

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بازرسی فنی ساخت و برپایی سازه‌های فولادی

تألیف:

مهندس امین دولت شاه

سرشناسه	: دولت‌شاه، امین، ۱۳۶۳-
عنوان و نام پدیدآور	: بازرسی فنی ساخت و برپایی سازه‌های فولادی/ تالیف امین دولت‌شاه.
وضعیت ویراست	: [ویراست ۲].
مشخصات نشر	: تهران: نشر دانشگاهی فرهمند، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	: ۴۹۸ص:، مصور، جدول.
شابک	: 978-622-7315-93-6
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: چاپ قبلی: ویراست، ۱۴۰۲.
یادداشت	: چاپ دوم(اول ناشر).
یادداشت	: کتابنامه: ص. [۴۹۵] - ۴۹۸.
موضوع	: سازه‌های فولادی -- طراحی و ساخت -- بازرسی Steel structures -- Design and construction -- Inspection سازه‌های فولادی -- جوشکاری -- بازرسی Steel structures -- Welding -- Inspection بازرسی فنی Engineering inspection
رده بندی کنگره	: TA۶۸۴
رده بندی دیویی	: ۶۲۴/۱۸۲۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۷۸۲۲۸۲
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیبا

بازرسی فنی ساخت و برپایی سازه‌های فولادی



تألیف	: مهندس امین دولت شاه
ناشر	: دانشگاهی فرهمند
قطع	: وزیری
مشخصات ظاهری	: ۴۹۸ صفحه
چاپ و صحافی	: فرهمند
نوبت چاپ	: دوم، ویرایش جدید ۱۴۰۳
شابک	: ۹۳-۶-۷۳۱۵-۶۲۲-۹۷۸
شمارگان	: ۲۰۰ جلد
آدرس و تلفن :	نشانی : تهران ، خیابان انقلاب ، روبروی در اصلی دانشگاه تهران ، مجتمع فروزنده ، طبقه اول ، واحد ۴۱۹ تلفن : ۶۶۹۶۸۶۱۴ - ۶۶۴۱۰۶۸۸
	سایت : www.farbook.ir

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای مولف محفوظ است.
و هرگونه سوءاستفاده و کپی‌برداری پیگرد قانونی دارد.

تقدیم به همسر، برای همه حمایت ها

تقدیم به دخترم دینا، همه امیدم

و تقدیم به همه زنان و دختران سرزمینم

مقدمه

کتاب «بازرسی فنی ساخت و برپایی سازه های فولادی» حاصل بیش از ۱۴ سال تجربه پروژه و ۱۰ سال تجربه تدریس است. نوشتن این کتاب بیش از سه سال زمان برده است. سه سالی که صرف تحقیق، مطالعه و نوشتن گردید. در این سه سال، بسیاری از منابع معتبر بررسی و مطالعه شد و به صورت تجربی هم همه موارد، آزموده شد.

با اطمینان می توان گفت کتاب «بازرسی فنی ساخت و برپایی سازه های فولادی» جامع ترین کتاب در موضوع نظارت و بازرسی فنی سازه های فولادی است. خواندن این کتاب شما را از مطالعه بسیاری از منابع در خصوص ساخت و برپایی سازه های فولادی بی نیاز می کند. در انتهای کتاب، برای خوانندگانی که تمایل دارند هر موضوع را با جزئیات بیشتر مطالعه کنند، منابع دست اول و مهمی معرفی شده اند. این منابع معرفی شده، همان منابعی هستند که در کتاب حاضر مورد استناد قرار گرفته اند و بیش از ۹۵ درصد پروژه های فولادی کشور با اتکا بر همین منابع اجرا شده اند.

موارد مطرح شده در کتاب حاصل از تجارب نویسنده و بررسی آن ها در استانداردهای مرجع و مشورت با صاحب نظران و افراد باتجربه در این حوزه است.

مطالب ارائه شده در این کتاب برای سازه های فولادی ساختمانی و صنعتی مانند سازه های فولادی مورد استفاده در ساختمان های مسکونی و صنعتی (سوله ها)، پالایشگاه و پتروشیمی، نیروگاه، معادن، کارخانه ها و ... (مانند Pipe rack, Stack, Support, Lader و ...) کاربرد دارد.

به رسم ادب، از راهنمایی های ارزنده جناب آقای دکتر رضا ایمانیان نجف آبادی و دیگر عزیزانی که حتی در حد یک کلمه بنده را یاری کرده اند، تشکر می کنم.

برای هر چه بهتر شدن مطالب کتاب، خواهشمند است پیشنهادهای خود را از طریق ایمیل «amindowlatshah@gmail.com» برای نویسنده ارسال کنید. پیشنهادهای علمی و صحیح در ویرایش های بعدی لحاظ خواهند شد.

با احترام

امین دولت شاه - چاپ اول - ۱۴ اردیبهشت ۱۴۰۲

چاپ دوم - ۲۰ شهریور ۱۴۰۳

در کنار این کتاب، یک بسته آموزشی ویدئویی ضبط شده که برای درک بهتر مطالب کتاب
میتوانید از فیلم‌های آموزشی استفاده کنید.

برای تهیه بسته آموزشی از طریق راه‌های ارتباطی زیر اقدام کنید:

پیج اینستا: **@amin.dowlat.shah**

شماره تماس: ۰۹۳۸۳۰۰۰۴۲۲

سایت: **www.nezaratonline.com**

خدمات مجموعه ما برای صنایع مختلف:

- ۱- آموزش:
 - برگزاری دوره‌های آموزشی (حضور و غیرحضور) در زمینه آزمایش‌های غیرمخرب
 - آموزش پرسنل و راه‌اندازی واحد کنترل کیفیت صنایع مرتبط
 - ۲- ساخت و نصب:
 - ساخت و نصب سازه‌های فولادی
 - ساخت و نصب مخازن ذخیره
 - نصب تجهیزات مکانیکی در صنایع مرتبط
 - ۳- مشاوره و بازرسی
 - ارائه خدمات مشاوره بازرسی فنی
 - انجام بازرسی فنی و آزمایش‌های غیرمخرب
 - تهیه اسناد بازرسی و جوشکاری
 - نظارت بر عملکرد سازندگان و پیمانکاران
- شماره تماس: ۰۹۳۸۳۰۰۰۴۲۲

فهرست

فصل ۱: وظایف سازنده ، ناظر و مراحل عملیات	۸
فصل ۲: بازرسی مصالح	۳۲
فصل ۳: بازرسی فرایندهای برشکاری و سوراخکاری	۳۶
فصل ۴: بازرسی ساخت	۵۸
فصل ۵: بازرسی فرایند جوشکاری	۱۱۰
فصل ۶: نقشه خوانی سازه های فولادی	۱۷۶
فصل ۷: بازرسی فرایند اجرای آزمایش های مخرب و غیر مخرب جوش	۲۳۲
فصل ۸: بازرسی اجرای پلاستینگ ، رنگ و گالوانیزه	۲۶۴
فصل ۹: بازرسی فرایند بسته بندی ، انبارش ، بارگیری ، حمل و نقل	۲۹۸
فصل ۱۰: بازرسی فرایند نصب	۳۰۴
فصل ۱۱: بازرسی اتصالات پیچ بندی	۳۲۴
فصل ۱۲: بازرسی فرایند گروت ریزی	۳۸۶
فصل ۱۳: بازرسی اجرای عرشه فولادی و گل میخ	۳۹۲
فصل ۱۴: بازرسی اجرای پوشش مقاوم به حریق	۴۰۴
فصل ۱۵: مستندسازی سازه های فولادی	۴۱۲
فصل ۱۶: رواداری و معیارهای پذیرش	۴۳۲
فصل ۱۷: سولات فنی	۴۷۶
منابع :	۴۹۰
عکس های رنگی	۴۹۴

۱-۱- تعاریف و وظایف

۱-۱-۱- بازرسی

بررسی محصول، فرآیند، خدمت یا تاسیسات یا طراحی آنها و تعیین انطباق آنها با الزامات مشخص شده یا الزامات عمومی بر مبنای قضاوت حرفه‌ای (اظهار نظر تخصصی).

۱-۱-۱-۱- نهاد بازرسی

نهادی که بازرسی را انجام می‌دهد.

یادآوری- نهاد بازرسی می‌تواند یک سازمان یا بخشی از یک سازمان باشد.

۱-۱-۱-۲- سیستم بازرسی

مقررات، روش‌های اجرایی و مدیریتی برای انجام بازرسی.

۱-۱-۱-۳- طرح بازرسی

سیستم بازرسی که در آن الزامات مشخص شده، مقررات و روش‌های اجرایی خاص به طور یکسانی کاربرد دارد.

۱-۱-۱-۴- بی طرفی و استقلال

فعالیت‌های بازرسی باید بی طرفانه انجام پذیرد.

نهاد بازرسی باید مسئول بی طرفی فعالیت‌های بازرسی خود باشد و نباید اجازه دهد فشارهای تجاری، مالی یا سایر فشارها، بی طرفی را به مصالحه بگذارد.

نهاد بازرسی باید به طور مداوم مخاطرات مرتبط با بی طرفی خود را شناسایی کند. این شناسایی باید شامل مخاطرات ناشی از فعالیت‌ها یا ارتباط نهاد بازرسی یا روابط کارکنانش باشد. هر چند چنین روابطی ضرورتاً نشانگر مخاطره‌ای برای بی طرفی نهاد بازرسی نیست.

نهاد بازرسی باید دارای تعهد مدیریت رده بالا نسبت به بی طرفی باشد.

۱-۱-۱-۵- محرمانگی

نهاد بازرسی باید مسوولیت مدیریت کلیه اطلاعات کسب یا ایجاد شده در طی انجام

فعالیت‌های بازرسی را از طریق تعهدات حقوقی قابل اجرا بپذیرد.

نهاد بازرسی باید شخصیت حقوقی یا بخش تعیین شده‌ای از یک شخصیت حقوقی (شخصیت حقیقی) باشد، به طوری که برای کلیه فعالیت‌های بازرسی خود مسوولیت قانونی داشته باشد.

در موارد مقتضی، تجهیزات اندازه‌گیری که تأثیر عمده بر نتایج بازرسی دارند باید پیش از بکارگیری، کالیبره شده و پس از آن طبق یک برنامه مقرر کالیبره شوند. (در مواردی حین آزمایش بایستی کالیبره تجهیزات کنترل شود، همانند دستگاه UT)

۲-۱-۱-۱-۲ اشخاص مؤثر بر کیفیت اجرای سازه‌های فولادی

۱-۱-۲-۱-۱ اشخاص حقوقی و حقوقی ذیربط

مالک، کارفرما، بهره‌بردار، شخص مجری، شرکت سازنده سازه فولادی، ناظر سازمان نظام مهندسی ساختمان، ناظر (سوپروایزر) جوشکاری، بازرس جوش، اپراتور آزمایش غیرمخرب، آزمایشگاه جوش، شرکت بازرسی فنی

۲-۱-۱-۲-۲ وظایف افراد مرتبط با نظارت سازه‌های فولادی

۱-۱-۲-۲-۱ ناظر سازمان نظام مهندسی ساختمان

ناظرین سازمان نظام مهندسی دارای پروانه اشتغال به کار در زمینه نظارت هستند که بعنوان ناظر سازه از طرف سازمان نظام مهندسی معرفی می‌شوند. (فرایند انتخاب ناظر و معرفی براساس قوانین خاص سازمان به ناظرین ابلاغ می‌گردد). با توجه به اینکه این موضوع حساسیت‌های خود را دارد وارد تشریح مسائل و مباحث ناظرین نظام مهندسی نمی‌شویم. اما اگر شما بعنوان ناظر از طرف سازمان نظام مهندسی ساختمان بر روند ساخت و نصب سازه فولادی نظارت دارید، قاعدتاً بایستی اطلاعات کافی در این زمینه داشته باشید.

۲-۱-۱-۲-۲-۲ ناظر (سوپروایزر) جوشکاری

ناظر (سوپروایزر) جوشکاری (welding supervisor) دانش فنی بالا و تجربه کافی در خصوص اجرای عملیات جوشکاری و روند ساخت را دارد.

ناظر (سوپروایزر) جوشکاری بعنوان یک نیروی درون سازمانی تحت نظر مدیر تولید (واحد تولید کارخانه)، وظیفه نظارت بر عملیات جوشکاری را بر عهده دارد. ناظر جوشکاری برنامه عملیات اجرایی و ساخت را پیگیری می‌کند و در عین حال الزامات کیفیت محصول و ایمنی جوشکار را حفظ می‌کنند.

یک ناظر (سوپروایزر) جوشکاری باتجربه قادر است به پرسنل کارگاه آموزش دهد تا بتوانند به سرعت مشکلات را برطرف کنند. ناظران جوشکاری از همان ابتدای پروژه مشاوره تخصصی

بازرسان جوش معمولاً این بازرسی‌ها را برای سازنده یا بعنوان نماینده کارفرما انجام می‌دهند. آن‌ها ممکن است بتوانند هم نقش ناظر و هم بازرس را بر عهده بگیرند. اگرچه این امر تنها در صورت داشتن صلاحیت مناسب امکان پذیر است. سازمان‌های بزرگ‌تر معمولاً دارای بخش‌های کنترل کیفیت (QC) یا بخش‌های بازرسی هستند که یک بازرس جوش را در خود جای داده‌اند.

در این سیستم اجرایی، بازرس معمولاً در هیچ فعالیت نظارتی شرکت نمی‌کند و با ناظر جوشکاری در ارتباط است. در محیطی که هم بازرس و هم ناظر وجود دارد، اغلب همپوشانی زیادی وجود دارد. بازرسی پروژه‌های مختلف جوشکاری ممکن است به طور قابل توجهی در مواد، فرآیند، روش‌های آزمایش و الزامات در حین کار متفاوت باشند. نمونه‌ای از استانداردها و آیین نامه‌های مختلف مربوط به جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب جوش که سوپروایزر جوشکاری و بازرس جوش بایستی مسلط باشند:

AWS D۱,۱	کد جوشکاری سازه‌های فولادی
AWS A۵,۱	مشخصات الکترودهای جوشکاری قوسی پوشش دار (SMAW)
AWS A۵,۱۷	مشخصات الکترودهای جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW)
AWS A۵,۱۸	مشخصات الکترودهای جوشکاری قوسی گاز محافظ (GMAW)
ANSI/AISC ۳۰۳-۲۲	استاندارد برای ساختمان‌ها و پل‌های فولادی
ANSI/AISC ۳۶۰-۱۶	مشخصات سازه فولادی ساختمان‌ها
BS EN ۱۰۹۰-۲	اجرای سازه‌های فولادی و سازه‌های آلومینیومی
RCSC	شورای تحقیق اتصالات سازه‌ای (اتصالات پیچ و مهره)

این جدول تعدادی از استانداردهایی هستند که ممکن است یک بازرس جوش لازم باشد از آنها استفاده کند. به همین دلیل است که دانش گسترده‌ای از استانداردهای ملی و جهانی برای یک بازرس جوش مهم است.

بازرسان مجاز جوش اغلب باید گزارشی را ارائه دهند که ممکن است همیشه مورد استقبال سازندگان نباشد. اغلب از آن‌ها می‌خواهند به اشتباهات رسیدگی کنند، که نه تنها ممکن است ناراحت کننده و پرهزینه باشد، بلکه می‌تواند پروژه‌ها را به تأخیر بیندازد. هیچ کسی دوست ندارد به او گفته شود که اشتباه کرده است، بنابراین مهم است که به شیوه‌ای محترمانه ارتباط برقرار کنید.

در هر صورت، از ارائه گزارش ایرادات و نواقص هر پروژه واهمه نداشته باشید.

۳-۱-۱-۳-۳-۱-۱-۳-۳ بازرسی نوع پ

آزمایشگاه‌ها و شرکت‌هایی که خدمات بازرسی فنی درون و برون سازمانی را انجام می‌دهند (ارائه خدمات به سازمان خود و دیگران). مانند آزمایشگاه‌های داخل کارخانه‌های تولیدی که ارائه دهنده خدمات به سازمان خود و دیگران هستند.

۴-۱-۱-۱-۱-۱-۴ وظایف سازنده اسکلت فولادی

براساس مفاد مبحث ده مقررات ملی ساختمان و طبق نقشه‌ها و مدارک فنی، سازنده اسکلت فولادی موظف به انجام کنترل کیفیت (QC) در موارد زیر است:

- تهیه مصالح (در صورت درج در قرارداد)، تجهیزات و نیروی انسانی لازم
- تهیه نقشه‌های اجرایی در هماهنگی با نقشه‌ها و مدارک فنی محاسباتی، تجهیزات و امکانات اجرایی

- برشکاری، سوراخ کاری و مونتاژ قطعات
- جوشکاری قطعات مونتاژ شده
- آماده سازی سطوح، تمیزکاری و رنگ آمیزی قطعات
- حمل قطعات ساخته شده به محل نصب
- ایجاد امکانات لازم برای انبار کردن قطعات فولادی
- پیش نصب قسمت‌های کار در محل کارگاه ساخت در صورت نیاز
- برپا داشتن و تکمیل جوشکاری یا محکم کردن پیچ‌ها، مونتاژ قطعات طبق نقشه‌ها و کارهای تکمیلی

نکته: در مواردی، تهیه اسناد بازرسی و جوشکاری همانند WPS, ITP و ... بر عهده پیمانکار می باشد که لازم است ابتدای پروژه در قرارداد مشخص گردد.

۵-۱-۱-۱-۱-۱-۵ وظایف نماینده کارفرما یا مقام قانونی مسئول

براساس مفاد این فصل و طبق نقشه‌ها و مدارک فنی، تضمین کیفیت (QA) کلیه عملیات اجرایی بند قبل بر عهده نماینده کارفرما یا مقام قانونی مسئول است.

۶-۱-۱-۱-۱-۱-۶ 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- آماده سازی درز جوش (Preparation)
- ۴- دستورالعمل جوشکاری (Procedure)

۵- بازرسی و تأیید (Approved)

۷-۱-۱- وظایف بازرسی

الف) بازرسی کنترل کیفیت سازنده باید اعضای فولادی ساخته شده را بازرسی کرده و تطابق آن‌ها را با جزئیات ارائه شده در نقشه‌های کارگاهی بررسی کند.

ب) بازرسی کنترل کیفیت نصاب باید قطعات فولادی نصب شده را بازرسی کرده و تطابق آن‌ها را با جزئیات ارائه شده در نقشه‌های کارگاهی بررسی کند.

پ) بازرسی تضمین کیفیت باید هنگام جاگذاری میل مهارها و سایر اقلام مدفون نگهدارنده اعضای فولادی جهت تطابق با مدارک ساخت در محل حضور داشته باشد. حداقل باید قطر، رده، نوع و طول میل مهار یا قطعه مدفون و طول مدفون در بتن قبل از ریختن بتن بررسی و ثبت شده و به نماینده کارفرما گزارش شود.

ت) بازرسی تضمین کیفیت باید قاب فولادی ساخته و نصب شده را جهت تطابق با جزئیات موجود در مدارک ساخت بازرسی کند. پذیرش یا عدم پذیرش جزئیات اتصالات باید ثبت و مستندسازی گردد.

۱-۱-۷-۱- فعالیت‌های بازرسی

مطابق با ۳۶۰-۱۶ ANSI/AISC که ترجمه آن در مبحث ده مقررات ملی ساختمان آورده شده، فعالیت‌های بازرسی جوش شامل کنترل کیفیت و تضمین کیفیت در سه مرحله قبل، حین و پس از جوشکاری انجام می‌شود که این سه مرحله در جداول زیر ارائه شده است.

مواردی که ستاره دارند و همچنین وظایف سوپروایزر جوشکاری، براساس

تجربه نویسنده به جداول اضافه شده‌اند.

فعالیت‌هایی که باید توسط هر دو بخش کنترل کیفیت و تضمین کیفیت انجام پذیرد، می‌تواند به صورت هم زمان 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 است:

- مشاهده (O) Observe: بازرسی مربوطه باید این موارد را مشاهده و بررسی نماید. این بررسی و مشاهده شامل تمامی موارد نشده و می‌تواند به صورت غیرمنظم انجام شود. به هر حال تعداد بازبینی‌ها، رافع مسئولیت QC و QA نیست. در این حالت ادامه ساخت موکول به انجام بازرسی نیست.

- انجام (P) Perform: این فعالیت‌ها باید برای هر مورد انجام پذیرد و انجام مرحله بعدی منوط به صدور تأییدیه مرحله قبل می‌شود.

توضیح تکمیلی مشاهده و انجام: منظور از مشاهده این است که عملیات اجرایی متوقف

نشود و می‌تواند بازرسی به موازات و به صورت رندوم بررسی می‌شود.

منظور از انجام، بازرسی بطور ۱۰۰٪ است و پیمانکار مجاز به اجرای عملیات بعدی نیست مگر با تأیید بازرسی (ناظر).

۲-۷-۱-۱- تفاوت تضمین کیفیت و کنترل کیفیت

تضمین کیفیت (QA) به فرآیند استفاده شده برای ایجاد نتایج می‌پردازد و می‌تواند توسط یک مدیر، مشتری یا حتی یک شخص ثالث انجام شود. نمونه‌هایی از تضمین کیفیت عبارتند از چک لیست‌های فرآیند، ممیزی پروژه و روش شناسی و توسعه استانداردها. کنترل کیفیت (QC) به فعالیت‌های مرتبط با کیفیت مربوط به ایجاد نتایج پروژه اشاره دارد.

QA: Quality Assurance

QC: Quality Control

جدول بازرسی قبل از جوشکاری

ردیف	شرح فعالیت	Q	QA	سوپروایزر جوشکاری
۱	بررسی نقشه‌های کارگاهی*	P	P	P
۲	آزمون جوشکاران*	-	-	P
۳	بررسی گواهینامه صلاحیت جوشکاران	P	O	P
۴	بررسی دستورالعمل‌های جوشکاری	P	P	P
۵	بررسی گواهینامه مواد مصرفی جوشکاری	P	P	P
۶	قابل شناسایی بودن مواد و مصالح (نوع و رده)	O	O	P
۷	سیستم شناسایی جوشکاران (a)	O	O	P
۸	کنترل تجهیزات جوشکاری	O	O	P
۹	کنترل شکل و پرداخت سوراخ دسترسی	P	O	P
۱۰	کنترل آماده سازی درز جوش شیاری: <ul style="list-style-type: none"> • آماده سازی اتصال • هندسه (هم راستایی، فاصله ریشه، عمق ریشه، زاویه پخ) • تمیزی درز اتصال • وضعیت خال جوش کاری (کیفیت و محل خال جوش) • نوع پشت بند و مونتاژ آن 	P	O	P
۱۱	کنترل و آماده سازی درز جوش گوشه: هندسه (فاصله ریشه، راستا، ...)	O	O	P

			تمیزی درز اتصال • وضعیت خال جوش کاری (کیفیت و محل خال جوش)
--	--	--	---

(a): سازنده یا نصب کننده، در صورت لزوم، باید سیستمی را اجرا کند که توسط آن هر شخص جوشکار که یک اتصال یا عضوی را جوش داده است، شناسایی کند. اسْتُمپ شناسایی جوشکار (Welder stamp) در صورت استفاده باید از نوع کم تنش باشند.

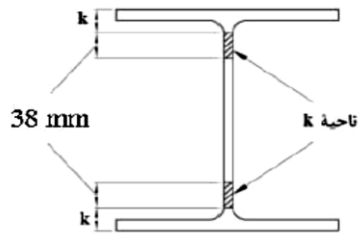
جدول بازرسی حین جوشکاری

ردیف	شرح فعالیت	QC	QA	سوپروایزر جوشکاری
۱	کنترل شرایط نگهداری و جابجایی الکتروود • بسته بندی • زمان در معرض هوا بودن (برای الکتروودهای کم هیدروژن قبل از پخت)	O	O	P
۲	عدم جوشکاری روی ترک‌های خال جوش	O	O	P
۳	شرایط محیطی: • سرعت باد • بارش و دما	O	O	P
۴	پیروی از WPS • تنظیم تجهیزات جوشکاری • سرعت جوشکاری • انتخاب الکتروود و سیم جوش • نوع و دبی گاز • پیش گرمایش و دمای بین پاسی (min./max.) • وضعیت جوشکاری (F, V, H, OH)	O	O	P
۵	کنترل تکنیک جوشکاری: تمیزکاری بین پاسی هندسه جوش هر پاس (جهت جلوگیری از حبس سرباره و عدم ذوب)	O	O	P
۶	قرارگیری و نصب گل میخ‌ها در کارخانه	P	O	P

جدول بازرسی پس از جوشکاری

ردیف	شرح فعالیت	QC	QA	سوپروایزر جوشکاری
۱	کنترل تمیزکاری جوش	O	O	P
۲	کنترل ابعاد جوش (ساق، طول و محل جوش)	P	P	P
۳	بازرسی چشمی جوش: Crack Undercut Overlap Porosity LOP LOF Spatter Under size	P	P	P
۴	آزمایش‌های غیرمخرب	P	P	-
۵	کنترل سوراخ دسترسی جوش مقاطع سنگین برای اطمینان از عدم ترک خوردگی	P	P	P
۶	کنترل برداشتن پشت بند و ورق گوشواره در صورت لزوم	P	P	P
۷	کنترل جوش تعمیری	P	P	P
۸	تهیه مستندات تأیید یا رد کیفیت قطعات جوشکاری شده	P	P	P
۹	کنترل عدم جوشکاری در نواحی غیرمجاز	O	O	P
۱۰	ناحیه k	P	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. ناحیه k مطابق شکل، به حد فاصل نقطه شروع گردی ریشه اتصال بال به جان تا ۳۸ میلی‌متر بعد از آن اطلاق می‌شود.



شکل ناحیه k

۳-۷-۱-۱- چک لیست و روند بازرسی سازه فولادی

وظایف سوپروایزر جوشکاری و بازرسی جوش در سازه‌های فولادی بصورت یک چک لیست ارائه گردیده که می‌توانید در هر مرحله‌ای از نظارت استفاده کنید.

چک لیست و روند بازرسی سازه فولادی

نتیجه	تاریخ بازرسی	عملیات	ردیف
		بررسی نقشه‌های کارگاهی	کنترل نقشه و WPS
		کد ارتفاعی ستونها	
		طول تیرها	
		وضعیت بادبندها	
		ابعاد و ضخامت قطعات	
		ساق جوش	
		طول جوش	
		موقعیت سوراخها	
		بررسی wps	
		اعوجاج	بازرسی متزیال
		زنگ زدگی و خوردگی	
		ضربه مکانیکی	
		ضخامت سنجی	
		آزمایش مقاومت کششی ورق	
		کنترل چشمی تورق (Lamination)	
		آزمایش التراسونیک تورق (Lamination)	

نتیجه	تاریخ بازرسی	عملیات	ردیف
		برش با گیوتین (ضخامت و ...)	بازرسی برشکاری و سوراخکاری
		ریسمانی بودن قطعات	
		برش با شعله ریلی (بست و اعوجاج و ...)	
		پیشگرم برش	
		کنترل گونیایی بودن قطعات	
		بررسی شیار لبه‌های برش	
		سنگ زنی و تمیزکاری قطعات	
		ابعاد قطعات	
		بررسی زاویه پخ (کونیک)	
		زاویه قطعات زاویه دار	
		شیار لبه پخ (کونیک)	
		کنترل سوراخکاری (ضخامت و فواصل و ...)	
		تمیز بودن لبه قطعه برای درز اتصال (رنگ، زنگ، روغن و ...)	
		کنترل Root Face (پاشنه ریشه)	
		بازرسی الکتروود و فیلرمتال (پخت ، رطوبت و ...)	تست جوشکار و کنترل تجهیزات
		بازرسی تجهیزات جوشکاری (گواهی کالیبراسیون و ...)	
		آزمون جوشکاران	
		گونیایی بودن قطعات (بال و جان ، ستون باکس و ...)	بازرسی مونتاژ
		همترازی (Hi – Low)	
		فاصله دو قطعه (Gap)	
		ارتفاع اجرای استیفرها داخل ستون باکس و H و ...	

نتیجه	تاریخ بازرسی	عملیات	ردیف
		ارتفاع اجرای دستک‌ها، زیرسری و دیگر اتصالات	
		موقعیت نصب ورق بادبند (جهت و آکس و ...)	
		راستایی تیرها و ستونها	
		تسمه پشت بند و گوشواره	
		کد تیرها و ستونها	
		گونمایی و کونیک انتهای ستونها	
		دمای پیشگرم و بین پاسی	بازرسی جین جوشکاری
		آمپراژ (جریان) و قطبیت	
		سرعت جوشکاری	
		تمیزکاری بین پاسی	
		ابعاد جوش (ساق، گلویی، گرده، پهنای هر پاس، طول	کنترل ابعادی و ناپیوستگی‌ها
		راستایی تیرها و ستونها	
		تابیدگی تیرها و ستونها و اجزای مرتبط	
		ساق، طول، گلویی، ناپیوستگی و عیوب جوش	
		کنترل تراز ارتفاعی فنداسیون	بازرسی نصب
		کنترل سلامت و ارتفاع انکر بولتها و مهره‌ها	
		پدگذاری، مهره تراز و همترازی صفحه ستونها	
		همراستایی ستونها	
		شاقولی ستونها	
		آکس تیر و ستون، بادبندها و ...	

جوشکارانی که مطابق با دستورکارهای جوشکاری، تأیید صلاحیت شده نیستند باید پس از اخذ تست فنی، تأیید صلاحیت شوند.

جوشکاران موظف هستند پس از اتمام هر جوش، شماره شناسایی خود را کنار جوش درج نمایند .

شرایط تجهیزات جوشکاری مورد استفاده، تأثیر بسزایی در کیفیت محصول جوشکاری شده دارد. بنابراین باید عملکرد و شرایط تجهیزات، توسط بازرسی مورد ارزیابی قرار گیرد. این تجهیزات شامل منبع قدرت، سیستم تغذیه الکتروود، کابل و انبر اتصال بدنه، تجهیزات نگهداری پودر و الکتروود، شلنگ‌ها، رگولاتور، مانومتر گاز محافظ، تورچ و غیره می‌باشند.

مرحله بعدی، کنترل وضعیت فلز پایه و فلز پرکننده می‌باشد. در صورتی که مشکلاتی در هر یک از این دو مورد وجود داشته باشد، قطعاً مشکلات زیادی در کیفیت محصول نهایی ایجاد خواهد شد. کنترل مواد در مراحل ابتدایی و قبل از اجرای سایر مراحل ساخت، از قبیل برشکاری، سوراخ‌کاری، جوشکاری و غیره، از اتلاف هزینه و زمان جلوگیری می‌نماید.

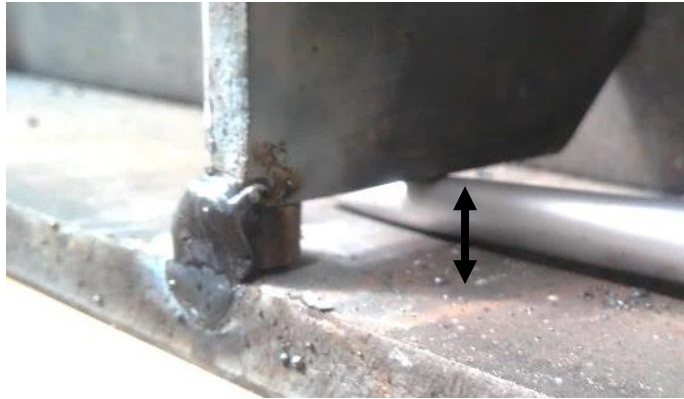
بازرسی مواد مصرفی جوشکاری نیز از اهمیت خاصی برخوردار است بطوریکه حضور آلودگی‌ها یا رطوبت در فلاکس یا سطح الکتروود، مشکلات جدی در کیفیت فلز جوش ایجاد خواهد نمود.

پس از بازرسی کلیه مواد اولیه و مواد مصرفی جوش، مرحله بعدی، ارزیابی کیفیت و دقت آماده سازی لبه‌های اتصال می‌باشد. برای یک جوش شیاری، مواردی از قبیل زاویه پخ، پاشنه و شعاع کمان در پخ‌های U و J شکل، باید به صورت چشمی مورد بررسی قرار گیرند. به منظور انجام این بازرسی‌ها به ابزارهای اندازه‌گیری مختلفی نیاز می‌باشد که در فصل تجهیزات بازرسی معرفی می‌شوند.



بزرسی زاویه پخ با استفاده از گیج کمبریج

پس از کنترل و تأیید آماده سازی لبه‌ها، باید مونتاژ قطعات مورد ارزیابی قرار گیرد. در این مرحله مواردی از قبیل فاصله ریشه، عدم همترازی زاویه‌ای، عدم همترازی خطی (- high low) و زاویه شیار، مورد بازرسی قرار می‌گیرند.



بازرسی فاصله ریشه قبل از جوشکاری

۵-۷-۱-۱- بازرسی در حین عملیات جوشکاری

هنگام انجام بازرسی در حین عملیات جوشکاری بازرس باید مجدد از دستورکارهای جوشکاری به عنوان مبنای فعالیت بازرسی استفاده نماید. نظارت بر اجرای کار مطابق با دستورکارهای جوشکاری تأیید شده، از بسیاری از مشکلات بعدی جلوگیری خواهد کرد.

۶-۷-۱-۱- بازرسی بعد از جوشکاری

پس از تکمیل جوش ، بازرس باید از نظر ظاهری، جوش را مورد ارزیابی قرار دهد. در صورتیکه تمام مراحل کنترل قبل و در حین جوشکاری به درستی انجام شده باشند، کیفیت جوش تکمیل شده نیز در وضعیت مناسبی خواهد بود.

بطور کلی، بازرسی چشمی پس جوشکاری، شامل کنترل ظاهری جوش تکمیل شده، به منظور بررسی ناپیوستگی‌های سطحی جوش و فلز پایه می‌باشد. ارزیابی پروفیل جوش در این مرحله از بازرسی اهمیت ویژه‌ای دارد.



اندازه گیری ساق جوش

زمانی که کلیه مراحل بازرسی به پایان رسید، باید تمام گزارشات تهیه شده جمع آوری و دسته بندی گردد. این گزارشات باید حاوی اطلاعات کافی از جمله نام و شماره قطعه بازرسی شده، تاریخ بازرسی، نام بازرس، استاندارد محدوده پذیرش و نتایج بازرسی باشند. از آنجایی که بازرسی چشمی، فقط به تشخیص ناپیوستگی های سطحی محدود می شود، به منظور بازدهی بیشتر باید از آن در مراحل مختلف ساخت به صورت پیوسته استفاده نمود. در صورت انجام صحیح عملیات بازرسی در مراحل قبل، حین و پس از جوشکاری می توان به محض ایجاد مشکل، آن را ردیابی و همچنین از به وجود آمدن بسیاری از ناپیوستگی ها جلوگیری نمود. بدین ترتیب می توان هزینه های مربوط به تعمیر و اصلاح قطعات را به حداقل رسانید.

پس از انجام بازرسی چشمی به صورت ۱۰۰٪ و تعمیر نواقص و عیوب (در صورت وجود)، به منظور اطمینان از کیفیت تک تک قطعات بدون وارد شدن آسیب به آنها باید از دیگر روش های غیرمخرب (NDT) استفاده شود.

آزمایش های غیرمخرب به عنوان مکمل بازرسی چشمی و جهت اطمینان بیشتر قطعه، اجرا می گردند.

نوع و میزان تست مورد نظر بر اساس دستورکارها، آیین نامه ها و استانداردها مشخص می گردد.

۷-۱-۱- مستند سازی

بازرس باید گزارش هایی تهیه نماید که نشان دهد کار بر اساس مستندات قرارداد، استانداردها و آیین نامه ها انجام می شود. 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 یا مطابق قرارداد نبوده ولی به صورت رضایت بخشی تعمیر شده است، باید در گزارش بازرسی قید شوند.

۸-۷-۱-۱- ارزیابی صلاحیت بازرسین

الف) سوپروایزر جوشکاری و بازرس جوش برای انجام وظایف محول شده باید مورد ارزیابی و تشخیص صلاحیت قرار گیرند. مبانی ارزیابی بازرسین باید مستند گردد.

ب) ارزیابی ناظرین و بازرسین باید بر مبنای «آیین نامه ملی ارزیابی بازرسین» انجام گردد. در نبود آیین نامه ملی، می‌توان از آیین نامه‌های بین المللی یا معتبر استفاده نمود (استاندارد ارزیابی صلاحیت بازرسین : (AWS QC 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 تأیید نماینده کارفرما یا مقام قانونی مسئول، می‌توانند به عنوان بازرس جوش انجام وظیفه نمایند.

ت) بازرسین جوش می‌توانند چند نفر کمکی 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 ۲۰/۴۰ را دارا باشند. گواهی معاینه چشم باید هر سه سال یکبار (یا کمتر در صورت اعلام نیاز توسط نماینده کارفرما) تکرار گردد و در صورت درخواست قابل ارائه باشد.

۸-۱-۱-۸- تعیین صلاحیت پرسنل آزمایش‌های غیر مخرب

الف) ارزیابی پرسنل مسئول انجام آزمایش‌های غیر مخرب، به غیر از آزمایش‌های چشمی، باید منطبق بر مفاد آیین نامه ملی باشد. در نبود آیین نامه ملی، می‌توان از آیین نامه‌های بین‌المللی معتبر استفاده نمود.

استانداردهای تأیید صلاحیت پرسنل بازرسی فنی جوش:

۱- (ASNT SNT-TC-۱A)

۲- (ANSI/ASNT CP-۱۸۹)

ب) اشخاصی مجاز به انجام آزمایش‌های غیر مخرب هستند که توسط یک موسسه معتبر ایرانی یا دارای نمایندگی در ایران، در پایه دو صلاحیت آزمون‌های غیر مخرب (Level II)، ارزیابی و تعیین صلاحیت شده باشند. اشخاصی که در پایه یک ارزیابی شده باشند، فقط می‌توانند زیر نظر 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 غیر مخرب آمریکا (ASNT) ارزیابی شوند یا دارای تحصیلات عالی در این زمینه باشند.

شرایط صدور مدارک ASNT در استانداردهای مرتبط ارائه شده است که متداول‌ترین آنها استاندارد (ASNT SNT-TC-1A) می‌باشد. مدارک بازرسی جوش و آزمایش‌های غیرمخربی که در داخل کشور صادر می‌شوند مطابق با این استاندارد است. (این رویه در حال حاضر اجرا می‌شود و ممکن است در آینده تغییر داشته باشد).

بطور کلی مدارکی که در داخل کشور برای بازرسی فنی جوش و پرسنل آزمایش‌های غیرمخرب صادر می‌شود براساس استانداردهای فوق هستند که اصطلاحاً Level گفته می‌شود.

برای اخذ این مدارک می‌توانید به سایت www.nezaratonline.com مراجعه نمایید.

۱-۲- مراحل عملیات ساخت و برپایی

۱-۲-۱- مراحل اجرای سازه‌های فولادی

فرایند طراحی

فرایندهای ساخت

فرایندهای برپایی

فرایند بهره برداری

۱-۲-۲- عملیات اجرایی سازه‌های فولادی

۱- تهیه نقشه‌های ساخت

۲- تهیه مصالح و مواد مصرفی

۳- عملیات برشکاری و سوراخکاری

۴- مونتاژ اعضای سازه

۵- جوشکاری اعضای سازه

۶- تمیزکاری، سندبلاست و رنگ (گالوانیزه)

۷- بارگیری و حمل

۸- عملیات و مونتاژ در پای کار

۹- عملیات برپایی، نصب و اتصالات موقت

۱۰- شاقولی کردن ستون‌ها، هم‌محور نمودن تیرها

۱۱- جوشکاری یا پیچ کاری تکمیلی

۱۲- تمیزکاری (Touch up) و رنگ‌آمیزی نقاط جوشکاری و آسیب دیده در هر کدام از مراحل بالا، بازرسی های مورد نیاز انجام می شود.

۱-۲-۲-۱- ساخت اجزای سازه

روش ساخت اجزای سازه اعضا با توجه به اینکه از پروفیل و یا ورق ساخته شوند ، متفاوت است.

مراحل ساخت اجزای سازه از ورق:

(۱) برشکاری و سوراخکاری (البته در مواردی بعد از جوش نهایی سوراخکاری نیز انجام می شود)

(۲) تسمه سازی (در صورت نیاز به تسمه سازی قطعات در امتداد هم مونتاژ و جوشکاری می شوند)

(۳) مونتاژ اجزای ستون و تیر ورق (مونتاژ بال و جان)

(۴) جوشکاری (تکمیل جوش‌های طولی و جوش سخت‌کننده‌های داخلی)

(۵) مونتاژ نهایی اجزای الحاقی ستون (صفحه ستون، دستک، زیرسری، ورق بادبند و...) بطور معمول در اتصالات پیچ و مهره‌ای ورق بالاسری نیز در کارخانه مونتاژ و جوشکاری می شود.

(۶) جوشکاری تکمیلی و نهایی

(۷) سنگ زنی نهایی (Finishing)

(۸) بلاستینگ

(۹) رنگ / گالوانیزه

در هر کدام از مراحل بالا، ناظر و بازرس جوش وظایفی را بر عهده دارند، این فصل مختصری در این مورد پرداخته شده و شرح مفصل بازرسی‌ها و نظارت‌های مورد نیاز در فصل‌های مختلف تشریح شده‌اند.

۳-۲-۱- کنترل کیفیت، تضمین کیفیت و الزامات اجرایی لرزه‌ای

این مطالب در خصوص الزامات اجرایی لرزه‌ای بطور مجزا در مبحث ده مقررات ملی ساختمان داده شده است.

الزامات این بخش که تحت عنوان الزامات اجرایی لرزه‌ای ارائه می‌شود، باید علاوه بر الزامات عمومی ساخت، نصب و کنترل (الزامات عمومی بخش‌های مختلف این کتاب و مبحث ده مقررات ملی ساختمان)، در اجرای اعضا، اجزا و اتصالات سیستم باربر جانبی لرزه‌ای ساختمان رعایت شود.

۱-۲-۳-۱- نفرات بازرسی و آزمایش‌های غیرمخرب

علاوه بر ضوابط ارائه شده، بازرسی چشمی باید توسط بازرس ارشد صورت گیرد و همچنین اشخاصی مجاز به انجام آزمایش‌های غیرمخرب هستند که در پایه ۲ یا بالاتر آزمون‌های غیرمخرب ارزیابی شده باشند.

۱-۲-۳-۲- وظایف بازرس

نحوه مستندسازی و وظایف بازرس در دستگاه‌های کنترل کیفیت (QC) و تضمین کیفیت (QA) برای اعضاء و اجزای سیستم برابر لرزه‌ای باید مطابق جدول‌های ۱۰-۴-۲۱ تا ۱۰-۴-۳۰ باشد (جدول مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان که در ادامه این بخش آمده اند). 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 نیست. 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 است.

(پ) مستندسازی (D)

بازرس باید گزارش‌هایی تهیه نماید که نشان دهد که کار براساس مستندات قرارداد انجام می‌شود. برای ساخت در کارخانه گزارش باید دربردارنده 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 یا مطابق قرارداد نبوده ولی به صورت رضایت بخشی تعمیر شده است، باید در گزارش بازرسی قید شوند.

جدول بازرسی قبل از جوشکاری

QA		QC		شرح فعالیت	ردیف
فعالیت	مستند سازی	فعالیت	مستند سازی		
O	-	O	-	قابل شناسایی بودن مواد و مصالح (نوع و رده)	۱
	-	O	-	سیستم آماده سازی جوشکاران (علامت گذاری بند جوش)	۲

P/O	-	P	-	کنترل آماده سازی درز جوش شیاری: <ul style="list-style-type: none"> • آماده سازی اتصال • هندسه (هم راستایی، فاصله ریشه، عمق ریشه، زاویه پخ) • تمیزی درز اتصال • وضعیت خال جوش کاری (کیفیت و محل خال جوش) • نوع پشت بند و مونتاژ آن 	۳
O	-	P	-	کنترل شکل و پرداخت سوراخ دسترسی	۴
P/O	-	P/O	-	کنترل و آماده سازی درز جوش گوشه: هندسه (فاصله ریشه، راستا، ...) تمیزی درز اتصال وضعیت خال جوش کاری (کیفیت و محل خال جوش)	۵

* 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 است، فعالیت بازرسی به مشاهده تقلیل یافته و انجام بازرسی این موارد باید توسط جوشکار صورت گیرد. اگر بازرسی 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 بازرسی انجام شود.

جدول بازرسی حین جوشکاری

ردیف	شرح فعالیت	QC		QA	
		مستند سازی	فعالیت	مستند سازی	فعالیت
۱	پیروی از WPS <ul style="list-style-type: none"> • تنظیم تجهیزات جوشکاری • سرعت جوشکاری • انتخاب الکتروود و سیم جوش • نوع و دبی گاز • پیش گرمایش و دمای بین پاسی وضعیت جوشکاری	-	O	-	O
۲	استفاده از جوشکار صلاحیت دار	-	O	-	O
۳	کنترل شرایط نگهداری و جابجایی الکتروود <ul style="list-style-type: none"> • بسته بندی 	-	O	-	O

QA		QC		شرح فعالیت	ردیف
فعالیت	مستند سازی	فعالیت	مستند سازی		
				• زمان در معرض هوا بودن (برای الکترودهای کم هیدروژن قبل از پخت)	
O	-	O	-	شرایط محیطی: • سرعت باد • بارش و دما	۴
O	-	O	-	کنترل تکنیک جوشکاری: تمیزکاری بین پاسی هندس جوش هر پاس (جهت جلوگیری از حبس سرباره و عدم ذوب)	۵
O	-	O	-	عدم جوشکاری روی ترک‌های خال جوش	۶

جدول بازرسی بعد از جوشکاری

QA		QC		شرح فعالیت	ردیف
فعالیت	مستند سازی	فعالیت	مستند سازی		
O	-	O	-	کنترل تمیزکاری جوش	۱
P	-	P	-	کنترل ابعاد جوش (ساق، طول و محل جوش)	۲
P	D	P	D	بازرسی چشمی جوش: Crack Undercut Overlap Porosity LOP LOF Spatter Under size	۳
P	D	P	D	ناحیه k	۴
P	D	P	D	اجرای جوش تقویتی یا محدب یا مسطح کردن سطح جوش گوشه (در صورت نیاز)	۵
P	D	P	-	کنترل برداشتن پشت بند و ورق گوشواره در صورت لزوم	۶
P	D	P	-	کنترل جوش تعمیری	۷