مقابل جمع‌شدگی، دمای درز از شروع جوشکاری تا اتمام کامل جوش درز یا رسوب مقدار جوش کافی برای اطمینان از ترک نخوردن، نباید کمتر از حداقل دمای پیش‌گرمایش مقرر شود.

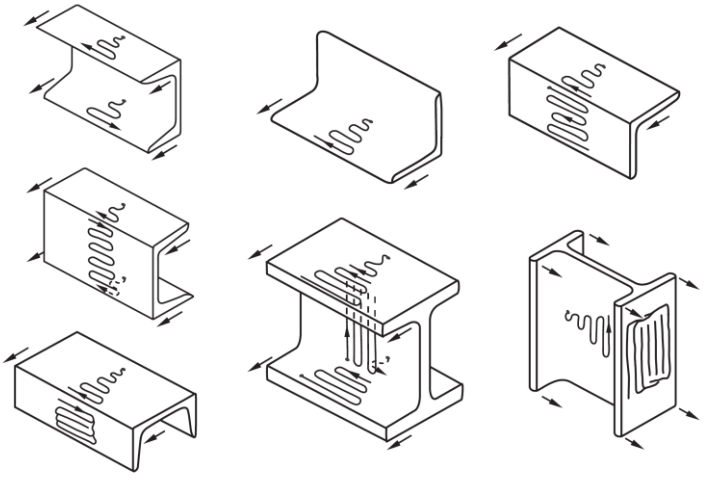
1- Distortion
2- Shrinkage
3- Procedure
4- Sequence
5- Comment
6- Severe external shrinkage restraint

۷-۲۰-۷- اصلاح حرارتی[1]

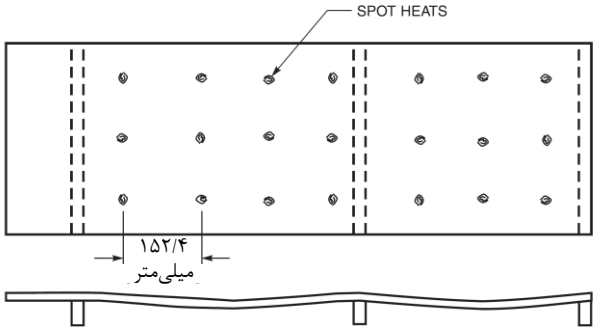
اگر اعوجاج با استفاده از حرارت شعله اصلاح شود، این کار باید با اعمال حرارت موضعی طوری انجام شود تا اطمینان حاصل شود حداکثر دمای فولاد و روش خنک‌سازی از موارد زیر تجاوز نمی‌کند[2].

فولادهای با رده S355 (یا St52) تا دمای ۶۰۰ تا ۶۵۰ درجه سلسیوس بیشتر نباید گرم شود. در فولادهای آبدیده و بازپخت شده، اصلاح حرارتی مجاز نمی‌باشد.

اصلاح حرارتی فولادهای بالای رده S355 تا S690 باید با تایید مهندس ناظر و با دستورالعمل مکتوب شامل حداکثر دما و روش خنک‌کاری، روش حرارت‌دهی، روش اندازه‌گیری دما، شناسایی نفراتی که صلاحیت انجام این فرایند را دارا باشند، انجام پذیرد. این دستورالعمل باید براساس نتایج آزمایش کشش، ضربه و سختی به تایید رسیده باشد.

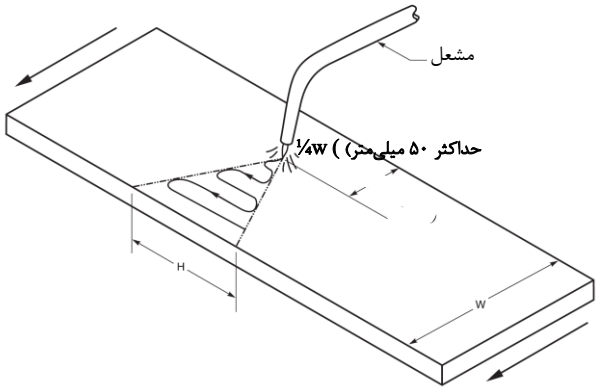


الگوی حرارتی برای ایجاد یا اصلاح خم‌های تکی در نیمرخ‌های نورد شده.
پیکان‌ها جهت خم حاصل را نشان می‌دهد.
الگوی اصلاح حرارتی در مقاطع نوردی



اصلاح حرارتی نقطه ای روی ورق

1- Flame straightening
2- for more information see AWS C4-4



اصلاح حرارتی وی شکل برای صاف کردن تسمه

۷-۲۱- رواداری ابعاد اتصال

۷-۲۱-۱- مجموعه جوش گوشه

قطعاتی که به وسیله جوش گوشه به یکدیگر جوش می‌شوند، باید تا حد امکان در نزدیکی هم قرار گیرند. فاصله ریشه[1] (بازشدگی درز) نباید از ۵ میلیمتر بزرگتر باشد، مگر اینکه ضخامت قطعات از ۷۵ میلیمتر بزرگتر باشد. در این موارد حداکثر فاصله ریشه تا ۸ میلیمتر قابل پذیرش است به شرط اینکه پشت‌بند[2] مناسب برای درز جوش تعبیه شود. اگر فاصله ریشه از ۲ میلیمتر بزرگتر شود، اندازه ساق جوش مندرج در نقشه، باید به اندازه آن افزایش یابد و یا سازنده به طریقی اثبات نماید که ضخامت موثر گلویی موردنظر حاصل شده است.

۷-۲۱-۱-۱- سطح تماس

بازشدگی بین سطوح در تماس جوش‌های انگشتانه و کام و همچنین فاصله بین درزهای لب‌به‌لب همراه تسمه و پشت‌بند نباید از ۲ میلیمتر بزرگتر باشد. استفاده از ورق پرکننده مجاز نیست مگر اینکه استفاده از آن در نقشه‌ها تصریح شده باشد و یا به تایید مهندس طراح برسد و منطبق بر مفاد بند ۴-۱۱ باشد.

۷-۲۱-۲- مجموعه جوش شیاری با نفود نسبی

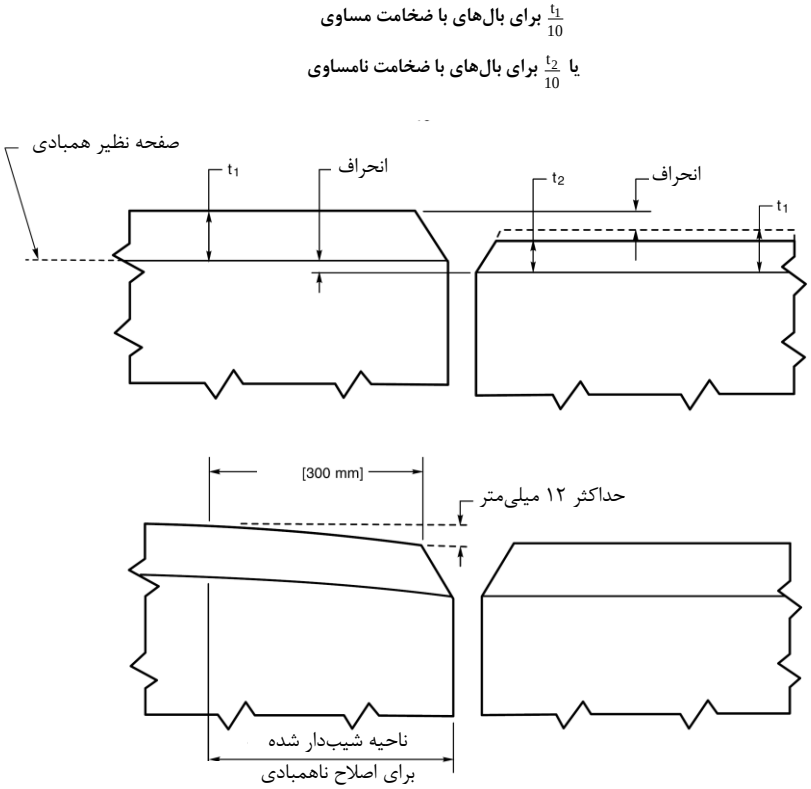
قطعاتی که با جوش شیاری با نفوذ نسبی در امتداد طولی به یکدیگر متصل می‌شوند، باید تاحد امکان در نزدیکی هم قرار گیرند. فاصله ریشه بین دو قطعه نباید از ۵ میلیمتر بزرگتر شود، مگر اینکه ضخامت قطعه از ۷۵ میلیمتر بزرگتر باشد. در این موارد حداکثر فاصله ریشه تا ۸ میلیمتر قابل پذیرش است، مشروط براینکه پشت‌بند مناسب برای درزجوش تعبیه شود

1- Root opening
2- Backing

و جوش حاصل ضوابط مربوط به اندازه جوش را برآورده نماید. روداری‌های مربوط به درزهای اتکایی[1] باید منطبق بر مشخصات فنی خصوصی پیمان باشد.

۷-۲۱-۳- همراستایی اتصال لب‌به‌لب

قطعاتی که با جوش شیاری به صورت لب‌به‌لب به یکدیگر متصل می‌شوند، باید با دقت با یکدیگر همباد[2] و تراز شوند. حداکثر ناهمترازی بین دو قطعه، مساوی ۱۰ درصد ضخامت قطعه نازکتر یا حداکثر ۳ میلیمتر می‌باشد. برای اصلاح ناهمترازی نباید شیبی بزرگتر از ۱۲ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر به وجود آورد. اندازه‌گیری ناهمترازی باید برمبنای میانتار قطعات انجام شود. مگر اینکه در نقشه‌ها به نحو دیگری مشخص شود.



در اصلاح ناهمبادی بیش از حدمجاز، قطعات نباید به سمت شیب بیشتر از ۱۲ میلی‌متر در ۳۰۰ میلی‌متر کشیده شوند.

ناهمراستایی اتصال لب‌به‌لب و اصلاح آن

1- Bearing Joints
2- Aligned

۷-۲۱-۴- ابعاد شیار

۷-۲۱-۴-۱- رواداری‌های مقطع غیر لوله‌ای

رواداری‌های مربوط به فاصله ریشه[1] و پیشانی ریشه[2] در شکل ۷-۳ (به استثنای ESW و EGW و بند ۷-۲۱-۴-۲) نشان داده شده است. در صورتی‌که ابعاد و اندازه مقطع جوش اختلافی بیش از مقادیر ارائه شده در شکل (یا در ادامه) با اندازه نشان داده شده در نقشه‌ها داشته باشد، درز با تایید مهندس ناظر یا اصلاح قابل پذیرش است.

۷-۲۱-۴-۲- اصلاح

در صورتی‌که اختلاف فاصله ریشه با مقدار نقشه بزرگتر از رواداری مجاز مذکور در شکل ۷-۵ باشد ولی از دو برابر ضخامت ورق نازکتر و یا ۲۰ میلیمتر (هر کدام که کوچکتر باشند) بزرگتر نباشد، با استفاده از جوشکاری (قبل از جوشکاری درز اتصال) قابل اصلاح است.

۷-۲۱-۴-۳- تایید مهندس

فاصله‌های ریشه بزرگتر از بند ۷-۲۱-۴-۲ فقط با اجازه مهندس مشاور، قابل تعمیر با جوشکاری می‌باشند.

۷-۲۱-۵- شیارهای شیارزنی شده

مقطع شیارهایی که به وسیله شیارزنی[3] ایجاد می‌شوند، باید در انطباق اساسی با مقطع شیارهای استاندارد طبق اشکال ۵-۱ و ۵-۲ و دستورات بند ۵-۴-۱ و ۵-۴-۲ باشند. همچنین باید دسترسی مناسب به ریشه جوش وجود داشته باشد.

۷-۲۱-۶- روش‌های همبادسازی

قطعاتی که به یکدیگر جوش می‌شوند، باید همباد[4] یکدیگر قرار گرفته و به وسیله پیچ، گیره، گوه، قید و یا خال‌جوش در وضعیت خود تا اتمام جوشکاری تثبیت شوند. در صورت امکان استفاده از قید و بند[5]، توصیه می‌شود. آزادی‌های مناسبی برای جمع شدگی و تابیدگی باید وجود داشته باشد.

۷-۲۲- رواداری‌های ابعادی

رواداری ابعادی اعضای جوش شده، باید منطبق بر موارد زیر باشد:

1- Root opening
2- Root face
3- Gouging
4- Alignment
5- Jigs and fixtures

۱- مشخصات فنی خصوصی حاکم بر کل سازه.

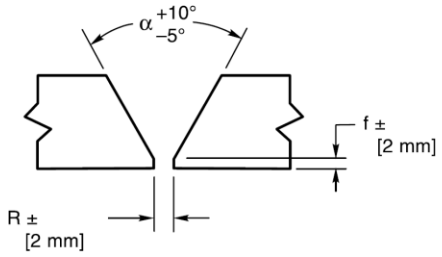
۲- رواداری‌های مقرر در بندهای ۷-۲۲-۱ تا ۷-۲۲-۱۲.

۷-۲۲-۱- راست بودن ستون‌ها و خرپاها

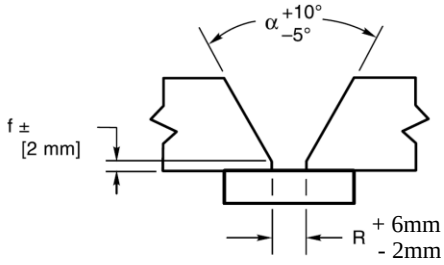
برای ستون‌ها و اعضای اصلی خرپا که با استفاده از جوش ساخته می‌شوند، بدون توجه به سطح مقطع، میزان انحراف مجاز در هم‌راستایی عضو (انحراف محور عضو از خط راست) برابر است با:

- برای اعضای با طول کمتر از ۹ متر: یک میلیمتر به ازای هر مترطول عضو.
- برای اعضای با طول ۹ تا ۱۵ متر: ۱۰ میلیمتر.
- برای اعضای با طول بزرگتر از ۱۵ متر:

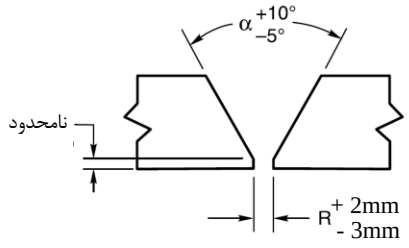
$$10\text{mm} + 3\text{mm} \times \frac{\text{طول عضو برحسب متر} - 15}{3}$$



(الف) جوش شیاری بدون پشت‌بند- بدون جوش پشت



(ب) جوش شیاری با تسمه پشت‌بند- بدون جوش پشت



(پ) جوش شیاری بدون پشت‌بند- با جوش پشت

رویه ریشه درز	بدون شیارزنی و جوش پشت	با شیارزنی و جوش پشت
	mm	mm
(۱) پیشانی ریشه درز	±2	نامحدود
(۲) فاصله ریشه بدون پشت‌بند	±2	+2 -3
(۳) فاصله ریشه با پشت‌بند	+6 -2	بدون کاربرد
(۴) زاویه شیار	+10° −5°	+10° −5°

ملاحظه: برای رواداری‌های جوش شیاری با نفوذ کامل در مقاطع لوله و قوطی که از یک‌طرف بدون پشت‌بند اجرا می‌شوند، بند ۱۰-۲۳-۲-۱ ملاحظه شود.

شکل ۷-۳- رواداری‌ها در مجموعه درزها با جوش شیاری

۷-۲۲-۲- راست بودن تیر و شاهتیر

برای تیرها و شاه‌تیرهای جوش شده، بدون توجه به مقطع، که در آنها هیچ انحنای خاص (نظیر پیش‌خیز[1]) وجود ندارد، میزان انحراف مجاز از هم‌راستایی برابر است با: یک میلیمتر به ازای هر مترطول عضو.

۷-۲۲-۳- انحنای عمودی تیر و شاهتیر

برای تیرها و شاه‌تیرها، به استثنای تیرهای مختلط که بال فوقانی آنها بدون ماهیچه بتنی در داخل بتن مدفون است، بدون توجه به سطح مقطع، میزان انحراف مجاز از انحنانی پیش‌خیز عضو در پیش‌مونتاژ[2] قطعات عضو در کارخانه، برابر است با:

در وسط دهانه:

طول دهانه	انحراف مجاز
< 30m	-0 تا +20 mm
≥ 30m	-0 تا +40 mm

در تکیه‌گاه:

0 برای تکیه‌گاه‌های انتهایی

±3 mm برای تکیه‌گاه‌های داخلی

برای نقاط میانی:

$$-0 \text{ و } +\frac{4(a)b\left(1-\frac{a}{S}\right)}{S}$$

1- Camber
2- Shop assembly

که در آن:

a = فاصله نقطه موردنظر تا نزدیکترین تکیه‌گاه (متر)

S = طول دهانه (متر)

b = ۲۰ میلیمتر برای دهانه‌های کوچکتر از ۳۰ متر

b = ۴۰ میلیمتر برای دهانه‌های مساوی یا بزرگتر از ۳۰ متر

به جای استفاده از رابطه بالا، می‌توان از مقادیر جدول ۷-۵ استفاده نمود.

جدول ۷-۵- رواداری‌های انحنای پیش‌خیز تیرها برای تیرهای غیرمختلط

دهانه	a/s				
	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵
≥ ۳۰ m	۱۴	۲۵	۳۴	۳۸	۴۰
< ۳۰ m	۷	۱۳	۱۷	۱۹	۲۰

۷-۲۲-۴- انحنای عمودی تیر و شاهتیر (بدون ماهیچه بتنی)

برای اعضایی که بال فوقانی آنها در بتن مدفون است (بدون ماهیچه بتنی) میزان انحراف مجاز از انحنای پیش‌خیز عضو در پیش‌مونتاژ قطعات در کارخانه، برابر است با:

وسط دهانه:

طول دهانه کوچکتر از ۳۰ متر: ± 10 mm

طول دهانه بزرگتر یا مساوی ۳۰ متر: ± 20 mm

در تکیه‌گاه:

0 برای تکیه‌گاه‌های انتهایی

± 3 mm برای تکیه‌گاه‌های داخلی

برای نقاط میانی:

$$\pm \frac{4(a)b\left(1-\frac{a}{S}\right)}{S}$$

که در آن a و S همان تعاریف قبلی را دارا می‌باشند و:

b = ۱۰ میلیمتر برای دهانه‌های کوچکتر از ۳۰ متر

b = ۲۰ میلیمتر برای دهانه‌های بزرگتر یا مساوی ۳۰ متر

به جای استفاده از رابطه بالا، می‌توان از مقادیر جدول ۷-۶ استفاده نمود.

جدول ۷-۶- رواداری‌های انحنای پیش‌خیز تیرها برای تیرهای مختلط

دهانه	a/s				
	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵
≥ ۳۰ m	۷	۱۳	۱۷	۱۹	۲۰
< ۳۰ m	۴	۶	۸	۱۰	۱۰

بدون توجه به چگونگی نمایش پیش‌خیز در نقشه‌ها، علامت (+) نشان دهنده بالای منحنی و علامت (-) نشان دهنده پایین منحنی می‌باشد. رواداری‌های ارائه شده فوق برای تیرهایی که به صورت یکپارچه ساخته می‌شوند نیز اعمال می‌گردد. اندازه‌گیری‌های پیش‌خیز باید در حالت بدون بار انجام شود.

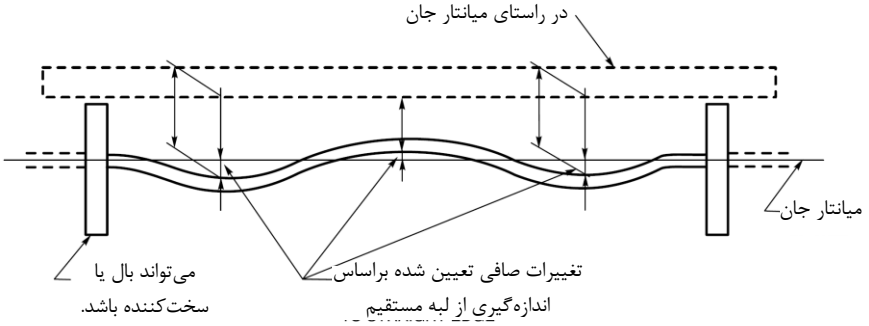
۷-۲۲-۵- انحنای افقی[1] تیرها

برای تیرها با انحنای افقی، انحراف مجاز از منحنی در وسط دهانه برابر است با: یک میلیمتر به ازای هر متر طول عضو، مشروط بر اینکه عضو دارای انعطاف‌پذیری کافی برای اتصال دیافراگم‌ها، بادبندهای عرضی و قاب‌های عرضی بدون آسیب رساندن به اعضای سازه‌ای باشد.

۷-۲۲-۶- تغییرات صافی جان

۷-۲۲-۶-۱- اندازه‌گیری

تغییرات صافی جان شاهتیرها باید با اندازه‌گیری میزان خروج از محوری محور واقعی جان نسبت به یک لبه مستقیم که بزرگتر از ابعاد قاب بوده و روی صفحه موازی صفحه جان قرار داشته، تعیین شود.



شکل ۷-۵- روش معمول تعیین تغییرات صافی جان تیر

1- Sweep

۷-۲۲-۶-۲- سازه‌های غیرلوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی

اختلاف در صافی جان با عمق D و ضخامت t در قابی که با بال یا سخت‌کننده‌ها یا هر دو محصور شده و حداقل ابعاد قاب d باشد. نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید.

سخت‌کننده‌های میانی در هر دو طرف جان:

- در صورتی که $D/t < 150$ باشد، حداکثر اختلاف در صافی جان = $d/100$
- در صورتی که $D/t \geq 150$ باشد، حداکثر اختلاف در صافی جان = $d/80$

سخت‌کننده‌های میانی در یک طرف جان:

- در صورتی که $D/t < 100$ باشد، حداکثر اختلاف در صافی جان = $d/100$
- در صورتی که $D/t \geq 100$ باشد، حداکثر اختلاف در صافی جان = $d/67$

بدون سخت‌کننده‌های میانی:

- در صورتی که $D/t \geq 100$ باشد، حداکثر اختلاف در صافی جان = $D/150$

۷-۲۲-۶-۳- سازه‌های غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی)

اختلاف در صافی جان با عمق D و ضخامت t در قابی که با بال یا سخت‌کننده یا هر دو محصور شده و حداقل ابعاد قاب d باشد، نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:

سخت‌کننده‌های میانی در هر دوطرف جان:

شاهتیرهای داخلی

- در صورتی که $D/t < 150$ باشد، حداکثر اختلاف در صافی جان = $d/115$
- در صورتی که $D/t \geq 150$ باشد، حداکثر اختلاف در صافی جان = $d/92$

شاهتیرهای پیشانی (کناری)

- در صورتی که $D/t < 150$ باشد، حداکثر اختلاف در صافی جان = $d/130$
- در صورتی که $D/t \geq 150$ باشد، حداکثر اختلاف در صافی جان = $d/105$

سخت‌کننده‌های میانی در یک طرف جان:

شاهتیرهای میانی

- در صورتی که $D/t < 100$ باشد، حداکثر اختلاف در صافی جان = $d/100$
- در صورتی که $D/t \geq 100$ باشد، حداکثر اختلاف در صافی جان = $d/67$

شاهتیرهای پیشانی (کناری)

- در صورتی که $D/t < 100$ باشد، حداکثر اختلاف در صافی جان = $d/120$
- در صورتی که $D/t \geq 100$ باشد، حداکثر اختلاف در صافی جان = $d/80$

بدون سخت کننده داخلی- حداکثر اختلاف در صافی جان= $D/150$

۷-۲۲-۶-۴-انحراف بیش از حد

انحرافات جان هر دو رواداری‌های بندهای ۷-۲۲-۶-۲ و ۷-۲۲-۶-۳ در انتهای شاهتیری که سوراخ‌کاری، پانچ ویا برقوکاری شده است، قابل قبول خواهد بود، مشروط براینکه پس از نصب ورق اتصال جان، صافی جان به رواداری ابعادی مناسب برسد.

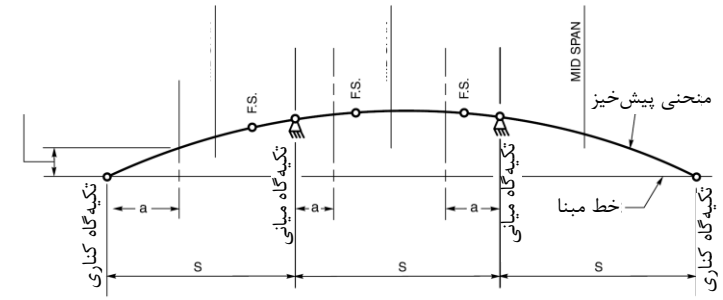
۷-۲۲-۶-۵- ملاحظات معماری

اگر به واسطه ملاحظات معماری، رواداری‌های سختگیرانه‌تری نسبت به بندهای ۷-۲۲-۶-۲ و ۷-۲۲-۶-۳ نیاز باشد، مرجع مشخص آن باید در اسناد مناقصه درج شود.

۷-۲۲-۷- اختلاف برون‌محوری جان و بال

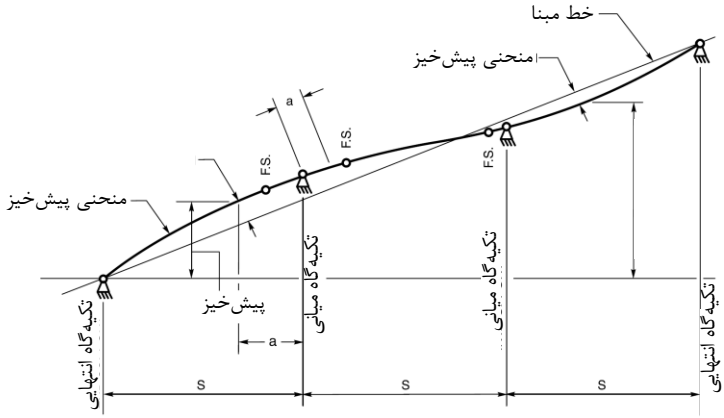
برای اعضای ورقی H و I، حداکثر اختلاف بین محور مرکزی جان و محور مرکزی بال در محل‌های تماس، مساوی ۶ میلیمتر می‌باشد.

وسط دهانه وسط دهانه وسط دهانه



F.S. = وصله‌های کارگاهی

نمای جانبی پیش‌مونتاژ تیر



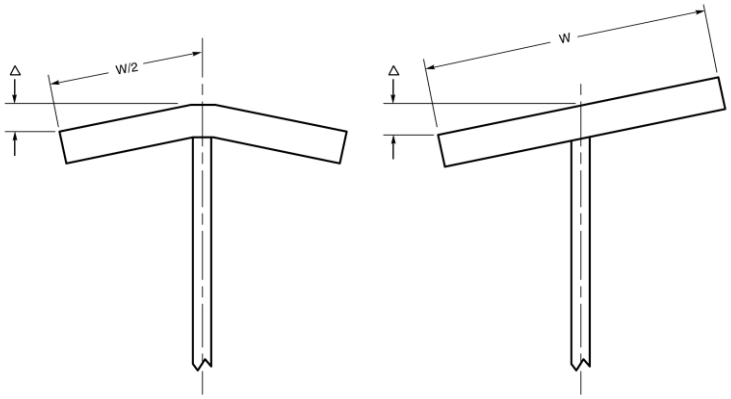
نمای جانبی پیش‌مونتاژ تیر

روش اندازه‌گیری منحنی پیش‌خیز تیرها

نمایش تصویری روش‌های اندازه‌گیری انحنای عمودی

۷-۲۲-۸- چرخش و انحنای بال

به استثنای قطعات متصل لب‌به‌لب جوش‌شده که باید الزامات بند ۷-۲۱-۳ را برآورده نمایند؛ میزان رواداری چرخشی و انحنای بال در تیر ورق‌های جوشی مطابق شکل زیر می‌باشد.



(هر کدام بزرگتر بود) $\Delta \leq 6\text{mm}$ یا $\frac{W}{100}$

چرخش و انحنای بال

۷-۲۲-۹- اختلاف ارتفاع تیر

برای تیرورق‌های جوشی، میزان رواداری مجاز در ارتفاع کل تیر که در صفحه مرکزی جان اندازه‌گیری می‌شود، برابر است با:

ارتفاع تیر	رواداری مجاز
$\leq 1m$	± 3 mm
$1m < h \leq 2m$	± 5 mm
$> 2m$	-5 , +8 mm

۷-۲۲-۱۰-سخت‌کننده اتکایی در محل بارهای متمرکز

انتهای سخت‌کننده اتکایی باید نسبت به جان گونیا و در تماس کامل با بال باشد. حداقل باید ۷۵ درصد مساحت کل سخت‌کننده در تماس با بال باشد. سطح خارجی بال که بر صفحه نشیمن فولادی تکیه می‌کند، در ۷۵ درصد سطح تصویر جان و سخت‌کننده‌ها باید در تماس با صفحه نشیمن با حداکثر ۰/۲۵ میلیمتر بادخور باشد. در ۲۵ درصد باقیمانده، حداکثر بادخور ۱ میلیمتر است. در صورتی‌که سخت‌کننده انتهایی موجود نباشد، حداکثر بادخور در ۷۵ درصد سطح تصویر جان، ۰/۲۵ میلیمتر و مساوی ۱ میلیمتر در ۲۵ درصد سطح باقیمانده می‌باشد. در این حالت زاویه بین بال تحتانی و جان ۹۰ درجه است.

۷-۲۲-۱۱-رواداری سخت‌کننده‌ها

۷-۲۲-۱۱-۱-جفت‌شدن[1] سخت‌کننده‌های میانی

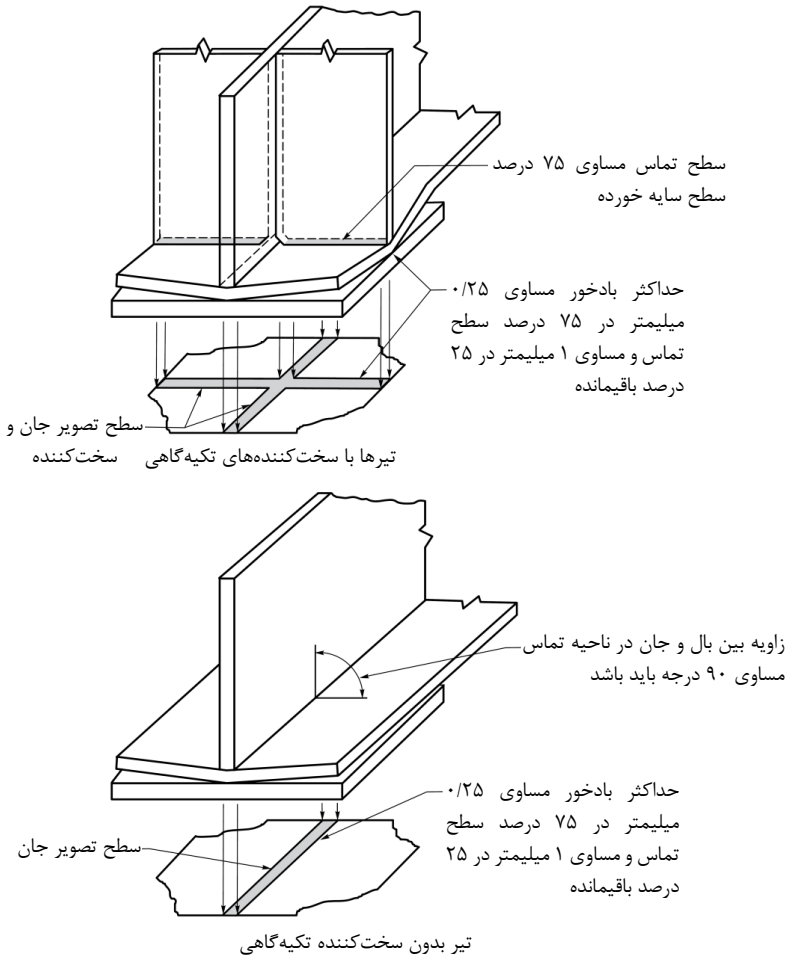
در جفت شدن کامل سخت‌کننده میانی در حدفاصل دو بال، بادخوری در حد ۲ میلیمتر بین بال و سخت‌کننده پذیرفتنی است.

۷-۲۲-۱۱-۲- هم‌راستا (صاف) بودن سخت‌کننده‌های میانی

میزان حداکثر رواداری در ناراستایی سخت‌کننده میانی به شرح زیر است:

رواداری (میلیمتر)	ارتفاع تیرورق (میلیمتر)
≤ 1800	12
> 1800	20

1- Fit



میزان رواداری در محل تماس تیر با تکیه‌گاه

۷-۲۲-۱۱-۳- هم‌راستا (صاف) بودن و جانمایی سخت‌کننده‌های تکیه‌گاهی

میزان حداکثر رواداری در ناراستایی سخت‌کننده‌های تکیه‌گاهی به شرح زیر است:

ارتفاع تیرورق (میلیمتر)	رواداری (میلیمتر)
≤ ۱۸۰۰	۶
> ۱۸۰۰	۱۲

حداکثر رواداری محور مرکزی واقعی سخت‌کننده از محور مرکزی تئوریک (نظری) مساوی t/2± می‌باشد که در آن t ضخامت سخت‌کننده است.

۷-۲۲-۱۲- سایر رواداری‌های ابعادی

میزان پیچیدگی مقاطع قوطی و سایر رواداری‌های ابعادی که در بخش ۷-۲۲ معرفی نشده‌اند، باید به طور مناسبی تعریف شده و در مشخصات فنی نصب گنجانده شوند.

۷-۲۳- مقطع جوش

تمامی جوش‌ها باید معیارهای پذیرش بازرسی چشمی مندرج در جداول ۸-۱ یا ۱۰-۱۵ را برآورده نمایند و عاری از ترک، لوچه و مقاطع غیرقابل قبول نمایش داده شده در شکل ۷-۴، جدول ۷-۸ و جدول ۷-۹ به جز مواردی که در بندهای ۷-۲۳-۱، ۷-۲۳-۲ و ۷-۲۳-۳ اجازه داده شده است، باشد.

جدول ۷-۸- مقاطع جوش

نوع جوش	نوع درز					
	لب‌به‌لب	گوشه داخلی	گوشه خارجی	سپری	پوششی	لب‌به‌لب به همراه ورق نگهدارنده
شیاری نفوذ کامل یا نسبی	شکل ۷-۴ (الف)	شکل ۷-۴ (ب)	شکل ۷-۴ (پ)	شکل ۷-۴ (ت)	ندارد	شکل ۷-۴ (ج)
	فهرست الف	فهرست ب	فهرست الف	فهرست ب	ندارد	پانویس (پ)
گوشه	ندارد	شکل ۷-۴ (ث)	شکل ۷-۴ (ج)	شکل ۷-۴ (ث)	شکل ۷-۴ (ث)	ندارد
	ندارد	فهرست پ	فهرست پ یا ت	فهرست پ	فهرست پ	ندارد

الف) فهرست الف تا ت در جدول ۷-۹ داده شده است.

ب) برای تقویت جوش گوشه مورد نیاز طراحی، محدودیت‌های نیمرخ برای گوشه و شیاری به طور جداگانه اعمال می‌شود.

پ) جوش‌هایی که با استفاده از تسمه نگهدارنده و جوش‌هایی که در موقعیت افقی بین بندهای عمودی با ضخامت نابرابر ساخته می‌شوند، از محدودیت‌های R و C مستثنی می‌باشند. برای جزئیات، اشکال ۷-۴ (چ) و ۷-۴ (ح) را مشاهده کنید.

ت) برای توضیح محل اعمال فهرست پ و ت شکل ۷-۴ (ج) ملاحظه شود.

جدول ۷-۹- فهرست مقطع جوش

فهرست الف	t = ضخامت ورق ضخیم‌تر برای جوش نفوذ کامل، t = اندازه جوش برای جوش با نفوذ نسبی			
		حداکثر R	حداقل R	t
		3 mm	0	≤ 25 mm
		5 mm	0	> 25 mm ≤ 50 mm
		6 mm(الف)	0	> 50 mm
فهرست ب	t = ضخامت ورق ضخیم‌تر برای جوش نفوذ کامل، t = اندازه جوش برای جوش با نفوذ نسبی، C = تحدب یا تقعر مجاز			
		حداکثر R	حداقل R	t
		نامحدود	0	< 25 mm
		نامحدود	0	≥ 25 mm
فهرست پ	w = پهنای سطح جوش یا مهره جوش، C = تحدب مجاز، شکل ۷-۴ (ج)			
		حداکثر R	حداقل R	C حداکثر (ب)
		نامحدود	0	3 mm
		نامحدود	0	5 mm

	W		C حداکثر (ب)	
	≤ 8 mm		2 mm	
	> 8 mm		3 mm	
	< 25 mm			
	≥ 25 mm		5 mm	
فهرست ت	t = ضخامت ورق ضخیم‌تر برای جوش نفوذ کامل، C = تحدب یا تقعر مجاز			
	t		C حداکثر (ب)	
	هر ضخامتی		t/2	

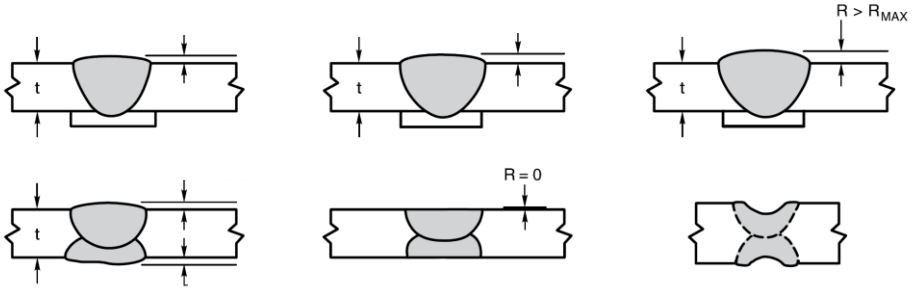
الف) حداکثر R، برای سازه‌های تحت بار چرخه‌ای (سیکلی). برای مصالح با ضخامت بیشتر از ۵۰ میلی‌متر، ۵ میلی‌متر می‌باشد.

ب) تا زمانی‌که حداقل اندازه جوش (با در نظر گرفتن هر دوی گلو و ساق) حاصل شده باشد، هیچ محدودیتی روی تقعر وجود ندارد.

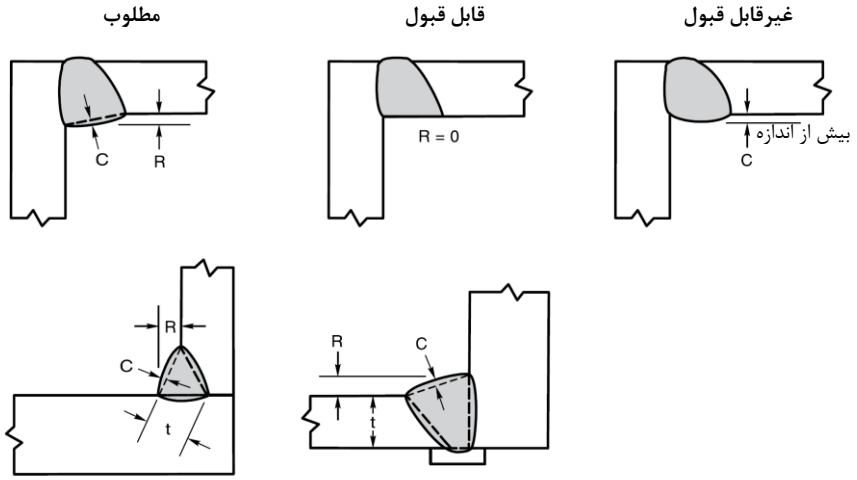
۷-۲۳-۱- جوش گوشه

همانطور که در شکل ۷-۴ نمایش داده شده استو مطابق با جداول ۷-۸ ، ۷-۹ ، ۸-۱ و ۱۰-۱۵ نمای جوش گوشه می‌تواند کمی محدب، صاف یا کمی مقعر باشد.

غیرقابل قبول	قابل قبول	مطلوب
حداکثر R>R	حداکثر R=R	حداکثر R<R
بیش از اندازه		
		حداکثر R<R
		حداکثر R<R

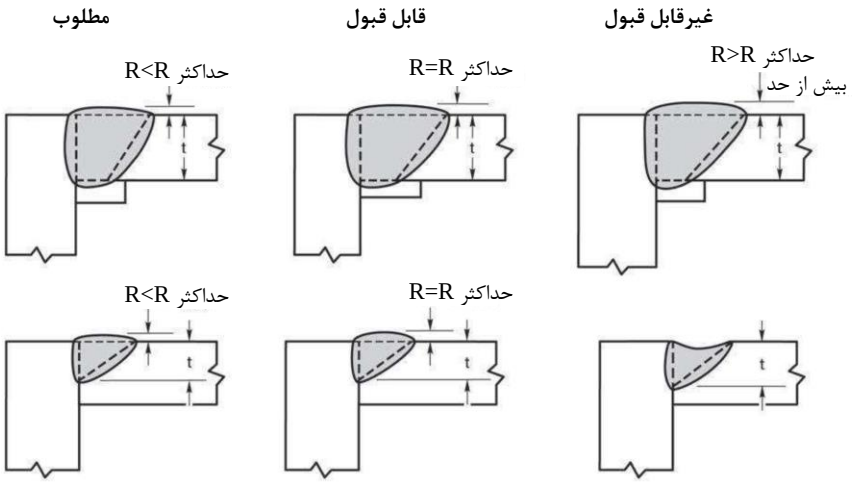


(الف) مقاطع جوش در اتصالات لب‌به‌لب

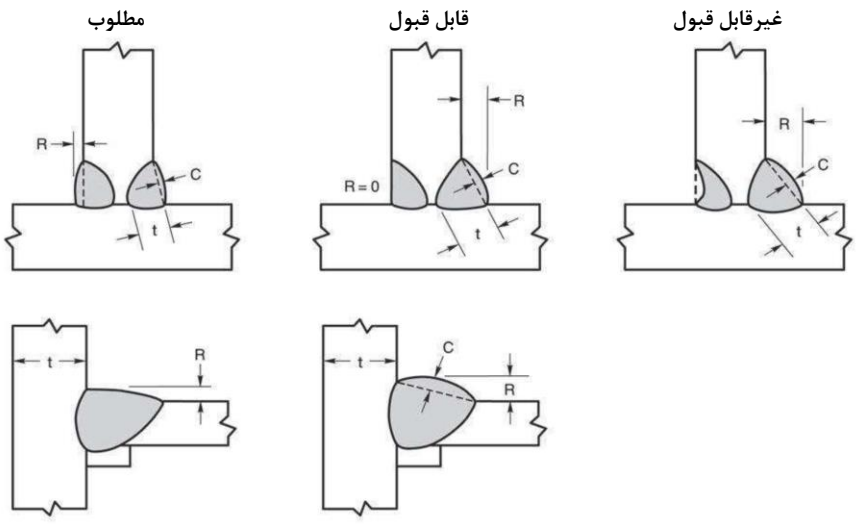


(ب) مقاطع جوش شیاری در اتصالات گوشه

شکل ۷-۴- الزامات مقطع جوش (مربوط به جداول ۷-۸ و ۷-۹)

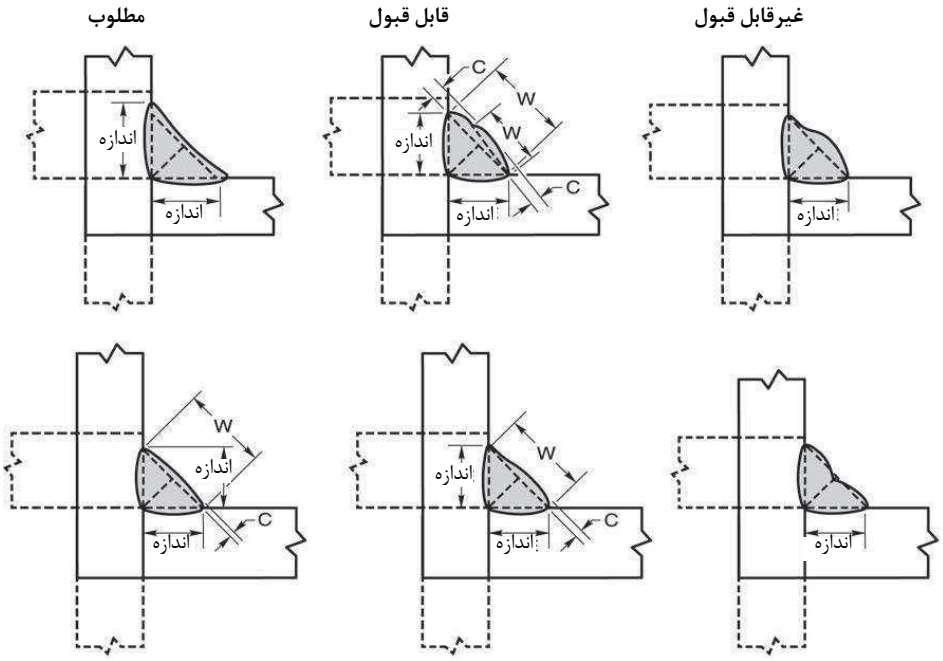


(پ) مقاطع جوش شیاری در اتصالات گوشه خارجی

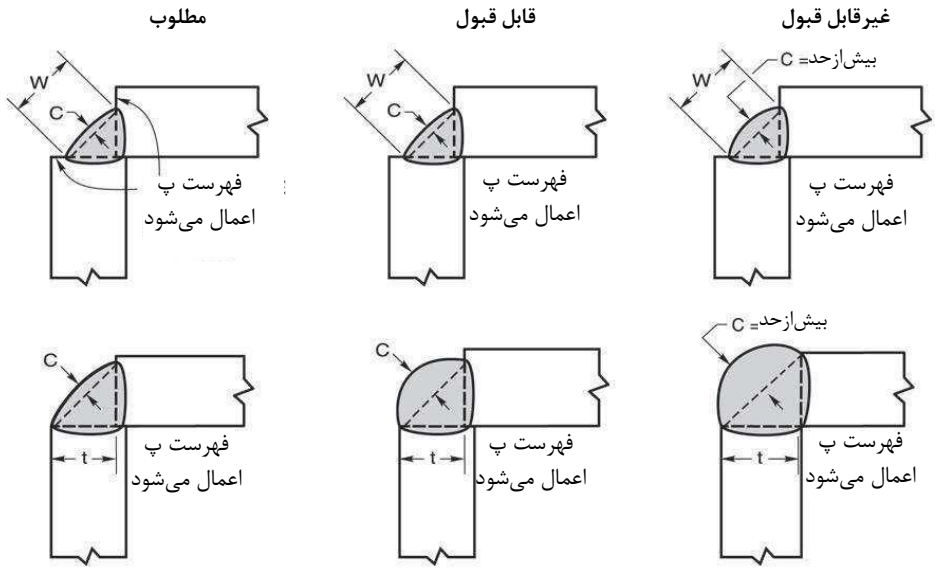


(ت) مقاطع جوش شیاری در اتصالات سپری

ادامه شکل ۷-۴- الزامات مقطع جوش (مربوط به جداول ۷-۸ و ۷-۹)

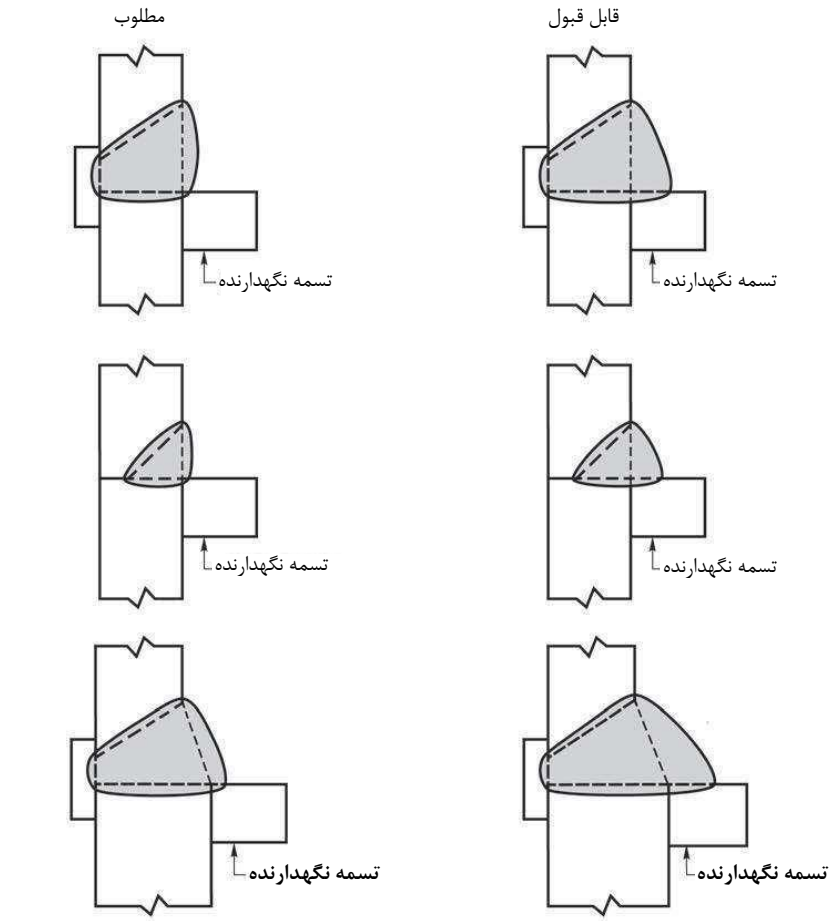


(ث) مقاطع جوش گوشه در اتصالات گوشه داخلی، پوششی و سپری

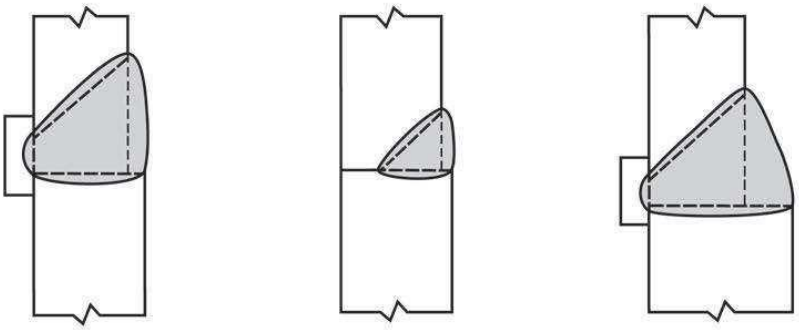


(ج) مقاطع جوش گوشه در اتصالات گوشه خارجی

ادامه شکل ۷-۴- الزامات مقطع جوش (مربوط به جداول ۷-۸ و ۷-۹)



(چ) جزئیات متداول تسمه نگهدارنده



(ح) مقاطع متداول برای جوش لب‌به‌لب بین ورق‌های باضخامت نامساوی

ادامه شکل ۷-۴- الزامات مقطع جوش (مربوط به جداول ۷-۸ و ۷-۹)

۷-۲۳-۲- استثناء برای جوش گوشه منقطع

به جز مورد بریدگی کنار جوش که مطابق آئین‌نامه مجاز می‌باشد، الزامات مقطع جوش مطابق شکل ۷-۴ نباید به انتهای جوش‌های گوشه منقطع خارج از طول موثر آنها اعمال شود.

۷-۲۳-۳- جوش شیاری

گرده جوش شیاری باید منطبق بر جداول ۷-۸ و ۷-۹ و شرایط زیر باشد. جوش باید دارای تبدیل تدریجی به سطح فلز پایه باشد.

در درزهای لب‌به‌لب در صورتی که سطح صاف[1] برای جوش موردنظر باشد، پرداخت‌کاری نباید به گونه‌ای باشد که ضخامت فلز پایه ورق نازکتر یا فلز جوش، بیش از ۱ میلی‌متر کاهش یابد. تحدب بیش از ۱ میلیمتر نیز باید برداشته شود. در صورتی که جوش در فصل مشترک (سطح تماس) دو ورق قرار گیرد، تمام تحدب جوش باید برداشته شود. هرگونه تحدب باید دارای تبدیل تدریجی به سطوح ورق باشد. برای حذف تحدب می‌توان از لبه‌زنی[2] یا شیارزنی[3] استفاده نمود، مشروط براینکه بعد از آن سنگ‌زنی[4] انجام شوند. در صورت نیاز به پرداخت سطح جوش، میزان زبری سطح نباید از ۶ میکرون تجاوز نماید. برای سازه‌های تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) سطوحی که با زبری ۳ تا ۶ میکرون پرداخت می‌شوند، جهت پرداخت باید در امتداد تنش‌های اصلی باشد. سطوحی که با زبری کمتری از ۳ میکرون پرداخت می‌شوند، می‌توانند در هر امتداد پرداخت شوند.

۷-۲۳-۴- تسمه نگهدارنده[5]

تسمه‌های نگهدارنده باید منطبق بر ضوابط بندهای ۷-۹-۱-۱ تا ۷-۹-۱-۵ باشد. تسمه‌های نگهدارنده تنها در اعضای تحت بار استاتیکی می‌تواند درجای خود باقی بماند.

۷-۲۴- روش جوش کام و انگشتانه

۷-۲۴-۱- جوش انگشتانه

روش جوشکاری انگشتانه به روش SMAW، GMAW (به غیر از GMAW-S) و FCAW باید مطابق شرایط زیر باشد.

1- Flush Surface
2- Chipping
3- Gouging
4- Grinding
5- Shelf Bar

۷-۲۴-۱-۱- وضعیت تخت

برای جوش‌هایی که در وضعیت تخت انجام می‌شوند، هرعبور جوش باید از اطراف ریشه جوش بصورت حلقوی به سمت مرکز سوراخ رسوب داده شود و لایه‌ای از جوش در ریشه و کف درز ایجاد شود. سپس قوس باید به اطراف سوراخ حرکت کند و این فرایند دوباره تکرار شود و لایه‌های موفقیت‌آمیز برای پرکردن سوراخ تا عمق موردنیاز انجام پذیرد. سرباره جوش تا زمانی که جوش تمام می‌شود باید مذاب نگه داشته شود. اگر قوس قطع شده یا سرباره سرد شود، سرباره باید بطور کامل قبل از شروع مجدد جوش خارج شود.

۷-۲۴-۱-۲- وضعیت عمودی

برای جوش‌های که در وضعیت عمودی (سربالا) انجام می‌شود، قوس از ریشه تحتانی سوراخ شروع شده و در یک طرف سوراخ به سمت بالا انجام می‌شود و ذوب سطح ورق داخلی به سمت کنار سوراخ انجام می‌شود. قوس در بالای سوراخ متوقف می‌شود و سرباره پاک شده و این فرایند در وجه مقابل سوراخ تکرار می‌شود. پس از تمیزکاری سرباره از روی جوش، لایه‌های بعدی بطور مشابه برای پرکردن سوراخ تا عمق مورد نیاز اجرا می‌شود.

۷-۲۴-۱-۳-وضعیت سقفی

فرایند جوشکاری در وضعیت سقفی مشابه جوش در وضعیت تخت است. با این تفاوت که در انتهای هر لایه اجازه داده می‌شود که سرباره جوش سردشده و بطور کامل برداشته شود. لایه‌های مختلف بدین ترتیب تکرار می‌شود تا عمق لازم حاصل شود.

۷-۲۴-۲- جوش کام

جوش کام باید با روش مشابه موارد ذکر شده در بند ۷-۲۴-۱ برای جوش انگشتانه انجام پذیرد، با این تفاوت که اگر طول شکاف از سه برابر عرض آن بیشتر باشد یا اینکه کام به انتهای قطعه ادامه یابد الزامات روش ۷-۲۴-۱-۳ باید اعمال شود.

۷-۲۵- تعمیر

برای برداشتن مصالح اضافی جوش یا قسمتی از فلز پایه، می‌توان از تراشکاری[۱]، سنگ‌زنی[۲]، لبه‌زنی[۳] و یا شیارزنی[۴] استفاده نمود. اعمال مذکور نباید باعث کاهش ضخامت در فلز یا جوش مجاور شوند. شیارزنی با برش هواگاز[۵] فقط برای فولادهای نوردی[۶] مجاز است. در هنگام برداشتن جوش‌های مردود (غیرقابل پذیرش)، مقادیر برداشته شده از فلز پایه باید به صورت

1- Machining
2- Grinding
3- Chpping
4- Gouging
5- Oxyfuel gas gouging
6- As- rolled steel

حداقلی باشد. قبل از جوشکاری محل تعمیری، سطح شیار ایجاد شده باید کاملاً پاک شود. در جوشکاری تعمیری، تمامی کاهش ضخامت‌های ایجاد شده در محل سنگ‌زده شده، باید کاملاً پر شوند.

۷-۲۵-۱- اختیارات سازنده

سازنده مخیر است جوش مردود را تعمیر نماید و یا تمام آن را برداشته و مجدداً به طور کامل جوش دهد، مگر اینکه در بند ۷-۲۵-۳ به نحو دیگری مشخص شده باشد. معیار پذیرش جوش تعمیر شده، مطابق جوش‌های اصلی بوده و با همان روش باید مورد آزمایش قرار گیرد. اگر سازنده تصمیم به تعمیر جوش بگیرد، روش کار به شرح زیر است:

۷-۲۵-۱-۱- لوچه[1]، تحدب بیش از حد یا گرده بیش از حد

مصالح جوش اضافی باید به روش مناسبی برداشته شود.

۷-۲۵-۱-۲- تقعر بیش از حد[2] جوش یا حوضچه انتهایی[3]، کمبود در اندازه جوش[4]، بریدگی پای‌جوش[5]

سطح جوش باید آماده‌سازی شده (بند ۷-۲۹) و سپس با انجام عبورهای متوالی، کمبود ضخامت‌ها جبران شود.

۷-۲۵-۱-۳-امتزاج ناقص[6]، تخلخل بیش ازحد[7]، آخال سرباره[8]

مناطق مشکوک باید برداشته شده (به بند ۷-۲۵ مراجعه شود) و مجدداً جوش شود.

۷-۲۵-۱-۴- ترک در جوش یا فلز پایه

در این حالت عمق نفوذ ترک باید به کمک آزمایش‌های مناسب (حک کاری ماکرو[9]، ذرات مغناطیسی[10]، رنگ نافذ[11] و سایر روش‌های موثر) تعیین شده و تا ۵۰ میلیمتر فراتر از ریشه ترک، مصالح باید کاملاً برداشته شده و مجدداً با جوش پر شود.

1- Overlap
2- Excessive Concavity
3- Crater
4- Undersize weld
5- Undercutting
6- Incomplete fusion
7- Excessive weld porosity
8- Slag inclusion
9- Acid etching
10- Magnetic particle inspection
11- Dye penetration inspection

۷-۲۵-۲- محدودیت‌های دمایی اصلاح حرارتی موضعی

اعوجاج‌های ناشی از عمل جوشکاری باید به کمک وسایل مکانیکی و یا حرارت‌های موضعی محدود رفع گردند و عضو به حالت مستقیم درآید. دما، که باید به کمک روش‌های مطمئن اندازه‌گیری شود، برای فولادهای آبدیده و بازپخت شده نباید از ۶۰۰ درجه سلسیوس و برای سایر فولادها نباید از ۶۵۰ درجه سلسیوس تجاوز نماید. قسمتی که برای صاف کردن تحت حرارت قرار می‌گیرد، باید کاملا عاری از تنش و نیروهای خارجی باشد، مگر آن دسته تنش‌های ناشی از روش‌های مکانیکی که همراه با حرارت برای صاف کردن عضو به کار گرفته می‌شود.

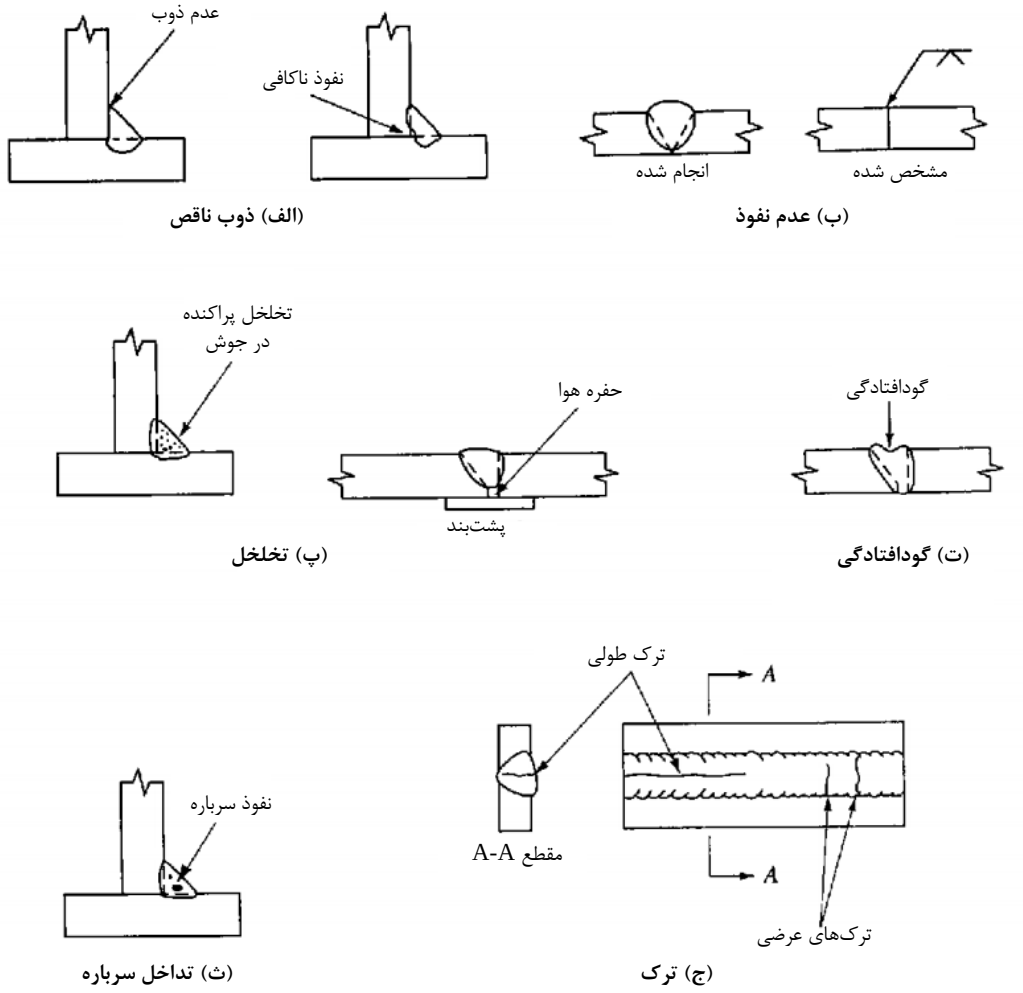
۷-۲۵-۳- تایید مهندس مشاور

برای تعمیر فلز پایه (غیر از آنهایی که طبق بند ۷-۱۴ لازم شده‌اند)، تعمیر ترک‌های بزرگ یا تاخیری[1]، تعمیر جوش‌های الکتریکی گازی و الکتریکی سرباره‌ای که دارای معایب داخلی هستند، و دستورکارهای جدید برای تعمیر و جبران نقایص، تایید قبلی مهندس مشاور لازم است. هرگونه حذف و بریدن قطعات که به طور نامناسب نصب و جوش شده‌اند، باید به اطلاع مهندس مشاور برسد.

۷-۲۵-۴- عدم دسترسی به جوش‌های غیرقابل قبول

اگر انجام کارهای تکمیلی باعث شود یک جوش مردود (غیرقابل پذیرش) غیرقابل دسترس شده و یا شرایط جدیدی پدید آورد که تعمیر جوش مردود، سلامت قطعه را به مخاطره اندازد، باید با حذف جوش‌ها یا اعضای اضافی شرایطی را به وجود آورد که امکان دسترسی به جوش فراهم شده و جوش تعمیر شود. اگر این عمل انجام نشود، باید با طرح جدیدی که به تایید مهندس طراح رسیده، کمبود مقاومت ناشی از جوش معیوب را جبران نمود.

1- Major or delayed crack



شکل ۷-۵- عیوب جوش

۷-۲۵-۵- پرکردن سوراخ‌های اضافی با جوش

برحسب مورد و طبق نظر مهندس طراح، سوراخ‌هایی که به اشتباه با منگنه کردن[1] و مته ایجاد شده را می‌توان به صورت باز رها نمود و یا آنها را توسط پیچ یا جوش پر کرد. سوراخ‌های اضافی را می‌توان با جوش پر کرد به شرطی که پیمانکار WPS پیش‌تایید شده یا تایید شده برای آن تهیه نموده و موارد (۱) تا (۴) را رعایت نماید. هندسه درز باید بصورت پیش‌تایید شده باشد.

(۱) در صورتی که فلز پایه در ناحیه کششی اعضای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) قرار نداشته باشد، آنها را باید با جوش پر نمود، مشروط براینکه سازنده برای سلامت جوش تعمیری از همان روش آزمایش غیرمخرب که در اسناد

1- Punch

پیمان برای جوش‌های شیاری استفاده می‌شود، استفاده نماید. اگر در اسناد پیمان روش مشخصی برای آزمایشات غیرمخرب ارائه نشده باشد، سوراخ پرشده باید با روش و معیار پذیرش مدنظر مهندس ناظر ارزیابی شود.

(۲) در صورتی که فلز پایه در منطقه کششی اعضای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) قرار داشته باشد، می‌توان سوراخ را با جوش پر نمود، مشروط براینکه:

(الف) مهندس مشاور تعمیر با جوش و دستورالعمل جوشکاری را تایید کرده باشد.

(ب) WPS مورد استفاده قرار گیرد و سلامت جوش با استفاده از روش‌های غیرمخرب مندرج در اسناد پیمان یا مورد تایید مهندس ناظر و در رده پذیرش جوش‌های شیاری کششی به تایید برسد.

(۳) در صورتی که فلز پایه فولاد آبدیده و بازپخت شده[۱] باشد، علاوه بر ضوابط بندهای ۱ و ۲، رعایت شرایط زیر نیز الزامی است.

(الف) فلز الکترود (فلز پرکننده) سازگار بوده، حرارت ورودی مناسب باشد و بعد از اتمام جوشکاری، عملیات حرارتی پس از جوشکاری در صورت نیاز صورت پذیرد.

(ب) قبل از انجام جوش‌های اصلی، جوش‌های آزمایشی مطابق WPS تعمیر انجام شده و به تایید برسد.

(پ) سلامت جوش آزمایشی مطابق الزامات بخش ۸-۱۲-۲-۱ با آزمایش پرتونگاری[۲] (RT) به تایید برسد.

(ت) مشخصات مکانیکی ناحیه جوش شده با انجام آزمایش‌های (I) یک آزمایش کششی مقطع کاهش یافته[۳]، (II) دو آزمایش خم جانبی[۴]، (III) سه آزمایش شارپی[۵] ناحیه متاثر از حرارت مطابق مشخصات مکانیکی فلز پایه فصل ۶ قسمت «ت» به تایید رسیده باشد.

(۴) سطح جوش باید مطابق بند ۷-۲۳-۳-۱ پرداخت شود.

---

۱ - Quenched and tempered

۲ - Radiographic Test

۳ - Reduced section tention test

۴ - Bend Test

۵ - Charpy notch test

۷-۲۶- تقه‌کاری[۱]

۷-۲۶-۱- تقه‌کاری

تقه‌کاری، کار مکانیکی روی فلز جوش با ضربات چکش به منظور کاهش تنش‌های پسماند و کاهش تنش‌های انقباضی است و بعد از انجماد و قبل از سرد شدن انجام می‌شود. از تقه‌کاری می‌توان در لایه‌های میانی جوش برای کنترل تنش‌های انقباضی[۲] در جوش‌های ضخیم به منظور جلوگیری از ترک یا انقباض و یا هر دو استفاده نمود. تقه‌کاری برروی جوش ریشه و همچنین لایه سطحی جوش در مجاورت لبه جوش به استثنای مواردی که در بند ۱۰-۲-۳-۶(۳) برای مقاطع لوله و قوطی ذکر شده است، مجاز نیست. در هنگام تقه‌کاری باید دقت شود که تداخل یا ترک در فلز جوش یا فلز پایه ایجاد نشود.

۷-۲۶-۲- ابزار

استفاده از چکش گل‌گیری دستی، اسکنه و یا ابزار ارتعاشی سبک مجاز بوده و تقه‌کاری محسوب نمی‌شود.

۷-۲۷- درزگیری[۳]

تغییرشکل پلاستیک سطح جوش یا فلز پایه با ابزار مکانیکی برای آب‌بندی کردن و بستن ناپیوستگی‌ها را چکش‌کاری در حالت سرد یا درزگیری گویند. هرگونه درزگیری برای فلز پایه با مقاومت تسلیم بالای ۳۴۵ مگاپاسکال ممنوع است. برای فلزات با مقاومت ۳۴۵ مگاپاسکال و پائین‌تر، درزگیری می‌تواند مشروط به موارد زیر انجام پذیرد:

الف) همه بازرسی‌ها باید انجام شده و به تایید برسد.

ب) درزگیری برای اجتناب از عیوب پوشش موردنیاز باشد.

پ) روش و محدودیت‌های درزگیری به تایید مهندس ناظر رسیده باشد.

۷-۲۸- لکه قوس[۴]

از ایجاد لکه قوس در خارج از ناحیه جوش‌های دائمی باید اجتناب کرد. ترک‌ها یا لکه‌های[۵] ناشی از لکه قوس باید سنگ زده شده و سلامت فلز پایه کنترل شود.

۱- Peening
2- Shrinkage stress
3- Caulking
4- Arc strike
5- Blemishes

۷-۲۹- تمیزکاری جوش[1]

۷-۲۹-۱- تمیزکاری حین اجرای جوش

قبل از انجام هر عبور، باید هرگونه سرباره عبورهای قبلی برداشته شده و سطح جوش و لبه‌های فلز پایه با برس سیمی یا دیگر ابزار مناسب، تمیز شود. این عمل نه تنها بین لایه‌های متوالی، بلکه در انتهای جوش و در هنگام تعویض الکترود و یا هر مقطع جوشکاری نیز باید انجام شود. این دستورالعمل نباید محدودیتی در اجرای جوش‌های انگشتانه و کام طبق بندهای ۷-۲۴ به وجود آورد.

۷-۲۹-۲- تمیزکاری جوش تکمیل شده

بعد از اتمام جوشکاری، باید سرباره جوش برداشته شده و سطح جوش و فلز اطراف آن، با برس سیمی یا ابزار مناسب دیگری تمیز شود. وجود پاشیدگی[2] در اطراف نوار جوش پس از جوشکاری مانعی ندارد، مگر اینکه وجود آن مزاحم انجام آزمایش‌های غیرمخرب باشد. قبل از پذیرش جوش، رنگ‌آمیزی سطح جوش ممنوع است.

۷-۳۰- ناودان انتهایی جوش (بند ۷-۲-۲ ملاحظه شود)

۷-۳۰-۱- در انتهای شیار، جوش باید به نحوی خاتمه یابد که از سلامت جوش اطمینان حاصل شود. در صورت لزوم باید با تعبیه ناودان[3] جوش مقداری از انتهای شیار اصلی ادامه یابد تا اندازه کامل در انتها حاصل شود.

۷-۳۰-۲- در سازه‌های غیرلوله‌ای تحت بارهای استاتیکی، حذف ناودان انتهایی لازم نیست مگر طبق دستور مهندس ناظر.

۷-۳۰-۳- در سازه‌های غیرلوله‌ای تحت بارهای چرخه‌ای (سیکلی)، بعد از سردشدن جوش، ناودان باید برداشته شده و لبه قطعه سنگ خورده و با فلز پایه هم‌سطح شود.

1 - Weld cleaning
2 - Spatter
3- Tabs

۷-۳۰-۴- در درزهای لب‌به‌لب تسمه‌ها و ورق‌ها، در صورتی‌که نیاز به هم سطح کردن (سنگ‌زدن) دو انتهای جوش در دو لبه تسمه یا ورق باشد، سنگ زدن باید به نحوی انجام شود که میزان کاهش عرض تسمه از ۳ میلیمتر تجاوز نکند.

برداشتن تحدب جوش بزرگتر از ۳ میلیمتر در دو لبه تسمه لازم نیست. انتهای جوش باید به صورت تدریجی با شیب حداکثر ۱ به ۱۰ به عرض واقعی تسمه تبدیل شود.

۷-۳۱- ملحقات موقت[1]

اگر روش نصب مستلزم استفاده از قطعاتی باشد که بطور موقت با جوش به سازه متصل شده‌اند، این قطعات باید به گونه‌ای قرار گیرند که بتوان به راحتی و بدون آسیب به سازه فولادی جدا شود. تمام جوش‌های این ملحقات موقت باید مطابق WPS تایید شده انجام پذیرد. مناطقی که نصب ملحقات موقت روی آنها مجاز نیست باید مشخص شود.

اگر لازم باشد ملحقات جوش شده موقت برداشته شوند، سطح فلز اصلی باید با دقت و مطابق الزامات این فصل صاف و پرداخت شود. برای اطمینان از اینکه قطعه در محل جوش ملحقات موقت ترک نخورده باشد، باید بازرسی انجام پذیرد.

جوش موقت به جوشی گفته می‌شود که برای نصب قطعه یا قطعاتی برای استفاده موقت در جابجایی، حمل و نقل یا کار روی درز جوش انجام شده باشد. وقتی جوش موقت برداشته می‌شود، مهم است که تمام جوش از سطح بدون آسیب به قطعه اصلی برداشته شود. روش عمومی آن برش شعله و سپس سنگ زنی می‌باشد. در صورتی‌که بطور اتفاقی بخشی از فلز اصلی آسیب ببیند باید با جوش پر و اصلاح شود.

۷-۳۲- جوش آب‌بندی[2]

جوش آب‌بندی به جوشی گفته می‌شود که برای رسیدن به درجه خاصی از جلوگیری از نشت انجام می‌پذیرد. در مقوله سازه‌ای، جوش آب‌بندی اغلب به منظور جلوگیری از ورود سیال به فضایی استفاده می‌شود که در آن انتظار برخی آسیب‌ها مثل خوردگی وجود دارد.

جوش آب‌بندی را می‌توان برای قطعات گالوانیزه به منظور اجتناب از نفوذ اسید، اسیدشویی و یا روی مایع استفاده نمود.

جوش آب‌بندی را می‌توان در سازه‌هایی که اعضای فولادی آن بصورت روباز هستند به منظور اجتناب از ریزش ناخوشایند زنگ آب روی سازه استفاده نمود.

جوش آب‌بندی ممکن است با ایجاد مسیرهای بار نامطلوب، عملکرد سازه‌ای ناخواسته‌ای ایجاد نماید. همچنین ممکن است روی روش‌های بازرسی به ویژه تفسیر نتایج تست فراصوت تاثیر بگذارد.

1- Temporary attachment
2- Seal weld

در صورتی‌که جوش آب‌بندی مورد نیاز باشد باید مطابق ضوابط اجرایی این آیین‌نامه و با نظارت مهندس مشاور انجام پذیرد.

۷-۳۳- حمل و نقل و انبارش

محصولات تشکیل دهنده سازه باید در شرایطی که مطابق پیشنهاد سازنده قطعات است نگهداری شود.
محصولات تشکیل دهنده نباید بیش از مدت زمان ماندگاری مشخص شده توسط سازنده آن استفاده شود. محصولاتی که به روشی یا برای مدت طولانی نگهداری شده‌اند که می‌تواند منجر به خرابی آنها شده باشد، برای مطابقت با محصول موردنظر باید قبل از استفاده بررسی شود.
اجزای سازه فولادی باید به روش ایمن بسته‌بندی، جابجا و حمل و نقل شود که تغییرشکل دائمی و آسیب سطحی در آنها رخ ندهد.

۷-۳۴- جوش در محل نصب[1]

پیمانکار نصب مسئول تعمیر آسیب‌های معمول و خوردگی پس از ساخت در قطعات سازه است. جوشکاری روی سطوح دارای پوشش نیازمند در نظر گرفتن تمهیدات ایمنی و کیفیتی است. در بسیاری از موارد نشان داده شده است که استفاده از وایربرس منجر به جوش باکیفیت می‌شود.
جوشکاری به قطعات در تماس با بتن و مجموعه‌های جوشی که کشیدگی ممکن است به تغییرات ابعادی اضافه شود، به انتخاب صحیح متغیرهای دستورالعمل جوشکاری و مونتاژ وابسته است. این شرایط به متغیرهای دیگری مثل وضعیت و مقدار بتن و جزئیات طراحی اتصال جوشی وابسته است.
محدوده متغیرهای اساسی فرایند جوشکاری باید در محدوده‌ای که معمولاً در شرایط پیش‌تایید شده استفاده می‌شود در نظر گرفته شود.

۷-۳۵- کنترل کیفیت و تضمین کیفیت جوش

رئوس برنامه‌های مربوط به کنترل و بازرسی جوشکاری سازه‌های فولادی را می‌توان در قالب پنج مورد زیر بیان نمود.

۱- جوشکاران (Personnel)

۲- فرایند جوشکاری (Process)

۳- آماده‌سازی درز جوش (Preparation)

1- Field welding

۴- دستورالعمل جوشکاری (Procedure)

۵- بازرسی و تایید (Prove)

فعالیت‌های بازرسی جوش شامل کنترل کیفیت و تضمین کیفیت در سه مرحله قبل، حین و پس از جوشکاری تقسیم‌بندی می‌شود که در جداول ۷-۱۰ تا ۷-۱۲ ارائه شده است. فعالیت‌هایی که باید توسط هر دو بخش کنترل کیفیت و تضمین کیفیت انجام پذیرد، می‌تواند بصورت همزمان با هماهنگی بین طرفین توسط یک شخص حقیقی یا حقوقی ثالث ذیصلاح انجام پذیرد. در این جداول فعالیت‌های بازرسی مشمول یکی از دو حالت زیر می‌باشد.

- مشاهده (O) : بازرس مربوطه باید این موارد را مشاهده و بررسی نماید. این بررسی و مشاهده شامل تمامی موارد نشده و می‌تواند بصورت غیرمنظم انجام شود. به هر حال تعداد بازبینی‌ها رافع مسئولیت QC و QA نمی‌باشد. در این حالت ادامه ساخت موکول به انجام بازرسی نیست.
- انجام (P) : این فعالیت‌ها باید برای هر مورد انجام پذیرد و انجام مرحله بعدی منوط به صدور تاییدیه مرحله قبل می‌شود.

جدول ۷-۱۰- بازرسی قبل از جوشکاری

ردیف	شرح فعالیت	QC	QA
۱	بررسی گواهینامه صلاحیت جوشکاران*	P	O
۲	بررسی دستورالعمل‌های جوشکاری	P	P
۳	بررسی گواهینامه مواد مصرفی جوش	P	P
۴	قابل شناسایی بودن مواد و مصالح (نوع و رده)	O	O
۵	سیستم شناسایی جوشکاران (علامتگذاری بند جوش)	O	O
۶	کنترل تجهیزات جوشکاری	O	O
۷	کنترل شکل و پرداخت سوراخ دسترسی	P	O
۸	کنترل آماده‌سازی درز جوش شیاری • آماده‌سازی درز • هندسه (هم‌راستایی، فاصله ریشه، عمق ریشه، پخ) • تمیزی درز جوش • وضعیت خال جوش‌کاری (کیفیت و محل خال جوش) • نوع پشت بند و مونتاژ آن	P	O
۹	کنترل آماده‌سازی درز جوش گوشه • هندسه (فاصله ریشه، راستا، ...) • تمیزی درز جوش • وضعیت خال جوش‌کاری (کیفیت و محل خال جوش)	O	O

* برگزاری دوره‌های آموزشی جوشکاران و صدور گواهینامه‌های صلاحیت به آن‌ها توسط مراکز ذیصلاح انجام گرفته باشد.

جدول ۷-۱۱- بازرسی حین جوشکاری

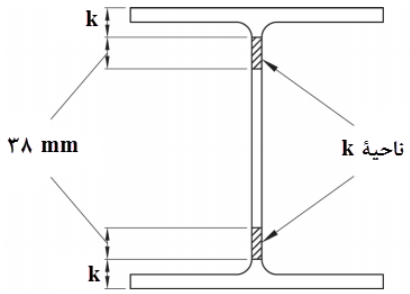
ردیف	شرح فعالیت	QC	QA
۱	کنترل شرایط نگه‌داری و جابه‌جایی الکترود • بسته بندی • زمان در معرض هوا بودن	O	O
۲	عدم جوشکاری روی ترک‌های خال‌جوش	O	O
۳	شرایط محیطی • سرعت باد • بارش ودما	O	O
۴	پیروی از دستورالعمل جوشکاری • تنظیم تجهیزات جوشکاری • سرعت جوشکاری • انتخاب الکترود و سیم جوش • نوع و دبی گاز محافظ • پیش‌گرمایش و دمای بین عبورهای میانی • وضعیت جوشکاری (OH,H,V,F)	O	O
۵	کنترل تکنیک جوشکاری • تمیزکاری بین دو عبور و عبور نهایی • هندسه جوش هر عبور • بازرسی کیفیت چشمی هر عبور	O	O
۶	قرارگیری و نصب گل‌میخ‌ها	P	O

جدول ۷-۱۲- بازرسی پس از جوشکاری

ردیف	شرح فعالیت	QC	QA
۱	کنترل تمیزکاری جوش	O	O
۲	کنترل ابعاد جوش (بعد، طول و محل جوش)	P	P
۳	بازرسی چشمی جوش • عدم وقوع ترک • امتزاج جوش با فلز پایه و عبورهای قبل • چالهٔ جوش • هندسهٔ مقطع جوش • بریدگی کناره جوش • تخلخل • لکهٔ قوس	P	P
۴	بازرسی‌های غیر مخرب	P	P
۵	کنترل سوراخ دسترسی جوش مقاطع سنگین برای اطمینان از عدم ترک‌خوردگی	P	P
۶	کنترل برداشتن پشت بند و ناودانی در صورت لزوم	P	P
۷	کنترل جوش تعمیری	P	P
۸	تهیه مستندات تایید یا رد کیفیت قطعات جوشکاری شده	P	P
۹	کنترل عدم جوشکاری در مناطق ممنوع	O	O
۱۰	ناحیهٔ k *	P	P

*هنگام جوشکاری ورق‌های مضاعف، ورق‌های پیوستگی و سخت کننده‌ها، بازرسی چشمی برای کشف ترک در ناحیه k ورق جان تا فاصله ۷۵ میلی‌متر بالا و پایین جوش انجام شود.

ناحیهٔ k مطابق شکل زیر، به حدفاصل نقطهٔ شروع گردی ریشهٔ اتصال بال به جان تا ۳۸ میلی‌متر بعد از آن اطلاق می‌شود.



ناحیهٔ k

فصل ۸

بازرسی

این فصل، دربرگیرنده الزامات بازرسی و آزمون‌های غیرمخرب است و به هفت قسمت زیر تقسیم می‌شود:

قسمت الف: ضوابط عمومی

قسمت ب: مسئولیت‌های پیمانکار

قسمت پ: معیار پذیرش

قسمت ت: دستورالعمل‌های آزمایش‌های غیرمخرب

قسمت ث: آزمایش پرتونگاری

قسمت ج: آزمایش فراصوت جوش‌های شیاری

قسمت چ: سایر روش‌های آزمایش

پیوست الف: آزمایش ذرات مغناطیسی (MT)

پیوست ب: آزمایش مایع نافذ (PT)

قسمت الف: ضوابط عمومی

۸-۱- کلیات

۸-۱-۱- اطلاعات ارائه شده به مناقصه‌گران

در صورتیکه آزمایش‌های غیرمخربی غیر از بازرسی چشمی مورد نیاز باشد، باید بطور واضح در اسناد مناقصه اعلام شود. این اطلاعات باید انواع جوش‌هایی که باید مورد آزمایش قرار گیرند را مشخص نموده، میزان و گستره آزمایش‌های هر نوع جوش و روش‌های آزمایش را نیز مشخص نماید.

۸-۱-۲- مقررات بازرسی و قرارداد

از دیدگاه این آیین‌نامه، بازرسی و آزمایش‌های ساخت/نصب[1]، و بازرسی و آزمایش‌های تایید و تطبیقی[2]، وظایف جداگانه‌ای هستند. بازرسی و آزمایش در حین ساخت/نصب در واقع عملیات بازرسی لازم در حین تهیه مصالح، برشکاری، مونتاژ، جوشکاری و بعد از جوشکاری هستند که پیمانکار انطباق مصالح و روش‌های اجرایی را با شرایط مندرج در اسناد قراردادی، تضمین می‌کند. بازرسی و آزمایش تایید، مجموعه عملیات برای تایید کار انجام شده می‌باشد. انجام بازرسی‌ها و آزمایش‌های تایید و تسلیم گزارش‌های مربوطه به پیمانکار و کارفرما، باید با چنان نظم زمانی صورت پذیرد که وقفه‌ای در کار به وجود نیاورد.

بازرسی و آزمایش‌های ساخت/نصب از مسئولیت‌های پیمانکار بوده، مگر اینکه در اسناد پیمان به نحو دیگری مقرر شده باشد. بازرسی‌ها و آزمایش‌های تایید، از حقوق کارفرماست که می‌تواند آن را برعهده یک سازمان مستقل و یا پیمانکار تفویض نماید.

۸-۱-۳- تعریف انواع بازرس

بازرس تایید[3] شخصی است که برای کارفرما (یا مهندس مشاور) کار می‌کند و از طرف ایشان مسئول تمامی مفاد نظارتی و کیفیتی اجرا می‌باشد. بازرس پیمانکار[4] شخصی است که برای پیمانکار کار می‌کند و از طرف او مسئول تمامی مفاد نظارتی و کیفیتی اجرا است. اگر لغت بازرس در هر جای متن به تنهایی ذکر شود، برحسب حدود وظایف بند ۸-۱-۲، شامل هر دو بازرس پیمانکار و بازرس تایید می‌شود.

1- Fabrication/Erection inspection and testing
2- Verification inspection and testing
۳ - Verification inspector
4 - Contractor’s Inspector

۸-۱-۴- ارزیابی بازرسین

۸-۱-۴-۱- مسئولیت‌های مهندس مشاور

اگر مهندس مشاور برای صلاحیت بازرسین مبنای خاصی غیر از موارد بند ۸-۱-۴-۲ نیاز داشته باشد باید در اسناد پیمان ذکر شود.

۸-۱-۴-۲- بازرسینی که مسئول تایید یا رد مصالح و اجرا برمبنای بازرسی چشمی هستند، باید مورد ارزیابی و تشخیص صلاحیت قرار گیرند. مبانی ارزیابی بازرسین باید مستند شود. اگر مسئولیت تدوین مبانی ارزیابی بازرسین برعهده مهندس مشاور باشد، موضوع باید در مشخصات فنی ذکر شود.

ارزیابی بازرسین باید برمبنای «آیین‌نامه ملی ارزیابی بازرسین» انجام شود. در غیاب آیین‌نامه ملی، می‌توان از آیین‌نامه‌های بین‌المللی یا معتبر استفاده نمود[1].

۸-۱-۴-۳- مبانی جایگزین ارزیابی بازرسین اگر با الزامات بند ۸-۱-۴-۲ متفاوت باشد باید در اسناد و پیمان درج شود. در صورت درخواست مشاور، اسناد جایگزین ارزیابی بازرسین به منظور رسیدگی و تایید باید ارائه شود.

۸-۱-۴-۴- کمک بازرس

بازرس جوش می‌تواند چند کمک داشته باشد که تحت نظارت وی در امر بازرسی عمل نمایند. کمک بازرسین باید با تمرین و تجربه در اموری که به آنها محول می‌شود، صلاحیت کسب نمایند. عملکرد کمک بازرسین باید توسط بازرس به طور منظم مورد ارزیابی قرار گیرد.

۱- مبانی ارزیابی قابل قبول به شرح زیر می‌باشند:

- مقررات ارزیابی AWS تحت عنوان:

AWS QCI , CWI or SCWI: Standard and guide for qualification an certification of welding inspectors.
AWS B5.1: Specification for the qualification of welding inspectors.

- مقررات ارزیابی دفتر جوشکاری کانادا (CWB) تحت عنوان:

Standard W178.2 , Level 2 or 3: Certification of welding inspectors-canadian standard association.

- مقررات ارزیابی ASNT تحت عنوان:

ASNT-SNT-TC-1A , VT Level II

- مقررات ارزیابی ISO تحت عنوان:

ISO 9712 , VT Level II

- مقررات ارزیابی انجمنی آزمون‌های غیرمخرب ایران IRNDT تحت عنوان:

IRCCP , VT Level II

۸-۱-۴-۵- ارزیابی کمک بازرس

ارزیابی کمک بازرسین باید برمبنای «آیین‌نامه ملی ارزیابی بازرسین» انجام شود. در غیاب این آیین‌نامه‌ها می‌توان از آیین‌نامه‌های بین‌المللی یا معتبر[1] استفاده نمود.

۸-۱-۴-۶- آزمایش چشم

بازرس و کمک‌بازرس باید تحت معاینه چشم قرار گیرند، به طوریکه با و یا بدون استفاده از عینک، قدرت دید نزدیک در حداقل فاصله ۳۰۰ میلیمتر (Jaeger J-2) برای حداقل یک چشم دارا باشند. همچنین، آزمایش چشم معادل که توسط چشم‌پزشک انجام شده باشد قابل قبول است. معاینه چشم باید در هر سه سال (و یا کمتر در صورت نیاز) تکرار شود.

۸-۱-۴-۷- مدت اثربخشی

گواهینامه تاییدصلاحیت بازرس جوش مادامی که در امر بازرسی فعال باشد و معاینات چشم او معتبر باشد، معتبر است، مگر اینکه دلایل مشخصی برای عدم توانایی بازرس وجود داشته باشد.

۸-۱-۵- مسئولیت بازرس

بازرس باید اطمینان حاصل نماید که مونتاژ، ساخت و نصب قطعات به وسیله جوشکاری، مطابق با ضوابط مدارک طراحی انجام شده است.

۸-۱-۶- اقلامی که باید در اختیار بازرس قرار گیرد

بازرس جوش باید نقشه‌های جزییات جوشکاری را که نشان دهنده اندازه، نوع، و محل جوش‌ها است، در اختیار داشته باشد. آن بخش از اسناد پیمان که مربوط به مشخصات مکانیکی فولاد و الکترود و محصولاتی که ساخته و نصب می‌شود نیز باید در اختیار بازرس جوش قرار گیرد.

۸-۱-۷- مطلع نمودن بازرس

بازرس جوش باید قبل از شروع عملیات اجرایی که نیازمند بازرسی و تایید می‌باشند، مطلع شود.

۸-۲- بازرسی مصالح

بازرس پیمانکار باید مطمئن شود که فقط مصالح و تجهیزات منطبق بر مفاد این آیین‌نامه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

1- AWS QC1 (CAWI), CWB Level I , ASNT VT Level I
یا فردی که با آموزش و تجربه برای انجام وظایف خاصی که به آنها محول شده است ارزیابی شده باشد.

۸-۳- بازرسی دستورالعمل‌های جوشکاری

۸-۳-۱- بازرس باید همه دستورالعمل‌های جوشکاری پیش‌تایید و ارزیابی شده را مورد بازبینی قرار داده و مطمئن شود که این دستورالعمل‌ها منطبق بر مفاد این آیین‌نامه و اسناد پیمان هستند.

۸-۳-۲- بازرس باید همه فرایندهای جوشکاری را مورد بازرسی قرار داده و مطمئن شود که منطبق بر دستورالعمل‌هایی است که ضوابط این آیین‌نامه و اسناد پیمان را برآورده می‌کند.

۸-۴- بازرسی صلاحیت جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری، و خال‌جوشکاران

۸-۴-۱- بازرس باید به جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و خال‌جوشکارانی که طبق فصول ۶ و ۱۰ این آیین‌نامه تحت ارزیابی قرار گرفته و صلاحیت آنها تایید شده است و یا صلاحیت آنها قبلاً توسط مرجع ذیصلاح مورد ارزیابی قرار گرفته است، اجازه کار بدهد.

۸-۴-۲- اگر به نظر برسد که توانایی یا صلاحیت جوشکار، اپراتور جوشکاری و یا خال‌جوشکار ارزیابی شده پایین‌تر از ضوابط این آیین‌نامه است، بازرس می‌تواند به کمک آزمایش‌های ساده، نظیر آزمایش شکست جوش گوشه و یا حتی آزمایش‌های کامل فصل ۶ یا ۱۰، جوشکار را مورد ارزیابی مجدد قرار دهد.

۸-۴-۳- در صورتیکه جوشکار، اپراتور جوشکاری و یا خال‌جوشکار به مدت بیش از ۶ ماه فعالیتی بر روی فرایندی که در آن ارزیابی شده، نداشته باشد، بازرس باید دستور انجام ارزیابی مجدد آنها را بدهد.

۸-۵- بازرسی کار و گزارش‌ها

۸-۵-۱- اندازه، طول و محل جوش‌ها

بازرس باید مطمئن شود که اندازه، طول و محل جوش‌ها منطبق بر ضوابط این آیین‌نامه و طبق نقشه است و هیچ جوش اضافی بدون تایید مهندس ناظر انجام نشده است.

۸-۵-۲- محدوده آزمایش‌ها

بازرس باید در فواصل مناسب، نحوه آماده‌سازی لبه‌ها، روش‌های مونتاژ، تکنیک‌های جوشکاری و نحوه کار جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و خال‌جوشکاران را بازرسی نموده و انطباق آنها را با مفاد این آیین‌نامه کنترل نماید.

۸-۵-۳- دامنه آزمایش‌ها

بازرس باید از انطباق کیفیت اجرای کار بر ضوابط این آیین‌نامه اطمینان حاصل نماید. استفاده از مفاد سایر آیین‌نامه‌ها در صورت تایید مهندس مشاور، بلامانع است. اندازه جوش‌ها باید توسط دستگاه مناسب، اندازه‌گیری شوند. بازرسی چشمی (VI)[1] جوش‌ها برای پیدا کردن عیوبی از قبیل ترک در فلز جوش و فلز پایه، و سایر ناپیوستگی‌ها باید به کمک ذره‌بین چراغ‌دار و یا سایر وسایل مشابه انجام پذیرد.

۸-۵-۴- شناسایی بازرسی‌های انجام شده

بازرس باید به کمک رنگ مناسب یا هر روش مورد توافق دیگر، همه جوش‌هایی را که مورد بازرسی و تایید قرار داده است، علامت‌گذاری نماید. استفاده از سمبه‌زنی در اعضایی که تحت تاثیر بارهای چرخه‌ای (سیکلی) هستند، فقط با تایید مهندس مشاور مجاز است.

۸-۵-۵- نگهداری سوابق

بازرس باید سابقه‌ای از ارزیابی صلاحیت جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و خال‌جوشکاران و ارزیابی دستورالعمل‌های جوشکاری و یا سایر آزمایش‌های انجام شده تهیه نماید.

1- Visual Inspection

قسمت ب: مسئولیت‌های پیمانکار

۸-۶- تعهدات پیمانکار

۸-۶-۱- مسئولیت پیمانکار

پیمانکار موظف به بازرسی چشمی و اصلاح تمام عیوب در مصالح، روش‌ها و ضوابط اجرایی طبق مفاد این آیین‌نامه است.

۸-۶-۲- درخواست‌های بازرسی

پیمانکار باید با بازرسین جوش برای رفع عیوب و روش‌های اجرایی، آنچنان که در اسناد قراردادی آمده است، همکاری نماید.

۸-۶-۳- قضاوت مهندسی

در صورتی‌که اصلاح جوشکاری معیوب و یا برداشتن آن به منظور جوشکاری مجدد باعث صدمه رسیدن به فلز پایه باشد، پیمانکار موظف است با حفظ شرایط مفاد قرارداد، آن قسمت از فلز پایه را طبق نظر مهندس ناظر، برداشته و با مصالح سالم جایگزین نماید. یا به روشی که مورد تایید مهندس ناظر باشد، عیب بوجود آمده را جبران نماید.

۸-۶-۴- آزمایش غیرمخرب مشخص شده، غیر از بازرسی چشمی

در صورتیکه علاوه بر بازرسی‌های چشمی، سایر آزمایش‌های غیرمخرب در نقشه‌ها و یا مشخصات فنی اعلام شده به مناقصه‌گران خواسته شده باشد، پیمانکار مسئول انطباق کیفیت جوش با ضوابط فصول ۸ و ۱۰ این آیین‌نامه است.

۸-۶-۵- آزمایش غیرمخرب نامشخص غیر از بازرسی چشمی

اگر آزمایش‌های غیرمخرب، به غیر از بازرسی‌های چشمی، در مدارک اولیه قرارداد نباشد، ولی کارفرما در حین عملیات اجرایی انجام این آزمایش‌ها را درخواست نماید، پیمانکار موظف به فراهم نمودن تمهیدات لازم برای انجام این آزمایش‌ها توسط خود و یا گروه دیگر طبق مفاد بند ۸-۱۴ است. در این صورت هزینه تمامی آزمایش‌ها شامل جابجایی، آماده‌سازی سطح، آزمایش غیرمخرب و تعمیر ناپیوستگی‌ها غیر از مواردی که در بند ۸-۹ توضیح داده شده است با نرخ‌های توافق شده بین کارفرما و پیمانکار، برعهده کارفرما خواهد بود. ولی هزینه تعمیرات جوش‌های مردود به عهده پیمانکار است.

قسمت پ: معیارهای پذیرش[1]

۸-۷- هدف و دامنه کاربرد

معیار پذیرش بازرسی چشمی و آزمایش‌های غیرمخرب سازه‌های غیرلوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی و چرخه‌ای (سیکلی) در این قسمت ارائه شده است. میزان آزمایش و معیار پذیرش باید در اسناد پیمان برای اطلاع مناقصه‌گران مشخص شده باشد.

۸-۸- تایید معیار پذیرش جایگزین توسط مشاور

فرض اساسی بر این است که در این آیین‌نامه مقررات عمومی که در اکثر شرایط موضوعیت دارد ارائه شده است. معیار پذیرش برای جوش‌های تولیدی، متفاوت از مواردی که در این آیین‌نامه ارائه شده است را می‌توان برای کاربردهای خاص استفاده نمود، مشروط براینکه به طور مناسب توسط پیشنهاددهنده مستند شده و به تایید مهندس مشاور رسیده باشد. این معیار پذیرش جایگزین می‌تواند براساس ارزیابی تناسب برای خدمات با استفاده از تجربه قبلی، شواهد تجربی یا تجزیه و تحلیل مهندسی با در نظر گرفتن نوع مواد، اثرات بار سرویس و عوامل محیطی باشد.

۸-۹- بازرسی چشمی

تمامی جوش‌ها باید به روش چشمی مورد بازرسی قرار گرفته و براساس معیارهای جداول ۸-۱ یا ۱۰-۱۵ قابل پذیرش باشد.

1- Acceptance Criteria

جدول ۸-۱- معیار پذیرش بازرسی چشمی اتصالات غیرلوله‌ای (بخش ۸-۹)

ردیف	نوع ناپیوستگی و معیار بازرسی	اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی	اتصالات غیر لوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی)
۱	ممنوعیت ترک هرگونه ترک بدون در نظر گرفتن اندازه یا مکان آن، غیرقابل قبول است.	X	X
۲	ذوب فلز جوش / فلز پایه بین لایه‌های مجاور فلز جوش و بین فلز جوش و فلز پایه باید ذوب کامل وجود داشته باشد.	X	X
۳	مقطع عرضی چاله جوش تمام چاله‌های انتهای جوش به منظور تامین ابعاد جوش مشخص‌شده باید پر شوند، به جز انتهای جوش‌های منقطع که خارج از طول موثر آن قرار گرفته است.	X	X
۴	نیمرخ جوش نیمرخ جوش باید مطابق با بخش ۷-۲۳ باشد.	X	X
۵	زمان بازرسی بازرسی چشمی جوش‌ها در تمام فولادها می‌تواند بلافاصله پس از سرد شدن جوش تا دمای محیط آغاز شود. معیار پذیرش برای فولادهای خاص[1] باید برمبنای بازرسی چشمی، حداقل ۴۸ ساعت پس از اتمام جوش انجام شود.	X	X
۶	جوش‌های کوچکتر از اندازه اندازه جوش گوشه در هر جوش پیوسته می‌تواند کمتر از اندازه اسمی مشخص شده (L) باشد بدون اینکه با مقادیر زیر (U) اصلاح شود: L: اندازه اسمی جوش مشخص شده، mm — U: کاهش قابل قبول نسبت به L، mm ≤5 — ≤2 7 , 6 — ≤2.5 ≥8 — ≤3 در تمام موارد، طول قسمتی از جوش که اندازه آن کوچکتر از اندازه اسمی جوش است نباید از ۱۰ درصد طول جوش بیشتر باشد. در جوش‌های بال به جان تیرها، کاهش اندازه جوش در دو انتهای تیر به طولی معادل دو برابر عرض بال ممنوع است.	X	X
۷	بریدگی کنار جوش (الف) برای موادی با ضخامت کمتر از ۲۵ میلی‌متر، عمق بریدگی کنار جوش نباید از ۱ میلی‌متر تجاوز کند، با این استثنا که برای هر ۵۰ میلی‌متر بریدگی کنار جوش در هر ۳۰۰ میلی‌متر طول جوش، عمق بریدگی کنار جوش نباید از ۲ میلی‌متر تجاوز نماید. برای مواد مساوی یا بزرگتر از ۲۵ میلی‌متر ضخامت، عمق بریدگی کنار جوش نباید بیش از ۲ میلی متر برای هر طول جوش باشد.	X	
	(ب) در اعضای اصلی، زمانی که تحت هر شرایط بارگذاری طراحی، امتداد جوش عمود بر تنش کششی طراحی‌شده باشد، عمق بریدگی کنار جوش نباید بیش از ۰,۲۵ میلی‌متر باشد. عمق بریدگی کنار جوش برای سایر موارد نباید بیشتر از ۱ میلی متر باشد.		X

1- ASTM A514 ،A517 و A 709 Grade HPS 100W [HPS 690W]

ادامه جدول ۸-۱- معیار پذیرش بازرسی چشمی (بخش ۸-۹)

ردیف	نوع ناپیوستگی و معیار بازرسی	تحت بارگذاری استاتیکی اتصالات غیرلوله‌ای	تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) اتصالات غیر لوله‌ای
۸	تخلخل (الف) در جوش‌های شیاری با نفوذ کامل CJP در اتصالات لب‌به‌لب تحت تنش کششی عمود بر امتداد جوش نباید تخلخل لوله‌ای قابل مشاهده وجود داشته باشد. برای تمام جوش‌های شیاری دیگر و برای جوش‌های گوشه، مجموع اندازه تخلخل لوله‌ای قابل مشاهده با قطر ۱ میلی‌متر یا بیشتر نباید از ۱۰ میلی‌متر در هر ۲۵ میلی‌متر طول جوش تجاوز نماید و همچنین این مقدار در هر ۳۰۰ میلی‌متر طول جوش، نباید از ۲۰ میلی‌متر تجاوز نماید.	X	
	(ب) تکرار تخلخل لوله‌ای در جوش‌های گوشه نباید از یک عدد در هر ۱۰۰ میلی‌متر طول جوش تجاوز نماید، ضمن اینکه حداکثر قطر آن نیز نباید از ۲,۵ میلی‌متر تجاوز نماید. استثنا: برای جوش‌های گوشه اتصال ورق‌های تقویتی به جان تیر، مجموع قطر تخلخل‌های لوله‌ای در هر ۲۵ میلی‌متر طول جوش نباید از ۱۰ میلی‌متر تجاوز نماید و در هر ۳۰۰ میلی متر طول جوش نیز نباید از ۲۰ میلی‌متر تجاوز نماید.		X
	(پ) جوش‌های شیاری با نفوذ کامل CJP در اتصالات لب‌به‌لب تحت تنش کششی عمود بر امتداد جوش نباید دارای تخلخل لوله‌ای باشند. برای تمام جوش‌های شیاری دیگر، تکرار تخلخل لوله‌ای نباید از یک عدد در ۱۰۰ میلی‌متر طول جوش بیشتر باشد و حداکثر قطر آن نیز نباید از ۲,۵ میلی‌متر تجاوز کند.		X

توجه: علامت "X" نشان‌دهنده قابل اجرا بودن برای نوع اتصال ذکر شده است. ناحیه سایه‌دار نشان‌دهنده عدم کاربرد می‌باشد.

۸-۱۰- آزمایش مایع نافذ[1] (PT) و ذرات مغناطیسی[2] (MT)

جوش‌هایی که علاوه بر بازرسی چشمی تحت آزمایش PT و MT قرار می‌گیرند باید براساس معیار پذیرش بازرسی چشمی ارزیابی شوند. آزمایش باید براساس بندهای ۸-۱۴-۴ یا ۸-۱۴-۵ انجام پذیرد.

۸-۱۱- آزمایش غیرمخرب (NDT)

به جز مواردی که در بند ۱۰-۲۸ برای سازه‌های لوله‌ای پیش‌بینی شده است، تمام روش‌های غیرمخرب شامل ضوابط و ارزیابی تجهیزات، صلاحیت‌های کارکنان و روش‌های عملیاتی باید با ضوابط فصل ۸ آیین‌نامه مطابقت داشته باشد. معیار پذیرش باید مطابق ضوابط این قسمت باشد. جوش‌های مشمول بازرسی‌های غیرمخرب باید مطابق ضوابط بازرسی چشمی بخش ۸-۹ پذیرفته شده باشند.

1- Penetrant Testing (PT)
2- Magnetic Particle Testing (MT)

جوش‌هایی که مطابق بندهای ۸-۱۰، ۸-۱۱، ۱۰-۲۵-۲ و ۱۰-۲۶-۱ تحت آزمایش‌های غیرمخرب قرار می‌گیرند را می‌توان بلافاصله پس از سرد شدن جوش تا دمای محیط بازرسی نمود. فولادهای خاص[1] باید حداقل ۴۸ ساعت پس از سرد شدن مورد بازرسی قرار گیرند.

۸-۱۲- آزمایش پرتونگاری (RT)

جوش‌هایی که در آزمایش پرتونگاری ضوابط معیار پذیرش قسمت پ یا معیار پذیرش جایگزین مطابق بند ۸-۸ را برآورده نمی‌کنند باید مطابق ضوابط بند ۷-۲۵ تعمیر شوند.

ناپیوستگی‌های غیر از ترک‌ها باید براساس کشیده[2]و یا مدور[3] بودن ارزیابی شوند. صرف‌نظر از نوع ناپیوستگی، ناپیوستگی‌هایی که طول آنها بیش از سه برابر پهنایشان باشد به صورت ناپیوستگی کشیده و آنهایی که طولشان سه برابر پهنا یا کمتر باشد ناپیوستگی مدور تلقی می‌شوند، گرچه ممکن است گرد یا نامنظم[4] بوده و چه بسا دنباله داشته باشد.

۸-۱۲-۱- معیار پذیرش ناپیوستگی برای اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی

جوش‌هایی که علاوه بر بازرسی چشمی تحت آزمایش پرتونگاری قرار می‌گیرند نباید دارای هیچ نوع ترکی باشند و در صورتیکه در تصویر پرتونگاری، ناپیوستگی از حدود زیر تجاوز کند، باید مردود شود. محدودیت‌های ارائه شده در شکل ۸-۱ برای اندازه جوش (S) ۳۰ میلی‌متر، برای همه اندازه جوش‌های بزرگتر از ۳۰ میلی‌متر نیز معتبر است.

(۱) ناپیوستگی‌های کشیده، بیشتر از حداکثر اندازه ارائه شده در شکل ۸-۱

(۲) ناپیوستگی‌های نزدیک‌تر از حداقل فاصله مجاز[5] ارائه شده در شکل ۸-۱

(۳) ناپیوستگی‌های مدور بزرگتر از حداکثر اندازه S/3 به شرطی که بیش از ۶ میلی‌متر نباشد. در صورتی‌که اندازه جوش S بزرگتر از ۵۰ میلی‌متر باشد، حداکثر اندازه اثر[6] ناپیوستگی مدور می‌تواند تا ۱۰ میلی‌متر باشد. حداقل فاصله ناپیوستگی‌های مدور بزرگتر یا مساوی ۲/۵ میلی‌متر، با یک ناپیوستگی کشیده یا مدور قابل قبول یا با لبه یا انتهای جوش متقاطع[7] باید سه برابر بزرگترین بعد آن ناپیوستگی که بزرگتر است باشد.

(۴) در محل تقاطع جوش با یک جوش دیگر یا لبه آزاد قطعه، پذیرش ناپیوستگی‌ها باید مطابق شکل ۸-۱ موارد ۱ تا ۴ باشد.

1- ASTM A514 ،A517 و A 709 Grade HPS 100W [HPS 690W]
2- Elongated
3- Rounded
4- Irregular
5- Clearance
6- Indication
7- Intersecting Weld

(۵) ناپیوستگی‌های مجزا[1] مانند خوشه یا تجمعی از نشانه‌های مدور[2] که مجموع بزرگترین بعد آنها، بزرگتر از اندازه مجاز ناپیوستگی تک[3] مطابق شکل ۸-۱ باشد. فاصله هر خوشه تا خوشه مجاور، ناپیوستگی تک، انتها و یا لبه جوش متقاطع باید حداقل سه برابر بزرگترین بعد آن ناپیوستگی که بزرگتر است، باشد.

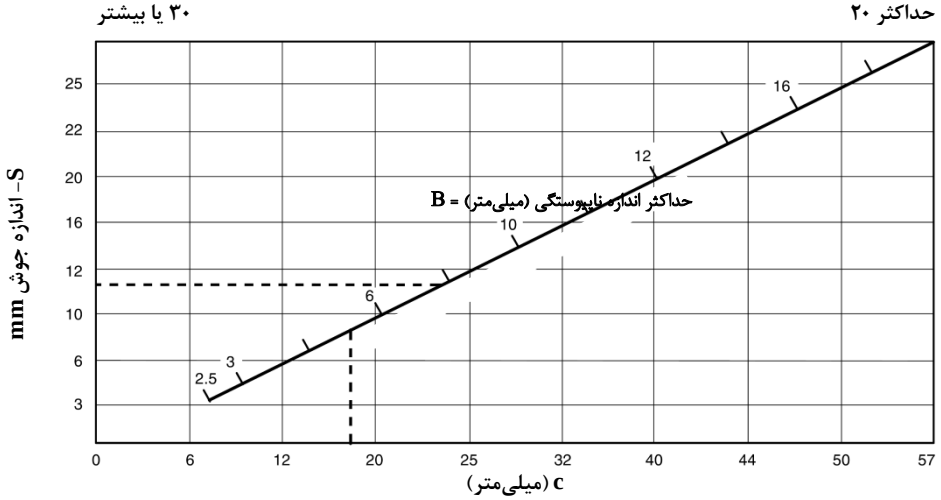
(۶) مجموع بعد ناپیوستگی‌های مجزا با بعد حداکثر ۲/۵ میلیمتر نباید از 2S/3 یا ۱۰ میلیمتر، هر کدام کمتر باشد، در هر ۲۵ میلیمتر طول جوش، تجاوز نماید. این محدودیت مستقل از بندهای (۱)، (۲) و (۳) است.

(۷) ناپیوستگی‌های در یک راستا[4]، وقتی‌که مجموع بعد بزرگتر آنها، در هر 6S طول نوار جوش از S بزرگتر باشد. وقتی‌که طول کل نوار جوش کوچکتر از 6S باشد، مقدار مجاز مجموع اندازه ناپیوستگی‌ها به تناسب کاهش می‌یابد.

شرح شکل‌های ۸-۱، ۸-۲ و ۸-۳

مفاهیم ناپیوستگی‌ها	ابعاد ناپیوستگی‌ها
• ناپیوستگی کشیده باید بزرگترین بعد (L) سه برابر کوچکترین بعد خود داشته باشد. • ناپیوستگی مدور باید بزرگترین بعد (L) کمتر یا مساوی سه برابر کوچکترین بعد خود داشته باشد. • خوشه، به معنای گروهی از ناپیوستگی‌های مجاور، با ابعاد قابل قبول، با ناپیوستگی‌های مجاور تکی با فاصله کمتر از حداقل مجاز (C) برای بزرگترین ناپیوستگی مجاور تکی (L')، اما با مجموع بزرگترین ابعاد (L) همه ناپیوستگی‌های خوشه مساوی یا کمتر از حداکثر اندازه مجاز ناپیوستگی تکی (B) می‌باشد. به منظور ارزیابی حداقل فاصله، چنین خوشه‌هایی باید به عنوان ناپیوستگی‌های تکی با اندازه L در نظر گرفته شوند. • در ناپیوستگی‌های هم‌راستا محور اصلی باید تقریباً هم‌راستا باشد.	B= حداکثر بعد مجاز ناپیوستگی پرتونگاری شده L= بزرگترین بعد ناپیوستگی پرتونگاری شده L' = بزرگترین بعد ناپیوستگی‌های مجاور C= حداقل فاصله اندازه‌گیری شده در راستای طولی محور جوش، بین لبه‌های تخلخل یا ناپیوستگی‌های ذوبی (ناپیوستگی مجاور بزرگتر ملاک است) و یا تا لبه یا انتهای جوش متقاطع C1= حداقل فاصله مجاز بین نزدیک‌ترین ناپیوستگی به لبه آزاد ورق یا لوله و یا جوش متقاطع طولی با جوش محیطی که موازی با محور طولی جوش اندازه‌گیری شده است. W= کوچکترین ابعاد ناپیوستگی‌های مجاور
	ابعاد مواد
	S= اندازه جوش T= ضخامت ورق یا لوله در جوش‌های شیاری با نفوذ کامل

1- Isolated
2- Cluster Of Rounded Indications
3- Single Discontinuity
4- In-Line



یادداشت:

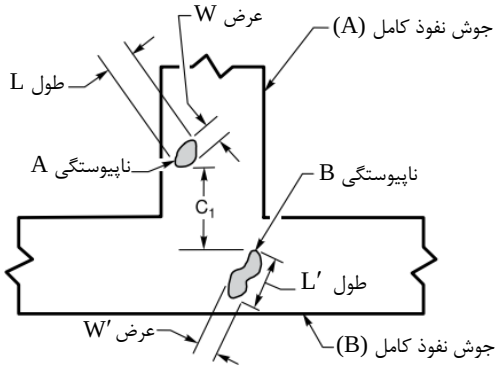
۱- برای تعیین حداکثر اندازه مجاز ناپیوستگی در هر درز یا اندازه جوش، یک خط افقی از S تا B رسم کنید.

۲- برای تعیین حداقل اندازه مجاز بین لبه‌های ناپیوستگی‌های بزرگتر یا مساوی ۲/۵ میلی‌متر یک خط عمودی از B به C رسم کنید.

۳- شرح زیر ملاحظه شود.

شکل ۸-۱- معیار پذیرش ناپیوستگی برای مقاطع غیرلوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی و مقاطع لوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی و چرخه‌ای (سیکلی)

توضیحات شکل ۸-۱، موارد ۱ تا ۴
ناپیوستگی A= ناپیوستگی کشیده یا مدور در جوش A
ناپیوستگی B = ناپیوستگی کشیده یا مدور در جوش B
W و L = کوچکترین و بزرگترین ابعاد، به ترتیب، در ناپیوستگی‌های A
W' و L' = کوچکترین و بزرگترین ابعاد، به ترتیب، در ناپیوستگی B
S = اندازه جوش
C_1= کوتاه‌ترین فاصله بین لبه‌های ناپیوستگی A و B



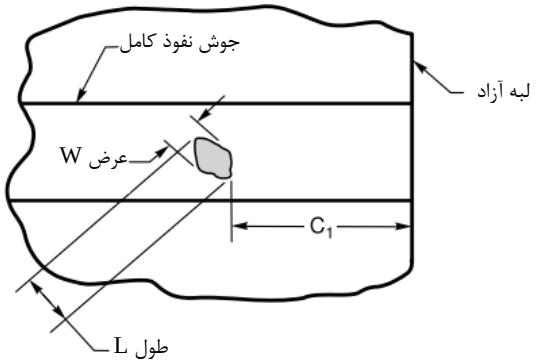
محدودیت‌های ناپیوستگی مورد ۱

بعد ناپیوستگی	محدودیت‌ها	شرایط
L	< S/3 یا ≤ 6mm	S ≤ 50mm
	≤ 10mm	S > 50mm
C_1	≥ 3L	الف) یک ناپیوستگی مدور و ناپیوستگی دیگر به صورت مدور یا کشیده (الف) ب) L ≥ 2.5mm

الف) ناپیوستگی کشیده می‌تواند در هر کدام از جوش‌های A و B قرار گیرد.

مورد ۱- ناپیوستگی در محل تقاطع جوش

شکل ۸-۱- معیار پذیرش ناپیوستگی برای مقاطع غیرلوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی و مقاطع لوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی و چرخه‌ای (سیکلی) (ادامه)

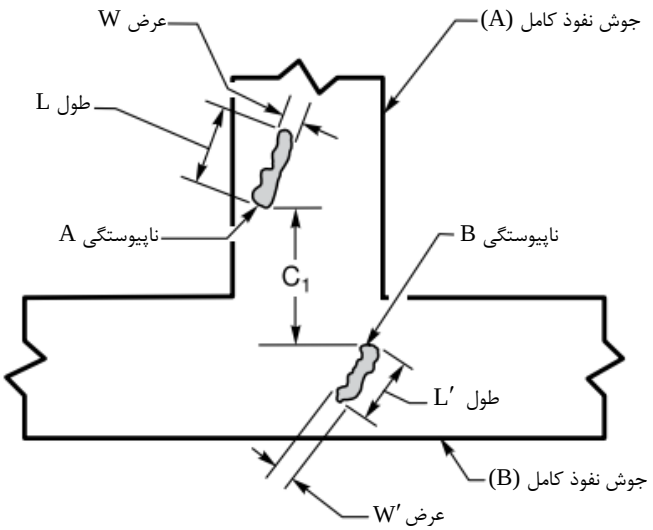


محدودیت‌های ناپیوستگی مورد ۲

شرایط	محدودیت‌ها	بعد ناپیوستگی
$S \leq 50mm$	$\leq 6mm$ یا $< S/3$	L
$S > 50mm$	$\leq 10mm$	
$L \geq 2.5mm$	$\geq 3L$	C_1

مورد ۲- ناپیوستگی در لبه آزاد جوش شیاری با نفوذ کامل

شکل ۸-۱- معیار پذیرش ناپیوستگی برای مقاطع غیرلوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی و مقاطع لوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی و چرخه‌ای (سیکلی) (ادامه)

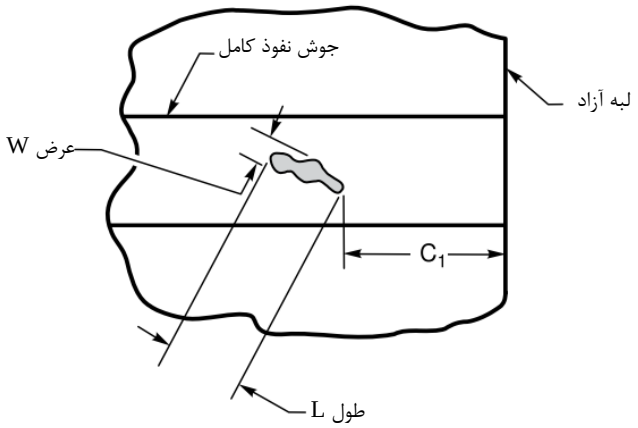


محدودیت‌های ناپیوستگی مورد ۳

شرایط	محدودیت‌ها	بعد ناپیوستگی
$L/W > 3$	$\leq S/3$	L
$L \geq 2.5mm$	$2S$ یا $3L<$ هرکدام بزرگتر بود.	C_1

مورد ۳- ناپیوستگی در محل تقاطع جوش

شکل ۸-۱- معیار پذیرش ناپیوستگی برای مقاطع غیرلوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی و مقاطع لوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی و چرخه‌ای (سیکلی) (ادامه)



محدودیت‌های ناپیوستگی مورد ۴

شرایط	محدودیت‌ها	بعد ناپیوستگی
L/W > 3	≤ S/3	L
L ≥ 2.5mm	≥3L یا 2S هرکدام بزرگتر بود.	C_1

مورد ۴- ناپیوستگی در لبه آزاد جوش شیاری با نفوذ کامل

شکل ۸-۱- معیار پذیرش ناپیوستگی برای مقاطع غیرلوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی و مقاطع لوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی و چرخه‌ای (سیکلی) (ادامه)

۸-۱۲-۲- معیار پذیرش ناپیوستگی برای اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی)

جوش‌هایی که علاوه بر بازرسی چشمی تحت آزمایش پرتونگاری قرار می‌گیرند نباید دارای هیچ نوع ترکی باشند و در صورتی‌که در پرتونگاری، هر نوع ناپیوستگی شرح داده شده در بندهای ۸-۱۲-۲-۱، ۸-۱۲-۲-۲ و ۸-۱۲-۲-۳ تشخیص داده شود، غیرقابل پذیرش خواهند بود.

۸-۱۲-۲-۱- اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) در کشش

(۱) ناپیوستگی‌هایی که حداکثر اندازه بیشتر از شکل ۸-۲ دارند.

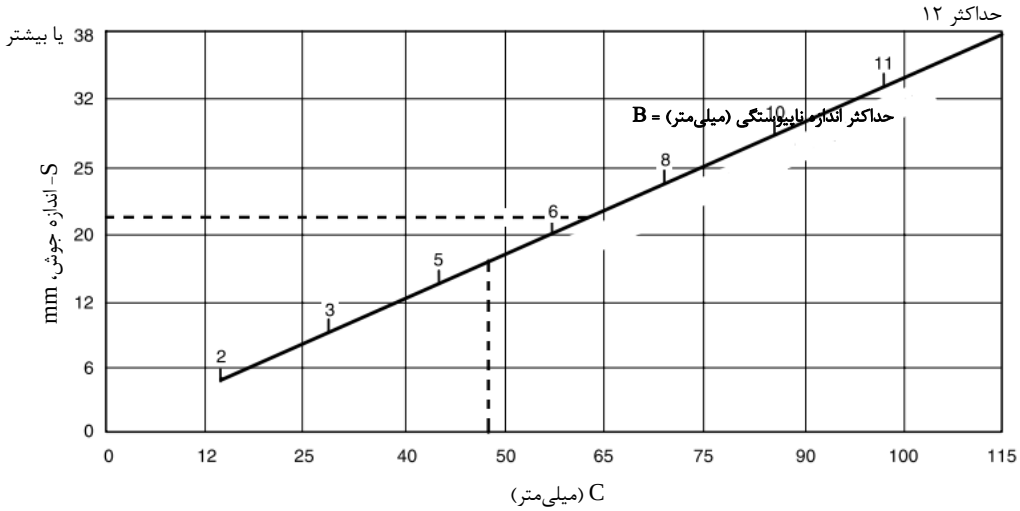
(۲) ناپیوستگی‌های نزدیکتر از حداقل فاصله مجاز ارائه شده در شکل ۸-۲.

(۳) در تقاطع جوش با جوش دیگر یا لبه آزاد، ناپیوستگی‌های قابل پذیرش باید مطابق موارد ۱ تا ۴ شکل ۸-۲ باشند.

(۴) ناپیوستگی‌های مجزا مانند خوشه یا تجمعی از نشانه‌های مدور که مجموع بزرگترین بعد آنها، بزرگتر از اندازه مجاز ناپیوستگی تک مطابق شکل ۸-۲ باشد. فاصله هر خوشه تا خوشه مجاور، ناپیوستگی تک، انتها و یا لبه جوش متقاطع باید حداقل سه برابر بزرگترین بعد آن ناپیوستگی که بزرگتر است، باشد.

(۵) مجموع بعد ناپیوستگی‌های مجزا با بعد حداکثر ۲/۵ میلیمتر نباید از 2S/3 یا ۱۰ میلیمتر، هر کدام کمتر باشد، در هر ۲۵ میلیمتر طول جوش، تجاوز نماید. این محدودیت مستقل از بندهای (۱)، (۲) و (۳) است.

(۶) ناپیوستگی‌های در یک راستا، وقتی‌که مجموع بعد بزرگتر آنها، در هر 6S طول نوار جوش از S بزرگتر باشد. وقتی‌که طول کل نوار جوش کوچکتر از 6S باشد، مقدار مجاز مجموع اندازه ناپیوستگی‌ها به تناسب کاهش می‌یابد.



یادداشت:

۱- برای تعیین حداکثر اندازه مجاز ناپیوستگی در هر درز یا جوش، یک خط افقی از S تا B رسم کنید.

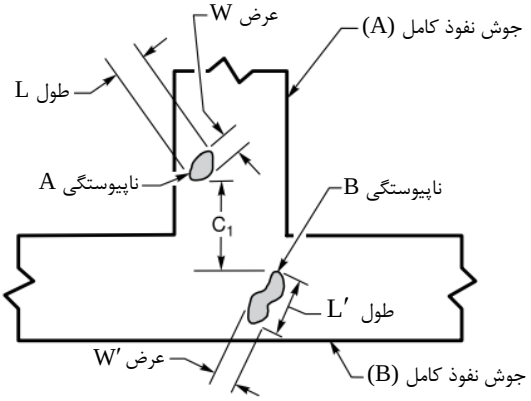
۲- برای تعیین حداقل اندازه مجاز بین لبه‌های ناپیوستگی‌ها با هر اندازه‌ای، یک خط عمودی از B به C رسم کنید.

۳- شرح اشکال در بالای شکل ۸-۱ ملاحظه شود.

شکل ۸-۲- ضوابط پذیرش ناپیوستگی برای اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) در کشش (محدودیت‌های تخلخل و ناپیوستگی‌های ذوبی)

توضیحات شکل ۸-۲، موارد ۱ تا ۴
ناپیوستگی A= ناپیوستگی کشیده یا مدور در جوش A
ناپیوستگی B = ناپیوستگی کشیده یا مدور در جوش B
W و L = کوچکترین و بزرگترین ابعاد، به ترتیب، در ناپیوستگی‌های A
W′ و L′ = کوچکترین و بزرگترین ابعاد، به ترتیب، در ناپیوستگی B
S = اندازه جوش

C_1= کوتاه‌ترین فاصله بین لبه‌های ناپیوستگی A و B



محدودیت‌های ناپیوستگی مورد ۱ (الف)

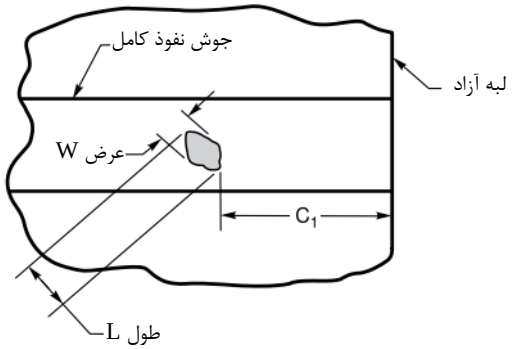
شرایط	محدودیت‌ها	بعد ناپیوستگی
$L \geq 2mm$	نمودار شکل ۸-۲ ملاحظه شود (بعد B)	L
—	نمودار شکل ۸-۲ ملاحظه شود (بعد C)	C_1

ناپیوستگی کشیده می‌تواند در هر کدام از جوش‌های A و B قرار گیرد.

مورد ۱- ناپیوستگی در محل تقاطع جوش

شکل ۸-۲- ضوابط پذیرش ناپیوستگی برای اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) در کشش (ادامه)

(محدودیت‌های تخلخل و ناپیوستگی‌های ذوبی)



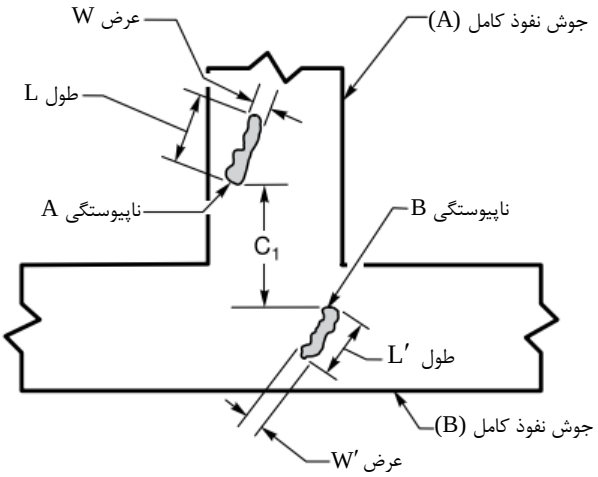
محدودیت‌های ناپیوستگی مورد ۲

شرایط	محدودیت‌ها	بعد ناپیوستگی
$L \geq 2mm$	نمودار شکل ۸-۲ ملاحظه شود (بعد B)	L
—	نمودار شکل ۸-۲ ملاحظه شود (بعد C)	C_1

مورد ۲- ناپیوستگی در لبه آزاد جوش شیاری با نفوذ کامل

شکل ۸-۲- ضوابط پذیرش ناپیوستگی برای اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) در کشش (ادامه)

(محدودیت‌های تخلخل و ناپیوستگی‌های ذوبی)



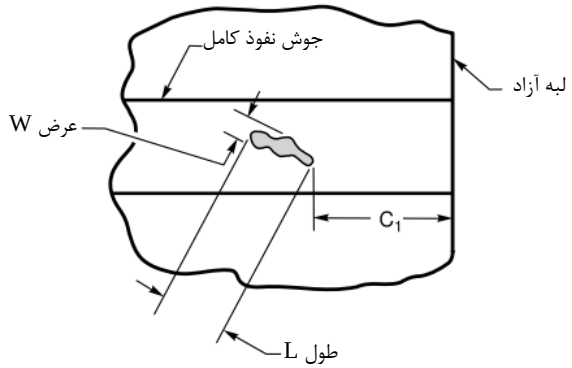
محدودیت‌های ناپیوستگی مورد ۳

شرایط	محدودیت‌ها	بعد ناپیوستگی
$L \geq 2mm$	نمودار شکل ۸-۲ ملاحظه شود (بعد B)	L
—	نمودار شکل ۸-۲ ملاحظه شود (بعد C)	C_1

مورد ۳- ناپیوستگی در لبه آزاد جوش شیاری با نفوذ کامل

شکل ۸-۲- ضوابط پذیرش ناپیوستگی برای اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) در کشش (ادامه)

(محدودیت‌های تخلخل و ناپیوستگی‌های ذوبی)



محدودیت‌های ناپیوستگی مورد ۴

شرایط	محدودیت‌ها	بعد ناپیوستگی
$L \geq 2mm$	نمودار شکل ۸-۲ ملاحظه شود (بعد B)	L
—	نمودار شکل ۸-۲ ملاحظه شود (بعد C)	C_1

مورد ۴- ناپیوستگی در لبه آزاد جوش شیاری با نفوذ کامل

شکل ۸-۲- ضوابط پذیرش ناپیوستگی برای اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) در کشش (ادامه)

(محدودیت‌های تخلخل و ناپیوستگی‌های ذوبی)

۸-۱۲-۲-۲- اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) در فشار

(۱) ناپیوستگی‌هایی که از حداکثر اندازه بیشتر از شکل ۸-۳ تجاوز کنند.

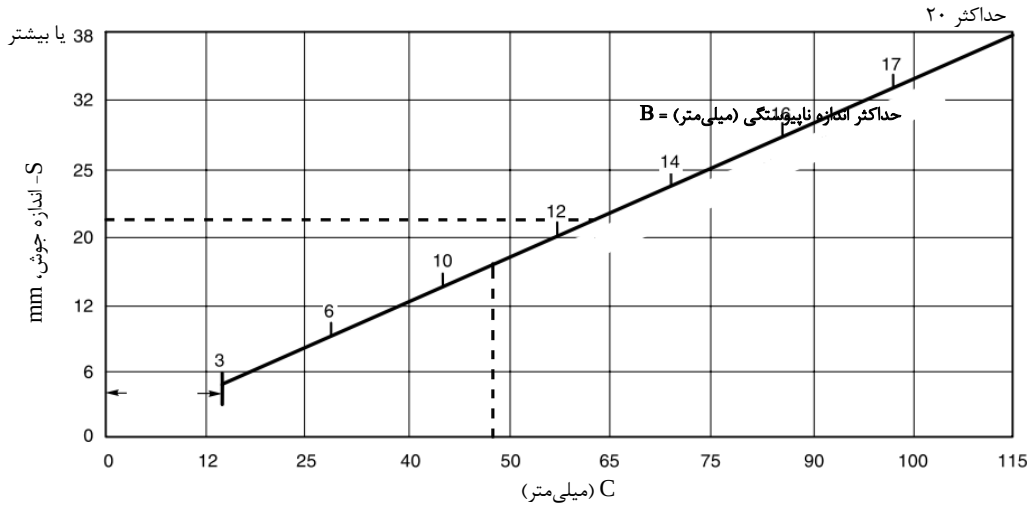
(۲) ناپیوستگی‌های نزدیکتر از حداقل فاصله مجاز شکل ۸-۳.

(۳) در تقاطع جوش با جوش دیگر یا لبه آزاد، ناپیوستگی‌های قابل پذیرش باید مطابق موارد ۱ تا ۵ شکل ۸-۳ باشند.

(۴) ناپیوستگی‌های مجزا مانند خوشه یا تجمعی از نشانه‌های مدور که مجموع بزرگترین بعد آنها، بزرگتر از اندازه مجاز ناپیوستگی تک مطابق شکل ۸-۳ باشد. فاصله هر خوشه تا خوشه مجاور، ناپیوستگی تک، انتها و یا لبه جوش متقاطع باید حداقل سه برابر بزرگترین بعد آن ناپیوستگی که بزرگتر است، باشد.

(۵) مجموع بعد ناپیوستگی‌های مجزا با بعد حداکثر ۲/۵ میلیمتر نباید از 2S/3 یا ۱۰ میلیمتر، هر کدام کمتر باشد، در هر ۲۵ میلیمتر طول جوش، تجاوز نماید. این محدودیت مستقل از بندهای (۱)، (۲) و (۳) است.

(۶) ناپیوستگی‌های در یک راستا، وقتی‌که مجموع بعد بزرگتر آنها، در هر 6S طول نوار جوش از S بزرگتر باشد. وقتی‌که طول کل نوار جوش کوچکتر از 6S باشد، مقدار مجاز مجموع اندازه ناپیوستگی‌ها به تناسب کاهش می‌یابد.



یادداشت:

الف) حداکثر اندازه ناپیوستگی قرار گرفته در این فاصله از لبه ورق باید ۳ میلی‌متر باشد، اما ناپیوستگی ۳ میلی‌متری باید به اندازه ۶ میلی‌متر یا بیشتر از لبه ورق فاصله داشته باشد. مجموع ناپیوستگی‌ها با اندازه کمتر از ۳ میلیمتر که در این فاصله از لبه قرار دارند نباید از ۵ میلی‌متر فراتر رود. ناپیوستگی‌های بین ۲ تا ۳ میلی‌متر نباید در مکان‌های دیگر محدود شوند، مگر اینکه با اندازه 2L (L طول ناپیوستگی بزرگتر) از یکدیگر جدا شده باشند.

ب) برای تعیین حداکثر اندازه مجاز ناپیوستگی در هر درز یا جوش، یک خط افقی از S به B رسم کنید.

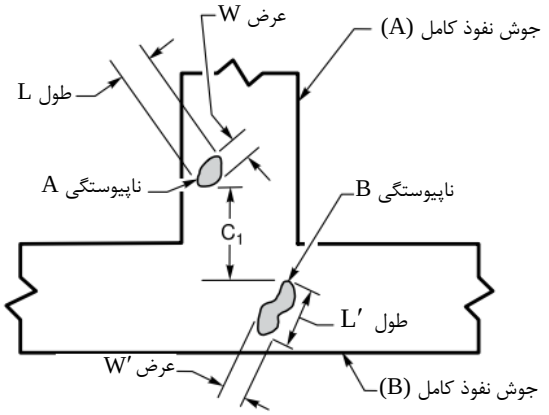
پ) برای تعیین حداقل اندازه مجاز بین لبه‌های ناپیوستگی‌ها با هر اندازه‌ای، یک خط عمودی از B به C رسم کنید.

ت) شرح زیر شکل ۸-۱ ملاحظه شود.

شکل ۸-۳- ضوابط پذیرش ناپیوستگی برای اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) در فشار

(محدودیت‌های تخلخل و ناپیوستگی‌های ذوبی)

توضیحات شکل ۸-۳، موارد ۱ تا ۵
ناپیوستگی A= ناپیوستگی کشیده یا مدور در جوش A
ناپیوستگی B = ناپیوستگی کشیده یا مدور در جوش B
W و L = کوچکترین و بزرگترین ابعاد، به ترتیب، در ناپیوستگی‌های A
W' و L' = کوچکترین و بزرگترین ابعاد، به ترتیب، در ناپیوستگی B
S = اندازه جوش
C_1= کوتاه‌ترین فاصله بین لبه‌های ناپیوستگی A و B



محدودیت‌های ناپیوستگی مورد ۱

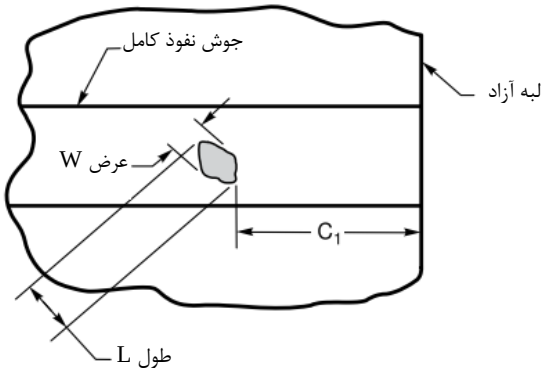
شرایط	محدودیت‌ها	بعد ناپیوستگی
$L \geq 3mm$	نمودار شکل ۸-۳ ملاحظه شود (بعد B)	L
هرکدام بزرگتر بود $2L'$ یا $C_1 \geq 2L$	نمودار شکل ۸-۳ ملاحظه شود (بعد C)	C_1

ناپیوستگی سوزنی می‌تواند در هر کدام از جوش‌های A و B قرار گیرد.

مورد ۱- ناپیوستگی در محل تقاطع جوش

شکل ۸-۳- ضوابط پذیرش ناپیوستگی برای اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) در فشار (ادامه)

(محدودیت‌های تخلخل و ناپیوستگی‌های ذوبی)

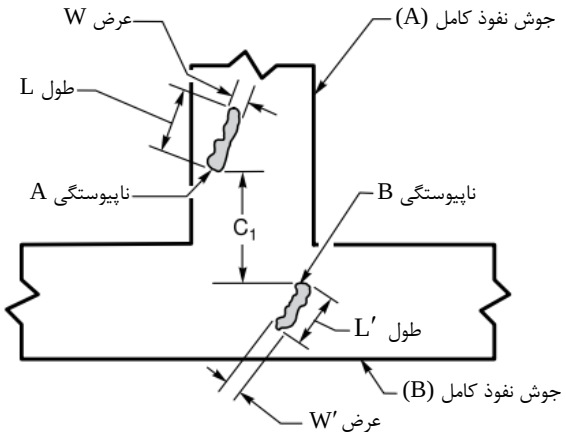


محدودیت‌های ناپیوستگی مورد ۲

شرایط	محدودیت‌ها	بعد ناپیوستگی
$L \geq 3mm$	نمودار شکل ۸-۳ ملاحظه شود (بعد B)	L
$C1 \geq 16mm$	نمودار شکل ۸-۳ ملاحظه شود (بعد C)	C_1

مورد ۲- ناپیوستگی در لبه آزاد جوش شیاری با نفوذ کامل

شکل ۸-۳- ضوابط پذیرش ناپیوستگی برای اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) در فشار (ادامه)
(محدودیت‌های تخلخل و ناپیوستگی‌های ذوبی)

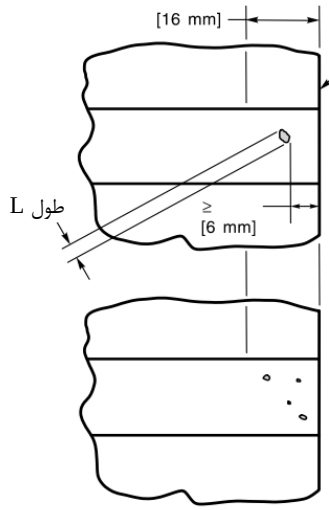


محدودیت‌های ناپیوستگی مورد ۳

شرایط	محدودیت‌ها	بعد ناپیوستگی
$L \geq 3mm$	نمودار شکل ۸-۳ ملاحظه شود (بعد B)	L
هرکدام بزرگتر بود $2L'$ یا $C_1 \geq 2L$	نمودار شکل ۸-۳ ملاحظه شود (بعد C)	C_1

مورد ۳- ناپیوستگی در لبه آزاد جوش شیاری با نفوذ کامل

شکل ۸-۳- ضوابط پذیرش ناپیوستگی برای اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) در فشار (ادامه)
(محدودیت‌های تخلخل و ناپیوستگی‌های ذوبی)

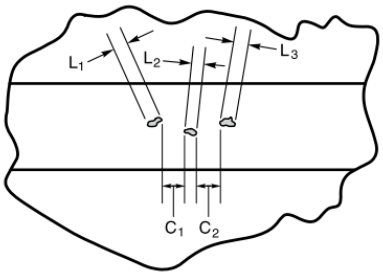


الف) حداقل فاصله از لبه تا ناپیوستگی با بعد ۳ میلی‌متر

ب) مجموع تمامی (بزرگترین فواصل) ناپیوستگی‌ها، هر کدام کمتر از ۳ میلیمتر است، باید مساوی و یا کمتر از ۵ میلیمتر باشد.

یادداشت: تمامی فواصل میان ناپیوستگی‌ها ≤ 2L (L بزرگترین مقدار هر دو)

مورد ۴- ناپیوستگی در ۱۶ میلی‌متری لبه آزاد



الف) تمامی ابعاد بین ۲ تا ۳ میلی‌متر می‌باشد.

ب) اگر C_1 کوچکتر از بزرگترین مقدار L_1 و L_2، و C_2 کمتر از بزرگترین مقدار L_2 و L_3 باشد، مقدار $L_1 + L_2 + L_3 + C_1 + C_2$ را به عنوان یک ناپیوستگی منفرد در نظر بگیرید.

یادداشت: تمامی موارد نشان داده شده (جوش، موقعیت، تعداد ناپیوستگی) تنها به منظور نمایش است.

مورد ۵- ناپیوستگی‌های مجزا با فاصله کمتر از 2L در هر نقطه جوش (برای عیب تکی از بعد B نمودار شکل ۸-۳ استفاده کنید.)

شکل ۸-۳- ضوابط پذیرش ناپیوستگی برای اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) در فشار (ادامه)
(محدودیت‌های تخلخل و ناپیوستگی‌های ذوبی)

۸-۱۲-۲-۳-ناپیوستگی‌های کوچکتر از ۲ میلیمتر

علاوه بر ضوابط بندهای ۸-۱۲-۲-۱ و ۸-۱۲-۲-۲، ناپیوستگی‌هایی که بعد بزرگتر آنها کوچکتر از ۲ میلیمتر باشد، اگر مجموع ابعاد بزرگتر آنها از ۱۰ میلیمتر در هر ۲۵ میلیمتر طول نوار جوش تجاوز نماید، غیرقابل پذیرش هستند.

۸-۱۳- آزمایش فراصوت (UT)

۸-۱۳-۱- معیار پذیرش اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری استاتیکی

جوش‌ها در صورتی در آزمایش فراصوت قابل پذیرش خواهند بود که علاوه بر پذیرش در بازرسی چشمی، ضوابط جدول ۸-۲ را برآورده نمایند. در بررسی درز جوش شیاری با نفوذ کامل CJP اتصال بال به جان، در تایید ناپیوستگی‌های آشکار شده اگر از الگوهای روبشی غیر از E (بند ۸-۳۰-۲-۲) استفاده شده باشد، می‌تواند براساس ضخامت جوش معادل با ضخامت جان بعلاوه ۲۵ میلیمتر باشد.

برای ناپیوستگی‌های آشکار شده با الگوی روبش E، معیارهای جدول ۸-۲ برای ضخامت واقعی جان، ملاک عمل خواهد بود. وقتی‌که جوش‌های نفوذ کامل بال به جان تحت تنش کششی محاسبه شده عمود بر جوش قرار می‌گیرد، این مورد باید به نحوی مشخص در نقشه‌های طراحی نشان داده شود و باید با ضوابط جدول ۸-۲ مطابقت داشته باشد. جوش‌های آزمایش شده به روش فراصوت براساس امواج فراصوت منعکس شده از ناپیوستگی، متناسب با اثر آن در یکپارچگی جوش ارزیابی می‌شوند. نشانه‌های آشکار شده از ناپیوستگی‌هایی که با حرکت پروب جستجو با دور و نزدیک شدن به ناپیوستگی (الگوی روبش "B") روی صفحه نمایش باقی می‌مانند، می‌تواند نشان‌دهنده ناپیوستگی‌های صفحه‌ای با ابعاد قابل توجه باشد.

از آنجائیکه سطح اصلی بازتابی عمده بحرانی‌ترین ناپیوستگی‌ها حداقل ۲۰ درجه (برای پروب ۷۰ درجه) تا ۴۵ درجه (برای پروب ۴۵ درجه) نسبت به خط عمود بر پرتو صوتی قرار دارد، ارزیابی دامنه (رتبه دسی‌بل) مبنای تصمیم گیری قابل اعتمادی نخواهد بود.

در صورتی‌که ناپیوستگی‌هایی که چنین ویژگی‌های صفحه‌ای را نشان می‌دهند در صفحه نمایش دستگاه دیده شود و در نتیجه بررسی حساسیت با استفاده از ارتفاع نشانه قابل اعتماد نباشد باید ارزیابی دقیق‌تری از ناپیوستگی به روش‌های دیگر انجام شود (به عنوان مثال روش‌های جایگزین آزمون فراصوت، روش پرتونگاری، انجام عملیات سنگ‌زنی برای بازرسی چشمی و غیره).

۸-۱۳-۲- معیار پذیرش اتصالات غیرلوله‌ای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی)

جوش‌هایی که علاوه بر بازرسی چشمی تحت آزمایش‌های فراصوت قرار می‌گیرند، در صورتی قابل پذیرش هستند که شرایط زیر را برآورده نمایند:

(۱) جوش‌هایی که تحت اثر تنش‌های کششی در هر حالتی قرار دارند باید موارد جدول ۸-۳ را برآورد سازند.

(۲) جوش‌هایی که تحت اثر تنش‌های فشاری هستند باید موارد جدول ۸-۲ را برآورده سازند.

۸-۱۳-۲-۱- نشانه‌ها

جوش‌هایی که تحت آزمایش فراصوت قرار می‌گیرند، براساس انعکاس فراصوت از ناپیوستگی که متناسب با تاثیر آن بریکپارچگی جوش می‌باشد، ارزیابی می‌شوند. نشانه‌های آشکار شده از ناپیوستگی‌هایی که با حرکت پروب جستجو با دور و نزدیک شدن به ناپیوستگی (الگوی روبش "B") روی صفحه باقی می‌ماند، می‌تواند نشان‌دهنده ناپیوستگی‌های صفحه‌ای با ابعاد قابل توجه باشد. تغییر زاویه ناپیوستگی‌ها نسبت به پرتوصوت از حالت عمود، ممکن است به درجه دسی‌بلی منجر شود که امکان ارزیابی مستقیم و قابل اعتماد یکپارچگی اتصال جوش را نمی‌دهد.

در صورتی‌که ناپیوستگی‌هایی که چنین ویژگی‌های صفحه‌ای را نشان می‌دهند در حساسیت روبش وجود داشته باشد، ممکن است نیاز به ارزیابی دقیق‌تری از ناپیوستگی به روش‌های دیگری باشد (به عنوان مثال روش‌های جایگزین آزمون فراصوت، پرتونگاری، سنگ‌زنی برای بازرسی چشمی و غیره).

۸-۱۳-۲-۲-روبش

جوش‌های با نفوذ کامل CJP بال به جان باید مطابق ضوابط جدول ۸-۲ باشند و پذیرش ناپیوستگی‌های آشکار شده با حرکات روبشی غیر از الگوی روبش 'E' (بند ۸-۳۰-۲-۲) ممکن است براساس ضخامت جوش برابر با ضخامت واقعی جان بعلاوه ۲۵ میلیمتر باشد. ناپیوستگی‌های آشکار شده با الگوی روبش 'S' باید با معیارهای بند ۸-۱۳-۲ برای ضخامت واقعی جان ارزیابی شود. در صورتی‌که اینگونه جوش‌های بال به جان تحت تنش کششی محاسبه شده عمود بر جوش قرار گیرند، باید به نحوی مشخص در نقشه‌های طراحی نشان داده شده و با الزامات جدول ۸-۳ مطابقت داشته باشند.

جدول ۸-۲- معیارهای پذیرش یا رد آزمایش فراصوت UT (اتصالات غیر لوله‌ای بارگذاری شده استاتیکی و اتصالات غیر لوله‌ای بارگذاری شده چرخه‌ای (سیکلی) در فشار) (به ۸-۱۳-۱، ۸-۱۳-۲ (۲) مراجعه شود.)

رده جدیت ناپیوستگی	۸ تا ۲۰ میلی‌متر	بزرگتر از ۲۰ تا ۳۸ میلی‌متر	بزرگتر از ۳۸ تا ۶۵ میلی‌متر			بزرگتر از ۶۵ تا ۱۰۰ میلی‌متر			بزرگتر از ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر		
	۷۰°	۷۰°	۷۰°	۶۰°	۴۵°	۷۰°	۶۰°	۴۵°	۷۰°	۶۰°	۴۵°
رده A	+۵ وکمتر	+۲ وکمتر	-۲ وکمتر	+۱ وکمتر	+۳ وکمتر	-۵ وکمتر	-۲ وکمتر	۰ وکمتر	-۷ وکمتر	-۴ وکمتر	-۱ وکمتر
رده B	+۶	+۳	-۱ ۰	+۲ +۳	+۴ +۵	-۴ -۳	-۱ ۰	+۱ +۲	-۶ -۵	-۳ -۱	۰ +۱
رده C	+۷	+۴	+۱ +۲	+۴ +۵	+۶ +۷	تا ۲- +۲	+۱ +۲	+۳ +۴	تا ۴- +۲	تا ۱- +۲	+۲ +۳
رده D	+۸ و بیشتر	+۵ و بیشتر	+۳ و بیشتر	+۶ و بیشتر	+۸ و بیشتر	+۳ و بیشتر	+۳ و بیشتر	+۵ و بیشتر	+۳ و بیشتر	+۳ و بیشتر	+۴ و بیشتر

اندازه جوش برحسب میلی‌متر و زاویه پروب

**اندازه جوش در اتصالات لب‌به‌لب، ضخامت اسمی ورق نازک‌تر است.

توضیحات:

۱. ناپیوستگی‌های رده B و C باید حداقل به اندازه 2L از هم فاصله داشته باشند، L طول ناپیوستگی بزرگتر در بررسی دو ناپیوستگی مجاور هم است. در صورتیکه دو یا چند ناپیوستگی از این قبیل وجود دارد که حداقل 2L از هم جدا نیستند، اما طول ترکیبی ناپیوستگی‌ها و فاصله جدایی آنها، برابر یا کمتر از حداکثر طول مجاز طبق مقررات کلاس B یا C باشد، ناپیوستگی یک ناپیوستگی قابل قبول در نظر گرفته می‌شود.

۲. ناپیوستگی‌های رده B و C باید در فاصله حداقل 2L از لبه جوشی که دارای تنش کششی اصلی هستند باشند، L طول ناپیوستگی است.

۳. ناپیوستگی‌هایی که در ناحیه ریشه جوش اتصالات شیاری دو طرفه CJP در "صفحه اسکن" شناسایی می‌شوند باید با حساسیت ۴ دسی‌بل بیشتر از آنچه در بند ۸-۲۵-۶-۵ توضیح داده شده است جستجو و ارزیابی شوند. زمانی که چنین جوش‌هایی به عنوان "جوش کششی" روی نقشه تعیین می‌شوند (۴ دسی‌بل را از درجه‌بندی نشانه "d" کم کنید). این موضوع در صورتی‌که ریشه جوش برای رسیدن به جوش سالم و پیشانی جوش سنگ زده شده باشد و آزمون ذرات مغناطیسی برای تأیید اینکه پیشانی ریشه برداشته شده است انجام شود، اعمال نمی‌شود.

۴. ESW یا EGW: ناپیوستگی‌هایی که در "صفحه اسکن" طول آنها بیش از ۵۰ میلی‌متر شناسایی شده است، باید به عنوان تخلخل لوله‌ای در نظر گرفته شود و باید با پرتونگاری ارزیابی شود.

۵. برای نشانه‌هایی که با جابجایی واحد جستجوگر روی نمایشگر باقی می‌مانند، به بند ۸-۱۳-۱ مراجعه شود.

A	ناپیوستگی‌های بزرگ[۱۹]	هر عیبی در این کلاس مردود است (بدون توجه به طول).
B	ناپیوستگی‌های متوسط[۲۰]	هر عیبی در این کلاس با طول بزرگتر از ۲۰ میلیمتر مردود است.
C	ناپیوستگی‌های کوچک[۲۱]	هر عیبی در این کلاس با طول بزرگتر از ۵۰ میلیمتر مردود است.
D	ناپیوستگی‌های ریز[۲۲]	هر عیبی در این رده بدون توجه به طول یا محل قابل پذیرش است.

تراز روبش

* مسیر صوت (میلیمتر)	بالای تراز مرجع (dB)
تا ۶۵	۱۴
بزرگتر از ۶۵ تا ۱۲۵	۱۹
بزرگتر از ۱۲۵ تا ۲۵۰	۲۹
بزرگتر از ۲۵۰ تا ۳۸۰	۳۹

* این ستون طول مسیر تابش است نه ضخامت قطعه

جدول ۸-۳- معیارهای پذیرش یا رد آزمایش فراصوت UT (اتصالات غیر لوله ای بارگذاری شده چرخه ای در کشش) (به ۸-۱۳-۲ مراجعه شود.)

ردهٔ ناپیوستگی*	ضخامت جوش** برحسب میلیمتر و زاویه پروب											
	۸ تا ۲۰	بیش از ۲۰ تا ۳۸		بیش از ۳۸ تا ۶۵			بیش از ۶۵ تا ۱۰۰			بیش از ۱۰۰ تا ۲۰۰		
	۷۰°	۷۰°	۷۰°	۶۰°	۴۵°	۷۰°	۶۰°	۴۵°	۷۰°	۶۰°	۴۵°	۷۰°	۶۰°	۴۵°
A	+۱۰ وکمتر	+۸ وکمتر	+۴ وکمتر	+۷ وکمتر	+۹ وکمتر	+۱ وکمتر	+۴ وکمتر	+۶ وکمتر	−۲ وکمتر	+۱ وکمتر	+۳ وکمتر			
B	+۱۱	+۹	+۵ +۶	+۸ +۹	+۱۰ +۱۱	+۲ +۳	+۵ +۶	+۷ +۸	−۱ ۰	+۲ +۳	+۴ +۵			
C	+۱۲	+۱۰	+۷ +۸	+۱۰ +۱۱	+۱۲ +۱۳	+۴ +۵	+۷ +۸	+۹ +۱۰	+۱ +۲	+۴ +۵	+۶ +۷			
D	+۱۳ وبیشتر	+۱۱ وبیشتر	+۹ وبیشتر	+۱۲ وبیشتر	+۱۴ وبیشتر	+۶ وبیشتر	+۹ وبیشتر	+۱۱ وبیشتر	+۳ وبیشتر	+۶ وبیشتر	+۸ وبیشتر			

** ضخامت جوش، ضخامت قطعه نازکتر است.

توضیحات:

۱. ناپیوستگی های رده B و C باید حداقل به اندازه 2L از هم فاصله داشته باشند، L طول ناپیوستگی بزرگتر در بررسی دو ناپیوستگی مجاور هم است. در صورتیکه دو یا چند ناپیوستگی از این قبیل وجود دارد که حداقل 2L از هم جدا نیستند، اما طول ترکیبی ناپیوستگی ها و فاصله جدایی آنها، برابر یا کمتر از حداکثر طول مجاز طبق مقررات رده B یا C باشد، ناپیوستگی یک ناپیوستگی قابل قبول در نظر گرفته می شود.

۲. ناپیوستگی های رده B و C باید در فاصله حداقل 2L از لبه جوشی که دارای تنش کششی اصلی هستند باشند، L طول ناپیوستگی است.

۳. ناپیوستگی هایی که در ناحیه ریشه جوش اتصالات شیاری دو طرفه CJP در "صفحه اسکن" شناسایی میشوند باید با حساسیت ۴ دسی بل بیشتر از آنچه در بند ۸-۲۵-۶-۵ توضیح داده شده است جستجو و ارزیابی شوند. زمانی که چنین جوش هایی به عنوان "جوش کششی" روی نقشه تعیین می شوند (۴ دسی بل را از درجه بندی نشانه "d" کم کنید). این موضوع در صورتیکه ریشه جوش برای رسیدن به جوش سالم و پیشانی جوش سنگ زده شده باشد و آزمون ذرات مغناطیسی برای تأیید برداشته شدن پیشانی ریشه انجام شود، اعمال نمی‌شود.

۴. برای نشانه‌هایی که با جابجایی واحد جستجوگر روی نمایشگر باقی می‌مانند، به بند ۸-۱۳-۲-۱ مراجعه شود.

A	ناپیوستگیهای وسیع[18]	هر عیبی در این رده مردود است (بدون توجه به‌طول)
B	ناپیوستگیهای متوسط[19]	هر عیبی در این رده با طول بزرگتر از ۲۰ میلیمتر مردود است
C	ناپیوستگیهای کوچک[20]	هر عیبی در این رده با طول بزرگتر از ۵۰ میلیمتر مردود است
D	ناپیوستگیهای ریز[21]	هر عیبی در این رده بدون توجه به‌طول یا محل قابل پذیرش است

تراز روبش

* مسیر صوت (میلیمتر)	بالای تراز مرجع (dB)
تا ۶۵	۲۰
بزرگتر از ۶۵ تا ۱۲۵	۲۵
بزرگتر از ۱۲۵ تا ۲۵۰	۳۵
بزرگتر از ۲۵۰ تا ۳۸۰	۴۵

* این ستون طول مسیر تابش است نه ضخامت قطعه

قسمت ت: روش‌های آزمایش‌های غیرمخرب (NDT)

۸-۱۴- آزمایش‌های غیرمخرب

دستورالعمل آزمایش‌های غیرمخرب ارئه شده در این قسمت سال‌های متمادی است که مورد استفاده قرار می‌گیرند و شواهد حاکی از نتایج اطمینان‌بخش از این آزمایش‌ها است، لیکن به نظر می‌رسد بعضی از استفاده‌کنندگان این آیین‌نامه این تصور غلط را دارند که هر یک از آزمایش‌ها می‌تواند به تنهایی تمام عیوب جوش را آشکار نماید. توجه استفاده‌کنندگان به این نکته جلب می‌شود که هر روش دارای محدودیت‌هایی است و قادر به شناسایی تعداد محدودی از ناپیوستگی‌ها است و مفسر آزمایش‌ها باید دارای دانش و تجربه کافی در این مورد باشد.

وقتی آزمایش‌های غیرمخرب، علاوه بر آزمایش‌های چشمی مورد نیاز باشد، اطلاعاتی از قبیل نوع جوش‌هایی که باید آزمایش شوند، درصدی از جوش‌ها که باید تحت آزمایش قرار گیرند و روش‌های آزمایش باید در مشخصات فنی ذکر شوند. در صورتیکه نتایج آزمایش‌های غیرمخرب بعد از بازرسی جوش‌ها منطبق بر ضوابط این آیین‌نامه تشخیص داده نشوند، باید طبق مفاد بند ۷-۲۵ مورد تعمیر قرار گیرند.

۸-۱۴-۱- پرتونگاری

در صورت استفاده از آزمایش پرتونگاری (RT)، روش و دستورالعمل آزمایش باید مطابق قسمت ث این فصل یا قسمت ج و بخش ۱۰-۲۷ فصل ۱۰ باشد.

۸-۱۴-۲- سیستم‌های تصویرسازی پرتویی

در صورت استفاده از سیستم‌های تصویرسازی پرتویی[1]، روش و دستورالعمل باید منطبق بر ضوابط قسمت چ، از این فصل باشد.

۸-۱۴-۳- آزمایش فراصوت

در صورت استفاده از آزمایش فراصوت، روش و دستورالعمل کار باید منطبق بر ضوابط قسمت ج، از این فصل باشد.

۸-۱۴-۴- آزمایش ذرات مغناطیسی

در صورت استفاده از روش ذرات مغناطیسی، روش و دستورالعمل باید منطبق بر ASTM E709 و شرایط پذیرش برحسب مورد باید منطبق بر ضوابط قسمت پ این فصل باشد.

1- Radiation imaging system

۸-۱۴-۵- آزمایش مایع نافذ

برای ردیابی ناپیوستگی‌ها و ترک‌هایی که دارای نمود سطحی هستند، می‌توان از آزمایش مایع نافذ استفاده نمود. روش و دستورالعمل کار باید منطبق بر ASTM E165 و شرایط پذیرش برحسب مورد باید منطبق بر ضوابط قسمت پ این فصل باشد.

۸-۱۴-۶- ارزیابی و تایید صلاحیت پرسنل

ارزیابی پرسنل مسئول انجام آزمایش‌های غیرمخرب، باید مطابق بند ۸-۱-۴ باشد.

اشخاصی مجاز به انجام آزمایش‌های غیرمخرب هستند که در پایه ۲، ارزیابی شده باشند. اشخاصی که در پایه ۱ ارزیابی شده باشند، فقط می‌توانند زیرنظر یک نفر پایه ۲ به آزمایش ارزیابی بپردازند. ارزیابی افراد در پایه ۱ و ۲ توسط فردی از پایه ۳ انجام می‌شود. افرادی که آزمایش غیرمخرب را براساس ضوابط بند ۸-۱۴-۶ انجام می‌دهند لازم نیست مطابق ضوابط AWS QC1 ارزیابی و تایید شده باشند.

۸-۱۵- دامنه آزمایش‌های غیرمخرب

دامنه آزمایش‌های غیرمخرب جوش‌ها (شامل نوع، محل و درصد) باید به طور وضوح در مشخصات فنی ذکر شود.

۸-۱۵-۱- آزمایش کامل

درزهایی که آزمایش آنها در مشخصات فنی قید شده است، باید در طول کامل مورد آزمایش قرار گیرند، مگر اینکه انجام آزمایش جزئی[۱] و یا آزمایش موضعی[۲] در مشخصات فنی مقرر شده باشد.

۸-۱۵-۲- آزمایش جزئی

در صورتی‌که برای درزی آزمایش جزیی مقرر شده باشد، محل و طول جوش و یا دسته جوش‌های موردنظر برای آزمایش باید به طور واضح مشخص شود.

۱- Patrial Testing

۲- Spot Testing

۸-۱۵-۳- آزمایش موضعی

در صورتی‌که در مشخصات فنی، آزمایش موضعی مشخص شده باشد، طول و فواصل آنها باید به طور کامل مشخص شود. طول حداقل هر موضع آزمایش ۱۰۰ میلیمتر و فاصله حداکثر بین دو موضع آزمایش، ۴ متر است. در صورتی‌که موضع مبین عیب و تعمیر باشد، درحدفاصل دو موضع قبلی، باید دو موضع جدید مورد آزمایش قرار گیرد. اگر این دو موضع جدید نیز مبین عیب و تعمیر باشند، باید طول کامل جوش مورد آزمایش قرار گیرد.

۸-۱۵-۴- اطلاعات مرتبط

قبل از آزمایش، پرسنل آزمایش غیرمخرب باید اطلاعات کاملی از هندسه درز، ضخامت مصالح، روش جوشکاری و دستورالعمل جوشکاری داشته باشد. همچنین هرگونه تعمیر قبلی به اطلاع آنها برسد.

۸-۱۵-۵- برنامه‌ریزی آزمایش‌های غیرمخرب

مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان در صورت نیاز به آزمایش فراصوت (UT)، آزمایش ذرات مغناطیسی (MT)، آزمایش مایع نافذ (PT) و آزمون پرتونگاری (RT) این روش‌ها باید منطبق با ضوابط این آیین‌نامه توسط واحد تضمین کیفیت انجام شود.

در جدول ۸-۹ میزان آزمایش‌های غیرمخرب جوش ارایه شده است. نتیجه تمام این آزمون‌ها باید در پرونده‌های مخصوص ثبت شده و با تفسیر در اختیار مهندس ناظر قرار گیرند.

جدول ۸-۹ میزان آزمایش‌های غیرمخرب جوش هنگام تولید و نصب

نوع جوش مورد آزمایش	نوع آزمایش	درصدآزمایش‌ها برای گروه‌بندی‌اهمیت ساختمان مطابق استاندارد۲۸۰۰		
		۱ و ۲	۳	۴
۱- همه جوش‌ها	بازرسی چشمی(VI)	100	100	100
۲- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی بال‌های کششی، اعضای کششی خرپاها، یک‌ششم عمق جان تیرها در مجاورت بال کششی و جوش شیاری ورق روسری و زیرسری به ستون در اتصال صلب تیر به ستون	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	100	75	25
۳- جوش‌های لب‌به‌لب طولی بال‌های کشی و اعضای کششی خرپاها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	10	5	—
۴- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی و طولی در بال‌های فشاری و اعضای فشاری خرپاها و ستون‌ها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	20	10	—
۵- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی جان تیرها که شامل بند ۲ فوق نیست و جوش‌های لب‌به‌لب طولی جان تیرها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	20	10	—
۶- جوش گوشه بال به جان و سخت‌کننده‌ها	مایع نافذ (PT) یا ذرات مغناطیسی (MT)	10	10	5
۷- جوش‌های گوشه اتصالات مهاربندها و اتصالات تیر به ستون	مایع نافذ (PT) یا ذرات مغناطیسی (MT)	100	20	10

الزامات تکمیلی جدول ۸-۹ به شرح زیر است:

۱) ورق‌های با ضخامت کمتر یا مساوی 8 میلی‌متر نیاز به آزمایش پرتونگاری (RT) یا فراصوت (UT) ندارند.

۲) ساختمان‌های گروه ۳ دارای ۴ طبقه یا بیشتر روی سطح زمین، مطابق گروه‌های ۱ و ۲ ارزیابی می‌شوند.

۸-۱۵-۵-۱- نرخ مردودی آزمایش فراصوت[1]

نرخ مردودی آزمایش فراصوت از تقسیم تعداد جوش‌های معیوب به جوش‌های کامل به دست می‌آید. جوش‌هایی که دارای ناپیوستگی در حد قابل قبول هستند، در هنگام تعیین نرخ مردودی نباید جزو جوش‌های معیوب حساب شوند. برای ارزیابی نرخ مردودی جوش‌های پیوسته با طول بیش از ۱ متر و گلویی مؤثر جوش حداکثر ۲۵ میلی‌متر، هر ۳۰۰ میلی‌متر به عنوان یک جوش در نظر گرفته می‌شود. برای ارزیابی نرخ مردودی جوش‌های پیوسته با طول بیش از ۱ متر طول و گلویی مؤثر بیش از ۲۵ میلی‌متر، هر ۱۵۰ میلی‌متر به عنوان یک جوش در نظر گرفته می‌شود.

1- Ultrasonic testing rejection rate

۸-۱۵-۵-۲-کاهش تعداد آزمایش فراصوت

در پروژه‌هایی که تعداد حداکثر ۴۰ جوش داشته باشند، نباید هیچ کاهشی در میزان آزمایش‌های فراصوت صورت گیرد. در حالتی که در ابتدا مقرر شده باشد که ۱۰۰ درصد جوش‌ها تحت آزمایش فراصوت قرار گیرند. برای یک جوشکار مشخص می‌توان این میزان را تا ۲۵ درصد کاهش داد، در صورتی که نرخ مردودی جوش‌های اجرا شده توسط آن جوشکار حداکثر ۵ درصد باشد. باید تعداد حداقل ۴۰ جوش کامل اجرا شده باشد تا این ارزیابی برای کاهش تعداد آزمایش‌ها صورت گیرد.

۸-۱۵-۵-۳- افزایش تعداد آزمایش فراصوت

در حالتی که از ابتدا مقرر شده باشد که ۱۰ درصد از جوش ها تحت آزمایش فراصوت قرار گیرند. برای یک جوشکار مشخص این میزان باید به ۱۰۰ درصد افزایش یابد، در صورتی که نرخ مردودی جوش‌های اجرا شده توسط وی بیش از ۵ درصد باشد. باید تعداد حداقل ۲۰ جوش کامل قبل از اعمال این افزایش اجرا شده باشد. اگر نرخ مردودی برای جوش‌های اجرا شده توسط جوشکاری برای تعداد حداقل ۴۰ جوش کامل به ۵ درصد یا کمتر کاهش یابد، میزان آزمایش‌های فراصوت را به ۱۰ درصد می توان کاهش داد.

۸-۱۵-۵-۴- مستندسازی

تمام آزمایش‌های غیرمخرب اجرا شده باید مستندسازی شوند. برای ساخت در کارگاه، جوش آزمایش شده در گزارش آزمایش تست غیرمخرب (NDT) باید با استفاده از نام قطعه و موقعیت جوش در قطعه معرفی شود. جوش آزمایش شده برای ساخت در محل، باید به وسیله موقعیت آن در سازه، اسم قطعه و موقعیت آن در قطعه معرفی شود.

اگر جوشی بر اساس آزمایش غیرمخرب مردود شده باشد، گزارش آزمایش غیرمخرب باید موقعیت عیب و علت مردودی را بیان کند.

قسمت ث: آزمایش پرتونگاری[1]

۸-۱۶- آزمایش پرتونگاری جوش‌های شیاری در درزهای لب‌به‌لب

۸-۱۶-۱- روش‌ها و استانداردها

در صورتی‌که در مشخصات فنی انجام آزمایش‌های پرتونگاری مقرر شده باشد، قوانین و روش‌های آزمایش باید منطبق بر مفاد ارائه شده در این قسمت باشد. مقررات ارائه شده در این قسمت، بیشتر مربوط به آزمایش جوش شیاری در درز لب‌به‌لب ورق‌ها، نیمرخ‌ها و یا میله‌ها به کمک پرتوی X یا گاما می‌باشد. روش آزمایش باید منطبق بر استانداردهای ملی مربوطه و یا معادل بین‌المللی آن باشد*.

۸-۱۶-۲- تغییرات

تغییرات در روش‌های آزمایش، تجهیزات و استانداردهای پذیرش می‌تواند در صورت توافق بین کارفرما و پیمانکار اعمال شود. چنین تغییرات شامل موارد زیر و نه محدود به آن می‌باشد:

(۱) پرتونگاری جوش‌های گوشه و تمام جوش‌های اتصال سپری و کنج.

(۲) تغییر در فاصله منبع تا فیلم.

(۳) کاربرد غیرمعمول فیلم.

(۴) کاربردهای غیرمعمول IQIهای سوراخ‌دار یا سیمی (شامل استفاده از IQI در سمت فیلم).

(۵) و برای پرتونگاری ضخامت‌های بالای ۱۵۰ میلی‌متر.

(۶) انواع فیلم.

(۷) الزامات دانسیته.

(۸) تغییرات در تابش و آشکارسازی فیلم.

۸-۱۷- روش‌های پرتونگاری

۸-۱۷-۱- روش‌ها

1- Radiographic testing (RT)

*- در غیاب استاندارد ملی، می‌توان از استانداردهای ASTM E94 و ASTM E1032 استفاده نمود و برای تصاویر دیجیتال ASTM E2339

فیلم پرتونگاری می‌تواند با استفاده از پرتوی ایکس یا گاما تهیه شود. کیفیت فیلم پرتونگاری می‌تواند به کمک شاخص کیفیت تصویر (IQI)[۱] سوراخ‌دار یا سیمی مورد قضاوت قرار گیرد. کیفیت پرتونگاری باید ضوابط مندرج در بند ۸-۱۷-۷، جدول‌های ۸-۴، ۸-۵ ، شکل‌های ۸-۴ و ۸-۵ را برآورده نماید. اعداد و حروف شناسایی باید به طور واضح در فیلم آشکار شوند.

جدول ۸-۴- مشخصات شاخص‌های کیفیت تصویر (IQI) سوراخ‌دار (بند ۸-۱۷-۱)

ضخامت ورق (میلیمتر)	سمت چشمه	
	شماره شناسایی	سوراخ‌ها
تا ۶	۱۰	۴T
۶ تا ۱۰	۱۲	۴T
۱۰ تا ۱۲	۱۵	۴T
۱۲ تا ۱۶	۱۵	۴T
۱۶ تا ۲۰	۱۷	۴T
۲۰ تا ۲۲	۲۰	۴T
۲۲ تا ۲۵	۲۰	۴T
۲۵ تا ۳۲	۲۵	۴T
۳۲ تا ۳۸	۳۰	۲T
۳۸ تا ۵۰	۳۵	۲T
۵۰ تا ۶۵	۴۰	۲T
۶۵ تا ۷۵	۴۵	۲T
۷۵ تا ۱۰۰	۵۰	۲T
۱۰۰ تا ۱۵۰	۶۰	۲T
۱۵۰ تا ۲۰۰	۸۰	۲T

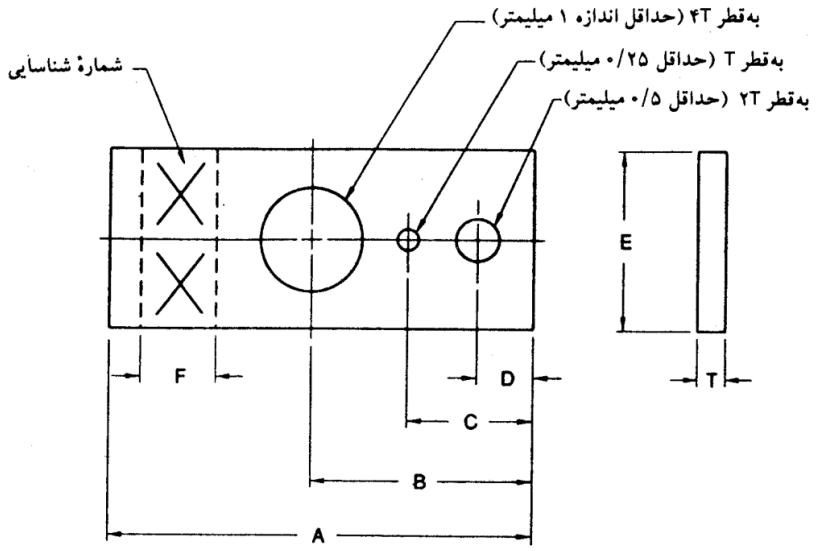
T = ضخامت شاخص

جدول ۸-۵- مشخصات شاخص کیفیت تصویر (IQI) رشته‌ای (بند ۸-۱۷-۱)

ضخامت ورق (میلیمتر)	سیم ضروری برای مشاهده در IQI سیمی قرار گرفته در سمت چشمه
تا ۶	۶
۶ تا ۱۰	۷
۱۰ تا ۱۶	۸
۱۶ تا ۲۰	۹
۲۰ تا ۳۸	۱۰
۳۸ تا ۵۰	۱۱
۵۰ تا ۶۵	۱۲
۶۵ تا ۱۰۰	۱۳
۱۰۰ تا ۱۵۰	۱۴

۱- IQI = Image Quality Indicator

بزرگتر از ۱۵۰	۱۶



جدول ابعاد IQI (برحسب میلیمتر)

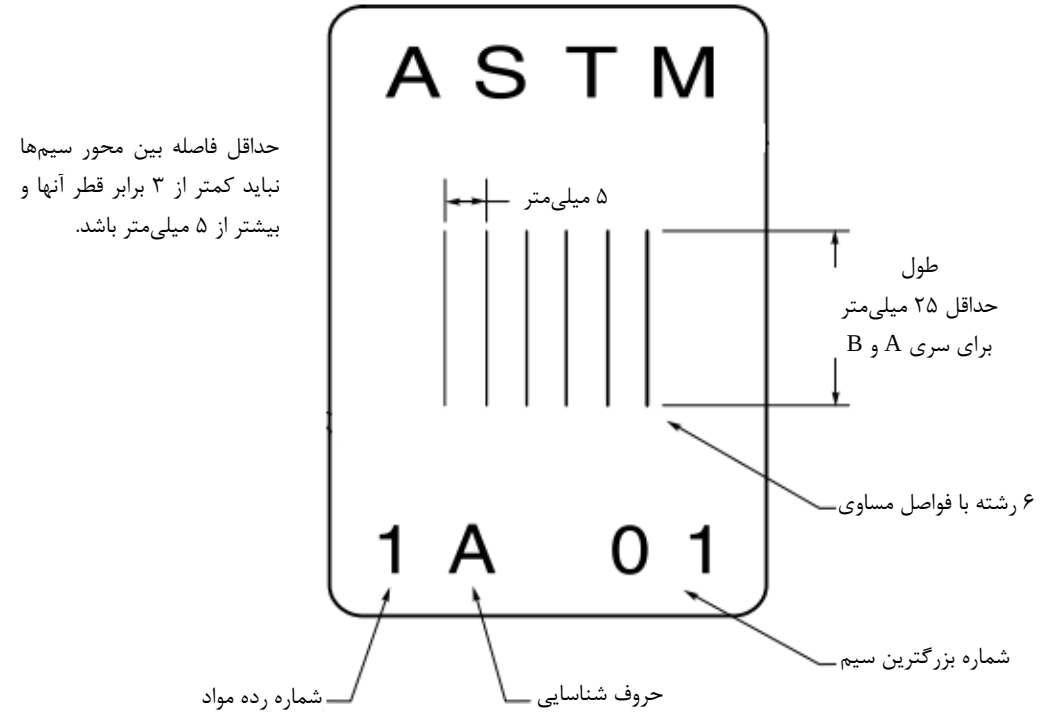
شماره	A	B	C	D	E	F	رواداری
۵-۲۰	۳۸/۱۰	۱۹/۰۵	۱۱/۱۳	۶/۳۵	۱۲/۷۰	۶/۳۵	±۰/۰۱۳
	±۰/۳۸	±۰/۳۸	±۰/۳۸	±۰/۳۸	±۰/۳۸	±۰/۳۸	
۲۱-۵۹	۳۸/۱۰۰	۱۹/۰۵	۱۱/۱۳	۶/۳۵۰	۱۲/۷۰۰	۶/۳۵	±۰/۰۶
	±۰/۳۸	±۰/۳۸	±۰/۳۸	±۰/۳۸	±۰/۳۸	±۰/۳۸	
۶۰-۱۷۹	۵۷/۱۵۰	۳۴/۹۲۵	۱۹/۰۵۰	۹/۵۲۵	۲۵/۴۰	۹/۵۲۵	±۰/۰۱۳
	±۰/۸۰	±۰/۸۰	±۰/۸۰	±۰/۸۰	±۰/۸۰	±۰/۸۰	

تذکر:

۱- قطر سوراخ شماره‌های ۵ تا ۹ مساوی ۱T، ۲T و ۴T نیستند.

۲- سوراخ‌ها باید واقعی و عمود بر IQI باشند.

شکل ۸-۴- مشخصات شاخص کیفیت تصویر (IQI) روزنه‌ای (بند ۸-۱۷-۱ و ۱۰-۲۸-۱)



جدول اندازه IQI رشته‌ای و شماره شناسایی سیم

سری A		سری B		سری C		سری D	
شماره‌سیم	قطر سیم	شماره‌سیم	قطر سیم	شماره‌سیم	قطر سیم	شماره‌سیم	قطر سیم
۱	۰/۰۸	۶	۰/۲۵	۱۱	۰/۸۱	۱۶	۲/۵
۲	۰/۱	۷	۰/۳۳	۱۲	۱/۰۲	۱۷	۳/۲
۳	۰/۱۳	۸	۰/۴	۱۳	۱/۲۷	۱۸	۴/۰۶
۴	۰/۱۶	۹	۰/۵۱	۱۴	۱/۶	۱۹	۵/۱
۵	۰/۲	۱۰	۰/۶۴	۱۵	۲/۰۳	۲۰	۶/۴
۶	۰/۲۵	۱۱	۰/۸۱	۱۶	۲/۵	۲۱	۸

* ابعاد به میلی‌متر می‌باشد.

شکل ۸-۵- مشخصات شاخص کیفیت تصویر (IQI) سیمی (بند ۸-۱۷-۱)

۸-۱۷-۲- ضوابط ایمنی

پرتونگاری باید با حفظ تمام تدابیر ایمنی انجام پذیرد**.

** در این مورد اپراتور پرتونگاری باید دارای مدرک حفاظت مقدماتی یا پیشرفته در مقابل اشعه از سازمان انرژی اتمی ایران باشد.

۸-۱۷-۳- حذف گرده جوش

وقتی‌که در مدارک قرارداد حذف گرده (تحدب) جوش درج شده باشد، باید مطابق بند ۷-۲۳-۳-۱ جوش به وسیله سنگ زدن برای پرتونگاری آماده شود. سایر انواع سطوح جوش به منظور آزمایش پرتونگاری لازم نیست سنگ زده شوند، مگر اینکه سطح جوش و یا فصل مشترک جوش یا فلز پایه دارای چنان نامنظمی‌های تیزی باشند که در عکس به صورت ترک و یا سایر انواع ناپیوستگی به نظر آیند.

۸-۱۷-۳-۱. ناودان‌ها

قبل از انجام آزمایش پرتونگاری، ناودان[۱] انتهایی جوش باید برداشته شود، مگر اینکه توسط مهندس ناظر تایید شده باشد.

۸-۱۷-۳-۲. پشت‌بند فولادی

در صورت درج در مشخصات فنی یا مطابق بند ۷-۹-۱-۴، قبل از انجام پرتونگاری، تسمه پشت‌بند[۲] باید برداشته شده و سطح جوش به وسیله سنگ‌زدن همسطح شود. سنگ زدن باید مطابق بند ۷-۲۳-۳-۱ باشد.

۸-۱۷-۳-۳. گرده جوش

وقتی‌که گرده و یا تسمه پشت‌بند برداشته نشود، باید در زیر IQI های سیمی و یا سوراخ‌دار، پرکننده‌های (فیلرهای) فولادی[۳] قرار داده شود به طوریکه ضخامت موجود بین رشته‌ها و روزنه‌ها تا سطح فیلم مساوی ضخامت متوسط جوش در حدفاصل گرده و تسمه گردند.

۸-۱۷-۴- فیلم پرتونگاری

فیلم‌های پرتونگاری باید منطبق بر استانداردهای ملی باشد و از ورق فویل سربی استفاده شود*. استفاده از تشدید کننده‌های فلورسان[۴] مجاز نیست.

۸-۱۷-۵- روش

پرتونگاری باید با یک چشمه پرتوزا که تا حد امکان در مرکز طول و عرض جوش مورد آزمایش قرار دارد، انجام شود.

۱- Weld tab

۲- Steel backing

3- Steel Shims

* در غیاب استاندارد ملی می‌توان از ASTM E94 استفاده نمود.

4- Fluorescent Screen

۸-۱۷-۵-۱. عدم وضوح هندسی[۱]

چشمه پرتوگاما یا اشعه ایکس، بدون توجه به اندازه باید توانایی ایجاد محدودیت عدم وضوع هندسی مطابق بند ۸-۱۷-۵-۱-۱ را داشته باشد. از رابطه عدم وضوح هندسی زیر باید حداقل فاصله چشمه تا فیلم تعیین شود:

$$U_g = Fd/D$$

که در آن:

U_g = عدم وضوح هندسی

F = اندازه چشمه (حداکثر اندازه پیش‌بینی شده چشمه تابش یا نقطه کانونی موثر در صفحه عمود بر فاصله D از سمت چشمه قطعه مورد پرتونگاری).

D = فاصله چشمه پرتو تا قطعه مورد پرتونگاری

d = فاصله قطعه از سمت چشمه تا فیلم پرتونگاری

۸-۱۷-۵-۱-۱- محدودیت عدم وضوح هندسی

فواصل (D) و (d) باید در مرکز تقریبی منطقه موردنظر تعیین شود. ضخامت قطعه برای تعیین عدم وضوح هندسی باید همان ضخامتی باشد که برای انتخاب IQI استفاده می‌شود. حداکثر مقادیر عدم وضوح هندسی به شرح زیر است:

ضخامت قطعه (mm)	حداکثر U_g (mm)
<50	0.5
50 تا 75	0.75
بزرگتر از 75 تا 100	1
>100	1.75

۸-۱۷-۵-۲- فاصله چشمه تا قطعه

فاصله چشمه تا قطعه نباید کمتر از طول فیلم باشد. این محدودیت در مورد روش پرتونگاری پانورامیک صادق نیست.

۸-۱۷-۵-۳- محدودیت فاصله چشمه تا قطعه

فاصله چشمه تا قطعه نباید کمتر از ۷ برابر ضخامت جوش به علاوه گرده و تسمه پشت‌بند (در صورت وجود) باشد. به علاوه زاویه توزیع پرتو در دورترین نقاط جوش نسبت به محور مرکزی نباید بیشتر از ۲۶/۵ درجه باشد.

۱- Geometric Unsharpness

۸-۱۷-۶- چشمه یا منبع پرتو

چشمه پرتوی X با قدرت حداکثر 600kV[1] و ایریدیوم ۱۹۲ می‌تواند به عنوان چشمه قابل قبول برای تمام بازرسی‌های پرتونگاری مورد استفاده قرار گیرد، مشروط براینکه قدرت نفوذ آن کافی باشد. در صورتی‌که ضخامت قطعه مورد پرتونگاری از ۶۵ میلیمتر تجاوز نماید، باید از کبالت ۶۰ استفاده نمود. استفاده از سایر انواع چشمه باید به تایید مهندس مشاور برسد.

۸-۱۷-۷- انتخاب و استقرار شاخص‌های کیفیت تصویر (IQI)

انتخاب و محل استقرار شاخص‌های IQI باید مطابق با جدول ۸-۶ باشد. قطعه پشت‌بند نباید قسمتی از جوش یا گرده جوش در انتخاب IQI در نظر گرفته شود.

جدول ۸-۶- جدول تعداد و محل شاخص‌های کیفیت تصویر

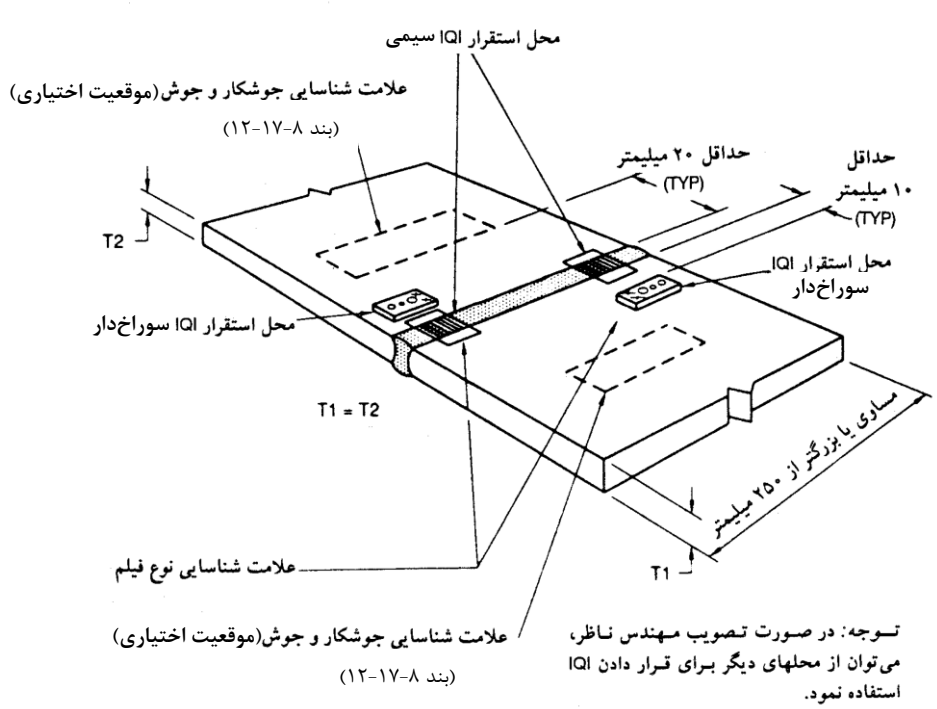
	ضخامت مساوی و طول درز بزرگتر یا مساوی ۲۵۰ میلیمتر		ضخامت مساوی و طول درز کوچکتر از ۲۵۰ میلیمتر		ضخامت نامساوی و طول درز بزرگتر از ۲۵۰ میلیمتر		ضخامت نامساوی و طول درز کوچکتر از ۲۵۰ میلیمتر	
نوع IQI	**سوراخ‌دار**	**سیمی**	**سوراخ‌دار**	**سیمی**	**سوراخ‌دار**	**سیمی**	**سوراخ‌دار**	**سیمی**
تعداد IQI	۲	۲	۱	۱	۳	۲	۲	۱
استانداردASTM	E1025	E747	E1025	E747	E1025	E747	E1025	E747
جدول	۴-۸	۵-۸	۴-۸	۵-۸	۴-۸	۵-۸	۴-۸	۵-۸
شکل	۶-۸		۷-۸		۸-۸		۹-۸	

T = ضخامت اسمی فلز پایه (T_1 و T_2 در اشکال)

L = طول درز در محدوده موردنظر برای پرتونگاری

تذکر: در صورت استفاده از پرکننده در زیر شاخص، T را می‌توان به اندازه ضخامت گرده افزایش داد.

1- Kilovoltage



شکل ۸-۶- محل شاخص‌های کیفیت تصویر (IQI) از نوع سوراخ‌دار با سیمی در درزها با ضخامت‌های مساوی با طول ۲۵۰ میلیمتر و بزرگتر (بند ۸-۱۷-۷)

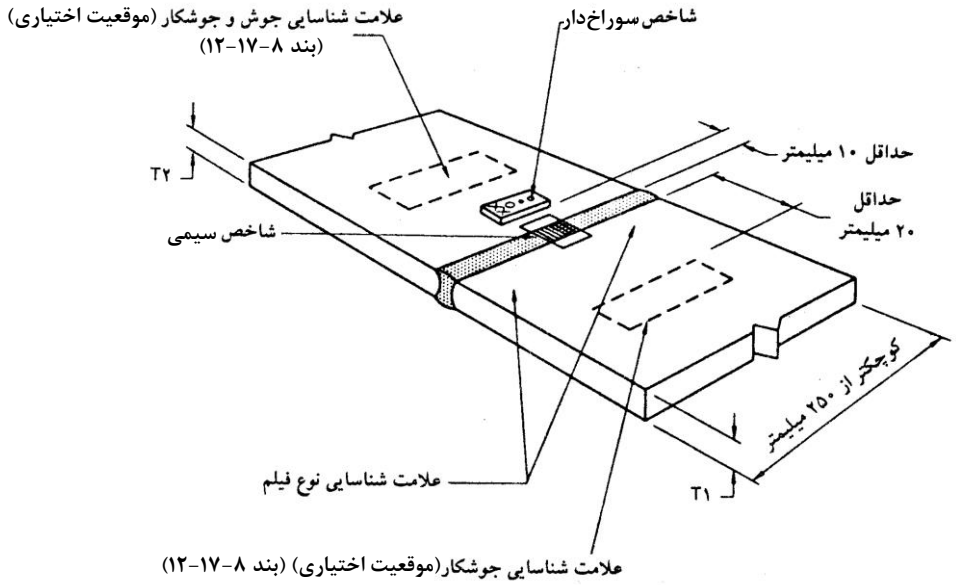
۸-۱۷-۸- روش

در پرتونگاری جوش درزها، فیلم‌ها باید به ترتیبی شماره‌گذاری و در موقعیت مناسب قرار داده شوند که امکان بازرسی کامل و پیوسته جوش برقرار شود. ابتدا و انتهای درز باید به طور واضح مشخص شود. فیلم کوتاه، صفحات تشدیدکننده کوتاه و بریدگی کنار جوش بیش از حد به دلیل تابش‌های پراکنده یا هر فرایندی که باعث پوشیده شدن بخشی از طول جوش و تغییر در نتایج شود، باعث غیرقابل قبول شدن تصاویر پرتونگاری خواهد شد.

۸-۱۷-۸-۱- همپوشانی فیلم

برای عکسبرداری از جوش درزهای بلندتر از ۳۵۰ میلیمتر، دو کار می‌توان انجام داد. در روش اول، فیلم‌ها را با مقداری همپوشانی به طور پیوسته قرار داده و یک تابش پرتو[1] انجام می‌شود. در روش دوم فیلم‌ها به طور جداگانه قرار داده شده و برای هر فیلم یک تابش انجام می‌شود. مقررات بند ۸-۱۷-۵ باید رعایت شود.

1- Exposure



شکل ۸-۷- محل شاخص‌های کیفیت تصویر (IQI) از نوع سوراخ‌دار یا سیمی در درزها با ضخامت‌های تقریباً مساوی و یا طول کمتر از ۲۵۰ میلیمتر (بند ۸-۱۷-۷)

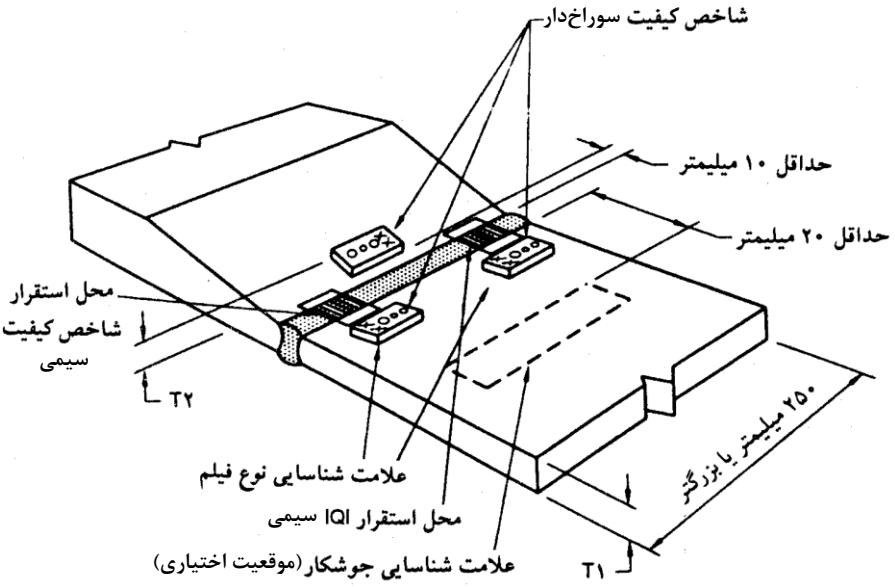
۸-۱۷-۸-۲- پراکنش پشتی

برای کنترل اینکه آیا در پرتودهی پراکنش پشتی[1] رخ داده یا نه، یک حرف B به ارتفاع ۱۲ میلیمتر و ضخامت ۲ میلیمتر به پشت کاست فیلم چسبانده می‌شود. اگر تصویر حرف B در عکس به وضوح ظاهر شود، عمل رادیوگرافی به علت پراکنش پشتی مردود شناخته می‌شود.

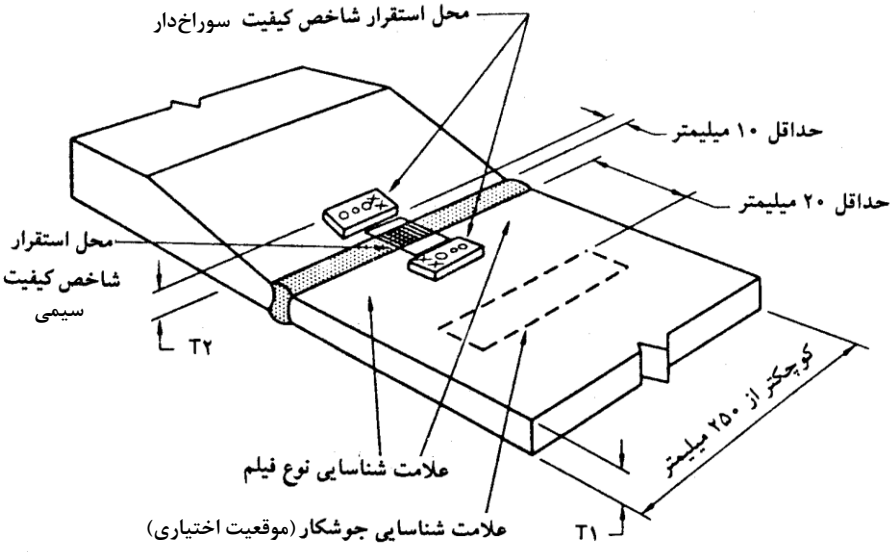
۸-۱۷-۹- عرض فیلم

عرض فیلم باید کافی باشد تا بتواند ناحیه متاثر از حرارت را نیز پوشش داده و عرض کافی برای استقرار انواع علائم IQI داشته باشد.

1- Backscatter



شکل ۸-۸- محل شاخص‌های کیفیت تصویر (IQI) از نوع سوراخ‌دار یا سیمی در درزها با ضخامت نامساوی با طول مساوی یا بزرگتر از ۲۵۰ میلیمتر (بندهای ۸-۱۷-۷)



شکل ۸-۹- محل شاخص‌های کیفیت تصویر (IQI) از نوع سوراخ‌دار یا سیمی در درزها با ضخامت نامساوی با طول کوچکتر از ۲۵۰ میلیمتر (بند ۸-۱۷-۷)

۸-۱۷-۱۰- کیفیت عکس‌های پرتونگاری

عکس‌های پرتونگاری باید عاری از هرگونه نقص و عیوب مصنوعی[1] که باعث عدم پیوستگی در ناحیه مورد مطالعه می‌شوند، باشند. این نشانه‌ها شامل موارد زیر هستند:

(۱) تار شدن[2]

(۲) عیوب عمل‌آوری مثل خط افتادن[3]، علامت آب و یا لکه‌های شیمیایی.

(۳) خَش، اثر انگشت، چروک، کثافت، له شدن، سیاه شدن و پاره شدن.

(۴) از بین رفتن وضوح به علت تماس ناقص پرده به فیلم.

(۵) علائم مجازی به علت نقص پرده‌ها و یا نقص درونی فیلم.

۸-۱۷-۱۱- محدودیت‌های دانسیته

۸-۱۷-۱۱-۱- فیلم پرتونگاری

دانسیته شاخصی است که نشان دهنده میزان عبور نور از فیلم است. هرچه دانسیته زیادتر باشد، میزان عبور نور کمتر می‌باشد.

دانسیته حداقل در عکسبرداری با پرتوی X مساوی ۱/۸ و در عکسبرداری با پرتوی گاما مساوی ۲ است. برای مشاهده ترکیبی پرتونگاری دو فیلمه، دانسیته حداقل مساوی ۲/۶ و دانسیته حداقل برای هر کدام از فیلم‌ها، ۱/۳ است. حداکثر دانسیته برای تمام حالات مساوی ۴ می‌باشد.

۸-۱۷-۱۱-۱-۱- دانسیته H&D

دانسیته معیار، دانسیته H&D طبق رابطه زیر است:

$$D = \log(I_o / I)$$

که در آن:

D = دانسیته H&D

I_o = شدت نور تابشی

I = شدت پرتوی عبوری از فیلم

1- Artifact
2- Fogging
3- Streak

۸-۱۷-۱۱-۱-۲- تغییر ضخامت‌ها

وقتی‌که نواحی تغییر ضخامت جوش در محدوده مورد عکسبرداری قرار می‌گیرد و نسبت ضخامت مقطع ضخیم‌تر به مقطع نازک‌تر مساوی یا بزرگتر از ۳ است، میزان پرتودهی در حین عکسبرداری باید طوری باشد که در مقطع نازکتر دانسیته‌ای مساوی ۳ تا ۴ تولید نماید. در این حالت می‌توان از دانسیته حداقل مقرر شده در بند ۸-۱۷-۱۱-۱ چشم‌پوشی کرد، مگر اینکه در اسناد پیمان به گونه‌ای دیگر پیش‌بینی شده باشد.

۸-۱۷-۱۲- علائم شناسایی

در هر عکس باید یک علامت شناسایی پرتونگاری و ۲ علامت شناسایی محل عکسبرداری تعبیه نمود. علائم شناسایی را می‌توان با استفاده از علائم و حروف سربی روی فولاد به منظور امکان تطابق عکس با جوش یا فلز پایه به وجود آورد. اطلاعات شناسایی اضافی در فاصله حداقل ۲۰ میلیمتر از لبه‌جوش می‌تواند چاپ شود و یا اینکه با جاگذاری علائم سربی ایجاد شود.

علائم مورد نیاز در عکس عبارتنداز:

۱- کارفرما
۲- حروف اول شرکت پرتوکار
۳- حروف اول سازنده
۴- شماره ساخت
۵- علامت شناسایی پرتونگاری
۶- تاریخ
۷- شماره تعمیر جوش (در صورتی‌که تعمیر انجام شده باشد).

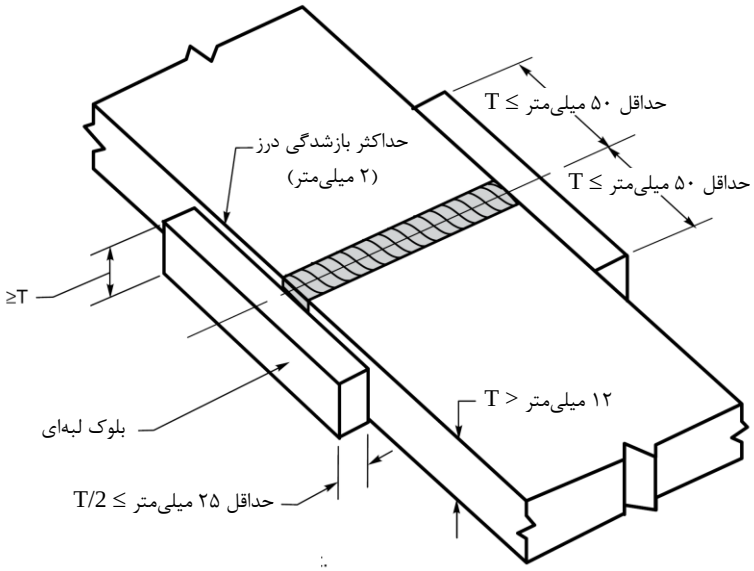
۸-۱۷-۱۳- بلوک لبه‌ای[1]

بلوک لبه‌ای باید برای درزهای لب‌به‌لب با ضخامت بزرگتر از ۱۲ میلیمتر استفاده شود. بلوک لبه‌ای باید دارای طول کافی برای امتداد از هر طرف خط مرکزی جوشی در فاصله حداقل به اندازه ضخامت جوش اما نه کمتر از ۵۰ میلیمتر باشد و ضخامتی برابر یا بیشتر از ضخامت جوش داشته باشد.

حداقل عرض بلوک لبه‌ای باید نصف ضخامت جوش بوده، اما کمتر از ۲۵ میلیمتر نباشد. بلوک لبه باید نسبت به جوش و در مقابل ورق که باید پرتونگاری شود قرار داده شود، به طوریکه حداکثر بازشدگی درز از ۲ میلیمتر بیشتر نشود. بلوک

1- Edge Block

لبه‌ای باید از فولادی بدون عیوب داخلی، ساخته شده و سطح آن با زبری حداکثر ۳ میکرومتر پرداخت شود (شکل ۸-۱۰ ملاحظه شود).



یادداشت: T= حداکثر ضخامت جوش درز

شکل ۸-۱۰- بلوک لبه‌ای در پرتونگاری (بند ۸-۱۷-۱۳)

۸-۱۸- بررسی و گزارش نتایج عکس‌های پرتونگاری

۸-۱۸-۱- تجهیزاتی که باید توسط پیمانکار تامین شود.

۸-۱۸-۱-۱- برای بررسی عکس‌های پرتونگاری، پیمانکار موظف به تهیه یک لامپ مشاهده دارای قابلیت تغییر شدت نور[1] مناسب با قابلیت بازبینی نقطه می‌باشد. مشاهده‌گر باید دارای ابزاری برای تعیین اندازه نقطه تحت بررسی باشد. مشاهده‌گر باید دارای ظرفیت نور مناسب برای دیدن فیلمی با دانسیته H&D ۴ باشد. عمل مشاهده باید در محلی با نور مناسب انجام بگیرد.

۸-۱۸-۲- گزارش‌ها

برای تایید جوش، باید تمامی مدارک عکس‌برداری، ازجمله عکس‌برداری‌هایی که نشان دهنده مردود بودن جوش قبل از تعمیر هستند، به بازرس جوش تحویل داده شود.

1- Varible Intensity Viewer (illuminator)

۸-۱۸-۳- حفظ فیلم پرتونگاری

پیمانکار یا مشاور باید در انتهای کار، تمامی مدارک عملیات پرتونگاری را تحویل کارفرما نمایند. مسئولیت حفظ مدارک عکسبرداری تا یک سال بعد از اتمام کامل کار، برعهده پیمانکار است. در صورت نیاز، کارفرما باید فیلم‌های پرتونگاری را تا قبل از این تاریخ از پیمانکار تحویل بگیرد.

۸-۱۸-۴- بایگانی فیلم پرتونگاری

۸-۱۸-۴-۱- فیلم پرتونگاری

فیلم‌های پرتونگاری باید مطابق استاندارد[1] نگهداری شود.

1- ASTM E1254

قسمت ج: آزمایش فراصوتی[۱] جوش‌های شیاری

۸-۱۹- کلیات

۸-۱۹-۱- روش‌ها و استانداردها

روش‌ها و استانداردهای ارائه شده در این قسمت، حاکم بر آزمایش فراصوتی جوش‌های شیاری و ناحیه متاثر از حرارت[۲] مربوطه، بین ضخامت‌های ۸ تا ۲۰۰ میلیمتر است. برای آزمایش ضخامت‌های خارج از این محدوده از روش‌های جایگزین[۳] استفاده شود.

۸-۱۹-۲- تغییرات

برای ملاحظه روش‌های جایگزین آزمایش فراصوت جوش‌های شیاری مثل فراصوت آرایه‌های فازی (PAUT)، به آیین‌نامه بین‌المللی مربوطه[۴] مراجعه شود.

با موافقت مهندس مشاور می‌توان تغییراتی در روش‌ها، تجهیزات و ضوابط پذیرش مذکور در این قسمت اعمال نمود. این تغییرات می‌تواند به دلیل محدودیت در هر یک از زمینه‌های زیر باشند:

- محدوده ضخامت
- هندسه جوش
- اندازه پروب[۵]
- فرکانس
- سیال واسطه[۶]
- سطح رنگ شده[۷]
- روش آزمایش

تغییرات فوق باید در گزارش بازرسی ثبت شوند.

۱- UT = Ultrasunic Testing

۲- Heat affected zone

۳- Annex O AWS D1.1 (2020)

4 - Annex O and Annex H AWS D 1.1 (2020)

۵- Transducer

۶- Couplant*

* سیالاتی که روی سطح ناحیه مورد آزمایش اعمال می‌شود تا بین پروب و موضوع مورد مطالعه، واسطه هوا وجود نداشته باشد.

۷- Painted surface

۸-۱۹-۳- تخلخل لوله‌ای

در جوشکاری الکتریکی گازی و الکتریکی سرباره‌ای ، برای آشکارسازی حفرات گازی لوله‌ای، استفاده از پرتونگاری به عنوان مکملی برای آزمایش فراصوت توصیه می‌شود.

۸-۱۹-۴- فلز پایه

هدف از آزمایش‌های توصیه شده در این قسمت، جست‌وجوی معایب موجود در تولید ورق نیستند، لیکن ترک‌هایی که در فلز پایه در مجاورت جوش به وجود می‌آیند (مثل ترک در ناحیه متاثر از حرارت، تورق و موارد مشابه)، باید گزارش شوند.

۸-۲۰- الزامات ارزیابی

۸-۲۰-۱- در راستای ضوابط بند ۸-۱۴-۶، اپراتورهای آزمایش فراصوت به منظور ارزیابی باید تحت امتحانات خاص و عملی قرار گیرند تا توانایی آنها برای اعمال مقررات این آیین‌نامه مشخص شود. این آزمون باید توانایی اپراتور آزمایش فراصوت را در تشخیص و اصلاح دقیق ناپیوستگی‌ها با اعمال ضوابط این آیین‌نامه ارزیابی نماید.

۸-۲۰-۲- قبل از انجام آزمایش‌ها، اپراتور باید از هندسه درز، ضخامت مواد، روش جوشکاری و انجام هرگونه تعمیر آگاه شود.

۸-۲۱- تجهیزات آزمایش فراصوت

۸-۲۱-۱- ضوابط تجهیزات

دستگاه فراصوت باید از نوع پالس - اکو[1] با پروبی[2] با دامنه ارتعاشی ۱ تا ۶ مگاهرتز و صفحه نمایش[3] از نوع A[4] باشد. ضوابط باید مطابق جدول ۸-۸ باشد.

جدول ۸-۸- الزامات ارزیابی و واسنجی تجهیزات UT

1- Pulse echo
2- Transducer
3- Display
4- A scan rectified video trace

		نوع تایید یا واسنجی (کالیبراسیون)		حداقل تکرار	
		شرح	بند آیین‌نامه	حداقل تکرار	بند آیین‌نامه
رویه‌های صلاحیت تجهیزات	تجهیز	خطی بودن افقی	۸-۲۸-۱	۲ ماه	۸-۲۳-۱
		گین کنترل / دقت دسی‌بل	۸-۲۸-۲	۲ ماه	۸-۲۳-۲
	واحد جستجوگر (پروب)	انعکاس‌های داخلی	۸-۲۸-۳	۴۰ ساعت استفاده(الف)	۸-۲۳-۳
		پروب‌های زاویه‌ای (نقطه شاخص[1]، زاویه)	۸-۲۷-۲-۱ ۸-۲۷-۲-۲	۸ ساعت استفاده(الف)	۸-۲۳-۴
	ترکیب تجهیز / پروب	قابلیت تفکیک (صوت زاویه‌ای)	۸-۲۲-۳ ۸-۲۷-۲-۵	قبل از اولین استفاده(ب)	۸-۲۲-۳
		قابلیت تفکیک (صوت نرمال)	۸-۲۷-۱-۳	قبل از اولین استفاده(ب)	۸-۲۲-۳
واسنجی برای آزمایش	دسته پرتو نرمال(عمودی) (برای آزمایش فلز پایه)	محدوده	۸-۲۴-۴-۱ یا ۸-۲۷-۱-۱	درست قبل و در فراخوان اولین جوش آزمایش شده(پ)	۸-۲۴-۲
		حساسیت	۸-۲۴-۴-۲ یا ۸-۲۷-۱-۲		
	دسته پرتو زاویه‌ای	محدوده	۸-۲۴-۵-۱ یا ۸-۲۷-۲-۳		
		حساسیت	۸-۲۴-۵-۲ یا ۸-۲۷-۲-۴		
		نقطه شاخص	۸-۲۷-۲-۱		
		زاویه	۸-۲۷-۲-۲		
	دسته پرتو نرمال و زاویه‌ای	واسنجی مجدد	۸-۲۴-۳	۲ ساعت(ت)	۸-۲۴-۳

توضیحات:

الف) باید برای هر پروب انجام شود.

ب) باید برای هر ترکیبی از پروب (کریستال و کفشک) و ابزار قبل از استفاده اولیه انجام شود.

پ) پس از برآورده شدن الزامات ۸-۲۴-۲ الزامات واسنجی مجدد ۸-۲۴-۳ اعمال می شود.

ت) یا هنگامی که مدار الکتریکی به هر شکلی که شامل موارد زیر باشد مختل می شود:

(۱) تغییر کریستال، (۲) تعویض باتری، (۳) تغییر پریز برق، (۴) تغییر کابل کواکسیال، (۵) قطع برق (خرابی)

۸-۲۱-۲- خطی بودن محور افقی

خطی بودن محور افقی[2] دستگاه در طول کل مسیر باید مطابق بند ۸-۲۸-۱ مورد آزمایش قرار گیرد.

۸-۲۱-۳- ضوابط دستگاه آزمایش

دستگاه باید دارای پایدارکننده‌های داخلی باشد، به طوری‌که پس از گرم شدن با تغییر ولتاژی حدود ۱۵ درصد ولتاژ اسمی، تغییراتی بیش از ±1dB در بازتاب دستگاه به وجود نیاید. در مورد دستگاه‌هایی که با باطری کار می‌کنند، تغییرات

1- Index point

2- Horizontal linearity

بازتاب فوق نباید در طول شارژ باطری به وجود آید. این دستگاه‌ها باید دارای هشداردهنده‌های خالی بودن باطری باشد، به طوری که قبل از خالی شدن کامل باطری و خاموش شدن دستگاه، هشدار مربوطه را ارسال نمایند.

۸-۲۱-۴- واسنجی دستگاه

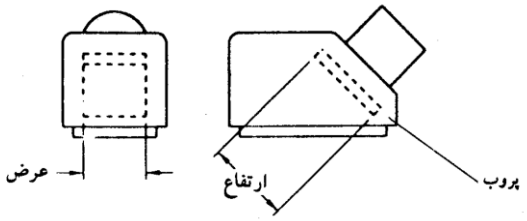
دستگاه باید دارای دکمه تنظیم دسی‌بل[1] با گام ۱ یا ۲ دسی‌بل با دامنه حداقل ۶۰ دسی‌بل باشد. دقت تنظیم باید درحدود ۱± دسی‌بل باشد. روش ارزیابی در بندهای ۸-۲۳-۲ و ۸-۲۸-۲ ارائه شده است.

۸-۲۱-۵- محدوده صفحه نمایش

صفحه نمایش دستگاه باید قادر به نمایش تغییراتی مساوی ۱ دسی‌بل در دامنه باشد.

۸-۲۱-۶- پروب‌های نرمال (موج طولی)

سطح فعال پروب‌های نرمال[2] باید مساوی یا بزرگتر از $۳۲۳mm^2$ و کمتر از $۶۴۵mm^2$ باشند. کریستال پیزوالکتریک[3] باید دایره یا مربع بوده و توانایی تفکیک سه انعکاس را طبق بند ۸-۲۷-۱-۳ داشته باشد.



شکل ۸-۱۱- بلور مبدل (بند ۸-۲۱-۷-۲)

۸-۲۱-۷- پروب‌های زاویه‌ای

پروب‌های زاویه‌ای باید متشکل از یک کریستال و یک گوه[4] باشند. این پروب می‌تواند متشکل از دو واحد جداگانه و یا یک واحد یکپارچه باشد.

۸-۲۱-۷-۱- فرکانس

فرکانس مبدل باید بین ۲ تا ۲/۵ مگاهرتز باشد.

1- Calibrated gain control (Attenuator)
2- Straight beam search unit
3- Transducer
4- Wedge

۸-۲۱-۷-۲-ابعاد مبدل

کریستال پیزوالکتریک می‌تواند به صورت مربع یا مستطیل با عرضی بین ۱۵ تا ۲۵ و ارتفاعی بین ۱۵ تا ۲۰ میلیمتر باشد (شکل ۸-۱۱). حداکثر نسبت پهنا به ارتفاع مساوی ۱/۲ تا ۱ و حداقل نسبت پهنا به ارتفاع ۱ است.

۸-۲۱-۷-۳-زاویه‌ها

پروب باید قادر به تولید موج صوتی در داخل مواد مورد آزمایش به زوایای صحیح °۴۵، °۶۰ و یا °۷۰ با رواداری ۲± درجه همانطور که در بند ۸-۲۷-۲-۲ ارائه شده است، باشد.

۸-۲۱-۷-۴-علامت

بر روی هر پروب باید فرکانس مبدل، زاویه اسمی شکست صوت[۱] و نقطه شاخص[۲]، مشخص و ثبت شده باشد. دستورالعمل موقعیت‌یابی نقطه شاخص در ۸-۲۷-۲-۱ آمده است.

۸-۲۱-۷-۵-انعکاس‌های داخلی

حداکثر انعکاس‌های داخلی مجاز پروب باید مطابق بندهای ۸-۲۳-۳ و ۸-۲۸-۳ مشخص شود.

۸-۲۱-۷-۶-فاصله لبه

ابعاد پروب باید طوری باشد که فاصله بین لبه هادی[۳] پروب تا نقطه شاخص از ۲۵ میلیمتر بیشتر نشود.

۸-۲۱-۷-۷- بلوک مرجع IIW

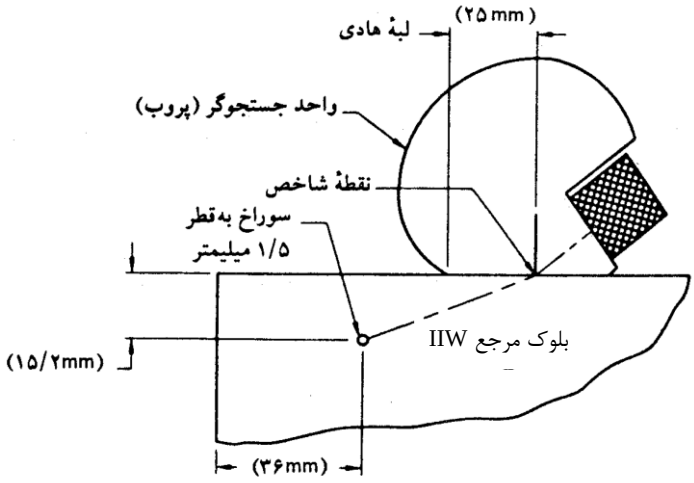
در صورت ارزیابی و تنظیم دستگاه با استفاده از بلوک مرجع IIW [۴]، روش کار باید مطابق بند ۸-۲۷-۲-۶ و شکل ۸-۱۲ باشد.

۱- Refraction

۲- Index Point

۳- Leading edge

۴- IIW reference block



شکل ۸-۱۲- روش ارزیابی و تایید کیفیت پروب به کمک بلوک مرجع IIW (بند ۸-۲۱-۷-۷)

۸-۲۲- بلوک‌های استاندارد مرجع

۸-۲۲-۱- استاندارد IIW

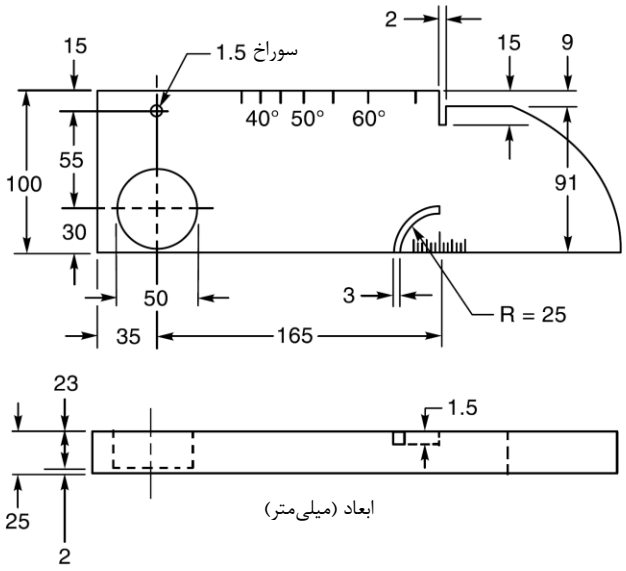
برای واسنجی[۱] (واسنجی کردن) حساسیت و فاصله، بلوک مرجع مؤسسه بین‌المللی جوشکاری[۲] (IIW*) می‌تواند استفاده شود، مشروط براینکه بلوک دارای سوراخ با قطر ۱/۵ میلی‌متر مطابق شکل ۸-۱۳ باشد و ویژگی‌های تایید فاصله، وضوح و زاویه شکل ۸-۱۶ (موقعیت A تا G) را داشته باشد.

سایر بلوک‌های واسنجی دیگر را می‌توان استفاده کرد، مشروط براینکه حساسیت سطح مرجع برای ترکیب تجهیز/پروب به گونه‌ای تنظیم شود که معادل آن چیزی باشد که با بلوک نوع IIW به دست می‌آید.

۱- Calibration

۲- International Insititude of Welding

* بلوک IIW باید مطابق ASTM E164 باشد.



یادداشت:

۱- رواداری ابعادی میان تمام سطوح درگیر در مبنا یا واسنجی باید ± 0.13 میلی‌متر باشد.
۲- پرداخت سطحی تمامی سطوحی که امواج به آن تابش یا بازتاب می‌شود باید حداکثر ۳/۱۷ میکرون باشد.
۳- تمامی مصالح باید از نوع ASTM A36 یا موادی با خواص آکوستیک معادل باشند.
۴- تمامی سوراخ‌ها باید دارای پرداخت سطحی داخلی صاف بوده و کاملاً عمود بر سطح سوراخ‌زنی شده باشند.
۵- خطوط درجه و علائم شناسایی باید با فرورفتگی در سطح قطعه ایجاد شود تا جهت خطوط به طور دائمی حفظ شود.
۶- این یادداشت باید بر تمامی طرح‌های اشکال ۸-۱۳ و ۸-۱۴ اعمال شود.

شکل ۸-۱۳- قطعه مرجع استاندارد IIW (بند ۸-۲۲-۱)

۸-۲۲-۲- انعکاس‌گرهای ممنوع

استفاده از انعکاس‌گر گوشه[۱] به منظور واسنجی ممنوع می‌باشد.

۸-۲۲-۳- ضوابط وضوح

ترکیب پروب و تجهیز باید قادر به تفکیک سه روزنه در بلوک مرجع تفکیک‌پذیر[۲] RC نشان داده شده در شکل ۸-۱۴ باشد. وضعیت پروب در بند ۸-۲۷-۲-۵ ارائه شده است.

قابلیت تفکیک‌پذیری[۳] باید به وسیله کنترل‌های دستگاه که روی آزمایش نرمال تنظیم شده است و با نشانه‌هایی از سوراخ‌ها که به ارتفاع صفحه میانی آورده شده‌اند، ارزیابی شود. قابلیت تفکیک‌پذیری باید به گونه‌ای باشد که حداقل بتوان قله نشانه‌های بدست آمده از سه سوراخ را از یکدیگر تشخیص داد. استفاده از بلوک مرجع تفکیک‌پذیر RC برای واسنجی

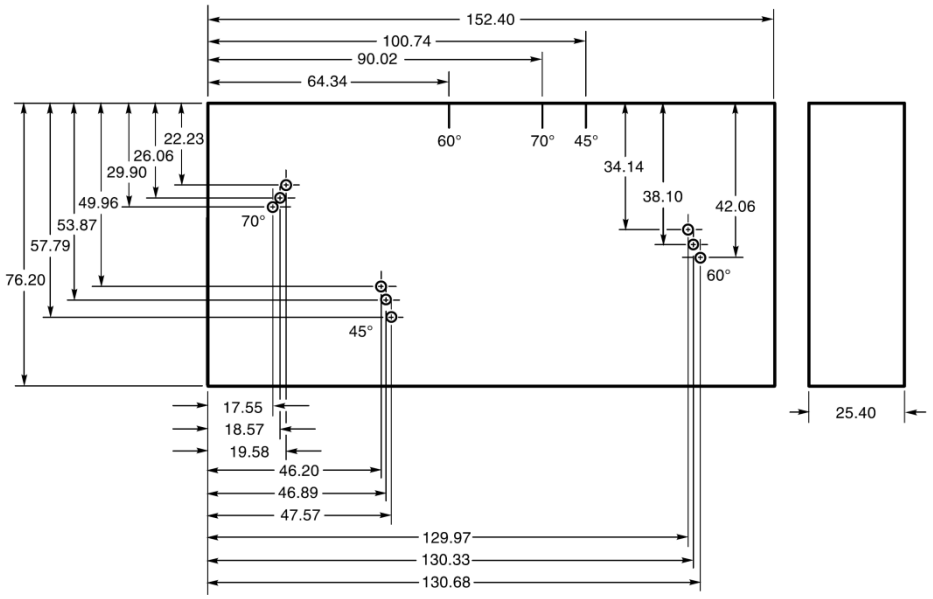
۱- Corner reflector
۲- RC resolution reference test block
۳- Resolution

ممنوع است. هر ترکیبی از تجهیز و پروب باید قبل از اولین استفاده کنترل شود. این تایید تجهیزات باید ابتدا با هر پروب و دستگاه UT انجام شود. برای استفاده‌های دوباره نیاز به تایید نیست مشروط براینکه اسنادی که موارد زیر را ثبت می‌کند، نگهداری شود.

(۱) مدل، شماره سریال و سازنده دستگاه UT.

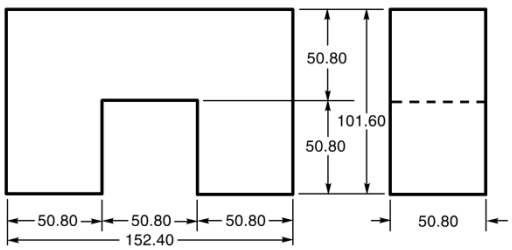
(۲) سازنده پروب، نوع، اندازه، زاویه و شماره سریال.

(۳) تاریخ تایید و نام تکنسین مربوطه.



قطعه RC

یادداشت: تمامی سوراخ‌ها به قطر ۱/۵۹ میلی‌متر می‌باشد.



قطعه DS

قطعه مرجع فاصله و حساسیت

شکل ۸-۱۴- بلوک‌های ارزیابی (ابعاد به میلیمتر) (بند ۸-۲۲-۳ و ۸-۲۷)

۸-۲۳- ارزیابی تجهیزات

۸-۲۳-۱- خطی بودن افقی

محور (مقیاس) افقی صفحه نمایش دستگاه فراصوت باید بعد از هر ۲ ماه در محدوده فاصله‌ای که دستگاه استفاده می‌شود، مورد ارزیابی مجدد قرار گیرد. روش ارزیابی مطابق بند ۸-۲۸-۱ است.

۸-۲۳-۲- تنظیم دسی‌بل

دکمه تنظیم دسی‌بل[1] (گین کنترل) باید ضوابط بند ۸-۲۱-۴ را برآورده نموده و در فواصل ۲ ماه مطابق بند ۸-۲۸-۲ واسنجی شود. روش‌های دیگر نیز برای ارزیابی تنظیم دسی‌بل می‌تواند استفاده شود اگر مطابق بند ۸-۲۸-۲ باشد.

۸-۲۳-۳- انعکاس داخلی

بعد از حداکثر هر ۴۰ ساعت کار، حداکثر انعکاس داخلی پروب باید مطابق بند ۸-۲۸-۳ مورد ارزیابی قرار گیرد.

۸-۲۳-۴- واسنجی پروب زاویه‌ای

با استفاده از یک بلوک تنظیم[2] تاییدشده، بعد از هر ۸ ساعت کار، پروب زاویه‌ای باید مورد ارزیابی قرار گیرد به منظور بررسی تخت بودن سطح تماس، صحیح بودن نقطه ورود امواج و اینکه زاویه انتشار در محدوده رواداری مجاز $\pm$۲ درجه مطابق با بند ۸-۲۷-۲-۱ باشد، روش کار در بندهای ۸-۲۷-۲-۱ و ۸-۲۷-۲-۲ ارائه شده است. در صورتی‌که پروب این ضوابط را برآورده ننماید، باید تعویض شود.

۸-۲۴- واسنجی برای آزمایش

۸-۲۴-۱- موقعیت ریجکت کنترل

عملیات واسنجی و آزمایش‌ها باید در حالت دکمه ریجکت کنترل[3] خاموش انجام شود. استفاده از ریجکت کنترل ممکن است خطی بودن دامنه دستگاه را تغییر دهد و نتایج آزمایش را باطل کنند.

1- Attenuator (instrument gain control)
2 - Calibration
3- Reject control

۸-۲۴-۲- روش

واسنجی حساسیت و محور (مقیاس) افقی[1] دستگاه باید قبل از هر آزمایش جوش، در محل آزمایش، انجام شود. پس از آن، ضوابط ۸-۲۴-۳ واسنجی مجدد باید اعمال شود.

۸-۲۴-۳- واسنجی مجدد

در صورت تغییر در هر یک از موارد زیر باید دستگاه دوباره واسنجی شود:

۱- تعویض اپراتور

۲- در صورتی‌که زمان توقف کار بیش از ۲ ساعت شود.

۳- ایجاد تغییر در مدار الکتریکی در موارد زیر:

(الف) تعویض کریستال (پروب)

(ب) تعویض باطری

(پ) تغییر خروجی الکتریکی

(ت) تعویض کابل

(ث) قطع جریان برق

۸-۲۴-۴- آزمایش پروب نرمال فلز پایه

واسنجی[2] پروب عمودی فلز پایه باید با پروبی که روی وجه A فلز پایه و به صورت زیر انجام می‌شود، باشد.

۸-۲۴-۴-۱- واسنجی مقیاس افقی باید به‌گونه‌ای انجام شود که در صفحه نمایش، حداقل دو ضخامت ورق دیده شود.

۸-۲۴-۴-۲- تنظیم دسی‌بل دستگاه باید در محل عاری از ایراد به طوریکه اولین ارتفاع انعکاس سطح مقابل، مساوی ۵۰ تا ۷۵ درصد ارتفاع صفحه نمایش شود، بر روی قطعه انجام شود.

1- Horizontal sweep (distance)
2- Calibration

۸-۲۴-۵- واسنجی برای آزمایش با پروب زاویه‌ای

واسنجی پروب زاویه‌ای به صورت زیر انجام می‌شود:

۸-۲۴-۵-۱- واسنجی مقیاس افقی با استفاده از بلوک واسنجی IIW یا بلوک‌های جایگزین (بند ۸-۲۲-۱) انجام شود. واسنجی فاصله باید با استفاده از مقیاس ۱۲۵ میلی‌متر یا ۲۵۰ میلی‌متر روی نمایشگر، هر کدام مناسب باشد، انجام شود. با این حال اگر پیکربندی یا ضخامت اتصال مانع از بررسی کامل جوش در هر یک از این تنظیمات شود، واسنجی باید با استفاده از مقیاس ۴۰۰ میلی‌متر یا ۵۰۰ میلی‌متر انجام شود. موقعیت پروب در بند ۸-۲۷-۲-۳ شرح داده شده است.

۸-۲۴-۵-۲- تنظیم حساسیت مرجع باید با تنظیم گین کنترل واسنجی شده مطابق بند ۸-۲۱ انجام شود بطوریکه حداکثر انحراف ردیابی افقی برروی صفحه نمایش بین ۴۰ تا ۶۰ درصد ارتفاع صفحه مطابق بند ۸-۲۷-۲-۴ نتیجه شود.

۸-۲۵- دستورالعمل آزمایش

۸-۲۵-۱- محور X

محور X باید در امتداد طولی موازی محور جوش بر روی سطح مورد آزمایش مشخص و علامت زده شود. فاصله، عمود بر محور جوش، باید براساس نقشه و معمولا نسبت به محور وسط جوش‌های لب‌به‌لب محاسبه شود و در اتصالات گوشه و سپری، باید نسبت به سطح عمود (پخ نخورده) اتصال محاسبه شود.

۸-۲۵-۲- علامت Y

حرف Y با پسوندی که شماره شناسایی درز است، در رویه فلز پایه نزدیک جوشی که مورد آزمایش فراصوت قرار می‌گیرد حک می‌شود.

حک کردن این علامت به دلایل زیر است:

(۱) شناسایی جوش درز

(۲) مشخص کردن سطح رویه (سطح A)

(۳) اندازه‌گیری فاصله و جهت (+ یا -) از محور X

(۴) اندازه‌گیری فاصله از دو انتهای جوش یا لبه‌ها

۸-۲۵-۳- تمیزی

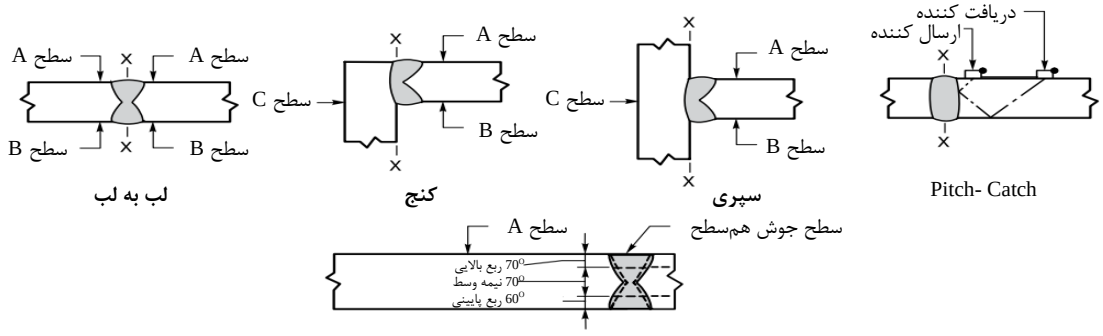
سطحی که قرار است پروب روی آن بلغزد باید عاری از هر گونه پاشش جوش، کثیفی، روغن، مایع نفتی (غیر از آنچه که به عنوان سیال واسطه استفاده می‌شود)، رنگ و پوسته باشد و تماس خوبی با پروب برقرار نماید.

۸-۲۵-۴- سیال واسطه

قبل از قراردادن پروب، سیال واسطه[1] باید بر روی قطعه اعمال شود. در صورت نیاز می‌توان از عامل مرطوب کننده استفاده نمود. روغن ماشین سبک را می‌توان به عنوان سیال واسطه روی بلوک‌های واسنجی استفاده نمود.

جدول ۸-۷- زاویه آزمایش (بند ۸-۲۵)

ضخامت مصالح (میلیمتر)																			
کاربرد	۸ تا ۳۸		>۳۸ تا ۴۵		>۴۵ تا ۶۵		>۶۵ تا ۹۰		>۹۰ تا ۱۱۰		>۱۱۰ تا ۱۳۰		>۱۳۰ تا ۱۶۰		>۱۶۰ تا ۱۸۰		>۱۸۰ تا ۲۰۰	
		*		*		*		*		*		*		*		*		*
اتصال لب‌به‌لب	۱	O	۱	F	۱G یا ۴	F	۱G یا ۵	F	۶ یا ۷	F	۸ یا ۱۰	F	۹ یا ۱۱	F	۱۲ یا ۱۳	F	۱۲	F
اتصال سپری	۱	O	۱	F یا XF	۴	F یا XF	۵	F یا XF	۷	F یا XF	۱۰	F یا XF	۱۱	F یا XF	۱۳	F یا XF	–	–
اتصال کنج	۱	O	۱	F یا XF	۱G یا ۴	F یا XF	۱G یا ۵	F یا XF	۶ یا ۷	F یا XF	۸ یا ۱۰	F یا XF	۹ یا ۱۱	F یا XF	۱۳ یا ۱۴	F یا XF	–	–
جوشکاری الکتریکی گازی/ الکتریکی سرباره‌ای	۱	O	۱	O	۱G یا ۴	۱**	۱G یا ۳	P۱ یا P۳	۶ یا ۷	P۳	۱۱ یا ۱۵	P۳	۱۱ یا ۱۵	P۳	۱۱ یا ۱۵	P۳	۱۱ یا ۱۵**	P۳



تذکرات:

۱- در صورت امکان، تمام آزمون‌ها باید در سطح A و ساق I انجام شود، مگر اینکه در این جدول به شکل دیگری ذکر شده باشد.

1- Couplant

توضیح: در هنگام استفاده از جدول ۸-۷، در ستون مربوط به هر ضخامت، ابتدا از دستورالعمل ستون بدون ستاره سمت چپ استفاده می‌نماییم. در صورتی‌که زیر بند * مشاهده شود، از دستورالعمل ستون ستاره‌دار سمت راست استفاده می‌شود.

۲- نواحی ریشه متصل جوش شیاری یک‌طرفه که دارای پشت‌بند بوده و نیازی به برداشتن آن مطابق قرارداد نیست، باید در ساق 1 (Leg 1)، در صورت امکان با وجه A که در مقابل پشت‌بند قرار دارد، آزمایش شود.

۳- آزمایش در ساق ۲ و ۳ فقط به منظور برآورده کردن مفاد این جدول یا در مواقع ضروری برای آزمایش نواحی جوش که با نواحی پرداخت نشده غیرقابل دسترسی شده است یا تداخل با سایر بخش‌های جوش یا به منظور برآورده کردن الزامات بند ۸-۲۵-۶-۲، باید انجام شود.

۴- آزمایش با ساق ۳ باید زمانی استفاده شود که ضخامت یا هندسه، مانع روبش نواحی کامل جوش و ناحیه متاثر از حرارت در ساق ۱ و ۲ شود.

۵- در جوش‌های کششی در سازه‌های تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی)، ربع بالایی ضخامت باید با پیشروی ساق نهایی از وجه B به سمت A آزمایش شود، ربع پائینی ضخامت باید با ساق نهایی که در وجه A به سمت وجه B پیش می‌رود آزمایش شود.

۶- وجه جوش نشان داده شده باید قبل از استفاده از روش 1G، 6، 8، 9، 12، 14 یا 15 با سنگ‌زنی تراز شود. وجه A برای هر دو عضو متصل باید در یک صفحه باشد.

راهنما:

X = آزمون از سطح C انجام شود.

G = سطح جوش با سنگ‌زنی همسطح شود (گرده جوش برداشته شود).

O = لازم نیست.

سطح A = سطحی که اولین روبش از آن انجام می‌شود (در اتصال سپری و گوشه به شکل توجه شود).

سطح B = سطح مقابل A (درهمان ورق).

سطح C = سطح مقابل جوش در اتصالات سپری یا گوشه.

* در صورتی لازم است که صفحه نمایش محل ناپیوستگی را در فصل مشترک فلز جوش و فلز پایه نشان دهد.

** از واسنجی مسافت صفحه نمایش ۴۰۰ میلیمتر یا ۵۰۰ میلیمتر استفاده شود.

P = برای ارزیابی بیشتر ناپیوستگی، باید از روش Pitch-Catch صرفا برای نیمه میانی و با استفاده از پروب‌های ۴۵ یا ۷۰ درجه با مشخصات یکسان استفاده کرد. هر دو پروب رو به جوش قرار گیرند. پروب‌ها باید درون یک ثابت‌کننده (فیکسچر) قرارگیرند تا فاصله‌شان حفظ شود. واسنجی ارتفاع باید با استفاده از واسنجی تک پروب انجام شود. هنگام تغییر دستگاه به حالت دو پروبه، توصیه می‌شود تا عدم تغییر نتایج ارائه شده بوسیله دستگاه بررسی شود.

F = فصل مشترک فلز جوش و فلز پایه باید به وسیله پروب ۴۵، ۶۰ یا ۷۰ مورد ارزیابی قرار گیرد (هرکدام که مسیر صوت عمودتری نسبت به سطح ذوب داشته باشد).

زاویه پروب بر حسب درجه و روش کار			
شماره	محدوده ضخامت		
	ربع بالایی	نیمه میانی	ربع پائینی
۱	۷۰	۷۰	۷۰
۲	۶۰	۶۰	۶۰
۳	۴۵	۴۵	۴۵
۴	۶۰	۷۰	۷۰
۵	۴۵	۷۰	۷۰
۶	۷۰G (سطح A)	۷۰	۶۰
۷	۶۰ (سطح B)	۷۰	۶۰
۸	۷۰ G (سطح A)	۶۰	۶۰

زاویه پروب بر حسب درجه و روش کار			
شماره	محدوده ضخامت		
	ربع بالایی	نیمه میانی	ربع پائینی
۹	۷۰G (سطح A)	۶۰	۴۵
۱۰	۶۰ (سطح B)	۶۰	۶۰
۱۱	۴۵ (سطح B)	۷۰**	۴۵
۱۲	۷۰G (سطح A)	۴۵	۷۰G (سطح B)
۱۳	۴۵ (سطح B)	۴۵	۴۵
۱۴	۷۰G (سطح A)	۴۵	۴۵
۱۵	۷۰G (سطح A)	۷۰A (سطح B)	۷۰G (سطح B)

۸-۲۵-۵- وسعت آزمایش

قبل از انجام آزمایش فراصوتی جوش، باید اطمینان حاصل شود که فلز پایه از جهت وجود تورق مطابق بند ۸-۲۱-۶ کنترل شده است و واسنجی مطابق بند ۸-۲۴-۴ انجام شده است. حین آزمایش فراصوتی جوش، در صورت برخورد به هر نوع ترک داخلی و تورق در فلز پایه، مراتب باید گزارش شود.

۸-۲۵-۵-۱-اندازه انعکاس‌دهنده

روش محاسبه اندازه انعکاس‌دهنده مطابق بند ۸-۲۹-۱ است.

۸-۲۵-۵-۲- عدم دسترسی

اگر به علت تورق، قسمتی از جوش غیرقابل دسترس برای انجام آزمایش مطابق جدول ۸-۷ باشد، آزمایش باید با یکی از روش‌های جایگزین زیر انجام شود:

(۱) سطح جوش مطابق بند ۸-۲۳-۳-۱ به طور کامل به صورت همسطح، سنگ زده شود.

(۲) از هر دو سطح A و B برای آزمایش استفاده شود.

(۳) از پروب با زاویه دیگر استفاده شود.

۸-۲۵-۶- آزمایش جوش

جوش‌ها باید بوسیله پروب زاویه‌ای منطبق بر بند ۸-۲۱-۷ که طبق بند ۸-۲۴-۵ واسنجی شده، با زوایای ذکر شده در جدول ۸-۷ مورد آزمایش قرار گیرند. بعد از واسنجی در حین آزمایش‌ها، فقط واسنجی حساسیت مجاز می‌باشد. کلید کنترل ریجکت باید خاموش باشد.

در صورت امکان افزایش حساسیت دستگاه برحسب مورد مطابق جداول ۸-۲ و ۸-۳ باید صورت پذیرد.

۸-۲۵-۶-۱-روبش

زاویه و روش جست‌وجو (روبش)[1] مطابق جدول ۸-۷ است.

1- Scan

۸-۲۵-۶-۲- اتصالات لب‌به‌لب

تمام درزهای لب‌به‌لب باید از هر دو سمت محور X جوش آزمایش شوند. در درزهای گوشه و سپری، آزمایش از یک طرف کافی است. به منظور شناسایی هر دوی ناپیوستگی‌های طولی و عرضی در روبش، باید از یکی از الگوهای شکل ۸-۱۵ استفاده شود. به عنوان یک روش حداقل، یک بار عبور به طوریکه تمام حجم جوش و ناحیه متاثر از حرارت تحت تابش امواج صوتی در دو جهت عمود برهم قرار گیرد.

۸-۲۵-۶-۳- حداکثر ارتفاع نشانه ناپیوستگی

در صورت مشاهده نشانه ناپیوستگی در صفحه نمایش، باید حداکثر ارتفاع نشانه قابل حصول از ناپیوستگی تعیین شود. بوسیله دکمه‌های تنظیم دسی‌بل (گین کنترل)، حداکثر ارتفاع بدست آمده، به خط مرجع رسانده شود. دسی‌بل دستگاه در این حالت تراز تشخیص[1] a نامیده می‌شود و از آن می‌توان برای محاسبه رتبه نشانه[2] ’d‘ استفاده نمود.

۸-۲۵-۶-۴- فاکتور تضعیف

فاکتور تضعیف[3] ’c‘ در گزارش آزمایشگاه از تفریق ۲۵ میلیمتر از طول مسیر صوت[4] و ضرب نتیجه حاصل در ۰/۰۸ به دست می‌آید. این ضریب باید به نزدیکترین مقدار ۰/۱ دسی‌بل[5] گرد شود. در صورتی‌که قسمت کسری کوچکتر از ۰/۰۵ دسی‌بل باشد، عدد به تراز پایین‌تر و اگر بزرگتر از ۰/۰۵ دسی‌بل باشد به تراز بالاتر گرد می‌شود.

۸-۲۵-۶-۵- رتبه نشانه ناشی از ناپیوستگی

رتبه نشانه ناشی از ناپیوستگی[6] ’d‘ در گزارش UT، نشان‌دهنده اختلاف جبری برحسب دسی‌بل بین تراز تشخیص ’a‘ و تراز مرجع[7] b با اعمال تاثیر تضعیف است. داریم:

دستگاه‌ها با کنترل بهره (گین):

$$d = a - b - c$$

رتبه نشانه ناشی از ناپیوستگی باید به نزدیک‌ترین عدد صحیح (۱ دسی‌بل) گرد شود. مقادیر اعشاری کمتر از ۰/۵ دسی‌بل به سمت پایین و مقادیر ۰/۵ دسی‌بل یا بالاتر به سمت بالا گرد شوند.

1- Indication level
2- Indication rating
3- Attenuation factor
4- Sound path distance
5- dB value
6- Indicating rating
7- Reference level

۸-۲۵-۷- طول ناپیوستگی‌ها

طول ناپیوستگی‌ها باید مطابق بند ۸-۲۹-۲ اندازه‌گیری شود.

۸-۲۵-۸- معیار رد یا پذیرش

هر ناپیوستگی برحسب رتبه نشانه ناشی از ناپیوستگی و طول طبق جدول ۸-۲ برای بارهای استاتیکی و یا جدول ۸-۳ برای بارهای چرخه‌ای (سیکلی)، قبول و یا مردود می‌شود. فقط ناپیوستگی‌های مردود در گزارش آزمایش ذکر می‌شوند به جز برای جوش‌هایی که در قرارداد به عنوان « بحرانی با احتمال شکست » مشخص شده‌اند، رتبه‌بندی‌های قابل قبول که در محدوده ۶ دسی‌بل از حداقل درجه غیرقابل قبول هستند، باید در گزارش ثبت شوند.

۸-۲۵-۹- مشخص نمودن محدوده مردود شده

محل و عمق ناپیوستگی‌های مردود باید در روی جوش به طور کامل علامت زده شود.

۸-۲۵-۱۰-تعمیر

جوش‌هایی که مطابق آزمایش فراصوت غیرقابل پذیرش شناخته می شوند، باید مطابق روش‌های مجاز در بند ۷-۲۵ تعمیر شوند. جوش‌های تعمیری باید مجدداً تحت آزمایش فراصوت قرار گیرند.

۸-۲۵-۱۱-گزارش‌های آزمایش مجدد

گزارش جوش‌های تعمیری با اضافه کردن سطری در گزارش اولیه، ارائه می‌شوند. اگر از فرم گزارش اصلی آزمایش استفاده می‌شود از پیشوندهای R1، R2 و ....Rn باید استفاده شود. در صورتی‌که از فرم گزارش جدید استفاده می‌شود، شماره R باید پیشوند شماره گزارش شود.

۸-۲۵-۱۲- پشت‌بند فولادی

جوش‌های شیاری با نفوذ کامل با پشت‌بند فولادی باید با دستورالعمل آزمایش فراصوتی آزمایش شوند که انعکاس‌های بالقوه ایجاد شده از فلز پشت جوش را تشخیص دهد.

۸-۲۶- آماده سازی و قضاوت در گزارش‌های آزمایش

۸-۲۶-۱- محتوای گزارش

گزارش واضحی از محل و وضعیت جوش باید توسط بازرس آزمایش فراصوت تهیه شود. در مورد جوش‌های مورد پذیرش فقط ذکر اطلاعات شناسایی جوش و امضای بازرس کافی است.

۸-۲۶-۲- گزارش‌های قبل از بازرسی

به منظور تایید، باید همه نتایج آزمایش‌های جوش شامل گزارش‌های تعمیر، تحویل بازرس جوش شود.

۸-۲۶-۳- گزارش‌های کامل

بعد از تایید، همه نتایج آزمایش شامل گزارش‌های تعمیر، تحویل کارفرما می‌شود. پیمانکار مسئول حفظ نتایج، تا زمان تحویل به کارفرما و یا یک سال بعد از اتمام کار (با اعلام قبلی) می‌باشد.

۸-۲۷- واسنجی[1] دستگاه فراصوت با بلوک مرجع IIW یا سایر بلوک‌های مرجع تاییدشده (به بند ۸-۲۲ و اشکال ۸-۱۳، ۸-۱۴، و ۸-۱۶ مراجعه شود).

۸-۲۷-۱- صوت طولی[2] (پروب نرمال)

۸-۲۷-۱-۱- واسنجی مسافت

(۱) پروب (مبدل) در وضعیت G از بلوک مرجع IIW قرار داده شود.

(۲) دستگاه باید طوری تنظیم شود که به ترتیب فواصل ۲۵، ۵۰، ۷۵، و ۱۰۰ میلیمتر را نشان دهد.

۸-۲۷-۱-۲- واسنجی ارتفاع[3]

(۱) پروب در وضعیت G از بلوک مرجع IIW قرار داده می‌شود.

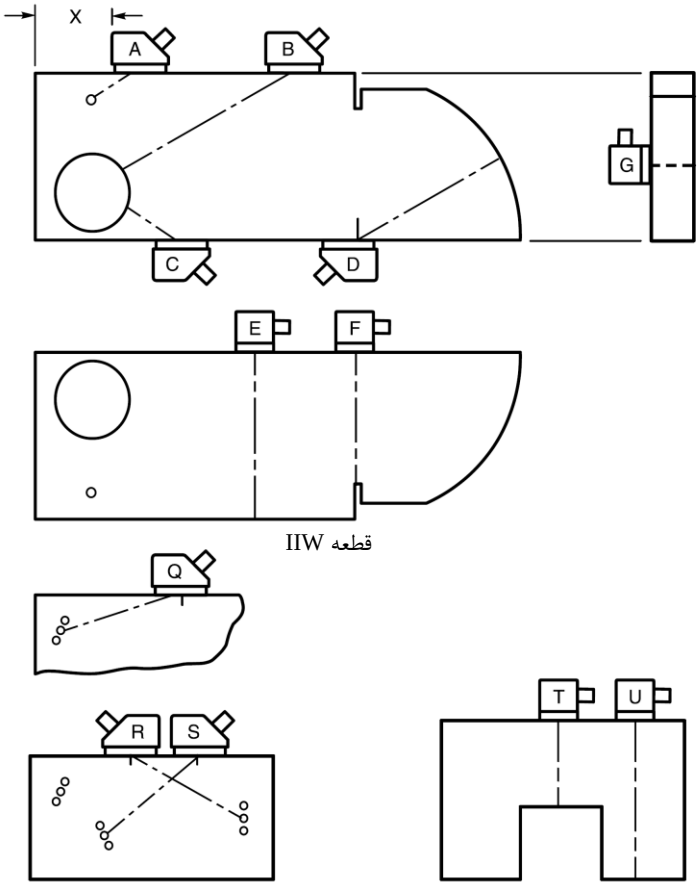
(۲) دکمه دسی‌بل آنقدر تنظیم می‌شود که ارتفاع انعکاس سطح مقابل به ۵۰ تا ۷۵ درصد ارتفاع صفحه نمایش برسد.

1- Calibration
2- Longitudinal mode
3- Amplitude

۸-۲۷-۱-۳- بررسی قابلیت تفکیک پذیری[۱]

(۱) پروب در وضعیت F در قطعه مرجع IIW قرار می‌گیرد.

(۲) پروب و دستگاه فراصوت باید قادر به تمیز دادن هر سه فاصله باشند.



قطعه IIW

قطعه تفکیک RC

قطعه DS

شکل ۸-۱۶- وضعیت پروب برای واسنجی (بند ۸-۲۲ و ۸-۲۷ و ۸-۲۸)

۸-۲۷-۱-۴-کنترل عملکرد صحیح محور افقی

به بند ۸-۲۳-۱ مراجعه شود.

۸-۲۷-۱-۵-کنترل عملکرد صحیح دکمه تنظیم دسی‌بل[۲]

روش ارزیابی باید مطابق بند ۸-۲۳-۲ یا روش جایگزین انجام شود.

۱- Resolution

۲- Gain control (attenuation)

۸-۲۷-۲- صوت عرضی (برشی)[۱] (پروب زاویه‌ای)

۸-۲۷-۲-۱-نقطه شاخص

نقطه شاخص موج صوتی از پروب[۲] به روش زیر یافته و یا کنترل می‌شود:

(۱) پروب باید در وضعیت D در روی قطعه IIW قرار گیرد (شکل ۸-۱۶).

(۲) پروب باید حرکت داده شود تا انعکاسی با ارتفاع حداکثر به دست آید. نقطه‌ای از پروب که در امتداد خط شعاعی از بلوک واسنجی قرار گیرد، نقطه ورودی صوت یا نقطه شاخص می‌باشد. در واقع انعکاس حداکثر وقتی به دست می‌آید که نقطه شاخص پروب بر مرکز قسمت منحنی بلوک تاییدشده منطبق می‌شود.

۸-۲۷-۲-۲- زاویه

زاویه انتشار صوت (زاویه پرتو) پروب باید کنترل شود و یا به وسیله یکی از روش‌های زیر تعیین شود:

(۱) پروب باید در وضعیت B (برای زوایای ۴۰ تا ۶۰) و یا وضعیت C (برای زوایای ۶۰ تا ۷۰ درجه) قرار گیرد و به طرف سوراخ ۵۰ میلیمتری هدف‌گیری شود (به شکل ۸-۱۶ مراجعه شود).

(۲) برای زاویه انتخابی، پروب باید آنقدر جلو و عقب شود تا انعکاس رسیده از سوراخ حداکثر گردد. نقطه شاخص در روی عددی در بلوک واسنجی قرار دارد که با اختلاف ۲± درجه باید مساوی زاویه انتشار صوت باشد.

۸-۲۷-۲-۳- دستورالعمل واسنجی مسافت[۳]

پروب باید در وضعیت D روی بلوک واسنجی قرار گیرد (هر زاویه) (شکل ۸-۱۶). سپس دستگاه طوری واسنجی شود که به ترتیب با قراردادن نقطه شاخص در روی اعداد ۱۰۰ و ۲۰۰ در روی بلوک واسنجی، این اعداد در روی صفحه نشان داده شود.

۸-۲۷-۲-۴- دستورالعمل واسنجی ارتفاع یا حساسیت[۴]

پروب باید در وضعیتA در روی قطعه IIW قرار گیرد و به سمت سوراخی با قطر ۱/۵۹ میلی‌متر نشانه رود(شکل ۸-۱۶). موقعیت پروب تا حدی که حداکثر نشانه‌های انعکاس دریافت شود، تنظیم می‌شود. با کمک دکمه تنظیم دسی‌بل، این ارتفاع حداکثربه ارتفاع مدنظر مرجع می‌رسد. حداکثر قرائت برحسب دسی‌بل تراز مرجع b، مطابق بند ۸-۲۲-۱ می‌باشد.

۱- Shear wave mode (Transverse)

۲- Index point

3- Distance calibration

4- Amplitude or sensitivity calibration

۸-۲۷-۲-۵- قابلیت تفکیک‌پذیری[1]

(۱) پروب باید بر روی قطعه تفکیک RC در وضعیت Q (برای زاویه ۷۰ درجه)، وضعیت R (برای زاویه ۶۰ درجه) و یا وضعیت S (برای زاویه ۴۵ درجه) قرار گیرد.

(۲) تفکیک‌پذیری دستگاه باید به گونه‌ای باشد تا حداقل بتوان قله نشانه‌های بدست آمده از سه سوراخ را از یکدیگر تشخیص داد.

۸-۲۷-۲-۶- فاصله تقرب پروب[2]

حداقل فاصله مجاز بین پنجه پروب و لبه بلوک IIW باید به صورت زیر باشد (شکل ۸-۱۲):

برای پروب ۷۰ درجه: X = ۵۰ mm

برای پروب ۶۰ درجه: X = ۳۷ mm

برای پروب ۴۵ درجه: X = ۲۵ mm

۸-۲۸- دستورالعمل ارزیابی و تایید صلاحیت تجهیزات

۸-۲۸-۱- دستورالعمل عملکرد خطی محور افقی[3]

برای ارزیابی دستگاه مراحل زیر باید انجام شود:

(۱) پروب عمودی باید در وضعیت‌های G، T و یا U بر روی قطعه IIW یا DS مطابق بند ۸-۲۱-۶ قرار گیرد تا پنج انعکاس دریافت نماید (شکل ۸-۱۶).

(۲) اولین و آخرین موج در وضعیت صحیحشان قرار داده می‌شوند.

(۳) به کمک دکمه تنظیم دسی‌بل[4]، انعکاس‌ها را به تراز مرجع تنظیم نمایید.

(۴) موقعیت هر یک از انحراف‌های میانی باید در محدوده ۲ درصد عرض صفحه نمایشگر بند ۸-۲۸-۲ باشد.

۸-۲۸-۲- دقت دسی‌بل (dB)

۸-۲۸-۲-۱-دستورالعمل

(۱) یک پروب عمودی باید مطابق بند ۸-۲۱-۶ در وضعیت T از قطعه DS (شکل ۸-۱۴ و وضعیت T (شکل ۸-۱۶) مستقر شود.

1- Resolution
2- Approach distance of search unit
3- Horizontal linearity
4- Gain control

(۲) محور افقی باید به‌گونه‌ای واسنجی شود که اولین انعکاس ۵۰ میلی‌متری سطح مقابل، در وسط صفحه نمایش قرار گیرد.

(۳) دکمه تنظیم دسی‌بل باید طوری تنظیم شود که نشانه[1] به طور دقیق و یا به مقدار کمی بالاتر از ۴۰ درصد صفحه نمایش قرار گیرد.

(۴) پروب باید به سمت بالا به وضعیت U (شکل ۸-۱۶) حرکت داده شود تا دقیقاً در ۴۰ درصد ارتفاع صفحه نمایش قرار گیرد.

(۵) به وسیله دکمه تنظیم دسی‌بل، دامنه صوت باید به اندازه ۶ دسی‌بل افزایش داده شود. به صورت تئوریک، ارتفاع انعکاس باید دقیقا ۸۰ درصد ارتفاع صفحه نمایش باشد.

(۶) قرائت دسی‌بل باید زیر ستون 'a' و ارتفاع واقعی برحسب درصد (گام ۵) در زیر ستون b در گزارش ارزیابی نوشته شود.

(۷) پروب مقدار بیشتری به سمت وضعیت U (شکل ۸-۱۶) حرکت داده شود تا تراز شناسایی دقیقاً در ۴۰ درصد ارتفاع صفحه نمایش قرار گیرد.

(۸) گام ۵ باید تکرار شود.

(۹) گام ۶ تکرار شود. نتایج در ردیف بعدی گزارش منعکس می‌شود.

(۱۰) گام‌های ۷، ۸ و ۹ باید به ترتیب تکرار شوند تا دامنه کامل دکمه تنظیم دسی‌بل حاصل شود (حداقل ۶۰ دسی‌بل).

(۱۱) اطلاعات نوشته شده در زیر ستون‌های a و b در رابطه ۸-۲۸-۲-۲ یا نموگراف شرح داده شده در بند ۸-۲۸-۲-۳ قرار داده شوند تا دسی‌بل اصلاح شده حاصل شود.

(۱۲) دسی‌بل اصلاح شده از گام ۱۱ در ستون c درج می‌شود.

(۱۳) ستون 'c' باید از ستون 'a' کسر شده و اختلاف در ستون 'd' تحت عنوان خطای dB نوشته شود.

توجه: این مقدار می‌تواند مثبت یا منفی باشد. به فرم‌های D8 تا D10 پیوست دوم مراجعه شود.

(۱۴) اطلاعات کسب شده باید در فرم D8 ثبت شوند (پیوست ۲ آیین‌نامه).

(۱۵) فرم D9 وسیله‌ای ساده برای پردازش اطلاعات ردیف ۱۴ است. روش محاسبات در ردیف‌های ۱۶ تا ۱۸ ارائه شده است.

(۱۶) مقدار دسی‌بل از ستون 'e' (فرم D8) مولفه X و دسی‌بل قرائت شده از ستون 'a' (فرم D8) مولفه Y نقاط منحنی دسی‌بل در فرم D9 است.

1- Indication

(۱۷) طولانی‌ترین تصویر افقی که در آن ۲ دسی‌بل اختلاف قائم ایجاد می‌شود، نشان‌دهنده دامنه dB است که وسیله منطبق بر ضوابط آیین‌نامه است. حداقل دامنه مجاز ۶۰dB می‌باشد.

(۱۸) دستگاه‌هایی که این حداقل را برآورده ننمایند، مشروط بر رفع خطا، قابل استفاده هستند.

۸-۲۸-۲-۲- معادلات دسی‌بل

برای محاسبات دسی‌بل‌ها از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$dB_2 - dB_1 = 20 \times \log\left(\frac{\%_2}{\%_1}\right)$$

یا

$$dB_2 = 20 \times \log\left(\frac{\%_2}{\%_1}\right) + dB_1$$

براساس فرم D8 پیوست دوم:

dB_1 = ستون a

dB_2 = ستون c

$\%_1$ = ستون b

$\%_2$ = میانگین ستون "b" بدون در نظر گرفتن سه مورد اول و آخر

۸-۲۸-۲-۳- در هنگام استفاده از نموگرام فرم D10 به تذکرات زیر توجه داشته باشید:

(۱) ستون‌های a، b، c و d در فرم D8 قرار دارد.

(۲) مقیاس‌های A، B و C در نموگرام فرم D10 قرار دارد.

(۳) نقاط صفر در روی مقیاس C باید با اعدادی مثل ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و غیره برحسب تنظیم دستگاه، جایگزین شوند.

۸-۲۸-۲-۴- دستورالعمل

روش‌های زیر در هنگام استفاده از نموگرام فرم D10 مورد استفاده قرار می‌گیرد:

(۱) دسی‌بل مربوط به ستون a در روی مقیاس c و درصد مربوطه در ستون b روی مقیاس A برده شده و با یک خط مستقیم بهم وصل می‌شوند.

(۲) نقطه تقاطع این خط با مقیاس B، نقطه چرخش[1] خط مستقیم دوم است.

(۳) نقطه میانگین ٪ روی محور A برده شده و از این نقطه به نقطه چرخش تولید شده در گام ۲ وصل شده و ادامه داده می‌شود تا مقیاس دسی‌بل را روی مقیاس C قطع نماید.

1- Pivot Point

(۴) عدد مربوط به این نقطه در مقیاس C، نشان دهنده دسی‌بل اصلاح شده برای استفاده از ستون C می‌باشد.

۸-۲۸-۲-۵- نموگراف

برای مثالی از استفاده از نموگرام به فرم D10 مراجعه شود.

۸-۲۸-۳- دستورالعمل انعکاس داخلی

(۱) دستگاه طبق بند ۸-۲۴-۵ واسنجی شود.

(۲) پروب را بدون اینکه تنظیم دستگاه دستکاری شود، از روی بلوک واسنجی بردارید.

(۳) دکمه تنظیم دسی‌بل را به مقدار ۲۰ دسی‌بل نسبت به تراز مرجع افزایش دهید.

(۴) صفحه نمایش در فراتر از موج ۱۲ میلیمتر و بالای تراز مرجع باید عاری از هرگونه علامت باشد.

۸-۲۹- دستورالعمل ارزیابی اندازه ناپیوستگی

۸-۲۹-۱- صوت طولی (پروب نرمال)

ابعاد ناپیوستگی‌ها از نوع پارگی (گسیختگی) همواره به آسانی قابل تعیین نیست، مخصوصاً زمانی‌که ابعاد آنها کوچکتر از ابعاد کریستال است. وقتی‌که ابعاد ناپیوستگی بزرگتر از ابعاد کریستال است، انعکاس پشت[1] (سطح مقابل) به طور کامل از بین می‌رود اما وجود افتی به مقدار ۶ دسی‌بل می‌تواند مبین شروع لبه ناپیوستگی باشد. برای تعیین تقریبی لبه ناپیوستگی‌های کوچک، پروب به آرامی به سمت ناپیوستگی حرکت داده می‌شود. هنگام شروع شکل‌گیری نشانه لبه هادی پروب در این نقطه، نشان‌دهنده لبه ناپیوستگی است.

۸-۲۹-۲- صوت عرضی (برشی) (پروب زاویه ای)

دستورالعمل زیر باید برای تعیین طول نشانه‌هایی که دارای درجه‌بندی دسی‌بل جدی‌تر از کلاس D هستند استفاده شود. طول چنین نشانه‌ای باید با اندازه‌گیری فاصله بین محل‌هایی که سیم مرکزی کریستال نشان دهنده ۵۰٪ (۶ دسی‌بل) کمتر از حداکثر ارتفاع ناپیوستگی کاهش می‌یابد، تعیین شود. این طول باید تحت عنوان طول ناپیوستگی در گزارش ثبت شود. در مواردی که دامنه ناپیوستگی ایجاب می‌کند، این روش باید برای تعیین طول ناپیوستگی‌های کلاس A، B و C تکرار شود.

1- Back reflection

۸-۳۰- الگوهای روبش[1] (جستجو)

۸-۳۰-۱- ناپیوستگی‌های طولی

به شکل ۸-۱۵ توجه فرمایید.

۸-۳۰-۱-۱- حرکت روبشی A

زاویه دوران $a = ۱۰^\circ$ است.

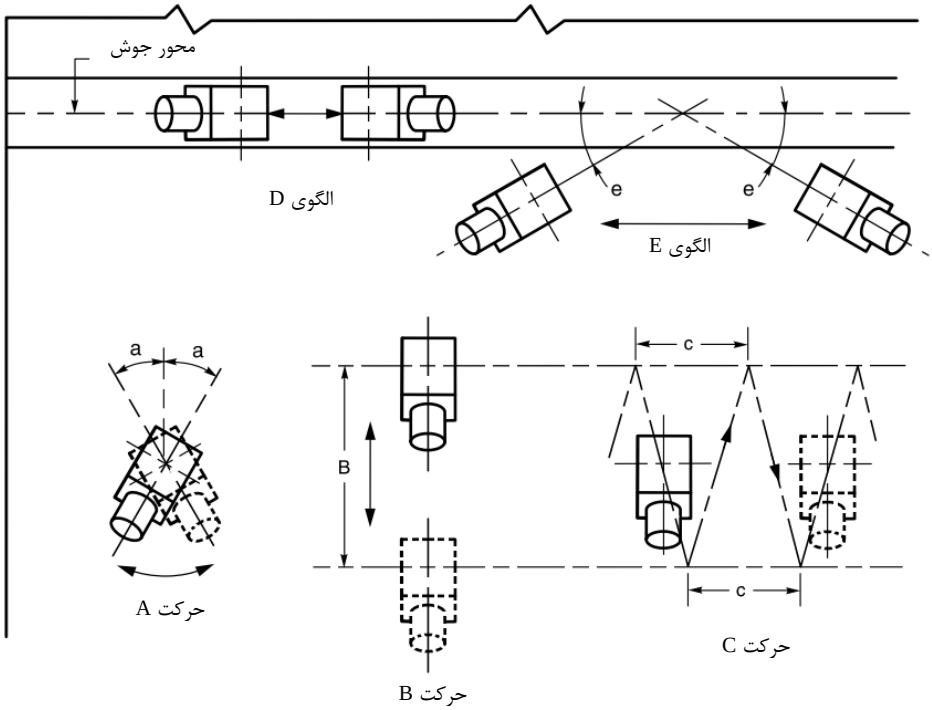
۸-۳۰-۱-۲- حرکت روبشی B

فاصله حرکتی B باید چنان باشد تا تمام جوش موردنظر را پوشش دهد.

۸-۳۰-۱-۳- حرکت روبشی C

گام حرکتی c باید به طور تقریبی نصف عرض کریستال باشد.

توجه: حرکت‌های A، B و C می‌توانند در یک الگوی روبشی با هم ترکیب شوند.



توجه:

۱- الگوی روبش همواره نسبت به محور جوش متقارن است به استثنای الگوی D که به طور مستقیم برروی محور جوش انجام می‌شود.

۲- در صورت امکان، آزمایش باید از هر دو طرف محور جوش انجام شود.

شکل ۸-۱۵- طرح الگوهای روبش (بند ۸-۳۰)

1- Scaning Pattern

۸-۳۰-۲- ناپیوستگی‌های عرضی

۸-۳۰-۲-۱- حرکت روبشی D باید هنگامیکه که سطح جوش به صورت همسطح با فلز پایه سنگ‌زنی شده است، مورد استفاده قرار گیرد

۸-۳۰-۲-۲-حرکتی روبشی E باید هنگامیکه گرده جوش سنگ‌زنی و صاف نشده باشد مورد استفاده قرار گیرد زاویه روبش e حداکثر مساوی ۱۵ درجه است.

توجه: الگوی روبش باید طوری باشد که مقطع کامل جوش پوشش داده شود.

۸-۳۰-۳- جوش الکتریکی سرباره‌ای و جوش الکتریکی گازی

الگوی روبش E زاویه دوران e، ۴۵ تا ۶۰ درجه است.

توجه: الگوی روبش باید طوری باشد که مقطع کامل جوش روبش شود.

۸-۳۱- مثال‌هایی از گواهی دقت دسی‌بل

برای ملاحظه مثال‌ها به استاندارد مرجع بین‌المللی[1] مراجعه شود.

1- Annex P - AWS D1.1 2020

قسمت چ: سایر روش‌های آزمایش

۸-۳۲- کلیات

این قسمت، شامل روش‌های NDT می‌شود که در قسمت‌های قبلی این فصل و یا فصل ۱۰ ارائه نشده است. روش‌های ارائه شده در این قسمت به عنوان جایگزین روش‌های ارائه شده در این فصل و فصل ۱۰ می‌باشد که روش‌های ارزیابی اپراتور، دستگاه و معیار پذیرش آنها باید به تایید مهندس مشاور برسد.

۸-۳۳- سیستم‌های فراصوت پیشرفته

سیستم‌های فراصوت پیشرفته شامل و نه محدود به روش‌های چند پروب، سیستم‌های چند کاناله، بازرسی اتوماسیون شده، TOFD[1] و آرایه‌های فازی PAUT [2] است.

۸-۳۳-۱- دستورالعمل

دستورالعمل‌های مکتوب باید شامل متغیرهای اساسی زیر باشد:

(۱) شناسایی تجهیزات شامل سازنده، مدل و شماره سریال.

(۲) نوع پروب شامل اندازه، شکل، زاویه و فرکانس.

(۳) تنظیمات کنترل روبش برای هر ترکیبی از متغیرهای ارائه شده اینجا.

(۴) دستورالعمل تنظیم و واسنجی دستگاه و پروب‌ها با استفاده از استانداردهای صنعتی یا نمونه‌های کار.

(۵) محدوده ضخامت جوش.

(۶) نوع اتصال جوش.

(۷) سرعت روبش.

(۸) تعداد پروب.

(۹) زاویه روبش.

(۱۰) نوع روبش (A، B و C یا دیگر)

(۱۱) نوع ضبط (فیلم، کامپیوتری و یا سایر روش‌ها)

(۱۲) بهبود رایانه‌ای (در صورت استفاده)

1- Time-of-flight diffraction

2- Phased Array Ultrasonic Testing

(۱۳) شناسایی نرم‌افزار رایانه‌ای (در صورت استفاده)

(۱۴) پروتکل تعیین مشخصات و معیارهای پذیرش در صورتیکه با این آیین‌نامه متفاوت باشد.

۸-۳۴- الزامات تکمیلی

۸-۳۴-۱- ارزیابی دستورالعمل‌ها

دستورالعمل‌ها باید با انجام آزمایش‌های غیرمخرب NDT و ضبط نتایج برای ایجاد و ثبت همه متغیرها و شرایط ضروری ارزیابی شوند. آزمون ارزیابی باید شامل تعیین هر ترکیبی از متغیرهای اساسی یا محدوده متغیرهایی باشد که می‌تواند حداقل حساسیت موردنیاز را برآورده کند. نتایج آزمایش باید در محیطی که برای آزمایش نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد ضبط شود. روش آزمایش باید توسط بازرس سطح ۳ آزمایش فراصوت تایید شود (بند ۸-۳۵-۲ ملاحظه شود).

۸-۳۴-۲- تایید صلاحیت کارکنان

علاوه بر ضوابط ارزیابی صلاحیت کارکنان بند ۸-۱۴-۶ موارد زیر نیز باید اعمال شود.

(۱) بازرس سطح ۳ باید حداقل شش ماه تجربه در زمینه چنین روش‌هایی در بازرسی جوش سازه یا لوله‌کشی فلزی باشد.

(۲) بازرس سطح ۱ و ۲ باید توسط بازرسی سطح ۳ تایید شده و دارای حداقل سه ماه تجربه در استفاده از تجهیزات و روش‌های مشابه بازرسی جوش سازه‌ها یا لوله‌کشی فلزی باشد. آزمون صلاحیت این افراد باید شامل آزمون‌های کتبی و عملی به منظور نشان دادن توانایی استفاده از تجهیزات و روش‌های مورد استفاده برای آزمایش‌های تولیدی باشد.

۸-۳۴-۳- بهبود کیفیت تصویر

ارتقاء رایانه‌ای کیفیت تصاویر ضبط شده برای بهبود تصویر ضبط شده و بدست آوردن اطلاعات اضافی مشروط بر اینکه حداقل حساسیت موردنیاز و دقت تشخیص عیوب حفظ شود، قابل قبول است. در تصاویر بهبود یافته کامپیوتری باید به وضوح مشخص شود که از روش‌های بهبود استفاده شده است.

پیوست الف- آزمایش ذرات مغناطیسی (MT)

۱. هدف و دامنه کاربرد

۱-۱. هدف از تهیه این سند بیان نحوه انجام آزمون ذرات مغناطیسی به منظورآشکار کردن ناپیوستگی‌های سطحی بر روی اتصالات جوشکاری شده فرومغناطیسی است. این دستورالعمل به عنوان یکی از پرکاربردترین روش‌های مورد استفاده در سازه‌های فولادی است و سایر روش‌های آزمون نیز در صورت نیاز قابل استفاده می‌باشد.

۱-۲. این سند همه طرح‌های اتصالات جوشکاری شده مواد فرومغناطیسی را پوشش می‌دهد.

۱-۳. در این سند تنها از یوک جریان متناوب برای اعمال میدان مغناطیسی به قطعه استفاده می‌شود.

۱-۴. در این سند تنها از ذرات مغناطیسی قابل رویت استفاده می‌شود.

۱-۵. در این سند تنها از روش مغناطیسی پیوسته استفاده می‌شود و استفاده از روش پسماند مجاز است.

۲. مراجع

۲-۱. دستورالعمل احراز صلاحیت کارکنان آزمون‌های غیرمخرب که براساس SNT-TC-1A تدوین شده است.

۲-۲. AWS D.1.1

۲-۳. ASTM E 709

۲-۴. ASTM E 1316

۳. تعاریف

۳-۱. ناحیه متاثر از حرارت[1]: به ناحیه‌ای به عرض حدود ۴ میلیمتر اطراف جوش اطلاق می شود که به‌دلیل اعمال تنش حرارتی، احتمال وجود ناپیوستگی در آن می‌رود.

۳-۲. ناپیوستگی: تمامی علائم صحیحی که به دلیل نشتی شار مغناطیسی ایجاد می‌شود.

۳-۳. ناحیه بازرسی: به ناحیه جوش و ناحیه متاثر از حرارت اطلاق می‌شود.

۳-۴. بازرس: به فردی اطلاق می‌شود که بر اساس الزامات دستورالعمل احراز صلاحیت کارکنان آزمون‌های غیرمخرب، واجد صلاحیت شناخته می‌شود.

۳-۵. نهاد بازرسی: شخص حقوقی یا بخشی ازشخص حقوقی است که مسئول انجام آزمایش ذرات مغناطیسی است.

۳-۶.نشانه[2]: علائمی است که تحت اثر نشتی شار مغناطیسی بر روی سطح قطعه تحت آزمون ایجاد می‌شود.

۳-۷. عیب[3]: نشانه ناپیوستگی مرتبطی است که خارج از محدود پذیرش استاندارد است.

۳-۸. روش پسماند: روشی است که ابتدا میدان مغناطیسی به قطعه اعمال می‌شود و پس از قطع شدن میدان، ذرات مغناطیسی به قطعه اعمال می‌شود.

1- HAZ
2- Indication
3- Defect

۳-۹. روش پیوسته: روشی است که هم زمان با اعمال میدان مغناطیسی، ذرات مغناطیسی به قطعه اعمال می‌شود.

۳-۱۰. ذرات مغناطیسی: به ذارت مغناطیسی خشک یا تر اطلاق می‌شود که به منظور آشکار شدن نشتی مغناطیسی به سطح قطعه اعمال می‌شود.

۳-۱۱. آزمایشگاه واسنجی معتبر: به آزمایشگاهی اطلاق می‌شود که دارای گواهی‌نامه معتبر ISO/IEC 17025 برای این کار است.

۱. صلاحیت کارکنان آزمون‌های غیر مخرب (بازرس غیرمخرب)

۴-۱. بازرسانی مجاز به انجام آزمایش ذرات مغناطیسی بر اساس این سند هستند که مطابق با الزامات احراز صلاحیت کارکنان آزمون‌های غیر مخرب، واجد صلاحیت اخذ گواهی‌نامه سطح ۲ شناخته می‌شوند.

۴-۲. دستورالعمل احراز صلاحیت کارکنان آزمون‌های غیرمخرب باید توسط نهاد بازرسی که بازرس را در استخدام خود دارد تدوین شود.

۴-۳. دستورالعمل احراز صلاحیت کارکنان آزمون‌های غیرمخرب باید توسط کارشناس سطح ۳ مسئول نهاد بازرسی بررسی و تائید شود.

۴-۴. کار شناس سطح ۳ مسئول نهاد بازرسی موظف است بر فرایند انجام آزمون ذرات مغناطیسی نظارت داشته باشد.

۲. الزامات ایمنی

۵-۱. به مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان مراجعه شود.

۳. شرح اقدامات

۶-۱. کلیات

۶-۱-۱. آزمایش ذرات مغناطیسی، یک روش آزمون غیرمخرب است که با استفاده از خاصیت نشت شار مغناطیسی برای آشکار کردن ناپیوستگی‌های روی سطح اتصالات جوشکاری شده فرو مغناطیس به‌کار برده می‌شود.

۶-۱-۲. نظر به اینکه عموما از جریان متناوب الکتریکی (AC) برای مغناطیس کردن قطعه تحت آزمون استفاده می‌شود، تنها ناپیوستگی‌های سطحی آشکار می‌شوند و امکان رویت ناپیوستگی‌های زیر سطحی میسر نیست.

۶-۱-۳. ناپیو ستگی‌هایی که می‌توان در این روش آ شکار شوند عبارتند از انواع ترک‌ها، عدم ذوب‌هایی که به سطح رسیده‌اند، سر رفتگی، عدم پرشدگی، سوختگی کنار جوش، تخلخل سطحی (حفرات گازی).

۶-۱-۴. بطور ساده این روش مستلزم ایجاد میدان مغناطیسی بر روی سطح قطعه تحت آزمون و سپس اعمال ذرات ریز مغناطیسی است. این ذرات تحت اثر نشتی شار مغناطیسی در محل ناپیوستگی تجمع نموده و موجب بروز نشانه بر روی سطح قطعه می‌شود.

۶-۱-۵. بیشترین احتمال آشکار شدن ناپیوستگی‌ها هنگامی است که راستای خطوط مغناطیسی، عمود (۴۵±۹۰) بر راستای ناپیوستگی‌ها قرار دارند، بنابراین به منظور اطمینان پوشش کامل ناحیه تحت آزمون لازم است میدان مغناطیسی در دو جهت عمود بر هم اعمال شود.

۶-۲. آماده سازی سطح

۶-۲-۱. قبل از انجام آزمون ذرات مغناطیسی، سطح قطعه آزمون در ناحیه جوش و ناحیه متاثر از حرارت و همچنین حداقل ۲۵ میلی‌متر اطراف آن باید خشک و عاری از هرگونه چربی، پوسته، سرباره جوش، پاشش جوش، رنگ و روغن و یا دیگر موادی که می توانند مانع آزمون شوند، باشد.

۶-۲-۲. سطح قطعه باید به گونه‌ای تمیز شود که هیچ آسیبی به قطعه آزمون وارد نشود.

۶-۳. تجهیزات آزمون

ردیف	نام تجهیزات	مشخصات
۱	یوک مغناطیسی	یوک جریان متناوب با امکان تغییر اندازه پایه‌ها
۲	نور سنج واسنجی شده	توانایی اندازه‌گیری شدت نور بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ لوکس
۳	بلوک وزنه واسنجی شده	بلوک وزنه استاندارد ۴/۵ کیلوگرم
۴	نشانگر میدان مغناطیسی[1]	سنجه مغناطیسی[2]
۵	نشانگر پسماند مغناطیسی[3]	توانایی اندازه‌گیری بین ۰ تا ۱۰ گوس[4]
۶	چراغ قوه	توانایی تولید نور کافی بر روی سطح قطعه
۷	رنگ سفید مخصوص	رنگ سفید تباین دهنده[5]
۸	جوهر مغناطیسی سیاه	جوهر مغناطیسی[6]

۶-۳-۱. برای اعمال میدان مغناطیسی به قطعه از یوک مغناطیسی با جریان متناوب استفاده می‌شود، که میدان مغناطیسی طولی بین دو پایه آن ایجاد می‌شود. یوک باید پایه‌های قابل تنظیمی داشته باشد که امکان اتصال کامل آن به سطح قطعه را میسر کند. پایه‌های یوک باید سالم و به راحتی قابل تنظیم باشند.

۶-۳-۲. اتصالات الکتریکی یوک باید همواره کنترل و از سالم بودن آن اطمینان حاصل شود.

1 - Magnetic Field Indicator
2 - Pie Gauge
3 - Residual Field Indicator
4 - Gauss
5 - White Contrast
6 - Magnetic Ink

۶-۳-۳. یوک مغناطیسی پیش از هر بار استفاده باید بوسیله بلوک وزنه ۴/۵ کیلوگرمی مورد سنجش میدان مغناطیسی قرار گیرد. برای این منظور ابتدا پایه یوک باید به میزانی که پوشش دهنده ناحیه بازرسی است، تنظیم شده و سپس بر روی سطح بلوک وزنه قرار گیرد. در صورتی‌که یوک قادر به بلند کردن بلوک وزنه باشد، یوک واسنجی محسوب شده و از قدرت میدان مغناطیسی کافی برخوردار است.

۶-۳-۴. بلوک چهارونیم کیلوگرم برای کنترل قدرت میدان مغناطیسی یوک AC، که باید مطابق با نقشه شماره ۱ ساخته شده باشد. وزن این بلوک باید توسط آزمایشگاه معتبر واسنجی شود.

۶-۳-۵. تعیین بازه زمانی واسنجی همه تجهیزات اندازه‌گیری و بازرسی باید مطابق با الزامات استاندارد ملی ISIRI-12946 و توسط نهاد بازرسی تعیین و اجرا شود.

۶-۳-۶. نشانگر میدان مغناطیسی (شکل ۳) برای تعیین کفایت شدت و راستای میدان بکار گرفته می شود. برای این منظور از سنجه مغناطیسی می‌توان استفاده نمود. این نشانگر نیاز به واسنجی ندارد.

۶-۳-۷. نشانگر پسماند مغناطیسی (شکل ۲)، از این تجهیز برای اندازه گیری مقدار پسماند مغناطیسی استفاده می‌شود. این تجهیز باید توسط آزمایشگاه‌های معتبر واسنجی شود.

۶-۳-۸. لوکس متر (نور سنج) که برای اندازه گیری شدت نور بر روی سطح قطعه استفاده می شود. این تجهیز باید توسط آزمایشگاه، واسنجی شود.

۶-۳-۹. چراغ قوه که برای تامین میزان شدت نور مورد نیاز بر روی سطح قطعه مورد استفاده قرار می گیرد. بهترین نور مرئی، همانند نور خورشید باید دارای طیف رنگی کامل باشد.

۶-۴- مواد مغناطیسی

۶-۴-۱. در این سند تنها از ذرات مغناطیسی تر و قابل رویت برای انجام آزمون استفاد می‌شود.

۶-۴-۲. به منظور سهولت در استفاده از مواد و عدم نیاز به سیستم کنترل غلظت مواد از قوطی‌های فشرده[1] استفاده می‌شود.

۶-۴-۳. مواد مغناطیسی به روش مرئی شامل رنگ سفید و جوهر سیاه است.

۶-۴-۴. تمامی این مواد باید الزامات استاندارد E-709 و E-1444 را برآورده نماید.

۶-۵- ترتیب انجام آزمایش

۱- Aerocell

۶-۵-۱. تعیین موقعیت شروع یا نقطه صفر قطعه باید پیش از انجام عملیات ذرات مغناطیسی انجام شود. برای این منظور باید به گونه‌ای بر روی سطح قطعه نقطه صفر را مشخص کرد که امکان تغییر آن به راحتی میسر نباشد.

۶-۵-۲. ابتدا منطقه مورد آزمون به روش چشمی بازرسی می‌شود تا هرگونه ناپیوستگی سطحی که ممکن است در انجام آزمون ذرات مغناطیسی تداخل ایجاد کند، شناسایی و برطرف شود.

۶-۵-۳. به منظور افزایش رویت پذیری نشانه‌های ناپیوستگی‌ها و ایجاد تمایز[1] مناسب روی سطح ناحیه بازرسی از رنگ سفید مخصوص استفاده می شود. ناحیه‌ای که باید سفید شود شامل جوش و ناحیه متاثر از حرارت است.

۶-۵-۴. پایه‌های یوک باید خارج از ناحیه بازرسی قرار داشته باشد، به همین منظور باید فاصله پایه یوک را برای این منظور تنظیم نمود.

۶-۵-۵. به منظور اطمینان از کفایت قدرت میدان مغناطیسی یوک باید آنرا بر روی بلوک وزنه واسنجی شده قرار داد و یوک را روشن نمود، در صورتی که یوک توانایی بلند کردن بلوک وزنه را داشته باشد، می‌توان از کفایت قدرت میدان مغناطیسی یوک اطمینان حاصل نمود.

۶-۵-۶. برای اطمینان از شدت و جهت میدان مغناطیسی باید از یک نشانگر میدان مغناطیسی استفاده نمود.

۶-۵-۷. هنگام استفاده از نشانگر، باید آنرا را پس از اعمال رنگ سفید بر روی سطح قطعه قرار داد و با اعمال میدان و جوهر مغناطیسی از کفایت شدت و جهت میدان مغناطیسی اطمینان حاصل نمود. در صورتی که همه خطوط روی سطح برنجی این نشانگر، زیر نور مرئی قابل رویت باشد یا حداقل خطوط عمود بر جهت میدان مغناطیسی مشخص باشد، این موضوع بیانگر کفایت شدت میدان مغناطیسی و جهت آن است. عدم آشکار شدن خطوط بر روی نشانگر، بیانگر عدم کفایت میدان مغناطیسی است و باید فرایند انجام آزمون توسط کارشناس سطح ۳ مورد بازنگری قرار گیرد.

۶-۵-۸. به هیچ عنوان نباید رنگ سفید را بر روی نشانگر مغناطیسی پاشیده شود. پس از هر بار استفاد از این تجهیز باید سطح آن تمیز و سپس خشک شود.

۶-۵-۹. در این سند از روش پیوسته استفاده می شود، برای این منظور ابتدا میدان مغناطیسی به روش غیر مستقیم با استفاده از یوک به قطعه اعمال می‌شود و در همین حین، مواد مغناطیسی (جوهر مغناطیسی سیاه) به سطح قطعه اعمال می‌شود.

۶-۵-۱۰. پس از اعمال جوهر مغناطیسی، میدان مغناطیسی قطع می‌شود.

---

1 Contrast

۶-۵-۱۱.میدان مغناطیسی طولی توسط یوک روی سطح ایجاد می شود. به منظور القای حداکثر میدان مغناطیسی به قطعه لازم تا حد امکان پایه‌های یوک به سطح قطعه مورد آزمون چسبیده شود.

۶-۵-۱۲.فاصله بین دو پایه باید به گونه‌ای تنظیم شود که ناحیه بازرسی به صورت کامل تحت پوشش قرار گیرد.

۶-۵-۱۳.تمامی ناحیه بازرسی با میزان هم‌پوشانی حداقل ۱۰ درصد باید بازرسی شود.

۶-۵-۱۴.در هر مرحله میدان و ذرات مغناطیسی باید در دو جهت عمود بر هم اعمال شود و نشانه‌های قابل مشاهده در زیر نور مرئی با شدت حداقل ۱۰۷۶ لوکس مورد بررسی قرار گیرد.

۶-۶- مغناطیسی زدائی[1]

۶-۷- درصورتی‌که مغناطیس پسماند در قطعه مورد آزمون در مراحل بعدی یا در کاربری قطعه تحت آزمون ایجاد اشکال نماید، قطعه باید مغناطیس زدایی شود. این عملیات پس از اتمام آزمون با اعمال مجدد میدان مغناطیسی روی قطعه و کاهش تدریجی آن همراه با تغییر جهت میدان انجام می‌گیرد. برای این کار از یوک با جریان متناوب استفاده می‌شود. در این حالت باید یوک را در نزدیک سطح قطعه (بدون آنکه به سطح قطعه چسبیده شود) روشن نموده و به آرامی از سطح قطعه دور نمود. این کار را باید همانند عملیات مغناطیس کردن در دو جهت عمود بر هم انجام داد.

۶-۷-۱. پس از انجام عملیات ذرات مغناطیسی و مغناطیس زدایی (در صورت نیاز) سطح قطعه باید کاملا تمیز و عاری از مواد آزمون ذرات مغناطیسی شود. برای این منظور می‌توان از برس سیمی استفاده نمود.

۷- تفسیر[2]

۷-۱. پس از اعمال میدان و ذرات مغناطیسی زیر نور مرئی باید ناحیه مورد بازرسی را بررسی نموده و هر گونه نشانه‌ای که می‌تواند بیانگر یک عیب باشد را بر روی سطح قطعه مشخص نمود و در صورت نیاز، مجدد آزمون را به منظور اطمنیان از وجود نشانه مورد بازرسی قرار داد.

۸- رواداری‌ها و معیارهای پذیرش

۸-۱. به جدول شماره ۸-۱ فصل هشت آیین‌نامه مراجعه شود.

۸-۲. برای برطرف کردن عیوب مشاهده شده به دستورالعمل‌های معتبر تعمیرات مراجعه شود.

---

1 Demagnetization
2 Interpretation

۹- ثبت و گزارش

۹-۱. تمامی نشانه‌هایی که بیانگر عیوب هستند باید در گزارش ثبت و ارائه شوند.

۹-۲. تمامی گزارشاتی که دارای خط خوردگی هستند، مخدوش و فاقد اعتبار محسوب می‌شوند.

شکل ۱- بلوک وزنه استاندارد ۴/۵ کیلوگرم

20 Gauss Field Meter, Calibrated

شکل ۲- نشانگر پسماند مغناطیسی

شکل ۳- نشانگر میدان مغناطیسی

پیوست ب- آزمایش مایع نافذ (PT)

۱. هدف و دامنه کاربرد

۱-۱. هدف از تهیه این سند، بیان نحوه انجام آزمون مایع نافذ به منظور آشکار کردن ناپیوستگی‌هایی است که بر روی اتصالات جوشکاری شده به سطح راه پیدا کرده‌اند. این دستورالعمل به عنوان یکی از پرکاربردترین روش‌های مورد استفاده در سازه‌های فولادی است و سایر روش‌های آزمون نیز در صورت نیاز قابل استفاده می‌باشد.

۱-۲. این سند، همه طرح‌های اتصالات جوشکاری شده را پوشش می‌دهد.

۱-۳. در این سند، تنها از مواد مایع نافذ قابل رویت[۱] (نوع II) به روش برداشت مایع نافذ غیر آبی (روش C) و آشکار ساز غیر آبی (فرم E) استفاده می‌شود.

۲- مراجع

۲-۱. دستورالعمل احراز صلاحیت کارکنان آزمون‌های غیر مخرب که بر اساس SNT-TC-1A یا ISO9712 تدوین شده است[۲].

۲-۲. AWS-D.1.1

۲-۳. ASTM-E165

۲-۴. AMS-2644

۲-۵. QPL-AMS-2644

۲-۶. ASTM-E 1220

۲-۷. ASTM-E 1316

۳- اصطلاحات و تعاریف

۳-۱.ناحیه متاثر از حرارت[۳]: به ناحیه‌ای به عرض حدود ۴ میلیمتر اطراف جوش اطلاع می‌شود که بدلیل اعمال تنش حرارتی، احتمال وجود ناپیوستگی در آن می‌رود.

۳-۲.ناپیوستگی: همه نشانه و علائم صحیحی که به دلیل خروج مایع نافذ از ناپیوستگی‌ها ایجاد می‌شود.

۳-۳.ناحیه بازرسی: به ناحیه جوش و ناحیه متاثر از حرارت اطلاق می‌شود.

۳-۴.بازرس: به فردی اطلاق می‌شود که بر اساس الزامات دستورالعمل احراز صلاحیت کارکنان آزمون‌های غیرمخرب، واجد صلاحیت شناخته می‌شود.

---

۱ - Visible

۲ Written Practice

۳ - HAZ

۳-۵.نهاد بازرسی: شخص حقوقی یا بخشی از شخص حقوقی است که مسئول انجام ازمایش مایع نافذ است.

۳-۶.نشانه[۱]: علائمی است که تحت اثر خروج مایع نافذ از ناپیوستگی‌ها برروی سطح قطعه تحت آزمون ایجاد می‌شود.

۳-۷.عیب[۲]: نشانه ناپیوستگی مرتبطی است که خارج از محدود پذیرش استاندارد است.

۳-۸.مایع نافذ قابل رویت (نوع II): مایع قرمز رنگی ا ست که تنها دارای یک حـ سا سیت ا ست و برای آ شکار کردن عیوبی که به سطح راه یافته است استفاده می‌شود.

۳-۹. روش برداشـت مایع نافذ غیر آبی (روش C): این روشـی اسـت که در ابتدا از دسـتمال سـفید، تمیز، جاذب رطوبت و خشک برای برداشت مایع نافذ اضافه و سپس دستمال سفید، تمیز، جاذب رطوبت و مرطوب به مایع بردارنده[۳] استفاده می‌شود.

۳-۱۰.آشکارساز غیر آبی (فرم E): این آشکارساز به صورت مخلوط سوسپانسیون در حلال غیر آبی است و به صورت اسپری به سطح قطعه اعمال می‌شود.

۳-۱۱.آزمایشگاه وا سنجی معتبر: به آزمایشگاهی اطلاق می شود که دارای گواهی‌نامه معتبر ISO/IEC 17025 برای این کار است.

۴- صلاحیت کارکنان آزمون‌های غیر مخرب (بازرس غیرمخرب)

۴-۱. بازرسـانی مجاز به انجام آزمون مایع نافذ بر اسـاس این سـند هسـتند که مطابق با الزامات احراز صـلاحیت کارکنان آزمون‌های غیر مخرب، واجد صلاحیت اخذ گواهی‌نامه سطح ۲ شناخته می‌شوند.

۴-۲. دسـتورالعمل احراز صـلاحیت کارکنان آزمون‌های غیرمخرب باید توسـط نهاد بازرسـی که بازرس را در استخدام خود دارد، تدوین شود.

۴-۳. د ستورالعمل احراز صلاحیت کارکنان آزمون‌های غیرمخرب باید تو سط کار شناس سطح ۳ م سئول نهاد بازرسی بررسی و تائید شود.

۴-۴. کارشناس سطح ۳ مسئول، نهاد بازرسی موظف است بر فرایند انجام آزمون مایع نافذ نظارت داشته باشد.

۵- الزامات ایمنی

۵-۱. مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمانی مراجعه شود.

۶- شرح اقدامات

---

۱ - Indication

2 - Defect

3 Cleaner/Remover

۶-۱. کلیات

۶-۱-۱. آزمایش مایع نافذ، یک روش آزمون غیر مخرب است که با استفاده از خاصیت موئینگی برای آشکار کردن ناپیوستگی‌هایی که به سطح راه پیدا کرده‌اند، استفاده می‌شود.

۶-۱-۲. ناپیوستگی‌هایی که می توان در این روش آشکار شوند عبارتند از انواع ترک‌ها، عدم ذوب‌هایی که به سطح رسیده‌اند، سر رفتگی، عدم پرشدگی، سوختگی کنار جوش، تخلخل سطحی (حفرات گازی).

۶-۱-۳. این روش نسبت به آلودگی‌های سطحی بسیار حساس است و پیش از اعمال مایع نافذ باید از پاکیزگی سطح قطعه اطمینان کامل داشت، برای تمیزکاری سطح قطعه نمی‌توان از روش بلاستینگ استفاده نمود.

۶-۱-۴. در بازرسی قطعات از جنس فولادهای زنگ نزن باید از مواد شوینده/بردارنده[1] غیر هالوژنی استفاده نمود.

۶-۱-۵. مواد مورد استفاده در فرایند بازرسی مایع نافذ باید از یک خانواده و یک برند باشند.

۶-۲- آماده سازی سطح

۶-۲-۱. قبل از انجام بازر سی مایع نافذ، ناحیه بازر سی و حداقل ۲۵ میلی‌متر اطراف آن باید تمیز، خشک و عاری از هرگونه آلودگی باشد این آلودگی‌ها عبارتند از: روغن، گریس، چربی، پوسته، سرباره، پاشش جوش، رنگ یا هر عاملی دیگری که دهانه ناپیوستگی‌ها را بسته یا حجم آنها را کاهش دهد.

۶-۲-۲. برای آماده سازی سطح نباید از روش بلاستینگ استفاده نمود.

۶-۲-۳. برای تمیزکاری سطح می‌توان از شوینده‌ها (پاک کننده‌ها)، حلال‌های آلی یا محلول‌های رسوب‌زدا و برای برداشت رنگ می‌توان از رنگ بردار[2] استفاده نمود.

۶-۲-۴. ترکیبات حلال تمیزکننده نباید به قطعه آسیب وارد نماید.

۶-۲-۵. بعد از آماده‌سازی، سطح قطعه باید کاملا خشک و عاری از رطوبت باشد.

۶-۳- تجهیزات آزمون

1 - Cleaner/Remover
2 - Paint Remover

ردیف	نام تجهیزات	مشخصات
۱	نور سنج واسنجی شده	توانایی اندازه‌گیری شدت نور بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ لوکس
۲	چراغ قوه	توانایی تولید نور کافی بر روی سطح قطعه
۳	مایع نافذ	نفوذگر[1]
۴	شوینده/بردارنده	حلال[2]
۵	آشکارساز	آشکارساز[3]
۶	بلوک مقایسه	بلوک PT [4]

۶-۳-۱. تعیین بازه زمانی وا سنجی تمامی تجهیزات اندازه‌گیری و بازر سی باید مطابق با الزامات ا ستاندارد ملی ISIRI-12946 و توسط نهاد بازرسی تعیین و اجرا شود.

۶-۳-۲. نور سنج که برای اندازه‌گیری شدت نور بر روی سطح قطعه ا ستفاده می شود. این تجهیز باید تو سط آزمایشگاه واسنجی واسنجی شود.

۶-۳-۳. چراغ قوه که برای تامین میزان شـدت نور مورد نیاز بر روی سـطح قطعه مورد اسـتفاده قرار می گیرد. بهترین نور مرئی، همانند نور خورشید باید دارای طیف رنگی کامل باشد.

۶-۴- مواد نافذ

۶-۴-۱. درجه حرارت مایع نافذ و یا سطح مورد آزمایش باید بین ۵ °C الی ۵۲ °C باشد.

۶-۴-۲. در صورتیکه نیاز به انجام بازرسی در خارج از محدوده دمایی فوق باشد و امکان سرد یا گرم کردن قطعه عملا وجود نداشته باشد باید از بلوک مقایسه برای اثبات صحت انجام آزمون استفاده نمود.

۶-۴-۳. تمامی مواد بکار رفته در این روش شامل مایع نافذ، شوینده/بردارنده و آشکار ساز باید از فهرست مندرج در سند QPL-AMS 2644 یا معادل آن انتخاب شوند.

۶-۴-۴. تنها از مایع نافذ، شوینده/بردارنده و آ شکار سازهایی می‌تواند ا ستفاده کرد که تاریخ م صرف آنها معتبر باشد.

۶-۵- ترتیب انجام آزمون

1 - Visible
2 - Solvent
3- Developer
4 - PT Comparator Block

۶-۵-۱. تعیین موقعیت شروع یا نقطه صفر قطعه باید پیش از انجام عملیات مایع نافذ انجام شود. برای این منظور باید به گونه‌ای بر روی سطح قطعه نقطه صفر را مشخص کرد که امکان تغییر آن به راحتی میسر نباشد.

۶-۵-۲. ابتدا منطقه مورد آزمون روش چشمی بازرسی می‌شود تا هرگونه ناپیوستگی سطحی که ممکن است در انجام آزمون مایع نافذ تداخل ایجاد می‌کند، شناسایی و برطرف شود.

۶-۵-۳. اعمال مایع نافذ

۶-۵-۳-۱. پیش از اعمال مایع نافذ باید از تمیزی سطح از هرگونه آلودگی اطمینان حاصل نمود.

۶-۵-۳-۲. مایع نافذ را می‌توان با اسپری کردن یا با فرچه به سطح قطعه اعمال نمود.

۶-۵-۳-۳. برای نفوذ مایع نافذ به درون ناپیوستگی‌ها، باید حداقل ۵ دقیقه زمان در نظر گرفت، مدت زمان نفوذ مایع نافذ با کاهش دما باید افزایش یابد اما این زمان، نباید بیش از ۶۰ دقیقه شود. در هر صورت زمان نفوذ، نباید بیش از آنچه که تولید کننده مایع نافذ عنوان کرده است، تعیین شود.

۶-۵-۴. برداشت مایع نافذ اضافی

۶-۵-۴-۱. بعد از طی زمان نفوذ، ماده نافذ اضافی باید به دقت از روی سطح قطعه به گونه‌ای برداشته شود که مایع نافذ داخل ناپیوستگی‌ها پاک نشود. برای برداشتن مایع نافذ اضافه، ابتدا از پارچه سفید، تمیز، جاذب رطوبت و خشک استفاده می شود، و باقیمانده آن، با استفاده از دستمال آغشته به بردارنده/شوینده به آرامی پاک می‌شود.

۶-۵-۴-۲. برای به حداقل رساندن برداشت مایع نافذ از ناپیوستگی‌ها، باید دقت کرد که از اعمال زیاد بردارنده/شوینده و بخصوص اعمال مستقیم آن به سطح قطعه، اکیدا خودداری نمود.

۶-۵-۵- اعمال آشکارساز

۶-۵-۵-۱. بعد از برداشت مایع نافذ، و از اطمینان از خشک شدن سطح قطعه، باید آشکارساز به سطح قطعه اسپری شود.

۶-۵-۵-۲. قوطی حاوی آشکارساز باید پیش از مصرف، بخوبی تکان داده شود تا از معلق شده ذرات آشکارساز اطمینان حاصل شود.

۶-۵-۵-۳. آشکار ساز باید بصورت یک لایه نازک و یکنواخت اعمال شود.

۶-۵-۵-۴. زمان آشکارسازی باید حداقل ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شود، این زمان از هنگام خشک شدن آشکارساز بر روی سطح قطعه آغاز می‌شود.

۶-۵-۵-۵. حداکثر زمان مجاز آشکارسازی نباید ۶۰ دقیقه تجاوز نماید.

۶-۵-۶-تفسیر

۶-۵-۶-۱. ارزیابی نهایی یا تفسیر باید پس از خشک شدن آشکار ساز بر روی سطح قطعه آغاز شود،

۶-۵-۶-۲. حداقل شدت نور بر روی سطح قطعه تحت آزمون نباید کمتر از ۱۰۷۶ لوکس باشد.

۶-۵-۶-۳. در صورت وجود هر گونه ناپیوستگی، آشکارساز روی سطح قطعه به مایع نافذ آغشته شده و نشانه‌های قرمز رنگ بر روی سطح آشکار می‌شود.

۶-۵-۶-۴. نشانه‌هایی که به رنگ صورتی روشن هستند، می‌تواند بیانگر ناپیوستگی‌های کم عمق باشند.

۶-۵-۶-۵. اندازه نشانه اگرچه ممکن است بزرگتر از اندازه ناپیوستگی باشد اما به عنوان اندازه ناپیوستگی محسوب می‌شود.

۷- رواداری‌ها و معیارهای پذیرش

۷-۱. به جدول شماره ۸-۱ فصل هشت آیین‌نامه مراجعه شود.

۷-۲. برای برطرف کردن عیوب مشاهده شده به دستورالعمل‌های معتبر تعمیرات مراجعه شود.

۸- ثبت و گزارش

۸-۱. تمامی نشانه‌هایی که بیانگر عیوب هستند باید در گزارش ثبت و ارائه شوند.

۸-۲. تمامی گزارشاتی که دارای خط خوردگی هستند، مخدوش و فاقد اعتبار محسوب می‌شوند.

فصل ۹

جوشکاری گلمیخ

۹-۱- گستره

این فصل شامل ضوابط عمومی برای جوشکاری گلمیخ[1] فولادی به قطعه فولادی است و به علاوه در برگیرنده ضوابط تولید، اتصال، کنترل کیفیت تولید، خواص مکانیکی و کنترل کیفیت اتصال و ارزیابی فرایند و دستورالعمل جوشکاری و جوشکار می‌باشد.

۹-۲- ضوابط عمومی

۹-۲-۱- طراحی گلمیخ

گلمیخ‌ها باید دارای طرحی مناسب برای جوشکاری قوسی به اعضای فولادی با استفاده از دستگاه جوش اتوماتیک گلمیخ، باشند. نوع و اندازه گلمیخ باید در نقشه‌ها، مشخصات فنی خصوصی و یا سایر مدارک طراحی تعریف شود. مشخصات گلمیخ‌های سرپهن در شکل ۹-۱ نشان داده شده است. سایر انواع شکل سر گلمیخ آزمایش‌های مکانیکی و جاسازی[2] که مؤید برآورده شدن الزامات طراحی باشد، با تأیید مهندس قابل استفاده است.

۹-۲-۱-۱- مشخصات سازنده

مشخصات دائمی سازنده باید روی کلگی گلمیخ‌های مهاری سرپهن و میله‌های مهاری تغییر شکل داده شده، حک شده باشد.

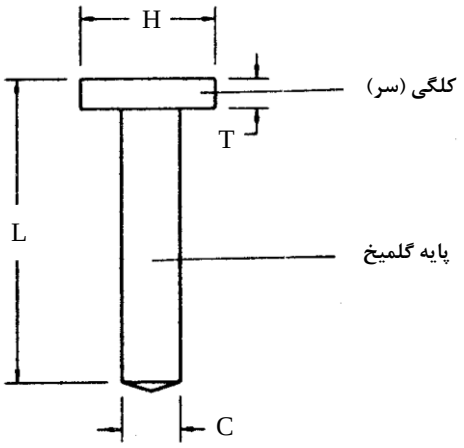
۹-۲-۲- محافظ قوس

هر گلمیخ باید دارای یک حلقه محافظ قوس از جنس سرامیک[3] یا مصالح مناسب دیگر باشد.

۹-۲-۳- روکش

گلیمخ‌های با قطر ۸ میلی‌متر یا بزرگتر، باید دارای روکش مناسب به منظور پایدارسازی قوس و اکسیدزدایی در حین جوشکاری باشند. گلمیخ‌های با قطر کمتر از ۸ میلی‌متر می‌توانند دارای روکش فوق نباشند.

1 - Stud welding
2 - Embedment
3 - Ferrule



L= طول گلمیخ قبل از جوشکاری

ابعاد بر حسب میلی‌متر				
حداقل ضخامت کلگی (T)	قطر کلگی (H)	رواداری سر (L)		قطر تنه (C)
۷/۱	۱۹ ± ۰/۴	± ۱/۶	+۰/۲۵ −۰/۲۵	۱۰
۷/۱	۲۵ ± ۰/۴	± ۱/۶	+۰/۲۵ −۰/۲۵	۱۳
۷/۱	۳۲ ± ۰/۴	± ۱/۶	+۰/۲۵ −۰/۲۵	۱۶
۹/۵	۳۲ ± ۰/۴	± ۱/۶	+۰/۴۰ −۰/۴۰	۱۹
۹/۵	۳۵ ± ۰/۴	± ۱/۶	+۰/۴۰ −۰/۴۰	۲۲
۱۲/۷	۴۱ ± ۰/۴	± ۱/۶	+۰/۴۰ −۰/۴۰	۲۵

شکل ۹-۱- ابعاد و رواداری مجاز اتصالات گلمیخ‌های سرپهن استاندارد (بند ۹-۲-۱)

۹-۲-۴- پایه گلمیخ

برای ارزیابی پایه گلمیخ باید آزمایش‌های بند ۹-۹ انجام پذیرد. تنها باید از گلمیخ‌های پیش‌تأیید شده استفاده نمود. حلقه محافظی که در حین جوشکاری به کار می‌رود باید از همان نوعی باشد که در آزمایشات ارزیابی استفاده شده یا توسط کارخانه سازنده توصیه شده باشد. هزینه کنترل کیفیت و ارزیابی گلمیخ طبق مشخصات استاندارد، بر عهده پیمانکار است. در موارد خاص، بنا به درخواست مهندس ناظر، پیمانکار باید اطلاعات زیر را مهیا کند:

(۱) شرحی از مشخصات گلمیخ و حلقه محافظ آن

(۲) برگ تأیید کیفیت[1] کارخانه سازنده، مبنی بر تأیید کیفیت پایه گلمیخ مطابق مشخصات در بند ۹-۹

(۳) اطلاعات آزمایش ارزیابی گلمیخ

۹-۲-۵- پرداخت گلمیخ

۹-۲-۵-۱- تولید و پرداخت گلمیخ می تواند به وسیله عملیات کله‌زنی[2]، نورد و یا ماشین‌کاری انجام گیرد. گلمیخ تولیدشده باید دارای خواص و کیفیت یکنواخت بوده و عاری از هر نوع عیبی باشد که می‌تواند تأثیر نامطلوبی بر کیفیت جوش، کارایی برای کاربرد مورد نظر و یا مونتاژ گلمیخ در حلقه محافظ داشته باشد. برخی عیوب مذکور شامل لوچه[3]، پلیسه[4]، شکاف، ترک، تابیدگی، خمیدگی ناپیوستگی‌ها و یا ناخالصی خارجی می‌باشد. (بند ۹-۴-۱ و ۹-۴-۲)

۹-۲-۵-۲- ترک‌های شعاعی در کلگی گلمیخ، به شرط آنکه از نصف فاصله محیط کله تا تنه گلمیخ بزرگتر نباشد، قابل قبول می‌باشد. اندازه این ترک‌ها به صورت چشمی اندازه‌گیری می‌شود*.

۹-۲-۶- مصالح گلمیخ

گلمیخ‌ها باید از مصالح میله تولیدشده به روش کشش سرد[5] ساخته شده باشند که به روش اکسیژن زدایی با آلومینیوم یا سیلیسیوم آرام یا نیمه آرام باشد.**

---

1 - Certification
2 - heading
3 - Lap
4 - Fin

* کلگی یا سر گلمیخ ها معمولاً در معرض ترک یا شکاف خوردگی هستنند. ترکها به صورت شکاف یا ناپیوستگی عمیق در محیط کله گلمیخ، توأم با جدایی شعاعی تعریف می‌شوند. به این ترتیب بعضی از شکاف‌ها اثرات منفی روی مقاومت سازه‌ای، مقاومت خوردگی یا دیگر پارامترهای مقاومتی کلگی گلمیخ نخواهند داشت و قابل صرف نظر هستند.

5- Cold drawn bar

**بطور مثال فولاد ASTM A29 گریدهای 1010 تا 1020

۹-۲-۷- ضخامت فلز پایه

در صورتیکه گلمیخ بطور مستقیم به فلز پایه جوشکاری شود، ضخامت فلز پایه نباید کمتر از ۱/۳ برابر قطر گلمیخ باشد. برای جوشکاری روی عرشه فولادی، قطر گلمیخ نباید بزرگتر از ۲/۵ برابر ضخامت فلز پایه باشد. گلیمخ به هیچ وجه نباید به بیش از دو لایه عرشه فولادی جوش داده شود.

۹-۳- ضوابط مکانیکی

۹-۳-۱- ضوابط مکانیکی استاندارد

۹-۳-۱-۱- مشخصات مکانیکی، غیر از مواردیکه در قسمت‌های بعدی می‌آید، باید توسط مهندس مشاور مشخص شود.

۹-۳-۱-۲- سازنده مخیر است مشخصات مکانیکی گلمیخ‌ها را بعد از اتمام عملیات سرد و یا پس از تکمیل ساخت و بر اساس قطر تمام شده گلمیخ، تعیین نماید. در هر حالت، گلمیخ باید الزامات جدول ۹-۱ را برآورده نماید.

جدول ۹-۱- خواص مکانیکی گلمیخ‌ها (بند ۹-۳-۱)

	نوع ۱	نوع ۲	نوع ۳
مقاومت کششی (Fu)	۴۲۰ (N/mm^2)	۴۲۰ (N/mm^2)	۵۵۲ (N/mm^2)
مقاومت تسلیم (F_y) (کرنش ۰/۲٪) کرنش (۰/۵٪)	۳۴۰ -	۳۵۰ (N/mm^2) -	- ۴۸۵ (N/mm^2)
ازدیاد طول نسبی در ۵۰ میلی‌متر در ۵ برابر قطر	حداقل ۱۷٪ حداقل ۱۴٪	حداقل ۲۰٪ حداقل ۱۵٪	-
کاهش سطح مقطع	حداقل ۵۰٪	حداقل ۵۰٪	-

توجه:

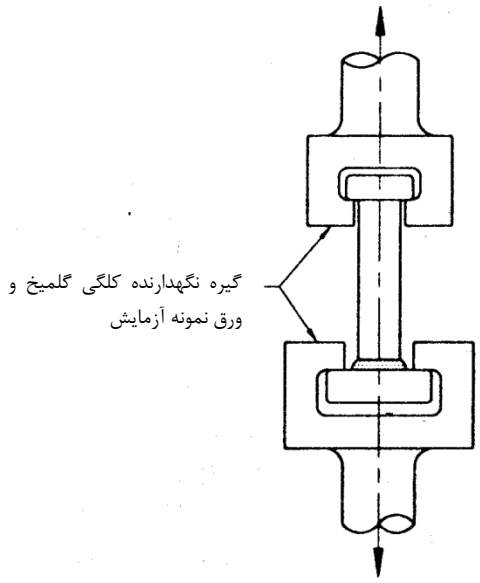
۱- گلمیخ نوع ۱ در هر نوع و اندازه‌ای برای مصارف عمومی به غیر از تأمین عملکرد انتقال برش در طراحی و اجرای تیرهای مرکب، مورد استفاده است.

۲- گلمیخ نوع ۲ به صورت سرپهن، خم شده یا به شکل‌های دیگر، در قطرهای ۱۲، ۱۶، ۲۰، ۲۲ و ۲۵ میلی‌متری در طراحی و اجرای تیرهای مرکب، مهاربندی بتن و برای تأمین انتقال برش به کار می‌رود.

۳- گلمیخ نوع ۳ از جنس میله‌های فولادی است که مطابق ضوابط استاندارد (ASTM A496) به صورت نورد سرد شکل داده می‌شود و دارای قطر اسمی معادل قطر استوانه‌ای است که دارای وزن واحد طول یکسان باشد. طبق ضوابط A496، حداکثر قطر این گلمیخ‌ها ۱۶ میلی‌متر است. درصورت استفاده از میله‌هایی با قطر بزرگتر، باید توجه داشت که خواص فیزیکی آنها پس از تغییر شکل و نورد، مشابه ضوابط مذکور در استاندارد (ASTM-A496) باشد.

۹-۳-۲- آزمایش

مشخصات مکانیکی گلمیخ‌ها باید مطابق استانداردهای مربوطه، تعیین شود[۱]. یک نمونه از تجهیزات آزمایش کشش در شکل ۹-۲ نشان داده شده است.



شکل ۹-۲- نمونه گیره ثابت آزمایش کشش (بند ۹-۳-۲)

۹-۳-۳- با درخواست مهندس مشاور، پیمانکار موظف به ارائه مدارک زیر است:

(۱) برگه تأیید کیفیت کارخانه سازنده مبنی بر مطابقت مشخصات گلمیخ‌های تحویلی با ضوابط بندهای ۹-۲ و ۹-۳

(۲) تأییدیه گزارش آزمایش کارخانه سازنده، که شامل آخرین اطلاعات تکمیلی از آزمایش‌های مکانیکی کنترل کیفیت گلمیخ‌ها، مطابق با الزامات ضوابط بند ۹-۳ برای هر محموله تحویلی به کارگاه می‌باشد.

(۳) گزارشات آزمایش مصالح[۲] از تأمین‌کننده فولاد که نشان دهنده قطر، خواص شیمیایی و رده برای هر شماره مشخصه ذوب[۳] باشد.

۹-۳-۴- عدم دسترسی به آزمایش‌های کنترل کیفی

هنگامیکه امکان دسترسی به نتایج آزمایش‌های کنترل کیفیت کارخانه سازنده نیست، پیمانکار موظف به تهیه و ارائه گزارش‌های آزمایش مکانیکی مطابق موارد ذکر شده در بند ۹-۳ برای هر بهر[۴] می‌باشد. گلمیخ‌های بدون مشخصه و غیرقابل ردیابی نباید استفاده شود.

۱- به طور مثال استفاده از استاندارد ASTM A370 توصیه می‌شود.

2 - Certified Material Test Reports (CMTR)

3 - Heat number

4- Lot

۹-۳-۵- گلمیخ‌های اضافی

مهندس مشاور می‌تواند از گلمیخ‌های اضافی برای آزمایش‌های کنترل کیفی و مکانیکی، از هر نوع و اندازه، انتخاب کند. تهیه این گلمیخ‌ها به عهده پیمانکار و هزینه انجام آزمایش بر عهده کارفرما می‌باشد.

۹-۴- ضوابط اجرایی

۹-۴-۱- تمیزی

در حین جوشکاری، گلمیخ‌ها باید عاری از هر گونه زنگ، حفره‌های ناشی از خوردگی، پوسته، روغن، چربی، رطوبت و هر گونه موادی باشند که اثر نامطلوبی بر روی عملیات جوشکاری دارند.

۹-۴-۲- محدودیت‌های پوشش

رنگ‌آمیزی، گالوانیزه کردن و اندود کادمیم پایه گلمیخ، قبل از جوشکاری مجاز نیست.

۹-۴-۳- آماده‌سازی فلز پایه

سطح قطعه‌ای که گلمیخ‌ها به آن جوش می‌شوند باید عاری از هر گونه پوسته، زنگ، رطوبت، رنگ و یا هر ماده‌ای که مانع از انجام یک جوش قابل قبول می‌شود، باشد. این سطح می‌تواند با برس سیمی، پوسته کردن رنگ سطوح، سنبه‌زنی یا سنگ زدن تمیز شود.

۹-۴-۴- رطوبت

محافظ قوس یا حلقه سرامیکی جوشکاری، باید کاملاً خشک باشد. اگر محافظ به دلایلی مثل رطوبت موجود در هوا یا در اثر باران، مرطوب شده باشد، باید قبل از استفاده به مدت دو ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس قرار گیرد تا به طور کامل خشک شود.

۹-۴-۵- ضوابط فواصل

فواصل طولی و عرضی برشگیرهای گلمیخ[1] (نوع B) از یکدیگر و همچنین فاصله آنها از لبه بال تیر یا شاهتیر نسبت به آنچه که در نقشه‌ها نشان داده شده می‌تواند حداکثر ۲۵ میلی‌متر مغایریت داشته باشد. حداقل فاصله لبه پایه گلمیخ از لبه بال تیر، مساوی قطر گلمیخ به علاوه ۳ میلی‌متر می‌باشد. ترجیحاً این فاصله نباید کمتر از ۴۰ میلی‌متر باشد.

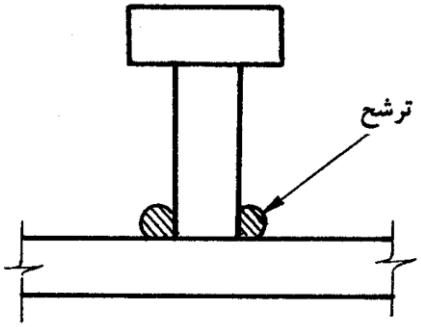
1 - Stud shear connector

۹-۴-۶- برداشتن محافظ قوس

در مورد گلمیخ‌هایی که در داخل بتن مدفون می‌شوند، حلقه محافظ باید شکسته و برداشته شود. در مورد سایر گلمیخ‌ها، شکستن حلقه محافظ اجباری نیست، اما بهتر است انجام شود.

۹-۴-۷- معیار پذیرش

گلمیخ‌ها پس از اتمام جوشکاری، باید عاری از هر گونه ناپیوستگی یا موادی باشند که مانع از عملکرد مورد انتظار آنها شده و ترشح و ذوب کامل °۳۶۰ داشته باشند. با این حال، عدم ذوب در ناحیه ترشح* و شکاف‌های کوچک قابل پذیرش هستند.



۹-۵- روش جوشکاری گلمیخ

۹-۵-۱- جوشکاری مکانیزه خودکار

گلمیخ‌ها باید با استفاده از تجهیزات خودکار جوشکاری گلمیخ، که به یک منبع جریان یک‌سو با قطبیت منفی متصل است، جوش داده شوند. ولتاژ جوشکاری، شدت جریان، زمان و وضعیت تپانچه جوشکاری برای گذاشتن و برداشتن گلمیخ‌ها باید بر اساس تجربیات قبلی و یا توصیه‌های سازندگان گلمیخ و تجهیزات مربوطه و یا هر دو، به صورت بهینه قرار گیرد**.

---

* ناحیه ترشح [1] ، فلز مذاب بیرون زده از پای گلمیخ در حین جوشکاری جرقه‌ای[2] است. ترشح را با جوش گوشه در جوشکاری به روش قوس الکتریکی اشتباه نکنید. ترشح در جوشکاری گلمیخ موجب افزایش مقاومت اتصال شده و برای جوشکاری مضر نبوده و برعکس در یک جوشکاری خوب، تأمین آن لازم و ضروری است. وجود این فلز مذاب اضافی در پیرامون پایه گلمیخ جوش شده که حلقه سرامیکی را فرا می‌گیرد، به ذوب کامل جوش پای گلمیخ با فولاد پایه کمک می‌کند. ممکن است شامل ترک‌های انقباضی و یا دیگر معایب تصادفی باشد که معمولاً روی این ترشح شکل گرفته و به صورت طولی یا شعاعی و یا هر دوحالت نسبت به محور گلمیخ هستند. معمولاً عدم ذوب کامل (به صورت موضعی) در ساق قائم ترشح و ترک‌های انقباضی کوچک در این محدوده قابل پذیرش بوده و نیاز به تعمیر ندارد.
توجه شود که جوشکاری گلمیخ از نوع جوشکاری جرقه‌ای است و با جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود متفاوت است.

1- Flash
2- Flash Welding

**به عنوان راهنمایی برای این کار می‌توان از استاندارد (ANSI/AWS C5.4) تحت عنوان «توصیه‌های عملی برای جوشکاری گلمیخ۱» استفاده نمود

۹-۵-۲- جوشکاری همزمان به‌وسیله چند تپانچه

اگر بیش از دو تپانچه جوشکاری به یک منبع تغذیه متصل باشند، در هر لحظه تنها یک تپانچه باید در جریان عملیات باشد و قبل از آغاز جوشکاری با تپانچه دوم، منبع انرژی باید از نو آماده شود.

۹-۵-۳- حرکت تپانچه جوشکاری

در حین جوشکاری، تپانچه مربوطه باید تا زمان انجماد فلز مذاب جوش، عمود بر فلز پایه و بدون حرکت، در موقعیت اولیه جوشکاری نگاه داشته شود.

۹-۵-۴- دمای محیط و فلز پایه

در حالتی که دمای فلز پایه کمتر از ۱۸- درجه سلسیوس می‌باشد و یا سطح جوشکاری در اثر نزولات جوی مرطوب است، باید از انجام جوشکاری پرهیز کرد. هنگامی که در حین جوشکاری دمای فلز پایه زیر صفر درجه سلسیوس است، از هر ۱۰۰ عدد گلمیخ، یک عدد باید طبق ضوابط مشروح در بندهای ۹-۷-۱-۳ و ۹-۷-۱-۴ آزمایش شود، با این استثناء که زاویه تقریبی آزمایش باید ۱۵ درجه باشد؛ این آزمایش‌ها علاوه بر آزمایش دو گلمیخ اولی است که در هنگام شروع مرحله جدید جوشکاری یا تغییر در وضعیت سیستم انجام می‌شود[1].

۹-۵-۵- انتخاب جوش گوشه

بنابر انتخاب پیمانکار، جوشکاری گلمیخ‌ها می‌تواند بصورت جوش گوشه با استفاده از دستورالعمل جوشکاری ارزیابی شده مطابق با ضوابط فصل ۵ و ۶ ، با شرط تأمین ضوابط زیر، انجام شود.

۹-۵-۵-۱- کنترل تولید

انطباق با بند ۹-۷ برای گلمیخ‌هایی که به روش جوش گوشه جوشکاری می‌شوند مورد نیاز نیست.

۹-۵-۵-۲- مصالح گلمیخ

مصالح گلمیخ باید مطابق ضوابط زیر باشد:

(۱) گلمیخ‌هایی که ضوابط بند ۹-۲-۶ را برآورده نمایند مجاز به استفاده در دستورالعمل جوشکاری پیش‌تایید شده هستند.

(۲) برای انتخاب فلز پرکننده سازگار، مصالح گلمیخ باید به عنوان فلزات گروه ۲ در نظر گرفته شود.

---

[1] - و ضعیت سیستم شامل قطر گلمیخ، تپانچه، منبع تغذیه، نحوه بردا شتن و گذا شتن تپانچه، کل طول جو شکاری و تغییرات بیش از ۵ ± در صد میزان آمپراژ جریان و همچنین زمان عملیات است.

۹-۵-۵-۳- سطوح

سطح فلز باید به اندازه‌ای تمیز باشد که جوش تولیدی، ضوابط فصول ۷ و ۸ و بند ۹-۴-۳ را برآورده نماید. تمیزی گلمیخ باید مطابق بند ۹-۴-۱ باشد. فلز پایه به نحوی آماده‌سازی شود که ضوابط بندهای ۹-۴-۳ و۷-۱۴-۱ را برآورده نماید.

۹-۵-۵-۴- آماده‌سازی گلمیخ

در انجام جوش گوشه، انتهای گلمیخ باید به گونه‌ای آماده شود که در تماس با فلز پایه قرار گیرد. در صورتیکه تماس کامل بین سطح گلمیخ و فلز پایه میسر نشود، شرایط زیر باید اعمال شود:

(۱) فاصله بین گلمیخ و فلز پایه نباید از ۲ میلی‌متر در هر قسمت تجاوز نماید مگر مواردی که در بند زیر مجاز شده است.

(۲) اگر فاصله بیش از ۲ میلی‌متر باشد، بعد جوش گوشه باید به اندازه فاصله ریشه افزایش یابد و یا اینکه پیمانکار به نحوی نشان دهد که گلویی مؤثر جوش تأمین شده است.

۹-۵-۵-۵- خال جوش‌ها

استفاده از خال جوش به منظور سهولت نصب، مجاز است. خال جوش‌ها باید مطابق ضوابط ۷-۱۷ باشند.

۹-۵-۵-۶- حداقل بعد جوش

در صورت استفاده از جوش گوشه، حداقل بعد جوش باید بر اساس بیشترین مقدار خواسته شده مطابق جداول ۷-۷ یا ۹-۲ باشد.

۹-۵-۵-۷- پیش گرمایش

فلز پایه‌ای که گلمیخ‌ها به آن جوش می‌شوند، باید مطابق دستورالعمل جوشکاری پیش‌گرمایش شود.

۹-۵-۵-۸- جوشکاران

جوشکاران برای اجرای جوش گوشه باید مطابق فصل ۶ یا فصل ۱۰ تأیید صلاحیت شده باشند.

۹-۵-۵-۹- تعمیر جوش های گوشه گلمیخ

جوش‌های گوشه که نیاز به تعمیر دارند باید مطابق بند ۷-۲۵ انجام شود.

۹-۵-۵-۱۰- بازرسی چشمی

تمامی جوش‌های گوشه و تعمیرهای انجام شده باید تحت بازرسی چشمی مطابق بند ۸-۹ قرار گیرند.

جدول ۹-۲- حداقل بعد جوش گوشه برای گلمیخ‌ها

حداقل بعد جوش گوشه برای گلمیخ‌های با قطر کوچک	
حداقل بعد جوش گوشه (mm)	قطر گلمیخ (mm)
۵	۶-۱۱
۶	۱۲
۸	۱۶-۲۰-۲۲
۱۰	۲۵

۹-۶- ضوابط ارزیابی گلمیخ‌ها

تمامی دستورالعمل‌های جوشکاری باید توسط پیمانکار مکتوب شود.

۹-۶-۱- دستورالعمل‌های پیش‌تاییدشده

به طور معمول گلمیخ‌های منطبق بر بند ۹-۲-۶ که در کارگاه و یا در محل، در موقعیت تخت و در یک سطح افقی مسطح به فلز پایه گروه ۱ و ۲ جدول ۵-۳ جوش می‌شوند، با اتکا به نتایج آزمایش ارزیابی کارخانه سازنده گلمیخ، در صورتی که جوشکاری در محدوده آمپراژ و زمان پیشنهادی سازنده انجام شود، پیش‌تایید شده فرض می‌شوند. حد وضعیت تخت به عنوان شیب ۱۵± درجه روی سطحی که گل‌میخ به آن جوش می‌شود، تعریف می‌شود. برای سطوح منحنی، رواداری وضعیت تخت ۱۵± درجه در نقطه مماس جایی که گل‌میخ قرار است جوش شود، اندازه‌گیری می‌شود.

۹-۶-۲- دستورالعمل‌های جوشکاری ارزیابی شده با آزمایش

مواردی که با استفاده از جوشکاری خودکار انجام شده و نیاز به انجام آزمایش‌های ارزیابی دارند، به شرح زیر می‌باشند:

(۱) گلمیخ‌های مورد استفاده در سطوح غیرصاف یا سطوح صاف در موقعیت قائم یا سقفی

(۲) گلمیخ‌هایی که از روی عرشه جوش داده می‌شوند. آزمایش باید با نازکترین مصالح مورد استفاده در اجرا (کمتر از ۱۲ میلی‌متر از گروه ۱ و ۲ نباشد)، با همان پوشش و مواد پایه ضخیم‌ترین ورق عرشه مورد استفاده در اجرا، انجام شود.

(۳) گلمیخ‌هایی که به فولادهای غیر از گروه‌های ۱ و ۲ جدول ۵-۳ جوش می‌شوند.

۹-۶-۳- مسئول انجام آزمایش

پیمانکار، مسئول انجام آزمایش‌ها می‌باشد. انجام آزمایش ممکن است توسط پیمانکار، کارخانه سازنده گلمیخ‌ها و یا یک گروه آزمایشی و به توافق طرفین قرارداد صورت گیرد.

۹-۶-۴- آماده‌سازی نمونه آزمایشی

۹-۶-۴-۱- نمونه‌های آزمایش برای ارزیابی حالاتی که مصالح پایه از گروه‌های ۱ و ۲ از جدول ۵-۳ می‌باشند، می‌تواند از فولاد S235 (St 37) و یا فولادهای ردیف‌های ۱ و ۲ جدول ۵-۳ باشد.

۹-۶-۴-۲- اطلاعات ثبت شده

در ارزیابی حالاتی که مصالح پایه غیر از گروه‌های ۱ و ۲ جدول ۵-۳ می‌باشند، مصالح نمونه آزمایشی از نقطه نظر ترکیب شیمیایی و فیزیکی و رده باید به طور دقیق مشابه فولاد مصرفی در اجرا باشد.

۹-۶-۵- تعداد نمونه‌ها

برای هر قطر، وضعیت و هندسه سطح، باید ۱۰ نمونه آزمایشی به طور متوالی براساس دستورالعمل جوشکاری، جوش داده شود.

۹-۶-۶- آزمایش‌های مورد نیاز

تعداد ۱۰ نمونه آزمایشی باید تحت حداقل یکی از آزمایش‌های خمش، پیچش و یا کشش قرار گیرد.

۹-۶-۷- روش‌های آزمایش

۹-۶-۷-۱- آزمایش خمش

گلمیخ‌ها باید با خمش متناوب ۳۰ درجه در جهت مخالف، در یک دستگاه آزمایش معمولی مطابق شکل ۹-۴ تا زمانی که شکست اتفاق بیافتد، آزمایش شوند. همچنین این آزمایش به وسیله خم کردن گلمیخ به میزان ۹۰ درجه نسبت به محور گلمیخ انجام می‌گیرد. در صورتیکه پس از خم کردن گلمیخ، شکست در ورق یا در تنه گلمیخ اتفاق بیفتد، و هیچگونه شکستی در جوش به وجود نیاید، نتایج قابل پذیرش خواهد بود.

۹-۶-۷-۲- آزمایش پیچش

گلمیخ مطابق شکل ۹-۳ تحت آزمایش پیچش قرار می‌گیرد. در صورتیکه محل شکست قطعه آزمایشی از ناحیه جوش نباشد، نتایج آزمایش قابل پذیرش است.

۹-۶-۷-۳- آزمایش کشش

در این آزمایش، گلمیخ با استفاده از دستگاهی که قابلیت اعمال نیروی لازم را داشته باشد، تا مرحله گسیختگی تحت کشش قرار می‌گیرد. در صورتی که محل شکست قطعه آزمایشی از ناحیه جوش نباشد، نتایج آزمایش قابل پذیرش است.

۹-۶-۸- گزارش آزمایش ارزیابی

گزارش آزمایش ارزیابی باید شامل موارد زیر باشد:

(۱) نقشه‌ای که نشان دهنده شکل، قطر گلمیخ و حلقه محافظ باشد.

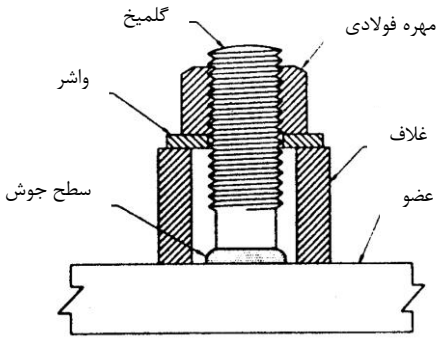
(۲) شرح کامل در مورد مصالح پایه و گلمیخ و حلقه محافظ

(۳) موقعیت جوشکاری و تنظیمات زمان و نوع جریان جوشکاری

(۴) ثبت نتایج آزمایش‌ها به گونه‌ای که هر لحظه قابل دسترسی باشد.

پیچش لازم در آزمایش گلمیخ‌های رزوه شده		
پیچش اعمال شده (N.m)	تعداد رزوه در هر ۲۵ mm	قطر اسمی گلمیخ (mm)
۹/۰	۲۸ UNF	۶/۴
۷/۸	۲۰ UNC	
۱۸/۱	۲۴ UNF	۷/۹
۱۶/۱	۱۸ UNC	
۳۲/۹	۲۴ UNF	۹/۵
۲۹/۲	۱۶ UNC	
۵۱/۴	۲۰ UNF	۱۱/۱
۴۷/۲	۱۴ UNC	
۷۹/۷	۲۰UNF	۱۲/۷
۷۰/۸	۱۳ UNC	
۱۱۳/۸	۱۸ UNF	۱۴/۳
۱۰۲/۰	۱۲ UNC	
۱۵۸/۸	۱۸ UNF	۱۵/۹
۱۴۰/۸	۱۱ UNC	
۲۷۸/۰	۱۶ UNF	۱۹/۱
۲۴۹/۷	۱۰ UNC	
۴۴۳/۹	۱۴ UNF	۲۲/۲
۴۰۲/۹	۹ UNC	
۶۷۵/۷	۱۲ UNF	۲۵/۴
۶۰۴/۰	۸ UNC	

توجه: ابعاد جزئیات گیره آزمون پیچش باید متناسب با ابعاد گلمیخ باشد. رزوه‌های گلمیخ باید عاری از هر گونه روانکار یا موارد اضافی باقی مانده هنگام دریافت از سازنده باشد.



شکل ۹-۳- نحوه آزمایش پیچش (بند ۹-۷-۱-۴)

۹-۷- کنترل در حین ساخت

۹-۷-۱- آزمایش پیش تولید

۹-۷-۱-۱- شروع نوبت[1]

قبل از انجام هر جوشکاری با اندازه و نوع خاصی از گلمیخ و همچنین در آغاز هر نوبت کار روزانه، باید اولین جفت گلمیخ جوش شده را آزمایش نمود. روش جوشکاری باید بر روی مصالحی مشابه با آنچه که در حین تولید و ساخت (از لحاظ ضخامت و خواص) مورد استفاده است، مورد آزمایش قرار گیرد. اگر در حین آزمایش به ضخامت قطعه واقعی دسترسی نیست، تا ۲۵ درصد تغییر نسبت به ضخامت اصلی نیز قابل قبول است. وضعیت جوشکاری گلمیخ‌ها در حین آزمایش، باید با وضعیت جوشکاری آنها در اجرا (تخت، قائم یا سقفی) یکسان باشد.

۹-۷-۱-۲- انتخاب عضو تولیدی

به استثنای حالات و طبق بند ۹-۷-۱-۵ که استفاده از ورق آزمایشی جداگانه الزامی است، گلمیخ‌های آزمایشی را می‌توان به قطعه اصلی جوش نمود.

۹-۷-۱-۳- ضوابط ترشح

نمونه‌های گلمیخ جوش شده باید تحت بازرسی چشمی قرار گیرند. ناحیه ترشح در پای گلمیخ باید ترشح و ذوب کامل 360° داشته باشد و هیچ بریدگی در بدنه گلمیخ وجود نداشته باشد.

1 - Shift

۹-۷-۱-۴- آزمایش خمش و پیچش

علاوه بر بازرسی چشمی، آزمایش باید شامل خم کردن گلمیخ به اندازه تقریبی ۳۰ درجه، پس از سرد شدن باشد. آزمایش خم را می‌توان به کمک یک اهرم و یا ضربات چکش انجام داد. در مورد گلمیخ‌های رزوه شده، آزمایش پیچش مطابق شکل ۹-۳، جایگزین آزمایش خمش می‌شود. در دمای کمتر از ۱۰ درجه سلسیوس، انجام آزمایش باید با بارگذاری آهسته صورت گیرد.

۹-۷-۱-۵- وقوع شکست

اگر در بازرسی چشمی نمونه آزمایش گلمیخ، ترشح و ذوب ۳۶۰ درجه مشاهده نشود و یا در حین آزمایش، گسیختگی در ناحیه جوش اتفاق بیافتد، روش جوشکاری باید اصلاح شده و سپس حداقل دو عدد گلمیخ به عضو جداگانه یا عضو سازه جوش شود و مطابق ضوابط بندهای ۹-۷-۱-۳ و ۹-۷-۱-۴ مورد آزمایش قرار گیرد. اگر هر یک از دو گلمیخ آزمایش دوم در حین آزمایش گسیخته شوند، قبل از انجام جوشکاری گلمیخ‌ها به عضو مورد نظر (به طور مثال بال تیر)، باید جوشکاری آزمایشی بر روی ورق‌های آزمایشی جداگانه انجام شده تا نتیجه آزمایش مورد اطمینان باشد.

۹-۷-۲- عملیات جوشکاری

با شروع عملیات جوشکاری، در صورت اعمال هر گونه تغییری در وضعیت مدار جوشکاری، مطابق موارد تعریف شده در بند ۹-۷-۱، لازم است آزمایش‌های مشروح در بندهای ۹-۷-۱-۳ و ۹-۷-۱-۴ انجام گیرد.

۹-۷-۳- تعمیر گلمیخ

اگر در حین تولید، ترشح به صورت ۳۶۰ درجه کامل نباشد، می‌توان جوش را با اضافه کردن حداقل جوش گوشه مورد نیاز به ناحیه بدون ترشح، مطابق با بند ۹-۵-۵، تعمیر نمود. جوش اصلاحی باید حداقل ۱۰ میلی‌متر پس از هر ناحیه ناپیوستگی و معیوب، ادامه یابد.

۹-۷-۴- ارزیابی جوشکاری

آزمایش پیش تولید ارائه شده در بند ۹-۷-۱ می‌تواند برای ارزیابی اپراتور جوشکاری گلمیخ استفاده شود. قبل از انجام هر گونه عملیات ساخت، در صورتیکه جوشکار دارای سوابق ارزیابی در گذشته نباشد، به عنوان ارزیابی، باید یک جفت گلمیخ توسط جوشکار جوش داده شود و مطابق با ضوابط بندهای ۹-۷-۱-۳ و ۹-۷-۱-۴ مورد آزمایش قرار گیرد. قابل پذیرش بودن این نمونه‌ها مؤید صلاحیت جوشکار بوده و جوشکار می‌تواند جوش‌های عملی را آغاز نماید.

۹-۷-۵- تعمیر محدوده گلمیخ برداشته شده

هنگامیکه یک گلمیخ معیوب از سطح عضو تحت تنش کششی برداشته می‌شود، سطحی که گلمیخ مورد نظر از آن قسمت حذف شده باید سنگ زده شود و صاف و همسطح شود. اگر در هنگام برداشتن گلمیخ از روی سطح فلز پایه، حفره‌ای ایجاد شود، برای پر کردن آن باید از جوشکاری قوس فلزی با الکترود پوشش‌دار کم هیدروژن استفاده نمود. سطح جوشکاری نیز

پس از اتمام عملیات سنگ زده شده و همسطح می‌شود. در صورتیکه گلمیخ حذف شده در ناحیه فشاری عضو باشد و گسیختگی در تنه و یا ناحیه ذوب جوش باشد، می‌توان بدون تعمیر محل گلمیخ معیوب، در نزدیکی ناحیه مورد نظر، یک گلمیخ دیگر جوش کرد (به بند ۹-۴-۵ مراجعه شود). اگر در حین کندن گلمیخ معیوب، فلز پایه قلوه‌کن شود، روش اصلاحی مطابق روش مذکور در مورد ناحیه کششی است. در صورتیکه عمق عیب موجود در جوشکاری کمتر از ۳ میلی متر یا ۷ درصد ضخامت فلز پایه باشد، حفرات و ناپیوستگی‌های ناحیه جوشکاری را می‌توان به جای پر کردن با جوش، سنگ زد. اصلاح و سنگ زدن فلز پایه باید قبل از نصب گلمیخ جایگزین، صورت گیرد. گلمیخ‌های جایگزین اگر از نوع بدون رزوه باشند باید تحت آزمایش خمیدگی به میزان 15° نسبت به محور مرکزی خود قرار گیرند و اگر رزوه شده باشند، انجام آزمایش پیچش برای آنها لازم است. به طور کلی در مورد سازه‌هایی که در معرض دید هستند، پس از برداشتن گلمیخ معیوب، باید دقت بیشتری را برای تمیز و صیقلی کردن ناحیه مورد نظر مبذول داشت.

۹-۸- ضوابط اجرا و بازرسی در حین تولید

۹-۸-۱- بازرسی چشمی

وقتی در بازرسی‌های چشمی، عدم ترشح و ذوب کامل ۳۶۰ درجه دیده شود و یا نیاز به اصلاح برخی از نواحی جوشکاری باشد، گلمیخ‌های اصلاح شده باید تحت آزمایش خمش به میزان تقریبی 15° نسبت به محور عمودی عضو قرار گیرند. در مورد گلمیخ‌های رزوه شده می‌توان از آزمایش پیچش استفاده نمود.

روش خم کردن گلمیخ‌ها مطابق بند ۹-۷-۱-۴ می‌باشد و جهت خمش در مورد نمونه‌هایی که جوش دورتادور آنها کمتر از ۳۶۰ درجه است، باید در خلاف سمتی باشد که عیب جوش در آن مشاهده شده است. انجام آزمایش پیچش مطابق شکل ۹-۳ صورت می‌گیرد.

۹-۸-۲- آزمایش‌های اضافی

در صورتیکه شرایط فراهم باشد، مسئول بازرسی و کنترل کیفی می‌تواند تعداد بیشتری گلمیخ برای انجام آزمایش‌های مذکور در بند ۹-۸-۱، انتخاب کند.

۹-۸-۳- معیار پذیرش خمش گلمیخ

در صورتیکه هیچگونه شکست و گسیختگی در نمونه های خم شده از نوع برشگیرهای گلمیخ (نوع ۲) و انکرهای تغییر شکل یافته (نوع ۳) و یا گلمیخ‌هایی که در بتن مدفون می‌شوند (نوع ۱) مشاهده نشود، استفاده از آنها در ساخت مجاز بوده و می‌توان آنها را به صورت خم شده باقی گذاشت. تمامی خمکاری‌ها و صاف کردن گلمیخ‌ها باید بدون استفاده از حرارت انجام شود، مگر اینکه شرایط دیگری توسط مهندس مشاور مقرر شود.

۹-۸-۴- معیار پذیرش آزمایش پیچش

آزمایش پیچش گلمیخ‌های رزوه‌ای (نوع ۱) تا اندازه بار گواه پیچشی مطابق شکل ۹-۳ که نشانه‌ای از گسیختگی نداشته باشد، برای استفاده مجاز است.

۹-۸-۵- اقدام اصلاحی

اگر در حین عملیات اجرایی، کیفیت گلمیخ‌های جوش شده بنابر قضاوت مهندس ناظر مطابق ضوابط مشروح در قسمت بازرسی و آزمایش نباشد، پیمانکار موظف به جایگزینی یا اصلاح می‌باشد. در این حالت با هزینه پیمانکار، روش‌های اصلاحی به کار گرفته می‌شود تا کیفیت جوش منطبق بر ضوابط آیین نامه شود.

۹-۸-۶- انتخاب کارفرما

با تقبل هزینه از طرف کارفرما در هر زمان، سازنده موظف به ارائه نمونه‌ای از گلمیخ‌های مورد مصرف در پروژه، برای انجام آزمایش‌های ارزیابی است.

۹-۹- ضوابط ارزیابی پایه گلمیخ سازندگان

۹-۹-۱- هدف

هدف از ضوابط ارائه شده در این بخش، توصیف آزمایش های لازم برای تأیید صلاحیت جوش‌پذیری گلمیخ برای سازندگان است.

۹-۹-۲- مسئولیت آزمایش‌ها

مسئولیت انجام آزمایش ارزیابی بر عهده سازنده گلمیخ است. این آزمایش‌ها می‌تواند توسط یک شرکت ثالث با تأیید مهندس ناظر انجام شود. شرکت مذکور باید گزارش تأیید شده ارسالی به سازنده گلمیخ و نتایج همه آزمایش‌ها شامل اطلاعات مندرج در بند ۹-۹-۱۰ را ارائه نماید.

۹-۹-۳- محدوده ارزیابی

ارزیابی پایه گلمیخ، شامل ارزیابی گلمیخ‌های با همان هندسه، روکش، محافظ قوس، همان قطر و قطرهای کوچکتر تا ۳ میلی‌متر می‌شود. پایه گلمیخ که با رده فولاد ASTM A29 ارزیابی شده و خواص مکانیکی استاندارد (بند ۹-۳-۱) را برآورده می‌کند، شامل ارزیابی همه رده‌های فولاد ASTM A29 (بند ۹-۲-۶) می‌شود، مشروط بر اینکه منطبق بر سایر مقررات این بخش باشد.

۹-۹-۴- دوره ارزیابی

پایه گلمیخ با یک سایز مشخص و محافظ قوس که یکبار ارزیابی شده باشد، تا زمانیکه سازنده تغییری در هندسه گلمیخ، مصالح، روکش یا محافظ قوس که بر خواص جوشکاری اثر می‌گذارد، نداده باشد، ارزیابی شده تلقی می‌شود.

۹-۹-۵- آماده‌سازی نمونه‌ها

۹-۹-۵-۱- مصالح

نمونه‌های آزمایش باید با جوشـــکاری گلمیخ‌های انتخابی به ورق‌های نمونه مناســـب از جنس S235 (St37) یا هر رده دیگری از جدول ۵-۳ یا ۶-۹، آماده شود. آزمایش ارزیابی گلمیخ‌هایی که روی عرشه فولادی جوشکاری می‌شوند، باید به بوسیله عرشه فولادی که در اجرا استفاده می‌شود، صورت پذیرد. جوشکاری در حالت افقی تخت انجام شود. آزمایش برای گلمیخ‌های رزوه‌ای باید روی قسمت‌هایی که بدون رزوه هستند، انجام شود.

۹-۹-۵-۲- تجهیزات جوشکاری

گلمیخ‌ها باید با تجهیزات جوشـکاری خودکار، تپانچه جوشـکاری و منبع جریان پیشـنهاد شـده توسـط کارخانه سـازنده گلیمخ، جو شکاری شوند. ولتاژ جریان و زمان جو شکاری (بند ۹-۹-۶) باید برای هر نمونه، اندازه‌گیری و ثبت شود. بالا بردن و فرو بردن آنها باید مطابق توصیه سازنده و در حالت بهینه باشد.

۹-۹-۶- تعداد نمونه‌های آزمایش

۹-۹-۶-۱ جریان بالا

برای گلمیخ با قطر ۲۲ میلی‌متر و کمتر، باید ۳۰ نمونه بطور متوالی با زمان بهینه ثابت، اما با جریان ۱۰ درصـــد بالاتر از حد بهینه جوش داده شـــود. برای گلمیخ، قطر بیش از ۲۲ میلی‌متر، ۱۰ نمونه آزمایش باید بطور متوالی با زمان بهینه ثابت جوش داده شوند. شدت جریان و زمان بهینه، حد وسط محدوده‌ای است که معمولاً توسط سازنده برای جوشکاری توصیه می‌شود.

۹-۹-۶-۲ جریان پایین

برای گلمیخ با قطر ۲۲ میلی‌متر و کمتر، باید ۳۰ نمونه بطور متوالی با زمان بهینه ثابت، اما با جریان ۱۰ درصـــد پایین‌تر از حد بهینه جوش داده شـــوند. برای گلمیخ با قطر بیش از ۲۲ میلی‌متر، ۱۰ نمونه بطور متوالی با زمان بهینه ثابت و جریان ۵ درصد کمتر از حد بهینه، جوش داده شود.

۹-۹-۶-۳- عرشه فولادی

برای گلمیخ‌هایی که به عر شه فولادی جوش می شود، محدوده قطر پایه باید با جوش دادن ۱۰ گلمیخ در جریان و زمان بهینه توصیه شده سازنده، مطابق موارد زیر تعیین شود:

(۱) حداکثر و حداقل قطرهای جوش داده شده به ضخامت عرشه گیج ۱۶ با پوشش G90

(۲) حداکثر و حداقل قطرهای جوش داده شده با دو لایه عرشه گیج ۱۶ با پوشش G60

(۳) حداکثر و حداقل قطرهای جوش داده شده به ضخامت عر شه گیج ۱۸ پو شش G60 روی یک لایه به ضخامت گیج ۱۶ پوشش G60

(۴) حداکثر و حداقل قطرهای جوش داده شده به دو لایه با ضخامت گیج ۱۸ اما با پوشش G60 محدوده قطرها از حداکثر تا حداقل قطرهای جوش شده روی دو لایه عرشه فولادی گیج ۱۸ با پوشش گالوانیزه G60، جوشکاری یک یا دو لایه عرشه فولادی با ضخامت گیج ۱۸ یا کمتر را ارزیابی شده تلقی می‌کند.

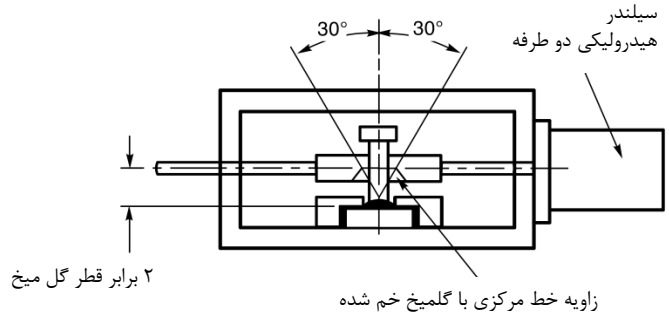
۹-۹-۷- آزمایش ها

۹-۹-۷-۱- آزمایش‌های کشش

ده عدد از نمونه‌های ساخته شده مطابق بند ۹-۹-۶-۱ و ده عدد از نمونه های بند ۹-۹-۶-۲ باید در یک نگهدارنده، مشابه شکل ۹-۲، تحت آزمایش کشش قرار گیرند. با این تفاوت که گلمیخ‌های بدون سر (کلگی) باید از انتهای فاقد جوش خود در فک دستگاه تست کشش گرفته شوند. در صورتیکه تمام نمونه‌های آزمایشی دارای مقاومت کششی برابر یا بالاتر از حداقل مقادیر ذکر شده در بند ۹-۳-۱ باشند، پایه گلمیخ به عنوان ارزیابی شده تلقی می‌شود.

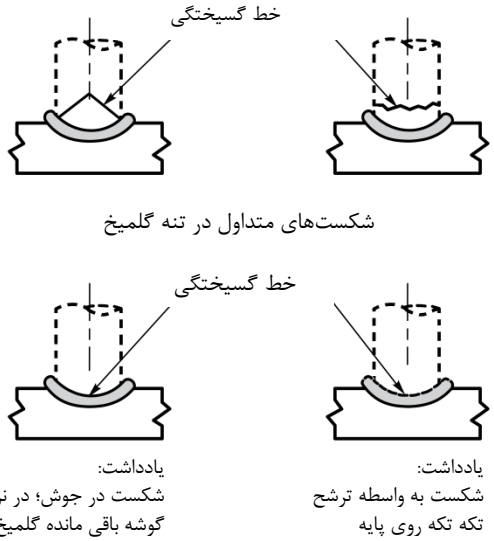
۹-۹-۷-۲- آزمایش های خمش (گلمیخ‌های با قطر ۲۲ میلی‌متر یا کمتر)

بیست نمونه ساخته شده مطابق بند ۹-۹-۶-۱ و ۹-۹-۶-۲ باید تحت آزمایش خمش 30° از محور اصلی در جهات مخالف تا وقوع شکست قرار گیرد. گلمیخ‌ها باید تحت آزمایش خمش مطابق شکل ۹-۴ قرار گیرند، با این تفاوت که گلمیخ‌های با قطر زیر ۱۲ میلی‌متر را می‌توان با دستگاهی مشابه شکل ۹-۵ آزمایش نمود. در صورتیکه تمام نمونه‌های آزمایش خمش از محل ورق یا تنه گلمیخ و نه در جوش و ناحیه متأثر از حرارت گسیخته شده باشد، به عنوان ارزیابی شده تلقی می‌شود. تمام نمونه‌های گلمیخ با قطر بالای ۲۲ میلی‌متر تنها باید تحت آزمایش کشش قرار گیرد.



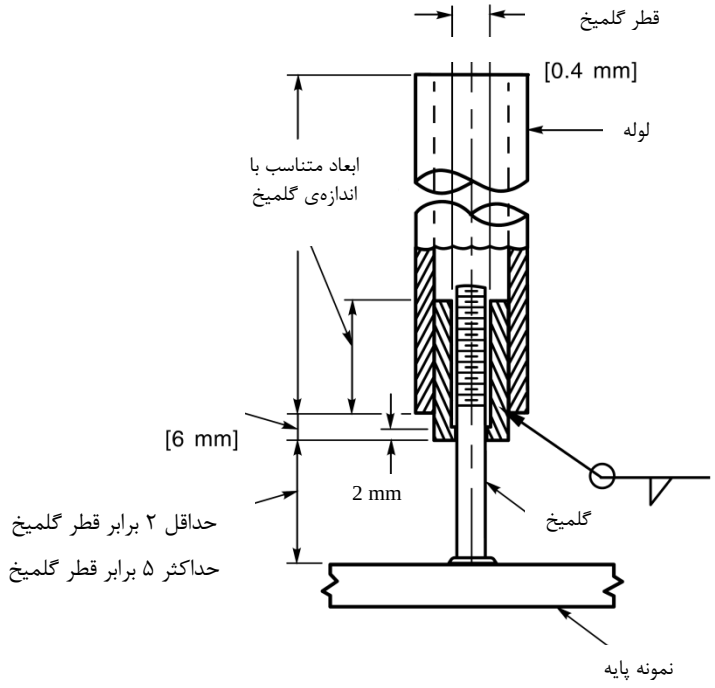
۱- گیره، نمونه را نگهداشته و گل میخ 30° در جهت مخالف خم می‌شود.
۲- می‌توان نیرو را به وسیله سیلندر اعمال کرد یا از گیره سازگار با دستگاه تست کشش استفاده کرد.

وسیله آزمایش خمش



شکست‌های متداول در تنه گلمیخ

شکل ۹-۴- آزمایش خمش گلمیخ



شکل ۹-۵- نوع دستگاه پیشنهادی برای آزمایش ارزیابی گلمیخ‌های کوچک

۹-۹-۷-۳- آزمایش‌های جوشکاری روی عرشه فولادی

تمام نمونه‌های جوشکاری گلمیخ روی عرشه فولادی، باید تحت آزمایش خمش ۳۰° در جهات مخالف در دستگاه خمش مطابق با شکل ۹-۴ قرار گیرند، یا اینکه تحت خمش ۹۰° از محور ا صلی یا آزمایش ک شش تا مرحله شک ست، در یک

دستگاه با قابلیت اعمال نیروی مورد نیاز، قرار گیرد. آزمایش با هر روشی که انجام شود، محدوده قطر گلمیخ‌ها از حداکثر تا حداقل، ارزیابی شده تلقی می‌شود، مشروط بر اینکه شکست در ورق یا تنه گلمیخ، نه در جوش یا ناحیه متأثر از حرارت رخ دهد.

۹-۹-۸- آزمایش‌های مجدد

اگر شکست در جوش یا ناحیه متأثر از حرارت در هر یک از گروه‌های نمونه خمش، مطابق بند ۹-۹-۷-۲ و یا اینکه مقاومت کششی کمتری در هر یک از نمونه‌های آزمایش کشش مطابق بند ۹-۹-۷-۱ اتفاق بیافتد، یک گروه نمونه جدید (مطابق بندهای ۹-۹-۶-۱ یا ۹-۹-۶-۲) باید آماده سازی و آزمایش شود. اگر شکست در نمونه‌های جدید تکرار شود، پایه گلمیخ در آزمایش ارزیابی مردود می‌شود.

۹-۹-۹- پذیرش

برای پذیرش ترکیب پایه گلیمخ و محافظ قوس شرکت سازنده، هر گلمیخ از هر دسته ۳۰ نمونه‌ای، باید تحت آزمایش یا آزمایش مجدد قرار گیرد و الزامات بند ۹-۹-۷ را برآورده نماید. ارزیابی یک گلمیخ، تمامی گلمیخ ها با قطر اسمی مشابه را ارزیابی شده تلقی می‌کند.

۹-۹-۱۰- اطلاعات آزمایش ارزیابی سازنده

اطلاعات آزمایش باید شامل موارد زیر باشد:

(۱) نقشه‌هایی که شامل شکل‌ها و ابعاد با رواداری گلمیخ، محافظ قوس و روکش باشد.

(۲) توضیح کامل مصالح مورد استفاده در گلمیخ‌ها، شامل تعداد و نوع روکش و توضیح محافظ قوس

(۳) نتایج تأیید شده آزمایش‌ها

فصل ۱۰

سازه‌های لوله و قوطی

۱۰-۱- گستره

الزامات این فصل تنها مطابق با تعاریف بند ۱۰-۳ و فصل ۳، شامل سازه‌های لوله‌ای و قوطی می‌شود. این اتصالات شامل درزهای عرضی لب‌به‌لب بین اعضای لوله و قوطی T، Y و K با مقاطع لوله‌ای و قوطی دیگر و یا اتصالات مقاطع لوله‌ای و قوطی به ورق‌ها یا قسمت‌های تخت مقاطع دیگر می‌شود. در تمام این فصل مقاطع مستطیلی، شامل مقاطع مربعی نیز می‌شود مگر اینکه خلاف آن ذکر شود.

۱۰-۱-۱- دامنه عبارت "اعضای لوله و قوطی" شامل موارد زیر است:

(۱) مقاطع توخالی HSS دایره‌ای

(۲) مقاطع HSS مستطیلی

(۳) مقاطع HSS مربعی

(۴) اعضای ساخته شده از ورق یا نیمرخ که با درزهای طولی جوش شیاری با نفوذ کامل (CJP) ساخته می‌شوند و به عنوان اعضای طولی[1] مطابق با ضوابط این فصل طراحی شده باشند.

برای مقاصد طراحی، این فصل باید در کنار ضوابط مربوطه از قسمت الف بخش ۴ استفاده شود. تمامی ضوابط فصل دهم به هر دوی بارهای استاتیکی یا چرخه‌ای (سیکلی) اعمال می‌شود، اما ضوابط خستگی بند ۱۰-۲-۳ تنها در بارهای چرخه‌ای (سیکلی) موضوعیت دارند.

قسمت الف:

- طراحی اتصالات مقاطع قوطی و لوله‌ای

قسمت ب:

- پیش تاییدشدگی دستورالعمل جوشکاری (WPS)

قسمت پ:

- ارزیابی دستورالعمل جوشکاری (WPS)

قسمت ت:

- ارزیابی جوشکاران

قسمت ث:

- ضوابط اجرایی

قسمت ج:

- بازرسی

1- Chord Element

قسمت الف: طراحی اتصالات قوطی و لوله

۱۰-۲- طراحی

۱۰-۲-۱- اتصالات لوله و قوطی تحت بارهای استاتیکی

ضوابط طراحی اعضا و اتصالات لوله و قوطی تحت بارهای استاتیکی در مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان[1] ارائه شده‌اند. مطابق با ضوابط این مبحث، اعضا و اتصالات را می‌توان به روش مقاومت مجاز (ASD) یا روش ضرایب بار و مقاومت (LRFD) طراحی کرد.

۱۰-۲-۲- تنش‌های جوش

تنش‌های موجود در جوش به استثنای موارد اعمالی به مقاطع مستطیلی و مربعی HSS که طبق بند ۱۰-۵ و AISC-360 اصلاح می‌گردند، نباید بیش از مقادیر جدول ۱۰-۲ باشد.

1- مبحث دهم: طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی

ظرفیت تنش در جوش اتصالات لوله و قوطی						
سطح مقاومت مورد نیاز فلز پر کننده (الف)	طرحی به روش بار و مقاومت (L.RFD)		طراحی به روش تنش مجاز (ASD)	نوع تنش	نوع درز در اتصال لوله و قوطی	نوع جوش
	مقاومت اسمی	ضریب	تنش مجاز			
فلز پر کننده با مقاومت برابر یا کمتر از فلز پر کننده متناسب با فلز پایه قابل استفاده است.	$0.6F_y$	0.9	مشابه فلز پایه (ب)	کشش یا فشار موازی با محور جوش (ب)	جوش های لب به لب طولی (درز جوش طولی)	جوش شیاری با نفوذ کامل
	$0.6F_y$ $0.6F_{EXX}$	0.9 0.8	$0.40F_y$ فلز پایه $0.3F_{EXX}$ فلز پر کننده	برش تیری یا برشی ناشی از پیچش		
فلز پر کننده متناسب با فلز پایه استفاده شود	F_y	0.9	مشابه فلز پایه	فشار عمود بر مساحت مؤثر (ب)	درز جوش لب به لب محیطی	
	$0.6F_y$ $0.6F_{EXX}$	0.9 فلز پایه 0.8 فلز جوش		برش در مساحت مؤثر		
	F_y	0.9		کشش عمود بر مساحت مؤثر		
فلز پر کننده متناسب با فلز پایه باید استفاده شود	مشابه با فلز پایه یا مقداری که با هندسه اتصال محدود می‌شود.		مشابه با فلز پایه یا مقداری که با هندسه اتصال محدود می‌شود.	کشش، فشار یا برش روی فلز پایه در مجاورت جوش مطابق شکل‌های۱۰-۷ و ۱۰-۹ تا ۱۰-۱۱ (جوش های مقاطع قوطی و لوله که تنها از سمت خارج و بدون ورق پشت بند انجام شده باشد)	درز جوش اتصالات سازه‌ای T، Y و K در سازه هایی که برای بارگذاری بحرانی، مانند خستگی طراحی شده باشند که معمولاً مستلزم جوش‌های CJP باشد.	
				کشش، فشار یا برش روی مساحت مؤثر جوش شیاری که از دو سمت یا با ورق پشت بند انجام شده باشد		
فلز پر کننده با مقاومت برابر یا کمتر از فلز متناسب با فلز پایه قابل استفاده است	F_y	0.9	مشابه فلز پایه	کشش یا فشار موازی با محور جوش	درزهای طولی در اعضای قوطی شکل ساخته شده از ورق	جوش گوشه
	$0.6F_{EXX}$	0.75	$0.3F_{EXX}$ (ث)	برش روی مساحت مؤثر		
فلز پر کننده با مقاومت برابر یا کمتر از فلز متناسب با فلز پایه قابل استفاده است	$0.6F_{EXX}$	0.75	$0.3F_{EXX}$ یا مقداری که با هندسه اتصال محدوده می شود	برش روی گلویی مؤثر فارغ از راستای بار (بند ۱۰-۵)	درزهای جوش در اتصالات سازه‌ای T، Y و K در اتصالات دایره‌ای رویهم و درزهای جوش قطعات الحاقی به مقاطع قوطی	

ظرفیت تنش در جوش اتصالات لوله و قوطی

سطح مقاومت مورد نیاز فلز پر کننده (الف)	طرحی به روش بار و مقاومت (L.RFD)		طرحی به روش تنش مجاز (ASD)	نوع تنش		نوع درز در اتصال لوله و قوطی	نوع جوش
	مقاومت اسمی	ضریب مقاومت Φ	تنش مجاز				
فلز پر کننده با مقاومت برابر یا کمتر از فلز پر کننده متناسب با فلز پایه قابل استفاده است.	بدون کاربرد	بدون کاربرد	$0.40F_y$ فلز پایه $0.3F_{EXX}$ فلز پر کننده	برش موازی با سطوح روی هم (روی مساحت مؤثر)			جوش‌های کام و انگشتانه
فلز پر کننده با مقاومت برابر یا کمتر از فلز پر کننده متناسب با فلز پایه قابل استفاده است.	F_y	0.9	مشابه فلز پایه (ب)	کشش یا فشار موازی محور جوش (ب)		درزهای طولی اعضای لوله و قوطی	جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی
	F_y	0.9	$0.50F_{Exy}$ جز آنکه تنش روی فلز پایه مجاور جوش نباید از $0.60F_y$ تجاوز کند	درز برای باربری طراحی نشده باشد.	فشار عمود بر مساحت مؤثر باربری طراحی شده باشد.	درزهای محیطی و طولی که بار انتقال می‌دهد	
			مشابه فلز پایه	درز برای باربری طراحی شده باشد.			
فلز پر کننده با مقاومت برابر یا کمتر از فلز پر کننده متناسب با فلز پایه قابل استفاده است.	$0.6FE_{XX}$	0.75	$0.3F_{EXX}$ جز آن که تنش روی فلز پایه مجاور جوش نباید از $0.50F_y$ در کشش و $0.40F_y$ در برش فراتر رود.	برش روی مساحت			
	F_y $0.6F_{EXX}$	0.9 فلز پایه 0.8 فلز پرکننده		کشش روی مساحت مؤثر			
فلز پر کننده متناسب با فلز پایه باید استفاده شود.	F_y $0.6F_{EXX}$	0.9 فلز پایه 0.8 فلز پرکننده	$0.3F_{EXX}$ یا مقداری که با هندسه اتصال محدود می‌شود جز آن که تنش روی فلز پایه مجاور جوش نباید از $0.50F_y$ در کشش و فشار $0.40F_y$ در برش فراتر رود.	انتقال بار در سراسر جوش مشابه تنش روی گلویی مؤثر (بند ۱۰-۵)		اتصالات سازه‌ای T، Y و K در سازه‌های معمولی	
	یا مطابق مقدار محدود شده با هندس اتصال						

الف) برای فلز پر کننده متناسب با فلز جوش، جدول ۵-۴ ملاحظه شود.
ب) برش خمشی یا برش ناشی از پیچش تا ۰/۳ حداقل مقاومت مشخصه کششی فلز پر کننده مجاز است، جز آن که برش روی فلز پایه در مجاور جوش نباید از ۰/۴ در روش ASD و ۰/۶ در روش LRFD فراتر رود.
پ) جوش های گوشه و شیاری موازی با محور طولی اعضای فشاری یا کششی، جز در نواحی اتصال، نباید به عنوان منتقل کننده تنش در نظر گرفته شود و بنابراین فارغ از نوع الکترود (فلز پر کننده)، می‌توانند همان تنش فلز پایه را داشته باشند.
ت) به عنوان جایگزین، بندهای ۴-۶-۴-۲ و ۴-۶-۴-۳ ملاحظه شود.

۱۰-۲-۳- اتصالات قوطی و لوله‌ای تحت بارهای چرخه‌ای (سیکلی):

اتصالات لوله‌ای و قوطی تحت تنش‌های تکرار شونده باید علاوه بر ضوابط عمومی قسمت پ فصل ۴، با ضوابط این بند، مطابق خستگی طراحی شوند. در مواردی که دامنه تنش و تعداد چرخه نظیر، کمتر از مقادیر منحنی K2 در شکل ۱۰-۱ می‌باشد، تحلیل خستگی ضرورتی ندارد. موارد دیگری که شامل طراحی خستگی نمی‌شوند، باید با نظر مهندس طراح، تأیید شود. دامنه تنش اعمالی، دامنه تنش اسمی محاسبه شده با استفاده از روش‌های متعارف تحلیل اعضای تحت بار و لنگر اعمالی روی مقطع ناخالص و دامنه تنش‌های محوری، برشی و خمشی می باشد. پارامترهای طراحی تنش خستگی و منحنی‌های S-N (منحنی‌های تنش- تعداد چرخه‌های بار) برای دسته‌های مختلف تنش در بند ۱۰-۲-۳-۳ ارائه شده‌اند.

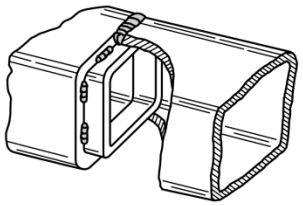
۱۰-۲-۳-۱- دامنه تنش و نوع عضو

در طراحی اعضا و اتصالات تحت تغییرات تکرار شونده، مقدار تنش بار زنده، تعداد چرخه‌های تنش، دامنه مورد انتظار تنش و نوع و موقعیت عضو یا جزئیات باید مد نظر قرار گیرد.

۱۰-۲-۳-۲- طبقه‌بندی تنش خستگی

نوع و موقعیت مصالح باید مطابق جداول ۱۰-۱ و ۱۰-۳ دسته‌بندی شود.

جدول ۱۰-۱ (بند ۱۰-۲-۳-۲)

پارامترهای طراحی تنش خستگی					
مثال تصویری	نقطه احتمالی شروع ترک	تنش آستانه (F_{TH} (حد دوام (MPa))	ثابت C_f	دسته‌بندی تنش	شرح
بخش ۱- درزهای جوش عمود بر راستای تنش					
	از پنجه جوش شیاری یا پنجه جوش اتصال پشت‌بند	48 31	22×10^8 11×10^8	D E	۱-۱- فلز پایه و فلز پر کننده داخل یا مجاور وصله‌های لب به لب با جوش شیاری CJP که ورق پشت‌بند در محل خود باقی می‌ماند. خال جوش داخل شیار خال جوش خارج از شیار و با فاصله‌ای از لبه پایه که کمتر از ۱۲mm نباشد.

۱۰-۲-۳-۳- محدودیت پایه‌ای تنش مجاز

هنگامیکه ملزم به در نظر گرفتن خستگی در مشخصات طراحی باشیم، حداکثر تنش نباید از تنش مجاز پایه‌ای ارائه شده در ضوابط دیگر و دامنه تنش در تعداد چرخه معلوم نباید از مقادیر ارائه شده در شکل ۱۰-۱ تجاوز کند.

جدول ۱۰-۳ (بند ۱۰-۲-۳-۲)
دسته‌بندی‌های تنش برای نوع و محل مصالح برای مقاطع دایره‌ای

دسته‌بندی تنش	وضعیت	نوع تنش (الف)
A	لوله ساده جوش نشده	TCBR
B	لوله با درز طولی	TCBR
B	وصله لب به لب، جوش‌شیاری با نفوذ کامل سنگ خورده و مسطح شده و بازرسی شده با آزمایش فراصورت	TCBR
B	اعضا با سخت کننده‌های طولی پیوسته جوش شده	TCBR
C1	وصله‌های لب به لب، جوش شیاری با نفوذ کامل، بدون عملیات دیگر	TCBR
C2	اعضای با سخت کننده‌های عرضی (حلقه‌ای)	TCBR
D	اعضا با قطعات الحاقی متفرقه مانند براکت، گیره و غیره	TCBR
D	اتصالات صلیبی و سپری با جوش شیاری نفوذ کامل CJP (به استثنای اتصالات لوله‌ای)	TCBR
DT	اتصالاتی که به عنوان اتصالات T ، Y و K ساده با جوش CJP مطابق با شکل‌های ۱۰-۹ تا ۱۰-۱۱ طراحی شده باشند (شامل اتصالات پوششی که عضو اصلی در هر تقاطع، الزامات برش منگنه‌ای (پانچ) را برآورده می‌کند)- یادداشت (ب) ملاحظه شود.	TCRB در عضو فرعی؛ عضو اصلی باید جداگانه بر اساس شرایط K_1 یا K_2 بررسی شود.
E	اتصالات سپری و صلیبی متعادل با جوش PJP یا جوش گوشه (جز در اتصالات لوله‌ای و قوطی)	TCBR در عضو؛ جوش باید با شرایط F هم بررسی شود.
E	اعضایی که با ورق پوشش مضاعف، ورق پوشش، سخت کننده‌های طولی، ورق گاست و غیره، خاتمه پیدا می‌کند (به استثنای اتصالات لوله‌ای و قوطی)	TCBR در عضو؛ جوش باید با شرایط F هم بررسی شود.
ET	اتصالات T، Y و K ساده با جوش PJP یا جوش گوشه، به علاوه اتصالات لوله‌ای و قوطی پیچیده که در آن‌ها ظرفیت برش منگنه‌ای (پانچ) عضو اصلی نمی‌تواند کل بار را حمل کند و انتقال بار با هم‌پوشانی (برون محوری منفی) ورق گاست، سخت کننده‌های حلقوی و غیره انجام شود (مورد ب ملاحظه شود).	TCBR در عضو فرعی؛ عضو اصلی در اتصالات ساده T و Y و K باید جداگانه بر اساس دسته‌بندی K_1 یا K_2 و جوش باید بر اساس دسته‌بندی FT بررسی شود.
F	جوش انتهایی ورق پوشش، ورق پوشش مضاعف، جوش‌های ورق گاست، سخت‌کننده‌ها و غیره	برش در جوش
F	اتصالات سپری و صلیبی تحت کشش یا خمش، با جوش های گوشه یا PJP (جز در اتصالات لوله‌ای و قوطی)	برش در جوش (فارغ از راستای بارگذاری)- بند ۱۰-۵ ملاحظه شود.
FT	اتصالات ساده T، Y و K تحت کشش یا خمش، با جوش‌های گوشه PJP	برش در جوش (فارغ از راستای بارگذاری)
X_2	اعضای متقاطع در اتصالات ساده T، Y و K، هر اتصالی که کفایت آن با آزمایش روی مدل دقیق مقیاس شده یا تحلیل تئوریک (مثلاً به روش اجزای محدود) بررسی شده باشد.	بزرگترین دامنه تنش موضعی یا کرنش موضعی روی سطح اعضای متقاطع در پنجه جوش متصل کننده آن‌ها به هم – اندازه‌گیری شده پس از آزمایش خستگی روی نمونه یا نمونه اتصال بر اساس مدل‌های عددی
X_1	مشابه حالت X_2 اما با نیمرخ بهبود یافته بر اساس بندهای ۱۰-۲-۳-۶ و ۱۰-۲-۳-۷	مشابه حالت X_2
X_1	تقاطع مخروطی – استوانه‌ای تقویت نشده	تنش بحرانی در محل تغییر زاویه، محاسبه بر اساس پانویس (ت)
K_2	اتصالات ساده T، Y و K که در آن‌ها نسبت گاما (R/t_c) در عضو اصلی بیشتر از ۲۴ نباشد	محاسبه برش منگنه ای عضو اصلی بر اساس پانویس (ث)
K_1	مشابه K_2 اما با نیمرخ بهبود یافته بر اساس بندهای ۱۰-۲-۳-۶ و ۱۰-۲-۳-۷	

الف) T: کشش، C: فشار، B: خمش، R: رفت و برگشتی[1] (به عبارتی کل دامنه تنش‌های اسمی محوری و خمشی)

ب) نمودارهای تجربی (شکل ۱۰-۱) بر اساس هندسه اتصال‌های «متعارف»، اگر ضرایب تمرکز تنش واقعی یا نقاط بحرانی کرنش مشخص باشند، استفاده از منحنی های X_1 یا X_2 ارجح است.

پ) نمودارهای تجربی (شکل ۱۰-۱) بر اساس آزمایش‌های با گاما (R/t_c) بین ۱۸ تا ۲۴ هستند، منحنی‌های برای اعضای اصلی بسیار سنگین (R/t_c پایین) در حاشیه اطمینان قرار دارند، برای اعضای اصلی با (R/t_c بزرگتر از ۲۴) به نسبت (R/t_c) باید تنش مجاز را کاهش داد:

$$\frac{\text{تنش مجاز خستگی}}{\text{تنش از منحنی K}} \qquad \left(\frac{24}{R/t_c}\right)^{0.7}$$

در صورت مشخص بودن ضرایب تمرکز تنش واقعی یا نقاط بحرانی کرنش، استفاده از منحنی‌های X_1 یا X_2 ارجح است.

ت) ضریب تمرکز تنش $SCF = \frac{1}{\cos\bar{\psi}} + 1.17\ \tan\bar{\psi}\sqrt{\gamma_b}$

که در رابطه فوق

$\bar{\psi}$: تغییر زاویه در محدوده تغییر انتقالی

γ_b : نسبت شعاع به ضخامت مقطع در ناحیه انتقالی

ث) دامنه چرخه‌ای برش منگنه ای بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$V_P = \tau\sin\theta\left[\alpha f_a + \sqrt{(0.67f_{by})^2 + (1.5f_{bz})^2}\right]$$

که در رابطه فوق:

τ و θ طبق شکل ۱۰-۲ تعریف شده‌اند.

f_a: دامنه چرخه‌ای (سیکلی) تنش اسمی برای نیروی محوری عضو فرعی

f_{by}: دامنه چرخه‌ای (سیکلی) تنش خمشی درون صفحه

f_{bz}: دامنه چرخه‌ای (سیکلی) تنش خمش خارج از صفحه

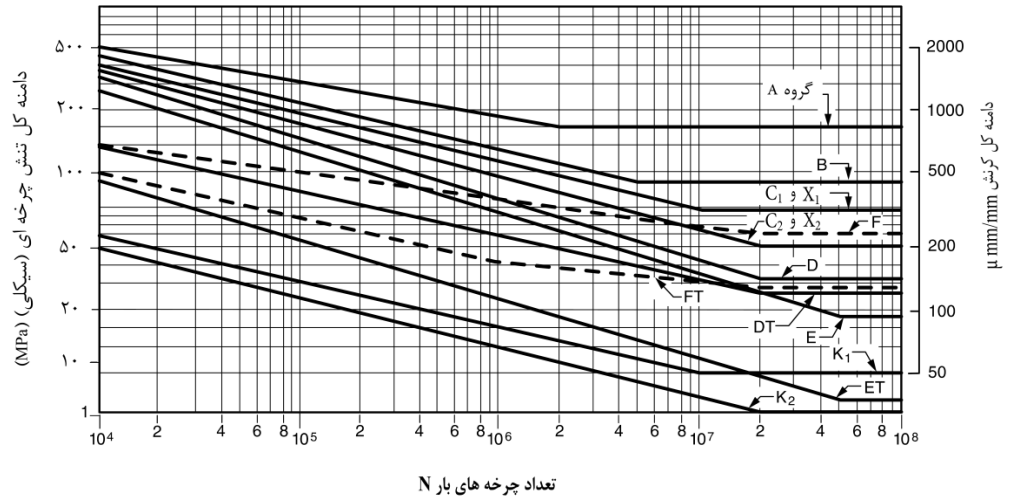
α مطابق زیر تعریف می‌شود:

پارامتر بیضی شدگی مورد نیاز برای Q_q	$\alpha = 1.0 + 0.7g/d_b$ $1 \le \alpha < 1.7$	برای بار محوری در اتصالات K که همه اعضا در یک صفحه باشند و بارهای در راستای عرضی نسبت به عضو اصلی، تقریباً متعادل باشند (ج)
	$\alpha = 1.7$	برای بار محوری در اتصالات T و Y
	$\alpha = 2.4$	برای بار محوری در اتصالات متقاطع
	$\alpha = 0.67$	برای خمش درون صفحه (ج)
	$\alpha = 1.5$	برای خمش خارج از صفحه (چ)

ج) فاصله g در شکل های ۱۰-۲ (ث)، (ج) و (ح) تعریف شده است. d_b قطر عضو فرعی است.

چ) برای ترکیب خمش درون صفحه و خمش برون صفحه از مقادیر درون یابی شده α و λ استفاده شود.

1 - Reversal



شکل ۱۰-۱- دامنه‌های تنش مجاز خستگی و کرنش برای گروه‌های تنش (طبق جدول ۱۰-۳)، در سازه‌های لوله‌ای و قوطی در دمای بهره‌برداری متعارف (بند ۱۰-۲-۳-۳)

۱۰-۲-۳-۴- آسیب تجمعی

زمانی که عامل خستگی شامل دامنه‌های تنش با بزرگای متغیر و تعداد چرخه‌های متفاوت باشد، نسبت آسیب خستگی تجمعی (D) که مجموع آثار تمام بارهای مختلف است، نباید فراتر از یک شود. D به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$D = \Sigma \frac{n}{N}$$

که در رابطه فوق:

n: تعداد چرخه‌های تکرار اعمالی در یک دامنه تنش مشخص

N: تعداد چرخه‌هایی که برای یک دامنه تنش مشخص مطابق شکل ۱۰-۱ مجاز است.

۱۰-۲-۳-۵- اعضای بحرانی

برای اعضای بحرانی که شکست آن‌ها به تنهایی باعث خسارت عمده شود، مقدار D باید حداکثر به محدود شود.

۱۰-۲-۳-۶- بهبود رفتار خستگی

به منظور بهبود رفتار خستگی و در جایی که در اسناد پیمان ذکر گردیده باشد، به شرح زیر می‌توان برای جوش‌های قوطی و لوله‌ای در اتصالات T، Y و K بهبودهایی در نیمرخ جوش اعمال کرد:

(۱) می‌توان لایه جوش اضافه ای اجرا کرد که سطح جوش به آرامی با فلز پایه مجاور امتزاج یافته و مشابه نیمرخ نشان داده شده در شکل ۱۰-۱۱ گردد. نسبت به دایره‌ای که قطری برابر یا بزرگتر از ضخامت عضو فرعی متصل شونده دارد، نباید زخمی با عمق بیش از ۱ میلی‌متر در نیمرخ جوش وجود داشته باشد.

(۲) سطح جوش را می‌توان تا رسیدن به نیمرخ نشان داده شده در شکل ۱۰-۱۱ سنگ زد. رد باقی مانده از سنگ‌زنی باید عمود بر محور جوش باشد.

(۳) می‌توان با ابزار سنگین پنجه جوش را تقه‌زنی کرد تا به شکل موضعی تغییر شکل‌های پلاستیک ایجاد شود که شکل انتقال بین جوش و فلز پایه را به حالتی نرم درآرود. این کار باعث ایجاد تنش پسماند فشاری می‌شود. عملیات تقه‌زنی همواره باید پس از بازرسی چشمی انجام شود و پس از اتمام آن آزمایش ذرات مغناطیسی (MT) به شرح زیر انجام شود. ملاحظات لازم در خصوص احتمال کاهش موضعی طاقت شیاری[1]، به علت تقه‌زنی، در نظر گرفته شود. به منظور ارزیابی دسته‌بندی خستگی X_1 و K_1، جوش های مورد نظر (تمام جوش‌هایی که تحت تقه‌زنی قرار گرفته‌اند) باید برای ناپیوستگی‌های سطحی و نزدیک به سطح تحت آزمایش ذرات مغناطیسی قرار گیرند. هر مورد ناپیوستگی رویت شده که با سنگ‌زنی سبک قابل رفع نباشد باید مطابق با بند ۷-۲۵-۱-۴ تعمیر شود.

۱۰-۲-۳-۷- آثار بعد و نیمرخ جوش

قابل استفاده بودن جوش‌ها به منظور خستگی، به حداکثر بعد جوش یا ضخامت فلز پایه به شرح زیر محدود می‌شود:

C_1: ۵۰ میلی‌متر ضخامت عضو نازک‌تر در ناحیه تبدیل / C_2: ۲۵ میلی‌متر الحاقی

D: ۲۵ میلی‌متر الحاقی

E: ۲۵ میلی‌متر الحاقی

ET: ۳۸ میلی‌متر عضو فرعی

F: ۱۸ میلی‌متر بعد جوش

FT: ۲۵ میلی‌متر بعد جوش

در مواردی که از ابعاد فوق فراتر رفته شود، باید ملاحظاتی برای کاهش تنش‌های مجاز یا بهبود نیمرخ جوش در نظر گرفته شود. برای اتصالات T، Y و K، دو سطح عملکرد خستگی در جدول ۱۰-۴ ارائه شده است. در صورت نامشخص بودن سطح عملکرد، طراح باید سطح یک را منظور کند و در شرایطی که خستگی مطرح نیست، سطح دو، کمینه استاندارد قابل قبول است.

جدول ۱۰-۴

محدودیت های گروه خستگی روی بعد جوش یا ضخامت و نیمرخ جوش (اتصالات لوله و قوطی)		
سطح ۲	سطح ۱	
محدودیت ضخامت عضو فرعی برای گروه X_2، K_2 (mm)	محدودیت ضخامت عضو فرعی برای گروه X_1، X_2 و DT (mm)	نیمرخ جوش
16	10	نیمرخ جوش تخت استاندارد شکل ۱۰-۹
38 برای بار فشار استاتیکی محدودیت ضخامت وجود ندارد	16	نیمرخ‌ها با جوش گوشه پنجه ۱۰-۱۰
نامحدود	25	نیمرخ جوش شده مقعر شکل ۱۰-۱۱ با آزمون دیسک طبق بند ۱۰-۲-۳-۶ (۱)
—	نامحدود	نیمرخ جوش مقعر نرم شکل ۱۰-۱۱، کاملا سنگ زده شده طبق بند ۱۰-۲-۳-۶ (۲)

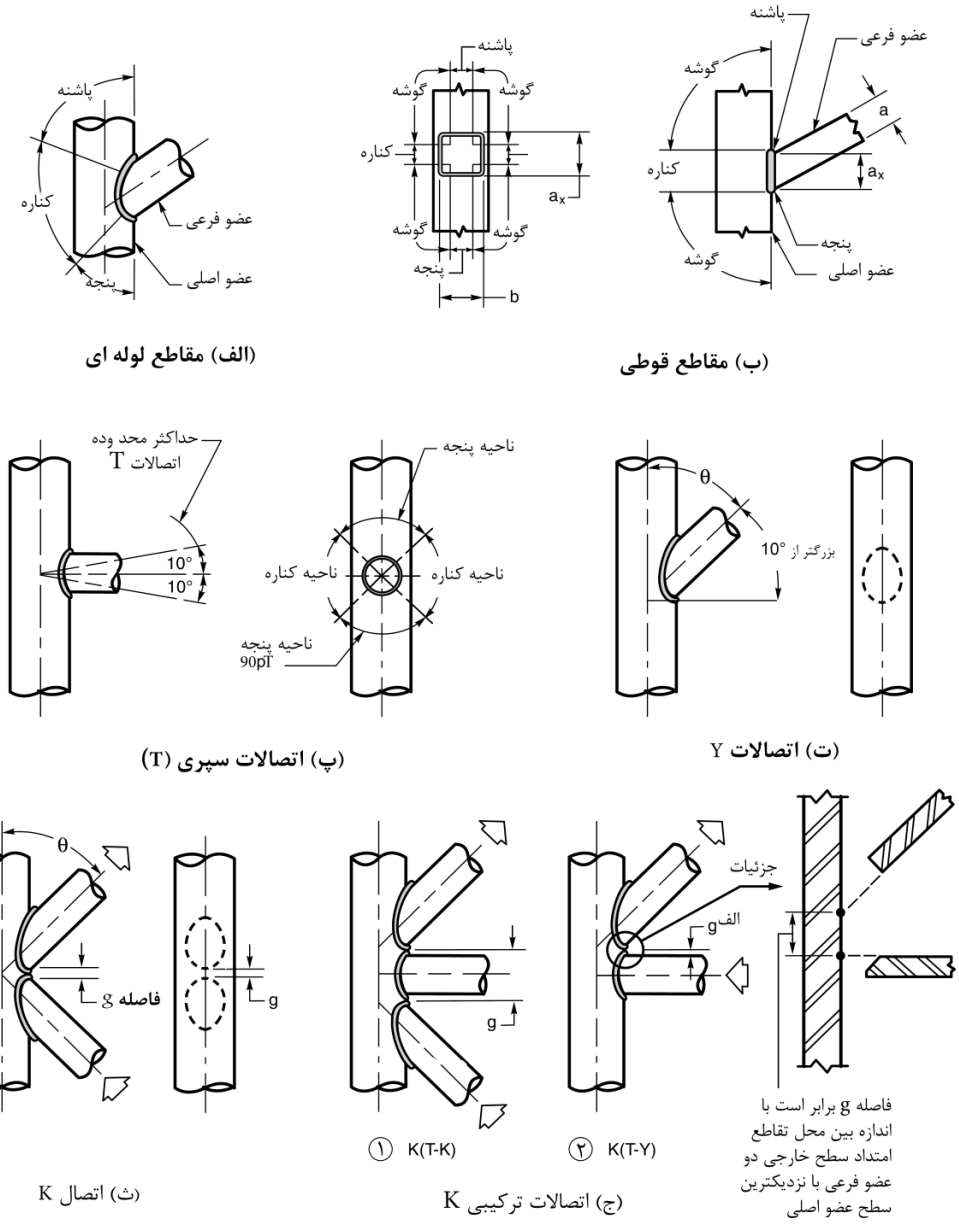
1 - Locally degraded notch toughness

۱۰-۳- نام‌گذاری و اجزای اتصالات لوله‌ای و قوطی

اعضای سازه‌های لوله‌ای و قوطی باید مطابق شکل ۱۰-۲ نام‌گذاری شوند.

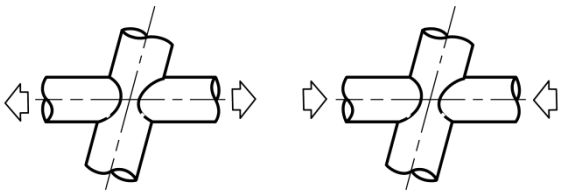
۱۰-۴- علایم و اختصارات

علایم و اختصارات مورد استفاده در این بخش در پیوست یک معرفی شده‌اند.

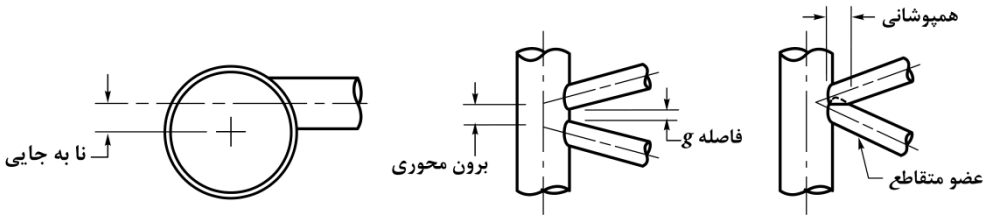


(الف) فاصله مربوطه بین مهارهایی است که بارهای آن عملاً متعادل باشند. نوع (۲) را گاهی اتصال N هم می‌نامند.

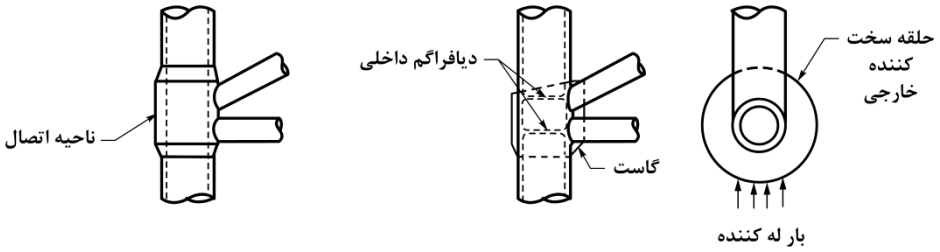
شکل ۱۰-۲- اجزای اتصالات لوله‌ای و قوطی



(چ) اتصال متقاطع

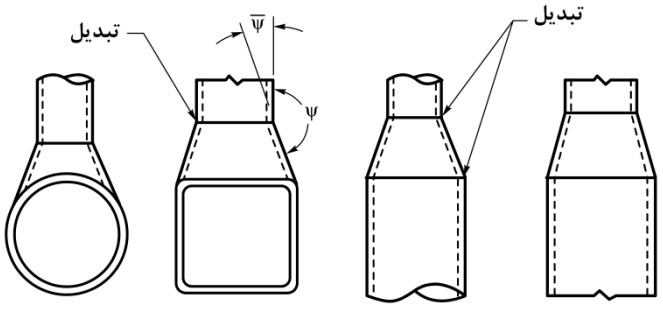


(ح) اتصالات دارای برون محوری نسبت به اتصالات هم محور



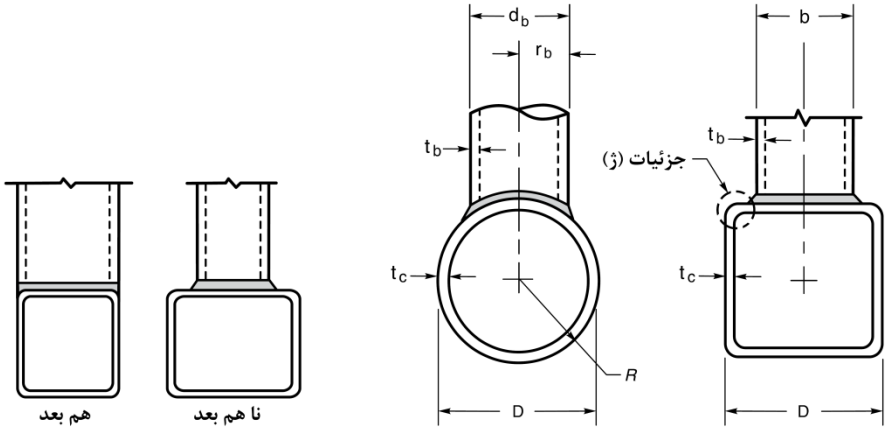
(د) نمونه هایی از اتصالات پیچیده تقویت شده

(خ) اتصال ساده لوله ای و قوطی



(ذ) اتصالات ماسوره ای و تبدیل ها

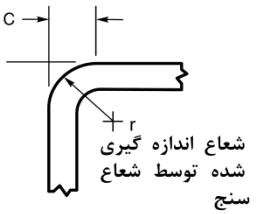
شکل ۱۰-۲ (ادامه) – اجزای اتصالات لوله‌ای و قوطی



(ز) پارامترهای هندسی

(ر) انواع اتصال برای مقاطع قوطی

پارامتر	مقطع دایروی	مقطع قوطی
β	r_b/R یا d_b/D	b/D
η	—	a_x/D
γ	R/t_c	$D/2t_c$
τ	t_b/t_c	t_b/t_c
θ	زاویه بین محور اعضا	
ψ	زاویه صفحه ای در نقطه ای مشخص روی درز جوش شده	
C	بعد گوشه برابر است با نقطه مماس یا تماس با یک چهار گوش ۹۰ درجه شکل که روی گوشه قرار گرفته باشد.	



(ژ) بعد گوشه و شعاع گردی گوشه

شکل ۱۰-۲ (ادامه اجزای اتصالات لوله‌ای و قوطی)

۱۰-۵- طراحی جوش

۱۰-۵-۱- طول مؤثر جوش

در طراحی جوش برای عناصر فرعی عمود بر راستای عضو طولی (شامل ورق‌ها) یا عمود بر محور اعضای فرعی در اتصالات پوششی، باید طول مؤثر جوش (نسبتی از طول کل جوش) را در نظر گرفت.

طول مؤثر جوش برای اعضای لوله‌ای، قوطی مربعی و قوطی مستطیلی باید بر اساس بندهای ۱۰-۵-۵ و ۱۰-۵-۶- لحاظ گردد.

۱۰-۵-۲- جوش گوشه

۱۰-۵-۲-۱- مساحت مؤثر

مساحت مؤثر جوش باید طبق بند ۱۰-۲-۴-۴، تعیین شود. طول کلی، برابر با محیط عضو فرعی در محل تقاطع با عضو طولی می‌باشد. برای قوطی‌های مستطیلی، طول کلی جوش باید برابر با محیط عضو فرعی در محل تقاطع با عضو طولی یا

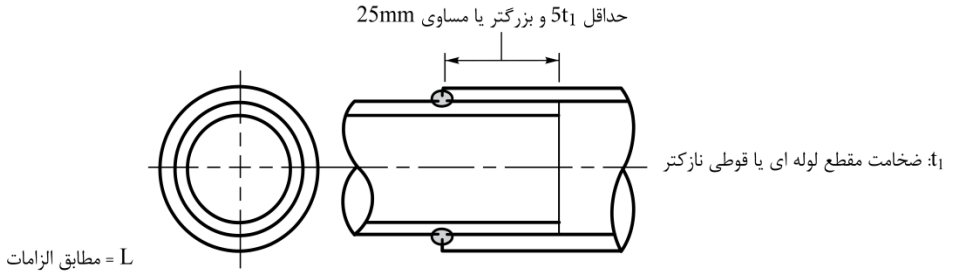
با فرض مقطع قوطی به عنوان مستطیل کامل (و صرف نظر از گردی گوشه) محاسبه شود. اگر جوش گوشه برای مقاومت نظیر تسلیم برای متصل شونده عضو فرعی طراحی شود، می‌توان از محاسبه طول مؤثر جوش صرف‌نظر کرد.

۱۰-۵-۲-۲- محدودیت βبرای جزئیات پیش تأیید شده

جزئیات جوش گوشه پیش‌تأیید شده در اتصالات T، Y و K در شکل ۱۰-۵ شرح داده شده‌اند. این جزئیات باید برای اتصالات لوله‌ای با عضو طولی لوله به $\beta \le 1/3$ و برای اتصال قوطی با عضو طولی قوطی شکل به $\beta \le 0.8$ محدود شوند. این جزئیات مشمول محدودیت بند ۱۰-۸-۱ هستند. برای اعضای طولی قوطی شکل با شعاع گردی گوشه زیاد ممکن است به مقادیر کوچک‌تر β نیاز باشد که عضو فرعی و جوش‌های آن روی یک وجه تخت قرار گیرند.

۱۰-۵-۲-۳- اتصالات پوششی

اتصالات پوششی اعضای لوله‌ای یا قوطی تلسکوپی می‌توانند متشکل از جوش گوشه تک عبوره یا چند عبوره به صورت سازگار با شکل ۱۰-۳ باشند.



شکل ۱۰-۳- اتصال وصله پوششی با جوش گوشه (لوله‌ای یا قوطی)

۱۰-۵-۳- جوش شیاری

مساحت مؤثر باید مطابق بر ضوابط بند ۴-۴-۱-۵ باشد. طول کلی جوش برابر با محیط عضو فرعی در محل تقاطع با عضو اصلی می‌باشد.

۱۰-۵-۳-۱- جزئیات جوش شیاری با نفوذ نسبی (PJP) پیش تأیید شده

جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی در اتصالات لوله‌ای و قوطی T، Y و K باید مطابق با شکل ۱۰-۶ باشند. طراح باید از این شکل در کنار جدول ۱۰-۵ برای محاسبه حداقل بعد جوش استفاده کند. برای تعیین حداقل بعد جوش، افت بعد Z باید بر اساس فاصله بین ریشه و سطح جوش حاصل شود.

جدول ۱۰-۵

کاهش بعد Z برای محاسبه حداقل بعد جوش PJP پیش تأیید شده در اتصالات لوله‌ای و قوطی T، Y و K				
	وضعیت جوش: قائم یا سقفی		وضعیت جوش: افقی یا تخت	
زاویه درز Φ	فرایند جوشکاری	Z (mm)	فرایند جوشکاری	Z (mm)
$60^\circ \le \phi$	SMAW	0	SMAW	0
	FCAW-S	0	FCAW-S	0
	FCAW-G	0	FCAW-G	0
	GMAW	موضوعیت ندارد	GMAW	0
	GMAW-S (الف)	0	GMAW-S (الف)	0
$45^\circ \le \phi < 60^\circ$	SMAW	3	SMAW	3
	FCAW-S	3	FCAW-S	0
	GMAW-G	3	GMAW-G	0
	GMAW	موضوعیت ندارد	GMAW	0
	GMAW-S (الف)	3	GMAW-S (الف)	3
$30^\circ \le \phi < 45^\circ$	SMAW	6	SMAW	6
	FCAW-S	6	FCAW-S	3
	FCAW-G	10	FCAW-G	6
	GMAW	موضوعیت ندارد	GMAW	6
	GMAW-S (الف)	10	GMAW-S (الف)	6

الف) برای الزامات ارزیابی جوشکاری اتصالات T، Y و K پیش تأیید شده با جوشکاری GMAW-S بند ۱۰-۹-۱-(۲) ملاحظه شود.

۱۰-۵-۳-۲- جزئیات جوش شیاری یک طرفه پیش‌تأیید شده با نفوذ کامل (CJP) و بدون پشت‌بند در اتصالات T، Y و K

برای گزینه‌های مختلف، جزئیات بند ۱۰-۱۰-۲ ملاحظه شود. اگر بهبود رفتار خستگی مورد نیاز باشد، جزئیات انتخابی باید بر اساس الزامات نیمرخ جوش بند ۱۰-۲-۳-۶ و جدول ۱۰-۴ تعیین شود. اگر تمامی شرایط زیر برقرار باشد، محاسبه تنش جوش برای جوش‌های CJP ضرورتی ندارد.

(۱) مشخصات فلز پایه منطبق بر الزامات آیین‌نامه طراحی باشد.

(۲) فلز پر کننده جوش طبق آیین‌نامه طراحی در رده هم‌تراز فلز پایه یا یک رده بالاتر باشد.

(۳) اعضای متصل شونده بر اساس آیین‌نامه طراحی مربوطه، کفایت داشته باشند.

۱۰-۵-۴- تنش‌ها در جوش‌های گوشه و PJP

حداکثر تنش در هیچ نقطه‌ای از جوش نباید از تنش مجاز جدول ۱۰-۲ یا تنش موضعی عضو فرعی[1] محاسبه شده با استفاده از رابطه زیر فراتر رود:

1- Local Branch Stress

$$f_{weld} = Q_z (t_b / t_w)\left[(\frac{f_a}{k_a} + \frac{f_b}{k_b}) \right]$$

t_b: ضخامت عضو فرعی

t_w: گلویی مؤثر جوش

f_a و f_b: تنش‌های اسمی محوری و خمشی در عضو فرعی

Q_z، k_a و k_b: ضرایب مطابق بند ۱۰-۵-۵

۱۰-۵-۵- طول مؤثر جوش در اتصالات لوله به لوله

زمانی که جوش گوشه یا جوش PJP برای تحمل بار یا نیروهای موجود (و نه ظرفیت عضو متصل شونده) استفاده شود، حداقل گلویی مؤثر جوش به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$t_w = (\frac{t_b}{f_{weld}})\left[(\frac{f_a}{k_a} + \frac{f_b}{k_b}) Q_z \right]$$

t_w : گلویی مؤثر جوش

t_b : ضخامت عضو فرعی

f_{weld}: تنش موجود جوش مطابق جدول ۴-۳ برای حالت مقاومت مجاز (ASD) یا برای حالت ضرایب بار و مقاومت (LRFD) از جدول ۱۰-۲-۹-۳ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱)

f_a و f_b: تنش‌های محوری و خمشی مورد نیاز در عضو فرعی، به صورت ASD یا LRFD

برای بار محوری عضو فرعی $k_a = (1 + \frac{1}{\sin\theta_1}) / 2$

$k_b = \sqrt{k_{bip}^2} + k_{bop}^2$

برای خمش درون صفحه عضو فرعی $k_{bip} = (3 + \frac{1}{\sin\theta_1}) / 4\ \mathrm{Sin}\theta_1$

برای خمش برون صفحه عضو فرعی $k_{bop} = (1 + \frac{3}{\sin\theta_2}) / 4\ \mathrm{Sin}\theta_2$

θ_1: زاویه تند (حاده) درون صفحه بین محورهای عضو فرعی و عضو طولی

θ_2: زاویه تند خارج از صفحه بین محورهای عضو فرعی و عضو طولی

Q_Z: ضریب تشدید بار به علت نایکنواختی توزیع بار (یا به بیان دیگر ضریب طول مؤثر جوش) به شرح زیر:

حداقل مقاومت مشخصه کششی الکترود: ۴۹۰~ ۴۲۰ مگاپاسکال (۶۰ تا ۷۰ Ksi)

	ASD	LRFD
الکترود E60xx و E70xx	۱/۳۵	۱/۵

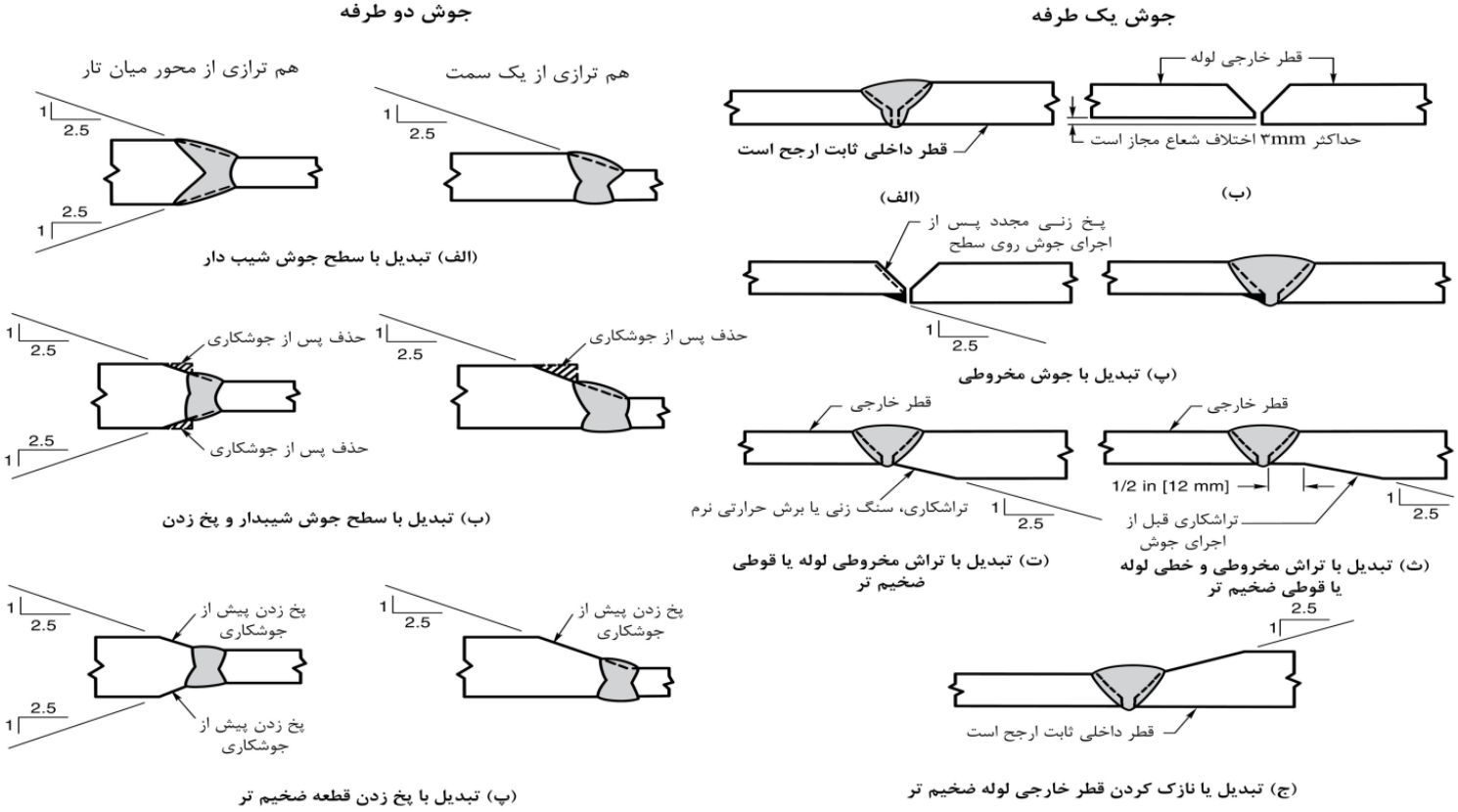
مقاومت‌های بالاتر	۱/ ۶۰	۱/۸

۱۰-۵-۶- طول مؤثر جوش در اتصالات T، Yو K مقاطع قوطی

طول مؤثر جوش و مشخصات مؤثر مقطع برای اتصالات T، Y و K مقاطع قوطی باید منطبق بر مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۰-۶- تبدیل ضخامت

اتصالات لب به لب کششی در اعضای اصلی هم محور شده تحت بار چرخه‌ای (سیکلی) با ضخامت یا بعد مصالح متفاوت، باید به نحوی انجام شود که شیب ناحیه تبدیلی از ۱ به ۲/۵ فراتر نرود. تغییر ضخامت باید با پخ زدن عضو ضخیم‌تر، جوش با شیب، یا ترکیبی از این دو روش اجرا شود. (شکل ۱۰-۴)



یاداشت:

۱- شیار جوش می تواند از هر نوع و جزئیات مجاز یا ارزیابی شده باشد.

۲- شیب‌های تبدیل نمایش داده شده، حداکثر مقدار مجاز است.

۳- در موارد (ب)، (ت) و (ث) شیار جوش می تواند از هر نوع و جزئیات مجاز یا ارزیابی شده باشد.

شکل ۱۰-۴ تغییر ضخامت در درزهای لب به لب برای قطعات با ضخامت های نامساوی

۱۰-۷- محدودیت‌های مصالح

۱۰-۷-۱- محدودیت‌های مصالح برای اتصالات قوطی و لوله T، Yو K

مصالح اتصال لوله‌ای و قوطی باید با توجه به تمرکز تنش‌های موضعی که می‌تواند منجر به تسلیم موضعی و کرنش‌های پلاستیک تحت بار شود، انتخاب شود. به صورت مشابه، مصالح اتصالات لوله‌ای و قوطی تحت بارهای چرخه‌ای (سیکلی) باید با لحاظ کردن نیاز به شکل‌پذیری اضافی به علت ناپیوستگی‌های جوش و ترک‌های خستگی احتمالی، انتخاب شود.

۱۰-۷-۲- طاقت شیاری فلز پایه مقاطع لوله‌ای و قوطی

۱۰-۷-۲-۱- الزامات آزمایش ضربه شارپی CVN

اعضای لوله‌ای و قوطی جوش شده تحت کشش، برای فلز پایه با ضخامت ۵۰ میلی‌متر یا بیشتر با حداقل تنش تسلیم مشخصه ۲۸۰ مگاپاسکال یا بیشتر، باید در آزمایش ضربه حداقل انرژی جذب شده ۲۷J در دمای $21^{\circ}C$ داشته باشند. آزمایش ضربه باید مطابق ASTM A673 (تواتر H، Heat lot) انجام شود. برای این زیربند، عضو کششی به عنوان عضوی تعریف می‌شود که با بارهای طراحی بدون ضریب، تنش کششی بزرگتر یا مساوی ۷۰ مگاپاسکال داشته باشد.

۱۰-۷-۲-۲- الزامات حداقل دمای مورد انتظار بهره‌برداری[1]

اعضای لوله‌ای و قوطی که خستگی در طراحی آن‌ها حاکم است و به عنوان عضو اصلی یا قطعه اتصال عضو اصلی با جدار ضخیم در اتصالات T، Y و K به کار رفته‌اند، در شرایط زیر باید در حداقل دمای مورد انتظار بهره برداری در آزمایش ضربه جذب انرژی ۲۷J را نشان دهند.

(۱) ضخامت فلز پایه ۵۰ میلی‌متر یا بیشتر

(۲) ضخامت فلز پایه ۲۵ میلی‌متر یا بیشتر با تنش تسلیم مشخصه ۳۴۵ مگاپاسکال و یا بیشتر

در صورتی که حداقل دمای مورد انتظار بهره‌برداری مشخص نباشد یا در طراحی سازه، بارهای چرخه‌ای (سیکلی) یا خستگی حاکم نباشد، آزمایش ضربه باید در دمای حداکثر $4^{\circ}C$ انجام شود. آزمایش ضربه باید نمایانگر وضعیت واقعی مقاطع لوله‌ای و قوطی باشد و مطابق با ASTM A673 (تواتر H و Heat Lot) انجام شود.

1 - LAST (Lowest Anticipated service Temperature)

قسمت ب: دستورالعمل پیش تاییدشده جوشکاری (WPS)

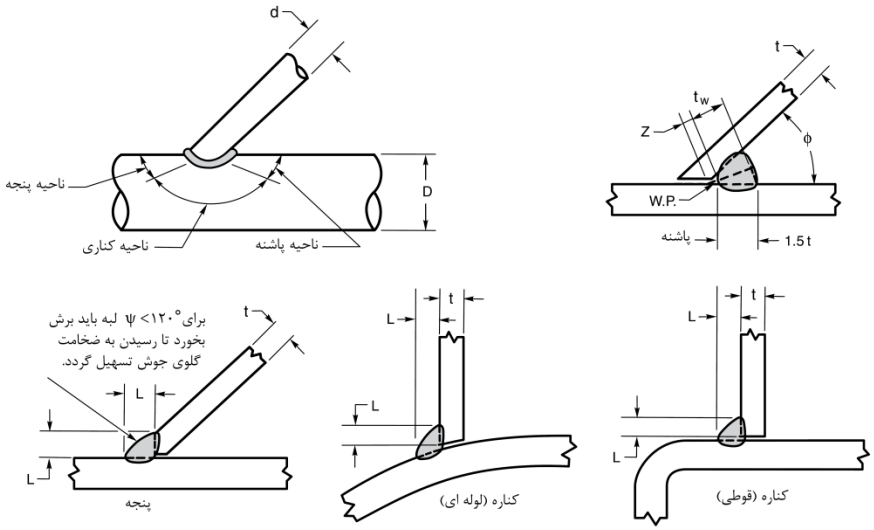
۱۰-۸- الزامات جوش گوشه

۱۰-۸-۱- جزئیات:

به منظور پیش تاییدشدن اتصالات لوله‌ای و قوطی با جوش گوشه، این اتصالات باید مطابق ضوابط زیر باشند:

۱- دستورالعمل پیش تاییدشده جوشکاری اتصالات لوله‌ای و قوطی با جوش گوشه که با فرایندهای SMAW، GMAW یا FCAW انجام شده باشند و امکان استفاده از آن‌ها بدون انجام آزمایش‌های ارزیابی WPS وجود داشته باشد، در شکل ۱۰-۵ و با رعایت محدودیت‌های بند ۱۰-۵-۲-۲ جزئیات بندی شده‌اند. این جزئیات را می‌توان برای جوش‌های GMAW-S که مطابق با بند ۱۰-۱۴-۴-۳ باشند هم به کار برد.

۲- جزئیات اتصالات پوششی در شکل ۱۰-۳ نمایش داده شده است.



حداقل مقدار L برای قسمت های مختلف

	E =0.7t	E=t	E =1.7t
۶۰° > پاشنه	1.5t	1.5t	بزرگترین 1.5t و Z+1.4t
۱۰۰°≤ کناره	t	1.4t	1.5t
۱۱۰° -۱۰۰°کناره	1.1t	1.6t	1.75t
۱۲۰° -۱۰۰°کناره	1.2t	1.8t	2.0t
۱۲۰ ° < پنجه	$\frac{t}{\text{پخ}}$	$\frac{1.4t}{\text{پخ}}$	پخ کامل شیار°۹۰-۶۰

یادداشت:

(۱) t: ضخامت قطعه نازکتر

(۲) L: حداقل بعد (بند ۱۰-۲-۱ ملاحظه شـــود. ممکن اســـت برای ترکیبی جز فلز پایه با F_y=۲۵۰ Mpa و الکترود با F_u = ۴۸۵ Mpa نیاز به افزایش بعد جوش باشد)

(۳) فاصله ریشه از ۰ تا ۵ میلی‌متر (بند ۷-۲۱ ملاحظه شود)

(۴) برای $\phi < 30^\circ$ پیش تأیید شده نیست. برای $60^\circ < \phi$افت بعد Z جدول ۱۰-۵ اعمال می‌شود. جدول ۱۰-۱۲ برای الزامات وضعیت ارزیابی جوشکار ملاحظه شود.

(۵) برای محدویت‌های $\beta = d/D$ بند ۱۰-۵-۲-۲ ملاحظه شود.

(۶) ψ: زاویه دو وجهی

شکل ۱۰-۵- درزهای جوش گوشه لوله‌ای و قوطی پیش‌تأیید شده اجرا شده با SMAW، GMAW و FCAW

۱۰-۹- الزامات جوش شیاری با نفوذ نسبی (PJP)

۱۰-۹-۱- جزئیات

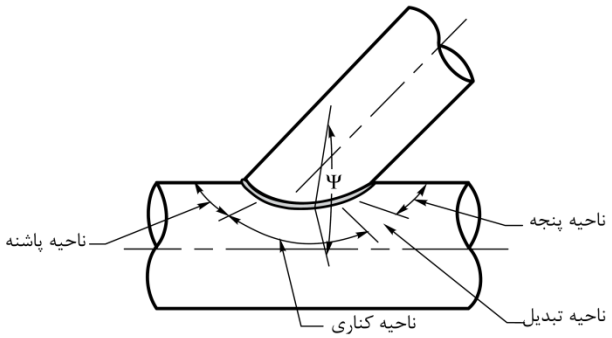
جزئیات جوش شیاری با نفوذ نسبی پیش تأیید شده، باید مطابق ضوابط زیر باشد:

۱- جوش‌های لوله و قوطی PJP، به جز اتصالات T، Y و K که تمامی محدودیت‌های ابعادی شکل ۵-۱ را رعایت کنند، می‌توانند بدون انجام آزمون‌های ارزیابی WPS به کار روند.

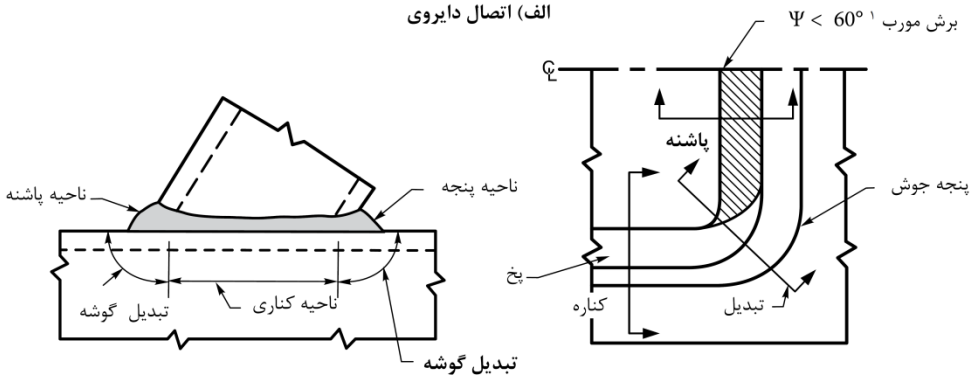
۲- اتصالات T، Y و K با جوش PJP که تنها با فرایندهای SMAW، GMAW جوش شده باشند، در صورت رعایت همه محدودیت‌های ابعادی شکل ۱۰-۶، می‌توانند بدون انجام آزمون‌های ارزیابی WPS استفاده شود. این جزئیات را برای جوش GMAW-S که مطابق با بند ۱۰-۱۴-۴-۳ ارزیابی شده باشند نیز می‌توان به کار برد.

۱۰-۹-۱-۱- اتصالات قوطی هم پهنا

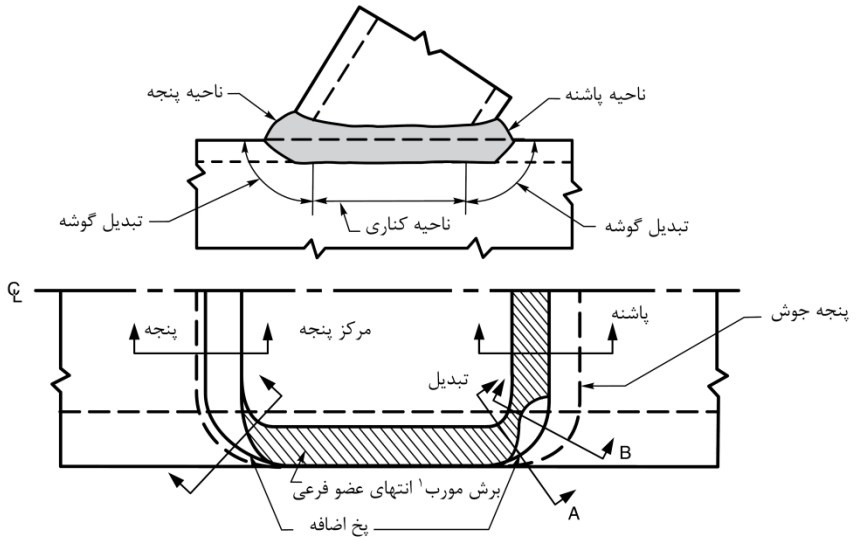
در این اتصالات، جزئیات جوش شیاری PJP، ابعاد گوشه و شعاع قوطی اصلی در شکل ۱۰-۶ نمایش داده شده است. در نواحی پاشنه و پنجه می‌توان از جوش گوشه استفاده کرد (شکل ۱۰-۵ ملاحظه شود). اگر بعد گوشه یا شعاع قوطی اصلی یا هر دو کمتر از مقدار نشان داده شده در شکل ۱۰-۶ باشد، به منظور تأیید بعد جوش اجرا شده، نمونه‌ای از اتصال کناره باید ساخته شده و برش بخورد و بررسی صورت پذیرد. جوش‌های آزمایشی باید در وضعیت افقی انجام شود. اگر همانند آن چه در شکل ۱۰-۷ برای جوش شیاری با نفوذ کامل نشان داده شده، عضو فرعی پخ زده شود، می‌توان از این ضابطه صرف نظر کرد.



الف) اتصال دایروی

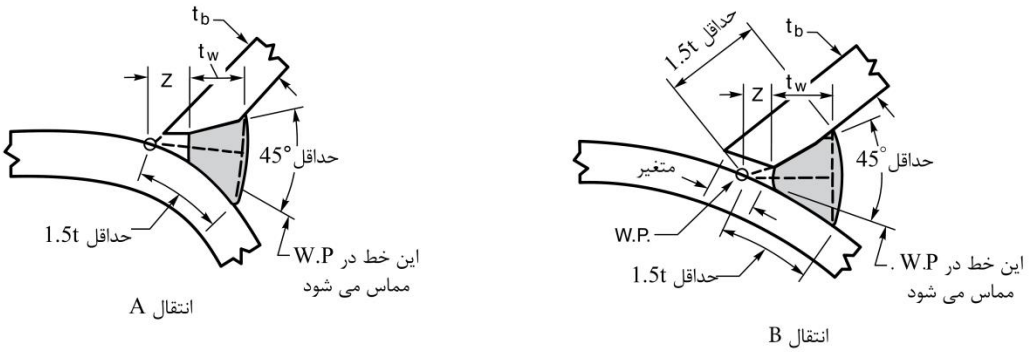


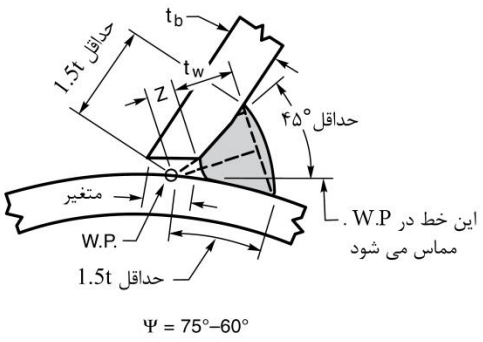
(ب) اتصال مقاطع قوطی ناهم بعد

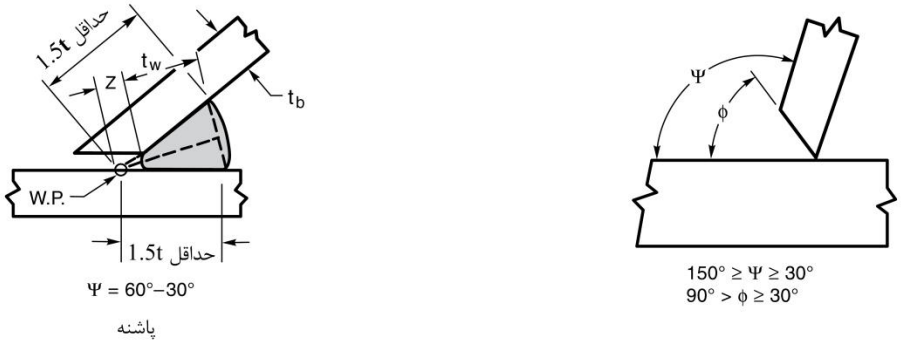


(پ) اتصال مقطع قوطی هم بعد

شکل ۱۰-۶- جزئیات درز پیش تأیید شده برای اتصالات T، Y و K مقاطع لوله‌ای و قوطی با جوش PJP

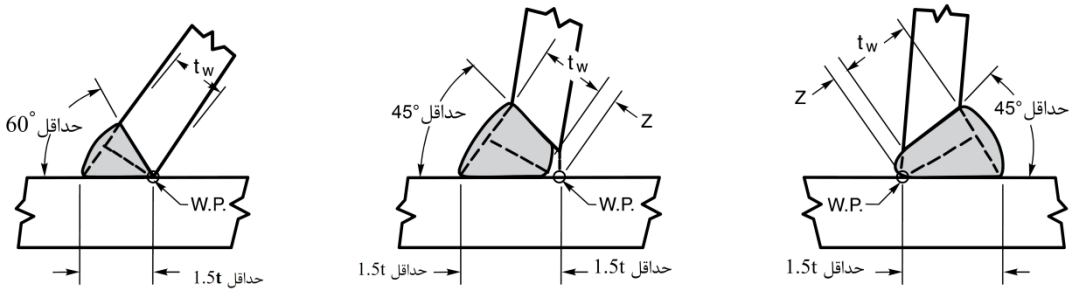






شکل ۱۰-۶ (ادامه) – جزئیات درز پیش تأیید شده برای اتصالات T، Y و K مقاطع لوله‌ای و قوطی با جوش PJP

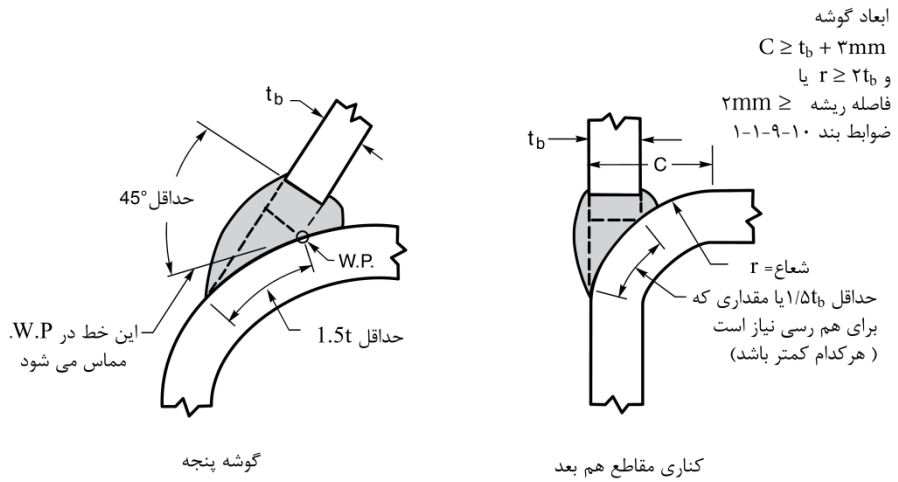
1- Miter cut



$\Psi = 150°–105°$ پنجه

$\Psi = 105°–90°$ پنجه یا پاشنه

$\Psi = 90°–75°$ کناره یا پاشنه



گوشه پنجه

کناری مقاطع هم بعد

یاداشت:

(۱) t: ضخامت مقطع نازکتر

(۲) پخ خوردگی تا تیز شدن لبه، جز در نواحی تبدیل و پاشنه

(۳) فاصله ریشه: 0 تا 5 میلی‌متر

(۴) برای کمتر از ۳۰° پیش تأیید شده نیست.

(۵) بعد جوش (گلویی مؤثر) $t_w \geq t$، افت بعد z مطابق با جدول ۱۰-۵

(۶) مطابق آن چه نشان داده شده، محاسبات برای طول ساق کمتر از 1.5t باید طبق بند ۱۰-۲-۱ انجام شود.

(۷) برای مقاطع قوطی، آماده سازی درز برای تبدیل گوشه باید انتقالی نرم از یک جزئیات به جزئیات دیگر ایجاد کند. در پیرامون گوشه‌ها جوشکاری باید به صورت پیوسته انجام شود. گوشه‌ها باید کاملاً سرهم شده باشند و جوش در وجوه تخت آغاز شده و به پایان برسد.

(۸) برای تعریف زاویه دو وجهی (Ψ)، فصل ۳ ملاحظه شود.

(۹) w.p: نقطه کار[1]

شکل ۱۰-۶ (ادامه) – جزئیات درز پیش تأیید شده برای اتصالات T، Y و K مقاطع لوله‌ای و قوطی با جوش PJP

1 - Work point

۱۰-۱۰- الزامات جوش شیاری با نفوذ کامل (CJP)

۱۰-۱۰-۱- اتصالات لب به لب

برای جوش شیاری با وضعیت پیش تأیید شده در مقاطع قوطی و لوله‌ای، شرایط زیر باید اعمال شود:

(۱) WPS پیش تأیید شده: در جایی که جوشکاری از دو سمت یا جوشکاری از یک سمت همراه با ورق پشت بند از سمت دیگر مقدور باشد، هر WPS و جزئیات شیار که مطابق با فصل ۵ باشد را می‌توان استفاده کرد، به استثنای جوش SAW که تنها برای قطرهای ۶۰۰ میلی‌متر و بزرگتر پیش تأیید شده است. جزئیات اتصال جوش شده باید مطابق فصل ۵ باشد.

(۲) جزئیات اتصال غیر از پیش تأیید شده: هیچ جزئیات پیش تأیید شده‌ای برای جوش CJP در اتصال لب به لب با جوش از یک سمت و بدون ورق پشت بند وجود ندارد (بند ۱۰-۱۴-۲ ملاحظه شود).

۱۰-۱۰-۲- اتصالات لوله‌ای و قوطی T، Y و K

جزئیات جوش های شیاری با نفوذ کامل (CJP) از یک سمت و بدون ورق پشت بند در اتصال لوله‌ای در وضعیت T، Y و Kدر مقاطع لوله‌ای موضوع این بند است. دامنه کاربرد جزئیات الف، ب، پ و ت در شکل‌های ۱۰-۷ و ۱۰-۸ شرح داده شده‌اند و دامنه زوایای دو وجهی (ψ) نظیر این جزئیات در جدول ۱۰-۶ ارائه شده است.

ابعاد درز جوش شامل زوایای شیار در جدول ۱۰-۷ و شکل ۱۰-۹ شرح داده شده است. در هنگام انتخاب نیمرخ جوش (مطابق با دسته‌بندی خستگی مورد استفاده در طراحی) به عنوان تابعی از ضخامت، راهنمایی‌های بند ۱۰-۲-۳-۷ باید در نظر گرفته شود. نیمرخ‌های جوش که ممکن است برای مقاطع ضخیم‌تر نیاز باشد، در شکل ۱۰-۱۰ شرح داده شده‌اند. در غیاب الزامات ویژه خستگی، این نیمرخ ها باید در خصوص عضو فرعی با ضخامت‌های فراتر از ۱۶ میلی‌متر اعمال شود.

نیمرخ‌های جوش بهبود یافته، مطابق الزامات ۱۰-۲-۳-۶ و ۱۰-۲-۳-۷ در شکل ۱۰-۱۱ شرح داده شده‌اند. در غیاب الزامات ویژه خستگی، این نیمرخ‌ها باید برای ضخامت‌های عضو فرعی فراتر از ۳۸ میلی‌متر اعمال شود (برای بارگذاری استاتیکی فشاری لزومی به رعایت این مورد نیست). جزئیات پیش تأیید شده برای جوش‌های شیاری با نفوذ کامل (CJP) در اتصالات T، Y و K با مقطع قوطی در شکل ۱۰-۷ شرح داده شده‌اند. جزئیات فوق مشمول محدودیت‌های بند ۱۰-۱۰-۱ هستند.

ابعاد درز جوش و زاویه پخ نباید خارج از دامنه معرفی شده در جدول ۱۰-۷ و مقادیر نمایش داده شده در شکل ۱۰-۷ و شکل‌های ۱۰-۹ تا ۱۰-۱۱ باشد. فاصله ریشه درزها باید صفر باشد مگر آن که خلاف آن تصریح شده باشد. ممکن است این فاصله غیر صفر یا مقداری مشخص تعیین شده باشد اما در هر صورت نمی‌تواند بیشتر از ۲ میلی‌متر باشد. این فاصله را نمی‌توان کمتر از مقدار مشخص شده نیز در نظر گرفت.

جدول ۱۰-۶

کاربرد جزئیات درز برای جوش CJP پیش تأیید شده در اتصالات T، Y و K در مقاطع لوله و قوطی (بند ۱۰-۱۰-۱۰-۲ و شکل ۱۰-۸)

جزئیات	محدوده زاویه دو وجهی (ψ) قابل اعمال
الف	180° تا 135°
ب	150° تا 50°
پ	75° تا 30°
ت	40° تا 15° - برای شیارهای با زاویه کمتر از 30° پیش تأیید شده نیست.

یادداشت:

۱- جزئیات قابل اعمال درز (الف، ب، پ، ت) برای هر بخش مشخصی از اتصال باید بر اساس زاویه دو وجهی آن بخش (ψ) تعیین شودکه با پیش‌روی در محیط عضو فرعی تغییر می‌کند.

۲- دامنه زاویه و ابعاد ارائه شده برای جزئیات (الف، ب، پ، ت) شامل حداکثر رواداری مجاز می‌شود.

۳- برای تعریف زاویه دو وجهی فصل ۳ ملاحظه شود.

۱۰-۱۰-۲-۱- جزئیات اتصال

جزئیات جوش شیاری با نفوذ کامل (CJP) در اتصالات T، Y و K در بند ۱۰-۱۰-۲ شرح داده شده است. این جزئیات برای جوشکاری SMAW و FCAW پیش تأیید شده می‌باشد. این جزئیات برای جوشکاری GMAW-S که مطابق با بند ۱۰-۱۴-۴-۳ ارزیابی شده باشند، قابل استفاده است.

جدول ۱۰-۷

ابعاد درز و زاویه شیار پیش تأیید شده برای جوش شیاری با نفوذ کامل در اتصالات لوله‌ای و قوطی، با استفاده از فرآیندهای T، Y و K ساخته شده با SMAW، GMAW-S و FCAW

		جزئیات الف $\psi = 180^\circ - 135^\circ$		جزئیات ب $\psi = 150^\circ - 50^\circ$		جزئیات پ $\psi = 75^\circ - 30^\circ$ (الف)	جزئیات ت $\psi = 40^\circ - 15^\circ$ (الف)
آماده‌سازی انتها (ω)	حداکثر			90° (ب)		پانویس ب	
	حداقل			10° یا 45° برای $\psi > 105^\circ$		10°	
مونتاژ یا فاصله ریشه (R)	حداکثر	FCAW-G SMAW (پ)	GMAW-S FCAW-G (ت)	FCAW-G SMAW (پ)	GMAW-S FCAW-G (ت)	پانویس (ث) حداکثر W	ϕ
		5 mm	5 mm	6 mm	6 mm برای $\phi > 45^\circ$ 8 mm برای $\phi \le 45^\circ$	FCAW-S SMAW (1)	(3mm) $25^\circ - 40^\circ$ (5mm) $15^\circ - 25^\circ$
	حداقل	2 mm برای $\phi > 90^\circ$ بدون حداقل	2mm برای $\phi > 120^\circ$ بدون‌حداقل	2 mm	2	GMAW-S FCAW-G (۲)	(3mm) $30^\circ - 40^\circ$ (6mm) $25^\circ - 30^\circ$ (10mm) $20^\circ - 25^\circ$ (12mm) $15^\circ - 20^\circ$
زاویه درز ϕ	حداکثر	90°		60° برای $\psi \le 105^o$		40°، برای مقادیر بیشتر، از جزئیات ب استفاده شود	
	حداقل	45°		$37/5^\circ$، برای مقادیر کمتر، از جزئیات پ استفاده شود.		$1/2\Psi$	
جوش تکمیل شده t_w		$\ge t_b$		بزرگتر یا مساوی t_b برای Ψ بزرگتر از 90°، بزرگتر یا مساوی $\frac{t_b}{\sin\psi}$ برای Ψ کوچکتر از 90°		بزرگتر یا مساوی $\frac{t_b}{\sin\psi}$، اما نیازی نیست بیشتر از $1/75\ t_b$ باشد.	
L		بزرگتر یا مساوی $\frac{t_b}{\sin\psi}$، اما نیازی نیست بزرگتر از $1/75\ t_b$ باشد.				می توان جوش را برای این شرط ساخت	$\ge 2t_b$

الف) برای زاویه شیار (ϕ) کمتر از 30° پیش تأیید شده نیست.

ب) یا مقدار دیگری که برای تأمین (ϕ) مورد نیاز ضروری باشد.

پ) این جزئیات ریشه به جوشکاری SMAW و FCAW-S اعمال شود.

ت) این جزئیات ریشه به جوشکاری GAMW-S و FCAW-G اعمال می‌شود.

ث) تا زمانی که عرض شیار (W) برای حصول اطمینان از جوش با کیفیت، به مقدار کافی برسد، عبورهای اولیه جوش پشتیبان در شمارش لحاظ نمی‌شوند.

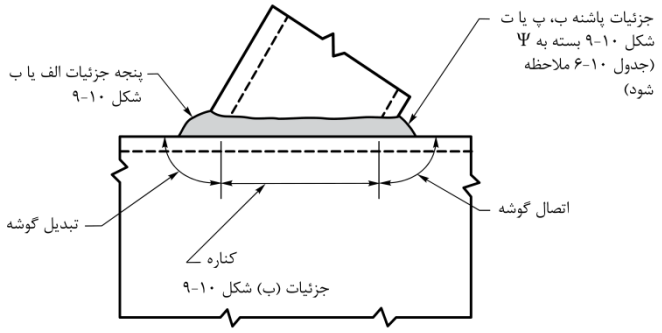
یادداشت:

۱) برای جوشکاری GMAW بند ۱۰-۱۴-۴-۳ ملاحظه شود. این جزئیات برای جوشکاری GMAW به کار نمی‌رود.

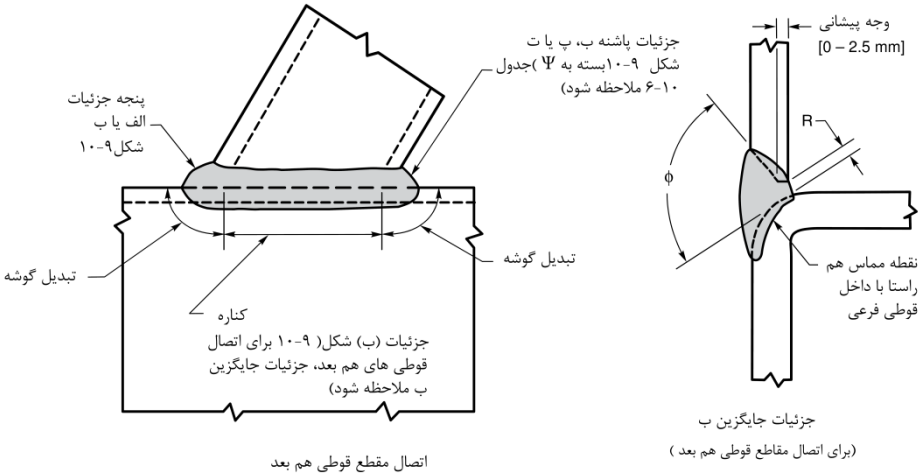
۲) شکل ۱۰-۹ برای حداقل نیمرخ استاندارد ملاحظه شود (ضخامت محدود شده).

۳) شکل ۱۰-۱۰ برای نیمرخ جوش گوشه- پنجه جایگزین ملاحظه شود.

۴) شکل ۱۰-۱۱ برای نیمرخ بهبود یافته ملاحظه شود (بندهای ۱۰-۲-۳-۶ و ۱۰-۲-۳-۷).



اتصال مقطع قوطی ناهم بعد



اتصال مقطع قوطی هم بعد

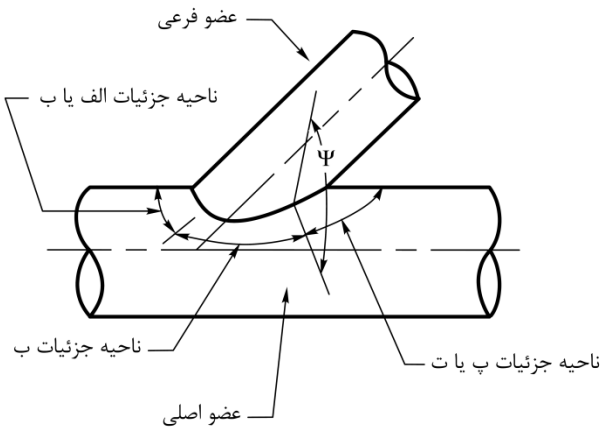
یادداشت:

۱- جزئیات الف، ب، پ و ت مطابق شکل ۱۰-۹ هستند و همه یادداشت های جدول ۱۰-۷ این جا اعمال می‌شود.

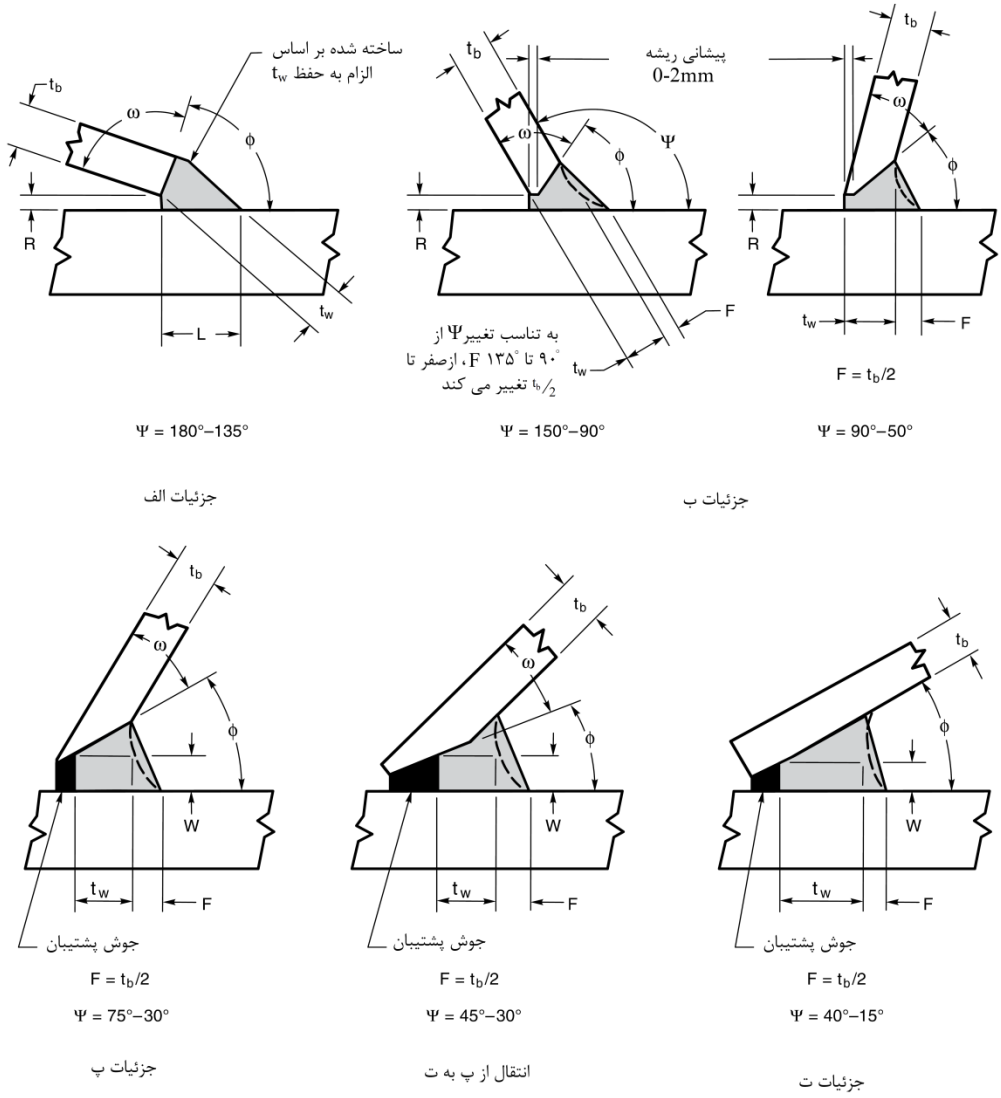
۲- آماده‌سازی درز برای تبدیل گوشه باید انتقالی نرم از یک جزئیات به جزئیات دیگر ایجاد کند. در پیرامون گوشه‌ها، جوشکاری باید به صورت پیوسته انجام شود. گوشه‌ها باید کاملاً سرهم بندی شده باشند و جوش در وجوه تخت آغاز شده و به پایان برسد.

۳- ارجاعات به شکل ۱۰-۹ شامل شکل‌های ۱۰-۱۰ و ۱۰-۱۱ برای جزئیات مناسب هر ضخامت (بند ۱۰-۲-۳-۷ ملاحظه شود).

شکل ۱۰-۷- جزئیات درز پیش تأیید شده برای اتصالات لوله‌ای و قوطی T، Y و K با جوش CJP



شکل ۱۰-۸- تعاریف و جزئیات انتخابی برای اتصالات لوله‌ای و قوطی T، Y و K با جوش CJP (جدول ۱۰-۶ ملاحظه شود)



یادداشت:

(۱) برای ابعاد t_w، L، R، W، ω و ϕ جدول ۱۰-۷ ملاحظه شود.

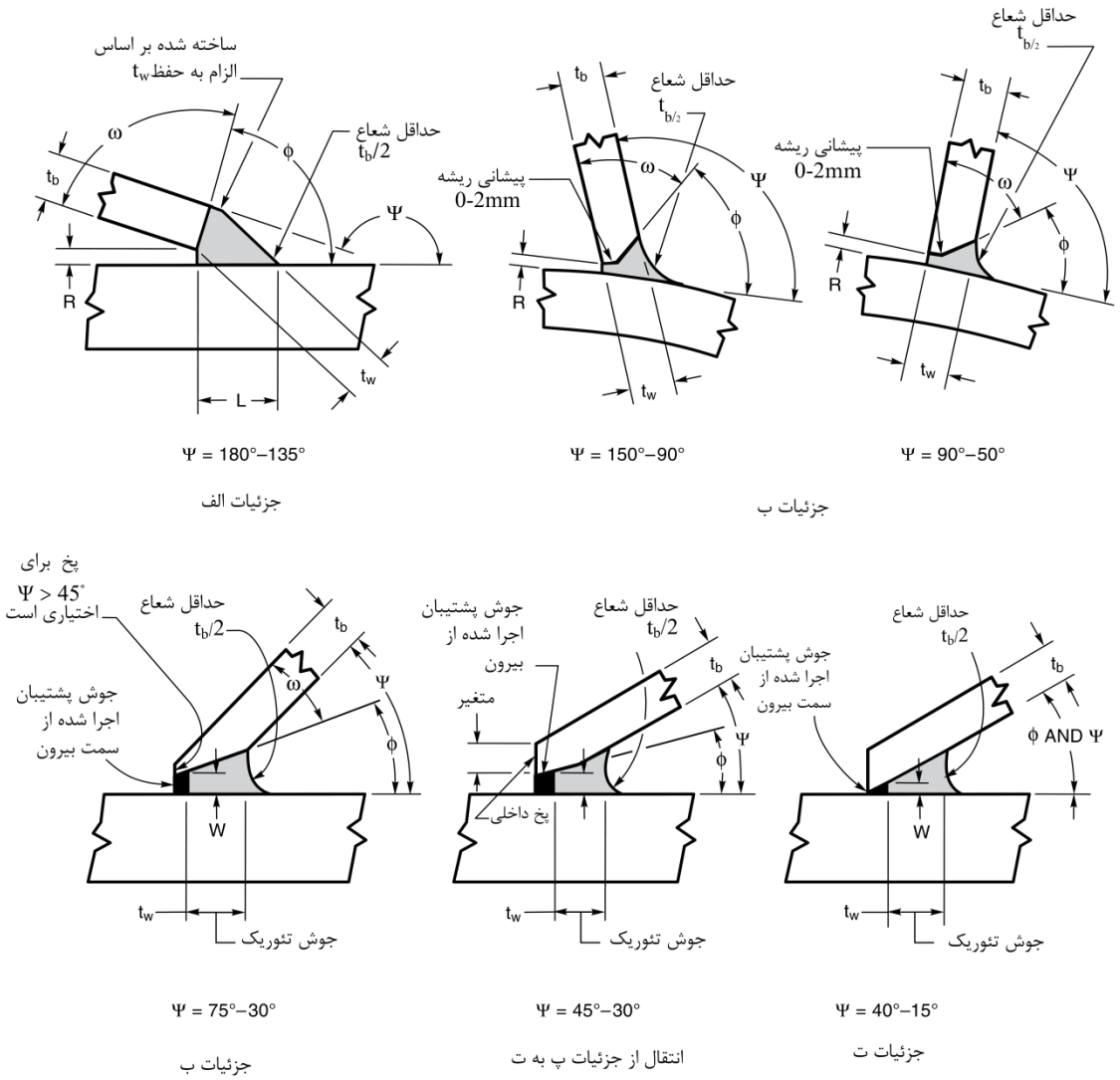
(۲) حداقل نیمرخ جوش تخت استاندارد باید مطابق شکل نشان داده شده با خط ممتد باشد.

(۳) نیمرخ مقعر نشان داده شده با خط چین نیز قابل اعمال است.

(۴) تحدب، هم‌پوشانی و غیره باید بر اساس محدودیت‌های بند ۷- ۲۳ باشد.

(۵) ضخامت عضو فرعی (t_b) باید بر اساس محدودیت های بند ۱-۲-۲-۷ باشد.

شکل ۱۰-۹- جزئیات درز جوش شیاری CJP پیش تأیید شده در اتصالات لوله‌ای و قوطی T، Y و K- نیمرخ‌های تخت استاندارد برای ضخامت‌های محدود



یادداشت:

(۱) ترسیمات، نمایش دهنده نیمرخ های استاندارد جایگزین با پخ پنجه هستند.

(۲) برای دامنه قابل اعمال t_b، بند ۱۰-۲-۳-۷ ملاحظه شود.

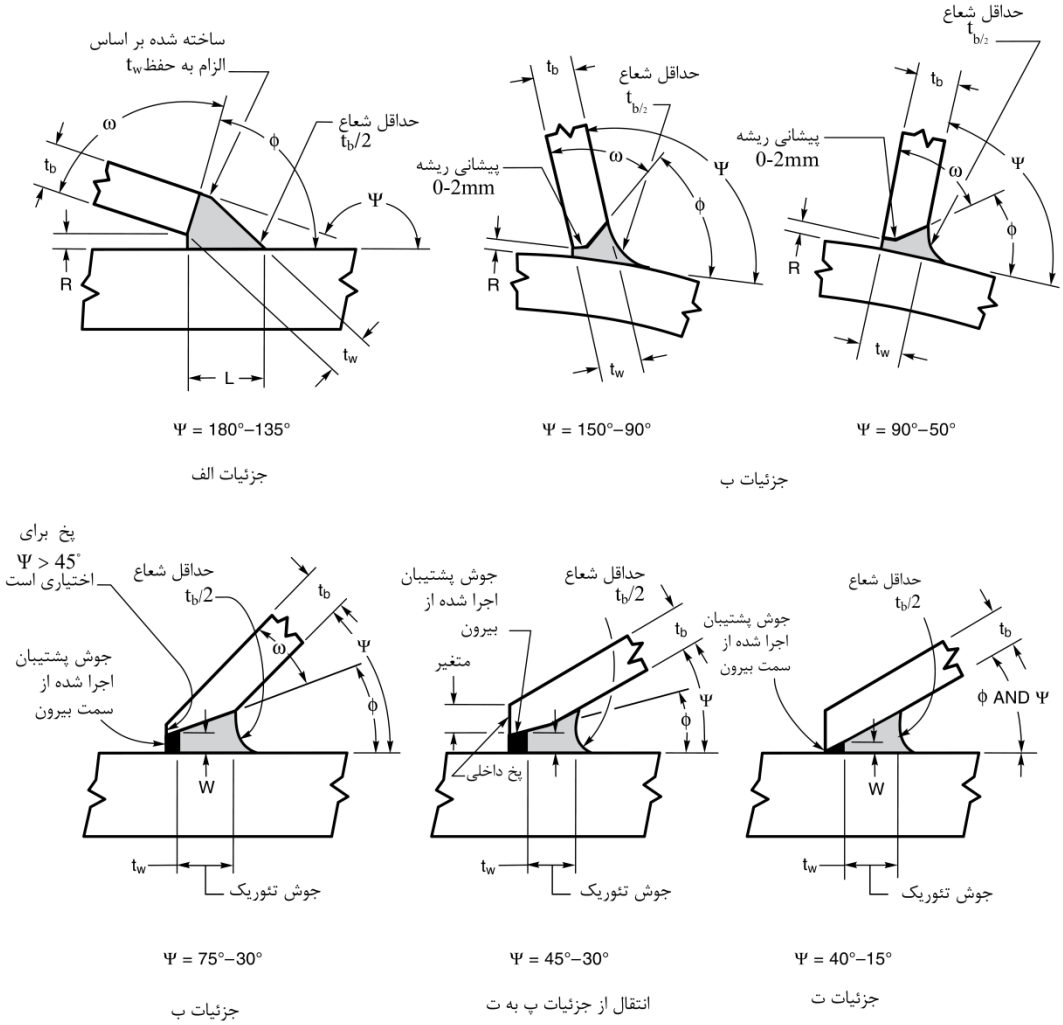
(۳) حداقل بعد جوش گوشه $F = t_b/2$ هم مشمول محدودیت جدول ۷-۷ می‌شود.

(۴) برای ابعاد t_w، L، R، W، ω و ϕ جدول ۱۰-۷ ملاحظه شود.

(۵) تحدب و هم پوشانی بر اساس محدودیت‌های ۷-۲۳ باشد.

(۶) نیمرخ‌های دارای تقعر نمایش داده شده با خط چین نیز قابل قبول هستند.

شکل ۱۰-۱۰- جزئیات درز جوش شیاری CJP پیش تأیید شده در اتصالات لوله‌ای و قوطی T، Y و K – نیمرخ های با پخ پنجه برای ضخامت‌های متوسط



یادداشت:

(۱) ترسیمات نیمرخ‌های جوش بهبود یافته برای بند ۱۰-۲-۳-۶ (۱) به صورت فلز تمام جوش و بند ۱۰-۲-۳-۶ (۲) برای حالت کاملاً سنگ خورده

(۲) برای مقاطع سنگین یا موارد خستگی بحرانی مطابق آن چه در بند ۱۰-۲-۳-۷ ذکر شده است.

(۳) برای ابعاد t_w، L، R، W، ω و ϕ جدول ۱۰-۷ ملاحظه شود.

شکل ۱۰-۱۱- جزئیات درز جوش شیاری CJP پیش‌تأیید شده در اتصالات لوله‌ای و قوطی T، Y و K – نیمرخ های مقعر بهبود یافته برای مقاطع سنگین یا خستگی

قسمت پ: ارزیابی دستورالعمل جوشکاری

۱۰-۱۱- الزامات عمومی برای ارزیابی عملکرد جوشکاران و دستورالعمل جوشکاری

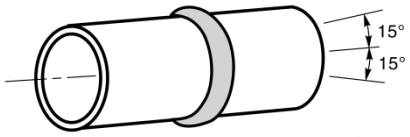
۱۰-۱۱-۱- وضعیت جوش‌ها

همه جوش‌ها مطابق تعریف شکل‌های ۶-۱ و ۶-۲ باید به عنوان تخت (F)، افقی (H)، عمودی (V) و سقفی (OH) تقسیم شوند.

۱۰-۱۲- ارزیابی وضعیت جوش ساخت[1] مقطع لوله‌ای و قوطی

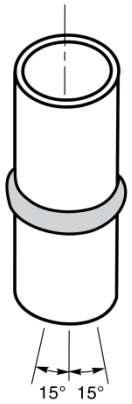
ارزیابی جوش ساخت مقطع لوله‌ای و قوطی که با آزمون قوطی یا لوله انجام شود باید منطبق بر الزامات جدول ۱۰-۸ باشد. ارزیابی وضعیت جوش ساخت مقطع لوله‌ای و قوطی که با آزمون ورق انجام می‌شود باید مطابق الزامات فصل ۶ و جدول ۶-۱ باشد.

1- Production weld

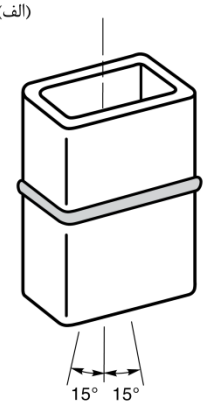


لوله افقی و مدور جوش.
تخت (°15±)
رسوب فلز پر کننده در بالا
یا نزدیک آن

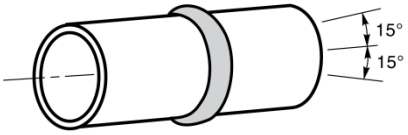
(الف) وضعیت 1G چرخانده شده آزمون جوشکاری تخت

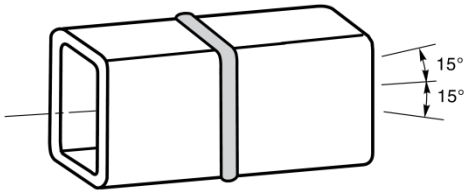


لوله یا قوطی عمودی و بدون
چرخاندن در زمان جوشکاری
جوش عمودی (°15±)



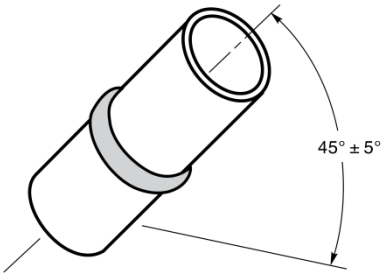
(ب) وضعیت 2G آزمون جوشکاری





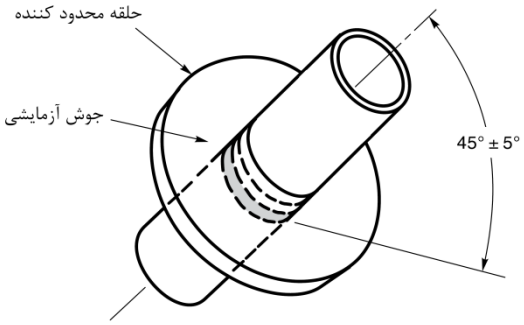
لوله و قوطی افقی ثابت شده (°15±) و بدون دوران در زمان جوشکاری، جوشکاری
تخت، قائم و سقفی

(پ) وضعیت 5G آزمون جوشکاری چندگانه



شیب لوله ثابت (°5±45) و بدون دوران در زمان جوشکاری

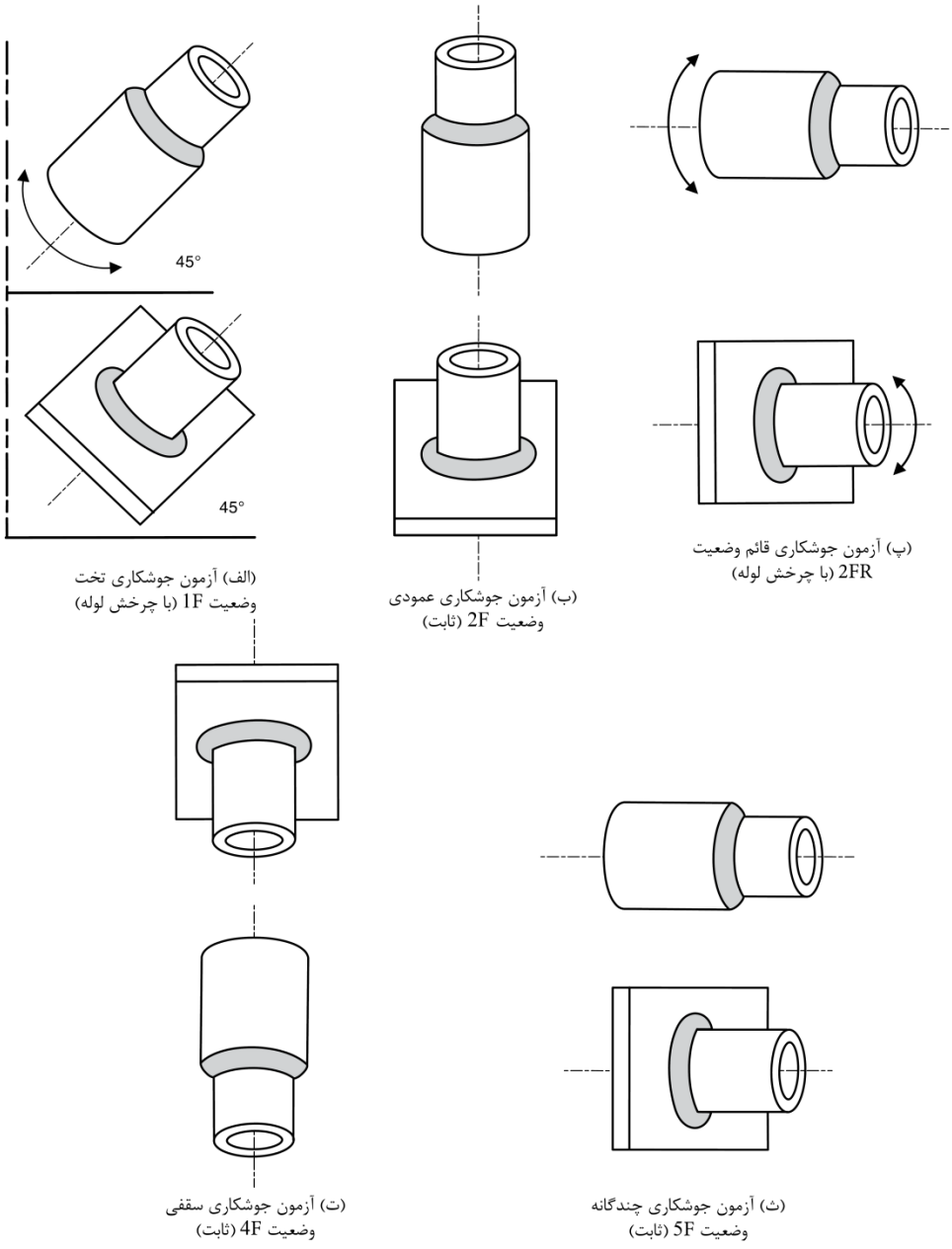
(ت) وضعیت 6G آزمون جوشکاری چندگانه



(ث) وضعیت 6GR با حلقه محدود کننده، آزمون جوشکاری چندگانه
(اتصالات Y، T و K)

شکل ۱۰-۱۲ وضعیت‌های لوله یا قوطی آزمون برای جوش‌های شیار

1 - Restriction ring



شکل ۱۰-۱۳- وضعیت های لوله یا قوطی آزمون برای جوش‌های گوشه

جدول ۱۰-۸

ارزیابی جوشکار و اپراتور جوش –وضعیت‌های جوش‌های ساخت ارزیابی شده با آزمون‌های ورق، لوله و قوطی														
جوشکاری ساخت قوطی ارزیابی شده				جوش ساخت لوله ارزیابی شده						جوش ساخت ورق ارزیابی شده			آزمون ارزیابی	
گوشه (الف)	اتصالات T، Y و K		درز لب به لب		گوشه (الف)	اتصالات T، Y و K		درز لب به لب		گوشه (الف)	PJP شیاری	CJP شیاری	وضعیت آزمون	نوع جوش
	PJP	CJP	PJP	CJP		PJP	CJP	PJP	CJP					
F	F		F	F(ب)	F	F		F	F(ب)	F	F	F	1G دوران یافته	شیاری
F,H	F,H		F,H	F,H(ب)	F,H	F,H		F,H	F,H(ب)	F,H	F,H	F,H	2G	
F,V,OH	F,V,OH		F,V,OH	(ب) F,V,OH	F,V,OH	F,V,OH		F,V,OH	(ب) F,V,OH	F,V,OH	F,V,OH	F,V,OH	5G	
همه	همه (ت و چ)	همه (ث)	همه	همه (ب)	همه	همه	همه (ب)	همه	همه (ب)	همه	همه	همه	(2G+5G)	
همه	همه (ت و چ)		همه	همه (ب)	همه	همه		همه	همه (ب)	همه	همه	همه	6G	
همه	همه	همه (ث)	همه	همه (ب)	همه	همه	همه (ب)	همه	همه (ب)	همه	همه	همه (چ)	6GR	
F F,H F, H F, H, OH همه					F F,H F, H F, H, OH همه					F F,H F, H F, H, OH همه			1F دوران یافته 2F 2F دوران یافته 4F 5F	گوشه

الف) جوش گوشه ساخت در اتصالات T، Y و K باید منطبق با شکل ۱۰-۵ باشد. ارزیابی WPS باید مطابق با بند۱۰-۱۵ باشد.
ب) جزئیات درز لب‌به‌لب ساخت بدون ورق پشت بند یا سنگ‌زنی از پشت نیاز به آزمون ارزیابی جزئیات درز نمایش داده شده در شکل۱۰-۱۸ (الف) دارد.
پ) برای درزهای ساخت CJP اتصالات T، Y و K که منطبق بر هر یک از بندهای۱۰-۹، ۱۰-۱۰ یا ۱۰-۱۱ و جدول ۱۰-۷ باشد، از جزئیات شکل ۱۰-۲۰ برای آزمون استفاده شود. برای دیگر درزهای ساخت بند ۱۰-۱۴-۴-۱ ملاحظه شود.
ت) برای درزهای ساخت CJP اتصالات T، Y و K که منطبق بر شکل ۱۰-۶ باشند، از جزئیات شکل ۱۰-۱۸ (الف) و یا ۱۰-۱۸ (ب) برای آزمون استفاده شود.
ث) برای درزهای ساخت CJP اتصالات T، Y و K که منطبق بر شکل ۱۰-۷ و جدول ۱۰-۷ باشند، از شکل‌های۱۰-۲۰ و ۱۰-۲۲ برای جزئیات آزمون استفاده شود یا به جای آن، اتصال شکل ۱۰-۲۰ مورد آزمون قرار گرفته و نمونه‌های حک‌کاری ماکرو از موقعیت‌های گوشه نمایش داده شده در شکل ۱۰-۲۲ بریده شود. برای درزهای ساخت دیگر، بند ۱۰-۱۴-۴-۱ ملاحظه شود.
ج) برای اتصالات مقاطع قوطی هم بعد که شعاع گردی گوشه آن کمتر از دو برابر ضخامت عضو فرعی می‌باشد، بند ۱۰-۹-۱-۱ ملاحظه شود.
چ) محدود به جزئیات درز پیش تأیید شده (بند ۱۰-۹ یا ۱۰-۱۰ ملاحظه شود)

۱۰-۱۳- انواع آزمون‌های ارزیابی، روش‌های آزمون و معیارهای پذیرش ارزیابی WPS

نوع و تعداد آزمون‌های ارزیابی لازم برای پذیرش WPS در یک ضخامت یا قطر مفروض یا هر دو، برای جوش‌های شیاری با نفوذ کامل باید مطابق جدول ۱۰-۹، برای جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی باید مطابق جدول ۱۰-۱۰ و برای جوش‌های گوشه باید مطابق جدول ۱۰-۱۱ باشد. جزئیات در خصوص آزمون‌های مکانیکی و ضوابط آزمایش‌های غیرمخرب (NDT) در جدول ۶-۵ ارائه شده است.

جدول ۱۰-۹

ارزیابی WPS – جوش شیاری CJP: تعداد و نوع نمونه‌های آزمایشی و دامنه ضخامت و قطر ارزیابی شده									
آزمون روی لوله و قوطی (الف و ب)									
ضخامت اسمی ورق یا دیواره لوله یا قوطی ارزیابی شده (mm)		قطر اسمی لوله (ث) یا بعد قوطی ارزیابی شده (mm)	تعداد نمونه ها				ضخامت اسمی جدار (T) (mm)	قطر و بعد اسمی لوله (mm)	
حداکثر	حداقل		خمش جانبی (شکل ۶-۹ ملاحظه شود.)	خمش رویه (شکل ۶-۸ ملاحظه شود)	خمش ریشه (شکل ۶-۸ ملاحظه شود.)	کشش مقطع کاهش یافته (شکل ۶-۱۰ ملاحظه شود.)			
2T	3	قطر نمونه آزمایشی و بیشتر	پانویس ج	2	2	2	$3 \le T \le 10$	< 600	لوله‌های آزمایش با ابعاد غیراستاندارد
2T	T/2	قطر نمونه آزمایشی و بیشتر	4			2	$10 < T < 20$		
نامحدود	10	قطر نمونه آزمایشی و بیشتر	4			2	$T \ge 20$		
2T	3	قطر نمونه آزمایشی و بیشتر	پانویس ج	2	2	2	$3 \le T \le 10$	≥ 600	
2T	T/2	۶۰۰ و بیشتر	4			2	$10 < T < 20$		
نامحدود	10	۶۰۰ و بیشتر	4			2	$T \ge 20$		
20	3	۲۰ تا ۱۰۰		2	2	2	DN 50 × 5.5mm WT یا DN 80 × 5.5mm WT		لوله آزمایشی استاندارد
نامحدود	5	۱۰۰ و بیشتر	4			2	DN 150 × 14.3mm WT یا DN200 × 12.7 mm WT		

الف) همه جوش‌های لوله یا قوطی باید بازرسی چشمی شوند (بند ۶-۱۰-۱) و تحت آزمایش‌های غیرمخرب (NDT) قرار گیرند (بند ۶-۱۰-۲)

ب) برای جزئیات شیار، در اتصالات لب به لب لوله و قوطی و درزهای اتصالات T، Y و K پیش تأیید شده جدول ۱۰-۸ ملاحظه شود.

پ) برای جوش‌های با شیار مستطیلی که بدون سنگ‌زنی پشت ارزیابی شده اند، حداکثر ضخامت ارزیابی شده باید به ضخامت آزمایش شده محدود شود.

ت) ارزیابی جوش شیاری CJP روی هر ضخامت یا قطری، هر بعد جوش گوشه یا جوش شیاری با هر ضخامت یا قطری را ارزیابی می‌کند. (بند ۶-۱۲-۳ ملاحظه شود)

ث) ارزیابی با هر قطر لوله، همه مقاطع قوطی با هر عرض و عمقی را ارزیابی می کند.

ج) برای ضخامت جدار ۱۰ میلی‌متر، یک آزمون خمش جانبی می‌تواند جایگزین هر یک از آزمون‌های خمش رویه و خمش ریشه شود.

جدول ۱۰-۱۰

ارزیابی **WPS**- جوش شیاری **PJP**: تعداد و نوع نمونه‌های آزمایشی و دامنه ضخامت ارزیابی شده								
دامنه‌های ارزیابی (پ و ت)			تعداد نمونه‌ها (الف و ب)					عمق شیار آزمایشی T، (mm)
ضخامت اسمی لوله و قوطی (mm)		عمق شیار	خمش جانبی (شکل ۶-۹ ملاحظه شود)	خمش رویه (شکل ۶-۸ ملاحظه شود)	خمش ریشه (شکل ۶-۸ ملاحظه شود)	کشش مقطع کاهش یافته (شکل ۶-۱۰ ملاحظه شود)	حک‌کاری ماکرو برای بعد جوش (s) ۶-۱۲-۳	
حداکثر	حداقل							
2T	3	D		2	2	2	3	$3 \le T \le 10$
نامحدود	3	D	4			2	3	$10 < T \le 25$

الف) برای هر وضعیت جوش، یک لوله یا قوطی نیاز است (شکل ۱۰-۱۸ ملاحظه شود). از جزئیات PJP ساخت برای ارزیابی استفاده شود. تمامی لوله ها و قوطی‌ها باید بازرسی چشمی شوند. (بند ۶-۱۰-۱ ملاحظه شود)

ب) اگر قرار است از جوش PJP نیم جناغی یا نیم لاله‌ای برای اتصالات سپری، نیم جناغی دو طرفه یا نیم لاله‌ای دو طرفه برای اتصالات گوشه استفاده شود، درز لب به لب باید یک ورق محدود کننده موقتی در صفحه وجه مستطیلی داشته باشد تا پیکربندی اتصال سپری شبیه سازی شود.

پ) الزامات ارزیابی قطر لوله در جدول ۱۰-۹ ملاحظه شود.

ت) هر ارزیابی PJP، تمامی جوش‌های گوشه با هر بعد و ضخامتی را ارزیابی می‌کند.

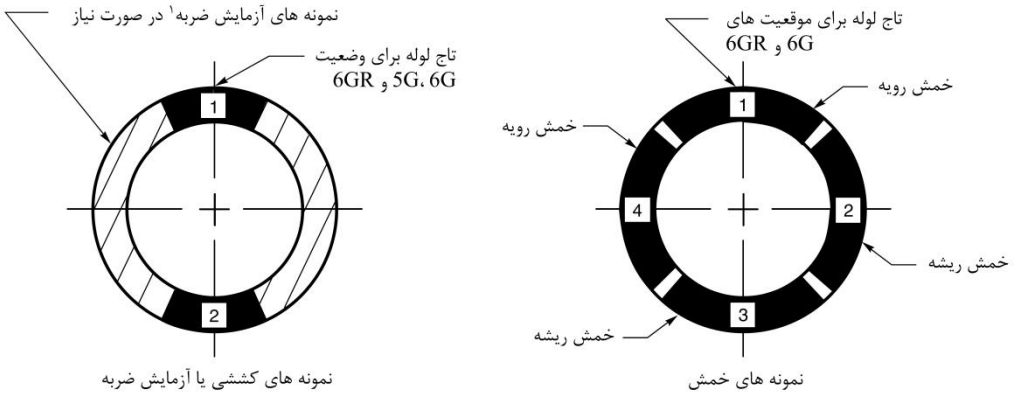
جدول ۱۰-۱۱

ارزیابی **WPS**- جوش گوشه: تعداد و نوع نمونه‌های آزمایشی و دامنه ضخامت ارزیابی شده							
نمونه آزمایشی	بعد گوشه	تعداد جوش‌ها برای هر WPS	نمونه‌های آزمایشی مورد نیاز (الف)			ابعاد ارزیابی شده	
			حک‌کاری ماکرو ۶-۱۳-۱ و ۶-۱۰-۴	کشش فلز مصالح جوش (شکل ۶-۱۴ ملاحظه شود)	خمش جانبی (شکل ۶-۱۹)	ضخامت لوله (ب)	بعد جوش گوشه
آزمایش سپری (T) لوله (پ) (شکل ۱۰-۱۶)	تک عبور با حداکثر بعد مورد استفاده در ساخت	یکی در هر وضعیت جوش مورد استفاده (جدول ۱۰-۸ ملاحظه شود.)	۳ وجه (جز برای 4F و 5F که ۴ وجه نیاز است)			نامحدود	حداکثر بعد تک عبور آزمایش شده و کوچکتر
	چند عبور با حداقل بعد مورد استفاده در ساخت	یکی در هر وضعیت جوش مورد استفاده (جدول ۱۰-۸ ملاحظه شود)	۳ وجه (جز برای 4F و 5F که ۴ وجه نیاز است.)			نامحدود	حداقل بعد چند عبور آزمایش شده و بزرگتر

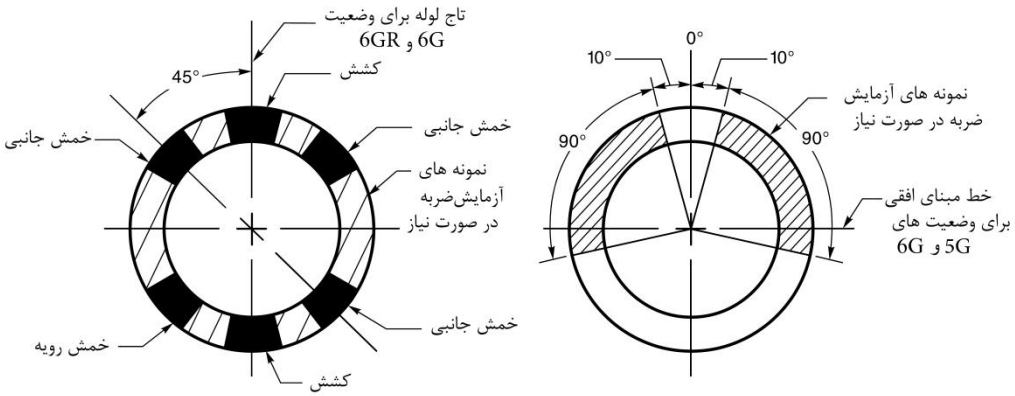
الف) همه لوله‌های جوش شده آزمایشی باید طبق بند ۶-۱۰-۱ بازرسی چشمی شوند.

ب) حداقل بعد ارزیابی شده باید ۳ میلی‌متر باشد.

پ) برای ارزیابی قطر لوله جدول ۱۰-۹ ملاحظه شود.



جزئیات الف- قطر داخلی لوله ۵۰ یا ۷۵ میلی متر

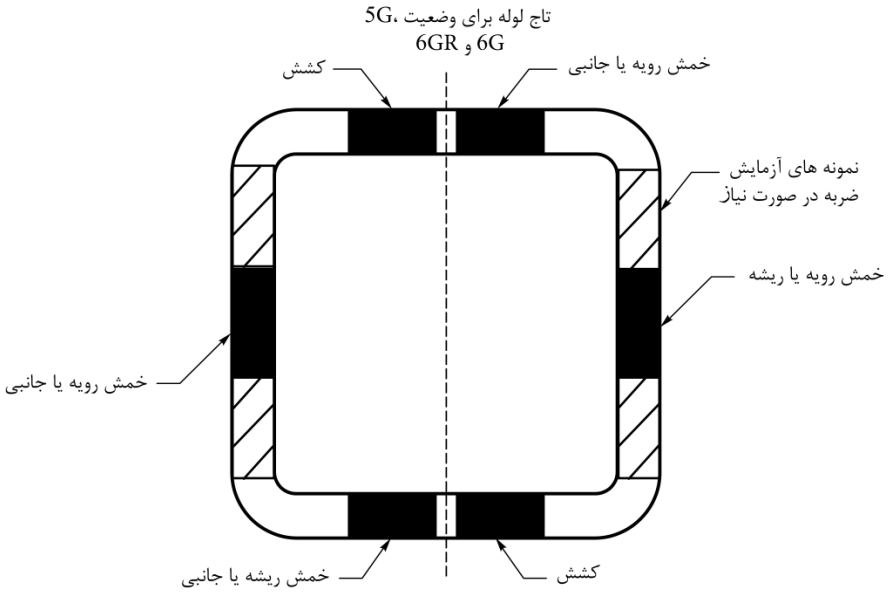


یادداشت:

در صورت درج آزمایش ضربه در اسناد پیمان یا آیین نامه طراحی، ممکن است به لوله‌ها یا قوطی‌های آزمایشی مضاعف یا لوله های با ابعاد غیر از اندازه استاندارد بزرگتر نیاز باشد.

شکل ۱۰-۱۴- محل نمونه‌های آزمایشی روی لوله‌های آزمایشی جوش شده – ارزیابی WPS

1 - CVN test (به منظور طاقت شیاری)



شکل ۱۰-۱۵- محل نمونه‌های آزمایشی روی قوطی آزمایشی جوش شده – ارزیابی WPS

۱۰-۱۴- جوش شیاری با نفوذ کامل در اتصالات لوله‌ای و قوطی

جوش‌های شیاری با نفوذ کامل به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

(۱) جوش شیاری CJP لب به لب با ورق پشت بند یا سنگ زنی و جوش مجدد از پشت (بند ۱۰-۱۴-۱)

(۲) جوش شیاری CJP لب به لب بدون ورق پشت بند که تنها از یک سمت جوش شده باشد. (بند ۱۰-۱۴-۲)

(۳) اتصالات T، Y و K با ورق پشت بند یا سنگ زنی و جوش مجدد از پشت (بند ۱۰-۱۴-۳)

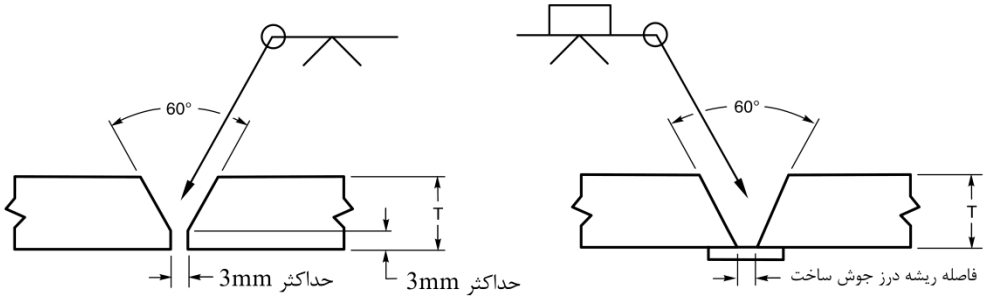
(۴) اتصالات T، Y و K بدون ورق پشت بند که تنها از یک سمت جوش شده باشد (بند ۱۰-۱۴-۴)

۱۰-۱۴-۱- جوش شیاری CJP لب به لب با ورق پشت بند یا سنگ زنی و جوش مجدد از پشت

دستورالعمل WPS با ورق پشت بند یا سنگ زنی و جوش مجدد از پشت باید بر اساس جزئیات نمایش داده شده در شکل ۱۰-۱۸- الف (با سنگ زنی و جوش مجدد از پشت) یا شکل ۱۰-۱۸-ب (با پشت بند) ارزیابی شود.

۱۰-۱۴-۲- جوش شیاری CJP بدون ورق پشت بند که تنها از یک سمت جوش شده باشد

دستورالعمل WPS بدون ورق پشت بند که جوشکاری تنها از یک سمت انجام شده باشد باید بر اساس جزئیات اتصال نشان داده شده در شکل ۱۰-۱۸-الف ارزیابی شود.



(الف) ارزیابی جوشکار بدون ورق پشت بند (ب) ارزیابی جوشکار با ورق پشت بند

یادداشت: = Tضخامت دیواره لوله ای قوطی مورد آزمون

شکل ۱۰-۱۸- درز لب به لب لوله یا قوطی – ارزیابی WPS با و بدون ورق پشت بند

۱۰-۱۴-۳- اتصالات T، Y و K با ورق پشت بند یا با سنگ زنی و جوش مجدد از پشت

دستورالعمل WPS اتصالات لوله و قوطی T، Y و K با ورق پشت بند یا سنگ‌زنی و جوش مجدد از پشت باید بر اساس موارد زیر باشد:

(۱) قطر اسمی لوله (OD) مناسب انتخاب شده از جدول ۱۰-۹ و

(۲) جزئیات درز اتصال شکل ۱۰-۱۸- ب یا

(۳) برای قطر اسمی لوله (OD) مساوی یا بزرگتر از ۶۰۰ mm، آزمایش ارزیابی ورق مطابق با بند ۱۰-۶ با استفاده از جزئیات درز اتصال شکل ۱۰-۱۸-ب

۱۰-۱۴-۴- اتصالات T، Y و K بدون ورق پشت بند که تنها از یک سمت جوش شده باشند

در صورتی WPS اتصالات T، Y و K بدون ورق پشت بند که تنها از یک سمت جوش شده، نیازمند ارزیابی باشد؛ موارد زیر الزامی است:

۱۰-۱۴-۴-۱- WPSهای بدون وضعیت پیش تأیید شده

برای WPS که متغیرهای اصلی آن خارج از دامنه پیش تأیید شده باشد، ارزیابی جوش شیاری لوله و قوطی با نفوذ کامل ملزم به رعایت موارد زیر است:

(۱) برای لوله با قطر خارجی بزرگتر یا مساوی ۱۰۰ میلی‌متر، ارزیابی مطابق شکل ۱۰-۲۰ و برای مقاطع قوطی، مطابق شکل ۱۰-۲۲ انجام شود. برای لوله با قطر خارجی کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر ارزیابی مطابق شکل ۱۰-۲۱ و برای مقاطع قوطی، مطابق شکل ۱۰-۲۲ انجام شود.

(۲) یک درز جوش نمونه یا نمونه لوله یا قوطی: برای درز جوش نمونه یا نمونه لوله یا قوطی در هر یک از شرایط زیر باید حداقل یک آزمون حک‌کاری ماکرو مقطع انجام شود:

الف) شیار با ترکیب بیشترین عمق شیار و کمترین زاویه پخ یا ترکیب شیارهای مورد استفاده دیگر: آزمایش در وضعیت جوش قائم

ب) کمترین فاصله ریشه همراه با زاویه پخ $37/5^{\circ}$: یک آزمایش جوش در وضعیت تخت و یک آزمایش جوش در وضعیت سقفی.

پ) بیشترین فاصله ریشه همراه با زاویه پخ $37/5^{\circ}$: یک آزمایش جوش در وضعیت تخت و یک آزمایش جوش در وضعیت سقفی

ت) فقط برای اتصالات قوطی سرهم شده، ترکیب کمترین زاویه شیار، ابعاد و شعاع گوشه: یک آزمایش در وضعیت افقی

(۳) نمونه‌های حک‌کاری ماکرو لازم در بندهای ۱ و ۲ فوق باید برای وجود ناپیوستگی‌ها بررسی شده و واجد شرایط زیر باشند:

الف) عدم وجود ترک

ب) ذوب کامل بین لایه‌های فلز جوش و بین فلز جوش و فلز پایه

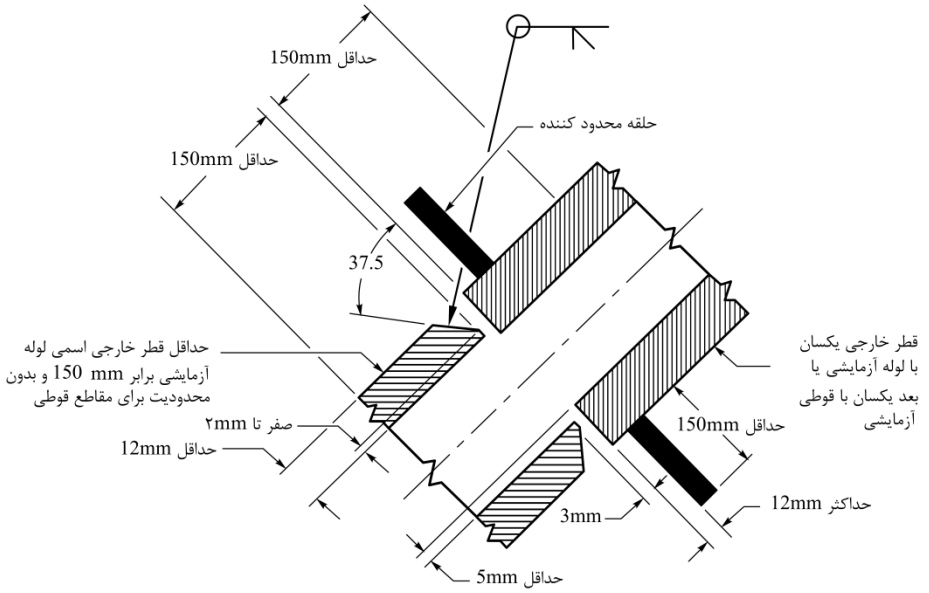
پ) جزئیات جوش منطبق بر جزئیات مشخص شده اما بدون تغییرات منع شده در بند ۷-۲۳

ت) عدم وجود بریدگی لبه‌های جوش فراتر از مقادیر مجاز بند ۸-۹

ث) برای تخلخل به اندازه ۱ میلی‌متر یا بزرگتر، مجموع تخلخل‌ها نباید بیش از ۶ میلی‌متر شود.

ج) بدون وجود سرباره[1] تجمیع شده که مجموع بزرگترین ابعاد سرباره جوش باقی‌مانده نباید بیش از ۶ میلی‌متر باشد.

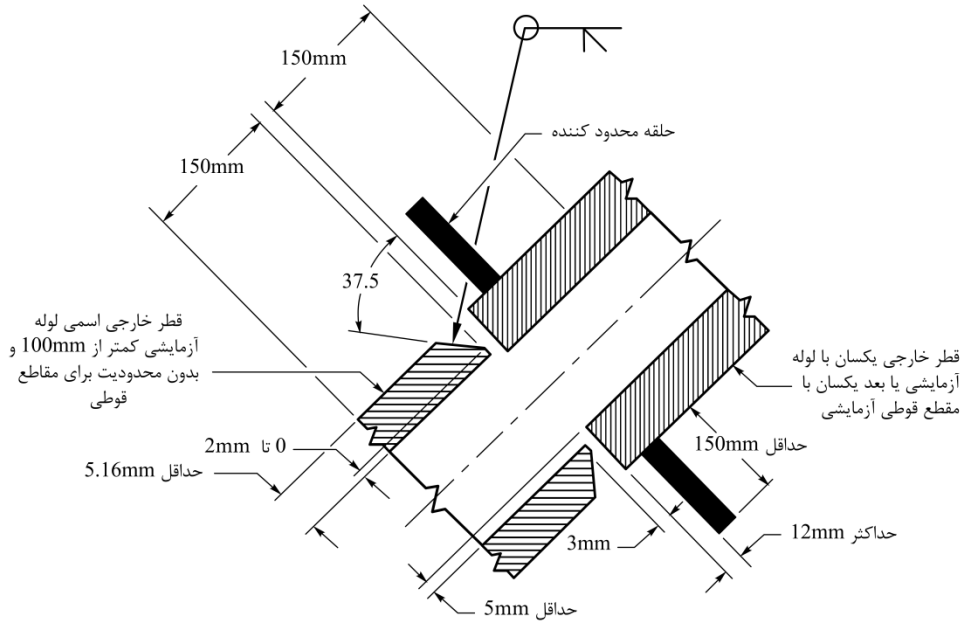
نمونه‌های نامنطبق بر موارد الف تا ج باید غیر قابل قبول تلقی شوند. موارد ب تا ج شامل جوش‌های پشتیبان[2] نمی‌شود.



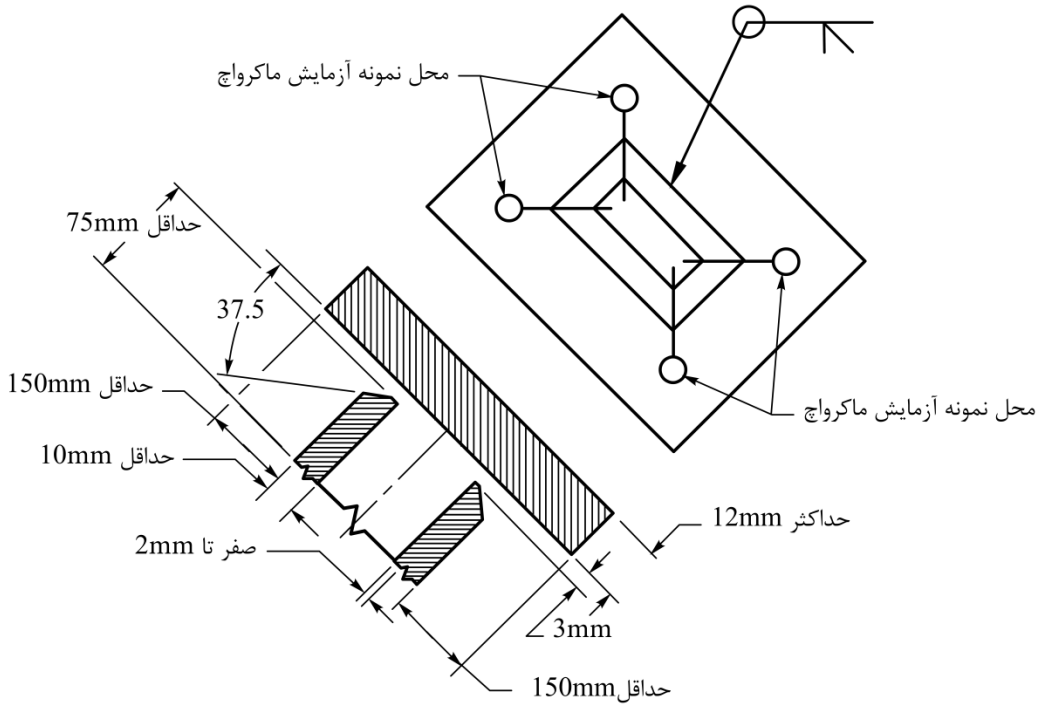
شکل ۱۰-۲۰- درز آزمایشی برای اتصالات T، Y و K بدون ورق پشت بند در مقاطع لوله‌ای یا قوطی (با قطر خارجی بزرگتر یا مساوی

1 - Slag
2 - Back Up Weld

۱۵۰mm) – ارزیابی جوشکار و WPS



شکل ۱۰-۲۱- درز آزمایشی برای اتصالات T، Y و K بدون ورق پشت بند در مقاطع لوله‌ای و قوطی (با قطر خارجی کمتر از ۱۰۰mm) – ارزیابی جوشکار و WPS

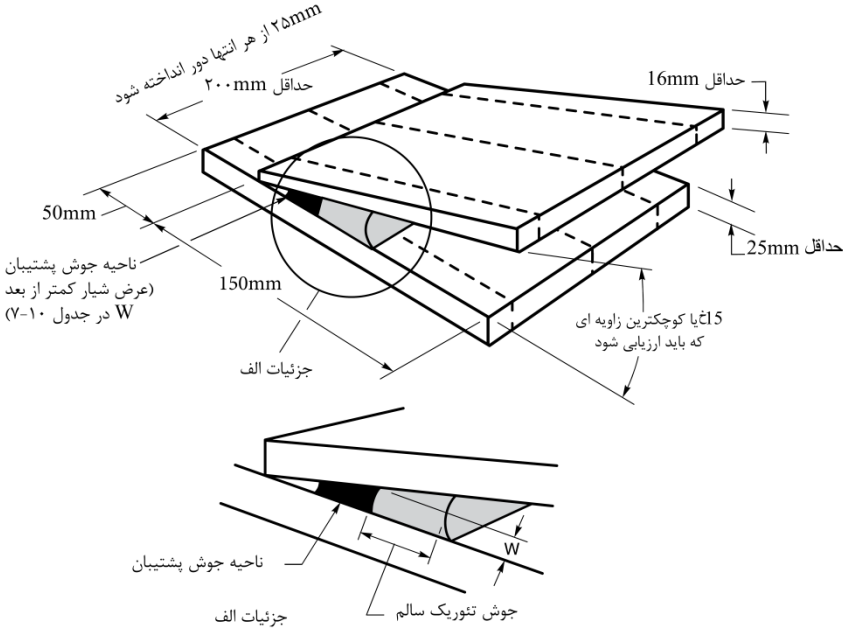


شکل ۱۰-۲۲- درز آزمایش حک‌کاری ماکرو گوشه برای اتصالات T، Y و K بدون ورق پشت بند در مقاطع قوطی با جوش شیاری CJP-

ارزیابی جوشکار و WPS

۱۰-۱۴-۴-۲- جوش CJP در WPS اتصالات T، Y و K با زاویه دو وجهی کمتر از ۳۰°

نمونه‌ها باید مطابق بند ۱۰-۱۴-۴-۱- الف مورد ۲، آماده شوند. سه مقطع آزمایش حک‌کاری ماکرو باید از نمونه آزمایشی بریده شوند. مقاطع باید مطابق الزامات بند ۱۰-۱۴-۴-۱ مورد ۳ باشند و باید نشان دهنده جوش فرضی مورد نیاز باشند. (به استثنای تخفیف حضور جوش پشتیبان، همان طور که در جزئیات پ و ت شکل‌های ۱۰-۹ تا ۱۰-۱۱ نشان داده شده است). برای جزئیات درز آزمایش شکل ۱۰-۱۹ ملاحظه شود.



شکل ۱۰-۱۹- آزمون پاشنه با زاویه تند[1] (قیدها نشان داده نشده اند)

۱۰-۱۴-۴-۳- جوش CJP در WPS اتصالات T، Y و K با جوشکاری به روش GMAW

برای اتصالات T، Y و K که از جوشکاری GMAW-S استفاده شده باشد، ارزیابی باید پیش از اجرای جوش درز استاندارد که به تفصیل در بند ۱۰-۱۰-۲ ذکر شده است، مطابق فصل ۶ انجام شود. درز مورد آزمایش باید به صورت تک پخ با زاویه ۳۷/۵° و دارای فاصله ریشه و حلقه محدود کننده مطابق شکل ۱۰-۲۰ باشد.

۱۰-۱۴-۴-۴- قطعات جوشکاری دارای الزامات طاقت شیاری آزمایش ضربه

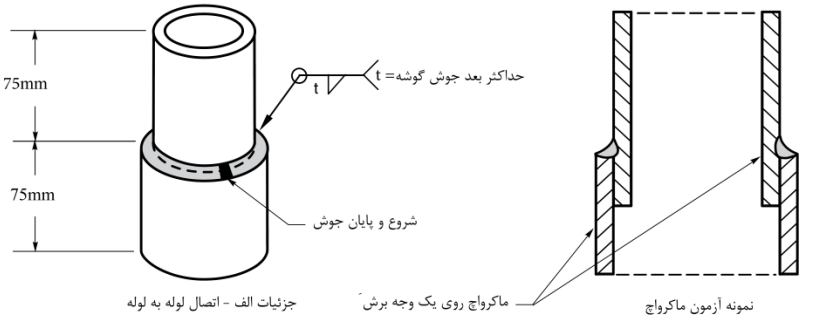
WPSهای اتصالات لب‌به‌لب (درزهای طولی یا محیطی) در فاصله ۰/۵ D از محل اتصال عضو فرعی یا در ناحیه اتصال پیش ساخته عضو طولی[2] که ملزم به آزمایش ضربه مطابق با بند ۱۰-۷-۲-۲ هستند. باید در دمایی برابر با کمترین مقدار

1 - Acute Angel Heel test
2 - Joint Can

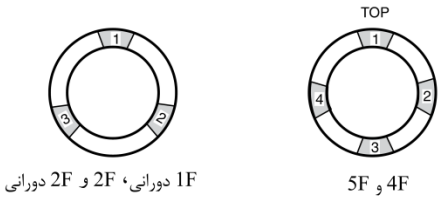
$18^{\circ}C$- یا حداقل دمای مورد انتظار بهره‌برداری، جذب انرژی ۲۷J در آزمایش ضربه فلز جوش داشته باشند. اگر مشخصات آیین‌نامه‌ای مربوط به مصالح جوش مورد استفاده شامل این الزامات نمی‌شود، یا جوش‌های ساخت، خارج از دامنه آزمایش‌های فوق باشد (به عنوان مثال: آزمایش‌های مشخصات آیین‌نامه‌ای فلز پر کننده)، آن‌گاه آزمایش‌های ضربه فلز جوش باید طبق بخش ت فصل ۶ در زمان ارزیابی WPS تعیین شود.

۱۰-۱۵- جوش شیاری با نفوذ نسبی (PJP) و جوش گوشه در اتصالات لوله‌ای و قوطی T، Y و K و اتصالات لب به لب

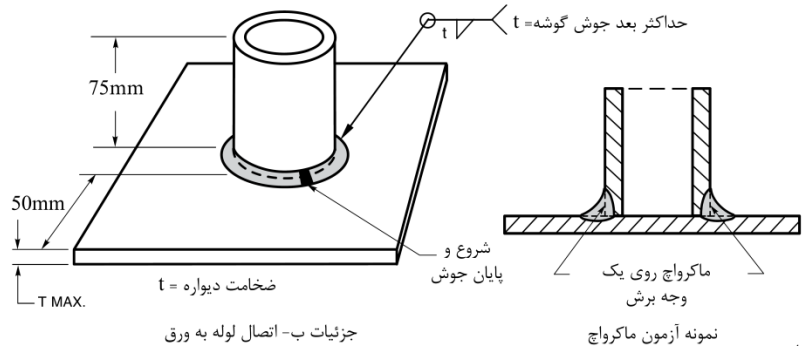
در صورت استفاده از جوش PJP در اتصالات T، Y و K و اتصال لب به لب، ارزیابی باید مطابق جدول ۱۰-۱۰ باشد. در صورت استفاده از جوش گوشه در اتصالات T، Y و K، ارزیابی باید مطابق با بند ۶-۱۳، جدول ۱۰-۱۱ و شکل ۱۰-۱۶ انجام شود.



یادداشت :
۱- برای وضعیت جوشکاری جدول ۱۰-۸ ملاحظه شو د.
۲- لوله باید دارای ضخامت کافی باشد تا از سوخت لبه ی جوش جلوگیری شود.



محل نمونه های آزمایشی در لوله جوش شده ارزیابی WPS



یادداشت

(۱) برای الزامات وضعیت جوشکاری جدول ۱۰ -۸ ملاحظه شو د.

(۲) لوله باید دارای ضخامت کافی باشد تا از سوختن لبه جوش جلوگیری شود.

(۳) تمامی ابعاد مقادیر حداقل هستند.

شکل ۱۰-۱۶- آزمون سلامت جوش گوشه لوله – ارزیابی WPS

قسمت ت: ارزیابی جوشکاری

۱۰-۱۶- وضعیت‌های جوش ساخت، ضخامت‌ها و قطرهای ارزیابی شده

۱۰-۱۶-۱- جوشکاران و اپراتورهای جوش

وضعیت‌های جوش ساخت ارزیابی شده با آزمون مقاطع لوله‌ای و قوطی برای جوشکاران و اپراتورهای جوش، باید مطابق با جدول ۱۰-۱۲ باشند. وضعیت‌های جوش ساخت ارزیابی شده با آزمون ورق برای جوشکاران و اپراتورهای جوش، باید مطابق با فصل ۶ و جدول ۶-۱۰ باشد.

مبنای آزمون روی مقاطع لوله‌ای و قوطی، تعداد و نوع نمونه‌های آزمایشی و دامنه ضخامت جوش‌های ساخت مقاطع و قطرهایی که برای آن‌ها جوشکار یا اپراتور جوش ارزیابی شده باشند، جدول ۱۰-۱۳ می‌باشد. نمونه‌های آزمایش مکانیکی باید با برش مقاطع لوله‌ای یا قوطی مطابق شکل ۱۰-۲۳ و بر اساس بند ۶-۱۷-۱-۲ تهیه شوند. اگر آزمایش‌ها با استفاده از ورق انجام شوند، محدودیت‌های ارزیابی باید مطابق با جدول ۶-۱۱ باشد.

جدول ۱۰-۱۲

ارزیابی جوشکار و اپراتور جوش – وضعیت‌های جوش‌های ساخت ارزیابی شده با آزمون‌های ورق، لوله و قوطی

آزمون ارزیابی		جوش ارزیابی شده ساخت ورق			جوش ارزیابی شده ساخت لوله					جوشکاری ارزیابی شده ساخت قوطی				
					درز لب به لب			اتصالات T، Y و K		درز لب به لب		اتصالات T، Y و K		
نوع جوش	وضعیت جوش (الف)	CJP شیاری	PJP شیاری	گوشه (ب)	CJP (پ)	PJP (پ)	CJP (پ و ت)	PJP (پ و ت)	گوشه (ب)	CJP	PJP	CJP	PJP (ت)	گوشه (ب)
لوله و قوطی														
شیاری (ت) لوله یا قوطی	1G دوران یافته 2G-5G 6G (2G+5G) (ج)	F F,H F, V, OH همه همه	F F,H F, V, OH همه همه	F, H F, H F, V, OH همه همه	F F,H F, V, OH همه همه	F F,H F, V, OH همه همه		F F,H F, V, OH همه همه	F, H F, H F, V, OH همه همه	F F,H F, V, OH همه همه	F F,H F, V, OH همه همه		F F,H F, V, OH همه همه	F, H F, H F, V, H همه همه
گوشه لوله	6GR (شکل ۱۰-۲۰)	همه	همه	همه	همه (چ)	همه	همه	همه	همه	همه (چ)	همه	همه (ت و چ)	همه	همه
	6GR (شکل‌های ۱۰-۲۰ و ۱۰-۲۲)	همه	همه	همه	همه (چ)	همه	همه	همه	همه	همه (چ)	همه	همه (ت و چ)	همه	همه
	1F دوران یافته 2F 2F دوران یافته 4F 5F	F F,H F, V, OH همه							F F,H F, V, OH همه					F F,H F, H F, V, OH همه

CJP: شیاری با نفوذ کامل

PJP: شیاری با نفوذ نسبی

الف) شکل‌های ۱۰-۱۲ و ۱۰-۱۳ ملاحظه شود.

ب) بند ۱۰-۱۴ در خصوص محدودیت زاویه دو وجهی در اتصالات قوطی T، Y و K ملاحظه شود.

پ) ارزیابی با مقاطع قوطی جعبه‌ای (شکل ۱۰-۲۰)، جوشکاری مقاطع لوله با قطر ۶۰۰ میلی‌متر و بزرگتر را نیز ارزیابی می کند.

ت) برای جوش‌های دارای زاویه شیار کمتر از 30° ارزیابی نشده است (بند ۱۰-۱۴-۴-۲).

ث) جوش‌های کام و انگشتانه نیز با ارزیابی جوش شیاری با وضعیت مشابه، ارزیابی می‌شوند.

ج) برای ارزیابی درزهای جوش ساخت ورق پشت بند یا سنگ‌زنی از پشت، استفاده از جزئیات درز شکل ۱۰-۲۲-الف ضروری است. برای ارزیابی درزهای جوش ساخت دارای ورق پشت بند یا سنگ زنی از پشت، هر یک از جزئیات درز شکل‌های ۱۰-۲۲-الف یا ۱۰-۲۲-ب قابل استفاده است.

چ) برای درز جوش‌های یک طرفه بدون ورق پشت بند یا جوش از دو سمت بدون سنگ زنی ریشه، ارزیابی نشده است.

ح) برای ارزیابی وضعیت 6GR، مقاطع لوله یا قوطی ضروری است. اگر مطابق شکل ۱۰-۲۰ از مقاطع قوطی استفاده شود، می‌توان آزمون حک‌کاری ماکرو را روی گوشه‌های نمونه آزمایشی انجام داد (مشابه با شکل ۱۰-۲۲).

جدول ۱۰-۱۳

ارزیابی جوشکار و اپراتور جوش – تعداد و نوع نمونه‌ها و دامنه ضخامت و قطر ارزیابی شده (mm)											
آزمون روی لوله یا قوطی (الف)											
ابعاد ارزیابی شده				تعداد نمونه‌ها (ب)					درزهای CJP ساخت لب به لب		
ضخامت اسمی ورق یا جداره لوله یا قوطی ارزیابی شده (mm) (پ)		ابعاد اسمی لوله یا قوطی ارزیابی شده (mm)		فقط وضعیت‌های 5G، 6G و 6GR			فقط وضعیت 1G و 2G				
حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	خمش جانبی (ت)	خمش رویه (ت)	خمش وجه (ت)	خمش جانبی (ت)	خمش ریشه (ت)	خمش وجه (ت)	ضخامت اسمی آزمایشی	ابعاد اسمی لوله آزمایشی (mm)	نوع آزمون جوش
20	3	100	20	پانویس (ث)	2	2	پانویس (ث)	1	1	نامحدود	≤100	شیاری
20	3	نامحدود	پانویس (ج)	پانویس (ث)	2	2	پانویس (ث)	1	1	≤10	>100	شیاری
نامحدود	5	نامحدود	پانویس (ج)	4			2			>10	>100	شیاری
ابعاد ارزیابی شده												
زوایای صفحه‌ای ارزیابی شده (چ)		ضخامت اسمی جداره یا ورق ارزیابی شده (mm)		اندازه اسمی لوله یا قوطی ارزیابی (mm)			تعداد نمونه ها (ب)		جوش های شیاری CJP در ساخت اتصالات T، Y و K		
حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل		خمش جانبی (ت)	حک کاری ماکرو	ضخامت نمونه آزمایشی (mm)	قطر اسمی لوله آزمایشی (mm)	نوع آزمون جوش
نامحدود	30°	نامحدود	5	نامحدود	100		4		≥12	قطر خارجی بزرگتر یا مساوی ۱۵۰	شیاری لوله (شکل ۱۰-۲۰)
نامحدود	30°	نامحدود	3	<100	20		پانویس (ح)		≥ 5	قطر خارجی کمتر از ۱۰۰	شیاری لوله (شکل ۱۰-۲۱)
نامحدود	30°	نامحدود	5	نامحدود (فقط قوطی)	نامحدود (فقط قوطی)		4	4	≥12	نامحدود	شیاری لوله (شکل ۱۰-۲۲)
ابعاد ارزیابی شده											
زوایای صفحه‌ای ارزیابی شده (چ)		ضخامت اسمی ورق یا جداره (mm)		ابعاد لوله یا قوطی ارزیابی شده (mm)		تعداد نمونه‌ها (ب)				جوش گوشه ساخت اتصالات T ، Y و K		
حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	خمش رویه ت	خمش ریشه ت	حک‌کاری ماکرو	شکست جوش گوشه	ضخامت اسمی نمونه	قطر اسمی لوله آزمایشی (D)	نوع جوش گوشه آزمون
نامحدود	30°	نامحدود (پ)	(پ) 30	نامحدود	پانویس ج	۲ ث	۲ث			≥ 3	نامحدود	وضعیت 5G (شیاری)
نامحدود	60°	نامحدود	3	نامحدود	600			1	1	≥12		گوشه گزینه ۱ (شکل ۱۰-۲۱)
نامحدود	60°	نامحدود	3	نامحدود	600		2			10		گوشه گزینه ۲ (شکل ۱۰-۱۸)
نامحدود	30°	نامحدود	3	نامحدود	D			1		≥ 3	نامحدود	گوشه گزینه ۳ (شکل ۱۰-۱۶)

الف) برای جزئیات مناسب شیار، جدول ۱۰-۱۲ ملاحظه شود.

ب) همه جوش ها باید بازرسی چشمی شوند (بند ۶-۲۳-۱).

پ) همچنین هر بعد جوش گوشه یا شیاری PJP روی هرضخامت ورق، لوله یا قوطی را ارزیابی می‌کند.

ت) به جای آزمون‌های خمش می‌توان از آزمون پرتونگاری استفاده نمود (بند ۶-۱۷-۱-۱ ملاحظه شود).

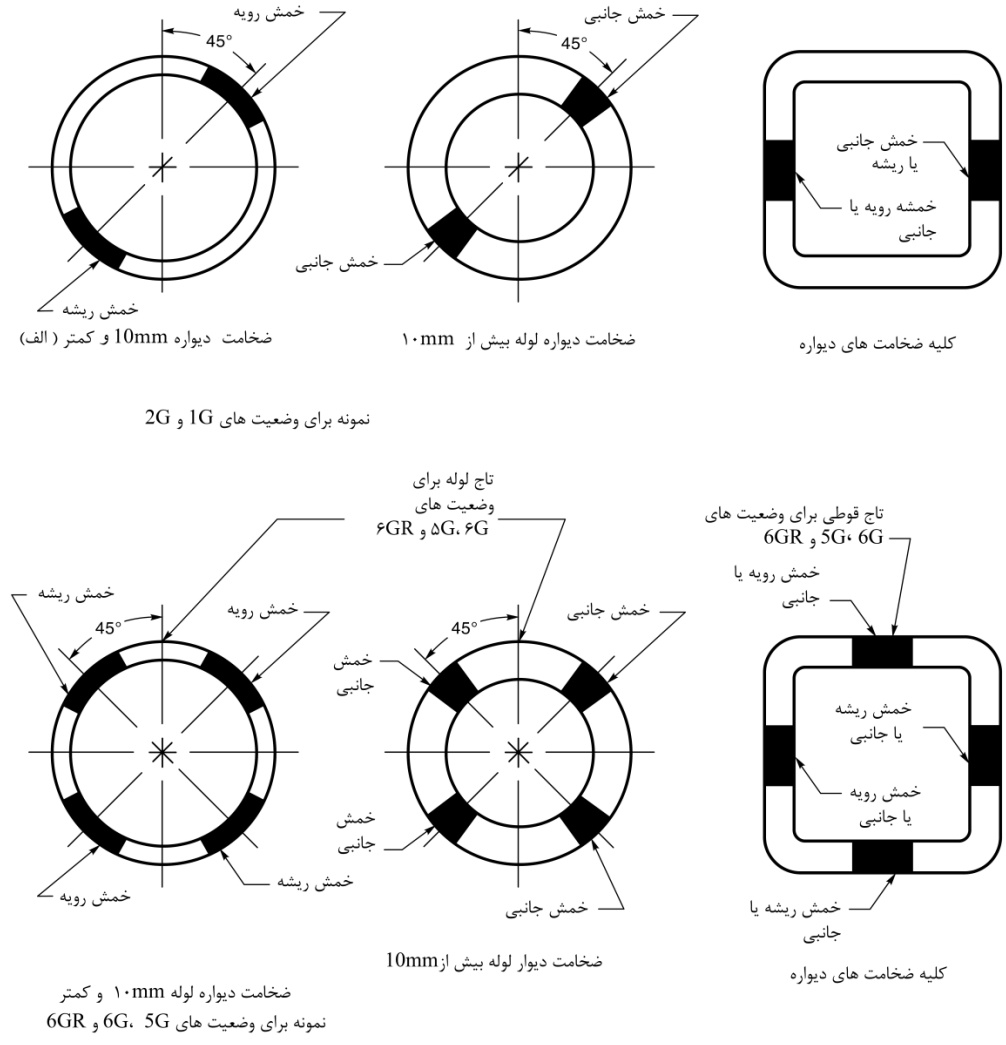
ث) برای ضخامت جداره ۱۰ میلی‌متر می‌توان آزمون خمش جانبی را جایگزین آزمون‌های خمش رویه و ریشه مورد نیاز کرد.

ج) حداقل قطر لوله ارزیابی شده، به اندازه بزرگترین دو مقدار $\frac{1}{2}$ قطر لوله آزمایش و ۱۰۰ میلی‌متر است.

چ) برای زوایای دو وجهی کمتر از 30° بند ۱۰-۱۸-۱ ملاحظه شود، به استثنای آزمون 6GR، که ضروری نیست.

ح) دو خمش ریشه و دو خم رویه

خ) دو ورق نیاز است که هر یک باید تحت الزامات نمونه آزمایشی شرح داده شده قرار گیرند. یک ورق باید در وضعیت 3F و دیگری در وضعیت 4F جوش شود.



(الف) برای ضخامت دیواره 10 میلی‌متر می‌توان یک آزمایش خمش جانبی را جایگزین هر یک از آزمایش‌های خمش رویه یا ریشه مورد نیاز کرد.

شکل ۱۰-۲۳- محل نمونه های آزمایشی برای لوله و قوطی های آزمایشی جوش شده – ارزیابی جوشکاران

۱۰-۱۶-۲- خال جوشکار

خال جوشکارها باید برای مقاطع لوله‌ای و قوطی با ضخامت ۳ میلی‌متر و بیشتر و برای تمامی قطرها ارزیابی شوند. این ارزیابی شامل جوش‌های لب به لب شیاری با نفوذ کامل و جوش‌های یک طرفه در اتصالات T، Y و K نمی شود. خال جوش‌های موارد خاص باید توسط جوشکاری که برای فرایند و وضعیت جوشکاری مورد نظر به صورت کامل ارزیابی شده باشد، انجام گیرد.

۱۰-۱۷- انواع جوش برای ارزیابی عملکرد جوشکار و اپراتور جوشکاری

به منظور ارزیابی جوشکار و اپراتور جوشکاری، انواع جوش باید به صورت زیر دسته‌بندی شوند:

(۱) جوش شیاری با نفوذ کامل برای اتصالات لوله و قوطی (بند ۱۰-۱۸)

(۲) جوش شیاری با نفوذ نسبی برای اتصالات لوله و قوطی (بند ۱۰-۱۹)

(۳) جوش گوشه برای اتصالات لوله و قوطی (بند ۱۰-۲۰)

جوش ورق‌های موازی با محور طولی عضو لوله‌ای یا قوطی و جوش‌های طولی[1] مقاطع لوله‌ای و قوطی لزومی به ارزیابی مطابق با ضوابط جوش‌های لوله‌ای و قوطی ندارند. و ضوابط ارزیابی فصل ۶ می‌تواند برای آن‌ها اعمال شود.

۱۰-۱۸- جوش شیاری با نفوذ کامل برای اتصالات لوله‌ای و قوطی

آزمون‌های ارزیابی جوشکار یا اپراتور جوش باید طبق ضوابط زیر باشند:

(۱) جوش های شیاری با نفوذ کامل در درزهای لب به لب با ورق پشت بند یا با سنگ‌زنی از پشت و جوش مجدد در لوله‌ها، مطابق با شکل ۱۰-۱۷-ب.

(۲) جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در درزهای لب به لب بدون ورق پشت بند یا سنگ‌زنی از پشت و جوش مجدد، مطابق با شکل ۱۰-۱۷-الف

(۳) جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در درزهای لب به لب یا اتصالات T، Y و K با ورق پشت بند در مقاطع قوطی، مقاطع لوله‌ای با هر قطر و ورق‌ها، مطابق شکل ۱۰-۱۷- ب.

(۴) جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در جوش‌های یک طرفه در اتصالات T، Y و K با ورق پشت‌بند در لوله‌ها مطابق شکل ۱۰-۱۷-ب بر اساس قطر لوله

(۵) جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در جوش‌های یک طرفه در اتصالات T، Y و K بدون ورق پشت‌بند مطابق شکل ۱۰-۲۰ برای لوله‌های با قطر اسمی بزرگتر یا مساوی ۱۵۰ میلی‌متر و شکل ۱۰-۲۱ برای لوله‌های با قطر اسمی کوچکتر یا مساوی ۱۰۰ میلی‌متر

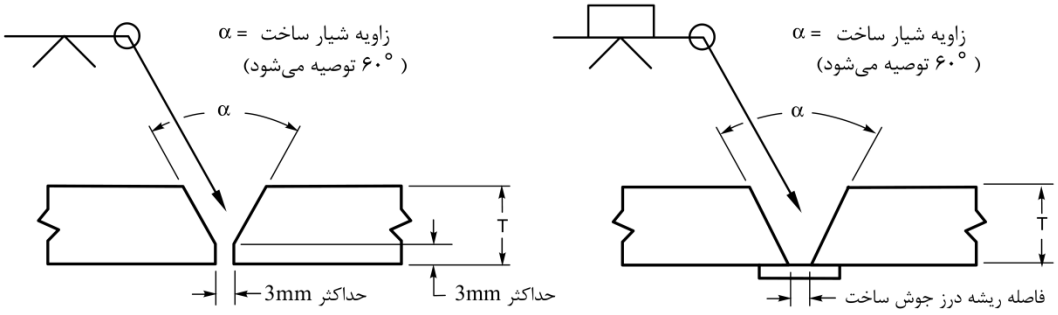
(۶) جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در جوش‌های یک طرفه در اتصالات T، Y و K بدون ورق پشت‌بند یا سنگ‌زنی از پشت و جوش مجدد در مقاطع قوطی، مطابق یکی از موارد زیر:

الف) شکل ۱۰-۲۰ برای لوله‌ها با هر قطری یا مقاطع قوطی و شکل ۱۰-۲۲ برای مقاطع قوطی

1 - Long Seam Weld

ب) شکل ۱۰-۲۰ برای مقاطع قوطی با نمونه‌های حک‌کاری ماکرو برداشته شده از نواحی نشان داده شده در شکل ۱۰-۲۲.

برای دامنه قطرها و ضخامت‌های تولیدی قابل ارزیابی بر اساس قطرها و ضخامت‌های نمونه‌های آزمایشی، جدول ۱۰-۱۳ ملاحظه شود.



(الف) ارزیابی WPS بدون ورق پشت بند

(ب) ارزیابی WPS با ورق پشت بند

یادداشت: T= ضخامت دیواره لوله یا قوطی آزمون

شکل ۱۰-۱۷- درز لب به لب لوله یا قوطی – ارزیابی جوشکار با و بدون ورق پشت بند

۱۰-۱۸-۱- جزئیات درز و WPSهای دیگر

برای جزئیات درز، WPSها یا عمق مفروض جوش‌های سالمی که پیچیده‌تر از موارد فوق باشد، آزمون شرح داده شده در بند ۱۰-۱۴-۴-۲ باید علاوه بر آزمون‌های 6GR توسط هر جوشکار انجام گیرد. (شکل ۱۰-۲۱ یا ۱۰-۲۲ ملاحظه شود) آزمون باید در وضعیت قائم انجام شود.

۱۰-۱۹- جوش شیاری با نفوذ نسبی در اتصالات لوله‌ای و قوطی

ارزیابی همه جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی مشابه با جوش‌های شیاری با نفوذ کامل است.

۱۰-۲۰- جوش گوشه در اتصالات لوله‌ای و قوطی

برای الزامات ارزیابی جوش گوشه جدول ۱۰-۱۳ ملاحظه شود.

۱۰-۲۱- روش‌های آزمون و معیارهای پذیرش برای ارزیابی جوشکار و اپراتور جوشکاری

۱۰-۲۱-۱- آزمایش حک‌کاری ماکرو برای اتصالات T، Y و K

آزمایش حک‌کاری ماکرو برای اتصالات T، Y و K در مقاطع قوطی مطابق شکل ۱۰-۲۲ باید شامل ۴ نمونه آزمایش حک‌کاری ماکرو باشد که از گوشه‌های جوش در موقعیت‌های نشان داده شده در شکل ۱۰-۲۲ بریده شده باشند. یک وجه از هر نمونه گوشه باید پرداخت شود تا روی آن حک‌کاری ماکرو[1] انجام گیرد. اگر آزمون جوشکار روی یک نمونه 6GR (شکل ۱۰-۲۱) از مقطع قوطی انجام شده باشد، چهار نمونه حک‌کاری ماکرو گوشه را می‌توان به طریق مشابه شکل ۱۰-۲۲ از همان نمونه تهیه کرد. یک وجه از هر نمونه حک‌کاری ماکرو باید صاف باشد تا روی آن قلم‌زنی انجام شود.

۱۰-۲۱-۱-۱- معیار پذیرش آزمایش حک‌کاری ماکرو

برای ارزیابی قابل قبول، نمونه آزمایشی در حین بازرسی چشمی باید با ضوابط فصل ۶ و الزامات زیر مطابقت داشته باشد:

(۱) جوش‌های گوشه و آزمایش حک‌کاری ماکرو گوشه برای اتصالات T، Y و K در مقاطع قوطی مطابق شکل ۱۰-۲۲ و الزامات زیر

الف) عدم وجود ترک

ب) ذوب کامل بین لایه‌های جوش و بین فلز جوش و فلز پایه

پ) نیمرخ جوش مطابق با جزئیات مورد نظر، بدون تغییرات ممنوع شده در بند ۷-۲۳

ت) عدم تجاوز بریدگی لبه جوش از ۱ میلی‌متر

ث) برای تخلخل‌های ۱ میلی‌متر و بزرگتر، تخلخل تجمعی از ۶ میلی‌متر تجاوز نکند.

ج) عدم وجود هیچ سرباره جوش تجمعی باقی‌مانده، که مجموع اندازه بزرگترین بعد آن‌ها از ۴ میلی‌متر تجاوز نکند.

۱۰-۲۱-۲- آزمون پرتونگاری

نمونه‌های مقطع لوله‌ای یا قوطی با قطر ۱۰۰ میلی‌متر یا بیشتر باید حداقل برای یک دوم محیط جوش و تمام وضعیت‌های جوشکاری مورد استفاده، آزمایش شوند. به عنوان مثال، یک نمونه لوله یا قوطی جوش شده در وضعیت 5G، 6G یا 6GR باید از خط مرکزی بالا تا خط مرکزی پایین در هر سمت پرتونگاری شود. نمونه‌های آزمایش لوله یا قوطی با قطر کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر باید ٪۱۰۰ پرتونگاری شوند.

1 - Etching

قسمت ث: ضوابط اجرایی

۱۰-۲۲- پشت بند

۱۰-۲۲-۱- ورق پشت‌بند تمام طول

جز در موارد استثنا شده در زیر، ورق پشت بند باید در تمام طول جوش به صورت پیوسته باشد. تمامی درزها در حضور ورق پشت بند باید به صورت جوش شیاری با نفوذ کامل و با رعایت تمامی الزامات فصل ۷ آیین‌نامه باشند. برای اعضای تحت بارهای استاتیکی، در جوش‌های انتهایی مقاطع بسته از قبیل مقاطع سازه‌ای توخالی (HSS)، در صورت رعایت همه موارد زیر می‌توان ورق پشت بند را از یک یا دو تکه با ناپیوستگی‌های وصله نشده ساخت.

(۱) ضخامت اسمی جداره مقطع بسته از ۱۶ میلی‌متر تجاوز نکند.

(۲) محیط بیرونی مقطع بسته از ۱۶۲۵ میلی‌متر تجاوز نکند.

(۳) ورق پشت بند عمود بر محور طولی مقطع بسته باشد.

(۴) ناپیوستگی ورق پشت بند کوچکتر یا مساوی ۶ میلی‌متر باشد.

(۵) فاصله جوش دارای ورق پشت بند ناپیوسته تا دیگر اتصالات، کمتر از قطر مقطع HSS یا بعد بزرگتر آن نباشد.

(۶) ناپیوستگی در ورق پشت بند در گوشه‌ها نباشد.

برای ستون های دارای مقطع جعبه‌ای که تحت بارهای استاتیکی باشند، ناپیوستگی در ورق پشت بند گوشه‌های دارای جوش نفوذ کامل در محل وصله‌های کارگاهی و محل اتصال، مجاز است. ناپیوستگی در ورق پشت بند دیگر مقاطع بسته در صورت تأیید مهندس طراح مجاز است.

یادداشت: ورق‌های پشت‌بند آماده تجاری برای مقاطع لوله و قوطی قابل پذیرش است، مشروط بر آن که هیچ نشانه‌ای از ذوب شدگی در سطح آزاد داخلی آن مشاهده نشود.

۱۰-۲۳- رواداری ابعاد درز

۱۰-۲۳-۱- تراز کردن جوش حلقوی[1] مقاطع لوله‌ای

قطعات مجاور که مقرر است با جوش حلقوی متصل شوند باید به دقت تراز شده باشند. هیچ دو جوش حلقوی نباید در فاصله کمتر از کوچکترین دو مقدار قطر لوله یا یک متر، از همدیگر، واقع شده باشد. در هر فاصله ۳ متری از طول لوله نباید بیش از ۲ جوش حلقوی تعبیه شود، مگر این که توسط کارفرما و پیمانکار مورد توافق قرار گیرد. نابجایی شعاعی لبه‌های مجاور درز جوش نباید از ۰/۲t (که t ضخامت عضو نازکتر است) و ۶ میلی‌متر تجاوز کند. همه نابجایی‌های بیش از ۳ میلی‌متر باید از هر دو سمت، جوش شوند. با تأیید طراح در جوش حلقوی می‌توان یک نابجایی موضعی تا ۰/۳t و حداکثر ۱۰ میلی‌متر داشت به شرط آن که طول این ناحیه موضعی کمتر از ۸t باشد. در این ناحیه باید فلز پر کننده اضافه

1 - Girth Weld

شود تا یک ناحیه انتقالی با شیب ۱ به ۴ شکل گیرد. می‌توان فلز پر کننده را هم‌زمان با اجرای جوش اضافه کرد. نابجایی بیش از این مقدار باید مطابق بند ۷-۲۱-۳ اصلاح شود. درز جوش طولی دو مقطع متصل شونده باید حداقل ۹۰° با هم زاویه داشته باشند، مگر آن که زاویه‌ای کمتر از این، مورد توافق کارفرما و پیمانکار قرار گیرد.

۱۰-۲۳-۲- ابعاد درز جوش

۱۰-۲۳-۱-۱-رواداری‌ها مقطع در مقاطع لوله‌ای و قوطی

رواداری ابعادی درزهای جوش شیاری در مقطع نسبت به آن چه در نقشه‌ها نمایش داده شده است، باید مطابق بند ۷-۲۱-۴-۱ با استثنائات زیر باشد:

(۱) رواداری‌های اتصالات T، Y و K که در محدوده ارائه شده در بند ۱۰-۱۰-۲ هستند.

(۲) رواداری‌های نشان داده شده در جدول ۱۰-۱۴ که به جوش لب به لب نفوذ کامل مقاطع قوطی و لوله‌ای و تنها از یک سمت و بدون ورق پشت بند اجرا شده باشد.

جدول ۱۰- ۱۴

رواداری فاصله ریشه مقاطع لوله‌ای و قوطی، درزهای لب به لب جوش شده بدون ورق پشت بند			
پیشانی ریشه درز (mm)		فاصله ریشه در درزهای بدون ورق پشت بند (mm)	زاویه شیار درز (درجه)
SMAW	±2	±2	±5
GMAW	±1	±2	±5
FCAW	+2	±2	±5

یادداشت: فواصل ریشه عریض‌تر از محدوده رواداری‌های مجاز بالا (بزرگتر از ضخامت عضو نازکتر نباشد) را می‌توان بیش از متصل کردن اعضای جوشکاری، با جوش کردن به ابعاد مورد قبول رساند.

قسمت ج: بازرسی

۱۰-۲۴- بازرسی جوش

همه جوش‌ها باید بازرسی چشمی شوند و در صورت تطابق با معیارهای جدول ۱۰-۱۵ قابل قبول ارزیابی می‌شوند.

جدول ۱۰-۱۵

معیارهای پذیرش بازرسی چشمی	
گروه‌بندی ناپیوستگی و معیار بازرسی	اتصالات لوله و قوطی (تمامی بارها)
۱) ممنوعیت ترک هر نوع ترکی فارغ از موقعیت و اندازه غیرقابل قبول است.	X
۲) ذوب فلز پایه و فلز جوش بین لایه‌های مجاور فلز جوش و بین فلز جوش و فلز پایه باید ذوب کامل وجود دا شته باشد.	X
۳) مقطع عرضی چاله جوش همه چاله‌های جوش به منظور رسیدن به بعد جوش مشخصه باید پر شوند، به استثنای انتهای خارج از طول موثر جوش‌های گوشه منقطع	X
۴) نیمرخ جوش نیمرخ جوش باید مطابق با بند ۷-۲۳ باشد.	X
۵) زمان بازرسی بازرسی چشمی جوش ها در همه فولادها می‌تواند بلافاصله پس از سرد شدن جوش تا دمای محیط آغاز شود. معیار پذیرش برای فولادهای خاص[1] باید بر اساس بازرسی چشمی باشد که حداقل ۴۸ ساعت پس از کامل شدن جوش انجام می‌شود.	X
۶) جوش های با بعد ناکافی: بعد جوش گوشه در هر جوش پیوسته‌ای می‌تواند کمتر از اندازه اسمی مشخص شده (L) باشد بدون اینکه با مقادیر زیر (U) اصلاح شود: کاهش مجاز نسبت به U، mm — بعد جوش مشخصه، L، mm ≤ ۲ — ≤ ۵ ≤ ۲/۵ — ۶ ≤ ۳ — ≥ ۸	X
۷) بریدگی لبه‌های جوش الف) برای مصالح با ضخامت کمتر از ۲۵mm، بریدگی لبه‌های جوش نباید از ۱mm تجاوز کند. در این خصوص استثناهای زیر وجود دارد: برای هر طول تجمعی تا ۵۰mm در هر ۳۰۰mm، بریدگی نباید از ۲mm تجاوز کند. برای مصالح با ضخامت مساوی یا بزرگتر از ۲۵mm، بریدگی لبه‌های جوش نباید بیشتر از ۲ میلی‌متر برای هر طول جوش باشد.	
ب) در اعضای اولیه، زمانی که جوش تحت هر شرایط بارگذاری طراحی، عمود بر تنش کششی باشد، عمق بریدگی لبه جوش نباید بیش از ۰/۲۵mm شود. برای همه موارد دیگر، عمق بریدگی لبه جوش نباید بیش از ۱mm باشد.	X

1 - ASTM A514, A517 and A709 Grade HPS 100W [HPS 690W]

۸) تخلخل الف) در جوش‌های شیاری نفوذ کامل در اتصالات لب به لب که در امتداد عرضی نسبت به تنش های کششی محاسباتی قرار دارند، هیچ تخلخل لوله‌ای قابل مشاهده ای نباید وجود داشته باشد. برای همه جوش‌های شیاری دیگر و جوش‌های گوشه، مجموع تخلخل‌های لوله‌ای با قطر ۱mm یا بیشتر، نباید بیش از ۱۰mm در هر ۲۵mm طول خطی جوش و نباید بیش از ۲۰mm در هر ۳۰۰mm از طول جوش باشد.	
ب) تکرار تخلخل‌های لوله‌ای در جوش‌های گوشه نباید بیش از یک مورد در هر ۱۰۰mm طول جوش و حداکثر قطر آن نباید بیش از ۲/۵mm باشد. استثنا: برای جوش‌های گوشه اتصال سخت کننده‌ها به جان تیر، مجموع قطر تخلخل‌های لوله‌ای نباید بیش از ۱۰mm در هر ۲۵mm طول خطی جوش باشد و نباید از ۲۰mm در هر ۳۰۰mm طول جوش فراتر رود.	X
پ) جوش‌های شیاری نفوذ کامل در اتصالات لب به لب که در امتداد عرضی نسبت به تنش‌های کششی محاسباتی قرار دارند نباید هیچ تخلخل لوله‌ای داشته باشند. برای همه جوش های شیاری دیگر، تکرار تخلخل‌های لوله‌ای نباید فراتر از یک مورد در هر ۱۰۰mm طول جوش و حداکثر قطر آن‌ها نباید بیشتر از ۲/۵mm باشد.	X

یادداشت: علامت "X" نشان دهنده قابل اجرا بودن برای نوع اتصال و ناحیه سایه دار نشان دهنده عدم کاربرد می‌باشد.

۱۰-۲۵- بازرسی غیرمخرب (NDT)

۱۰-۲۵-۱- دامنه

معیارهای پذیرش بازرسی اتصالات لوله‌ای و قوطی در قسمت پ از فصل ۸ و بخش ج این فصل ارائه شده‌اند. معیارهای پذیرش باید در اسناد پیمان، قرار گیرد.

۱۰-۲۵-۲- الزامات اتصالات لوله‌ای و قوطی

برای جوش لب به لب شیاری با نفوذ کامل که از یک سمت و بدون ورق پشت بند انجام شده باشد، کل طول جوش ساخت مقاطع لوله‌ای و قوطی باید با آزمون فراصوت (UT) یا آزمون پرتونگاری (RT) بازرسی شوند. معیار پذیرش برای آزمون پرتونگاری باید مطابق بند ۸-۱۲-۱ (شکل ۸-۱) و برای آزمون فراصوت مطابق با بند ۱۰-۲۶-۱ باشد.

۱۰-۲۶- آزمون فراصوت (UT)

۱۰-۲۶-۱- معیار پذیرش برای اتصالات لوله‌ای و قوطی

معیارهای پذیرش برای آزمون فراصوت باید مطابق اسناد پیمان باشد. کلاس R و یا کلاس X یا هر دو می‌توانند به عنوان مبنا انتخاب شوند. معیار پذیرش مبتنی بر دامنه می‌تواند طبق بند ۸-۱۳-۱ برای جوش شیاری در اتصالات لب به لب در لوله‌های با قطر ۶۰۰ میلی‌متر و بیشتر استفاده شود، مشروط بر آن که تمامی ضوابط مرتبط در بخش ج فصل ۸ رعایت شود. هر چند این ضوابط پذیرش مبتنی بر دامنه، قابل اعمال به اتصالات T، Y و K نیست.

۱۰-۲۶-۱-۱- کلاس R (مناسب شرایطی که از UT به جای RT استفاده شده باشد)

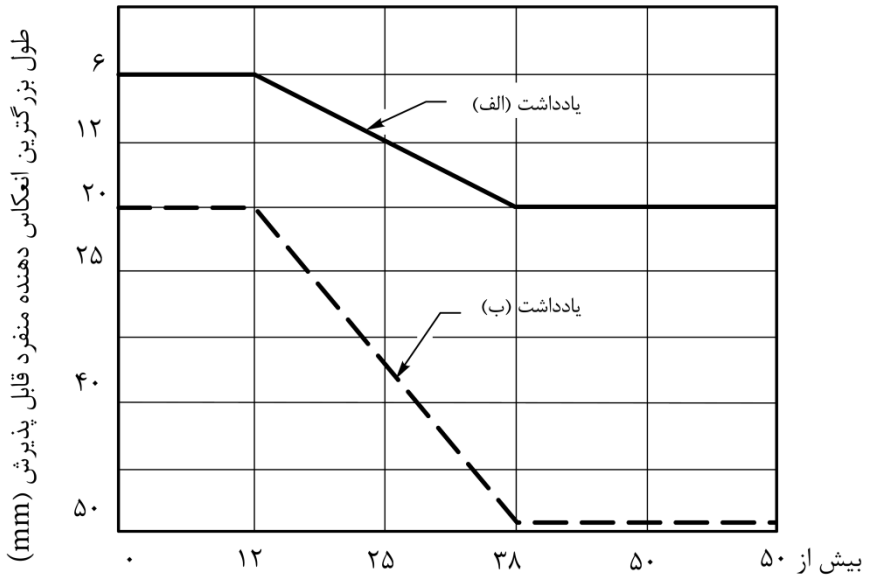
همه نشـانه‌های[1] با دامنه نیم (۶db) و کمتر نسـبت به سـطح حسـاسـیت اسـتاندارد (با لحاظ بند ۱۰-۲۹-۶) باید کنار گذاشته شوند. نشانه‌های فراتر از سطح چشم پوشی شده باید به صورت زیر برآورده شوند:

(۱) انعکاس دهنده‌های کروی منفرد تصادفی، با حداقل فاصله جدایی ۲۵ میلی‌متر تا سطح حساسیت استاندارد باید پذیرفته شوند. انعکاس دهنده‌های بزرگتر باید به عنوان انعکاس دهنده خطی ارزیابی شوند.

(۲) انعکاس‌دهنده‌های کروی هم راستا باید به عنوان انعکاس دهنده خطی ارزیابی شوند.

(۳) انعکاس دهنده‌های کروی خوشه‌ای با چگالی بیشتر از یک مورد در ۶۵۰ میلی متر مربع با نشانه بیشتر از سطح قابل چشم پوشی (سطح تصویر شده عمود بر راستای تنش اعمالی، متوسط‌گیری شده در ۱۵۰ میلی‌متر از طول جوش) باید مردود اعلام شوند.

(۴) انعکاس دهنده‌های خطی یا صـــفحه‌ای که طول امتداد آن‌ها از محدودیت‌های شـــکل ۱۰-۲۴ فراتر روند، باید مردود اعلام شوند. به علاوه، انعکاس دهنده‌های ریشه نباید از کلاس X فراتر روند.

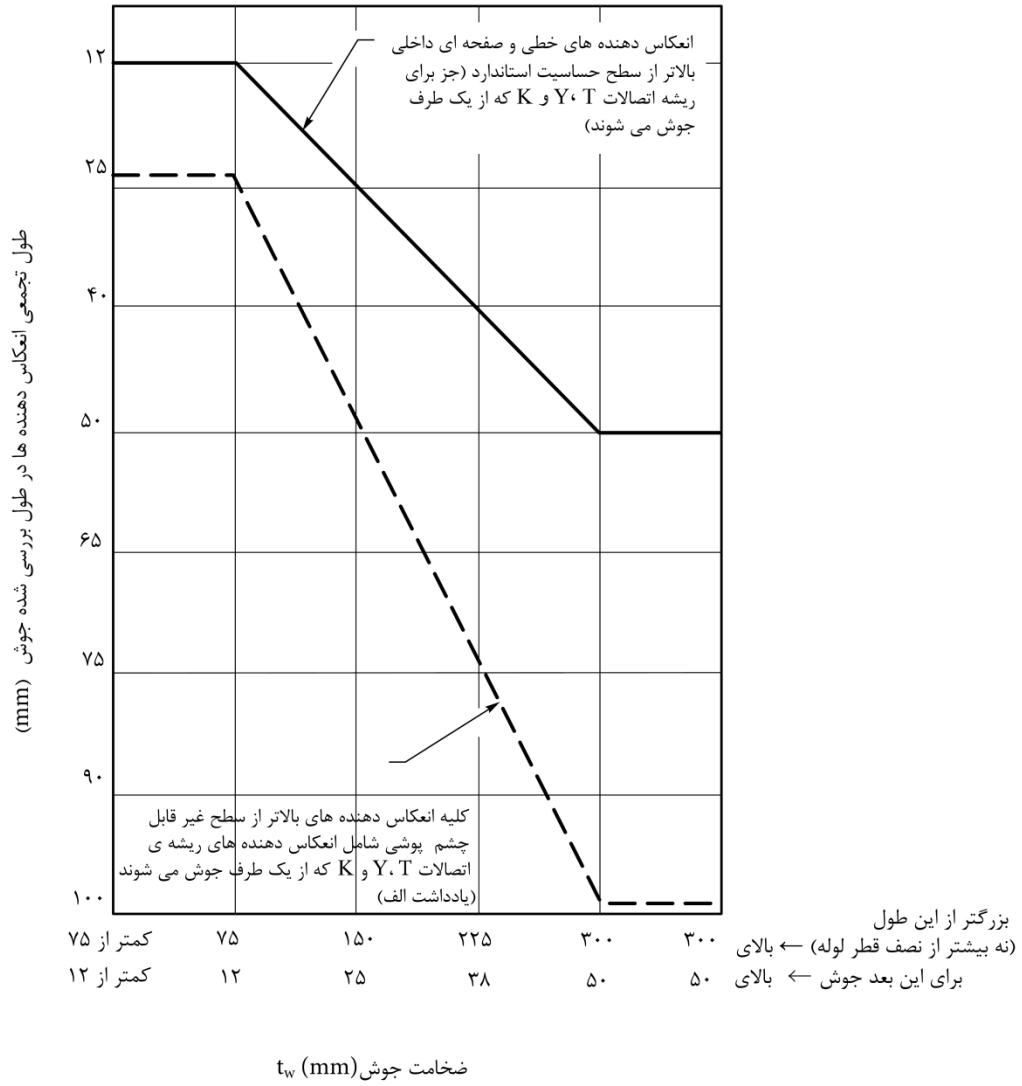


الف) انعکاس دهنده‌های داخلی خطی یا صفحه‌ای بالاتر از حساسیت استاندارد

ب) انعکاس دهنده‌های خفیف (بالاتر از سطح قابل چشم پوشی تا سطح حساسیت استاندارد و شامل سطح حساسیت استاندارد). انعکاس دهنده های مجاور که با فاصله‌ای کمتر از طول متوسطشان جدا شده‌اند باید به عنوان یک انعکاس دهنده پیوسته فرض شوند.

شکل ۱۰-۲۴- علائم کلاس R

- Indications



الف) ناپیوستگی‌های ناحیه ریشه که خارج از جوش تئوریک قرار می‌گیرند (بعدهای t_w یا L در شکل‌های ۱۰-۱۰،۹-۱۰ و ۱۰-۱۱) باید نادیده گرفته شوند.

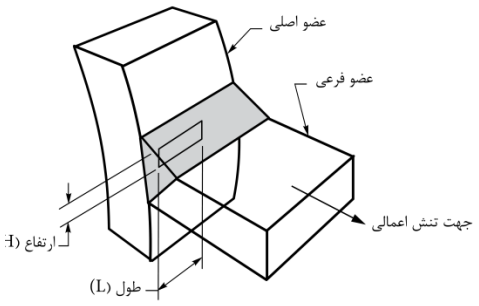
(ادامه) شکل ۱۰-۲۴ - علائم کلاس R

۱۰-۲۶-۱-۲-کلاس X (مبتنی بر تجربه، متناسب با معیارهای پذیرش قابل اعمال به اتصالات T، Y و K در سازه‌های با جوشکاری دارای الزامات طاقت شیاری)

همه نشانه‌های با دامنه نیم (6db) یا کمتر نسبت به سطح حساسیت استاندارد (با لحاظ بند ۱۰-۲۹-۶) باید کنار گذاشته شوند. نشانه‌های فراتر از سطح چشم پوشی شده باید به صورت زیر برآورد شوند:

(۱) انعکاس دهنده‌های کروی باید مشابه ضوابط شرح داده شده برای کلاس R ارزیابی شوند، به استثنای آن که هر نشانه‌ای در محدوده زیر برای انعکاس دهنده‌های خطی و صفحه‌ای قابل قبول ارزیابی می‌شود.

(۲) انعکاس دهنده‌های خطی یا صـــفحه‌ای باید با روش‌های پرتو مرزی[1] برآورد شـــوند و مواردی که بعد آن‌ها از محدودیت‌های شـــکل ۱۰-۲۵ فراتر رود باید مردود اعلام شـــوند. مطابق شـــکل ۱۰-۹ محدوده قرار گرفته در بزرگترین دو مقدار ۶ میلی‌متر یا $t_w/4$ از ریشه تئوریک جوش باید به عنوان ناحیه ریشه در نظر گرفته شود.



۱) ناپیوستگی‌های هم راستا با فاصله کمتر از (L1+L2)/2 باید به صورت پیوسته ارزیابی شوند.

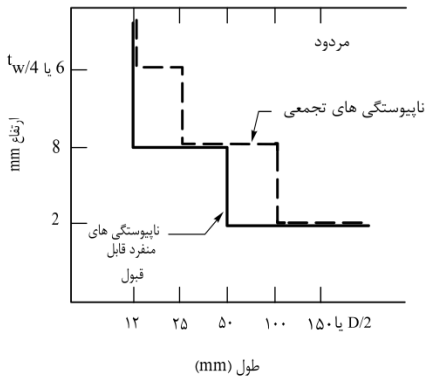
۲) ناپیوســـتگی‌های تجمعی باید در طولی از جوش برابر با کمترین دو مقدار 150 میلی‌متر و D/2 ارزیابی شـــوند. D قطر لوله یا قوطی است.

L و H بر اساس مستطیل کاملاً محیط شده بر ناپیوستگی می‌باشد.

ناپیوستگی‌های ریشه در اتصالات T، Y و K

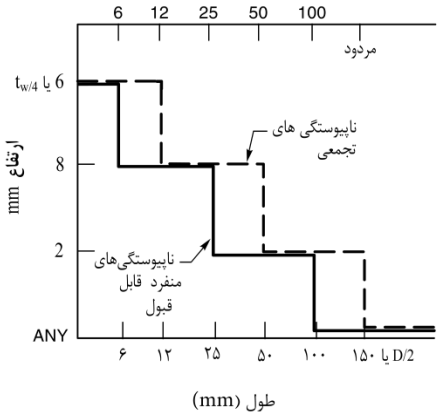
۱) برای اتصـالات لوله و قوطی T، Y و K با تک جوش نفوذ کامل و بدون ورق پشت بند

۲) ناپیوستگی‌ها در جوش تقویتی ریشه، جزئیات پ و ت شکل‌های ۱۰-۹، ۱۰-۱۰ و ۱۰-۱۱ باید نادیده گرفته شوند.



انعکاس دهنده‌های داخلی و همه جوش‌های دیگر

ناپیوســـتگی‌های در محدوده H یا $t_w/6$ از ســـطح خارجی را باید با فرض امتداد یافتن تا سطح جوش اندازه گیری کرد.



شکل ۱۰-۲۵- علائم کلاس X

1 - Beam Boundary Techniques

۱۰-۲۷- آزمون پرتونگاری (RT)

۱۰-۲۷-۱- روش

انتخاب IQI علاوه بر الزامات بند ۸-۱۷ باید مطابق با جداول ۱۰-۱۶ و ۱۰-۱۷ و شکل‌های ۸-۴ و ۸-۵ باشد.

جدول ۱۰-۱۶

الزامات IQI نوع روزنه‌ای[1]		
دامنه اسمی ضخامت مصالح (الف) (mm)	سمت فیلم	
	تخصیص[3]	روزنه ضروری[2]
کوچکتر یا مساوی ۶	7	4T
بیش از ۶ تا ۱۰	10	4T
بیش از ۱۰ تا ۱۲	12	4T
بیش از ۱۲ تا ۱۶	12	4T
بیش از ۱۶ تا ۲۰	15	4T
بیش از ۲۰ تا ۲۲	17	4T
بیش از ۲۲ تا ۲۵	17	4T
بیش از ۲۵ تا ۳۲	20	4T
بیش از ۳۲ تا ۳۸	25	2T
بیش از ۳۸ تا ۵۰	30	2T
بیش از ۵۰ تا ۶۵	35	2T
بیش از ۶۵ تا ۷۵	40	2T
بیش از ۷۵ تا ۱۰۰	45	2T
بیش از ۱۰۰ تا ۱۵۰	50	2T
بیش از ۱۵۰ تا ۲۰۰	60	2T

جدول ۱۰-۱۷

الزامات IQI رشته‌ای[4]	
دامنه ضخامت اسمی مصالح (الف) (mm)	سمت فیلم رشته ضروری
کوچکتر یا مساوی ۶	5
بیش از ۶ تا ۱۰	6
بیش از ۱۰ تا ۱۶	7
بیش از ۱۶ تا ۲۰	8
بیش از ۲۰ تا ۳۸	9
بیش از ۳۸ تا ۵۰	10
بیش از ۵۰ تا ۶۵	11
بیش از ۶۵ تا ۱۰۰	12
بیش از ۱۰۰ تا ۱۵۰	13
بیش از ۱۵۰ تا ۲۰۰	14

الف) ضخامت پرتونگاری تک دیواره

1 - Hole - Type
2 - Designation
3 - Essential Hole
4 - Wird

۱۰-۲۷-۲- جانمایی و انتخاب IQI

مطابق جدول ۱۰-۱۸، IQIها باید در ناحیه مورد نظر انتخاب شده برای پرتونگاری و روی ه ضو جوش شده قرار گیرند. زمانی که با یک بار پرتودهی، کل جوش محیطی لوله بو سیله یک منبع پرتو در مرکز انحنا پرتودهی شود، حداقل باید از سه IQI در فواصل مساوی استفاده شود. در انتخاب IQI نباید ورق پشت‌بند به عنوان بخشی از جوش یا جوش تقویتی در نظر گرفته شود.

جدول ۱۰-۱۸

انتخاب و جانمایی IQI								
نوع IQI	T برابر $L \geq 250mm$		T برابر $L < 250mm$		T نابرابر $L \geq 250mm$		T نابرابر $L < 50mm$	
	روزنه‌ای	رشته‌ای	روزنه‌ای	رشته‌ای	روزنه‌ای	رشته‌ای	روزنه‌ای	رشته‌ای
تعداد IQI جوش محیطی لوله	3	3	3	3	3	3	3	3
استاندارد ASTM	E1025	E747	E1025	E747	E1025	E747	E1025	E747
جدول	10.16	10.17	10.16	10.17	10.16	10.17	10.16	10.17
شکل	8.6		8.7		8.8		8.9	

یادداشت:

(۱) T: ضخامت اسمی فلز پایه (T1 و T2 در شکل‌ها)

(۲) L: طول جوش در ناحیه مورد نظر در هر پرتونگاری

(۳) به منظور دستیابی به ضخامت مجاز جوش تقویتی، می‌توان T را افزایش داد، مشروط بر اینکه از لاتون[1]های زیر IQI روزنه‌ای مطابق با بند ۸-۷-۳-۳ استفاده شود.

۱۰-۲۸- الزامات تکمیلی آزمون پرتونگاری برای اتصالات لوله‌ای و قوطی

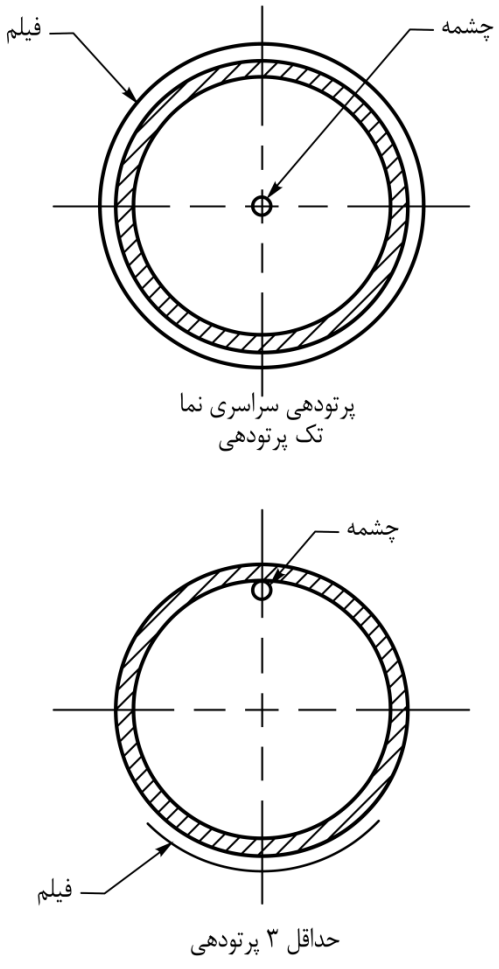
۱۰-۲۸-۱- جوش‌های شیاری محیطی در درزهای لب به لب

روش مورد ا ستفاده در پرتونگاری درزهای لب به لب محیطی باید قابلیت پو شش دادن کل محیط را دا شته با شد. روش مورد استفاده ترجیحاً باید به صورت پرتودهی تک دیواره - مشاهده تک دیواره باشد. در جایی که دسترسی یا اندازه لوله مانع از این امر باشد، می‌توان از روش‌های پرتودهی دو دیواره- مشاهده تک دیواره یا پرتودهی دو دیواره- مشاهده دو دیواره استفاده کرد.

1- Shim

۱۰-۲۸-۱-۱- پرتودهی تک دیواره- مشاهده تک دیواره

چشمه پرتودهی باید داخل لوله و فیلم باید بیرون لوله قرار گیرد (شکل ۱۰-۲۶). اگر الزامات چشمه به شی فراهم باشد می‌توان از پرتودهی سراسر نما[1] استفاده کرد، اگر نه باید از حداقل ۳ پرتودهی بهره برد. انتخاب و جانمایی IQI می‌تواند در سمت چشمه در لوله باشد. اگر این امکان فراهم نبود می‌توان آن را در سمت فیلم لوله قرار داد.

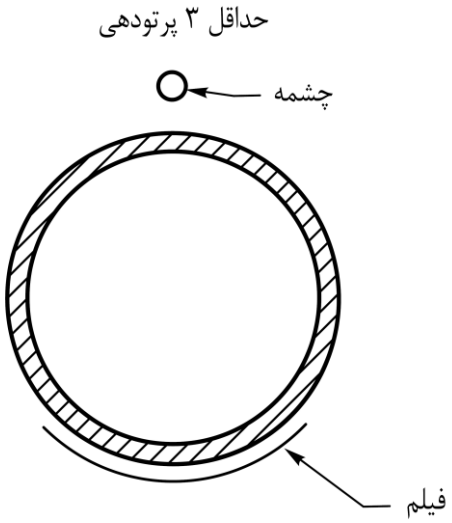


شکل ۱۰-۲۶- پرتودهی تک دیواره – مشاهده تک دیواره

۱۰-۲۸-۱-۲- پرتودهی دو دیواره - مشاهده تک دیواره

در جایی که امکان دسترسی یا وضعیت هندسی مانع از پرتودهی تک دیواره شود، می‌توان چشمه را در بیرون لوله و فیلم را در دیواره مخالف لوله قرار داد (شکل ۱۰-۲۷). حداقل ۳ پرتودهی برای پوشش کل محیط لوله لازم است. می‌توان انتخاب و جانمایی IQI را در سمت فیلم لوله انجام داد.

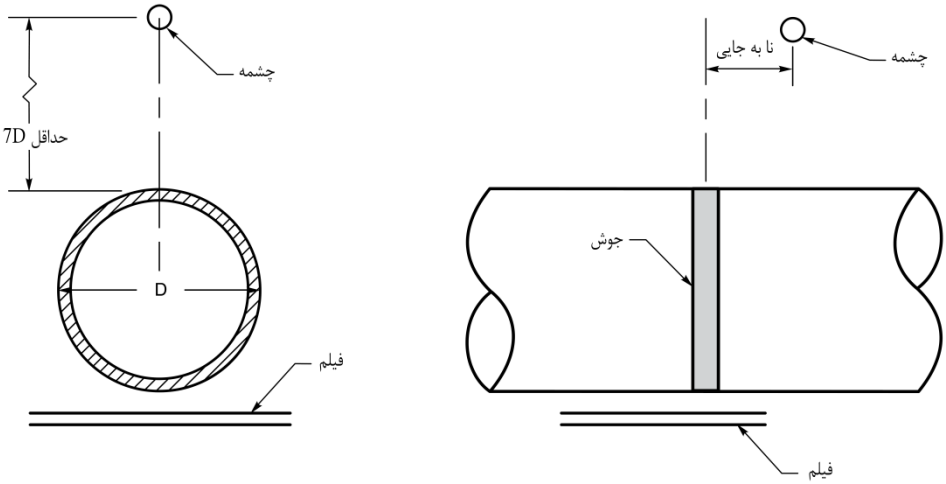
1- Panoramic



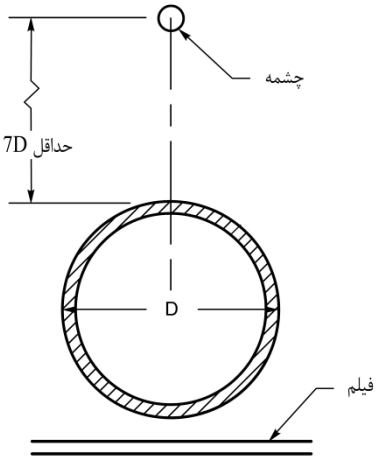
شکل ۱۰-۲۷- پرتودهی دو دیواره – مشاهده تک دیواره

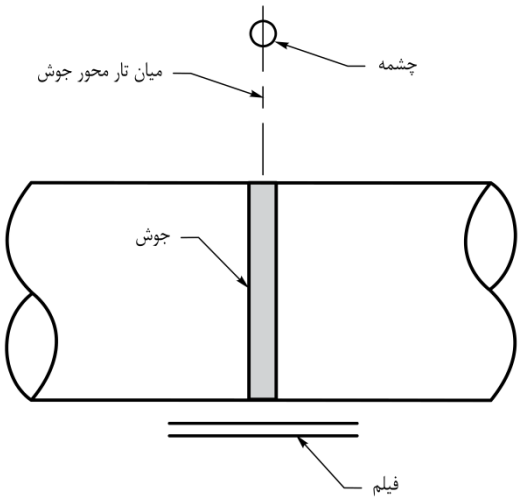
۱۰-۲۸-۱-۳- پرتودهی دو دیواره – مشاهده دو دیواره

وقتی قطر بیرونی لوله ۹۰ میلی‌متر یا کمتر باشد، می‌توان هر دو سمت چشمه و فیلم لوله را روی فیلم تصویربرداری کرد و هر دو دیواره را برای پذیرش مشاهده نمود. چشمه پرتودهی باید به اندازه حداقل هفت برابر قطر خارجی لوله از آن، فاصله داده شود. امتداد پرتودهی باید از صفحه میان تار جوش، با زاویه کافی، فاصله داده شود تا تصویر هر دو سمت پرتودهی و فیلم جداره لوله از هم جدا شوند. هیچ یک از نواحی روی هم افتاده این دو قسمت نباید تفسیر شود. حداقل دو پرتودهی در زاویه ۹۰° نسبت به هم نیاز است (شکل ۱۰-۲۸). می‌توان جوش را با برهم نهی دو جوش متقابل هم پرتونگاری کرد. در این صورت به حداقل ۳ پرتودهی در زوایای ۶۰° از هم نیاز است (شکل ۱۰-۲۹) . در هر یک از این دو روش IQI باید در سمت چشمه لوله قرار گیرد.



شکل ۱۰-۲۸- پرتودهی دو دیواره – مشاهده دو دیواره (بیضوی)، حداقل دو پرتودهی





شکل ۱۰-۲۹- پرتودهی دو دیواره – مشاهده دو دیواره، حداقل سه پرتودهی

۱۰-۲۹- آزمون فراصوت (UT) اتصالات T، Y و K در مقاطع لوله‌ای و قوطی

۱۰-۲۹-۱- دستورالعمل

همه آزمایش‌های فرا صوت باید مطابق روش مکتوب شده‌ای انجام شوند که تو سط فرد دارای گواهینامه SNT-TC-1A سطح III و دارای تجربه آزمایش‌های فراصوت در مقاطع لوله‌ای و قوطی، تهیه و تأیید شده باشد. روش انجام باید بر ا ساس الزامات این ف صل و بخش ج ف صل ه شت با شد. روش انجام باید حداقل شامل اطلاعات زیر در خ صوص روش و جزئیات آزمایش فراصوت باشد:

(۱) نوع پیکربندی درز جوش مورد بررسی (مثلاً دامنه قطر، ضخامت و زاویه دووجهی). روش‌های معمول به قطر لوله ۳۲۵ میلی‌متر و بی شتر، ضخامت‌های ۱۲ میلی‌متر و بی شتر و زاویه صفحه ۳۰° و بزرگتر محدود می شوند. روش‌های ویژه برای اندازه‌های کوچکتر قابل ا ستفاده ا ست به شرط آن که با ا ستفاده از اداوات کوچکتر ارزیابی شده باشند.

(۲) معیار پذیرش برای هر نوع و هر اندازه جوش

(۳) انواع تجهیزات آزمایش فراصوت (برند و مدل)

(۴) فرکانس ترنسدیوسر، اندازه و شکل ناحیه فعال، زاویه پرتو و نوع گوه روی شناساگر زاویه پرتو. روش‌های انجام با ا ستفاده از ترنسدیو سرهای تا فرکانس ۶ مگاهرتز، اندازه‌های کوچک تا ۶ میلی‌متر و شکل‌های متفاوت از موارد ذکر شده، قابل استفاده هستند به شرط آن که مطابق این بخش ارزیابی شده باشند.

(۵) آماده‌سازی سطح و سیال واسطه[1] (در صورت استفاده)
(۶) نوع واحد کالیبراسیون و انعکاس دهنده مبنا
(۷) روش کالیبراسیون و دقت مورد نیاز برای فاصله (رفت و برگشت[2])، خطی بودن عمودی، پخش پرتو، زاویه، حساسیت و تفکیک‌پذیری
(۸) دوره‌های کالیبراسیون مجدد برای هر یک از موارد بند ۷
(۹) روش تعیین پیوستگی آکوستیکی فلز پایه (بند ۱۰-۲۹-۴) و روش سازماندهی هندسه به عنوان تابعی از زاویه دو وجهی و ضخامت
(۱۰) الگوی اسکن و حساسیت (بند ۱۰-۲۹-۵)
(۱۱) ضریب اصلاح انتقال برای انحنا و زبری سطح (در جایی که از روش‌های دامنه استفاده شده باشد، بند ۱۰-۲۹-۳)
(۱۲) روش‌های تعیین زاویه مؤثر پرتو (در مصالح انحنا داده شده)، نمایه سازی ناحیه ریشه و محل ناپیوستگی‌ها
(۱۳) روش تعیین طول و ارتفاع ناپیوستگی‌ها
(۱۴) روش صحت سنجی ناپیوستگی در زمان کندن و تعمیر

۱۰-۲۹-۲- نیروی انسانی

اضافه بر الزامات نیروی انسانی موضوع بند ۸-۱۴-۶، در زمان بررسی اتصالات T، Y و K، لازم است اپراتور توانایی اجرای فنون خاص مورد نیاز برای انجام چنین بررسی هایی را نشان دهد. به این منظور باید آزمون‌های عملی بر روی جوش‌های نمونه انجام شود. این جوش‌های نمونه[3] باید نماینده‌ای از نوع جوش‌های مورد بازرسی، شامل زوایای دو وجهی و ضخامت‌های مختلف باشد که دامنه جوش‌های واقعی زمان ساخت را پوشش دهد. آزمون‌ها باید با استفاده از دستورالعمل‌های منطبق با موضوعی که ارزیابی و تأیید شده‌اند، انجام شود. هر نمونه آزمون باید حاوی ناپیوستگی‌های طبیعی یا مصنوعی با شدت که به حصول نشانه‌های فراصوت (UT) بالاتر و پایین‌تر از معیار مردودی مشخص شده در دستورالعمل تأیید شده، منجر شود. عملکرد اپراتور باید بر اساس توانایی وی در تعیین اندازه و دسته بندی هر یک از ناپیوستگی‌ها براساس سطح دقت مورد نیاز برای پذیرش یا رد هر جوش و موقعیت یابی دقیق ناپیوستگی‌های غیرقابل قبول در طول خط جوش و نیز در مقطع جوش، مورد قضاوت قرار گیرد. حداقل ٪۷۰ ناپیوستگی های غیرقابل قبول باید به درستی غیرقابل قبول تشخیص داده شوند. همه ناپیوستگی‌هایی که بیش از دو برابر بزرگتر از حداکثر بعد قابل پذیرش باشند یا دامنه‌ای بیش از ۶db داشته باشند باید به درستی جانمایی و گزارش شوند.

۱۰-۲۹-۳- کالیبراسیون

روش‌های ارزیابی و کالیبراسیون تجهیزات آزمایش فراصوت باید منطبق بر الزامات روش‌های تأیید شده و قسمت ج فصل ۸، به استثنای موارد زیر باشند.

---

1 - Couplant
2 - Sweep
3 - Mock up (مدل)

۱۰-۲۹-۳-۱- دامنه

دامنه (فاصله) کالیبراسیون باید، شامل حداقل فاصله مسیر صوت مورد استفاده در یک بازرسی مشخص باشد. این فاصله را می‌توان طوری تنظیم کرد که نمایانگر هر یک از، م سافت طی شده صوت، فا صله سطح و یا عمق معادل زیر سطح تماس باشد که در امتداد مقیاس افقی ابزار نمایش داده می‌شود، همانطور که در دستورالعمل، تأیید شده است.

۱۰-۲۹-۳-۲- کالیبراسیون حساسیت

حساسیت استاندارد برای بازرسی جوش‌های ساخت با استفاده از روش‌های مبتنی بر دامنه باید برابر مقدار زیر باشد.
حساسیت پایه + اصلاح دامنه فاصله + اصلاح انتقال
کالیبراسیون، برای هر درز جوش مورد بازرسی، باید حداقل یک بار انجام شود. به استثنای این که برای آزمون‌های تکراری روی مرزهای با اندازه و پیکربندی یکسان، تواتر کالیبراسیون بند ۸-۲۴-۳ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

(۱) **حساسیت پایه:** ارتفاع سطح مبنای صفحه به دست آمده از حداکثر انعکاس ناشی از سوراخ به قطر ۱/۵ میلی‌متر در بلوک نوع IIW (یا هر نوع بلوک دیگر که حساسیت کالیبراسیون پایه مشابهی را نتیجه بدهد) به روش شرح داده شده در بند ۸-۲۴ (یا بند ۸-۲۷)

(۲) **اصلاح دامنه فاصله:** سطح حساسیت باید به نحوی تنظیم شود که افت میرایی ناشی از محدوده مسیر حرکت صورت را جبران کند. این کار می تواند به واسطه استفاده از منحنی‌های اصلاح دامنه فاصله، ابزارهایی الکترونیکی یا به روش بند ۸-۲۵-۶-۴ انجام شود. در صورت استفاده از ترانسدیو سرهای با فرکانس بالا، لازم است اثر کاهندگی بیشتری لحاظ شود. می‌توان از اصلاح انتقال برای جبران اثر عبور امواج فراصوت از لایه‌های سفت رنگ با ضخامت کمتر از ۰/۲۵ میلی‌متر استفاده کرد.

۱۰-۲۹-۴- بررسی فلز پایه

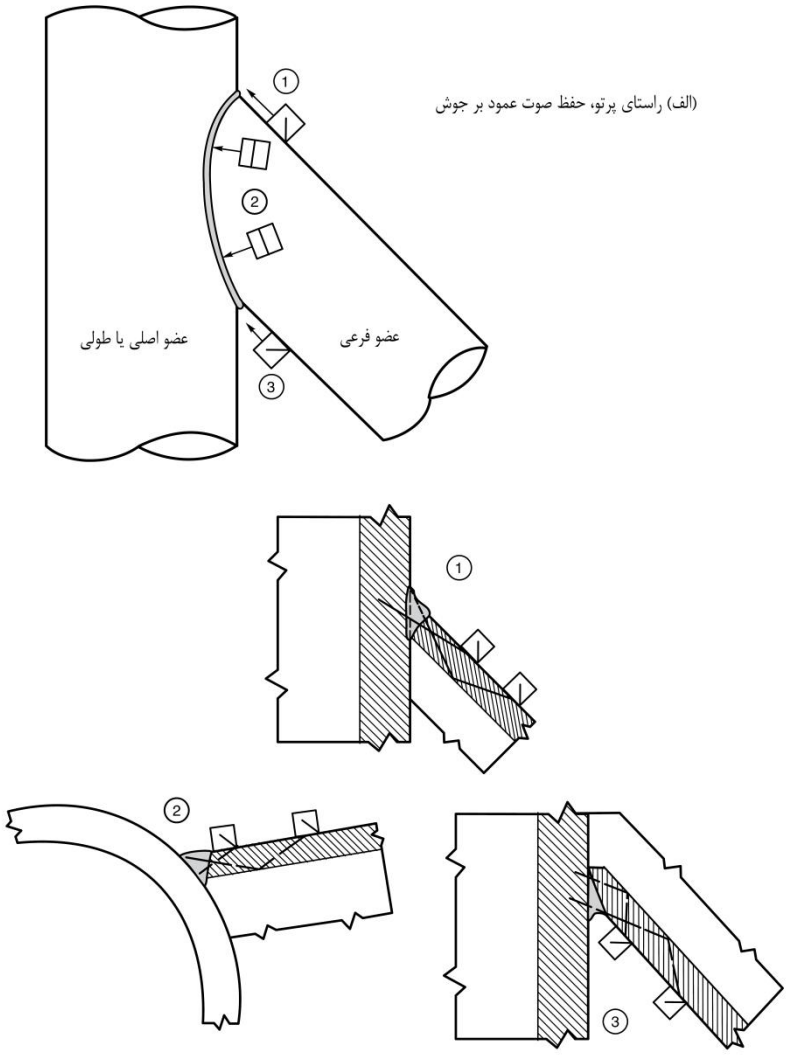
کل ناحیه‌ای که باید تحت روبش[1] آزمایش فراصوت قرار گیرد لازم است تا با روش موج‌های طولی مورد بررسی قرار گیرد تا انعکاس دهنده‌های خطی[2] که ممکن است در انتشار امواج جهت‌دار مورد نظر تداخل ایجاد کند، شناسایی شوند. همه نواحی حاوی انعکاس دهنده‌های خطی به منظور شناسایی، باید پیش از بازرسی جوش علامت‌گذاری شوند و تبعات آن در انتخاب زاویه واحد شناساگر و روش روبش برای بازرسی نواحی جوش، مد نظر قرار گیرد.

۱۰-۲۹-۵- روبش جوش

روبش جوش در اتصالات T، Y و K باید از سمت سطح عضو فرعی انجام شود (شکل ۱۰-۳۰).
همه بررسی‌ها در صورت امکان باید در ساق I و ساق II انجام شود. برای روبش اولیه، حساسیت باید به میزان ۱۲db بیش از مقدار تعیین شده در بند ۱۰-۲۹-۳ برای بیشینه مسیر صوت، افزایش یابد. برآورد نشانه‌ها باید با مبنا قرار دادن حساسیت استاندارد انجام شود.

---

1 - Scanning
2- Laminar reflector



(ب) مسیر- V از تک ساق و چند ساق و زوایای مختلف مورد نیاز برای پوشش کامل جوش شامل ناحیه ریشه استفاده شود.

شکل ۱۰-۳۰- روش‌های روبش

۱۰-۲۹-۶- زاویه بهینه

نشانه‌هایی که در ناحیه ریشه جوش‌های شیاری در درزهای لب‌به‌لب و در امتداد صفحه ذوب جوش‌ها یافت شوند، باید با زاویه ۷۰°، ۶۰° یا ۴۵° مجدداً بازرسی شوند. زاویه انتخابی باید نزدیکترین مقدار به امتداد عمود بر صفحه ذوب مورد انتظار باشد.

۱۰-۲۹-۷- برآورد ناپیوستگی

ناپیوستگی‌ها باید با استفاده از ترکیبی از روش‌های مبتنی بر دامنه و پرتو مرزی برآورد شوند. ابعاد ناپیوستگی باید حسب مورد بر اساس طول و ارتفاع (بعد عمق) یا دامنه ارائه شوند. دامنه باید نسبت به کالیبراسیون استاندارد باشد. ناپیوستگی‌ها باید به عنوان خطی یا صفحه‌ای طبقه‌بندی شوند. این کار با توجه به تغییرات دامنه در حین حرکت دادن ترنسدیوسر روی کمانی به مرکز انعکاس دهنده صورت می‌گیرد. موقعیت ناپیوستگی ها در مقطع جوش و همین طور نسبت به یک نقطه مبنای معین در محور جوش باید مشخص شود.

۱۰-۲۹-۸- گزارش‌ها

۱۰-۲۹-۸-۱- فرم‌ها

فرم گزارش که به صورت واضح، کار و ناحیه بازرسی را مشخص می‌کند باید در زمان بازرسی توسط اپراتور آزمایش فراصوت تکمیل شود. گزارش با جزئیات و کروکی نشان دهنده موقعیت هر ناپیوستگی در طول محور جوش، موقعیت در مقطع جوش، اندازه (یا درجه عیب)، وسعت، راستا و طبقه‌بندی آن باید برای هر جوشی که در آن علائم قابل توجه رویت شده، تکمیل شود.

۱۰-۲۹-۸-۲- ناپیوستگی های گزارش شده

ناپیوستگی‌هایی که به اندازه غیرقابل قبول نزدیک می‌شوند، به ویژه آن‌هایی که در ارزیابی‌شان تردیدهایی وجود دارد باید گزارش شوند.

۱۰-۲۹-۸-۳- بازرسی ناقص

نواحی که بازرسی کامل آن‌ها عملی نبوده است باید ذکر شوند. علت ناقص بودن بازرسی نیز باید گزارش شود.

۱۰-۲۹-۸-۴- نشانه‌گذاری مرجع

نقطه مرجع و موقعیت و گستردگی ناپیوستگی‌های غیر قابل قبول باید به صورت فیزیکی روی قطعه نشانه گذاری شوند مگر این که خلاف آن مشخص شود.

فصل ۱۱

مقاوم‌سازی و تعمیر سازه‌های موجود

۱۱-۱- محدوده

مقاوم‌سازی و تعمیر سازه موجود باید شامل اصلاحاتی باشد که الزامات طراحی مدنظر مهندس طراح برآورده شود. این فصل شامل الزامات مربوط به طرح جامع انجام کار شامل طراحی، روش اجرا، بازرسی و مستندسازی است. استفاده از روش‌های افزایش عمر خستگی نیز شرح داده شده است.

۱۱-۲- عمومی

مهندس باید طرحی جامع برای انجام کار تهیه نماید. این طرح باید شامل، اما نه محدود به، طراحی، روش اجرا، بازرسی و مستندسازی باشد. به جز مواردی که در این فصل اصلاح شده است، تمامی ضوابط این آیین‌نامه برای مقاوم‌سازی و تعمیرات سازه‌های موجود ازجمله اصلاح حرارتی اعضای کج شده، باید اعمال شود.

۱۱-۳- فلز پایه

۱۱-۳-۱- تحقیق و بررسی

قبل از تهیه نقشه‌ها و مشخصات فنی برای مقاوم‌سازی یا تعمیر سازه‌های موجود، نوع فلز پایه مورد استفاده در سازه اصلی باید از نقشه‌ها، مشخصات فنی یا از طریق آزمایشات تعیین رده فلز پایه تعیین شود.

۱۱-۳-۲- مناسب جوشکاری بودن

مناسب بودن فلز پایه برای جوشکاری باید مشخص شود.*

۱۱-۳-۳- سایر فلزات پایه

در مواردی که فلز پایه‌ای غیر از فلزات معرفی شده در جدول ۵-۳ استفاده شود، مهندس ناظر باید ملاحظات ویژه‌ای در انتخاب فلز پرکننده و دستورالعمل‌های جوشکاری در نظر بگیرد.

*- برای راهنمایی به پیوست C آیین‌نامه AWS D1.1 (2020)، جدول C-11.1 مراجعه شود.

۱۱-۴- طراحی برای مقاوم سازی و تعمیر

۱۱-۴-۱- فرایند طراحی

فرایند طراحی باید مقررات و آیین‌نامه‌های حاکم و سایر بخش‌های مشخصات فنی عمومی را دربرگیرد. مهندس طراح باید نوع و گستره بررسی‌های لازم را برای شناسایی شرایط موجودی که نیازمند تقویت یا تعمیر می‌باشد، مشخص نماید.

۱۱-۴-۲- تحلیل تنش

تحلیل تنش‌ها در محدوده‌ای که به سبب مقاوم‌سازی یا تعمیر تحت تاثیر قرار می‌گیرد، باید انجام شود. سطح تنش باید برای همه حالت‌های بار مرده و بار زنده درجا تعیین شود. خسارت تجمعی که ممکن است اعضا در سرویس قبلی متحمل شده باشد باید در نظر گرفته شود.

۱۱-۴-۳- تاریخچه خستگی

اعضای تحت بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) باید مطابق با ضوابط تنش‌های خستگی طراحی شوند. تاریخچه بارگذاری قبلی باید در طراحی در نظر گرفته شود. در صورتی‌که تاریخچه بارگذاری قبل در دسترسی نباشد باید تخمین زده شود. از روش‌های عملی مانند کاهش دامنه تنش، استفاده از هندسه اتصال با تمایل کمتر به شکست خستگی و روش‌های دیگر ذکر شده در بند ۱۱-۵، می‌توان برای افزایش عمر خستگی استفاده کرد.

۱۱-۴-۴- ترمیم یا جایگزینی

باید تعیین شود که تعمیرات شامل ترمیم قطعات خورده شده یا آسیب دیده یا تعویض کل اعضا باشد.

۱۱-۴-۵- بارگذاری حین عملیات

مهندس باید میزان باری را که یک عضو مجاز است در حین انجام عملیات حرارتی، جوشکاری یا برش حرارتی تحمل کند، تعیین نماید. در صورت لزوم بارها باید کاهش یابد. پایداری موضعی و عمومی عضو باید با در نظر گرفتن تاثیر دمای بالا که در قسمت‌هایی از سطح مقطع گسترش می‌یابد، بررسی شود.

۱۱-۴-۶- اتصالات موجود

اتصالات موجود در سازه‌هایی که نیاز به مقاوم سازی یا تعمیر دارد باید از نظر کفایت طراحی ارزیابی شود و در صورت نیاز تقویت شود.

۱۱-۴-۷- استفاده از وسایل اتصال موجود

هنگامی که محاسبات طراحی نشان دهد که پرچ‌ها یا پیچ‌ها در اثر بار کلی جدید تحت تنش بیش از حد[1] قرار گرفته است، فقط بار مرده موجود باید به آنها اختصاص داده شود. اگر پیچ‌ها یا پرچ‌ها با بار مرده به تنهایی تحت تنش بیش از حد قرار گیرند یا در معرض بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) قرار داشته باشند، باید فلز پایه و جوش کافی برای تحمل بار کل اضافه شود.

۱۱-۵- افزایش عمر خستگی

۱۱-۵-۱- روش‌ها

در صورتی‌که دستورالعمل مکتوب به تایید مهندس طراح رسیده باشد، روش‌های زیر برای بازسازی جزئیات جوش بحرانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

(۱) **بهبود نمای جوش.** تغییرشکل سطح جوش به روش سنگ‌زنی انگشتی برای بدست آوردن نمای جوش مقعر با تبدیل ملایم از فلز پایه به فلز جوش.

(۲) **سنگ‌زنی پنجه جوش.** تغییرشکل پنجه جوش به تنهایی با روش سنگ‌زنی انگشتی. سنگ‌زنی پنجه جوش باید در امتداد خط مرکزی پنجه برای هر دوی اتصالات لوله‌ای و غیر لوله‌ای، انجام شود. سنگ‌زنی باید تا عمق ۰٫۸ تا ۱ میلی‌متر از سطح و یا ۰٫۵ تا ۰٫۸ میلی‌متر زیر عمیق‌ترین بریدگی تا حداکثر عمق ۲ میلی‌متر یا ۵ درصد از ضخامت ورق، هرکدام بزرگتر بود، انجام پذیرد. زاویه ابزار نسبت به جهت حرکت باید ۴۵ درجه باشد تا علائم سنگ‌زنی روی سطح، عمود بر خط پنجه جوش ایجاد شود. انتهای جوشی که تحت تنش طولی قرار می‌گیرد، نیازمند مراقبت ویژه است. مرحله پرداخت برای دستیابی به سطح مناسب باید سبک باشد. بعد از سنگ‌زنی باید به صورت چشمی به همراه آزمایش مغناطیسی یا نفوذ مایعات برای بررسی هرگونه بریدگی باقی مانده بررسی شود.

(۳) **تقه‌کاری.** تقه‌کاری با ساچمه روی سطح جوش یا تقه‌کاری با چکش روی پنجه جوش. تقه‌کاری برای فولادهای با مقاومت تسلیم تا ۸۰۰ مگاپاسکال و ضخامت مساوی یا بزرگتر از ۱۰ میلی‌متر، انجام می‌شود. سر مته چکش باید دارای نوک‌های تقریبا نیم‌کره‌ای با قطر بین ۶ تا ۱۲ میلی متر باشد. فرورفتگی باید متمرکز بر پنجه جوش باشد تا فلز پایه و فلز جوش تغییرشکل دهند و در نتیجه آن، سطحی صاف بدست آید. چکش باید تحت زاویه ۴۵ درجه نسبت به صفحه اصلی و تقریباً عمود بر جهت حرکت نگه‌داشته شود. فرورفتگی در فولاد نرم (مقاومت تسلیم تا ۲۵۰ مگاپاسکال) باید به طور تقریبی ۰٫۵ میلی‌متر؛ در فولاد مقاومت متوسط (مقاومت تسلیم از ۲۵۰

1- Overstress

تا ۴۵۰ مگاپاسکال)، ۰٫۲۵ میلی‌متر؛ و در فولاد با مقاومت بالا (مقاومت تسلیم از ۴۵۰ تا ۸۰۰ مگاپاسکال)، ۰٫۱ میلی‌متر باشد. این اعماق تقریبا معادل چهار مرحله تقه‌زنی می‌باشد. جوش باید به صورت چشمی همراه با آزمون مغناطیسی یا نفوذ مایعات، قبل از تقه‌زنی بازرسی شود. مزیت تقه‌زنی به تنش‌های پسماند فشاری مربوط می‌شود، بنابراین اطمینان از اینکه هیچ گونه عملیات تنش زدایی مانند عملیات حرارتی پس از جوشکاری PWHT پس از این عملیات صورت نپذیرد، بسیار حائز اهمیت است. همچنین هنگامی‌که اتصال در محل بار مرده قرار دارد باید از تقه‌زنی استفاده کرد.

(۴) اصلاح TIG. تغییرشکل پنجه جوش به روش ذوب مجدد فلز جوش موجود با استفاده از حرارت قوس GTAW بدون فلز پرکننده. اصلاح TIG شامل ذوب مجدد فلز جوش تا عمق تقریبی ۲ میلی‌متر در امتداد پنجه جوش، بدون فلز پرکننده اضافی می‌باشد. سطح جوش باید عاری از هرگونه زنگ‌زدگی، سرباره یا پوسته باشد. نوک الکترود باید تمیز و تیز نگهداشته شود. سر ابزار باید با فاصله افقی ۰٫۵ تا ۱٫۵ میلی‌متر از پنجه جوش قرار گیرد. در جایی که چقرمگی ناحیه متأثر از حرارت ممکن است دردسرساز شود، می‌توان از عبور حرارتی دوم استفاده کرد.

(۵) سنگ‌زنی پنجه به علاوه تقه‌کاری چکشی. وقتی با یکدیگر استفاده شوند، مزایای آنها تجمعی خواهد بود. استفاده از این دو مورد با یکدیگر از شروع ترک ناشی از خستگی و سرعت انتشار ترک جلوگیری می‌کند. در اتصالات بحرانی ترکیب این دو مورد مقاومت بالایی در برابر شکست خستگی ایجاد می‌کند. سطح جوش قبل از تقه‌زنی باید تحت بازرسی چشمی به همراه آزمایش مغناطیسی قرار گیرد تا عاری از هرگونه ناپیوستگی باشد و در هر مرحله تقه‌زنی باید به صورت چشمی بازرسی شود.

۱۱-۵-۲- افزایش دامنه تنش

مهندس باید دامنه تنش مجاز را به صورت مناسب افزایش دهد.*

*- برای اطلاعات بیشتر می‌توان به C-11، AWS D1.1 (2020) ملاحظه شود. دامنه تنش جوش مساوی تنش حداکثر منهای تنش حداقل با منظور کردن علامت مثبت برای تنش کششی و علامت منفی برای تنش فشاری است.

۱۱-۶- اجرا و روش

۱۱-۶-۱- شرایط فلز پایه

فلز پایه‌ای که باید تعمیر شود و سطوح فلز پایه موجود که با فلز پایه جدید در تماس خواهد بود باید از وجود آلودگی، زنگ و سایر مواد خارجی به غیر از لایه رنگ چسبیده مطابق درجه تمیزکاری SSPC SP2 (تمیزکاری با ابزار دستی)، تمیزکاری شوند. بخش‌هایی از سطوح که جوشکاری می‌شوند باید به طور کامل از تمام مواد خارجی از جمله رنگ، به فاصله حداقل ۵۰ میلی‌متر از ریشه جوش تمیز شوند.

۱۱-۶-۲- معایب عضوها

با نظر مهندس ناظر، معایب غیرقابل قبول اعضایی که تعمیر یا مقاوم‌سازی می‌شوند، باید قبل از اصلاح حرارتی یا جوشکاری اصلاح شود.

۱۱-۶-۳- تعمیر جوش

اگر تعمیر جوش موردنیاز باشد، باید مطابق با بخش ۷-۲۵ انجام شود.

۱۱-۶-۴- فلز پایه با ضخامت ناکافی

خوردگی یا سایش باعث کاهش مقطع و ضخامت فلز پایه می‌شود و ممکن است ضخامت لازم برای تأمین اندازه جوش مناسب را برآورده نکند. فلز پایه‌ای که ضخامت آن برای دستیابی به بعد جوش مورد نیاز و یا ظرفیت مورد نیاز کافی نباشد باید به تشخیص مهندس ناظر به یکی از روش‌های زیر ضخامت لازم را بدست آورد:

(۱) با فلز جوش به ضخامت موردنیاز برسد.

(۲) برش داده شود تا ضخامت کافی در دسترس باشد.

(۳) با فلز پایه اضافی تقویت شود.

(۴) بریده شده و با فلز پایه با ضخامت یا مقاومت کافی جایگزین شود.

۱۱-۶-۵- صافکاری یا اصلاح حرارتی

در صورتی‌که از روش‌های صافکاری حرارتی استفاده می‌شود، حداکثر دمای نواحی گرم‌شده که با استفاده از گچ حرارتی یا سایر ابزارها اندازه‌گیری می‌شود، نباید از ۶۰۰ درجه سلسیوس برای فولاد آبدیده و بازپخت شده و از ۶۵۰ درجه برای سایر فولادها بیشتر باشد. سردکردن سریع فولاد در دمای بالاتر از ۳۱۵ درجه ممنوع است.

۱۱-۶-۶- توالی جوشکاری

برای مقاوم‌سازی یا تعمیر اعضا که با اضافه کردن فلز پایه یا فلز جوش یا هر دو انجام می‌شود، جوشکاری و توالی جوش باید به گونه‌ای باشد که حرارت ورودی حول تار خنثی متعادل شده و تا حد امکان اعوجاج و تغییرشکل‌ها و تنش‌های باقی‌مانده را به حداقل برساند.

۱۱-۷- کیفیت

۱۱-۷-۱- بازرسی چشمی

تمامی اعضا و جوش‌هایی که به‌وسیله انجام کار تحت تاثیر قرار گرفته‌اند باید مطابق برنامه جامع ناظر مورد بازرسی چشمی قرار گیرند.

۱۱-۷-۲- آزمایش‌های غیرمخرب

روش، میزان و حد پذیرش آزمایش‌های غیرمخرب باید در اسناد پیمان مشخص شود.

فصل ۱۲

فرایندهای جوشکاری

۱۲-۱- جوش قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار (SMAW)

۱۲-۱-۱- اصول

جوش قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار یکی از متداول‌ترین، ساده‌ترین و شاید کارآمدترین روش‌هایی است که برای جوشکاری فولاد ساختمانی به کار می‌رود. در محاورات فنی، این روش به نام جوش دستی (با الکترود) خوانده می‌شود.

حرارت با برقرار نمودن قوس الکتریکی بین یک الکترود پوشش‌دار و فلز پایه ایجاد می‌شود. مدار جوشکاری در شکل ۱۲-۱- الف، نمایش داده شده است.

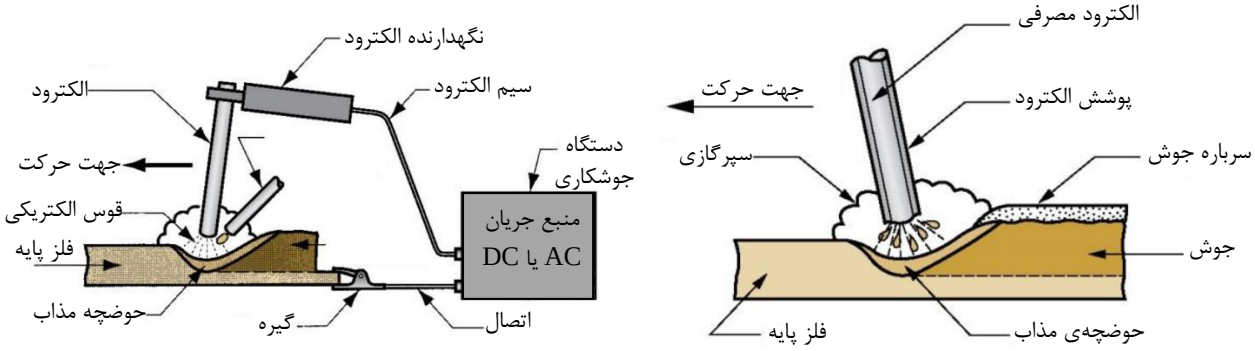
در جریان جوشکاری با ذوب فلز الکترود و فلز پایه، الکترود پوشش‌دار مصرف می‌شود. فلز الکترود تبدیل به ماده پرکننده می‌شود و قسمتی از پوشش به گاز محافظ و قسمت دیگر آن به سرباره جوش تبدیل می‌شود. پوشش، مخلوطی گل‌مانند از سیلیکات‌های سخت‌کننده و مواد گردی مانند فلورایدها، کربنات‌ها، اکسیدها، آلیاژهای فلزی و سلولز است. این مخلوط، پخته و فشرده شده تا پوششی سخت و خشک و متراکم را به وجود بیاورد.

پوشش الکترود که همانند ماده حفاظت کننده است، وظایف زیر را به عهده دارد:

(۱) با ایجاد سپرگازی، هوا را جدا ساخته، قوس را تثبیت می‌کند.

(۲) مواد دیگری مانند احیاءکننده‌ها را وارد فلز جوش کرده و بافت ساختمانی آن را بهبود می‌بخشد.

(۳) با ایجاد روکشی از سرباره جوش روی حوضچه مذاب و جوش سخت‌شده، آنها را در مقابل اکسیژن و نیتروژن هوا محافظت کرده، در ضمن مانع سرد شدن سریع جوش می‌شود.



(الف) مدار جوشکاری قوسی (ب) جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار

شکل ۱۲-۱- جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار (جوشکاری دستی)

۱۲-۱-۲- تجهیزات

جوشکاری SMAW با استفاده از منبع تغذیه با خروجی جریان ثابت انجام می‌شود. خروج منبع تغذیه می‌تواند جریان متناوب (AC) یا جریان مستقیم (DC) باشد. در صورت وجود منبع الکتریکی اولیه، از ترانسفورماتور برای تبدیل جریان

متناوب ولتاژ بالا به خروجی با آمپر بالای مناسب برای جوشکاری استفاده می‌شود. امروزه تجهیزات اینورتر[1] سبک و بسیار قابل حمل، این عملکرد را با کارایی بیشتر و هزینه‌های عملیاتی کمتر برای کارهای سبک ارائه می‌دهند. در صورتی‌که برق اولیه وجود نداشته باشد، همان تجهیزات با استفاده از سیستم‌های تولید برق قابل حمل[2] تغذیه می‌شوند. همچنین تجهیزات موتور جوشکاری بنزینی یا گازوئیلی یا سوخت پروپان برای تولید توان مستقیم جوشکاری استفاده می‌شود.

۱۲-۱-۳- الکترود مصرفی

الکترودهای SMAW از یک هسته نیم‌جامد با پوششی از مواد به نام فلاکس، تشکیل شده است. مواد پوشش از نظر ترکیب متفاوت هستند، اما هدف همه پوشش‌ها محافظت از فلز جوش مذاب در برابر اتمسفر است. پس از انجام این وظیفه، پوشش مذاب بصورت سرباره روی جوش را می‌پوشاند که پس از جوشکاری حذف می‌شود.

۱۲-۲- جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW)

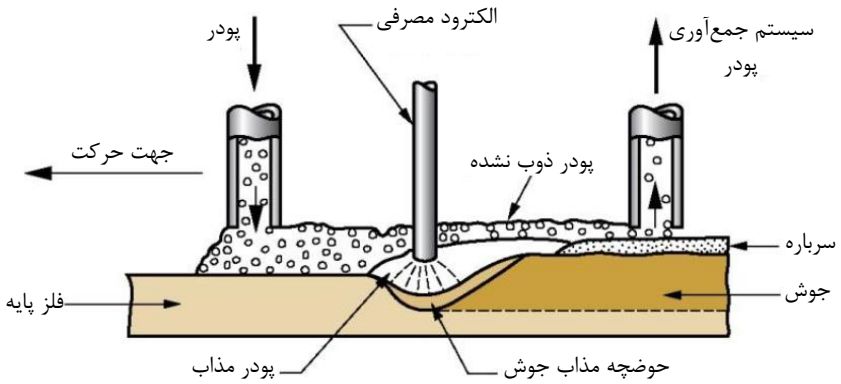
۱۲-۲-۱- اصول

در جوشکاری به روش زیرپودری، ماده محافظ، به صورت یک نوار پودری روی درز ریخته می‌شود. سپس قوس الکتریکی بوسیله الکترود لخت در زیر این پودر برقرار می‌شود. در حین جوشکاری، قوس زیرپودر برقرار شده و دیده نمی‌شود (شکل ۱۲-۲).

الکترود فلزی لخت، که در این نوع جوشکاری از آن استفاده می‌شود، به مصرف پرکردن درز می‌رسد. انتهای الکترود به طور دائم به وسیله پودر[3] ذوب شده‌ای که روی آن لایه دیگری از پودر ذوب نشده به صورت دانه‌ای قرار دارد، حفاظت می‌شود.

پودر که عامل مشخصه این روش جوشکاری است، روکشی ایجاد می‌کند که اجازه می‌دهد عمل جوشکاری بدون پراکندگی، جرقه زدن با ایجاد دود انجام پذیرد. پودر دانه‌ای به طور خودکار روی خط جوش و در پیشاپیش الکترود، که در حال حرکت به جلو می‌باشد، قرار می‌گیرد. این ماده حوضچه مذاب را در مقابل گازهای هوا محافظت نموده به تمیزی فلز جوش کمک می‌کند، در ضمن ترکیب شیمیایی فلز جوش را نیز بهبود می‌بخشد.

1- Inverter
2- Protable Power Generation System
3- Flux



شکل ۱۲-۲- جوشکاری قوسی زیرپودری

جوش‌هایی که به روش قوسی زیرپودری ایجاد می‌شوند به طور معمول یکدست بوده، از کیفیت بالایی برخوردارند، شکل‌پذیری خوبی از خود به نمایش می‌گذارند، در مقابل ضربه مقاومت زیادی دارند، متراکم‌اند و در مقابل عوامل خورنده به خوبی مقاومت می‌کنند. مشخصات مکانیکی چنین جوش‌هایی عموماً به خوبی همان فلز پایه می‌باشد.

جوشکاری به روش قوسی زیرپودری اغلب برای جوش فولاد در کارخانه و برای کار با وسایل خودکار و نیمه‌خودکار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

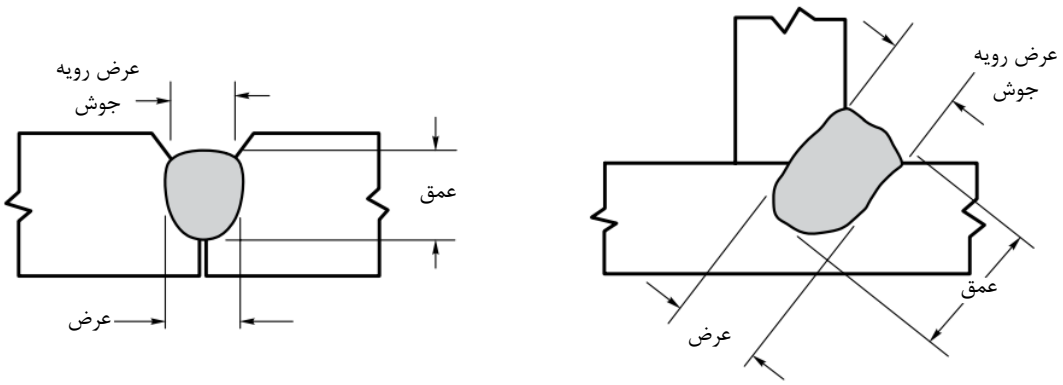
۱۲-۲-۲- ضوابط

۱۲-۲-۲-۱- سطوحی که جوش زیرپودری در روی آنها رسوب می‌کند، و سطوح در تماس با هم[1] باید تمیز و عاری از رطوبت باشند.

۱۲-۲-۲-۲- در صورتی‌که نفوذ کامل ریشه مدنظر باشد و امکان شیارزنی و جوش پشت نباشد، سازنده باید طبق روش پیشنهادی خود نمونه آزمایشی تهیه کرده و سپس با مقطع زدن نشان دهد که روش پیشنهادی وی نفوذ کامل را به وجود می‌آورد. در صورت عدم امکان تهیه مقطع، با تایید مهندس مشاور می‌توان از آزمایش پرتونگاری (رادیوگرافی) استفاده نمود. در هر حال، تایید کیفیت به عهده مهندس مشاور خواهد بود.

۱۲-۲-۲-۳- به منظور حصول ریشه سالم، ریشه جوش‌های شیاری یا گوشه را می‌توان با استفاده از پشت‌بند نوار مسی، پودر آهنی، پودر جوشکاری و یا نوار شیشه‌ای[2]، مهر نمود. مهر کردن ریشه می‌تواند با استفاده از عبور ریشه با الکترود کم‌هیدروژن نیز انجام پذیرد.

۱۲-۲-۲-۴- عمق و حداکثر عرض مقطع هر عبور جوش نباید از عرض رویه در سطح جوش بزرگتر باشد (شکل ۱۲-۳). اگر به کمک آزمایش بتوان نشان داد که جوش موردنظر عاری از هرگونه ترک است، می‌توان از این شرط صرف‌نظر کرد.



عمق و عرض هر عبور جوش نباید از عرض رویه جوش بزرگتر باشد.

شکل ۱۲-۳

1- Faying surfaces
2- Glass tape

۱۲-۲-۲-۵- خال‌جوش‌ها (به شکل جوش گوشه با اندازه ساقی مساوی و یا کوچکتر از ۱۰ میلی‌متر یا در ریشه جوش‌هایی که نیاز به نفوذ خاص در ریشه دارند) نباید تغییر قابل توجهی در ظاهر سطح جوش به وجود آورند و یا باعث کاهش نفوذ جوش شوند. اگر خال‌جوش نتواند این شرایط را به وجود آورد، قبل از جوش اصلی باید برداشته شده و یا اندازه‌اش کاهش داده شود. خال‌جوش‌های موجود در ریشه درزهایی با پشت‌بند فولادی با ضخامت کمتر از ۸ میلی‌متر باید برداشته شده و یا به کمک جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار کم‌هیدروژن، در تمام طول به صورت پیوسته درآیند.

۱۲-۲-۲-۶- در صورتی‌که مشخصات فنی خصوصی یا مدارک قرارداد ایجاب نمایند، آزمایش ضربه باید در برنامه ارزیابی قرار گیرد، آزمایش ضربه مطابق روش‌های استاندارد صورت می‌گیرد.

۱۲-۲-۳- دستورالعمل جوشکاری قوسی زیرپودری با الکترود تک[1]

۱۲-۲-۳-۱- الکترود تک یعنی فقط یک الکترود که به یک مولد متصل است.

۱۲-۲-۳-۲- تمام جوش‌های قوسی زیرپودری، به استثنای جوش گوشه، باید در وضعیت تخت اجرا گردند. جوش گوشه را می‌توان در وضعیت تخت و افقی اجرا نمود، با این محدودیت که حداکثر اندازه ساق یک عبور جوش در وضعیت افقی ۸ میلی‌متر است.

۱۲-۲-۳-۳- ضخامت هر لایه از جوش، به استثنای لایه ریشه و لایه سطحی، نباید از ۶ میلی‌متر بزرگتر باشد. وقتی‌که دهانه ریشه ۱۳ میلی‌متر و یا بیشتر است، باید از روش لایه مضاعف[2] استفاده نمود. روش لایه مضاعف در مواقعی نیز که عرض لایه از ۱۶ میلی‌متر تجاوز می‌کند، باید مورد استفاده قرار گیرد.

۱۲-۲-۳-۴- شدت جریان (آمپر)، اختلاف پتانسیل (ولتاژ) و سرعت حرکت الکترود باید طوری انتخاب شود که هر عبور، ذوب کامل با فلز پایه و جوش اطراف داشته باشد و هیچ‌گونه لوچه[3] یا بریدگی[4] پای‌جوش به وجود نیاید. حداکثر شدت جریان (آمپر) برای عبور جوشی که از دو وجه دارای امتزاج می‌باشد، ۶۰۰ آمپر است. لایه سطحی را می‌توان با شدت جریان بیشتری انجام داد. حداکثر شدت جریان برای انجام جوش گوشه در وضعیت تخت، ۱۰۰۰ آمپر است.

1- Single electrod
2- Split-Layer
3- Over Lap
4- Under cut

۱۲-۲-۴- دستورالعمل جوشکاری قوسی زیرپودری با الکترودهای موازی[1]

۱۲-۲-۴-۱- الکترودهای موازی به معنای دو الکترود می‌باشد که به طور موازی به یک مولد متصل شده‌اند. هر دو الکترود معمولاً به وسیله یک دستگاه تغذیه الکترود، تغذیه می‌شوند. در این حالت، شدت جریان، مجموع شدت جریان دو الکترود می‌باشد.

۱۲-۲-۴-۲- به استثنای جوش‌های گوشه، جوش‌های زیرپودری انجام شده به وسیله الکترودهای موازی، باید در وضعیت تخت انجام شوند. جوش‌های گوشه را می‌توان در وضعیت تخت و یا افقی انجام داد، مشروط بر اینکه اندازه ساق جوش گوشه یک عبوره انجام شده با الکترودهای موازی در وضعیت افقی نباید از ۸ میلی‌متر تجاوز نماید.

۱۲-۲-۴-۳- ضخامت لایه جوش محدود نشده است. در عبور ریشه جوش شیاری، می‌توان از الکترود تک یا موازی استفاده نمود. ضخامت پشت‌بند یا ضخامت ریشه (ضخامت پیشانی) باید برای جلوگیری از ذوب و سوختن، کافی باشد.

در صورتی‌که عرض لایه سطحی جوش شیاری از ۱۳ میلی‌متر تجاوز نماید، الکترودهای موازی باید به طور جانبی حرکت داده شوند و یا از روش لایه مضاعف استفاده شود تا از ذوب کامل لبه‌ها اطمینان حاصل شود. وقتی‌که عرض لایه قبلی از ۱۶ میلیمتر تجاوز کند، باید از روش لایه مضاعف با الکترود مضاعف[2] استفاده نمود.

۱۲-۲-۴-۴- شدت جریان جوشکاری، اختلاف پتانسیل (ولتاژ) قوس، سرعت حرکت و محل نسبی الکترودها باید طوری باشد که هر عبور امتزاج خوبی با فلز پایه مجاور عبورهای قبلی داشته و هیچگونه گودافتادگی[3] در نوار جوش یا بریدگی پای‌جوش به وجود نیاید. به منظور جلوگیری از بروز ترک در ریشه درز، باید مراقب بود که عبورهای اولیه تقعر بیش از اندازه نداشته باشند.

الف- حداکثر شدت جریان در جوش شیاری برابر است با:

(۱) ۷۰۰ آمپر برای الکترودهای موازی در انجام عبور ریشه در شیاری با فاصله ریشه صفر به طوری که عبور شیار را به طور کامل پُر نکند.

1- Parallel electrodes
2- Tandem
3- Depressions

(۲) ۹۰۰ آمپر برای الکترودهای موازی در انجام عبور ریشه در شیاری که دارای تسمه پشت‌بند[1] یا تسمه فاصله دهنده[2] باشد.

(۳) ۱۲۰۰ آمپر برای الکترودهای موازی برای تمام عبورها به استثنای عبور ریشه و عبور لایه نهایی.

(۴) در عبور لایه نهایی هیچگونه محدودیتی برای شدت جریان نیست.

ب- حداکثر شدت جریان برای انجام گوشه با الکترودهای موازی، ۱۲۰۰ آمپر می‌باشد.

۱۲-۲-۴-۵- در جوش‌های شیاری یا گوشه، در صورتی‌که عبور ریشه[3] با فرایند جوشکاری قوسی فلزی تحت حفاظت گاز انجام شود، می‌توان عبورهای بعدی را با فرایند جوشکاری قوسی زیرپودری با الکترود موازی ادامه داد، مشروط براینکه جوشکاری تحت حفاظت گاز منطبق بر ضوابط قسمت ت از این فصل انجام شود و فاصله بین قوس جوش تحت حفاظت گاز و قوس جوش زیرپودری از ۳۸۰ میلی‌متر تجاوز نکند.

۱۲-۲-۴-۶- پیش‌گرمایش و دمای عبورهای میانی برای جوشکاری قوسی زیرپودری با الکترودهای موازی باید مطابق جدول ۵-۸ انتخاب شود.

برای جوش‌های گوشه با اندازه ساق کوچکتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر، هیچگونه کاهشی در اعداد جدول ۵-۸ مجاز نیست.

۱۲-۲-۵- دستورالعمل جوشکاری قوسی زیرپودری با الکترودهای چندگانه[4]

۱۲-۲-۵-۱- منظور از الکترود چندگانه، ترکیبی از ۲ یا چند الکترود تک یا موازی می‌باشد. هر یک از مؤلفه‌های سیستم دارای مولد نیروی مستقل و تغذیه‌کننده الکترود مربوط به خود می‌باشد.

۱۲-۲-۵-۲- به استثنای جوش‌های گوشه، جوشکاری قوسی زیرپودری با الکترودهای چندگانه باید در وضعیت تخت انجام شود. جوش‌های گوشه را می‌توان در وضعیت تخت یا افقی انجام داد، مشروط براینکه اندازه جوش گوشه که در وضعیت تخت انجام می‌شود از ۱۳ میلی‌متر تجاوز نکند.

1- Steel backing
2- Spacer bar
3- Root pass
4- Procedures for submerged arc welding with multiple electrodes

۱۲-۲-۵-۳- ضخامت لایه جوش محدود نشده است. در عبور ریشه جوش‌های شیاری، می‌توان از الکترود تک یا چندگانه استفاده نمود. ضخامت پشت‌بند[1] یا ضخامت ریشه[2] (پیشانی) باید برای جلوگیری از سوختن کافی باشد. در صورتی‌که عرض لایه سطحی بزرگتر از ۱۳ میلیمتر باشد، باید از روش لایه مضاعف[3] استفاده کرد. وقتی‌که عرض لایه قبلی از ۲۵ میلیمتر تجاوز نماید، و فقط از دو الکترود استفاده شود، باید از لایه مضاعف با الکترود مضاعف[4] استفاده شود.

۱۲-۲-۵-۴- شدت جریان جوشکاری، اختلاف پتانسیل (ولتاژ) قوس، سرعت حرکت و محل نسبی الکترودها باید طوری باشد که هر عبور، ذوب و همپوشانی خوبی با فلز پایه و عبورهای قبلی داشته و هیچگونه گودافتادگی[5] یا بریدگی پای جوش به وجود نیاید. به منظور جلوگیری از بروز ترک در ریشه درز، باید مراقب بود که عبورهای اولیه تقعر بیش از حد نداشته باشند.

الف- حداکثر شدت جریان در جوش‌های شیاری باید به صورت زیر باشد:

(۱) ۷۰۰ آمپر برای الکترود تک[6] یا برای الکترودهای موازی[7] در انجام عبور ریشه در شیاری که فاصله ریشه آن صفر است و عبور به طور کامل شیار را پر نمی‌کند.

(۲) ۷۵۰ آمپر برای الکترود تک در انجام عبور ریشه یا ۹۰۰ آمپر برای الکترودهای موازی در انجام عبور ریشه در شیاری که دارای تسمه پشت‌بند یا تسمه فاصله‌دهنده باشد.

(۳) ۱۰۰۰ آمپر برای الکترود تک یا ۱۲۰۰ آمپر برای الکترودهای موازی برای تمام عبورها به استثنای عبور نهایی.

(۴) برای لایه نهایی هیچگونه محدودیتی برای شدت جریان وجود ندارد.

ب- حداکثر شدت جریان برای انجام جوش گوشه مساوی ۱۰۰۰ آمپر برای الکترود تک و ۱۲۰۰ آمپر برای الکترودهای موازی است.

1- Backing
2- Root face
3- Split layer
4- Electrode in tandem
5- Depression
6- Single electrode
7- Paralle electrod

۱۲-۲-۵-۵- در جوش شیاری یا گوشه می‌توان جوش ریشه‌ای که با فرایند جوشکاری قوسی فلزی تحت حفاظت گاز انجام شده را با عبورهای جوشکاری قوسی زیرپودری با الکترود چندگانه ادامه داد، مشروط براینکه جوش تحت حفاظت گاز منطبق بر ضوابط قسمت ت، از این فصل انجام شده و فاصله بین قوس جوشکاری تحت حفاظت گاز و جوشکاری قوسی زیرپودری از ۳۸۰ میلی‌متر تجاوز نکند.

۱۲-۲-۵-۶- پیش‌گرمایش و دمای عبورهای میانی برای جوشکاری قوسی زیرپودری با الکترودهای چندگانه باید مطابق جدول ۵-۸ انتخاب شود.

برای جوش‌های گوشه با اندازه کوچکتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر، هیچگونه کاهشی در اعداد جدول ۴-۳ مجاز نیست.

۱۲-۳- جوشکاری قوسی فلزی تحت حفاظت گاز[1] (GMAW)

۱۲-۳-۱- اصول

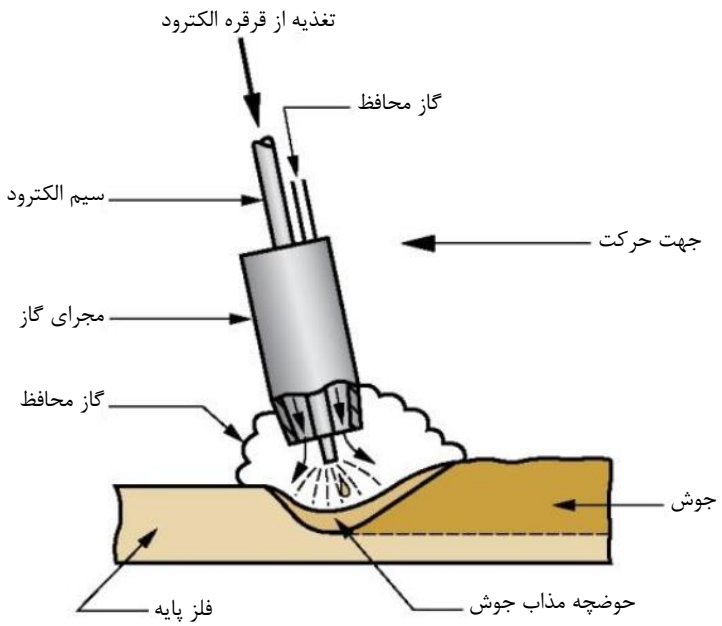
در این روش الکترود یک مفتول لخت پیوسته است که از میان گیره الکترود گذشته و با یک قرقره تغذیه می‌شود (شکل ۱۲-۴).

حفاظت در این روش به طور اصولی با سپری از گاز غیرفعال صورت می‌گیرد. گازهای مرکب به طور معمول به تنهایی برای این منظور به کار نمی‌روند. فقط CO_2 (دی‌اکسید کربن) در این مورد استثناء است. استفاده از CO_2 به تنهایی و یا مخلوط با دیگر گازهای غیرفعال به طور وسیعی در جوشکاری فولاد رواج پیدا کرده است.

۱۲-۳-۲- گاز محافظ

گاز یا مخلوطی از گازها که برای محافظت جوشکاری تحت حفاظت گاز یا سیم توپودری به کار می‌رود، باید دارای نقطه شبنم ۴۰- درجه سلسیوس یا کوچکتر باشد. در صورت درخواست مهندس مشاور، سازنده موظف به ارائه برگ تایید کیفیت و شناسایی کارخانه تولیدکننده گاز که نشان‌دهنده مناسب بودن گاز برای جوشکاری است، می‌باشد.

1- Gas Metal Arc Welding



شکل ۱۲-۴- جوشکاری قوسی فلزی با حفاظت گازی

۱۲-۳-۳- ضوابط

۱۲-۳-۳-۱- در جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در صورت عدم استفاده از پشت‌بند، قبل از انجام هرگونه جوش پشت، ریشه جوش باید شیارزنی شود.

۱۲-۳-۳-۲- انجام جوش‌های تحت حفاظت گاز در صورت وزش باد مجاز نیست، مگر اینکه عملیات جوشکاری بوسیله چادر محافظت شود. حداکثر سرعت مجاز وزش باد در مجاورت جوش، ۸ کیلومتر بر ساعت است.

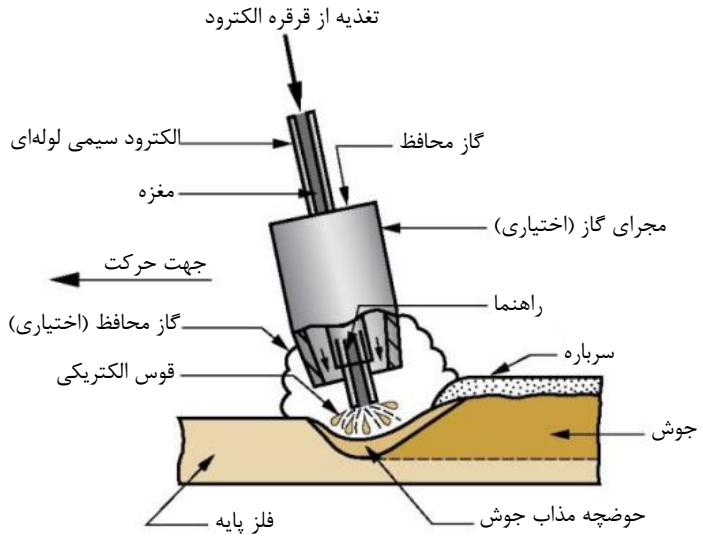
۱۲-۳-۳-۳- در جوش‌های شیاری، برای جلوگیری از سوختن ریشه، می‌توان از پشت‌بندهای مسی، پودری، نوارشیشه، پودرآهن و یا مصالح مشابه استفاده نمود. همچنین می‌توان با استفاده از یک عبور با جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار کم‌هیدروژن، ریشه جوش را مهر نمود.

۱۲-۳-۳-۴- در صورت درج در اسناد مناقصه یا مشخصات فنی خصوصی، آزمایش ضربه[1] باید در برنامه تایید کیفیت جوش قرار گیرد. روش انجام آزمایش ضربه، باید منطبق بر روش‌های استاندارد باشد.

1- Inpact test

۱۲-۴- جوشکاری قوسی با سیم توپودری [1](FCAW)

این روش جوشکاری شبیه جوشکاری به روش تحت حفاظت گاز است، با این تفاوت که الکترود پیوسته فلزی آن لوله‌ای شکل بوده، مواد حفاظتی را در داخل خود دارا می‌باشد. این ماده همان نقشی را به عهده دارد که پوشش در روش جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش‌دار و یا پودر در روش جوشکاری قوسی زیرپودری به عهده دارد. در مورد مفتول‌های قرقره‌پیچ، حفظ پوشش برروی سیم امکان ندارد. بدین منظور سپر گازی به وسیله گاز CO_2 انجام می‌گیرد.



شکل ۱۲-۵

۱۲-۵- جوشکاری الکتریکی گازی و الکتریکی سرباره‌ای

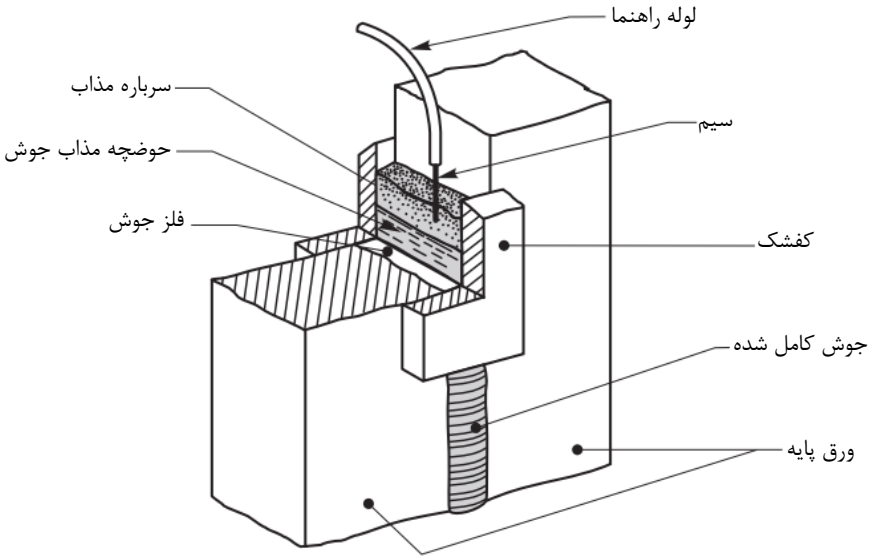
۱۲-۵-۱- جوشکاری الکتریکی گازی (EGW) [2]

جوشکاری الکتریکی گازی ، یک روش ماشینی خودکار برای جوشکاری درزها در وضعیت قائم است. در این روش هم از سیم ممتد لخت و هم از سیم توپودری می‌توان استفاده نمود. این روش قادر به پُرکردن درز جوش ورق‌های ضخیم با یک بار عبور می‌باشد. شیار جوش از دو طرف بوسیله دو کفشک که با جریان آب خنک نگهداشته می‌شود، احاطه می‌شود. کفشک همراه با پیشرفت جوشکاری، به سمت بالا حرکت می‌کند. در نتیجه حوضچه مذاب از دو طرف به طور کامل محصور شده و از ریزش آن جلوگیری می‌شود. جوش را می‌توان با دمیدن گاز و یا استفاده از سیم توپودری محافظت نمود.

1- Flux Cored Arc Welding
2- Electrogas Welding

۱۲-۵-۲- جوشکاری الکتریکی سرباره‌ای (ESW) [1]

جوشکاری الکتریکی سرباره‌ای (شکل ۱۲-۶) مشابه جوشکاری الکتریکی گازی است با این تفاوت که جوشکاری به کمک حرارت حاصل از مقاومت سرباره جوش در مقابل جریان الکتریکی صورت می‌گیرد.



شکل ۱۲-۶- جوشکاری الکتریکی سرباره‌ای

سرباره مذاب باعث محافظت جوش شده و از طرف دیگر باعث ذوب مفتول و لبه‌های ورق می‌شود. سرباره در حالت جامد هادی الکتریسیته نیست، در نتیجه برای شروع جوشکاری به حرارت قوس الکتریکی برای ذوب سرباره نیاز است. اما با توجه به اینکه عملیات اصلی جوشکاری به واسطه حرارت حاصل از مقاومت سرباره در مقابل جریان الکتریکی صورت می‌گیرد، این جوش در حقیقت جوش قوس الکتریکی نیست. کفشک‌های هادی جوش می‌توانند به صورت مصرف شدنی یا مصرف نشدنی باشند. با این روش می‌توان درز با هر ضخامتی را با یک بار عبور جوش نمود. به طور اصولی جوشکاری الکتریکی گازی و الکتریکی سرباره‌ای برای درزها با ضخامت زیاد توجیه اقتصادی دارند. به واسطه سرعت کم پیشروی جوشکاری، نوار جوش حاصل دارای بافت درشتی خواهد بود و در نتیجه طاقت شیاری[2] آن کم خواهد بود.

1- Electroslag Welding
2- Notch Toughness

۱۲-۵-۳-ارزیابی روش، دستورالعمل جوشکاری و جزئیات درز[1]

۱۲-۵-۳-۱- قبل از شروع عملیات جوشکاری، سازنده باید دستورالعمل جوشکاری[2] را تهیه و طبق مفاد فصل ششم، روش‌های جوشکاری را به تایید برساند. دستورالعمل جوشکاری باید شامل جزئیات و هندسه درز، قطر و نوع الکترود، آمپر، ولتاژ (نوع و قطبیت)، سرعت حرکت طولی، نوسان عرضی، نوع محافظت (نقطه شبنم گاز و یا نوع پودر جوشکاری)، دمای پیش‌گرمایش و سایر اطلاعات لازم باشد.

۱۲-۵-۳-۲- در اعضایی که تحت بارهای دینامیکی کششی یا تنش‌های معکوس[3] قرار دارند و همچنین در فولادهای پُرمقاومت آبدیده و بازپخت شده[4]، استفاده از جوشکاری الکتریکی گازی و الکتریکی سرباره‌ای مجاز نیست.

۱۲-۵-۳-۳- در صورت ایجاب اسناد مناقصه یا مشخصات فنی خصوصی، آزمایش ضربه باید در برنامه تایید کیفیت جوش قرار گیرد. روش انجام آزمایش ضربه، باید منطبق بر روش‌های استاندارد باشد.

۱۲-۵-۳-۴- تمام اسناد مربوط به ارزیابی‌های قبلی پیمانکار، می‌توانند در برنامه ارزیابی جدید مورد استناد قرار گیرند.

۱۲-۵-۴- مقررات آزمایش کششی فلز جوش

قبل از شروع عملیات جوشکاری، با استفاده از روش‌های مندرج در قسمت ب فصل ششم، سازنده باید نشان دهد که مشخصات مکانیکی فلز جوش تولیدشده بوسیله الکترود و پوشش مورد استفاده در پروژه، منطبق بر مشخصات مکانیکی مذکور در استانداردهای ملی و یا معتبر بین‌المللی است[5].

۱۲-۵-۵- شرایط الکترودها و لوله‌های هادی[6]

الکترودها و لوله‌های هادی باید خشک، تمیز و در شرایط مناسب برای کار باشند.

1- Qualification of process, procedure and joint detail
2- Welding Procedure Specification
3- Reversal of stress
4- Quenched and tempered

۵- در غیاب استانداردهای ملی، استفاده از دو استاندارد زیر قابل توصیه است:
1-1- ANSI/AWS A5.25 = Specification for consumable used for electoslag welding of carbon and high strength low alloy steel.
1-2- ANSI/AWS A5.26 = Specification for consumable used for electrogas welding of carbon and high strength low alloy steel.

۶- Guide tube

۱۲-۵-۶- گاز محافظ

گاز یا مخلوط گازی مناسب جوشکاری باید استفاده شده و نقطه شبنم آن کوچکتر یا مساوی ۴۰- درجه سلسیوس باشد. با درخواست مهندس مشاور، سازنده باید برگ شناسایی کارخانه تولیدکننده گاز را به منظور انطباق مشخصات آن با مشخصات لازم ارائه دهد.

۱۲-۵-۷- شرایط پودر

پودر مصرفی برای جوش الکتریکی سرباره‌ای باید خشک و عاری از هرگونه آلودگی، پوسته و یا سایر مصالح خارجی باشد. پودر باید در بسته‌بندی‌های مناسبی که بتوان آنها را در شرایط عادی به مدت شش ماه، بدون هرگونه تغییر مشخصات، انبار نمود، خریداری شود. در صورت آسیب رسیدن به بسته‌بندی، قبل از مصرف پودر باید به مدت یک ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس خشک شود. پودرهای مرطوب را نباید مورد استفاده قرار داد.

۱۲-۵-۸- دستورالعمل جوشکاری الکتریکی گازی و الکتریکی سرباره‌ای

۱۲-۵-۸-۱- گاز محافظ باید برای جوشکاری مناسب بوده و منطبق بر مشخصات دستورالعمل جوشکاری باشد. در کارگاه جوشکاری باید وسایل مناسب برای اختلاط گازها با نسبت مشخص وجود داشته باشد.

۱۲-۵-۸-۲- جوشگاری الکتریکی گازی نباید در محلی که سرعت وزش باد بیش از ۸ کیلومتر بر ساعت باشد، انجام شود؛ مگر اینکه با چادر مناسب محافظت شود. هندسه و جنس این چادر باید برای کاهش سرعت باد به کمتر از ۸ کیلومتر بر ساعت، مناسب باشد.

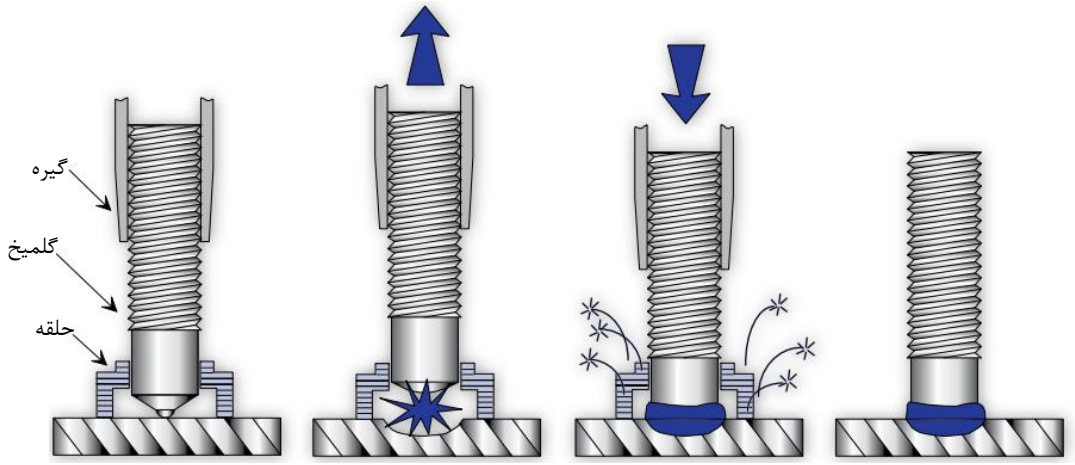
۱۲-۵-۸-۳- قطر و جنس الکترود مصرفی باید منطبق بر مشخصات دستورالعمل جوشکاری باشد.

۱۲-۶- جوشکاری گلمیخ[1]

متداول‌ترین روش برای جوش گلمیخ به فلز پایه، جوشکاری قوسی گلمیخ[2] نام دارد. این روش مشابه جوشکاری قوسی با الکترود می‌باشد که در آن گلمیخ نقش الکترود را بازی کرده و در نتیجه قوس الکتریکی بین پای گلمیخ و فلز پایه به وجود می‌آید. حرارت حاصل باعث ذوب پای گلمیخ و سطح فلز پایه می‌شود. برای کنترل عملیات و حرارت حاصل، گلمیخ درون یک وسیله تپانچه شکل قرار می‌گیرد و برای محافظت حوضچه مذاب، حلقه سرامیکی در پای گلمیخ قرار داده

1- Stud welding
2- Stud arc welding

می‌شود. امتداد تپانچه عمود بر فلز قرار گرفته و به آن نزدیک می‌شود تا قوس الکتریکی بین سر گلمیخ و فلز پایه برقرار شود. حوضچه مذاب در داخل حلقه سرامیکی تشکیل می‌شود. بعد از لحظه‌ای کوتاه، تپانچه گلمیخ را بر حوضچه مذاب فرو می‌کند و مقداری از فلز مذاب به صورت ماهیچه‌ای در پیرامون تنه گلمیخ بیرون می‌زند که به آن ترشح می‌گویند. در مدت زمان کمتر از یک ثانیه، جوش نفوذی کامل بین سطح مقطع گلمیخ و فلز پایه به وجود می‌آید.



(الف)

(ب)

شکل ۱۲-۷- جوشکاری گلمیخ

فصل ۱۳

مکمل لرزه‌ای

۱۳-۱- کلیات

۱۳-۱-۱- گستره

الزامات این فصل که تحت عنوان مکمل لرزه‌ای ارائه شده است، باید علاوه بر الزامات عمومی فصل‌های ۱ تا ۱۲ در طراحی، کنترل کیفیت و تضمین کیفیت اتصالات جوشی اعضای سیستم باربر جانبی لرزه‌ای[1] ساختمان‌ها رعایت شوند.

۱۳-۱-۲- مسئولیت‌ها

۱۳-۱-۲-۱- مسئولیت‌های مهندس مشاور

علاوه بر موارد مشخص شده در الزامات عمومی، مهندس مشاور باید اطلاعات زیر را در اسناد قرارداد ارائه نماید:

(۱) شکل اتصال، مشخصات مصالح و ابعاد مورد نیاز اجزا برای تأمین عملکرد لرزه‌ای مورد نظر

(۲) شناسایی اعضای سیستم باربر جانبی که مشمول ضوابط این فصل می‌شوند.

(۳) موقعیت ناحیه حفاظت شده در اعضای سیستم باربر جانبی لرزه‌ای

(۴) تعیین جوش های بحرانی لرزه‌ای که مشمول ضوابط این فصل می‌شوند.[2]

(۵) موقعیت‌هایی که برداشتن پشت بند ضروری است.

(۶) موقعیت‌هایی که در صورت مجاز بودن باقی ماندن پشت بند، جوش گوشه باید اجرا شود.

(۷) موقعیت‌هایی که برداشتن ناودان انتهای جوش[3] (ورق گوشواره‌ای) ضروری است.

(۸) موقعیت‌هایی که جوش گوشه برای تقویت جوش شیاری و یا بهبود هندسه اتصال مورد نیاز باشد.

(۹) موقعیت سوراخ‌های دسترسی و هندسه مورد نیاز آن

(۱۰) کمترین دمای بهره‌برداری مورد انتظار[4] (LAST) سازه فولادی برای سازه‌هایی که معمولاً در معرض دمای ۱۰ درجه سلسیوس یا بیشتر نخواهند بود.

(۱۱) جوش‌های لب‌به‌لب تحت کشش در جایی که نیاز به تبدیل تدریجی (باریک شدن عرض یا ضخامت) است.

(۱۲) درزهایی که در آن‌ها نیاز به ترتیب مونتاژ خاص، نوع جوشکاری، روش خاص جوشکاری یا سایر اقدامات ویژه باشد.

(۱۳) طرح تضمین کیفیت[5] (QAP) برای پروژه

(۱۴) هر گونه الزامات اضافی اعمال شده بر روی پروژه خاصی که مشمول این آیین‌نامه نمی‌شود.

1- Seismic force resisting system (SFRS)

۲ - برای تعیین جوش های بحرانی لرزه‌ای برای سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای مختلف به مبحث دهم مقررات ملی ساختمان مراجعه شود.

3 - Weld tab

4 - Lowest Anticipated Service Temperature (حداقل دمای ثبت شده در ۵۰ سال گذشته)

5- Quality Assurance Plan

۱۳-۱-۳- مسئولیت‌های پیمانکار

در صورتی که این آیین‌نامه یا طرح تضمین کیفیت، پیمانکار را ملزم به حفظ مدارک و مستندات پروژه نماید، مدارک باید تا حداقل یک سال بعد از تحویل قطعی حفظ شوند. مدارک باید در دسترس مهندس، بازرس یا هر دو در صورت نیاز قرار گیرد. هر گاه طبق طرح تضمین کیفیت تحویل مدارک مورد نیاز باشد، باید به مهندس تحویل داده شده و رونوشت‌ها توسط پیمانکار نگهداری شوند.

(۱) گواهی مشخصات مصالح: گواهی انطباق الکترودها، پودرها و گازهای محافظ باید الزامات آیین‌نامه‌های ملی یا مراجع معتبر بین‌المللی[1] را برآورده نمایند.

(۲) گواهی آزمایش پوش حرارت ورودی[2]: گواهی رعایت الزامات آزمایش پوش حرارت ورودی در الکترودهای مورد استفاده در جوش های بحرانی لرزه‌ای باید توسط سازنده مصالح الکترود ارائه شود. در صورت عدم ارائه این گواهی توسط تولیدکننده، پیمانکار باید آزمایش‌های لازم را انجام داده و نتایج را گزارش کند.

(۳) برگه‌های اطلاعات فنی[3] محصول: برگه های اطلاعات فنی محصولات یا کاتالوگ آن که به همراه دستورالعمل جوشکاری (WPS) ارائه می‌شوند، باید ترکیب پیشنهادی یا نمونه پارامترهای جوشکاری را برای جوش‌های GMAW با الکترودهای مرکب (مغزه‌دار) و تمام الکترودهای FCAW و SMAW نشان دهند. هم‌چنین باید توصیه‌های سازنده در خصوص انبار کردن، قرار گرفتن در معرض هوا و پخت (در صورت کاربرد) ارائه شوند.

(۴) مقدار هیدروژن قابل انتشار: پیمانکار در صورت لزوم باید اسناد مربوط به رعایت الزامات هیدروژن مصالح الکترود را حفظ نماید.

(۵) قابلیت قرار گرفتن طولانی مدت در معرض هوا برای الکترودهای FCAW: در صورتی که زمان قرار گرفتن مصالح الکترود در معرض هوا افزایش یابد، اسناد آزمایشات مربوطه باید توسط پیمانکار حفظ شود.

(۶) دستورالعمل جوشکاری (WPS): مسئولیت تمامی دستورالعمل‌های جوشکاری با پیمانکار است.

(۷) اسناد آزمون تکمیلی تشخیص صلاحیت جوشکار: پیمانکار باید اسناد قبولی در آزمون تکمیلی تشخیص صلاحیت جوشکار برای جوشکاری تا دسترسی محدود را برای جوشکارانی که جوش های بحرانی لرزه‌ای شیاری با نفوذ کامل بال پایین تیر به ستون را انجام می‌دهند، حفظ کند.

۱۳-۱-۴- محدودیت‌ها

ضوابط این بخش برای موارد زیر در نظر گرفته شده است:

(۱) سازه‌های فولادی که در آن‌ها تنش تسلیم مشخصه فولاد ۴۸۰ مگاپاسکال یا کمتر باشد.

(۲) سازه‌های فولادی که در آن‌ها تنش تسلیم فولاد برای تیرها و مهاربندهایی که انتظار می‌رود رفتار غیر الاستیک داشته باشند، ۳۸۰ مگاپاسکال یا کمتر باشد.

---

1 -AWS A5
2 - Heat Input Envelope test
3- Data sheet

۱۳-۲- جزئیات اتصال جوشی

۱۳-۲-۱- برش گوشه ورق‌های پیوستگی و سخت کننده

گوشه ورق‌های پیوستگی و سخت کننده‌ها باید مطابق موارد زیر برش داده شوند:

۱۳-۲-۱-۱- در امتداد جان

برش گوشه در امتداد جان باید خارج از ناحیه K (بعد K به اضافه حداقل ۳۸ میلی‌متر بعد از آن) مقاطع نورد شده باشد.

۱۳-۲-۱-۲- در امتداد بال

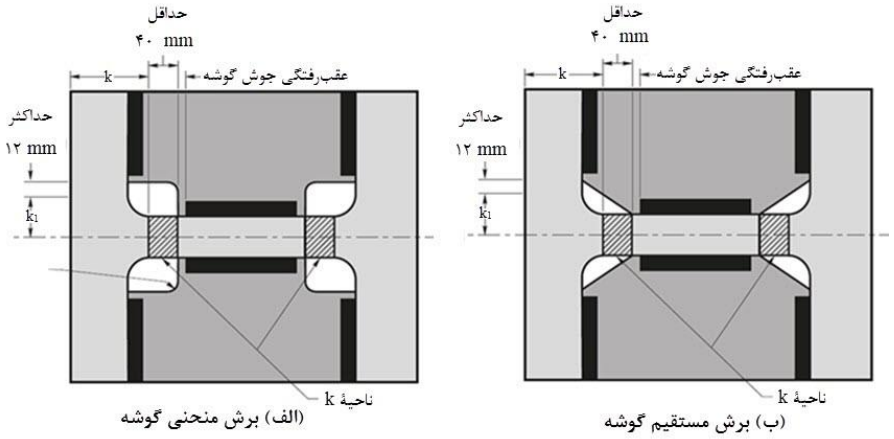
برش گوشه در امتداد بال نباید بیش از ۱۲ میلی متر از نقطه شروع گردی ریشه اتصال بال به جان فاصله داشته باشد.

۱۳-۲-۱-۳- ایجاد انتهای جوش مناسب

برش گوشه باید به نحوی باشد که ایجاد انتهای جوش مناسب در جوش بال و جان را تسهیل نماید.

۱۳-۲-۱-۴- برش گوشه منحنی

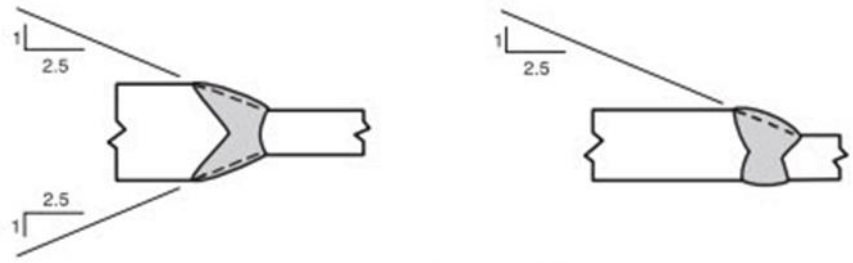
در صورت استفاده از برش‌های گوشه منحنی، حداقل شعاع باید ۱۲ میلی‌متر باشد.



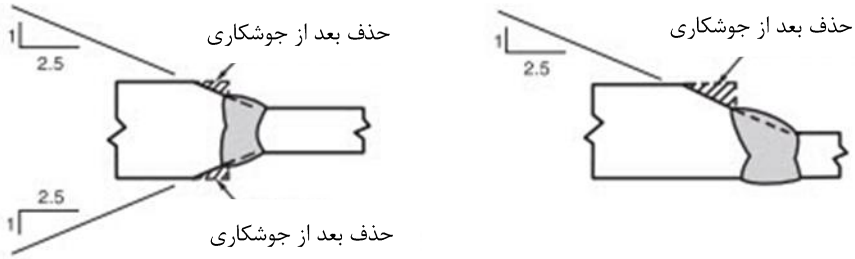
شکل ۱۳-۱- برش گوشه ورق‌های پیوستگی و سخت کننده

۱۳-۲-۲- تبدیل در عرض و ضخامت

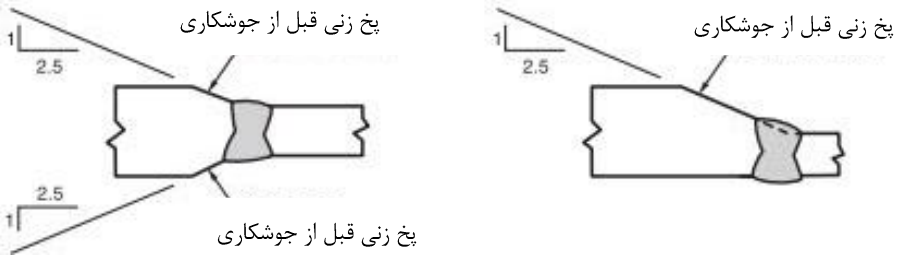
در درز جوش‌های لب‌به‌لب تحت بار کششی که نیاز به تبدیل در عرض یا ضخامت دارند، شیب ناحیه تبدیل نباید بیش از ۱ به ۲/۵ باشد. نحوه تبدیل باید از طریق پخ زدن قطعه ضخیم‌تر، باریک کردن قطعه عریض‌تر و شیب‌دار کردن جوش یا ترکیبی از آن‌ها انجام شود.



الف) تبدیل با شیب دادن به سطح جوش

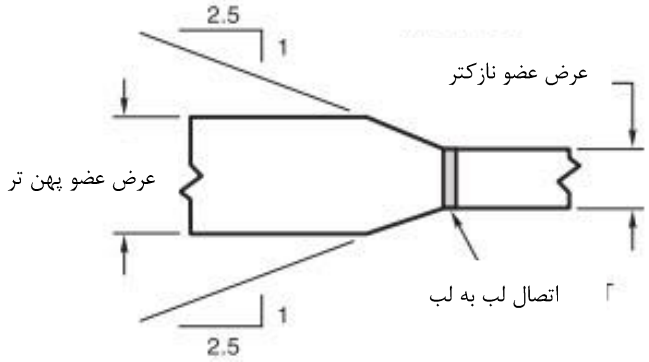


ب) تبدیل با شیب دادن به سطح جوش و پخ زدن



پ) تبدیل با پخ‌زنی قطعه ضخیم‌تر

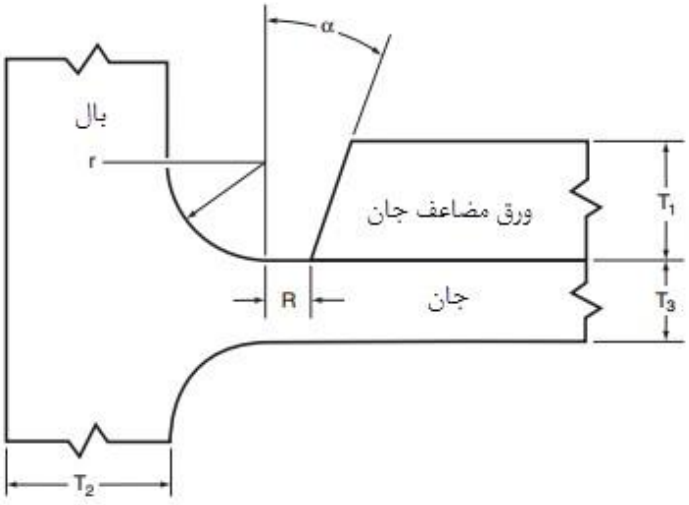
شکل ۱۳-۲- نحوه تبدیل در درز جوش‌های لب‌به‌لب قطعات با ضخامت‌های نامساوی



شکل ۱۳-۳- نحوه تبدیل در درز جوش‌های لب‌به‌لب قطعات با عرض‌های نامساوی

۱۳-۲-۳- جزئیات اتصال ورق مضاعف جان[1]

برای جزئیات اتصال ورق مضاعف جان به مقاطع نورد شده باید از شکل ۱۳-۴ و جدول ۱۳-۱ در دستورالعمل جوشکاری استفاده شود. در صورت کاهش در زاویه شیار (α) یا کاهش شکاف ریشه باید آزمون حک کاری ماکرو روی نمونه آزمایشی در سه نقطه که به فاصله حداقل ۱۵۰ میلی‌متر از هم قرار دارند انجام شود. بازرسی به صورت چشمی انجام می‌شود و در صورت عدم وجود ترک و ذوب کامل بین لایه‌های فلز جوش و فلز پایه، قابل قبول است.



شکل ۱۳-۴- جزئیات اتصال ورق مضاعف جان به مقاطع نورد شده

1 - Doubler

جدول۱۳-۱- جزئیات اتصال ورق مضاعف جان به مقاطع نوردشده

فرایند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز پایه (نامحدود = U)			آماده سازی درز			وضعیت‌های مجاز جوشکاری
		T_1	T_2	T_3	فاصله ریشه شعاع نورد زاویهٔ شیار	رواداری‌ها در طراحی	رواداری‌ها در مونتاژ	
SMAW	Dblr	U	U	U	R=0 (الف) r = مطابق نورد مقطع α =۲۰°	+1.5 mm ,-0 - +10°,-0°	±6mm مطابق نورد +10°,-5°	F
GMAW FCAW	Dblr-GF	U	U	U	R=0 (الف) r = مطابق نورد مقطع α=۳۰°	+1.5 mm ,-0 - +10°,-0°	±6mm مطابق نورد +10°,-5°	F
SAW	Dblr-S	U	U	U	R=0 (الف) r = مطابق نورد مقطع α=۳۰°	+1.5 mm ,-0 - +10°,-0°	±6mm مطابق نورد +10°,-5°	F

الف) R فاصله از نقطه مماس بر انحنا تا نزدیک‌ترین نقطه ورق مضاعف جان می‌باشد.

۱۳-۳- ارزیابی صلاحیت جوشکار

۱۳-۳-۱- آزمون تکمیلی ارزیابی صلاحیت جوشکار

۱۳-۳-۱-۱- آزمون‌های مورد نیاز

علاوه بر الزامات فصل ششم، در صورتی که جوشکار ملزم به اجرای جوش‌هایی تحت شرایط زیر باشد، باید گواهی قبولی ارزیابی تکمیلی جوشکار برای جوشکاری با دسترسی محدود را داشته باشد:

الف) جوش بحرانی لرزه‌ای شیاری با نفوذ کامل

ب) جوش اتصال بال پایین تیر به بال ستون

پ) جوش داخل شیار که باید از طریق سوراخ دسترسی جان تیر اجرا شود.

۱۳-۳-۱-۲- شرایط آزمون

آزمون ارزیابی تکمیلی جوشکار برای جوشکاری با دسترسی محدود، باید در حالت جوشکاری تخت و با استفاده از همان روش جوشکاری که در کار استفاده خواهد شد، انجام شود. آزمون باید با نرخ رسوب‌دهی برابر یا بیشتر از زمان ساخت اجرا شود.

۱۳-۳-۱-۳- پشت بند

در آزمون ارزیابی تکمیلی جوشکار برای جوشکاری با دسترسی محدود باید از همان نوع پشت بندی که در ساخت مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده شود. با این استثنا که آزمون‌های انجام شده بدون پشت‌بند، جوشکار را برای استفاده از پشت‌بند فولادی در ساخت تأیید صلاحیت می‌کند، اما عکس این موضوع مجاز نیست.
اگر از پشت‌بند استفاده نشود یا از پشت‌بند غیر فولادی استفاده شود، صلاحیت جوشکار باید با استفاده از حداکثر فاصله ریشه جوشی که در ساخت مجاز خواهد بود، تأیید صلاحیت شود. اگر در پروژه از هیچ پشت‌بندی استفاده نشده باشد، در آزمون ارزیابی نیز نباید از پشت بند استفاده شود.

۱۳-۳-۱-۴- خال جوشکاران

خال جوشکاران ملزم به انجام آزمون ارزیابی تکمیلی جوشکار برای جوشکاری با دسترسی محدود نیستند.

۱۳-۳-۲- دوره اعتبار صلاحیت جوشکار

صلاحیت جوشکارانی که ارزیابی تکمیلی جوشکار برای جوشکاری با دسترسی محدود را گذرانده‌اند، تا ۳۶ ماه معتبر می‌باشد، مشروط بر اینکه الزامات مربوط به تداوم جوشکاری ارائه شده در فصل ششم رعایت شود. چنانچه در حین جوشکاری پروژه، دوره اعتبار صلاحیت جوشکار منقضی شود، صلاحیت جوشکار برای جوشکاری با دسترسی محدود معتبر باقی می‌ماند، مگر اینکه دلیل مشخصی برای زیر سوال بردن توانایی جوشکار وجود داشته باشد.

۱۳-۳-۳- اطلاعات سوابق ارزیابی عملکرد جوشکار

اطلاعات سوابق ارزیابی عملکرد جوشکار برای جوشکاری با دسترسی محدود باید حداقل شامل تمام متغیرهای اساسی جدول ۶-۱۱ و موارد زیر باشد:
الف) نوع پشت بند در صورت استفاده
ب) حداکثر فاصله ریشه (چنانچه پشت بند فولادی استفاده نشود)
پ) حداقل زاویه شیار (چنانچه پشت بند فولادی استفاده نشود)
ت) حداکثر نرخ رسوب‌دهی

۱۳-۴- ضوابط اجرایی

۱۳-۴-۱- فلز پرکننده و فلز جوش

۱۳-۴-۱-۱- خواص مکانیکی الکترودهای مصرفی باید مطابق جدول ۱۳-۲ باشدکه بر اساس آزمایش مطابق با الزامات آیین‌نامه‌های ملی یا مراجع معتبر بین‌المللی[1] آن تعیین می‌گردند.

جدول ۱۳-۲-خواص مکانیکی الکترودهای مصرفی

مشخصات مصالح	نوع الکترود*		
	E۷۰	E۸۰	E۹۰
حداقل تنش تسلیم- F_y (MPa) (الف)	۴۰۰	۴۷۰	۵۴۰
حداقل مقاومت کششی - F_u (MPa)	۴۹۰	۵۵۰	۶۲۰
حداقل ازدیاد طول (%)	۲۲	۱۹	۱۷
طاقت نمونهٔ شیاری شارپی استاندارد فلز جوش- CVN (ب)	حداقل ۲۷ ژول در دمای ۱۸ ˚C-	حداقل ۲۷ ژول در دمای ۱۸ ˚C-	حداقل ۳۴ ژول در دمای ۳۰ ˚C-

* الکترود با عدد آخر (نوع پوشش) ۵، ۶، ۷ و ۸ که طاقت بالاتری دارد باید مورد استفاده قرار گیرد.
الف) روش افست ۰,۲ درصد[2]
ب) برآورده کردن حداقل انرژی در دمای کمتر از دمای آزمایش، مورد تأیید خواهد بود.

۱۳-۴-۱-۲- گواهی انطباق سازنده برای انطباق الکترود یا ترکیب الکترود / پودر عرضه شده با الزامات بندهای ۱۳-۴-۱ و ۱۳-۴-۲ کافی است و نیازی به آزمایش نمونه‌های مصالح الکترود یا جوش‌های اجرا شده نمی‌باشد.

۱۳-۴-۲- ضوابط اضافی برای الکترودهای مصرفی در جوش‌های بحرانی لرزه‌ای

۱۳-۴-۲-۱- مشخصات مکانیکی الکترودهای مصرفی در جوش‌های بحرانی لرزه‌ای باید بر اساس آزمایش پوش حرارت ورودی WPS تعیین شده و مطابق جدول ۱۳-۳ باشند. در الکترودهای زیر چنانچه حداقل دمای بهره برداری مورد انتظار (LAST) مساوی یا بیشتر از ۱۰ درجه سلسیوس باشد، می‌توانند از این آزمایش معاف شوند.

الف) الکترودهای SMAW با رده‌بندی E7018 و E7018-X در AWS A5.1/A5.1M و E7018-C3L و E8018-C3 در AWS A5.5/A5.5M یا استاندارد ملی معادل آن
ب) الکترودهای GMAW توپر رده‌های ER70 یا ER80 در AWSA5.18/A5.18M یا AWSA5.28/A5.28M یا استاندارد ملی معادل آن

1 - AWS A5
2 - 0/2 offset

پ) الکترودهای فولادی کربن‌دار FCAW رده E7X با شاخص "-D" مطابق AWS A5.20/A5.20M یا استاندارد ملی معادل آن

ت) الکترودهای کم آلیاژ FCAW رده E7X یا E8X مطابق AWS A5.29/A5.29M، الکترودهای فولادی کربن‌دار مطابق AWS A5.18/A5.18M و ترکیبات الکترود/پودر فولاد کربن‌دار و کم آلیاژ SAW مطابق AWS A5.17/A5.17M و AWS A5.23/A5.23M که توسط سازنده مصالح الکترود به صورت اختیاری برای شاخص "-D" مطابق استاندارد AWS A520/A5.20M آزمایش شده‌اند. آزمایش مصالح الکترود SAW برای شاخص "-D" می‌تواند با ورق ۲۵ میلی‌متر به جای ورق ۱۸ میلی متر انجام شود.

ث) الکترودهای مطابق AWS A5.36/A5.36M با مقاومت تسلیم ۵۵۰ مگاپاسکال با شاخص "-D"

جدول ۱۳-۳–خواص مکانیکی الکترودهای جوش‌های بحرانی لرزه‌ای

مشخصات مصالح	نوع الکترود		
	E۷۰	E۸۰	E۹۰
حداقل تنش تسلیم- F_y (MPa) (الف)	۴۰۰	۴۷۰	۵۴۰
حداقل مقاومت کششی - F_u (MPa)	۴۹۰	۵۵۰	۶۲۰
حداقل ازدیاد طول (%)	۲۲	۱۹	۱۷
طاقت نمونهٔ شیاری شارپی استاندارد فلز جوش- CVN (ب)	حداقل ۵۴ ژول در دمای ۲۰ °C	حداقل ۵۴ ژول در دمای ۲۰ °C	حداقل ۵۴ ژول در دمای ۱۰ °C

الف) روش افست ۰٫۲ درصد

ب) برای کمترین دمای بهره‌برداری مورد انتظار ۱۰ درجه؛ برای مقادیر کمتر از ۱۰ درجه، بند ۱۳-۴-۲-۲ ملاحظه شود.

۱۳-۴-۲-۲- کاربردهای حداقل دمای بهره برداری مورد انتظار

در جوش‌های بحرانی لرزه‌ای که سیستم مقاوم لرزه‌ای پس از اتمام ساخت در معرض دمای زیر ۱۰ درجه سلسیوس قرار می‌گیرد، حداقل انرژی ضربه برابر ۵۴ ژول در دمای آزمایش حداکثر ۱۰ درجه سلسیوس بالاتر از حداقل دمای بهره‌برداری مورد انتظار برای الکترودهای با تنش تسلیم ۴۹۰ و ۵۵۰ مگاپاسکال و در حداقل دمای بهره‌برداری مورد انتظار برای الکترودهای با تنش تسلیم ۶۲۰ مگاپاسکال باید به دست آید.

۱۳-۴-۲-۳- مرجع آزمایش

آزمایش پوش حرارت ورودی WPS مصالح الکترود که برای جوش‌های بحرانی لرزه‌ای لازم است، می‌تواند توسط سازنده مصالح الکترود، پیمانکار یا شخص ثالث مورد تأیید مهندس انجام شود. بدون توجه به مرجع آزمایش، پیمانکار مسئول تضمین انجام این آزمایش بر روی مصالح الکترود مورد استفاده می‌باشد.

۱۳-۴-۳- کنترل سری محصولات

۱۳-۴-۳-۱- کنترل سری محصولات الکترود

هر سری از محصولات مصالح الکترود که در جوش‌های بحرانی لرزه‌ای به کار می‌روند باید مطابق آزمایش‌های رده‌بندی مصالح الکترود مطابق با استاندارد ملی مربوطه یا معادل بین‌المللی[1] آن آزمایش شوند. علاوه بر آزمایش فوق، آزمایش حرارت ورودی بالا و پایین باید مطابق یکی از الزامات زیر به انتخاب پیمانکار انجام شود:

الف) پیوست A استاندارد AWS D1.8

ب) بند ۱۷ استاندارد AWS A5.20/A5.20M برای شاخص "-D"

پ) بند ۱۶ استاندارد AWS A5.36/A5.36M برای شاخص "-D"

۱۳-۴-۳-۲- سری محصولات باید مطابق استاندارد ملی مربوطه یا یا مراجع معتبر بین‌المللی[2] آن باشند و الزامات زیر را برآورده نمایند:

الف) رده C3 یا C4 برای الکترودهای SMAW

ب) رده S3 یا S4 برای الکترودهای توپر GMAW و SAW

پ) رده T3 یا T4 برای الکترودهای FCAW و الکترودهای مرکب (مغزه‌دار) GMAW و SAW

ت) رده F2 برای پودرهای SAW

۱۳-۴-۴- بسته‌بندی، انبار کردن و قرار گرفتن الکترود FCAW در معرض هوا

الزامات زیر باید برای جوش‌های بحرانی لرزه‌ای اعمال شوند:

۱۳-۴-۴-۱- شرایط بسته‌بندی الکترودها باید به نحوی باشد که امکان جذب رطوبت الکترود را محدود نماید. الکترود پس از خروج از بسته‌بندی باید قادر به رسوب‌دهی فلز جوش با حداکثر هیدروژن قابل انتشار کمتر از مقادیر مندرج در جدول ۱۳-۴ باشد. الکترودهایی که بسته‌بندی آن‌ها سوراخ یا پاره شده باشد، باید طبق روش‌های توصیه شده سازنده خشک شوند یا نباید در جوش‌های بحرانی لرزه‌ای استفاده شوند.

۱۳-۴-۴-۲- اصلاح یا روغن کاری الکترود پس از تولید آن غیر مجاز است، اما خشک‌کردن مطابق با توصیه سازنده مجاز می‌باشد.

۱۳-۴-۴-۳- مدت زمان قرار گرفتن الکترودهای FCAW در معرض هوا بعد از خروج از بسته بندی محافظ به شرح زیر محدود می‌شود:

الف) در صورتی که دستورالعمل‌های سازنده بر مبنای آزمایش‌های انجام شده مطابق استاندارد ملی مربوطه یا معادل بین‌المللی آن باشند، این دستورالعمل‌ها باید در مورد حداکثر زمان قرار گرفتن در معرض هوا رعایت شوند.

---

1 - AWS A5

2 - AWS A5.01M/A5.01

ب) در نبود اطلاعات آزمایش بند الف، الکترود می‌تواند طبق استاندارد ملی مربوطه یا معادل بین‌المللی آن[۱] آزمایش شده و نتایج آن مبنای محدودیت‌های زمانی قرارگیری الکترود در معرض هوا باشد.
پ) در صورت نبود اطلاعات آزمایش‌های بند الف و ب، کل زمان تجمعی قرار گرفتن در معرض هوا به ۷۲ ساعت محدود می‌شود. زمان نگه‌داری در بسته‌بندی یا کمد محافظ نباید در محاسبه زمان تجمعی مذکور وارد شود.

۱۳-۴-۴-۴- الکترودهایی که بیش از حدود تعیین شده در بند ۱۳-۴-۴-۳ در معرض هوا بوده باشند، باید مطابق توصیه‌های سازنده خشک شوند یا نباید در جوش های بحرانی لرزه‌ای استفاده شوند. توصیه‌های سازنده باید شامل زمان، دما و تعداد چرخه های مجاز خشک کردن باشد.

جدول ۱۳-۴: الزامات آزمایش هیدروژن قابل انتشار

آزمایش اختیاری	آزمایش استاندارد	نوع فلز پرکننده	مشخصات فلز پر کننده	فرایند
بر اساس H16 AWS A4.3[۲]	AWS A5.1 بر اساس محتوی مرطوب	فولاد کربنی	A5.1/A5.1M	SMAW
	AWS A5.5 بر اساس محتوی مرطوب	فولاد کم آلیاژ	A5.5/A5.5M	
معاف[۳]		فولاد کربنی	A5.18/A5.18M	GAMW
معاف[۳]		فولاد کم آلیاژ	A5.28/A5.28M	
ندارد	AWS A4.3[۲] بر اساس H16	فولاد کربنی	A5.18/A5.18M	الکترود ترکیبی GMAW- (مغزه‌دار)
ندارد	AWS A4.3[۲]بر اساس H16	فولاد کم آلیاژ	A5.28/A5.28M	
ندارد	AWS A5.36[۴] بر اساس H16	فولاد کربنی و کم آلیاژ	A5.28/A5.36M	
ندارد	AWS A5.20[۵] بر اساس H16	فولاد کربنی	A5.20/A5.20M	FCAW
ندارد	AWS A5.29[۶] بر اساس H16	فولاد کم آلیاژ	A5.29/A5.29M	
ندارد	AWS A5.36[۴] بر اساس H16	فولاد کربنی و کم آلیاژ	A5.28/A5.36M	
ندارد	AWS A4.3[۲] بر اساس H16	فولاد کربنی	A5.17/A5.17M	SAW
ندارد	AWS A4.3[۲] بر اساس H16	فولاد کم آلیاژ	A5.23/A5.23M	
معاف[۳]		فولاد کربنی و کم آلیاژ	A5.26/A5.26M	EGW
مطابق توافق بین کارفرما و مشاور	ندارد	فولاد کربن و کم آلیاژ	A5.26/A5.26M	با الکترود ترکیبیEGW (مغزه‌دار)
مطابق توافق بین کارفرما و مشاور	ندارد	فولاد کربن و کم آلیاژ	A5.25/A5.25M	ESW

۱- در صورت درخواست کارفرما، به جای آزمایش استاندارد می‌توان از آزمایش اختیاری استفاده نمود.
۲- AWS A4.3 به AWS A4.3-93 اشاره دارد.
۳- فلز پرکننده در این موارد از هر گونه اندازه‌گیری به منظور تعیین محتوی هیدروژن معاف هستند.
۴- AWS A5.36 به فصل ۱۵ AWS A5.36/A5.36M : 2012 اشاره دارد.
۵- A5.20 به فصل ۱۶ AWS A5.20/5.20 M : 2005 اشاره دارد.
۶- A5.29 به فصل ۱۵ AWS A5.29/A5.29 M اشاره دارد.
۷- آزمایش استانداردی به منظور تعیین محتوی هیدروژن فلزات پرکننده این دسته وجود ندارد.

1 - AWS D1.8 ،E پیوست

۱۳-۴-۵- روش‌های جوشکاری

روش‌های SMAW، GMAW (به اســـتثنای اتصـــال کوتاه)، FCAW و SAW می‌توانند برای جوش های بحرانی لرزه‌ای استفاده شوند. سایر روش ها در صورتی که مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان برای آن اتصال مجاز باشند یا به تأیید مهندس طراح برسند، می توانند استفاده شوند.

۱۳-۴-۶- دستورالعمل جوشکاری (WPS)

۱۳-۴-۶-۱- دستورالعمل جوشکاری باید مطابق الزامات فصل ششم بوده یا از طریق آزمایش ارزیابی شود.

۱۳-۴-۶-۲- دستورالعمل جوشکاری باید تمام متغیرهای اساسی را مطابق فصل ششم مشخص نماید. علاوه بر آن برای جوش‌های بحرانی لرزه‌ای باید متغیرهای زیر را نیز ارائه نماید:

الف) سازنده الکترود و نام تجاری آن

ب) برای انواع فلز پرکننده با رده‌های مقاومت مختلف و روش های جو شکاری، د ستورالعمل جو شکاری باید یک یا چند ترکیب از متغیرهای جوشکاری که محدودیت‌های حرارت ورودی بند ۱۳-۴-۸ را ایجاد می‌کند، ذکر نماید.

۱۳-۴-۶-۳- محدودیت‌های سرعت هوا

۱۳-۴-۶-۳-۱- روش‌های GMAW و FCAW-G نباید در معرض بادهای با ســـرعت بیش از ۵ کیلومتر بر ســـاعت اجرا شود. می‌توان از حفاظ مناسب برای محافظت از عملیات جوشکاری در برابر باد استفاده کرد.

۱۳-۴-۶-۳-۲- روش های SMAW، FCAW-S و SAW می‌توانند بدون محدودیت در سرعت باد اجرا شوند، مشروط بر آنکه معیارهای پذیرش چشمی را برآورده نمایند.

۱۳-۴-۷- حداکثر دمای عبورهای میانی

۱۳-۴-۷-۱- حداکثر دمای عبورهای میانی استاندارد

حداکثر دمای عبورهای میانی نباید از ۳۰۰ درجه سلسیوس بیشتر شود، مگر آنکه مقدار جایگزین مطابق بند ۱۳-۴-۷-۲ تعیین شود. حداکثر دمای عبورهای میانی باید در فاصله ۲۵ تا ۷۵ میلی‌متر از درز جوش اندازه گیری شود.

۱۳-۴-۷-۲- حداکثر دمای عبورهای میانی جایگزین

حداکثر دمای عبورهای میانی بند ۱۳-۴-۷-۱ می تواند از طریق آزمایش ارزیابی، افزایش یابد. حداکثر حرارت ورودی مورد استفاده در حین ساخت باید در آزمایش استفاده شود. حداکثر دمای عبورهای میانی تایید شده برابر با کمترین دمای عبورهای میانی استفاده شده در عبورهای مختلف جوش در طول آزمایش در نظر گرفته می‌شود. فلز جوش و ناحیه متأثر از حرارت[1] باید آزمایش شوند. فلز جوش باید تمام مشخصات مکانیکی مورد نیاز بندهای ۱۳-۴-۱ و ۱۳-

1 - Heat Affected Zone

۴-۲ را در صورت کاربرد، برآورده نماید. طاقت شیاری ناحیه متأثر از حرارت باید مطابق الزامات فصل ششم، آزمایش شده و نمونه‌های اخذ شده از فواصل ۱ و ۵ میلی‌متری از خط ذوب باید حداقل ضوابط ارائه شده در جدول ۱۳-۲ را برآورده نمایند. نوع و رده فولاد مصرفی در آزمایش ارزیابی باید مشابه نمونه استفاده شده در ساخت باشد.

۱۳-۴-۸- حرارت ورودی

۱۳-۴-۸-۱- محدودیت های حرارت ورودی

حدود مجاز حرارت ورودی برای جوش‌های بحرانی لرزه‌ای در دستورالعمل‌های جوشکاری باید به انتخاب پیمانکار شامل موارد زیر باشد:

الف) دامنه حرارت ورودی که از طریق آزمایش مطابق پیوست A استاندارد AWS D1.8 یا استاندارد ملی معادل آن تعیین می‌شود.

ب) دامنه حرارت ورودی تعیین شده برای الکترودهای فولادی کربن‌دار FCAW با شاخص "-D" مطابق AWS A5.20/A5.20M یا استاندارد ملی معادل آن

پ) دامنه حرارت ورودی تعیین شده در AWS A5.20/A5.20M یا استانداردهای معادل آن برای مصالح الکترود زیر با مقاومت تسلیم ۴۹۰ یا ۵۵۰ مگاپاسکال در صورتی که به صورت اختیاری برای الزامات شاخص "-D" آزمایش شوند:

(۱) الکترودهای کم آلیاژ FCAW مطابق AWS A5.29/A5.29M یا استاندارد ملی معادل آن

(۲) الکترودهای فولادی کربن‌دار مرکب (مغزه فلزی) GMAW مطابق AWS A5.18/A5.18M یا استانداردهای معادل آن و الکترودهای کم آلیاژ مرکب (مغزه فلزی) GMAW مطابق AWS A5.28/A5.28M یا استاندارد ملی معادل آن

(۳) ترکیبات الکترود/پودر فولاد کربن‌دار SAW مطابق AWS A5.17/A5.17M یا استاندارد ملی معادل آن و ترکیبات الکترود/پودر کم آلیاژ SAW مطابق AWS A5.23/A5.23M یا استاندارد ملی معادل آن

ت) در الکترودهای کم آلیاژ با رده مقاومت تسلیم ۶۲۰ مگاپاسکال، SMAW و GMAW مغزه فلزی و توپر، الکترودهای FCAW و ترکیبات الکترود/ پودر SAW، دامنه حرارت ورودی مطابق بند الف یا پ تعیین می‌شود و باید الزامات مربوط به الکترودهای با مقاومت تسلیم ۶۲۰ مگاپاسکال را برآورده نمایند و طاقت شیاری آن‌ها در دمای ۱۰ درجه سلسیوس، حداقل ۵۴ ژول باشد.

ث) دامنه حرارت ورودی تعیین شده در AWS A5.36/A5.36M یا استاندارد ملی معادل آن برای الکترودهای کربن‌دار و کم آلیاژ فولادی FCAW و الکترودهای مغزه فلزی GMAW با شاخص "-D"

۱۳-۴-۹- توالی جوشکاری بال پایین

جوش‌های شیاری با نفوذ کامل اتصال بال پایین تیر به بال ستون یا ورق‌های پیوستگی با استفاده از سوراخ دسترسی جوش باید به شرح زیر ترتیب داده شوند:

۱- حتی‌الامکان وقفه‌های جوشکاری در زیر جان تیر اتفاق نیفتد.

۲- قبل از شروع لایه‌های بعدی، جوشکاری هر لایه باید در کل عرض بال تکمیل شود.

۳- محل وقفه‌های جوشکاری در هر لایه نسبت به لایه قبل باید در سمت مخالف نسبت به جان تیر باشد.

۱۳-۴-۱۰- شناسایی جوشکار

پیمانکار باید روشی را تدوین و پیاده سازی کند تا کار هر جوشکار مشخص و قابل شناسایی باشد. در صورت استفاده از مهر باید از نوع کم فشار باشد.

۱۳-۴-۱۱- سوراخ های دسترسی جوش

سوراخ‌های دسترسی جوش برای تمام جوش‌های بحرانی لرزه‌ای باید با موارد زیر مطابقت داشته باشند:

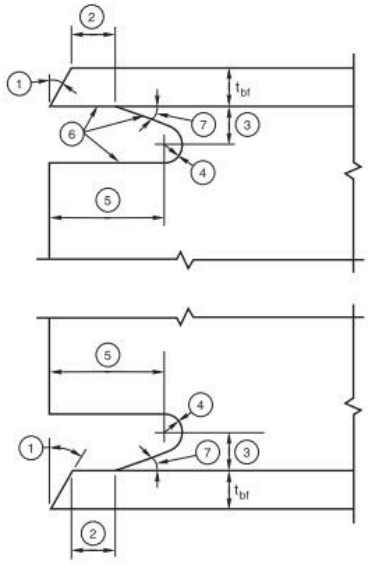
۱۳-۴-۱۱-۱- شکل

۱۳-۴-۱۱-۱-۱- هندسه و جزئیات

تمام سوراخ‌های دسترسی جوش از نظر ابعاد و رواداری‌ها باید مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و فصل هفتم این نشریه باشند، مگر اینکه در اسناد قرارداد به نحو دیگری تعیین شده باشد. به انتخاب پیمانکار می‌توان از جزئیات جایگزین مطابق بند ۱۳-۴-۱۱-۱-۲ استفاده کرد.

۱۳-۴-۱۱-۱-۲- جزئیات جایگزین

در صورتی که در اسناد پیمان درخواست شده باشد، ابعاد، رواداری‌ها و شکل سوراخ دسترسی باید مطابق شکل ۱۳-۵ در نظر گرفته شود.



یادداشت:

(۱) زاویه مورد نظر بر اساس دستورالعمل جوشکاری

(۲) t_{bf} یا ۱۲ میلی‌متر، هر کدام بزرگتر بود.

(۳) حداقل بعد باید t_{bf} $\frac{3}{4}$ یا ۲۰ میلی متر، هر کدام بزرگتر بود، باشد. حداکثر بعد باید t_{bf} باشد.

(۴) شعاع حداقل ۱۰ میلی متر

(۵) $3t_{bf}$

(۶) برای الزامات زبری سطح، بند ۱۳-۴-۱۱-۲-۱-۶ ملاحظه شود.

(۷) تجمیع رواداری‌ها نباید به گونه‌ای باشدکه زاویه سوراخ دسترسی به سطح بال از ۲۵ درجه فراتر رود.

شکل ۱۳-۵- جزئیات جایگزین برای سوراخ دسترسی بال تیر

۱۳-۴-۱۱-۱-۳- در صورتی که جزئیات خاصی در اسناد پیمان درخواست شده باشد، شکل سوراخ دسترسی جوش باید مطابق ابعاد و رواداری‌های تعیین شده باشد.

۱۳-۴-۱۱-۲- الزامات کیفی سوراخ‌های دسترسی جوش

۱۳-۴-۱۱-۲-۱- زبری سطح

به استثنای سوراخ‌های دسترسی استاندارد یا چنانچه توسط مهندس به نحو دیگری مشخص شده باشد، زبری سطح تمام شده سوراخ دسترسی جوش نباید از ۱۳ میکرون بیشتر باشد.

۱۳-۴-۱۱-۲-۲- زخم‌ها و بریدگی ها

زخم‌ها و بریدگی‌ها در سوراخ دسترسی جوش که ناشی از برش حرارتی و برش اره‌ای نامناسب هستند، باید با سنگ‌زنی برداشته شده و به نحوی صاف شوند که شیب آن‌ها در مقابل سطح برش مستقیم حداکثر ۱ به ۵ و شعاع آن‌ها در قسمت منحنی سطح برش حداقل ۱۰ میلی‌متر باشد. عمق زخم‌ها و بریدگی‌هایی که با سنگ‌زنی قابل‌اصلاح هستند محدودیت ندارد، مشروط بر اینکه شکل نهایی سوراخ دسترسی با ابعاد، رواداری‌ها و هندسه مورد نیاز مطابقت داشته باشد.

۱۳-۴-۱۱-۲-۳- ترمیم زخم‌ها با جوشکاری

زخم‌هایی که عمق آن‌ها زیاد بوده و با سنگ‌زنی قابل اصلاح نیستند، می‌توانند با جوشکاری ترمیم شوند. قبل از جوشکاری، زخم یا بریدگی باید با سنگ‌زنی به یک شکل هموار با شعاع حداقل ۶ میلی‌متر در آید. برای ترمیم از یک دستورالعمل جوشکاری ترمیمی مکتوب باید استفاده شود. ناحیه ترمیمی باید تا دمای حداقل ۶۵ درجه سلسیوس پیش‌گرمایش شود. پس از اتمام جوشکاری محل ترمیم باید سنگ‌زنی شده و سرتاسر ناحیه با یکنواخت کردن سطح جوش با سطح مجاور به حالت صاف و صیقلی در آید تا با شکل نهایی مورد نیاز سوراخ دسترسی مطابقت داشته باشد.

۱۳-۴-۱۲- الزامات خال جوشکاری

۱۳-۴-۱۲-۱- پیش گرمایش

پیش‌گرمایش برای تمامی خال جوش‌ها، باید مطابق دستورالعمل جوشکاری (WPS) باشد.

۱۳-۴-۱۲-۲- گذاشتن خال جوش‌ها

اجرای خال جوش خارج از درز جوش در ناحیه حفاظت شده ممنوع است مگر این که به طور مشخص توسط مهندس مجاز شده و در نقشه‌های اجرایی نشان داده شود.

۱۳-۴-۱۲-۳- خال جوش‌ها به پشت بند فولادی در ناحیه حفاظت شده

اجرای خال جوش بین پشت بند و بال تیر خارج از درز جوش ممنوع است. خال جوش‌های اتصال پشت بند فولادی به جوش شیاری در ناحیه حفاظت شده، در صورت امکان باید در درز جوش اجرا شوند. پشت‌بند فولادی در اتصال بال تیر به بال ستون را می توان به بال ستون خال جوش کرد.

۱۳-۴-۱۲-۴- برداشتن خال جوش‌های نامناسب

خال جوش‌های نامناسب باید با سنگ‌زنی برداشته شوند. بریدگی‌ها و زخم‌ها باید مطابق بند ۱۳-۴-۱۸-۵-۲ ترمیم شوند.

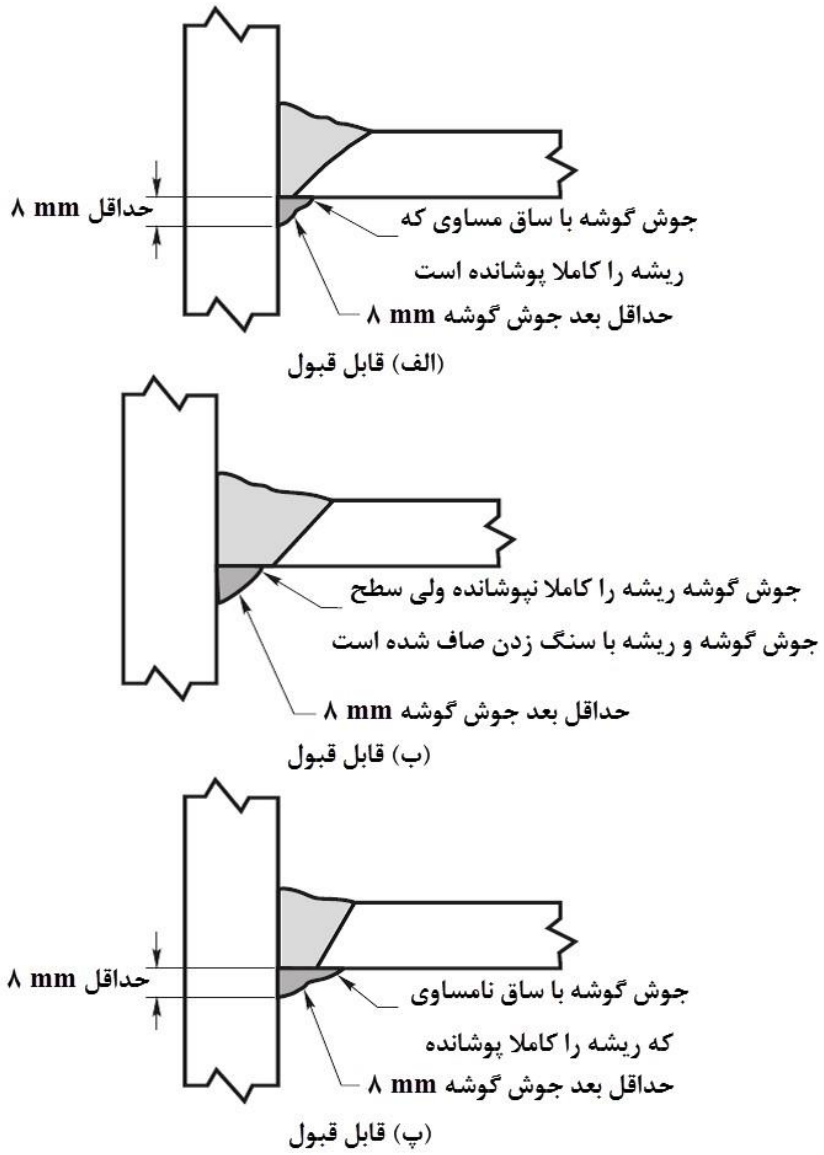
۱۳-۴-۱۳- برداشتن پشت بند و اصلاح ریشه جوش

در صورتی که برداشتن پشت بند ذوب‌شونده (فولادی) ضروری باشد، این کار باید به وسیله شیارزنی قوسی کربن- هوا (CAG)[1]، شیارزنی قوسی پلاسما (PAG)[2]، سنگ‌زنی، پلیسه برداری یا دیگر روش های برش حرارتی انجام شود. روند کار باید برای به حداقل رساندن شیارزنی اشتباه، کنترل شود. بعد از برداشتن پشت بند (هر دو حالت ذوبی و غیرذوبی)، ریشه جوش باید تا رسیدن به فلز سالم از پشت شیارزنی شود. درزهایی که از پشت شیارزنی شده‌اند باید به اندازه لازم و حداقل تا رسیدن به شکل مسطح با فلز جوش پر شوند. جوش باید مطابق با یک دستورالعمل جوشکاری (WPS) انجام شود. بریدگی‌هایی که بعد از انجام هر گونه جوشکاری از پشت یا اجرای جوش گوشه باقی می‌ماند، باید ترمیم شوند. زخم‌ها و بریدگی‌های با عمق کمتر از ۱/۵ میلی‌متر باید باید با شیب حداکثر ۱ به ۵ صاف شوند. زخم‌های عمیق‌تر باید به وسیله جوشکاری مطابق با دستورالعمل جوشکاری اعمالی ترمیم شوند.

۱۳-۴-۱۴- جوش‌های گوشه تقویتی در محل برداشتن پشت‌بند

در صورت نیاز به جوش‌های گوشه تقویتی در محل برداشتن پشت بند، حداقل بعد آن باید ۸ میلی‌متر باشد. ساق جوش گوشه مجاور بال تیر باید به نحوی باشد که پنجه جوش بر روی فلز پایه قرار گیرد. در صورتی که سطح جوش گوشه تقویتی و فلز پایه به وسیله سنگ‌زدن صاف شده باشد، نیازی به امتداد جوش گوشه تا فلز پایه نیست.

1- Air carbon arc gouging (CAG)
2- Plasma arc gouging (PAG)



شکل ۱۳-۶- الزامات جوش گوشه تقویتی

۱۳-۴-۱۵- جوش های گوشه در پشت بند فولادی دائمی

۱۳-۴-۱۵-۱- در صورت نیاز به جوش گوشه بین پشت بند فولادی دائمی و ستون، بعد آن حداقل باید ۸ میلی‌متر باشد.

۱۳-۴-۱۵-۲- پشت بند فولادی در اتصال بال تیر به بال ستون نباید به وجه زیرین بال تیر جوش شود. اجرای خال جوش در این ناحیه مجاز نیست.

۱۳-۴-۱۶- ناودان‌های انتهای جوش

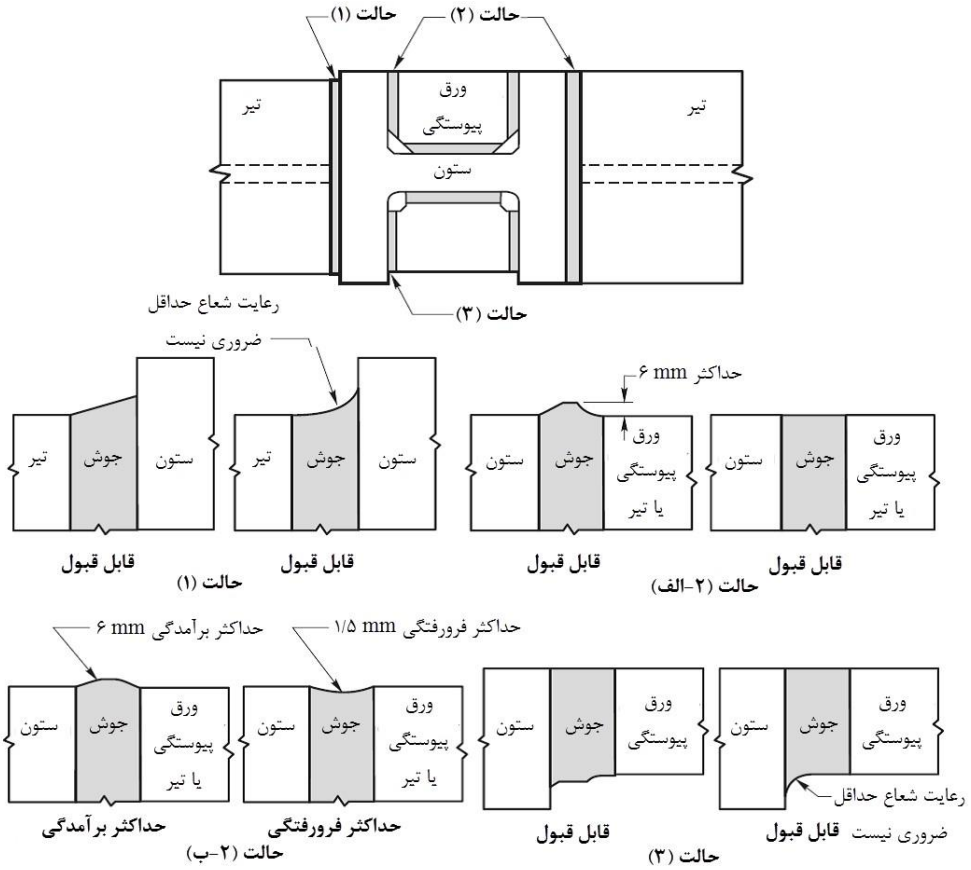
۱۳-۴-۱۶-۱- ناودان‌های انتهای جوش (ورق‌های گوشواره‌ای) باید حداقل به اندازه ۲۵ میلی‌متر یا ضخامت قطعه (هر کدام بزرگتر بود)، از لبه درز امتداد داشته باشند و نیازی نیست که فراتر از ۵۰ میلی‌متر باشند. در جائیکه دسترسی کافی برای ناودان انتهایی جوش، مانند اتصالات قطعات خیلی نزدیک به یکدیگر یا قطعاتی که بصورت حاده نسبت به هم قرار گرفته‌اند نمی‌باشد، ممکن است انتهای جوش تقریباً در ابعادی به اندازه یک بعد جوش، آبشاری[1] شود.

۱۳-۴-۱۶-۲- در ناحیه حفاظت شده، خال جوش‌های متصل کننده ناودان‌های انتهای جوش (ورق‌های گوشواره‌ای) باید داخل درز جوش اجرا شوند و الزامات بخش ۱۳-۴-۱۲ را برآورده نمایند.

۱۳-۴-۱۶-۳- چنانچه برداشتن ناودان‌های انتهای جوش در اسناد قرارداد خواسته شده باشد، این ناودانی ها باید برداشته شده و انتهای جوش پرداخت شود. برداشتن جوش باید به وسیله شیارزنی قوسی کربن- هوا (CAG)، سنگ‌زنی، پلیسه برداری یا برش حرارتی انجام شود. روند کار باید برای به حداقل رساندن شیارزنی اشتباه، کنترل شود. پس از برداشتن ناودان‌های انتهایی، حداکثر ناهمواری سطح لبه‌ها نباید از ۱۳ میکرون بیشتر شود. اجرای سنگ‌زنی تا حد صاف شدن لازم نیست. فرم جوش باید یک تبدیل ملایم و عاری از زخم‌ها و گوشه‌های تیز باشد. در درزهای سپری، لزومی به رعایت شعاع حداقل در گوشه‌ها نیست. انتهای جوش باید عاری از هرگونه عیب باشد. عیب‌هایی با عمق کمتر از ۱/۵ میلی‌متر باید با سنگ‌زنی برداشته شده و با شیب حداکثر ۱ به ۵ صاف شوند. سایر عیب‌ها باید برداشته شده و مطابق دستورالعمل جوشکاری (WPS) اعمالی اصلاح شوند.

---

1 - Cascade



شکل ۱۳-۷- وضعیت‌های قابل قبول برداشتن ناودان انتهای جوش

۱۳-۴-۱۶-۴- در انتهای جوش ورق‌های پیوستگی که در مجاورت تقاطع بال به جان ستون قرار دارد، نباید از ناودان انتهای جوش استفاده شود، مگر اینکه توسط مهندس مجاز یا خواسته شده باشد. در صورت استفاده از ناودان انتهای جوش در این محل، نباید برداشته شوند مگر اینکه توسط مهندس تعیین شده باشد.

۱۳-۴-۱۶-۵- الزامات جدول ۱۳-۵ در خصوص برداشتن ناودان انتهای جوش و پشت‌بند باید رعایت شود.

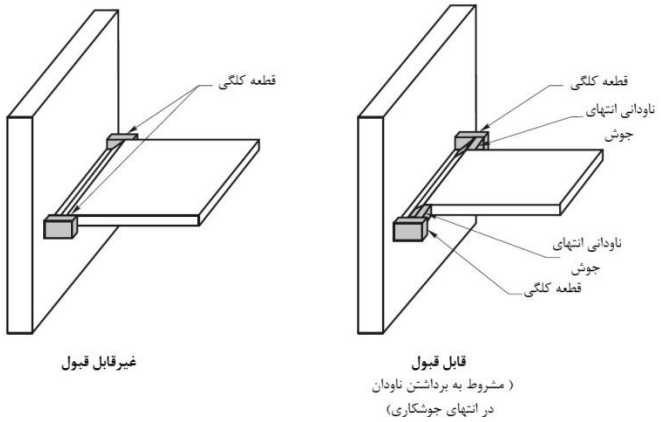
جدول۱۳-۵- الزامات برداشتن پشت‌بند و ناودانی انتهای جوش

	ناودان انتهای جوش	پشت‌بند
قاب‌های خمشی		
اتصال بال فوقانی تیر به بال ستون	برداشته شود	باقی بماند و با جوش گوشه به ستون (نه به تیر) جوش داده شود
اتصال بال تحتانی تیر به بال ستون	برداشته شود	برداشته شود
ورق‌های پیوستگی	توصیه می‌شود در گوشهٔ اتصال بال به جان ستون (نزدیک ناحیهٔ k) استفاده نشود. در صورت استفاده باقی بماند	باقی بماند و با جوش گوشه به ستون جوش داده شود
	نزدیک لبهٔ بال ستون برداشته شود	
قاب‌های مهاربندی شدهٔ همگرا		
کلیهٔ اتصالات مهاربندها	باقی بماند	باقی بماند
قاب‌های مهاربندی شدهٔ واگرا		
اتصال تیر پیوند به ستون	برداشته شود	مانند قاب‌های خمشی
اتصال مهاربندها به تیر پیوند	برداشته شود	برداشته شود
سایر اتصالات مهاربندها	باقی بماند	باقی بماند
وصله ستون‌ها (در قاب‌های خمشی و مهاربندی‌شدهٔ همگرا و واگرا)		
وصله ستون‌ها	برداشته شود	باقی بماند

۱۳-۴-۱۷- قطعه کلگی انتهایی[1]

۱۳-۴-۱۷-۱- قطعات کلگی انتهایی می‌توانند فلزی یا غیرفلزی باشند.

۱۳-۴-۱۷-۲- قطعه کلگی انتهایی نباید به صورت مستقیم در هیچ یک از دو انتهای درز جوش شیاری قرار گیرد، مگر اینکه پس از ناودان جوش نصب شده و در پایان جوشکاری به همراه آن برداشته شود.



قابل قبول
(مشروط به برداشتن ناودان
در انتهای جوشکاری)

غیرقابل قبول

1- End Dam

شکل ۱۳-۸- شرایط پذیرش قطعه کلگی

۱۳-۴-۱۸- ناحیه حفاظت شده

۱۳-۴-۱۸-۱- ایجاد ملحقات جوشی از جمله جوش‌های گلمیخ‌ها و بست‌های نگهدارنده در ناحیه حفاظت شده ممنوع است. ایجاد جوش‌های قوسی نقطه‌ای[1] به منظور اتصال عرشه فولادی در ناحیه حفاظت‌شده مجاز است.

۱۳-۴-۱۸-۲- در صورت نیاز به اتصال اعضای کمکی برای نصب در ناحیه حفاظت شده لازم است مهندس آن را تأیید نماید. همچنین لازم است پس از نصب، این اعضا برداشته شده و در صورت وجود هر گونه اثرات زخم سطح ناحیه حفاظت‌شده سنگ‌زنی شود.

۱۳-۴-۱۸-۳- چنانچه نیاز به برداشتن جوش‌ها در ناحیه حفاظت‌شده باشد، این کار باید به وسیله برش قوسی کربن-هوا (CAC-A)، سنگ‌زنی، براده برداری یا سایر روش‌های برش حرارتی صورت گیرد. روند کار باید کنترل شود تا شیارزنی بی‌مورد به حداقل برسد. پس از برداشتن جوش‌ها، ناحیه مورد نظر باید با سنگ‌زنی صاف شده و عاری هر گونه از عیب باشد.

۱۳-۴-۱۸-۴- اگر جوش‌های گوشه و خال جوش ها به اشتباه بین پشت بند و بال تیر اجرا شوند، باید به شرح زیر اصلاح گردند.

الف) جوش باید به نحوی برداشته شود که دیگر پشت‌بند به بال تیر متصل نباشد.
ب) سطح بال تیر باید با سنگ‌زنی صاف و صیقلی و عاری از هر گونه عیب شود.
پ) هر گونه زخم و بریدگی باید مطابق بند ۱۳-۴-۱۸-۵ اصلاح شود.

۱۳-۴-۱۸-۵- بریدگی‌ها و زخم‌های واقع در ناحیه حفاظت شده باید مطابق زیر اصلاح شوند:

۱۳-۴-۱۸-۵-۱- چنانچه بریدگی‌ها و زخم‌ها به وسیله سنگ‌زنی اصلاح گردند، ناحیه سنگ‌زنی شده باید دارای یک شیب تبدیل ملایم نسبت به سطح فلز پایه باشد. حداکثر میزان این شیب در امتداد موازی محور عضو ۱ به ۵ و در امتداد عمود بر آن باید ۱ به ۲/۵ باشد.

۱۳-۴-۱۸-۵-۲- چنانچه برای اصلاح، به جوشکاری نیاز باشد، بریدگی یا زخم باید برداشته شده و به وسیله سنگ‌زنی، سطحی ملایم با شعاع حداقل ۶ میلی‌متر آماده شود. جوشکاری باید مطابق دستورالعمل جوشکاری (WPS) انجام شود. پیش‌گرمایش باید مطابق الزامات آیین‌نامه انجام شود ولی نباید از ۶۵ درجه سلسیوس کمتر باشد. الکترودها باید مطابق بند ۱۳-۴-۱ باشند. پس از جوشکاری، جوش باید با سنگ‌زنی به سطحی صاف با حداکثر ناهمواری ۱۳ میکرون تبدیل

1 - Arc spot weld

شود. پس از اصلاح، ناحیه مورد نظر باید با استفاده از آزمایش ذرات مغناطیسی (MT) بازرسی شود. ضخامت نهایی ناحیه اصلاح شده باید حداکثر ۱/۵ میلی‌متر کمتر از ضخامت فلز پایه باشد.

۱۳-۴-۱۸-۶- چنانچه به دلیل جانمایی نادرست سوراخ در ناحیه حفاظت شده، مطابق نظر مهندس، نیاز به پر کردن آن با جوش باشد، دستورالعمل آن باید توسط پیمانکار تهیه و به تأیید مهندس برسد. این دستورالعمل باید حداقل دمای پیش گرمایش برابر ۶۵ درجه سلسیوس، سنگ‌زنی جوش تقویتی تا رسیدن به سطح صیقلی، و انجام آزمایش ذرات مغناطیسی (MT) و فراصوت (UT) برای ارزیابی جوش را شامل شود.

۱۳-۴-۱۸-۷- جوش‌های کام که به صورت نادرست در ناحیه حفاظت شده جانمایی شده‌اند باید بریده شده و با سنگ‌زنی سطح صیقلی حاصل شود.

۱۳-۵- بازرسی

۱۳-۵-۱- در صورتی که مطابق آیین‌نامه یا اسناد پیمان لازم باشد، مهندس باید یک طرح تضمین کیفیت (QAP) تهیه نماید. طرح تضمین کیفیت باید وظایف مخصوص کنترل کیفیت و تضمین کیفیت را که به ترتیب توسط پیمانکار و دستگاه تضمین کیفیت انجام خواهد شد، تعیین نماید. پیمانکار و دستگاه تضمین کیفیت باید وظایف مذکور را مطابق طرح تضمین کیفیت تعریف شده انجام دهند.

۱۳-۵-۲- تایید صلاحیت بازرسان

۱۳-۵-۲-۱- تایید صلاحیت بازرسان جوش QA

صلاحیت بازرسان جوش QA باید مطابق زیر باشد:

- بازرس ارشد جوش (SWI) یا بازرس جوش (WI)، به استثنای کمک بازرس جوش (AWI)، که در سایت مستقر بوده و حین بازرسی در دسترس می‌باشد، می‌تواند تحت نظارت مستقیم بازرس جوش (WI) کار کند.

۱۳-۵-۲-۲- تایید صلاحیت کارکنان آزمایش‌های غیرمخرب

علاوه بر ضوابط ارائه شده در فصل هشتم، اشخاصی مجاز به انجام آزمایش‌های غیرمخرب هستند که در پایه ۲ یا بالاتر آزمون‌های غیرمخرب ارزیابی شده باشند.

۱۳-۵-۲-۳- تایید صلاحیت بازرسان جوش QC

کارکنان بازرسی جوش QC باید در حد کمک بازرس (AWI) یا بالاتر باشند در غیر اینصورت باید مطابق ضوابط فصل هشتم و طرح QC پیمانکار تشخیص صلاحیت شوند.

۱۳-۵-۳- مدارک تضمین کیفیت (QA)

دستگاه تضمین کیفیت باید مدارک زیر را به نماینده کارفرما، مقام قانونی مسئول و کارفرما ارائه نماید.

الف) رویه انجام بازرسی مستمر و کنترل عملیات دستگاه تضمین کیفیت شامل موارد زیر:

۱- رویه انتخاب و مدیریت نفرات بازرسی، شامل نحوه آموزش، کسب تجربه و آزمون‌های مورد نیاز به منظور تایید صلاحیت نفرات بازرسی

۲- رویه بازرسی دستگاه تضمین کیفیت شامل بازرسی عمومی، کنترل مصالح و بازرسی چشمی جوش

ب) مدارک صلاحیت حرفه‌ای مدیریت و نفرات دستگاه تضمین کیفیت که برای پروژه به کار گرفته می‌شوند.

پ) مدارک سوابق بازرسان و تکنیسن‌های آزمایش غیرمخرب (NDT) که در پروژه به کار گرفته می‌شوند.

ت) رویه اجرایی آزمایش‌های غیرمخرب و سوابق واسنجی تجهیزاتی که برای آزمایش‌های غیرمخرب مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱۳-۵-۴- وظایف بازرس

نحوه مستندسازی و وظایف بازرس در دستگاه‌های کنترل کیفیت (QC) و تضمین کیفیت (QA) برای اعضا و اجزای سیستم باربر لرزه‌ای باید مطابق جدول‌های ۱۳-۶ تا ۱۳-۸ باشد در این جدول‌ها علامت‌های O، P و D به شرح زیر است:

الف) مشاهده (O)

بازرس مربوطه باید این موارد را مشاهده و بررسی نماید. این بررسی و مشاهده شامل تمامی موارد نشده و می‌تواند به صورت غیرمنظم ولی روزانه انجام شود. به هر حال تعداد بازرسی‌ها رافع مسئولیت QA و QC نمی‌باشد. در این حالت ادامه ساخت موکول به انجام بازرسی نیست.

ب) انجام (P)

این فعالیت‌ها باید برای هر مورد انجام پذیرد و انجام مرحله بعدی منوط به صدور تأییدیه مرحله قبل می‌باشد.

پ) مستندسازی (D)

بازرس باید گزارش‌هایی تهیه نماید که نشان دهد که کار بر اساس مستندات قرارداد انجام می‌شود. برای ساخت در کارخانه، گزارش باید در بردارنده شماره قطعه بازرسی شده باشد. برای کار در کارگاه، گزارش باید شامل محور، طبقه و تراز ارتفاعی بازرسی شده باشد. کارهایی که مطابق قرارداد اجرا نشده و یا مطابق قرارداد نبوده ولی به صورت رضایت‌بخشی تعمیر شده است، باید در گزارش بازرسی قید شوند.

۱۳-۵-۵- بازرسی جوش و آزمایش های غیرمخرب

بازرسی جوش و آزمایش‌های غیرمخرب باید نیازمندی‌های این بخش را فراهم نماید.

(۱) بازرسی چشمی جوش

بازرسی چشمی جوش باید توسط افراد دستگاه کنترل کیفیت (QC) و تضمین کیفیت (QA) انجام شود. حداقل وظایف این دو دستگاه در جدول‌های ۱۳-۶ تا ۱۳-۸ ارائه شده است.

(۲) آزمایش‌های غیرمخرب اتصالات جوشی

علاوه بر الزامات بخش‌های قبل، آزمایشات غیرمخرب جوش باید مطابق ضوابط این بخش انجام شود.

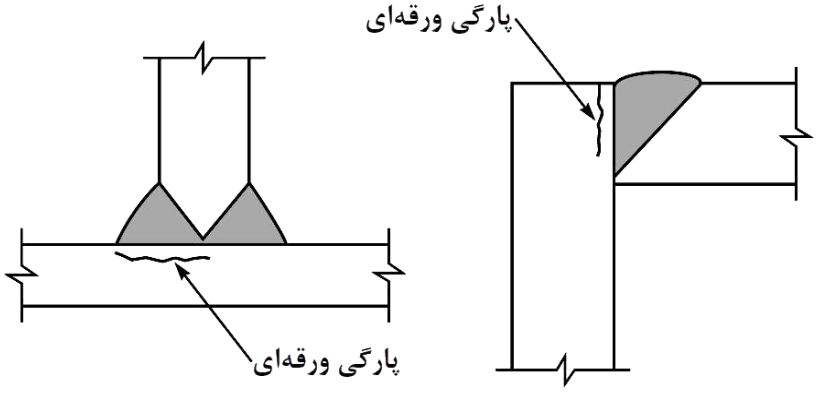
۲- الف) آزمایش‌های غیرمخرب جوش‌های شیاری با نفوذ کامل

۱۰۰ درصد جوش‌های شیاری با نفوذ کامل که ضخامت فلز پایه آن حداقل ۸ میلی‌متر باشد، باید آزمایش فراصوت (UT) شود. ضوابط پذیرش ناپیوستگی های جوش، مطابق ضوابط فصل ۸ می‌باشد. علاوه بر آن، برای ۲۵ درصد از جوش های شیاری با نفوذ کامل اتصال تیر به ستون باید آزمایش ذرات مغناطیسی (MT) انجام شود. کاهش درصد آزمایش‌های فراصوت و ذرات مغناطیسی بر اساس ضوابط فصل ۸ مجاز است.

۲- ب) آزمایش‌های غیرمخرب فلز پایه برای پارگی ورقه‌ای و لایه‌ای شدن

در اتصالات سپری و گوشه، در صورتیکه ضخامت فلز پایه مساوی و بیش از ۴۰ میلی‌متر و ضخامت قطعه متصل به آن با جوش شیاری با نفوذ کامل مساوی و بیش از ۲۰ میلی‌متر باشد، باید آزمایش فراصوت (UT) برای تشخیص لایه‌ای شدن فلز پایه (مطابق شکل ۱۳-۹) در پشت و مجاورت خط امتزاج جوش انجام شود.

هر گونه ناپیوستگی به فاصله $\frac{t}{۴}$ از سطح فولاد باید مطابق ضوابط فصل ۸ پذیرفته یا مردود شود. (t ضخامت فلز پایه می‌باشد)



شکل ۱۳-۹ پارگی ورقه‌ای و لایه‌ای شدن

۲- پ) آزمایش‌های غیرمخرب سوراخ های دسترسی و لبه‌های برش داده تیر در محل اتصال

زمانی که ضخامت بال مقطع در مقاطع نورد شده و ضخامت جان مقطع در مقاطع ساخته شده از ورق مساوی و بیش از ۴۰ میلی‌متر شود، لبه‌های برش داده شده تیرها و سوراخ‌های دسترسی در محل اتصال ایجاد شده با برش حرارتی، باید تحت آزمایش ذرات مغناطیسی (MT) یا مایع نافذ (PT) قرار گیرند.

جدول ۱۳-۶- بازرسی قبل از جوشکاری

ردیف	شرح فعالیت	QC		QC	
		مستندسازی	فعالیت	مستندسازی	فعالیت
۱	قابل شناسایی بودن مواد و مصالح (نوع و رده)	-	O	-	O
۲	سیستم شناسایی جوشکاران (علامت‌گذاری بند جوش)	-	O	-	O
۳	کنترل آماده‌سازی درز جوش شیاری • آماده‌سازی اتصال • هندسه (هم‌راستایی، فاصله ریشه، عمق ریشه، پخ) • تمیزی درز جوش • وضعیت خال جوشکاری (کیفیت و محل خال جوش) • نوع پشت بند	-	P	-	P/O*
۴	کنترل شکل و پرداخت سوراخ دسترسی	-	P	-	O
۵	کنترل آماده‌سازی درز جوش گوشه • هندسه (فاصله ریشه، راستا، ...) • تمیزی درز جوش • وضعیت خال جوشکاری (کیفیت و محل خال جوش)	-	P/O*	-	P/O*

* پس از انجام بازرسی برای ۱۰ جوش اجرا شده توسط یک جوشکار مشخص، که طی آن جوشکار نشان دهد که الزامات را درک کرده و توانایی‌ها و ابزار لازم برای بررسی این موارد را دارا می‌باشد، فعالیت بازرسی به مشاهده تقلیل یافته و انجام بازرسی این موارد باید توسط جوشکار صورت گیرد. اگر بازرس تشخیص دهد که جوشکار انجام این وظایف را متوقف کرده است، فعالیت بازرسی تا زمانی که بازرسی از انجام این وظایف توسط جوشکار اطمینان یابد، باید توسط خود بازرس انجام شود.

جدول ۱۳-۷- بازرسی حین جوشکاری

ردیف	شرح فعالیت	QC		QC	
		مستندسازی	فعالیت	مستندسازی	فعالیت
۱	پیروی از دستورالعمل جوشکاری (WPS) • تنظیم تجهیزات جوشکاری • سرعت جوشکاری • انتخاب الکترود و سیم جوش • نوع و دبی گاز محافظ • پیش‌گرمایش و دمای عبورهای میانی • وضعیت جوشکاری (OH, H, V, F) • عدم استفاده از الکترودهای با جنس متفاوت در یک درز، مگر اینکه اجازه داده شده باشد.	-	O	-	O
۲	استفاده از جوشکارهای صلاحیت‌دار	-	O	-	O
۳	کنترل شرایط نگه‌داری و جابه‌جایی الکترود • بسته‌بندی • زمان در معرض هوا بودن	-	O	-	O

۴	شرایط محیطی • محدودیت سرعت باد • بارش و دما	-	O	-	O
۵	روش‌های جوشکاری • تمیزکاری بین دو عبور و عبور نهایی • هندسه جوش هر عبور • بازرسی کیفیت چشمی هر عبور	-	O	-	O
۶	عدم جوشکاری روی ترک‌های خال جوش	-	O	-	O

جدول ۱۳-۸- بازرسی بعد از جوشکاری

ردیف	شرح فعالیت	QC		QC	
		مستندسازی	فعالیت	مستندسازی	فعالیت
۱	کنترل تمیزکاری جوش	-	O	-	O
۲	کنترل هندسه جوش (بعد، طول و محل جوش)	-	P	-	P
۳	بازرسی چشمی جوش • ممانعت از ترک • امتزاج جوش با فلز پایه و عبورهای قبل • چاله جوش • هندسه مقطع جوش • بریدگی کنار جوش • تخلخل	D	P	D	P
۴	ناحیه k*	D	P	D	P
۵	اجرای جوش تقویتی یا محدب یا مسطح کردن سطح جوش گوشه (در صورت نیاز)	D	P	D	P
۶	کنترل برداشتن پشت‌بند و ناودانی جوش و اجرای جوش گوشه (در صورت نیاز)	D	P	D	P
۷	کنترل جوش تعمیری	-	P	D	P

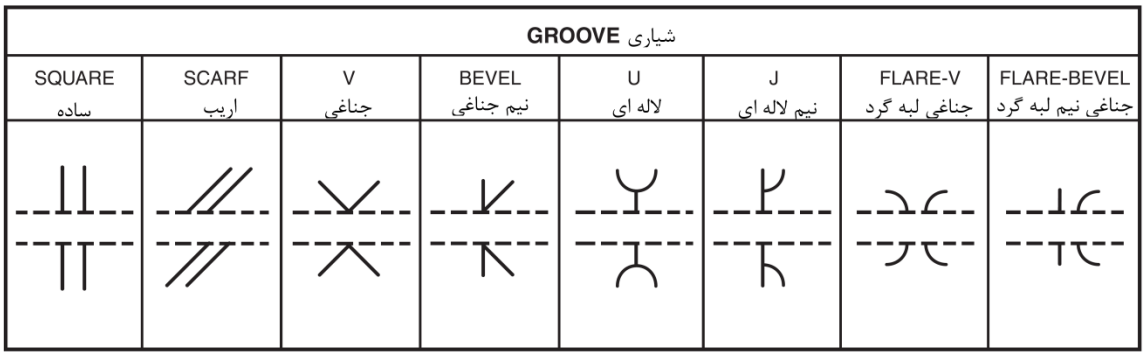
*هنگام جوشکاری ورق‌های مضاعف، ورق‌های پیوستگی و سخت‌کن‌نده‌ها، بازرسی چشمی برای کشف ترک در ناحیه k ورق جان تا فاصله ۷۵ میلی‌متر بالا و پایین جوش انجام شود. بازرسی چشمی نباید زودتر از ۴۸ ساعت بعد از تکمیل عملیات جوشکاری انجام شود.

پیوست یک

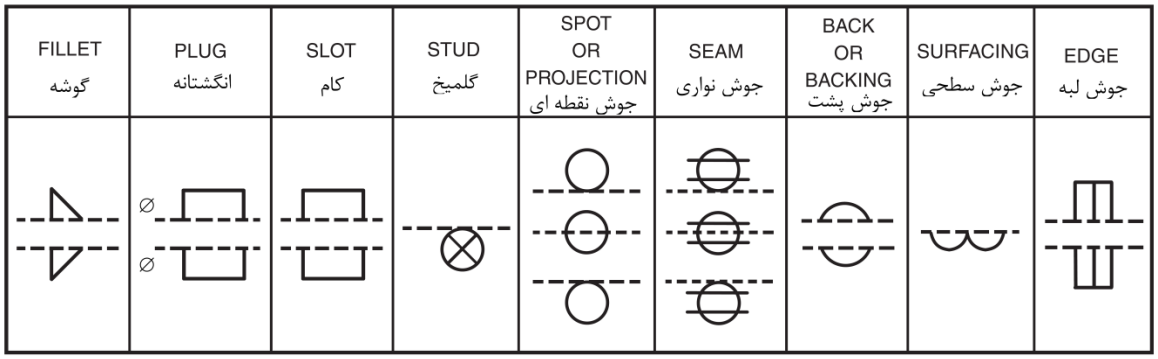
نمادهای قراردادی جوش

نمادهای قراردادی جوش

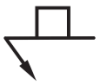
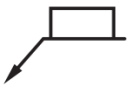
در این پیوست نمادهایی برای نمایش دادن الزامات جوشکاری، لحیم کاری و بازرسی غیرمخرب ارائه می‌شود که شامل مقرراتی برای نمایش گرافیکی جوش‌ها و روش‌های آزمایش‌های غیرمخرب، همراه با ضوابطی برای مشخص کردن مکان و گسترده کاربرد آنها است.
شکل‌های همراه با متن نشان می‌دهند که چگونه می‌توان از قالب و کاربردهای صحیح نمادها برای انتقال اطلاعات مربوط به اجرای جوش و آزمایش غیرمخرب استفاده کرد، اما برای نشان دادن جوشکاری یا بازرسی غیرمخرب توصیه شده یا طراحی، در نظر گرفته نشده است.



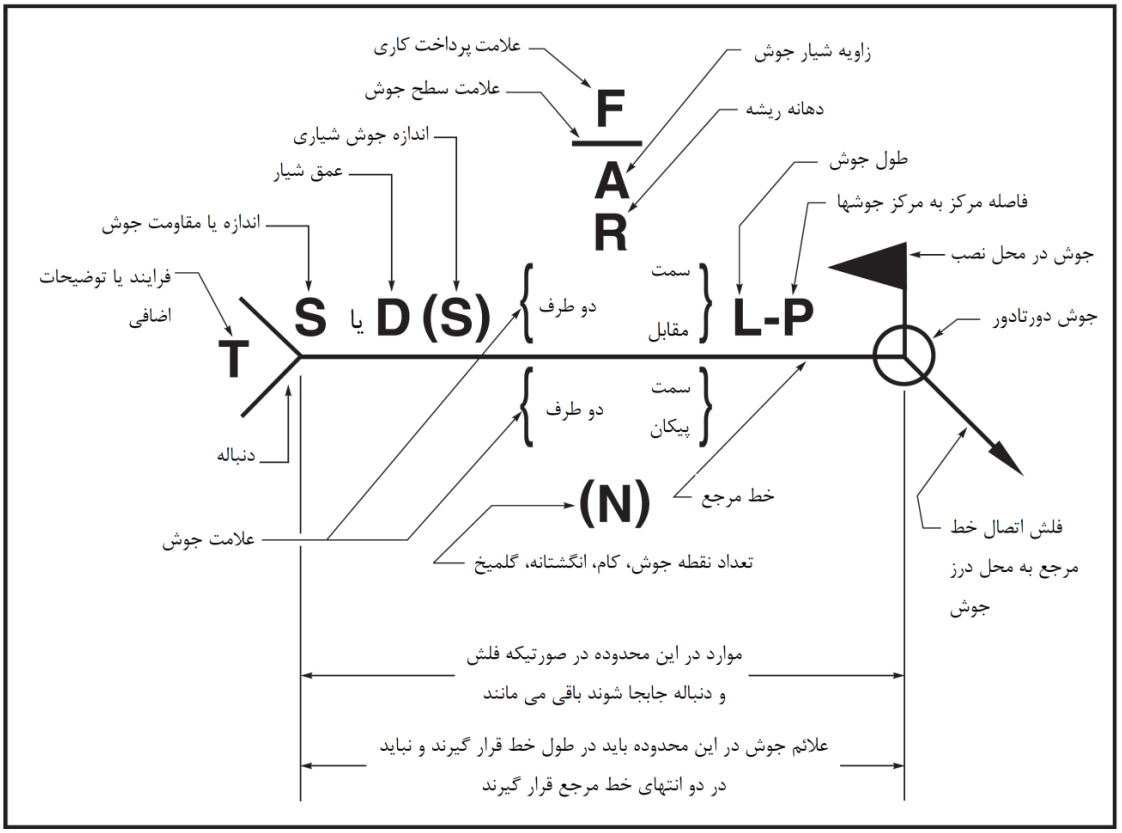
نکته: خط عمودی علامت جوش همواره در سمت چپ نمایش داده می‌شود.



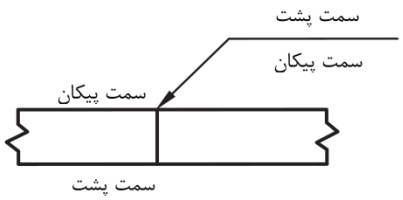
شکل ۱- علامت های اصلی جوش

WELD-ALL-AROUND جوش دورتا دور	FIELD WELD جوش‌در محل نصب	MELT-THROUGH ذوب عمقی	CONSUMABLE INSERT (SQUARE) لایی مصرفی	BACKING (RECTANGLE) پشت بند	SPACER (RECTANGLE) فاصله انداز	CONTOUR سطح جوش		
						FLUSH OR FLAT مسطح	CONVEX محدب	CONCAVE مقعر
								

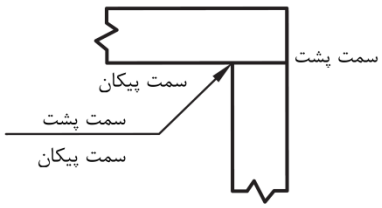
شکل ۲- علامت های تکمیلی جوش



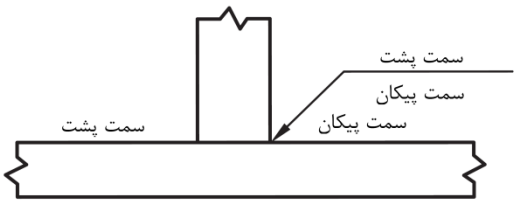
شکل ۳- پیکان جوش



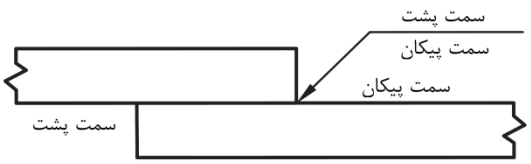
الف) اتصال لب به‌لب



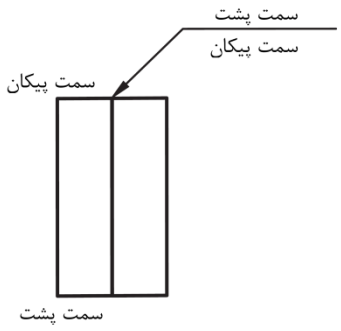
ب) اتصال گونیا یا کنج



پ) اتصال سپری (T)



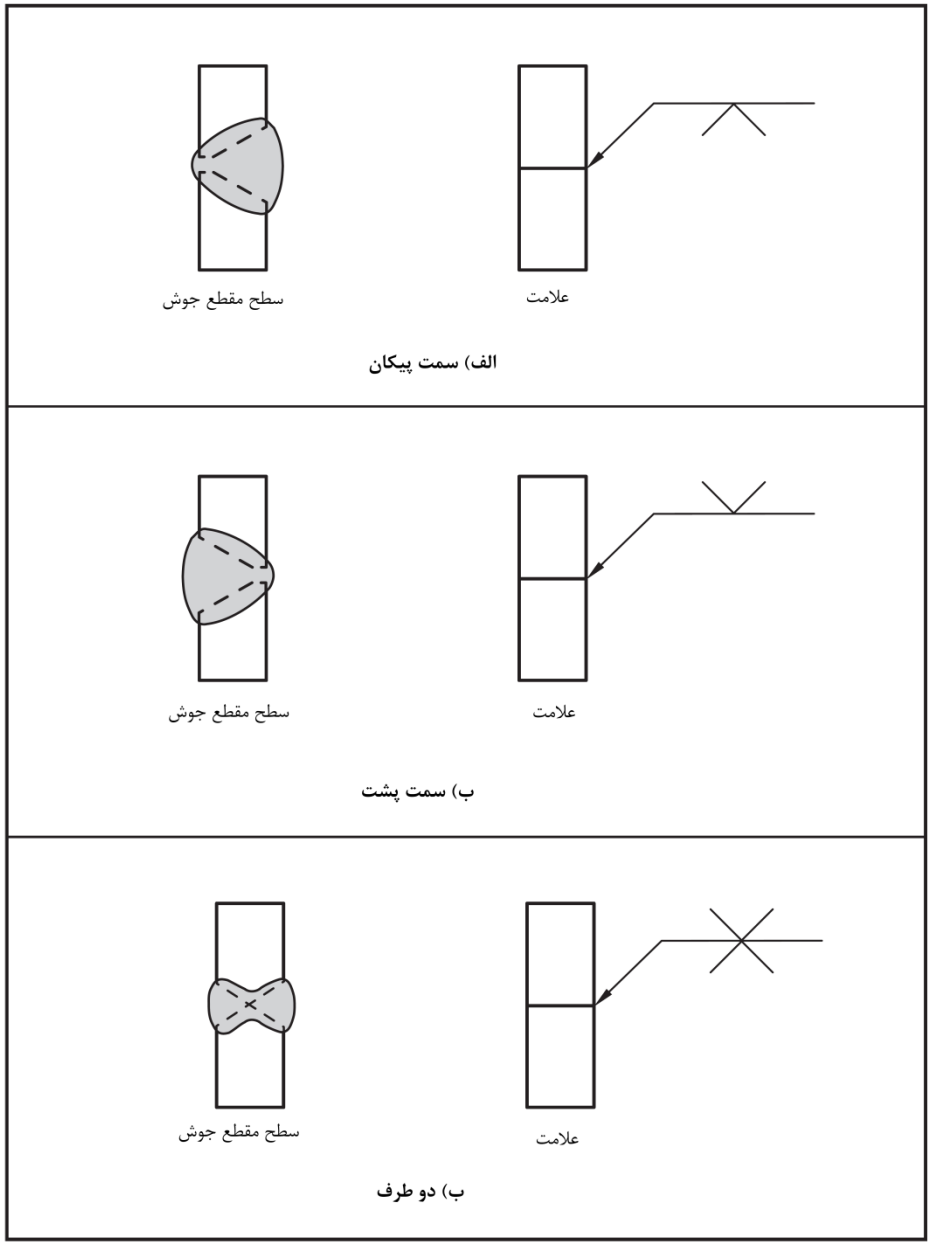
ت) اتصال پوششی



ث) اتصال‌لبه یا پیشانی

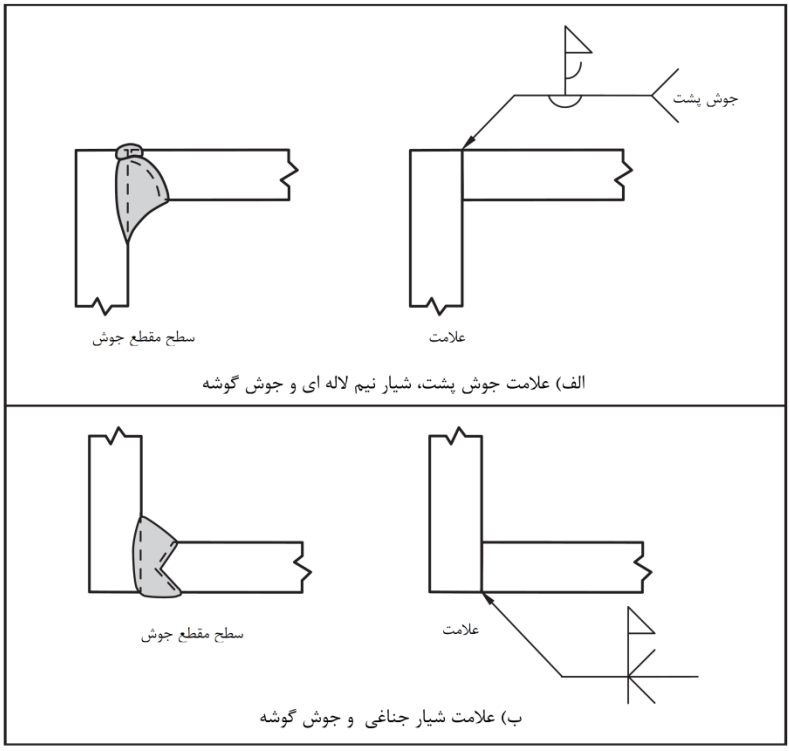
شکل ۴- علامت جوش روی انواع اتصال جوش

وقتی قرار است فقط یک عضو اتصال شیار زده شود، پیکان باید دارای شکست بوده و به سمت آن عضو باشد (شکل ۵ ملاحظه شود). اگر مشخص است که کدام عضو باید دارای شیار باشد، نباید شکسته شود (شکل ۶ ملاحظه شود). اگر ترجیحی وجود نداشته باشد که کدام عضو باید شیار داشته باشد، شکسته نخواهد شد.

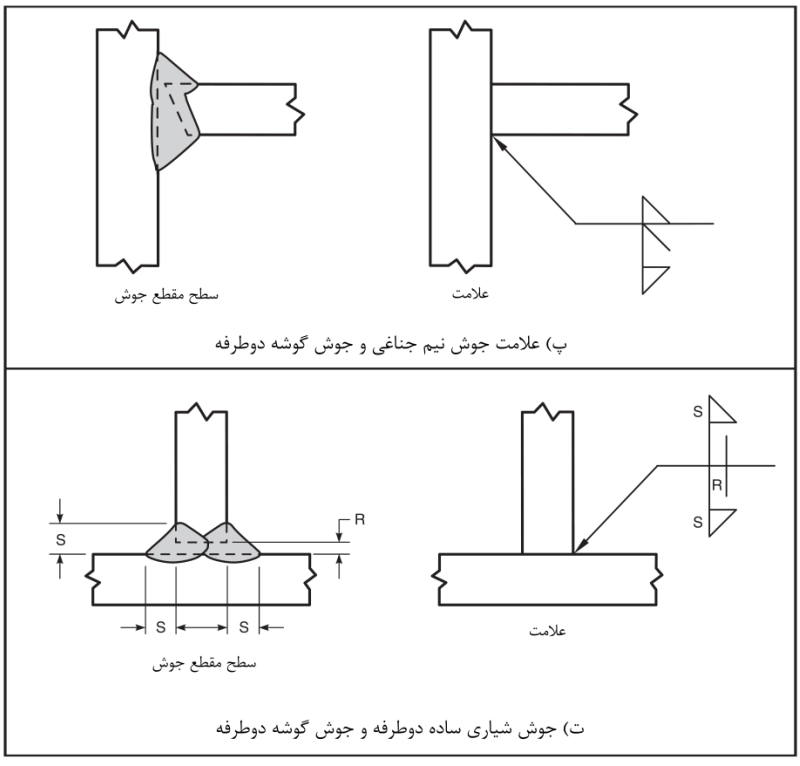


شکل ۵- کاربرد شکست در علامت جوش

برای اتصالاتی که به بیش از یک نوع جوش نیاز دارند، باید از یک علامت برای مشخص کردن هر جوش استفاده شود (شکل ۶ ملاحظه شود).

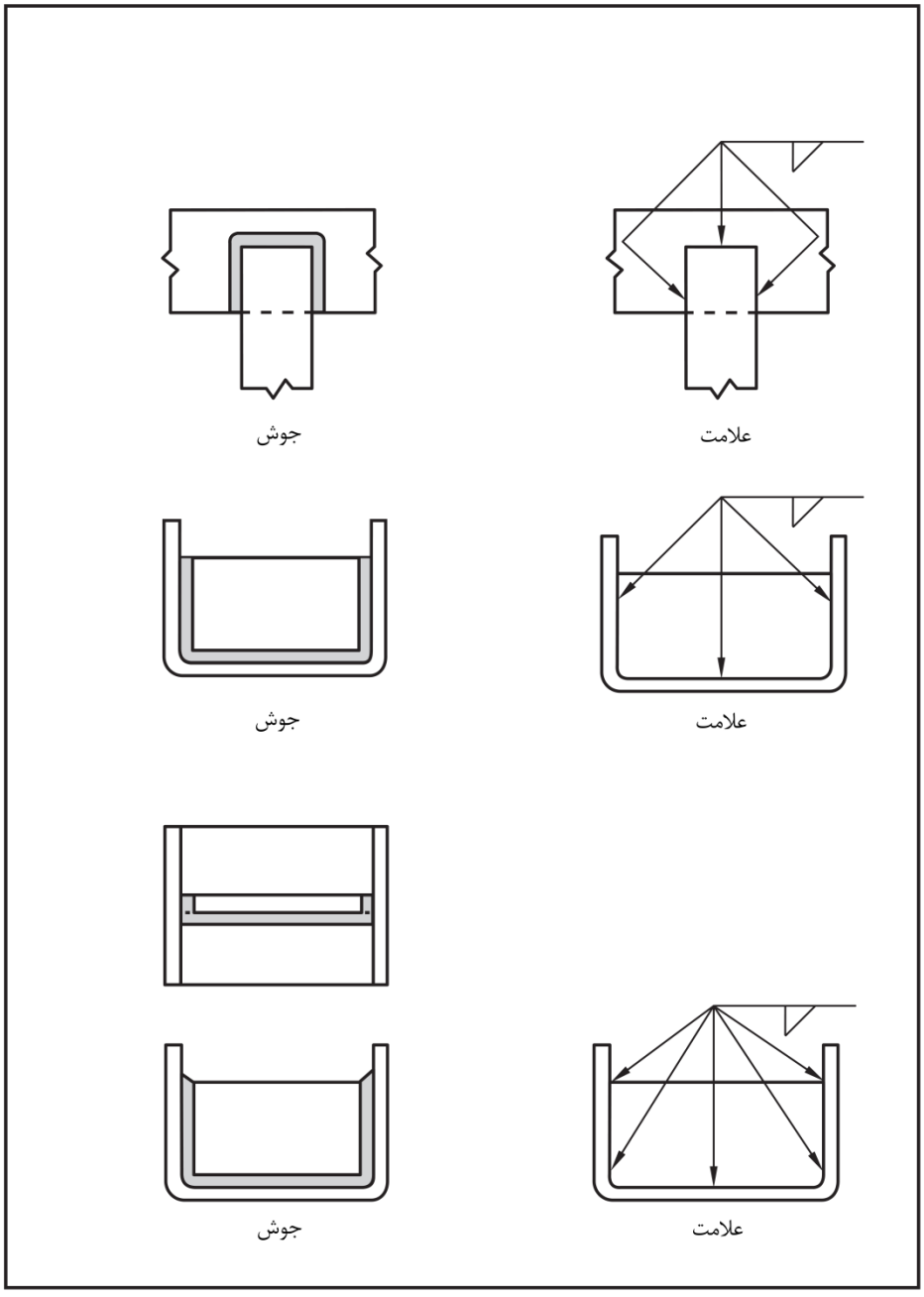


شکل ۶- ترکیب علائم جوش



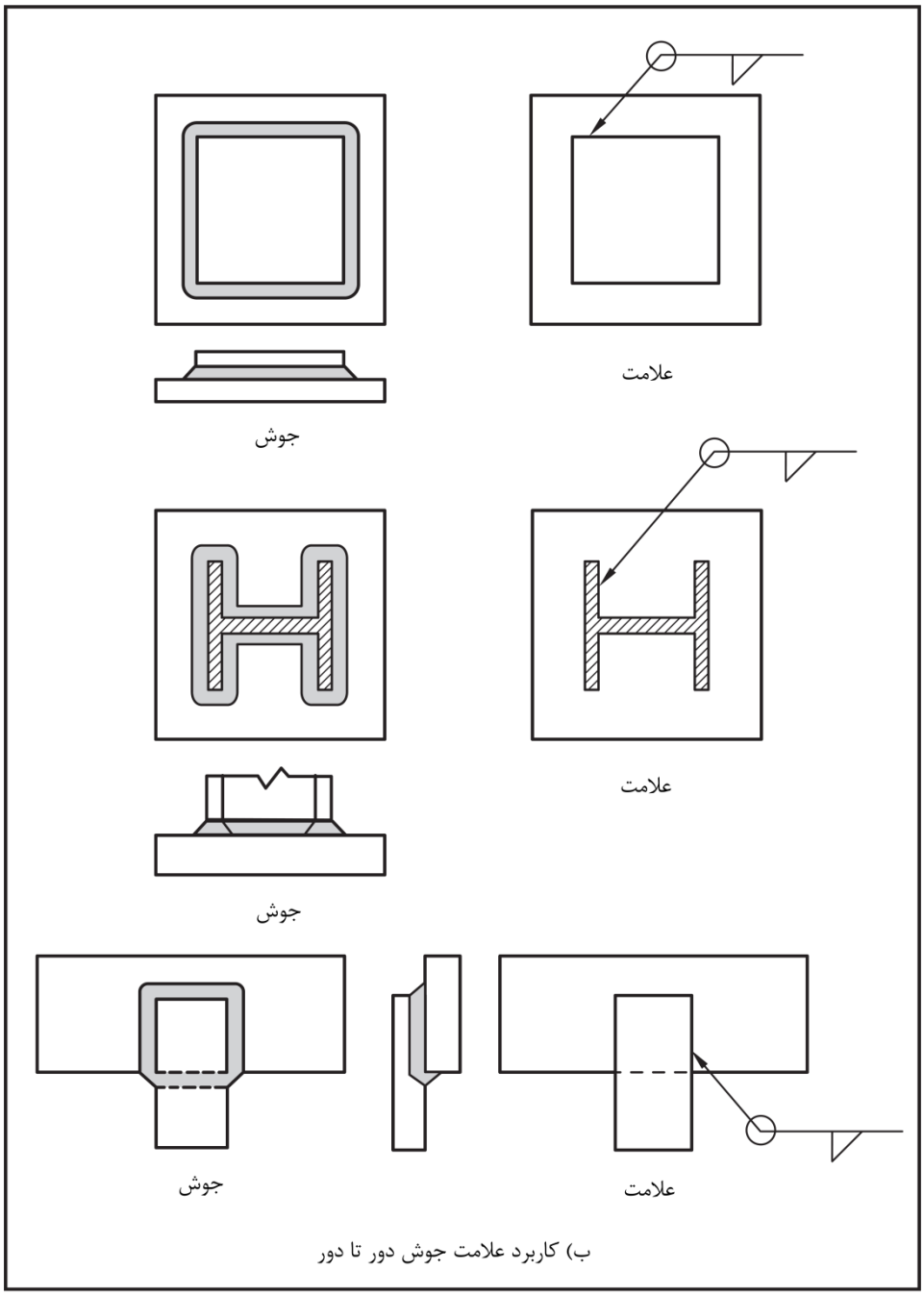
شکل ۶- ترکیب علائم جوش (ادامه)

ممکن است دو یا چند پیکان با یک خط مرجع واحد برای اشاره به مکان هایی که جوش‌های یکسان دارند استفاده شود. (شکل ۷-الف ملاحظه شود)

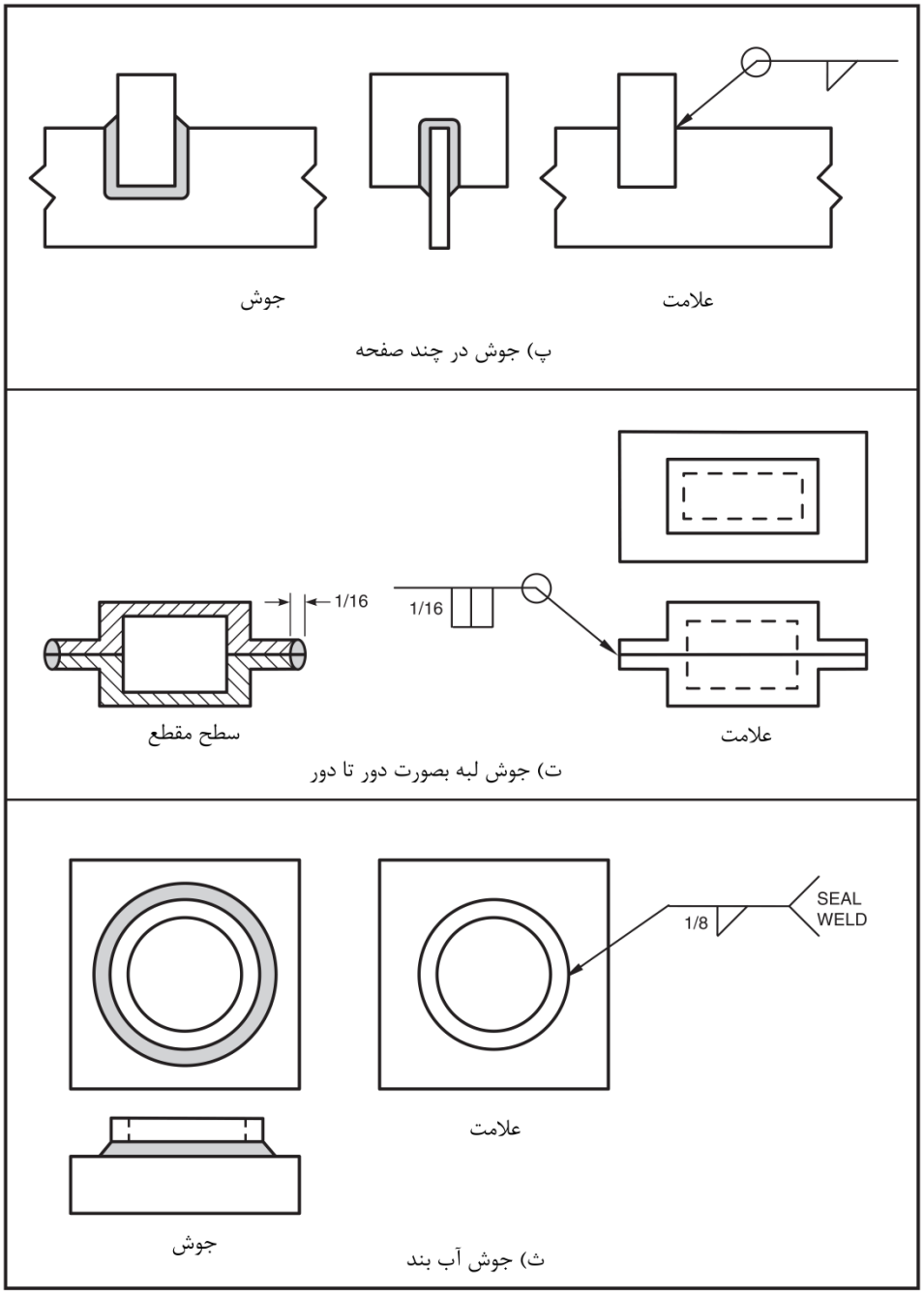


الف) جوش با تغییر ناگهانی در جهت جوشکاری

شکل ۷- کاربرد علامت جوش برای تعیین میزان جوشکاری

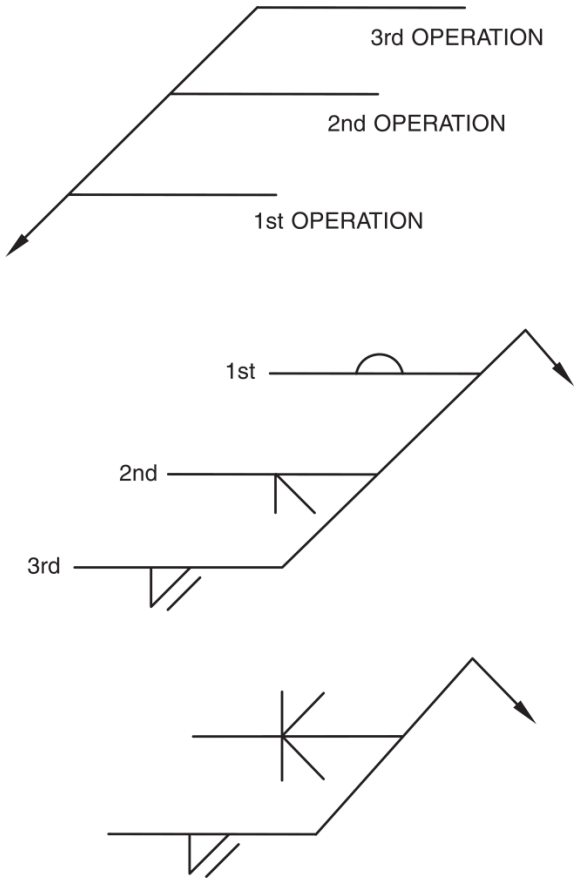


شکل ۷- کاربرد علامت جوش برای تعیین میزان جوشکاری (ادامه)



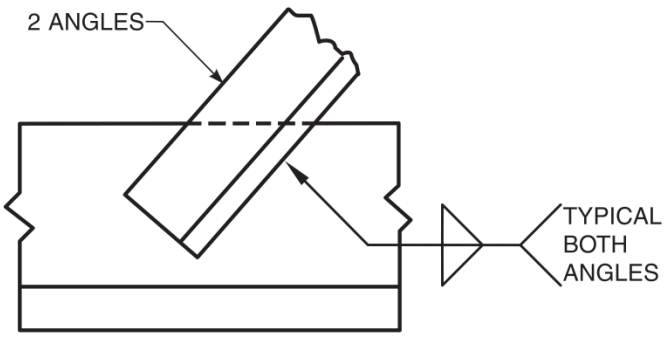
شکل ۷- کاربرد علامت جوش برای تعیین میزان جوشکاری (ادامه)

دو یا چند خط مرجع ممکن است برای نشان دادن یک توالی از عملیات استفاده شود. اولین عملیات در نزدیکترین خط مرجع به پیکان مشخص می‌شود. عملیات بعدی به ترتیب در خطوط مرجع اضافی مشخص می‌شود.

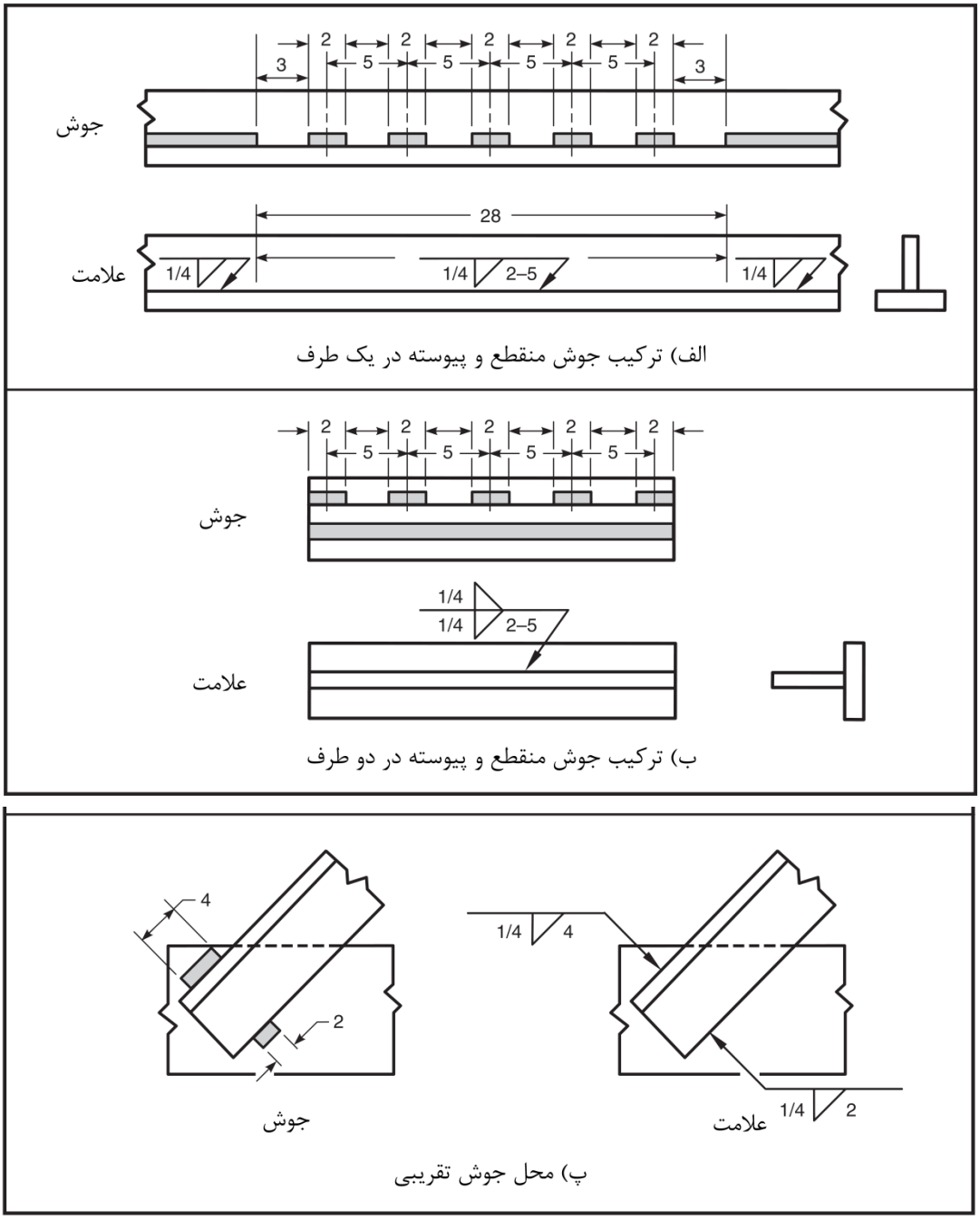


شکل ۸- نحوه نمایش خط مرجع چندگانه و توالی فرایندها

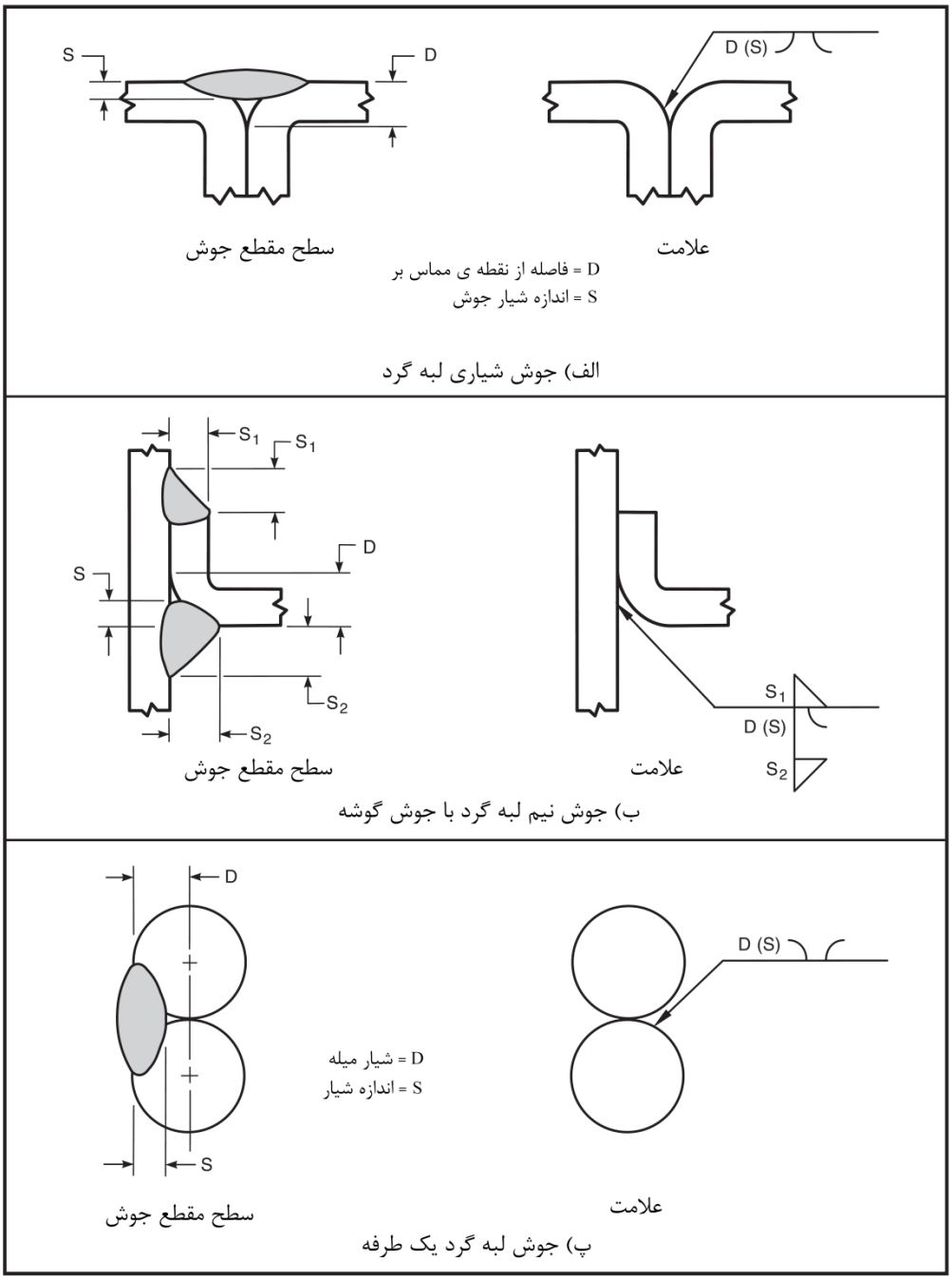
در صورتی‌که قرار است جوش یک عضو پنهان مانند یک عضو قابل مشاهده باشد، می تواند مطابق شکل زیر مشخص شود. اگر قرار باشد جوش یک عضو مخفی با یک عضو قابل مشاهده متفاوت باشد، اطلاعات خاصی برای جوشکاری هر دو باید مشخص شود. در صورت نیاز برای شفاف سازی، تصاویر یا نماهای کمکی باید ارائه شود.



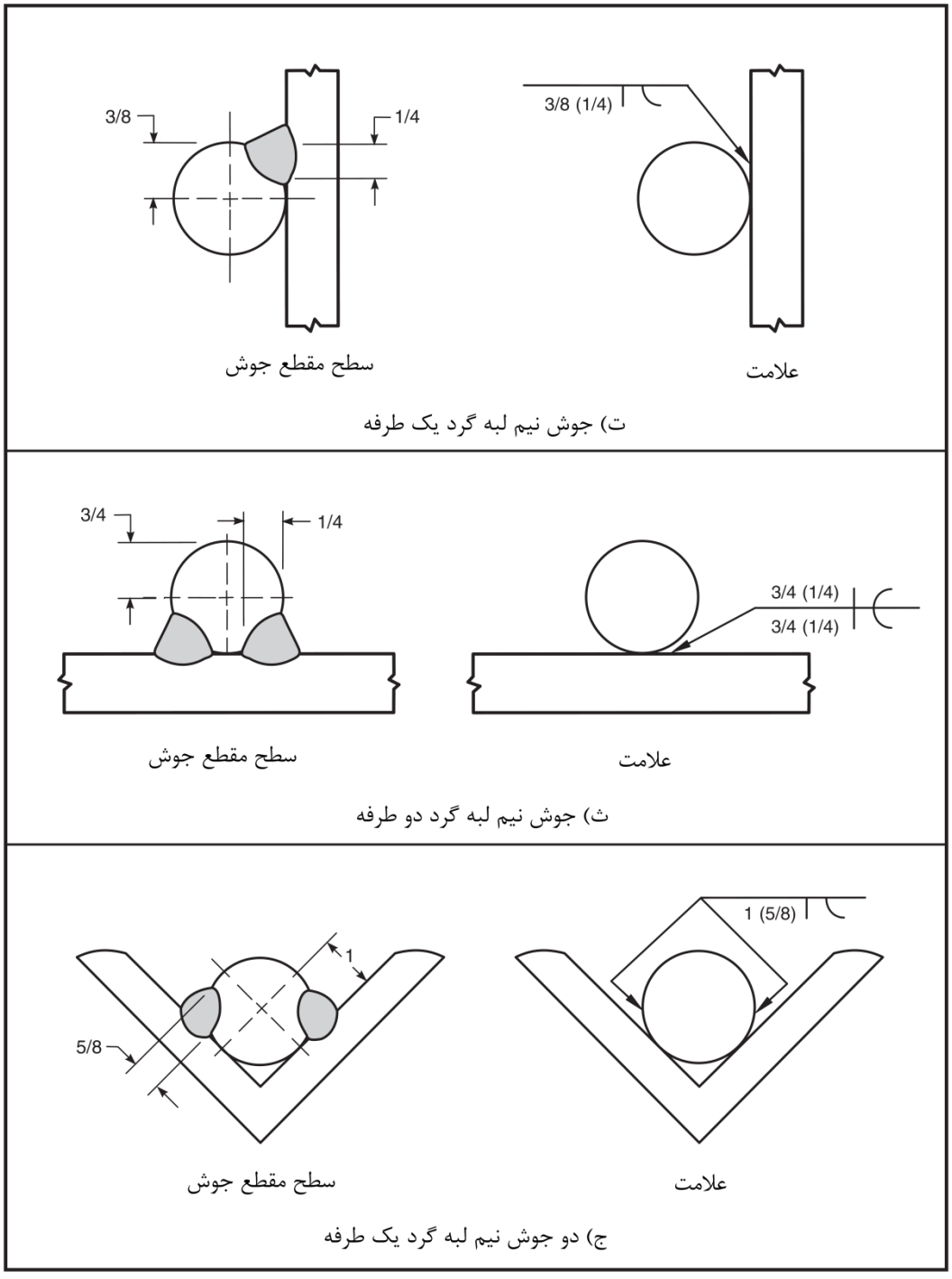
شکل ۹- نحوه نمایش علامت جوش برای عضو مخفی



شکل ۱۰- علامت جوش برای محل و میزان جوش

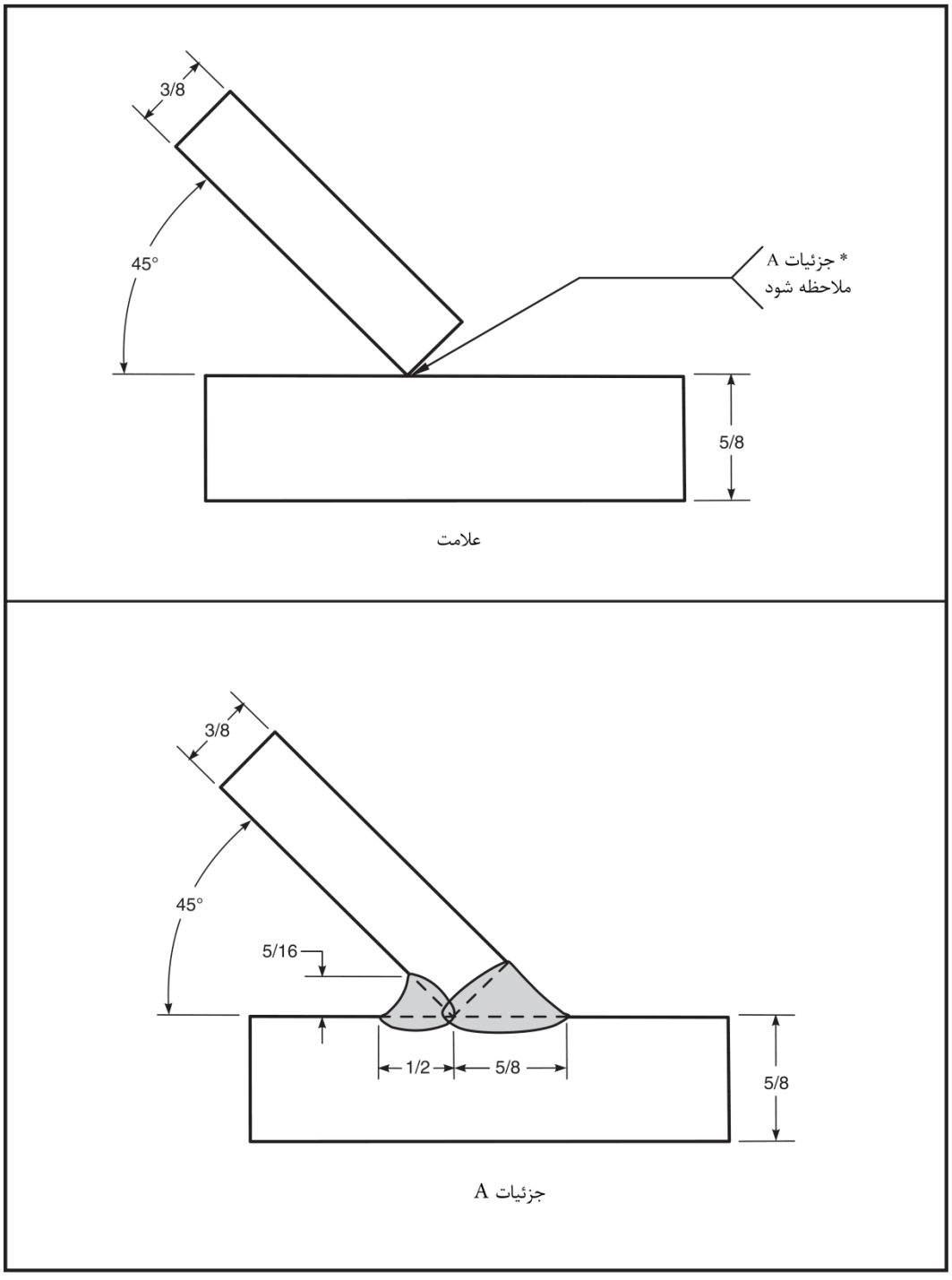


شکل ۱۱- علامت جوش در درز جوش های شیاری لبه گرد



شکل ۱۱- علامت جوش در درز جوش های شیاری لبه گرد (ادامه)

در صورتیکه زاویه بین وجوه جوش به گونه ای باشد که شناسایی نوع جوش و در نتیجه علامت جوش مناسب مورد سوال باشد، جزئیات اتصال مورد نظر و پیکربندی جوش باید با تمام ابعاد لازم روی نقشه نشان داده شود (شکل ۱۲ ملاحظه شود).



شکل ۱۲- علامت جوش در اتصال مورب (Skewed Joint)

پیوست دو

نمونه فرم‌های جوشکاری و بازرسی

نمونه فرم‌های جوشکاری و بازرسی

این پیوست بخش اصلی این آیین‌نامه نیست و به عنوان راهنما قابل استفاده است. این پیوست شامل فرم‌های نمونه برای ثبت اطلاعات ارزیابی صلاحیت، اطلاعات WPS، نتایج آزمون صلاحیت، صلاحیت جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری مورد نیاز این آیین‌نامه است. همچنین فرم‌های گزارش آزمایش‌های غیرمخرب جوش در این پیوست گنجانده شده است. تغییرات این فرم‌ها با توجه به نیازهای کاربران مجاز است.

۱- گزارش آزمایش ارزیابی دستورالعمل جوشکاری (مخرب)

آزمایش کششی

شماره نمونه	عرض	ضخامت	سطح	بار کشش نهایی (kg)	تنش حد نهایی kg/cm^2	نوع و موقعیت شکست

آزمایش خمش هدایت شده

شماره نمونه	نوع خمش	نتیجه	توضیحات

بازرسی چشمی

ظاهر جوش _____ **آزمایش پرتونگاری – فراصوتی**

بریدگی کناره _____ **شماره گزارش UT:** _____ **نتیجه** _____

تخلخل حفره‌ای _____ **شماره گزارش RT:** _____ **نتیجه** _____

تقعر _____

تاریخ آزمایش _____ **نتایج آزمایش جوش گوشه**

گواهی کننده _____ **حداقل بعد چند عبوره زخم‌دار** **حداکثر بصورت تک عبوره زخم‌دار**

۱. _____ ۳. _____ ۱. _____ ۳. _____

۲. _____ ۲. _____

آزمایش های دیگر **آزمایش کشش فلز جوش**

مقاومت کششی (kg/cm^2) _____

مقاومت تسلیم (kg/cm^2) _____

افزایش طول در ۵۰ میلی‌متر، ٪ _____

شماره آزمایش _____

نام جوشکاری _____ **شماره تأیید** _____

تأیید آزمایش توسط _____ **آزمایشگاه** _____

شماره آزمایش _____

هر _____

ما امضا کنندگان، صحت نتایج مندرج در این برگه و تطبیق آماده‌سازی، جوشکاری و آزمایش قطعات نمونه را مطابق دستورالعمل آیین نامه، تأیید می‌نماییم.

سازنده یا پیمانکار _____

امضاء

معرفی به وسیله _____

عنوان _____

تاریخ _____

۲- مشخصات دستورالعمل جوشکاری (W.P.S)

نام شرکت _____ شناسایی _____
فرایندجوشکاری _____ اصلاح _____ تاریخ _____ متوسط _____
شماره گزارش ارزیابی _____ تأیید کننده _____ تاریخ _____
نوع درز نوع ___ دستی ☐ نیمه خودکار ☐
نوع: یک طرفه ☐ دو طرفه☐ ماشینی ☐ خودکار ☐
پشت‌بند: بله ☐ خیر ☐ **وضعیت**
مصالح _____ وضعیت جوش شیاری _____ گوشه _____
فاصله ریشه _____ پیشانی ریشه _____ جوشکاری قائم: سربالا ☐ سرپایین ☐
زاویه شیار _____ شعاع (J-U) _____ **خواص الکتریکی**
شیارزنی پشت: بله ☐ خیر ☐ _____ نوع انتقال (GMAW):
فلز پایه اتصال کوتاه ☐ قطره‌ای ☐ پشتیبانی ☐
مشخصات فنی _____ جریان: AC ☐ DCEP ☐ DCEN ☐ ضربه‌ای ☐
نوع یا رده _____ غیره _____
ضخامت: شیاری _____ گوشه _____ الکترود تنگستن (GTAW):
قطر (لوله) _____ اندازه _____
مصالح پر کننده انواع _____ **روش جوشکاری**
مشخصات فنی AWS _____ ریسه‌ای یا بافته‌ای _____
طبقه AWS _____ تک عبور یا چند عبوره _____
روش جوشکاری _____ تعداد الکترود _____
پوشش فواصل الکترود: طولی _____
نوع پودر _____ گاز _____ عرضی _____
ترکیب _____ زاویه _____
نوع پوشش الکترود _____ فاصله تماس لوله با قطعه کار _____
کوبش _____
تمیزی بین عبورها_____
پیش گرمایش **عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT)**
دمای پیش گرمایش، حداقل _____ درجه حرارت _____
دمای عبورهای میانی حداقل _____ حداکثر _____ زمان _____

هندسه درز	سرعت حرکت	ولتاژ	جریان		مصالح پرکننده		فرایند جوشکاری	عبور یا لایه جوش‌ها
			آمپراژ یا سرعت تغذیه سیم	نوع و قطبیت	قطر	رده		

۳- گزارش آزمایش پرتونگاری

پروژه _____
ضوابط ارزیابی - شماره مقطع _____
گزارش به _____

محل و هندسه جوش _____
روش عکاسی _____
چشمه _____
فاصله چشمه تا فیلم _____
زمان تابش _____
صفحات _____
نوع فیلم _____

(شرح طول، عرض و ضخامت کلیه درزهای پرتونگاری شده)

تاریخ	مشخصه جوش	سطح	گزارش		اصلاح شده		توضیحات
			تأیید	مردود	تایید	مردود	

ما، امضاء کنندگان، صحت نتایج مندرج در این برگه و تطبیق آماده‌سازی، جوشکاری و آزمایش قطعات نمونه را مطابق دستورالعمل آیین‌نامه، تأیید می‌نماییم.

پرتونگار _____ **پیمانکار یا سازنده** _____
گزارش _____ **معرفی به وسیله** _____
تاریخ آزمایش _____ **تاریخ** _____

۴- گزارش آزمایش ذرات مغناطیسی (MT)

پروژه _____
ضوابط ارزیابی - شماره مقطع _____
گزارش به _____

محل جوش و معرفی طرح جوش

مقدار _____ کل جوش تأییدی _____ کل جوش مردود: _____

تاریخ	مشخصه جوش	سطح آزمایش		گزارش		اصلاح شده		توضیحات
		کامل	ویژه	تأیید	مردود	تایید	مردود	

مقدمات آزمایش

آماده‌سازی سطحی: _____
تجهیزات
از صنایع: _____ مدل: _____ شماره مسلسل: _____
روش بازرسی
☐ خشک ☐ مرطوب ☐ مرئی فلورسنت
وضعیت محیط _____
☐ مانده ☐ پیوسته ☐ پیوسته کامل
☐ AC ☐ DC ☐ نیم موج
☐ سیخ ☐ یوغ ☐ کابل عایق‌دار ☐ سایر _____
☐ حلقوی ☐ طولی
مقاومت میدان: _____
آمپراژ، چگالی میدان، نیروی مغناطیسی، تعداد و تناوب نیروهای اعمالی
مؤخرات آزمایش
روش تخریب (در صورت لزوم) _____
تمیز کردن: _____ روش علامت‌گذاری: _____
ماء امضاء کنندگان، صحت نتایج مندرج در این برگه و تطبیق آماده‌سازی، جوشکاری و آزمایش قطعات نمونه را مطابق دستورالعمل آیین‌نامه، تأیید می‌نماییم.
پرتو نگار _____ پیمانکار یا سازنده _____
گزارش _____ معرفی به وسیله _____
تاریخ آزمایش _____ تاریخ _____

گزارش آزمایش ارزیابی جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و خال جوشکاران

نوع جوشکار _____

نام _____ شماره شناسنامه _____

شماره دستورالعمل جوشکاری _____ اصلاح _____ تاریخ _____

متغیرها	محدوده ارزیابی	ثبت مقادیر واقعی مورد استفاده در ارزیابی
نوع/ روش		
الکترود (تک یا چندگانه)		
جریان / قطبیت		
وضعیت		
وضعیت جوشکاری		
پشت بند (بله، خیر)		
نوع مصالح		
مصالح پایه		
ضخامت (ورق)		
شیاری / گوشه		
ضخامت (لوله)		
شیاری / گوشه		
قطر (لوله)		
شیاری / گوشه		
مصالح پرکننده		
شماره مشخصه		
رده		
نوع گدازآور/ گاز		
سایر موارد		

بازرسی چشمی

بلی یا خیر، مورد تأیید

نتایج آزمایش خمش هدایت شده

نوع	نتیجه	نوع	نتیجه

نتایج آزمایش جوش گوشه

اندازه جوش _____ | ظاهر جوش _____

زخم _____ | آزمایش شکست نفوذ ریشه _____

شرح مکان، نوع و اندازه هر گونه ترک ایجاد شده در نمونه آزمایشی

شماره آزمایش _____ **بازرسی به وسیله** _____

تاریخ _____ **موسسه** _____

نتایج آزمایش پرتونگاری

شماره فیلم	نتیجه	علامت	شماره فیلم	نتیجه	علامت

شماره آزمایش _____ **تأیید کننده** _____

تاریخ _____ **موسسه** _____

ما، امضاء کنندگان صحت نتایج مندرج در این برگه و تطبیق آماده‌سازی، جوشکاری و آزمایش قطعات نمونه را مطابق دستورالعمل آیین‌نامه تأیید می‌نماییم.

سازنده یاپیمانکار _____

معرفی به وسیله _____

تاریخ _____

فرم ارزیابی دستگاه فراصوت

دستگاه فراصوت _____ **تاریخ** _____
مدل _____ **سریال** _____
پراب **ارزیاب** _____
ابعاد _____ **نوع** _____ **پایه اپراتور ASNT** _____
فرکانس _____ **MHz**

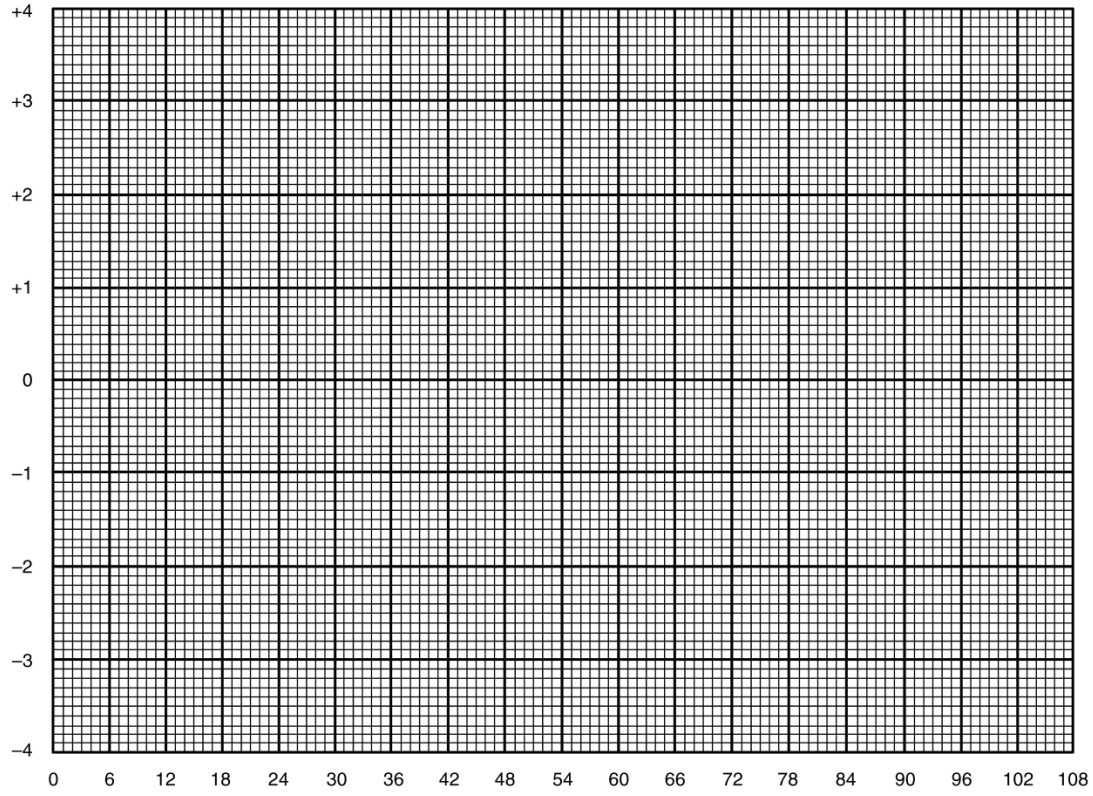
جدول					
شماره	**a** قرائت dB	**b** مقیاس ٪	**c** قرائت اصلاح شده	**d** خطای dB	**e** خطای تجمعی db
۱					
۲					
۳					
۴					
۵					
۶					
۷					
۸					
۹					
۱۰					
۱۱					
۱۲					
۱۳					
۱۴					
۱۵					
۱۷					
۱۸					
۱۹					
۲۰					
۲۱					
۲۲					
۲۳					
۲۴					
۲۵					
۲۶					

۲٪ (Average) _____ ٪

دامنه ارزیابی شده کل _____ dB تا _____ dB = _____ dB خطای کل _____ dB

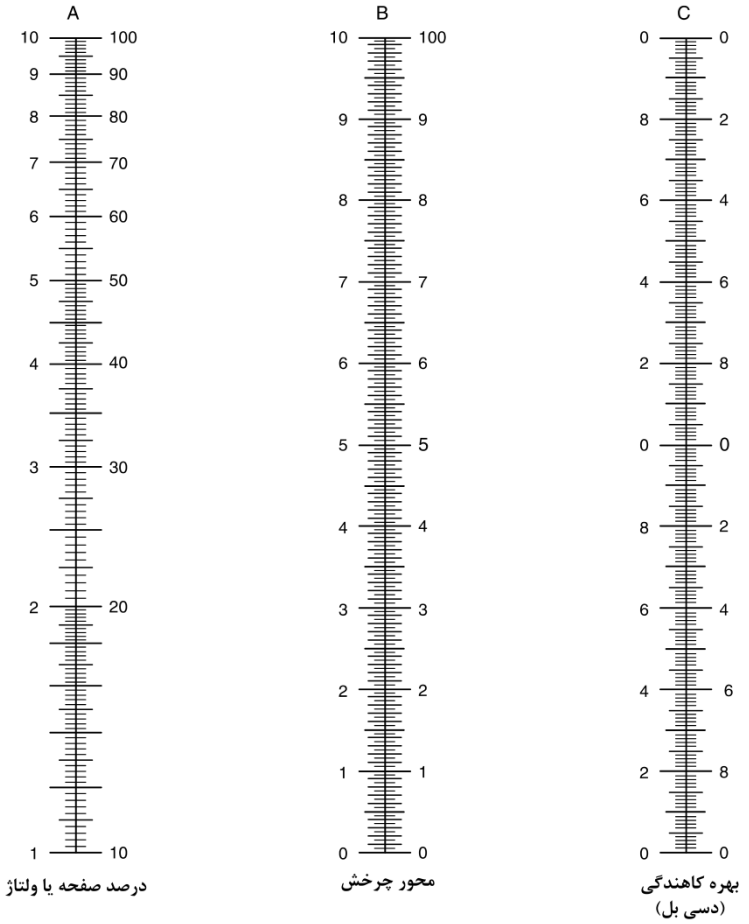
دامنه ارزیابی شده کل _____ dB تا _____ dB = _____ dB خطای کل _____ dB

فرم D8



قرائت دسی بل a

فرم D9 – ارزیابی دقت دسی بل



فرم D10- نموگرام مقادیر کاهندگی یا بهره (دسی‌بل)

۵- فرم آزمایش فراصوت

پروژه _____ شماره گزارش _____
شناسایی جوش _____
ضخامت مصالح _____
نوع درز _____
فرایند جوشکاری _____
ضابطه پذیرش (بند) _____
توضیحات _____

شماره خط	شماره تشخیص	زاویه پراب	وجه	ساق	دسی بل				ناپیوستگی					تخمین ناپیوستگی	توضیحات
					تراز تشخیص	تراز مرجع	ضریب کاهندگی	رتبه عیب	طول	طول مسیر تابش	عمق از مقطع A	فاصله از x	فاصله از y		
					a	b	c	d							
۱															
۲															
۳															
۴															
۵															
۶															
۷															
۸															
۹															
۱															
۱۱															
۱۲															
۱۳															
۱۴															
۱۵															
۱۶															

تاریخ آزمایش _____ سازنده _____
بازرس _____ تأیید _____
تاریخ _____

فرم D11

پیوست سه

جوشکاری میلگردهای بتن مسلح

(آرماتور)

جوشکاری میلگردهای بتن مسلح (آرماتور)

پ۳-۱- ضوابط عمومی

پ ۳-۱-۱- دامنه

ضوابط این پیوست برای جوشکاری میلگرد به میلگرد و میلگرد به فولادهای کربنی و کم آلیاژ اعمال می‌شود. در صورت درج در اسناد پیمان، می‌توان مواردی را اصلاح و یا حذف کرد.

پ ۳-۱-۲- کاربرد

ضوابط این پیوست به همراه الزامات عمومی مقررات ملی ساختمان برای کلیه جوشکاری فولادهای میلگردهای بتن با استفاده از فرایندهای ذکر شده در بند پ۳-۱-۴- برای ساخت و ساز با بتن مسلح و یا در ساخت اجزای بتنی پیش ساخته استفاده می‌شود.

الزامات آزمایش ضربه جوشکاری میلگردها در این پیوست ارائه نشده است و برای کاربردهایی که شامل الزامات ضربه‌ای می‌شود نباید استفاده شود.

پ ۳-۱-۳- فلز پایه میلگردهای مسلح کننده[1] (آرماتور)

پ ۳-۱-۳-۱- فلز پایه میلگرد

موارد اشاره شده در این ضوابط، باید منطبق بر مقررات ملی ساختمان و آخرین ویرایش استاندارد ملی تولید میلگردهای فولادی گرم نور دیده (استاندارد ملی ۳۱۳۲) و یا مراجع بین‌المللی مورد اشاره در اسناد مناقصه*باشد. برای استفاده ترکیبی از فولادهای متفاوت که جوشکاری می‌شوند، باید از WPS که با آزمایشات به تأیید رسیده است، استفاده شود.

پ ۳-۱-۳-۲- در صورتیکه از میلگردهای غیر از موارد مندرج در بند پ ۳-۱-۳-۱- استفاده شود، ترکیب شیمیایی و کربن معادل آن باید تعیین شده و WPS آن باید با آزمایش‌های بخش پ ۳-۶-۲ به تأیید برسد. کربن معادل نباید از ۰/۵۵ درصد بیشتر باشد.

پ ۳-۱-۴- فرایند جوشکاری

فرایندهای جوشکاری SMAW، GMAW و FCAW برای جوشکاری میلگردها مجاز است. سایر فرایندهای جوشکاری با تأیید مهندسی مشاور می‌تواند استفاده شود؛ مشروط بر اینکه، آزمایش ارزیابی برای حصول اطمینان از کاربرد رضایت بخش جوش انجام شود.

---

1 - reinforcing steel

(در مبحث نهم مقررات ملی از لغت آرماتور استفاده شده است. در متن حاضر هر دو لغت میلگرد یا آرماتور بیان کننده این منظور می‌باشد.)

* مثل استانداردهای A706 و A615 و A496 و ASTM A82

پ ۳-۲- تنش‌های مجاز

پ ۳-۲-۱- تنش مجاز فلز پایه

تنش‌های مجاز فلز پایه باید مطابق موارد ذکر شده در آیین‌نامه مربوطه وبا مشخصات فنی کارهای بتنی باشد.

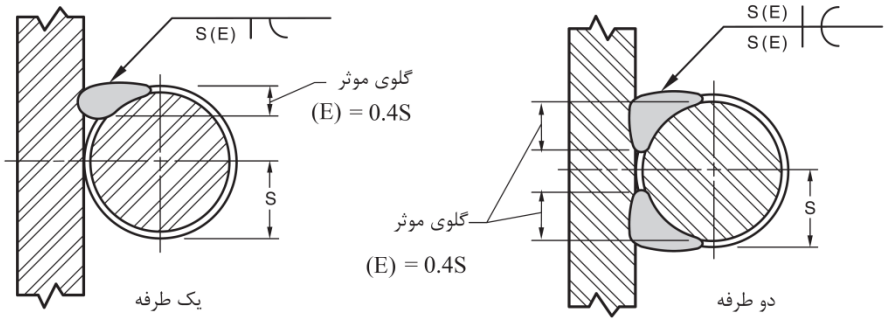
پ ۳-۲-۲- تنش مجاز جوش‌ها

به جز مواردی که در جدول پ۳-۲-۱ ذکر شده است، تنش مجاز جوش‌های با نفوذ کامل با درز جوش شیاری نیم جناغی و جناغی در اتصال مستقیم لب‌به‌لب که تحت کشش یا فشار قرار می‌گیرد باید مطابق تنش مجاز فلز پایه میلگردهای مصرفی بوده، مشروط بر اینکه رده مقاومتی فلز پرکننده مورد استفاده معادل یا بیشتر از مقاومت کششی فلز پایه باشد.
تنش مجاز جوش‌های گوشه و جوش‌های شیاری لبه گرد[1] باید منطبق بر جدول پ ۳-۲-۱ باشد.

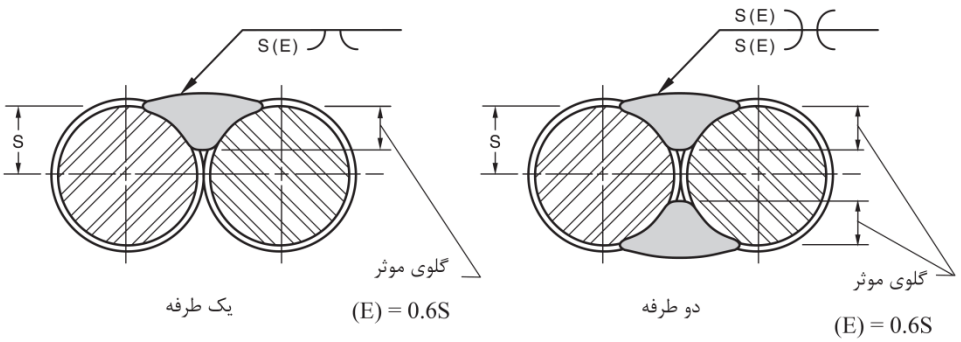
پ ۳-۲-۳- سطح، طول، گلویی و ساق موثر جوش

در جوش‌های شیاری نفوذ کامل لب‌به‌لب مستقیم، سطح موثر جوش همان سطح مقطع اسمی میلگرد تحت جوشکاری است. در صورت استفاده از میلگردهای با قطر متفاوت، سطح جوش، سطح مقطع میلگرد نازکتر است.
در جوش‌هایی شیاری لبه‌گرد، سطح موثر جوش برابر است با حاصلضرب طول موثر در ساق موثر جوش (شکل پ ۳-۲-۱ ملاحظه شود). حداقل طول موثر جوش نباید کمتر از دو برابر قطر کوچکترین میلگرد باشد. اندازه موثر جوش در درز جوش شیاری نیم لبه‌گرد باید ۰/۴ برابر شعاع میلگرد و برای لبه‌گرد شیاری ۰/۶ شعاع میلگرد مصرفی باشد. اندازه موثر بیشتر برای تعیین تنش مجاز، در صورتیکه در WPS اندازه بزرگتر ارزیابی شده باشد، می‌تواند استفاده شود. در میلگردهای با قطر نامساوی، شعاع میلگرد کوچک ملاک عمل است. برای تعیین اندازه موثر جوش از آمایش حک اسید ماکرو استفاده شود.

1 - Flare – bevel and flare – V groove



الف) جوش شیاری نیم لبه گرد



ب) جوش شیاری لبه گرد

یادداشت:

۱- S: شعاع اسمی میلگرد

۲- E: گلویی مؤثر؛ حداقل بعد، از نقطه‌ی ذوب در ریشه تا سطح رویه جوش، بدون در نظر گرفتن گرده جوش.

شکل پ ۳-۲-۱- گلویی موثر جوش‌های شیاری لبه میلگرد

جدول پ ۳-۲-۱- تنش مجاز در جوش

نوع جوش	تنش در جوش		تنش مجاز ۲ و ۳	مقاومت مورد نیاز پرکننده
جوش‌های شیاری با نفوذ کامل CJP	کشش عمود بر سطح موثر جوش		مشابه فلز پایه	فلز پرکننده سازگار مطابق جدول پ ۳-۵-۱- استفاده شود.
	فشار عمود بر سطح موثر جوش		مشابه فلز پایه	فلز پرکننده با رده مقاومتی معادل یا یک رده کمتر (۷۰ مگاپاسکال) قابل استفاده است.
	برش در سطح موثر		۰/۳ × مقاومت کششی اسمی فلز پر کننده مشروط به اینکه تنش برشی فلز پایه نباید از ۰/۴ × مقاومت تسلیم فلز پایه تجاوز نماید.	فلز پرکننده بار رده مقاومتی معادل یا کمتر از فلزپرکننده سازگار قابل استفاده است.
جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی نیم لبه گرد و لبه گرد	فشار عمود بر سطح موثر	اتصال برای تحمل طراحی نشده است.	۰/۵ × مقامت کششی اسمی فلز پر کننده مشروط بر ایکه کشش در فلز پایه از ۰/۶ × مقامت تسلیم آن کمتر باشد.	فلز پرکننده با رده مقاومتی معادل یا کمتر از فلز پرکننده سازگار قابل استفاده است.
		اتصال برای تحمل طراحی نشده است.		
	برش در سطح موثر		مشابه فلز پایه	
	کشش عمود بر سطح موثر		۰/۳ × مقامت کششی اسمی فلز پر کننده مشروط بر اینکه تنش های درز فلز پایه از ۰/۴× تنش تسلیم آن بزرگتر شود.	
			۰/۳ × مقامت کششی اسمی فلز پر کننده مشروط بر اینکه تنش کششی در فلز پایه از ۰/۶× تنش تسلیم آن بزرگتر نشود.	
جوش گوشه	برش روی سطح موثر		۰/۳ × مقامت کششی اسمی فلز پرکننده	فلز پر کننده با رده مقاومتی معادل یا کمتر از فلز پزکننده سازگار قابل استفاده است.

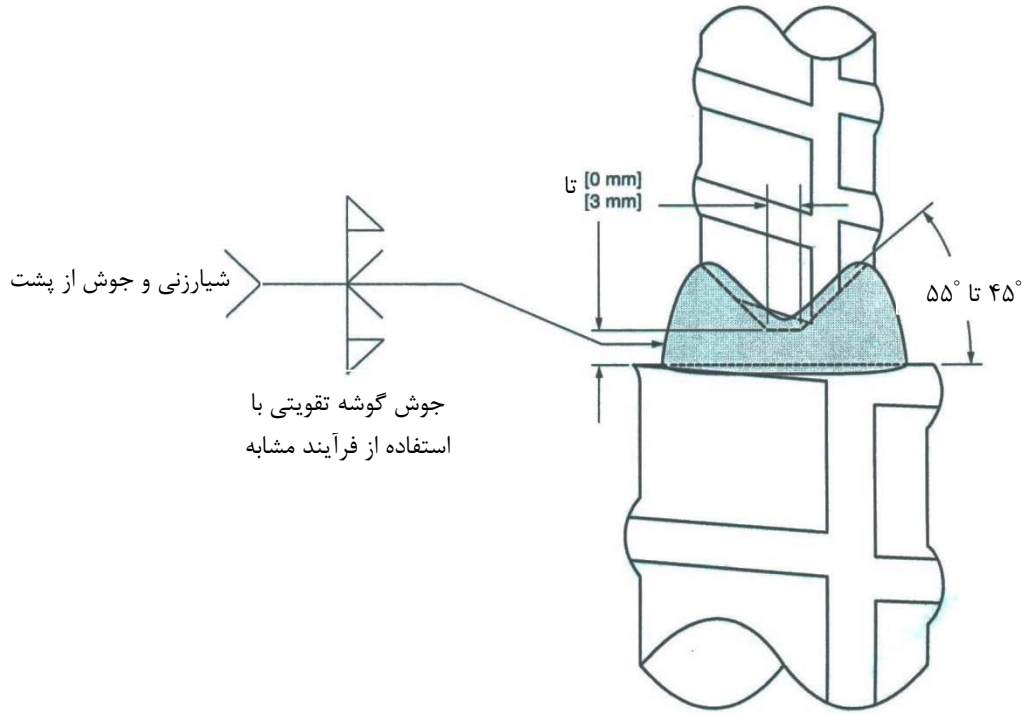
۱- برای تعریف سطح موثر بخش پ ۳-۲-۳ ملاحظه شود.
۲- برای بارگذاری چرخه‌ای (سیکلی) یا خستگی به آیین‌نامه‌های مربوطه (AWS D1.4) مراجعه شود.
۳- مهندس طراح باید توجه داشته باشد که مقاومت سیم سرد کشیده[1] ممکن است هنگام جوشکاری کاهش یابد.
۴- برای تطبیق فلز پرکننده سازگار جدول پ ۳-۵-۱ ملاحظه شود.

پ ۳-۳- جزئیات سازه‌ای

پ ۳-۳-۱- تبدیل در سایز میلگرد

اتصال لب‌به‌لب مستقیم تحت کشش محوری در میلگردهای با سایز متفاوت باید مطابق شکل پ ۳-۳-۱ انجام پذیرد.

1 - Cold drawn Bar



شکل پ ۳-۳-۱- اتصال لب‌به‌لب مستقیم و تبدیل در سایزهای مختلف میلگرد

پ ۳-۳-۲- خروج از محوریت

در مواردی که اتصال لب‌به‌لب غیرمستقیم یا اتصال پوششی استفاده می‌شود، (شکل‌های پ ۳-۳-۳- و پ ۳-۳-۴)، بتن اطراف درز جوش در سازه‌ی تمام شده به‌منظور اجتناب از شکافتن بتن (ناشی از تمایل اتصال به خم شدن در حین بارگذاری خارج از مرکز) باید به اندازه کافی با آرماتورهای عرضی تقویت شود.

اتصال پوششی جوشی باید تا سایز ۲۰ میلی متر محدود گردد.

پ ۳-۳-۳- انواع اتصال

میلگردها را می‌توان بصورت لب‌به‌لب مستقیم یا غیرمستقیم، پوششی یا سپری جوشکاری نمود (شکل‌های پ ۳-۳-۲، پ ۳-۳-۳، پ ۳-۳-۴ و پ ۳-۳-۵). هر چند اتصال لب‌به‌لب مستقیم برای جوشکاری میلگردهای بالای ۲۰ میلی‌متر ترجیح داده می‌شود.

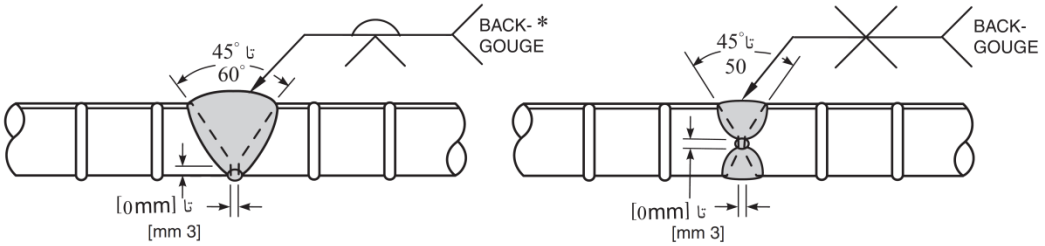
پ ۳-۳-۴- اتصال لب‌به‌لب

اتصال لب‌به‌لب مستقیم باید بصورت جوش شیاری نفوذ کامل انجام شود. جدول ۳-۱ و شکل ۳-۲ انواع اتصال مورد نیاز را نشان می‌دهد.

جدول پ ۳-۳-۱- الزامات جوش شیاری نفوذ کامل برای اتصال لب‌به‌لب مستقیم

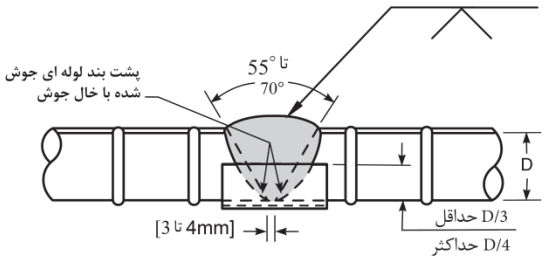
جهت محور میلگرد	انواع جوش شیاری CJP	جزئیات در شکل پ ۳-۳-۲
افقی	جناغی یک طرف	الف
	جناغی دو طرفه	ب
	جناغی یک طرفه با پشت بند لوله ای	پ*
عمودی	نیم جناغی یک طرفه	ت
	نیم جناغی دو طرفه	ث
	نیم جناغی یک طرفه با پشت بند لوله‌ای	پ*

*اندازه میلگردها باید برابر باشد.

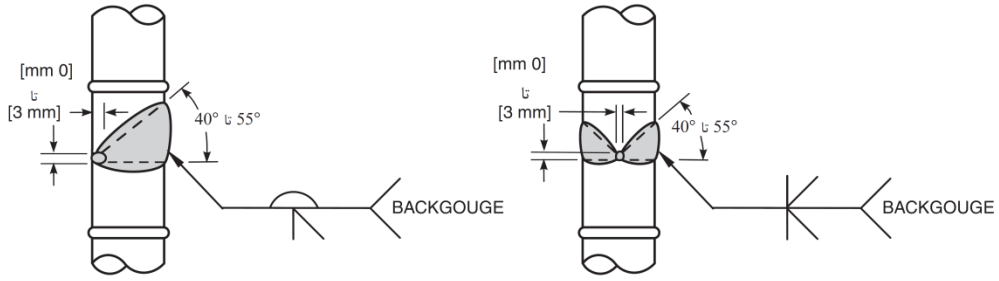


الف) شیاری جناغی یک طرفه

ب) شیاری جناغی دوطرفه



پ) جوش شیاری جناغی یک طرفه با پشت بند لوله ای



ت) جوش شیاری نیم جناغی یک طرفه

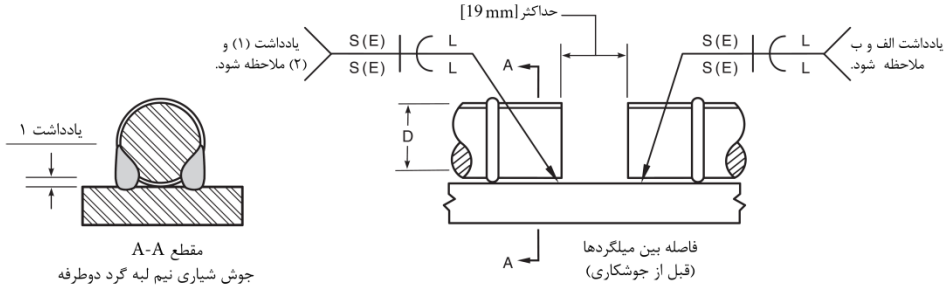
ث) جوش شیاری نیم جناغی دوطرفه

* ملزم به شیارزنی و جوش پشت = BACKGOUGE

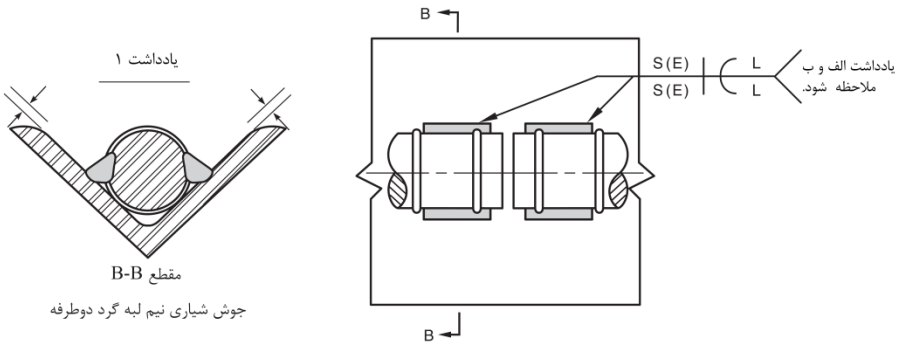
شکل پ ۳-۳-۲ اتصالات لب‌به‌لب مستقیم

پ ۳-۳-۵- اتصال لب‌به‌لب غیرمستقیم

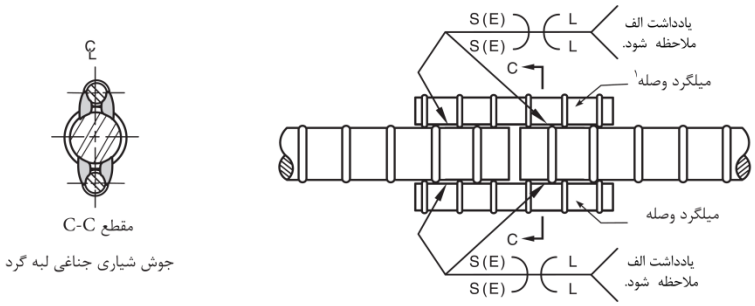
اتصال لب‌به‌لب غیرمستقیم باید بصورت درز جوش شیاری نیم لبه گرد یا لبه گرد بین میلگرد و قطعه اتصال انجام شود. شکل پ ۳-۳-۳ ملاحظه شود.



الف) اتصال لب به لب غیرمستقیم با تسمه



ب) اتصال لب به لب غیرمستقیم با نبشی



پ) اتصال لب به لب غیرمستقیم با دو میلگرد وصله

الف) L=2D (حداقل)

ب) تغییر به جوش جناغی یک طرفه به شرط در نظر گرفتن خروج از محوریت یا محدودیت در طراحی، مجاز است.

۱- فاصله بین میلگردها و ورق بسته به ارتفاع تغییر شکل‌ها، ممکن است متفاوت باشد؛ اما نباید از $\frac{1}{4}D$ یا ۵ میلی‌متر هر کدام که کوچکتر بود، فراتر رود.

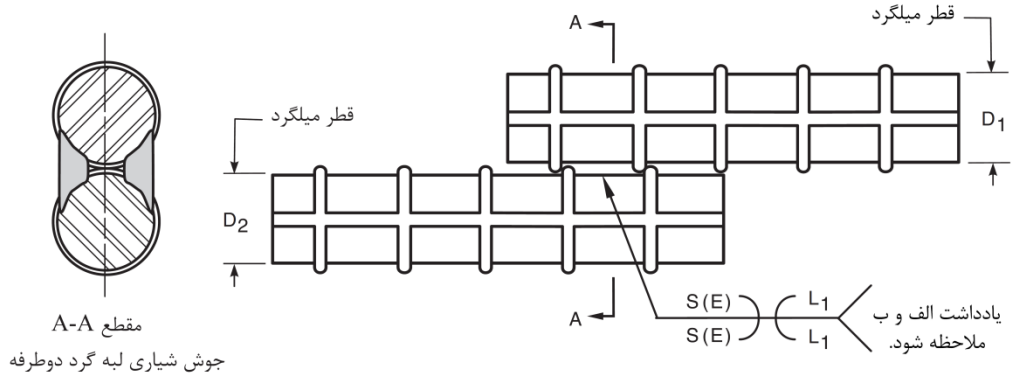
۲- تغییر شکل‌های نشان داده شده در مقاطع، نمایشی است.

1- Splice Bar

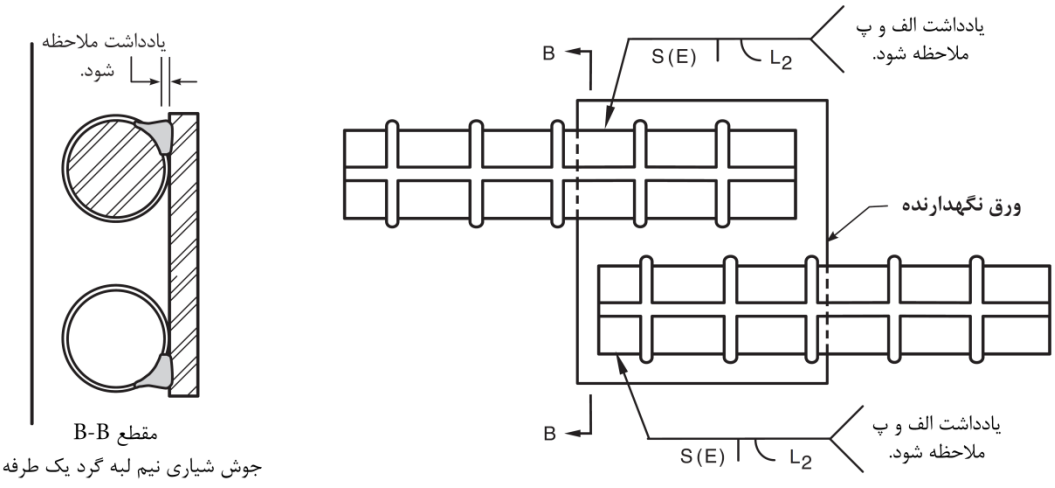
شکل پ ۳-۳-۳- اتصالات لب‌به‌لب غیرمستقیم

پ ۳-۳-۶- اتصال پوششی

اتصال پوششی باید بصورت لبه‌گرد دو طرفه مطابق شکل پ ۳-۳-۴ الف، انجام شود. اتصال لبه‌گرد یک طرفه در صورتیکه درز جوش فقط از یک طرف دسترسی داشته باشد و با تأیید مهندس طراح قابل استفاده است. اتصال پوششی غیرمستقیم باید بصورت جوش نیم لبه گرد بین میلگرد و ورق اتصال مطابق شکل پ ۳-۳-۴- ب، انجام شود.



الف) اتصال پوششی مستقیم همراه با میلگردهای در تماس با یکدیگر



ب) اتصال پوششی با تسمه ی واسط

الف) تأثیر خروج از محوریت یا محدودیت در طراحی اتصال، باید در نظر گرفته شود.

ب) $D_1 \sim D_2$: حداقل $L_1 = 2D_1$

پ) (حداقل) قطر میله × $L_2 = 2$

یادداشت:

فاصله بین میلگردها و ورق بر اساس ارتفاع تغییر شکل‌ها ممکن است متفاوت باشد؛ اما نباید از $\frac{1}{4}D$ یا ۵ میلی‌متر، هر کدام کوچکتر بود، فراتر رود.

شکل پ ۳-۳-۴- اتصال پوششی

پ ۳-۳-۷- اتصال قطعات پیش ساخته

قطعات پیش‌ساخته را می‌توان با جوشکاری میلگردهایی که از انتهای قطعه بیرون می‌آید یا با جوشکاری به ورق‌های مدفون[1] که بر سطح پیش‌ساخته نصب می‌شود، به هم متصل کرد. ورق‌های مدفون باید به کمک شاخک به قطعه پیش‌ساخته نصب شوند. شاخک‌ها بطور معمول از میلگرد می‌باشند. برای اتصال میلگرد به ورق مدفون مطابق شکل پ ۳-۳-۵ از جزئیات مختلفی می‌توان استفاده نمود.

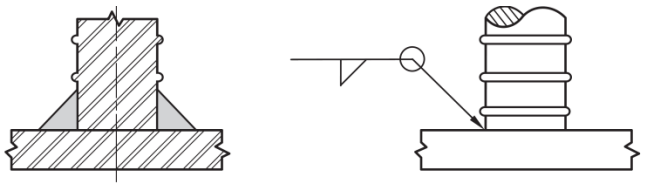
الف) جوش خارجی

ب) سوراخ کردن ورق و میلگرد عمودی

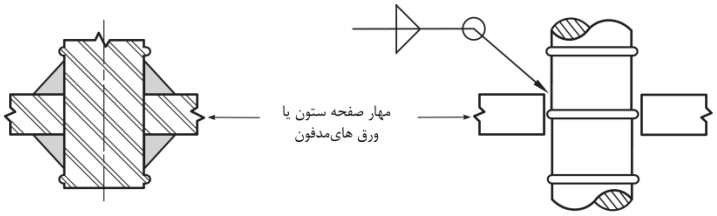
پ) سوراخ کردن ورق و جوش انگشتانه

ت) جوش با نفوذ کامل

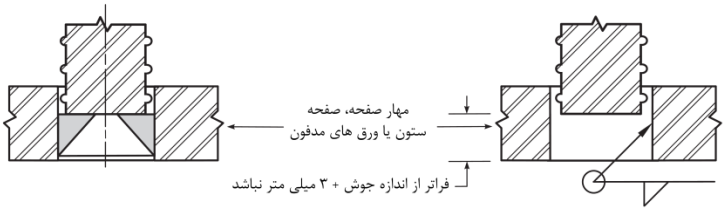
ت) اتصال پوششی (رویهم)



الف) جوش گوشه خارجی



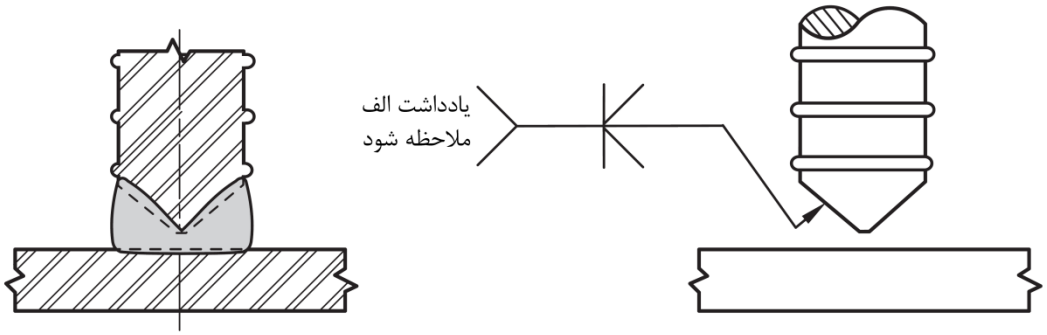
ب) جوش گوشه خارجی



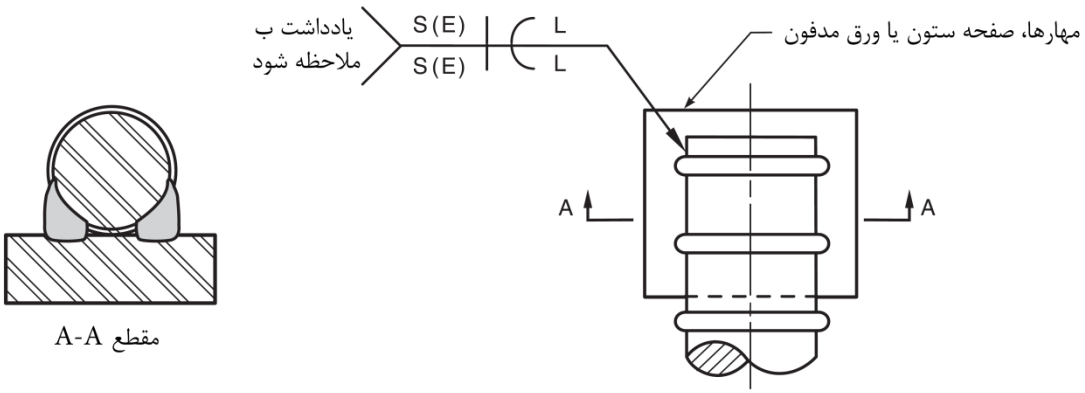
پ) جوش گوشه داخلی

1 - Insert plate (ورق مدفون)

شکل پ ۳-۳-۵- جزئیات اتصال مهارها، صفحه ستون‌ها[1] و ورق‌های مدفون



ت) جوش شیاری نفوذ کامل - اتصال سپری



ث) اتصال پوششی در مهارها، با استفاده از جوش شیاری نیم لبه گرد

الف) شیارزنی از پشت تا رسیدن به فلز سالم قبل از جوشکاری سمت دیگر.
برای میلگردهای سایز ۲۵ یا کوچکتر، جوش شیاری یک طرفه با شیارزنی و جوش از پشت پیشنهاد می‌شود.
ب) قطر میلگرد $\times 2=L$ (حداقل)

1 - Base plate

ادامه شکل پ ۳-۳-۵

سطوحی که قرار است جوشکاری شوند باید عاری از پلیسه، پارگی، ترک و هر گونه عیبی که بر کیفیت یا مقاومت جوش تأثیر نامطلوبی دارد، باشد. سطوحی که قرار است جوشکاری شوند و سطوح مجاور جوش باید عاری از پوسته‌های سست یا ضخیم، سرباره، زنگ، رطوبت، گریس، پوشش اپوکسی یا سایر مواد خارجی که مانع از جوشکاری مناسب یا تولید بخارهای نامطلوب می‌نماید، باشد. پوسته‌های نوری که با برس‌زنی شدید، برداشته نمی‌شود، پوشش نازک زنگ یا مواد ضد پاشش جوش، می‌تواند باقی بماند.

انتهای میلگردها در اتصالات لب‌به‌لب مستقیم، برای تشکیل شیار جوش باید به روش برش حرارتی، برش الکتریکی قوس کربن، برش اره یا سایر تجهیزات برشکاری، شکل داده شود. زبری سطوح برش اکسیژن نباید بیش از ۵۰ میکرون باشد. زبری بیش از این مقدار و بریدگی های اتفاقی که بیش از ۵ میلی‌متر عمق نداشته باشد باید با ماشینکاری یا سنگ زنی حذف شود.

پ ۳-۴-۲- سرهم کردن

پ ۳-۴-۲-۱- اعضای اتصال باید به گونه‌ای در یک راستا قرار گیرند که خروج از مرکزی به حداقل برسد. در اعضای اتصال لب‌به‌لب مستقیم جوش شده نباید بیشتر از مقادیر زیر در محل اتصال انحراف داشته باشند:

- میلگردهای سایز ۳۲ میلی‌متر و کوچکتر ۳ میلی‌متر
- میلگردهای سایز ۳۶ تا ۴۳ میلی‌متر ۵ میلی‌متر
- میلگردهای سایز ۵۷ ۶ میلی‌متر

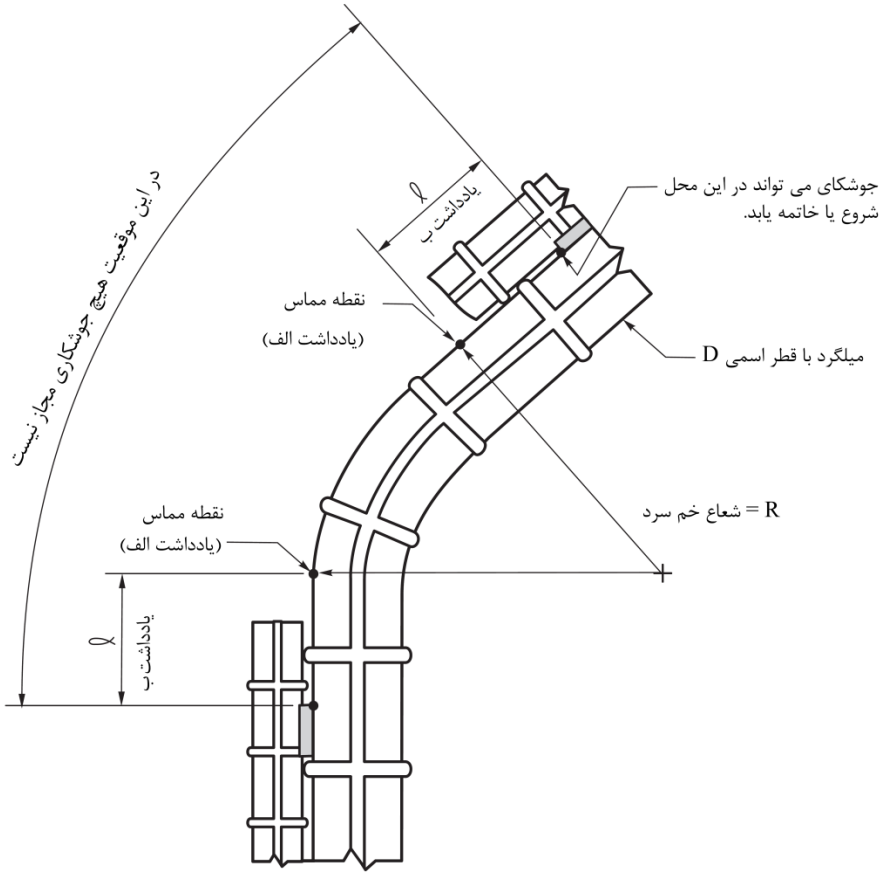
پ ۳-۴-۲-۲- برای اتصالات لب‌به‌لب غیرمستقیم با صفحه اتصال، حداکثر فاصله بین میلگردها نباید بیشتر از ۱۹ میلی‌متر باشد. (شکل پ ۳-۳-۳-الف ملاحظه شود).

پ۳-۴-۲-۳- در اتصال پوششی مستقیم، اگر فاصله میلگردها بیش از نصف قطر میلگرد و یا حداکثر ۶ میلی‌متر باشد، به نحوی که میلگردها تقریباً در یک صفحه قرار داشته باشند، اتصال باید از طریق ورق یا میله اتصالی ساخته شود و الزامات اتصال پوششی غیرمستقیم اعمال گردد. (بند پ ۳-۳-۶-۲ ملاحظه شود)

پ ۳-۴-۲-۴- در اتصال پوششی غیر مستقیم (شکل پ ۳-۳-۴-ب)، حداکثر فاصله بین میلگرد و ورق اتصال نباید بیشتر از یک چهارم قطر میلگرد و نه بیشتر از ۵ میلی‌متر باشد.

پ ۳-۴-۲-۵- جوشکاری میلگردهای متقاطع مجاز نیست مگر اینکه مهندس مشاور تأیید نماید.

پ ۳-۴-۲-۶- جوشکاری روی میلگردهایی که دارای خم سرد هستند باید به فاصله حداقل دو برابر قطر میلگرد از نقاط مماس برای شعاع ایجاد شده فاصله داشته باشد. (شکل پ ۳-۴-۱ ملاحظه شود) .



الف) برای جوشکاری روی شعاع داخلی، از نقطه مماس در شعاع داخلی استفاده کنید.

ب) $\lambda \geq 2D$

این شکل تنها برای نمایش است.

شکل پ ۳-۴-۱- حداقل فاصله از نقاط مماس شعاع خم سرد

پ ۳-۴-۳- کنترل اعوجاج، جمع‌شدگی و حرارت

در سر هم کردن و متصل کردن اجزای سازه یا اعضای پیش ساخته، ترتیب و توالی و رویه‌ای باید در نظر گرفته شود که اعوجاج و جمع‌شدگی را حداقل نماید.

در صورتیکه جوشکاری روی میلگردها و یا اجزای سازه‌ای که در بتن دفن شده‌اند انجام می‌پذیرد، باید برای انبساط حرارتی فولاد تمهیداتی در نظر گرفته شود تا از پوسته شدن و یا ترک خوردن بتن اطراف آن و یا تخریب قابل توجه پیوند بین بتن و فولاد جلوگیری شود. حرارت جوش می‌تواند باعث آسیب موضعی به بتن شود.

پ ۳-۴-۴- کیفیت جوش

جوش‌هایی که شرایط کیفی بندهای پ ۳-۴-۴-۱ تا پ ۳-۴-۴-۸ را برآورده ننمایند، باید به روش برداشتن بخش‌های غیرقابل پذیرش یا به روش جوشکای مجدد، هر کدام قابل اعمال باشد، تعمیر گردد.

پ ۳-۴-۴-۱- نمای جوش‌های گوشه باید کمی مقعر یا محدب مطابق شکل‌های پ۳-۴-۴-۲ الف و ب و یا مسطح باشد و هیچ کدام از نماهای نشان داده شده در شکل پ ۳-۴-۴-۲-پ را نداشته باشد.

پ ۳-۴-۴-۲- هر نوع ترک فارغ از اندازه و محل آن غیرقابل پذیرش است.

پ ۳-۴-۴-۳- ذوب و امتزاج کامل باید بین فلز جوش و فلز پایه و بین عبورهای مختلف جوش وجود داشته باشد.

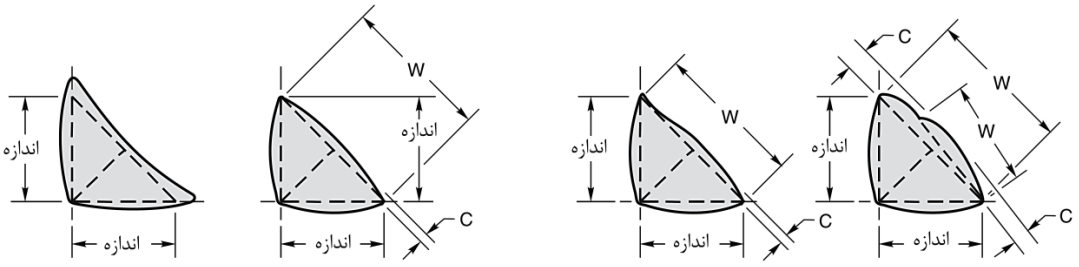
پ ۳-۴-۴-۴- کلیه چاله‌های جوش باید تا سطح مقطعی که حداقل اندازه تعریف شده جوش را برآورده نماید، پر شود.

پ ۳-۴-۴-۵- جوش باید فاقد لوچه و روی هم افتادگی باشد.

پ ۳-۴-۴-۶- عمق بریدگی کنار جوش بیش از یک میلی‌متر در مقطع میلگرد یا اجزای سازه‌ای مجاز نیست.

پ ۳-۴-۴-۷- مجموع قطر تخلخل‌های لوله‌ای در جوش‌های شیاری لبه‌گرد و جوش‌های گوشه نباید از ۱۰ میلی‌متر در هر طول ۲۵ میلی‌متر جوش و از ۱۴ میلی‌متر در هر ۱۵۰ میلی‌متر طول جوش بیشتر باشد.

پ ۳-۴-۴-۸- در صورتیکه آزمایش پرتونگاری برای بازرسی اتصال لب‌به‌لب مستقیم لازم باشد، حداکثر اندازه هر تخلخل منفرد یا ناپیوستگی از نوع ذوبی یا جمع حداکثر اندازه‌های حفره‌های یا ناپیوستگی‌های ذوبی نباید از محدوده‌ی ذکر شده در جدول پ -۴-۱ تجاوز نماید. برای بازرسی پرتونگاری به استاندارد دمای مرجع ملی یا بین‌المللی مراجعه شود.

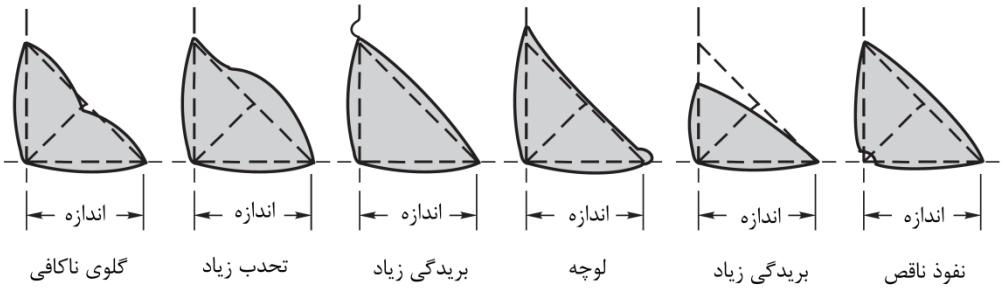


الف) نیمرخ مطلوب جوش گوشه

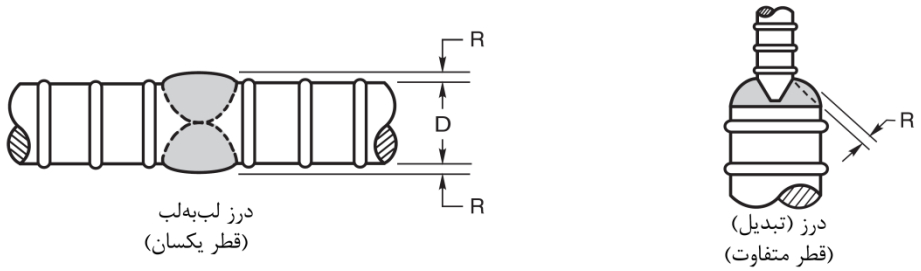
ب) نیمرخ قابل قبول جوش گوشه

یادداشت: میزان تحدب C یا ابعاد سطح مهره تکی نباید از مقادیر جدول زیر فراتر رود:

پهنای پیشانی جوش یا سطح مهره‌ی تکی (W)	حداکثر تحدب
$W \leq 8mm$	2 mm
$W > 8mm$ تا $25mm$	3 mm
$W \geq 25mm$	5 mm

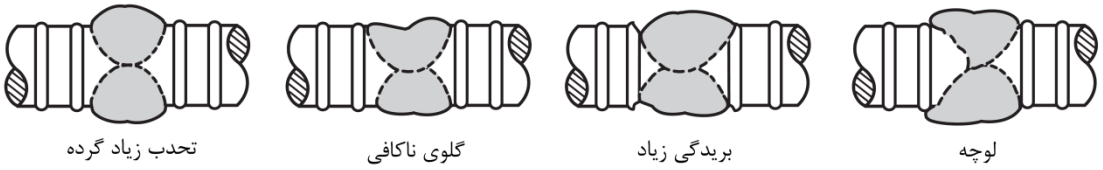


پ) نیمرخ های غیرقابل قبول جوش گوشه



اندازه گردهR نباید از ۳ میلی متر فراتر رود

ت) نیمرخ های قابل قبول جوش شیاری در اتصال لب‌به‌لب



ث) نیمرخ‌های غیرقابل قبول جوش شیاری در اتصال لب‌به‌لب

شکل پ ۳-۴-۲- نیم‌رخ‌های جوش قابل پذیرش و غیرقابل پذیرش

پ ۳-۴-۴-۹- تعمیر یا اصلاح جوش‌هایی که به روش‌های SMAW، GMAW یا FCAW اجرا شده‌اند، باید مطابق WPS مورد تأیید مهندس مشاور انجام پذیرد.

پ ۳-۴-۴-۱۰- اندازه یا ساق جوش باید برابر یا بیشتر از اندازه مشخص شده[1] جوش باشد. طول جوش با این اندازه باید برابر یا بیشتر از طول مشخص شده جوش باشد. هر بخشی از طول جوش، شامل شروع یا پایان جوش، که از اندازه جوش مشخص شده کمتر باشد نباید در طول جوش در نظر گرفته شود.

1 - Specified weld size

پ ۳-۴-۱- معیار پذیرش پرتونگاری

شماره و اندازه میلگرد (mm)	مجموع حداکثر اندازه‌ی همه تخلخل‌ها* یا ناپیوستگی‌های ذوبی[1] (mm)	حداکثر اندازه هر تخلخل یا ناپیوستگی ذوبی (mm)
۸ (۲۵)	۵	۳
۹ (۲۹)	۵	۳
۱۰ (۳۲)	۶	۳
۱۱ (۳۶)	۶	۵
۱۴ (۴۳)	۸	۵
۱۸ (۵۷)	۱۱	۶

* معیار پذیرش برای اندازه میلگرد کوچکتر از ۲۵ باید توسط مهندس مشاور ارائه گردد.

پ ۳-۵- روش

پ ۳-۵-۱-ضوابط فلز پرکننده

برای تعیین لزوم فلز پرکننده سازگار[2] یا پایین سازگار[3] برای تمامی اتصالات تعریف شده در این پیوست، باید رابطه مقاومت بین فلز پایه- فلز پر کننده، به همراه جدول پ ۳-۵-۱ استفاده شود.

ارتباط	فلز پایه	فلز پر کننده
سازگار	هر میلگردی به خودش یا به هر میلگرد فولادی در گروه مشابه	هر فلز پرکننده‌ای که در جدول پ ۳-۵-۱ در همان گروه مقاومتی ارائه شده است.
	هر میلگرد فولادی در یک گروه به هر میلگرد فولادی یا سایر فولادها با حداقل مقاومت کششی پایین‌تر	هر فلز پرکننده‌ای که در جدول پ ۳-۵ را برای گروه فولادی که با حداقل مقاومت کششی می‌باشد. (الکترو فرایند جوشکاری SMAW باید از نوع کم هیدروژن باشد.)
پایین سازگار	هر میلگرد فولادی به میلگرد فولادی یا فولاد در گروه مشابه	هر فلز پرکننده‌ای که برای گروه مقاومتی بعدی پایین‌تر در جدول پ ۳-۵-۱ ارائه شده است.

نکته: جدول پ ۳-۲-۱ را برای تعیین الزامات مقامت فلز پرکننده برای سازگار و یا پایین سازگار ملاحظه شود.

1- Fusion – Type
2 - Matching
3 - Under matching

جدول پ ۳-۵-۱ الزامات فلز پرکننده سازگار

گروه ماده	مشخصه فولاد	فرایند جوشکاری	مشخصه الکترودهای AWS A5	طبقه‌بندی الکترود
I	ASTM A 615 Grade 40 ASTM A 615M Grade 300	SMAW	A5.1/A5.1M	E7015, E7016, E7016–1, E7018, E7018–1,
		SMAW	A5.5/A5.5M	E7018M, E7028, E7048
		GMAW	A5.18/A5.18M	E7015-X,E7016-X, E7018-X
		GMAW	A5.28/A5.28M	ER70S-XXX; E70C-XXX
		FCAW	A5.20/A5.20M	E7XT-X; E7XT-XC, E7XT-XM
		FCAW	A5.29/A5.29M	E7XTX-X, E7XTX-XC, E7XTX-XM
II	ASTM A 706 Grade 60 ASTM A 706M Grade 420	SMAW	A5.5/A5.5M	E8015-X, E8016-X, E8018-X
		GMAW	A5.28/A5.28M	ER80S-XXX; E80C-XXX
		FCAW	A5.29/A5.29M	E8XTX-X, E8XTX-XC, E8XTX-XM
III	ASTM 615 Grade 60 ASTM A 615M Grade 420	SMAW	A5.5/A5.5M	E9015-X, E9016-X, E9018-X, E9018M
		GMAW	A5.28/A5.28M	ER90S-XXX; E90C-XXX
		FCAW	A5.29/A5.29M	E9XTX-X, E9XTX-XC, E9XTX-XM
IV	ASTM A 615 Grade 75b ASTM A 615M Grade 520c	SMAW	A5.5/A5.5M	E10015-X, E10016-X, E10018-X, E10018M
		GMAW	A5.28/A5.28M	ER100S-XXX; E100C-XXX
		FCAW	A5.29/A5.29M	E10XTX-XC, E10XTX-XM

برای اتصال رده‌های مختلف فولادی، فلز پرکننده باید بر مبنای فلز پایه با مقاومت کششی کمتر انتخاب شود.

برای میلگردهای فولادی دارای پوشش، فلز پرکننده باید بر مبنای فلز بدون پوشش باشد.

پ ۳-۵-۲- حداقل پیش گرمایش و دمای عبورهای میانی

حداقل پیش گرمایش و حرارت عبورهای میانی باید منطبق بر جدول پ ۳-۵-۲ با استفاده از بیشترین کربن معادل فلز پایه مطابق پ ۳-۱-۳-۴ باشد.

جدول پ ۳-۵-۲- حداقل پیش‌گرمایش و دمای عبورهای میانی

محدوده کربن معادل	سایز میلگرد	SMAW همراه با الکترود کم هیدروژن و GMAW یا FCAW
		حداقل دما
٪ (C.E.)	mm	°C
تا ۰/۴	تا ۳۶	ندارد
	۴۳ و ۵۷	10
بین ۰/۴ تا ۰/۴۵	تا ۳۶	ندارد
	۴۳ و ۵۷	10
بین ۰/۴۵ تا ۰/۵۵	تا ۱۹	ندارد
	۲۲ تا ۳۶	10
	۴۳ و ۵۷	90
بین ۰/۵۵ تا ۰/۶۵	تا ۱۹	40
	۲۲ تا ۳۶	90
	۴۳ و ۵۷	150
بین ۰/۶۵ تا ۰/۷۵	تا ۱۹	150
	۲۲ تا ۵۷	200
بیش از ۰/۷۵	تا ۱۹	150
	۲۲ تا ۵۷	260

الف) هنگامیکه میلگرد به فولاد ساختمانی جوش شود، الزامات مربوط به پیش‌گرمایش فولاد ساختمانی مطابق با فصل ۵، باید در نظر گرفته شود. حداقل دمای پیش‌گرمایش، باید بیشترین مقدار از این دو جدول باشد. با این حال، در هنگام جوشکاری میلگرد به فولادهای آبدیده و باز پخت شده[1] باید احتیاط ویژه‌ای مد نظر داشت. در صورت عدم امکان رسیدن به شرایط مدنظر، نباید از جوشکاری برای اتصال اعضا استفاده کرد.

ب) محل جوش باید از قبل پیش‌گرم شود، (به استثنای موارد ذکر شده)، به گونه‌ای که حداقل ۱۵۰ میلی متر از سطح مقطع میلگرد در هر طرف درز در دمای حداقل یا بالاتر از آن باشد. دمای پیش‌گرمایش و عبورهای میانی باید برای جلوگیری از ترک، کافی باشد.

پ) پس از تکمیل جوش، میلگردها باید به صورت طبیعی تا دمای محیط سرد شوند. سرد شدن سریع مجاز نیست.

1 - Quenched and Tempered

ت) هنگامیکه دمای فلز پایه زیر صفر درجه سلسیوس می‌باشد، باید حداقل تا دمای ۲۰ درجه سلسیوس یا بیشتر، پیش‌گرمایش شود و دمای آن در حین جوشکاری در این دما حفظ شود.

پ ۳-۵-۳- محیط جوشکاری

برای فرایندهای جوشکاری GMAW و FCAW-G جوشکاری نباید تحت شرایط باد انجام پذیرد و در این شرایط باید بوسیله چادر محافظ به نحوی که سرعت باد در اطراف محل جوش کاهش یابد پوشیده شود. در هر صورت جوشکاری به روش‌های مذکور در سرعت باد در اطراف محل جوش کاهش یاد. در هر صورت جوشکاری به روش‌های مذکور در سرعت باد بیش از ۸ کیلومتر بر ساعت نباید انجام پذیرد.

محیط جوشکاری در شرایط زیر نباید انجام پذیرد:

(۱) در صورتیکه دمای محیط کمتر از ۲۰°c- باشد. (نواحی اطراف جوش)

(۲) در صورتیکه سطح فلز مرطوب بوده یا تحت بارش باران و برف باشد.

(۳) در شرایط وزش بادهای شدید

(۴) در صورتیکه نفرات جوشکاری در شرایط نامتعادل باشند.

پ ۳-۵-۴- لکه قوس

از ایجاد لکه قوس در خارج از محدوده درز جوش و روی فلز پایه باید اجتناب شود. ترک‌های ناشی از لکه‌های قوس باید تا حد امکان سنگ‌زنی و صاف گردند و برای اطمینان از سالم بودن آنها مورد بررسی قرار گیرند.

پ ۳-۵-۵- تمیزکاری جوش

قبل از جوشکای روی عبور جوش‌های قبلی، سرباره جوش باید برداشته شود و نواحی جوشی و فلز پایه اطراف آن برس‌کاری و تمیز گردد. این موضوع نه تنها برای لایه‌های مختلف بلکه برای عبورهای مختلف و همچنین چاله جوش باید انجام پذیرد. در نهایت جوش نهایی و فلز پایه اطراف آن باید به وسیله برس کاری و یا وسایل مناسب دیگر کاملاً تمیزکاری شود. پاشش‌های جوش چسبیده پس از تمیز کاری قابل قبول است، مگر اینکه برداشتن آنها به منظور انجام آزمایشات غیرمخرب یا اعمال پوشش لازم باشد. اتصال جوش تا زمانیکه جوشکاری آن تکمیل شود و جوش آن مورد تأیید قرار گیرد نباید رنگ شود.

پ ۳-۵-۶- خال جوش

از اجرای خال جوش‌هایی که بخشی از جوش نهایی نخواهند بود باید اجتناب گردد مگر اینکه به تأیید مهندس ناظر برسد. کلیه الزامات این پیوست باید در خصوص خال جوش‌ها رعایت گردد.

پ ۳-۵-۷- پیشرفت جوشکاری

جوش‌های عمودی اجرا (وضعیت 3G) باید بصورت سربالا انجام شود.

پ ۳-۵-۸- جوشکاری فلز پایه دارای پوشش

پ ۳-۵-۸-۱- آماده‌سازی برای جوشکاری فلز پایه دارای پوشش باید ترجیحاً پس از پوشش انجام شود. پس از جوشکاری با WPS ارزیابی شده، پوشش محافظ مناسب باید روی اتصال نهایی اعمال گردد تا خواص ضد خوردگی میلگردهای پوشش‌دار بازیابی گردد.

پ ۳-۵-۸-۲- برای جوشکاری فلز پایه گالوانیزه، یکی از حالت‌های زیر باید رعایت شود:

حالت اول: جوشکاری فلز پایه گالوانیزه بدون برداشتن پوشش قبلی باید مطابق WPS ارزیابی شده انجام پذیرد. لازم به ذکر است WPS به طور عادی باید شامل فاصله دهانه ریشه بیشتر، الکترود حاوی سیلیسیم کمتر و سرعت جوشکاری پایین‌تری باشد.

حالت دوم: جوشکاری فلز پایه گالوانیزه می‌تواند پس از برداشتن پوشش به اندازه ۵۰ میلی‌متر اطراف درز جوش انجام شود. در این حالت، جوشکاری باید منطبق بر WPS مربوط به میلگردهای بدون پوشش ارزیابی شده انجام پذیرد. پوشش گالوانیزه را می‌توان به روش شعله اکسیژن، ساچمه‌زنی[1] یا سایر روش‌های مناسب حذف نمود.

پ ۳-۵-۸-۳- در جوشکاری که با پیش‌گرم کردن فلز پایه با پوشش اپوکسی انجام می‌شود، پوشش اپوکسی باید از سطوحی که حرارت می‌گیرد برداشته شود.

پ ۳-۵-۹- الکترودها

الکترودها و گاز مصرفی فرایندهای SMAW، GMAW، FCAW باید منطبق بر الزامات استانداردهای ملی یا مراجع بین‌المللی* مربوطه باشد. ضوابط استفاده از الکترودهای کم هیدروژن و خشک کردن آنها مطابق این آیین‌نامه می‌باشد.

پ ۳-۶- ارزیابی

پ ۳-۶-۱- کلیه جوش‌هایی که مطابق این پیوست انجام می‌شود باید با استفاده از WPS مکتوب که الزامات این پیوست را رعایت می‌کنند، انجام پذیرد.

پ ۳-۶-۲- کلیه WPSها باید بر مبنای آیین‌نامه مرتبط [2]، ارزیابی و تأیید گردد. جوشکاران نیز باید مورد ارزیابی قرار گیرند.

پ ۳-۶-۳- در صورت تأیید مهندس مشاور، شواهد و مستندات ارزیابی‌های قبلی WPSها و جوشکاران می‌تواند مورد پذیرش قرار گیرد.

پ ۳-۷- بازرسی

پ ۳-۷-۱- شرایط پذیرش جوش باید مطابق ضوابط این آیین‌نامه باشد.

1- Shot blast

* استانداردهای 5032 و 5029 و 5020 و 5028 و 5018 و 505 و AWSA 501 باشد.

2 -AWS D1-4

پ ۳-۷-۲- شرایط صلاحیت بازرسی جوش و آزمایش‌های غیرمخرب باید مطابق ضوابط این آیین‌نامه باشد.

پ ۳-۷-۳- در صورتیکه نیاز به انجام بازرسی پرتونگاری علاوه بر بازرسی چشمی باشد باید مطابق استاندارد انجام پذیرد.

پ ۳-۷-۴- بازرسی فراصوت جوش اتصالات مستقیم لب‌به‌لب میلگردها در حالت عادی امکان‌پذیر نیست و باید با روش‌های بسیار تخصصی انجام پذیرد و توصیه نمی‌شود.

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هفتصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **nezamfanni.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

Guidelines and Supplementary Guides for the Iranian Construction Welding

[IR-Code.228]

Authors & Contributors Committee:

Shapour Tahouni	Faculty Member at Amirkabir University
Alireza Arabha Najafabadi	Road, Housing and Urban Development Research Center (BHRC)
Bahram Shalalvand	Consulting Engineers
Alireza Sharifi Abad	Consulting Engineers

Confirmation Committee:

Behnam Mehrparvar	Road, Housing and Urban Development Research Center (BHRC)
Mohammad Reza Bayat	Road, Housing and Urban Development Research Center (BHRC)
Narges Kheirtal	Road, Housing and Urban Development Research Center (BHRC)
Abdulvahab Adabavaze	Iran Welding Society
Saeed Erfani	Member of the Faculty, Amirkabir University of Technology
Seyed Rasoul Mirghaderi	Member of the Faculty, University of Tehran
Mohammad Ganji	Iranian Society for Non-Destructive Testing
Amir Hoseini Klorzi	Khuzestan Steel Company
Mehrdad Kehtari	Iranian Non-Destructive Testing Association
Reza Imanian Najafababdi	Welding and Non-Destructive Testing Association of Iran

Salar Tahririan	National Standard Organization of Iran

Steering Committee: (Plan and Budgest Organization):

Alireza Tootoonchi	Deputy of Technical and Executive Affairs Department
Taher Fathollahi Marnani	Head of Technical and Executive Affairs Department
Sajjad Heidari Hasanklou	Expert Engineering, Technical and Executive Affairs Department

Abstract

In 2024, the Iranian Construction Welding Code (Publication 228), originally published in 2001, underwent a comprehensive revision. This update was necessitated by the release of revised editions of the Tenth Chapter of the National Building Regulations, advancements in international welding standards, and insights gained from over two decades of practical experience in engineering and professional practice.

The revised edition incorporates updated regulations and standards for welding processes and construction weld inspections, aligning with the latest national and international technical documents. New sections have been added to address seismic requirements, reinforcement welding standards, and sample forms for welding and inspection procedures.

To facilitate the effective implementation of the revised code's inspection and procedural requirements in construction projects, this project will develop a comprehensive set of guidelines and supplementary documents. The methodology involves establishing brainstorming sessions and a specialized steering committee, as well as forming working groups responsible for drafting each guideline. Draft documents will be reviewed and refined within the relevant working groups. Feedback will be collected, discussed in steering committee meetings, and incorporated as needed to finalize and approve each document

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Guidelines and Supplementary Guides for the Iranian Construction Welding

IR-Code 228

Last Edition: 07-23-2025

Deputy of Technical, Infrastructure and Production Affairs
Department of Technical & Executive affairs
nezamfanni.ir

The Ministry of Road & Urban Development
Road, Housing and Urban Development Research Center
bhrc.ir

2025

این ضابطه

با عنوان «**آیین نامه جوشـــکاری ســـاختمانی ایران**» مقررات ســـاخت و نصـــب ســـازه‌های فولادی را دربر می‌گیرد و بـایـد همراه بـا مبحـث دهم مقررات ملی ســـاختمان با عنوان «طرح و اجرای ســـاختمان های فولادی» مورد اســـتفاده قرار گیرد. هدف این آیین‌نامه ارائه د ستورالعمل‌های عمومی برای ا ستفاده در شرایط متعارف است.