سازمان نظام مهندسی ساختمان
استان تهران

دستورالعمل بازرسی جوش به روش آزمایش چشمی (ساختمانی)

Visual Test

کمیسیون فنی جوش سازمان نظام مهندسی استان تهران

رئیس:	سمت یا نمایندگی
امیررضا امین‌جواهری	مدیریت خدمات آزمایشگاهی سازمان نظام مهندسی
دبیر:	
حسین حق سیرت	کارشناس مسئول واحد جوش سازمان نظام مهندسی
اعضاء:	
عبدالرحیم سیدیان	مدیر فنی شرکت صنعت جوش تیتان
علی عطوفیان	مدیر عامل شرکت کنکاش آزما
امیرحسین وحیدخامنه	مدیر فنی شرکت کیان پرتو آزما
محسن نورمحمدی	مدیر فنی شرکت مهندسین مشاور تحکیم پی آزما
محمود ملک زاده	مدیر فنی شرکت ویژن ناظران الوند

فهرست مطالب

۱- هدف ۴
۲- دامنه کار برد ۴
۳- مسئولیت اجرا ۴
۴- شرح اجرا ۴
۴-۱- تجهیزات آزمایش ۴
۴-۲- روش آزمایش ۵
۴-۲-۱- آماده سازی سطح ۵
۴-۲-۲- روش بازرسی ۵
۴-۲-۳- مراحل بازرسی ۵
۴-۲-۳-۱- بازرسی قبل از جوشکاری ۵
۴-۲-۳-۲- بازرسی در حین جو شکاری ۶
۴-۲-۳-۳- بازرسی پس از جوشکاری ۶
۴-۳- محدوده پذیرش ۸
۴-۴- مارک کردن محل عیب ۱۰
۴-۵- تعمیرات ۱۰
۴-۶- گزارش ۱۰
۵- مراجع ۱۰
۶- پیوست ۱۱

۱- هدف

هدف از تدوین این دستورالعمل، بیان نحوه و مراحل انجام بازرسی چشمی، جهت مشخص کردن ناپیوستگی های سطحی در جوشکاری سازه های فولادی ساختمانی می باشد.

۲- دامنه کار برد

این دستورالعمل برای انجام آزمایش چشمی جوش، سازه های فولادی ساختمانی در زمان تولید و نصب، مطابق با الزامات استاندارد AWS D1.1[1] کاربرد دارد.

۳- مسئولیت اجرا

مسئولیت اجرای این دستورالعمل و ارائه گزارشات نتایج آزمایش های انجام شده بر عهده بازرس دارای گواهینامه سطح دو SNT-TC-1A[2] آزمایش چشمی می باشد. مدیر بازرسی فنی مسئول نظارت بر حسن انجام کار این دستورالعمل را بر عهده دارد. کلیه گزارش های ارائه شده باید توسط مدیر فنی و یا جانشین وی تایید گردد.

۴- شرح اجرا

۴-۱- تجهیزات آزمایش

۱- ذره بین با بزرگنمایی ۲X تا ۵X

۲- گیج های آزمایش چشمی

۳- چراغ قوه سیار

۴- وسایل اندازه‌گیری ابعادی (کولیس ، متر یا خط کش)

۵- لوکس متر

۶- حرارت سنج اینفرارد

۷- متال مارکر

۸- آینه بازرسی

کلیه تجهیزات مورد استفاده برای سنجش و اندازه گیری، بایستی کالیبره و تحت کنترل باشند.

1. American Welding Society(AWS)-Structural Welding Code-Steel
2. Recommended Practice No. SNT-TC-1A: Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing

۴-۲ روش آزمایش

۴-۲-۱- آماده سازی سطح

جوش و نواحی مجاور جوش باید از هرگونه جرقه، زنگ زدگی، پاشش جوش، لکه قوس، لایه اکسید و غیره که مانع دید کامل بازرس می شود پاک شود. آزمایش چشمی زیر نور لامپ های مصنوعی یا روشنایی روز صورت می گیرد.

۴-۲-۲- روش بازرسی

آزمایش چشمی بایستی به صورت مستقیم صورت پذیرد. در این روش شرایط کار و موقعیت بازرس طوری تنظیم میگردد تا چشمان بازرس در حداکثر فاصله ۶۰ سانتی متری از سطح قطعه مورد آزمایش و حداقل زوایه دید ۳۰ درجه قرار گیرد. همچنین در آزمایش چشمی از قطعات، لازم است نور کافی فراهم باشد و درصورت نیاز میتوان از چراغ قوه، نور افکن و غیره استفاده نمود. حداقل میزان روشنایی روی سطح مورد آزمایش برای بازرسی های عمومی همچون سازه های فولادی یا قطعات معمولی باید ۱۰۰۰ لوکس باشد. درصورت عدم امکان دید مستقیم، برای تغییر زاویه دید از آینه و در صورت نیاز به بزرگنمایی محل بازرسی برای بررسی دقیق تر از ذره بین استفاده می شود. بدیهی است در این روش، بازرس باید دید کافی نسبت به سطح قطعه و جوش داشته باشد لذا فراهم نمودن امکان دسترسی مناسب و ایمن در مکان های بازرسی ضروری است.

بازرسی چشمی فقط ناپیوستگی های سطحی را شناسایی می کند. در نتیجه بایستی ضمن برنامه ریزی دقیق طی یک رویه بازرسی[1] ، نقاط توقف[2] تعیین شوند تا اجازه داده شود قبل از شروع عملیات بعدی، آزمایش چشمی انجام گیرد. رویه بازرسی توسط پیمانکار یا سازنده و یا توسط کارفرما تهیه می گردد. درصورت نبود این اسناد بازرس بنا به ضرورت نقاط توقف را تعیین می کند که سه مرحله کنترل مواد اولیه، کنترل مونتاژ[3] و کنترل نهایی جوش، از جمله مواردی ضروری برای بازرسی قبل از ادامه ی کار می باشند.

انجام آزمایش چشمی جوش در اکثر فلزات بلافاصله بعد از اتمام جوشکاری و سرد شدن قطعه تا دمای محیط امکان پذیر است بجز جوشکاری فولاد های ASTM A514,A517 و A709 Grade HPS(HPS 690W) نباید در زمانی کمتر از ۴۸ ساعت پس از اتمام جوشکاری آزمایش چشمی شوند.

۴-۲-۳- مراحل بازرسی

۴-۲-۳-۱- بازرسی قبل از جوشکاری

بازرس بایستی نسبت به اخذ و بررسی نقشه های تایید شده، مشخصات فنی عمومی، دستور العمل جوشکاری، استاندارد های مربوطه، رویه بازرسی و میزان حساسیت سازه اقدام نماید.

بازرس بایستی از سلامت مواد مصرفی مورد استفاده در پروژه و مطابقت مواد مصرفی و مواد خواسته شده در نقشه ها و تعیین محل مناسب جهت نگهداری مواد اطمینان حاصل کند.

بازرس باید گواهینامه مرغوبیت مواد مصرفی را از پیمانکار مربوطه دریافت نماید و در صورت لزوم جهت نمونه برداری و ارسال مواد مصرفی به آزمایشگاه مرجع، در جهت انطباق مشخصات مواد و الزامات کارفرما، اقدامات لازم را انجام دهد.

1. Inspection Test Plan
2. Hold Point
3. Fit Up

در صورت لزوم بازرس بایستی از تست التراسونیک جهت بررسی وضعیت کیفی ورق های فولادی قبل از برشکاری استفاده نماید و نتایج تست را در قالب گزارش به مدیر فنی اطلاع دهد.
بازرس باید از مناسب بودن شرایط کاری و محیطی برای جوشکاری اطمینان حاصل کند. زمانیکه دمای محیط از منفی ۲۰ درجه سانتی گراد کمتر است جوشکاری مجاز نمی باشد. در دماهای بین ۰ تا منفی ۲۰ درجه سانتی گراد، ۷۵ میلی متر از محدوده ای که قرار است جوشکاری شود تا ۱۰ درجه سانتی گراد گرم شود.
زمانیکه پرسنل جوشکار در شرایط ایمن قرار ندارند جوشکاری مجاز نمی باشد.
زمانیکه سطوح مرطوب است یا در هنگام وزش باد های شدید نباید جوشکاری کرد مگر اینکه جوشکار در محل محافظت شده ای قرار داشته باشد. حداکثر سرعت وزش باد ۸ کیلومتر در ساعت میباشد.
بررسی و کنترل تمام گواهینامه های جوشکاران و اطمینان از توانمندی ایشان در انجام جوشکاری ها و بازرسی تجهیزات جوشکاری بر عهده بازرس می باشد.
بازرس بایستی نسبت به کنترل دمای پیش گرم با توجه به دستورالعمل جوشکاری اقدام نماید.
بازرس بایستی سطوح برش خورده و لبه سازی را کنترل نماید و با رواداری های مجاز مربوطه در دستور العمل جوشکاری مطابقت دهد. سطوح برش خورده باید صاف، یکنواخت و عاری از ترک و کنگره باشد.
سطوح مورد جوشکاری بایستی از هر گونه آلودگی گرد و غبار، چربی، رطوبت عاری باشد.
خال جوش های اجرا جهت مونتاژ بایستی با همان الزامات جوش های نهایی اجرا شوند. در مونتاژ برای ساخت قطعات، باید ترتیبی اتخاذ گردد که تغییر شکل ها و جمع شدگی ها به حداقل برسد.
کلیه الکترودها و فلاکس های کم هیدروژن قبل از جوشکاری بایستی باز پخت شوند. بلافاصله پس از باز کردن الکترودها از بسته بندی باید در گرم خانه هایی با حداقل درجه حرارت ۱۲۰ درجه سانتی گراد نگهداری شوند.
الکترودهایی که در مدت زمان کمتر از آنچه که در پیوست۱، مجاز است در معرض هوا قرار می گیرند، می توانند به گرم خانه هایی با درجه حرارت حداقل ۱۲۰ درجه سانتی گراد برگردانده شوند. بعد از گذشت حداقل ۴ ساعت در درجه حرارت ۱۲۰ درجه سانتی گراد الکترودها می توانند دوباره استفاده شوند. از الکترودهای مرطوب نباید استفاده کرد و حداکثر یکبار می توان الکترودها را بازپخت کرد.
الکترودهای دارای روپوش با هیدروژن پایین مطابق ANSI/AWS A5.1 ، که در مدت زمان بیشتر از پیوست۱، در معرض هوا قرار می گیرند، باید به مدت ۲ ساعت در درجه حرارت بین ۲۶۰ تا ۴۳۰ درجه سانتی گراد بازپخت شوند.

۴-۲-۳-۲- بازرسی در حین جوشکاری

بازرس باید از اجرای درست کلیه بند های دستورالعمل جوشکاری اطمینان حاصل کند. بازرس بایستی نسبت به کنترل هر پاس جوش اجرا شده، تمیزکاری بین پاسی، توالی اجرای صحیح پاس های جو شکاری، کنترل بین پاسی اطمینان حاصل کند.
انجام آزمایش های غیرمخرب بین پاسی(نظیر آزمایش مایعات نافذ)، در صورت نیاز به انجام این آزمایش ها.

۴-۲-۳-۳- بازرسی پس از جوشکاری

بازرس بایستی نسبت به کنترل وضعیت و کیفیت ظاهری جوش اقدام نماید. جهت ارزیابی نیمرخ جوش ها به پیوست ۲، مراجعه شود. همه جوش ها بایستی از ترک، افتادگی روی هم و ناپیوستگی های پرو فیل غیر قابل قبول عاری باشند.

سایز جوش های گوشه بایستی به منظور تطبیق با نقشه ها بوسیله گیج های جوشکاری اندازه گیری شود.
حداقل سایز جوش گوشه بایستی مطابق جدول زیر اجرا گردد. این جدول جوش های گوشه ای که برای تقویت جوش های نفوذی اجرا می شوند را شامل نمی شود.

Table 7.7
Minimum Fillet Weld Sizes (See 7.13)

Base Metal Thichness (T)[a]		Minimum Size of Fillet Weld[b]	
in	mm	in	mm
$T \leq 1/4$	$T \leq 6$	1/8[c]	3[c]
$1/4 < T \leq 1/2$	$6 < T \leq 12$	3/16	5
$1/2 < T \leq 3/4$	$12 < T \leq 20$	1/4	6
$3/4 < T$	$20 < T$	5/16	8

۱- حداقل به دست آمده نباید از ضخامت ورق نازکتر بیشتر گردد.
۲- ضخامت های نشان داده شده باید با یکبار عبور به دست آید.
۳- در اتصال بال به جان تیر ورق ها، حداقل جوش گوشه را می توان به جوش هم مقاومت با جان محدود نمود.
نکته: اعداد نوشته شده در جدول فوق، جوشی به ما می دهد که حرارت کافی در ورق تولید می کند و همین حرارت باعث می شود که جوش به آرامی سرد شود. با استفاده از پیش گرمایش و یا کاربرد الکترودهای کم هیدروژن، اثرات نامطلوب جوش های کمتر از حداقل را می توان کاهش داد.
در جوشهای نفوذی ضخامت فلز جوش بایستی با ضخامت فلز پایه برابر باشد و ارتفاع گرده جوش نباید از اشکال موجود در پیوست ۲، تجاوز نماید.
بازرس باید از طول جوش های اجرا شده مطابق نقشه ها اطمینان حاصل کند خصوصا زمانیکه جوش ها به صورت منقطع اجرا شده اند. در صورتیکه پس از اجرای جوشکاری نیاز به عملیات حرارتی تنش زدایی نیاز باشد، بازرس بایستی کنترل های لازم را انجام دهد.
میزان انجام آزمایش چشمی جوش هنگام تولید و نصب، مطابق با مبحث دهم مقررات ملی ساختمان صورت می پذیرد.

۴-۳- محدوده پذیرش

برای ارزیابی قبولی یا غیر قابل قبول بودن جوش ها بایستی به جدول زیر مراجعه شود.

<table>
<tr><th colspan="4">محدوده پذیرش عیوب در بازرسی چشمی جوش مطابق با AWS D 1.1</th></tr>
<tr><th>دسته بندی ناپیوستگی ها و معیار های پذیرش</th><th>بارگذاری استاتیک
اتصالات غیرلوله‌ای</th><th>بارگذاری دوره‌ای
اتصالات غیر لوله ای</th><th>اتصالات لوله‌ای
(تمام بارها)</th></tr>
<tr><td>۱- ممنوعیت ترک
صرف نظر از مکان و اندازه ترک، هیچگونه ترک مجاز نیست.</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>۲- ذوب بین فلز جوش و فلز پایه
بین فلز جوش و فلز مبنا بایستی ذوب کامل وجود داشته باشد.</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>۳- مقطع چاله جوش
بجز چاله جوش های گوشه ای منقطع که خارج از طول موثر جوش قرار گرفته اند، تمامی آنها باید برای تآمین اندازه جوش پر شوند.</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>٤- نیمرخ جوش
شکل و نیمرخ جوش ها بایستی مطابق با پیوست۲ ارزیابی شوند.</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>٥- زمان بازرسی
در تمام فولادها، بازرسی چشمی جوش‌ها می‌تواند بلافاصله بعد از آن که جوش‌های تکمیل شده تا درجه حرارت محیط سرد شدند، شروع گردند.
همچنین برای فولادهای ASTM A514,A517 و A709 Grade HPS(HPS 690W) نباید در زمانی کمتر از ۴۸ ساعت پس از اتمام جوشکاری بازرسی چشمی شوند.</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>٦- کاهش اندازه در جوش ها
اندازه جوش(ساق جوش) گوشه ای درصورتی که با مقادیر اسمی تعیین شده، از مقادیر جدول زیر تبعیت کند، نیازی به اصلاح ندارد. در هیچ حالتی نباید کاهش اندازه جوش ها بیشتر از ۱۰٪ کل طول جوش باشد و در اتصالات جوشی بال به جان تیر ها هیچ گونه کاهش اندازه جوش تا دوبرابر پهنای بال در دو انتهای تیر مجاز نمیباشد.
<table>
<tr><th>(U) میزان کاهش اندازه مجاز</th><th>(L)اندازه اسمی جوش</th></tr>
<tr><td>U≤2 mm</td><td>L≤5mm</td></tr>
<tr><td>U≤2.5 mm</td><td>L=6 mm</td></tr>
<tr><td>U≤3 mm</td><td>L≥8 mm</td></tr>
</table></td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td></tr>
</table>

۷- بریدگی یا سوختگی کناره جوش الف- برای قطعات با ضخامت کمتر از ۲۵ میلیمتر، عمق بریدگی کناره نبایستی از یک میلیمتر بیشتر باشد.البته در صورتیکه مجموع طول این عیب در هر 300 میلیمتر خط جوش از 50 میلیمتر تجاوز نکند، تا عمق 2 میلیمتر مجاز است. برای ضخامت های مساوی یا بزرگتر از 25 میلیمتر، بیشترین عمق مجاز برای این عیب 2 میلیمتر است.	✓		
ب- در اعضای اصلی سازه، در صورتی که جهت تنش کششی عمود بر راستای خط جوش باشد، عمق مجاز برای این عیب 0.25 میلیمتر خواهد بود.در کلیه موارد دیگر، عمق بریدگی کناره نبایستی بیشتر از یک میلیمتر باشد.		✓	✓
۸- تخلخل یا حفره های گازی الف- در جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در اتصالات لب به لب در صورتیکه راستای خط جوش عمود بر جهت تنش کششی باشد، هیچگونه حفره گازی لوله ای(piping porosity) مجاز نیست. برای تمام جوش‌های شیاری و جوش‌های گوشه‌ای دیگر، مجموع حفره های لوله‌ای قابل دید با قطر ۱ میلیمتریا بزرگتر نبایستی در طول ۲۵ میلیمتر از جوش از ۱۰ میلیمتر بیشتر باشد و همچنین نبایستی مجموع چنین عیبی در هر ۳۰۰ میلیمتر از طول جوش از ۲۰ میلیمتر بیشتر باشد.	✓		
ب- تعداد تخلخل لوله‌ای در جوش‌های گوشه‌ای در هر ۱۰۰ میلیمتر طول جوش نبایستی از یک عدد بیشتر باشد و حداکثر قطر آن باید 2.5 mm باشد. بطور استثناء برای جوش های گوشه ایه اجرا شده در تقویت کننده ها (stiffeners) در جان تیر ها، مجموع قطر حفرات لوله ای نباید از ۱۰ میلیمتر در هر ۲۵ میلیمتر خط جوش و از ۲۰ میلیمتر در هر ۳۰۰ میلیمتر خط جوش تجاوز کند.		✓	✓
ج- جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در جوش‌های لب به لب عمود بر جهت تنش‌های کششی هیچ حفره لوله ای مجاز نمیباشد. برای تمام جوش‌های شیاری دیگر، تعداد تخلخل لوله‌ای نبایستی در هر ۱۰۰ میلیمتر طول از یک عدد بیشتر بوده و حداکثر قطر تخلخل نبایستی از ۲.۵ میلیمتر بیشتر باشد		✓	✓

۴-۴ مارک کردن محل عیب

محل دقیق عیب روی جوش باید علامت گذاری شود. همچنین درکنارجوش نوع عیب، مکان و اندازه آن نوشته شود.

۴-۵- تعمیرات

برداشتن فلز جوش معیوب می تواند با روش های سنگ زنی و برشکاری انجام شود. باید به صورتی انجام شود که لبه های فلز پایه یا فلز جوش دندانه دار یا کنگره ای نشود. نقاط تعمیری بر حسب اندازه و نوع عیب، سنگ زنی و در صورت نیاز جوشکاری می شوند. پس از انجام تعمیرات بازرس بایستی نسبت به بازرسی مجدد محل تعمیر اقدام نماید.

رویهم افتادگی[1]، تحدب[2] و یا گرده زیاد[3] : فلز جوش اضافه بایستی برداشته شود.

در تقعر بیش از حد[4]، چاله انتهایی جوش[5]، جوش کمتر از اندازه[6] و بریدگی کنار جوش[7] : ابتدا سطوح عیوب آماده سازی شده و سپس جوشکاری شود.

ذوب ناقص[8]، تخلخل زیاد[9] و ناخاصی های سرباره[10] : باید برداشته شوند و دوباره جوشکاری شود.

ترک[11] : بایستی بوسیله تست مایعات نافذ یا ذرات مغناطیسی به دقت اندازه گیری شده و به اندازه ۵۰ میلیمتر از هر دو سمت ترک از فلز سالم نیز برداشته شده و مجدد جوش شود.

لکه قوس[12] : باید با سنگ زنی برداشته شده و از سلامت محل اطمینان حاصل نمود.

۴-۶- گزارش

پس از انجام آزمایش چشمی، بازرس موظف است که تمامی اطلاعات بدست آمده را در فرم گزارش نهایی آزمایش چشمی با شماره FM-WD-04-00 ثبت نماید. فرم گزارش نهایی باید به تایید مدیر فنی یا جانشین وی برسد. عیوب مشاهده شده باید با ذکر نوع، محل و اندازه در گزارش قید گردد. در گزارش بازرسی بایستی حداقل موارد اساسی شامل نام فرد تائید کننده، مشخصات تجهیزات، ضخامت، جنس قطعه و سر جوش، نوع عیب، قبولی یا رد عیب مورد آزمایش قید گردد.

در صورت هر گونه عدم انطباق شرایط بازرسی با دستورالعمل موجود، بازرس می بایست شرایط موجود را ثبت و به مدیر فنی گزارش نماید. ادامه انجام بازرسی منوط به رفع عدم انطباق های موجود می باشد.

۵- مراجع

استاندارد جوشکاری سازه های فولادی AWS D1.1(2020)

1. Overlap
2. Excessive Convexity
3. Excessive Reinforcement
4. Excessive Concavity
5. Crater
6. Undersize Weld
7. Under Cut
8. Incomplete Fusion
9. Porosity
10. Slag Inclusion
11. Crack
12. Arc Strike

۶- پیوست

پیوست شماره۱: مدت زمان مجاز استفاده از الکترودهای کم هیدروژن در معرض هوا.

Table 7.1
Allowable Atmospheric Exposure of Low-Hydrogen Electrodes
(See 7.3.2.2 and 7.3.2.3)

Electrode	Column A (hours)	Column B (hours)
A5.1		
E70XX	4 max.	
E70XXR	9 max.	Over 4 to 10 max.
E70XXHZR	9 max.	
E7018M	9 max.	
A5.5		
E70XX-X	4 max.	Over 4 to 10 max.
E80XX-X	2 max.	Over 2 to 10 max.
E90XX-X	1 max.	Over 1 to 5 max.
E100XX-X	1/2 max.	Over 1/2 to 4 max.
E110XX-X	1/2 max.	Over 1/2 to 4 max.

Notes:
1. Column A: Electrodes exposed to atmosphere for longer periods than shown shall be baked before use.
2. Column B: Electrodes exposed to atmosphere for longer periods than those established by testing shall be baked before use.
3. Electrodes shall be issued and held in quivers, or other small open containers. Heated containers are not mandatory.
4. The optional supplemental designator, R, designates a low-hydrogen electrode which has been tested for covering moisture content after exposure to a moist environment for 9 hours and has met the maximum level allowed in AWS A5.1/A5.1M, *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*.

پیوست شماره۲: نیم رخ های جوش.

Table 7.8
Weld Profiles[a] (see 7.23)

Weld Type	Joint Type					
	Butt	Corner-Inside	Corner-Outside	T-Joint	Lap	Butt with Shelf Bar
Groove (CJP or PJP)	Figure 7.4A	Figure 7.4B[b]	Figure 7.4C	Figure 7.4D[b]	N/A	Figure 7.4G
	Schedule A	Schedule B	Schedule A	Schedule B	N/A	See Footnote c
Fillet	N/A	Figure 7.4E	Figure 7.4F	Figure 7.4E	Figure 7.4E	N/A
	N/A	Schedule C	Schedule C or D[d]	Schedule C	Schedule C	N/A

[a] Schedules A through D are given in Table 7.9.
[b] For reinforcing fillet welds required by design, the profile restrictions apply to each groove and fillet, separately.
[c] Welds made using shelf bars and welds made in the horizontal position between vertical bars of unequal thickness are exempt from R and C limitations. See Figures 7.4G and 7.4H for typical details.
[d] See Figure 7.4F for a description of where Schedule C and D apply.

Table 7.9
Weld Profile Schedules (see 7.23)

Schedule A — (t = thickness of thicker plate joined for CJP; t = weld size for PJP)

t	R min.	R max.
≤ 1 in [25 mm]	0	1/8 in [3 mm]
> 1 in [25 mm], ≤ 2 in [50 mm]	0	3/16 in [5 mm]
> 2 in [50 mm]	0	1/4 in [6 mm][a]

Schedule B — (t = thickness of thicker plate joined for CJP; t = weld size for PJP; C = allowable convexity or concavity)

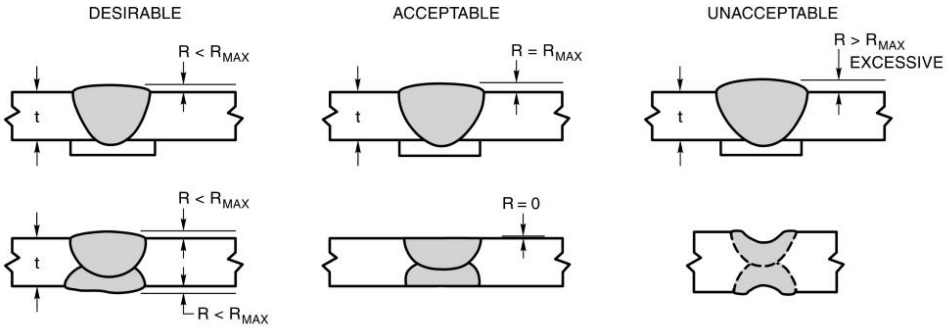
t	R min.	R. max.	C max[b]
< 1 in [25 mm	0	unlimited	1/8 in [3 mm]
≥ 1 in [25 mm]	0	unlimited	3/16 in [5 mm]

Schedule C — (W = width of weld face or individual surface bead; C = allowable convexity)

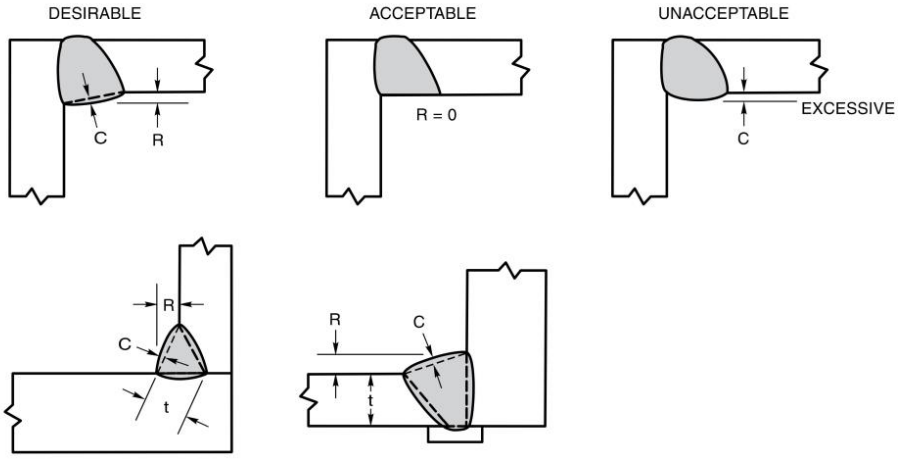
W	C max[b]
≤ 5/16 in [8 mm]	1/16 in [2 mm]
>5/16 in [8 mm], <1 in [25 mm]	1/8 in [3 mm]
≥ 1 in [25 mm]	3/16 in [5 mm]

Schedule D — (t = thickness of thinner of the exposed edge dimensions; C = allowable convexity; See Figure 7.4F)

t	C max[b]
any value of t	t/2



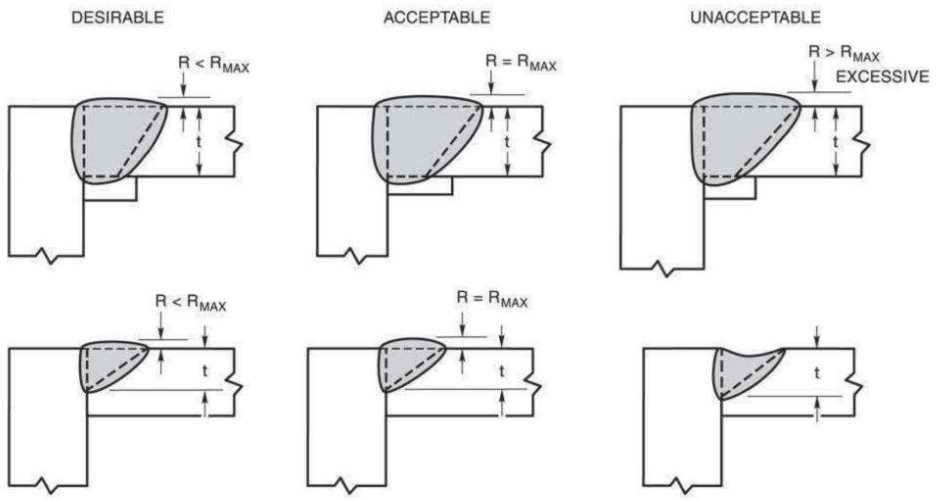
(A) WELD PROFILES FOR BUTT JOINTS



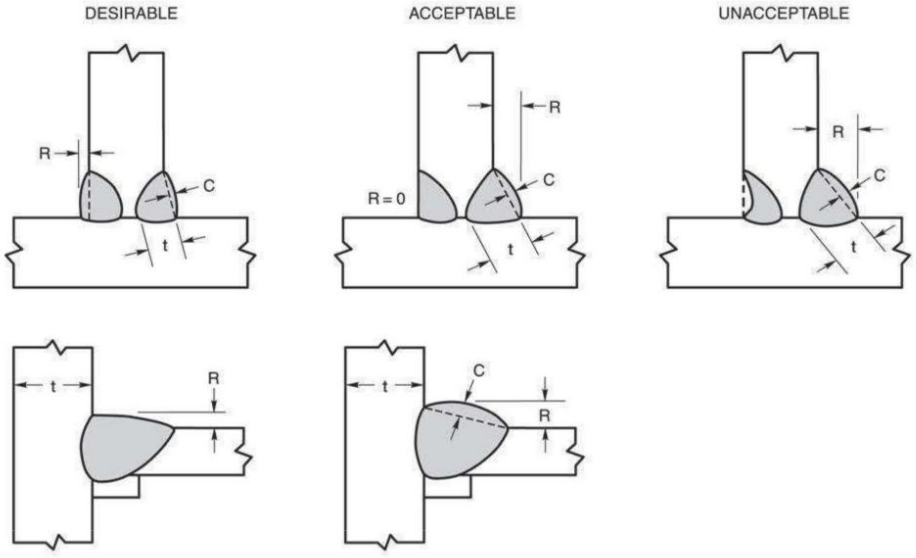
(B) GROOVE WELD PROFILES INSIDE CORNER JOINTS

Figure 7.4—Requirements for Weld Profiles (see Tables 7.8 and 7.9)

Provided by IHS Markit under license with AWS



(C) GROOVE WELD PROFILES OUTSIDE CORNER JOINTS



(D) GROOVE WELD PROFILES IN T-JOINTS

Figure 7.4 (Continued)—Requirements for Weld Profiles (see Tables 7.8 and 7.9)

Provided by IHS Markit under license with AWS

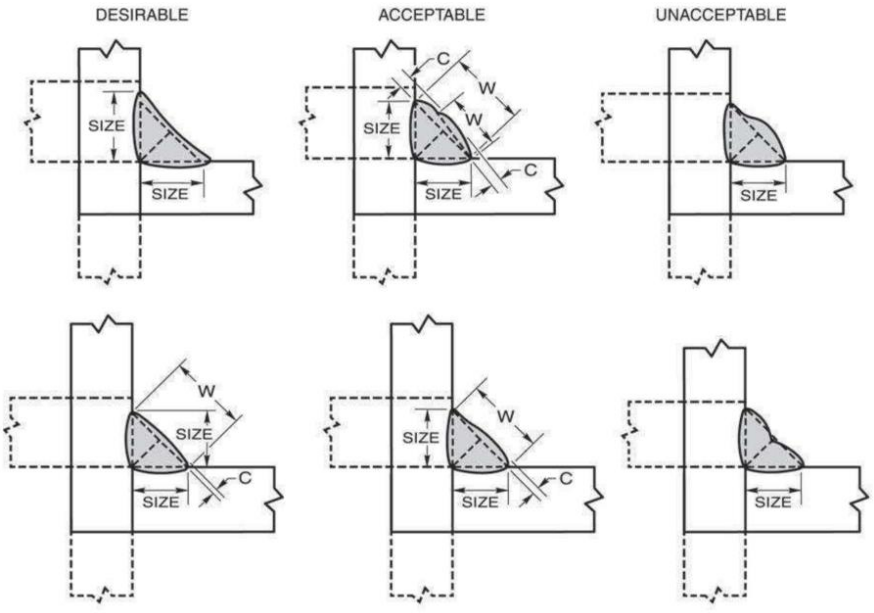
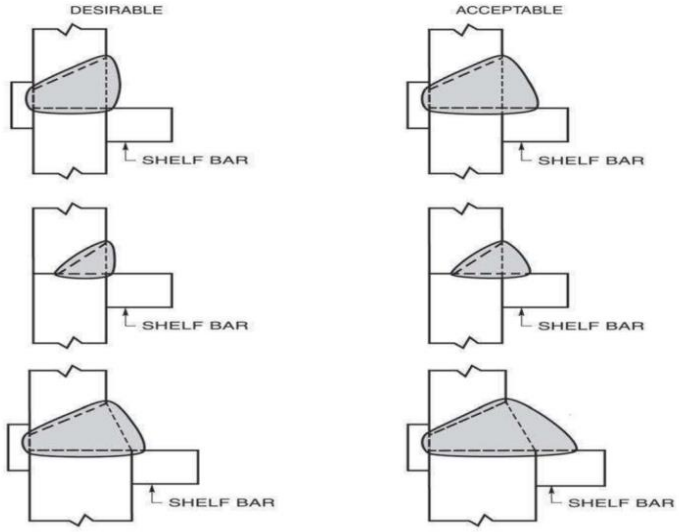
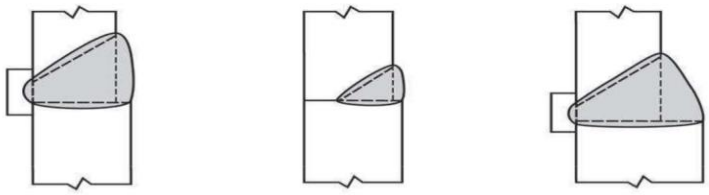


Figure 7.4 (Continued)—Requirements for Weld Profiles (see Tables 7.8 and 7.9)

Provided by IHS Markit under license with AWS



(G) TYPICAL SHELF BAR DETAILS



(H) TYPICAL PROFILES FOR BUTT WELDS BETWEEN UNEQUAL THICKNESSES

Figure 7.4 (Continued)—Requirements for Weld Profiles (see Tables 7.8 and 7.9)

Provided by IHS Markit under license with AWS

پیوست شماره ۳: متریال معادل فولادهای ساختمانی.

Norm	Yield Strength N/mm²	Tensile Strength N/mm²	EN 10025-2	DIN 17100	ASTM
EN 10025-2 Non Alloyed Steel	235	340-470	---	ST 37-2	A 283 Gr C
		360-510	S 235JR	RST 37-2	A 36
	355	470-630	S 355JR	ST 52-3N	A 572-50

سازمان نظام مهندسی ساختمان
استان تهران

دستورالعمل بازرسی جوش به روش آزمایش مایعات نافذ

(ساختمانی)

Liquid Penetrant Test

کمیسیون فنی جوش سازمان نظام مهندسی استان تهران

رئیس:	سمت یا نمایندگی
امیررضا امین‌جواهری	مدیریت خدمات آزمایشگاهی سازمان نظام مهندسی
دبیر:	
حسین حق سیرت	کارشناس مسئول واحد جوش سازمان نظام مهندسی
اعضاء:	
عبدالرحیم سیدیان	مدیر فنی شرکت صنعت جوش تیتان
علی عطوفیان	مدیر عامل شرکت کنکاش آزما
امیرحسین وحیدخامنه	مدیر فنی شرکت کیان پرتو آزما
محسن نورمحمدی	مدیر فنی شرکت مهندسین مشاور تحکیم پی آزما
محمود ملک زاده	مدیر فنی شرکت ویژن ناظران الوند

فهرست مطالب

۱- هدف ۴

۲- دامنه کاربرد ۴

۳- مسئولیت اجرا ۴

۴- شرح اجرا ۴

۴-۱- موارد ایمنی ۴

۴-۲- تجهیزات ۵

۵- شرح انجام آزمایش ۵

۵-۱-آماده سازی ۵

۵-۲- خشک کردن پس از تمیزکاری اولیه ۶

۵-۳- اعمال مواد نافذ ۶

۵-۴- پاک سازی مایع نافذ اضافه ۶

۵-۵- خشک نمودن بعداز پاک کردن رنگ نافذ اضافی ۷

۵-۶- اعمال آشکارساز ۷

۵-۷- تمیز نمودن نهایی ۷

۶-تفسیر ۷

۷- ارزیابی ۸

۸-گزارش ۱۰

۹- مراجع ۱۰

۱۰- پیوست ۱۰

۱- هدف

هدف از تدوین این دستورالعمل تشریح چگونگی انجام آزمایش مایعات نافذ، قابل دید پاک شونده با حلال بمنظور تشخیص عیوب سطحی که به سطح قطعه راه پیدا کرده اند می باشد.

۲- دامنه‌کاربرد

این دستورالعمل برای انجام آزمایش مایعات نافذ در جوش سازه های فولادی ساختمانی مطابق با الزامات استاندارد AWS D1.1[1] کاربرد دارد.

۳- مسئولیت اجرا

مسئولیت اجرای این دستورالعمل و ارائه گزارشات نتایج آزمایش های انجام شده بر عهده بازرس دارای گواهینامه سطح دو SNT-TC-1A[2] آزمایش مایعات نافذ می باشد. مدیر بازرسی فنی مسئول نظارت بر حسن انجام کار این دستورالعمل را بر عهده دارد. کلیه گزارش های ارائه شده باید توسط مدیر فنی و یا جانشین وی تایید گردد.

۴- شرح اجرا

۴-۱- موارد ایمنی

الف - مصرف مواد پاک کننده، نافذ و ظهور باید بر طبق توصیه های سازنده باشد.

ب - در صورت تماس مواد با پوست در رابطه با نحوه شستن و انتخاب حلال دستورالعمل سازنده لازم الاجرا می باشد.

پ - نگهداری این مواد باید بر طبق روش اجرایی سازنده انجام گیرد. از تماس مواد با آتش باید جدا خودداری شود.

ت - اپراتور و مجری آزمایش باید در هنگام کاربرد مایع نافذ، حلال و ظهور برای حفاظت از چشمان خود از عینک ایمنی صنعتی استفاده نماید.

س - اپراتور در زمان استفاده از حلال در مرحله تمیز کاری اولیه و غبار زدایی جهت جلوگیری از صدمه پوستی از دستکش مناسب استفاده کند.

ش - اپراتور باید قوطی های محتوی مواد نافذ را از محلی که احتمال خطر آتش سوزی می رود و یا جایی که درجه حرارت بالای محیط باعث انفجار قوطی ها گردد دور نگه دارد.

ح - اپراتور باید همیشه قوطی های اسپری را پس از اتمام کار و یا در صورت توقف موقت کار در جعبه مخصوص نگهداری آنها بگذارد.

1. American Welding Society(AWS)-Structural Welding Code-Steel
2. Recommended Practice No. SNT-TC-1A: Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing

چ - قبل ازکاربرد قوطی های اسپری اپراتور باید از عملکرد صحیح و مناسب دهانه پاشش قوطی ها اطمینان حاصل نماید و از مصرف قوطی هایی که دارای عیوبی مثل چکیدن، سوراخ بودن و یا هر نوع دیگری از عیب باشد اجتناب نماید.

۴-۲ - تجهیزات

الف- مواد نافذ و آشکار ساز

جهت انجام آزمایش از مواد مرئی (Color Contrast) به صورت اسپری استفاده می شود. مواد آزمون مورد استفاده شامل اسپری ماده نافذ پاک شونده با حلال(Solvent Removable)، اسپری آشکار ساز غیر آبی معلق در حلال Non Aques Solvent Suspended)) و اسپری تمیز کننده(Cleaner) می باشد.

استفاده از مواد مختلف از گروه های مختلف با هم مجاز نمی باشد.

هنگام آزمایش فولادهای زنگ نزن آستنیتی و تیتانیوم مقدار کل فلورین و کلرین هر ماده آزمایش نباید از ۱ درصد وزنی آن تجاوز نماید.

هنگام آزمایش آلیاژهای پایه نیکل مقدار کل سولفور نباید از ۱ درصد وزنی آن تجاوز نماید.

تاییدیه آلودگی مواد برای تمامی رنگهای نفوذی مورد استفاده برای آلیاژ های نیکل و استیل ضد زنگ و تیتانیوم باید از طریق گواهینامه مواد مورد بررسی قرار گیرد.

اپراتور باید تاریخ انقضای مصرف قوطی های محتوی مواد رنگهای نافذ را کنترل و از مصرف مواد تاریخ گذشته خودداری نماید.

بلوک مقایسه گر برای کنترل مواد نافذ و عملکرد سیستم در مواقع لزوم استفاده می شود.

ب- لوکس متر[1]

حداقل شدت نور برای انجام آزمایش و تفسیر نشانه ها بوسیله نور سنج اندازه گیری می شود. نورسنج باید دارای مدرک کالیبراسیون معتبر و تحت کنترل باشد.

پ- دماسنج

دماسنج برای اندازه گیری درجه حرارت سطح قطعه مورد آزمایش احتیاج است. دماسنج باید دارای مدرک کالیبراسیون معتبر باشد.

۵- شرح انجام آزمایش

۵-۱- آماده سازی

سطح مورد آزمایش باید نسبتا صاف باشد زیرا ناصافی سطح باعث نشانه های غیر واقعی شده و احتمال شناسایی عیوب را کاهش می دهد.

حداقل شدت نور مورد نیاز لازم در زمان آزمایش و تفسیر 1000 LUX می باشد .

1. Lux Meter

درجه حرارت مایع نافذ و یا سطح قطعه مورد آزمایش نباید کمتر از ۵ درجه سانتیگراد و بیشتر از ۵۲ درجه سانتیگراد در طول مدت آزمایش باشد. گرم کردن و یا سرد کردن سطح مورد آزمایش به نحوی که دمای آن در طول آزمایش در محدوده مجاز فوق قرار گیرد مجاز می باشد.

جایی که ممکن نباشد آزمایش در محدوده مجاز انجام شود، دستورالعمل دیگری که مطابق با شرایط به وجود آمده باشد باید تهیه و توسط فرد سطح سه SNT-TC-1A تایید و برای آن شرایط مورد استفاده قرار گیرد.

سطح جوش و حداقل ۲۵ میلیمتر اطراف آن باید تمیز، خشک و عاری از کثیفی، گریس، روغن، رنگ، پرز، براده، سرباره جوش، پاشیدگی جوش و دیگر مواد خارجی باشد تا باعث پوشاندن سطح گسستگی یا تداخل آنها با آزمایش نشود.

برای تمیزکاری می توان از فرچه سیمی، وایر زنی، انواع تمیز کننده ها و حلال های آلی استفاده نمود. تمیزکاری با روش سند بلاست مجاز نمی باشد.

منطقه مورد آزمون با روش بازرسی چشمی مورد بررسی قرار می گیرد تا ناپیوستگی های سطحی بر طرف گردد و عاری از هر نوع الودگی باشد.

۵-۲- خشک کردن پس از تمیز کاری اولیه

قبل از شروع آزمون بایستی از خشک بودن سطح اطمینان حاصل نمود. باید حداقل زمان لازم خشک شدن سطح را طبق شرایط موجود معین و اطمینان حاصل نمود که سطح کار قبل از شروع آزمون کاملا خشک می باشد.

۵-۳- اعمال مواد نافذ

اعمال مایع نافذ با اسپری باید طوری انجام پذیرد که کل محدوده مورد بازرسی را پوشش دهد. مواد نافذ باید به وسیله اسپری کردن با فاصله ای حدود ۳۰ سانتیمتر و با زاویه حدود ۴۵ درجه به سطح قطعه پاشیده شود و از پخش شدن رنگ به طور یکنواخت به کل سطح اطمینان حاصل نماید. استفاده از چندین مرتبه پوشش اسپری نازک به پوشاندن کامل سطح به اسپری یکباره ترجیح داده می شود. مدت زمان نفوذ[1] مهم بوده و برای آزمون قطعات جوشکاری شده در دمای ۱۰ تا ۵۲ درجه سانتی گراد مدت زمان نفوذ نباید از ۵ دقیقه کمتر باشد. برای دمای ۵ تا ۱۰ درجه سانتی گراد دمای نفوذ حداقل ۱۰ دقیقه می باشد. این زمان نباید خیلی طولانی شود تا مایع نافذ روی سطح خشک شود. در صورت خشک شدن مایع نافذ آزمایش باید مجددا از ابتدا تکرار شود. در صورت طولانی شدن زمان نفوذ مایع نافذ لازم است مایع نافذ مجدد به سطح قطعه کار اعمال گردد.

۵-۴-پاک سازی مایع نافذ اضافه

پس از طی شدن زمان نفوذ، اضافات مایع نافذ از روی قطعه پاک می گردد. این عمل باید به نحوی باشد که به پاک شدن مایع نافذ درون ناپیوستگی منجر نگردد.

ابتدا با استفاده از پارچه خشک بدون پرز زیر نور کافی عمده اضافات مایع نافذ برداشته شده و سپس پارچه با حلال مرطوب می شود تا مایع نافذ باقیمانده پاک گردد این عمل انقدر تکرار می گردد تا کلیه اثرات مایع نافذ از بین برود.

1.Dwell Time

حلال کمک میکند برادشته شدن مایع نافذ اضافی از سطح تسهیل شود. برای اجتناب از پاک شدن مایع نافذ جذب شده توسط عیوب و به حداقل رساندن آن باید در استفاده از حلال بر روی پارچه دقت شود. به هیچ وجه نباید حلال به صورت مستقیم به سطح مورد تست اعمال گردد.

۵-۵- خشک نمودن بعد از پاک کردن رنگ نافذ اضافی

بعد از پاک کردن مایع نافذ از روی سطح مدت زمانی لازم است تا سطح خشک شود و حلال تبخیر شود و یا سطح با هوای فشرده خشک شود. دمش هوای گرم یا سرد نباید طوری باشد که دمای سطح مورد آزمون از محدوده مجاز تجاوز کند.

۵-۶- اعمال آشکار ساز

آشکار ساز می بایست بلافاصله بعد از پاک نمودن مایع نافذ اعمال گردد. آشکار ساز باید با اسپری به صورت یکنواخت و نازک روی سطح پاشیده شود. پوشش نا کافی آشکار ساز ممکن است قادر به جذب کافی رنگ از داخل گسستگی نباشد و متقابلا پوشش ضخیم آشکار ساز باعث پوشیده شدن علائم میگردد. قبل از زدن آشکار ساز به سطح قطعه، آشکار ساز باید کاملا تکان داده شده تا ذرات معلق بطور کامل و یکنواخت درون قوطی اسپری پخش شود.
در هنگام اعمال آشکارساز نازل اسپری نباید از ۳۰ سانتیمتر به سطح قطعه نزدیکتر باشد. پس از اعمال، آشکارساز باید خشک شود و خشک شدن آن بطور طبیعی انجام شود و دمیدن هوا برای سرعت بخشیدن به فرایند خشک کردن مجاز نمی باشد.

۵-۷- تمیز نمودن نهایی

تمیز کاری نهایی در مواقعی ضروری می باشد که باقی مانده مواد نافذ و آشکار ساز باعث اختلال در ادامه کار یا خود قطعه گردد. عملا بسیار مهم می باشد که باقی مانده مواد بر روی قطعه باعث واکنش های شیمیایی و خوردگی سطح قطعه نگردد.
برای این کار شستشو با آب معمولی، حلال یا مواد تمیز کننده را می توان استفاده نمود.
در رابطه با آشکار ساز پیشنهاد میگردد که اگر تمیز کاری نهایی لازم می باشد، آن را بلافاصله بعد از تفسیر پاک نمود تا از چسبیدن آن به سطح قطعه جلوگیری گردد. اسپری آب معمولا برای رنگ نافذ قابل شستشو با آب مناسب می باشد در حالیکه حلال برای پاک کردن رنگ نافذ قابل حل در حلال مناسب می باشد.

۶- تفسیر

تفسیر باید در نور کافی انجام شود. بعد از خشک شدن آشکار ساز اعمال شده، برای تفسیر نهایی حداقل ده دقیقه زمان آشکار سازی مورد نیاز می باشد. این مدت زمان نباید از یک ساعت تجاوز نماید. برای رعایت این زمان در قطعات بزرگ آزمون در طول های کوچکتر انجام می شود.
برای شناسایی ترک باید بازرسی بعد از اعمال آشکار ساز انجام شود ولی تفسیر نهایی بعد از زمان آشکار سازی انجام می شود.

هر نوع علائم مشکوک یا سوال بر انگیز باید مجددا آزمایش گردند تا صحت آن عیب ثابت گردد.
سطح بزرگی از فلوروسنت یا رنگی که بتواند باعث مخدوش شدن علائم عیوب گردد قابل قبول نمی باشد و آن سطح باید کاملا تمیز و مجددا مورد آزمایش قرار گیرد.
هنگام شکل گیری اثر باید حضور نزدیک داشت زیرا اگر رنگ اضافی در آشکار ساز زیادی تراوش کند تشخیص انواع ناپیوستگی ها بسیار دشوار می شود.

۷-ارزیابی

ارزیابی ناپیوستگی های موجود، توسط بیرون زدن مایع نافذ مشخص خواهد شد. که معمولاً یک رنگ قرمز تیره روی آشکار ساز بصورت نشانه های (Indication) پدیدار شده، صورت می پذیرد. نشانه ها با رنگ صورتی روشن ممکن است تمیزکاری بیش از اندازه را نشان دهد.
در آزمایش مایعات نافذ، اثرات به دو دسته واقعی و کاذب تقسیم بندی می شوند.
اثرات کاذب، اثراتی می باشند که بواسطه موییینگی بوجود نیامده اند.
اثرات واقعی اثراتی می باشند که بواسطه موییینگی بوجود می آیند و به دو دسته اثرات مرتبط و نا مرتبط تقسیم میشوند.
اثرات نا مرتبط، اثراتی هستند که بواسطه ناپیوستگی که در قطعه بدلیل طراحی و یا شکل قطعه بوجود آمده اند. اثرات مرتبط، اثراتی هستند که بواسطه ناپیوستگی ایجاد شده در قطعه بوجود آمده اند.
همچنین اثرات بر اساس شکل آنها به دو دسته تقسیم می شوند:
نشانه های خطی آنهایی هستند که طول آنها سه برابر عرض آنها باشد.
نشانه های گرد آنهائی هستند که بصورت دایره یا بیضی با طول کمتر از سه برابر عرض باشد.
میزان انجام آزمایش مایعات نافذ جوش هنگام تولید و نصب، مطابق با مبحث دهم مقررات ملی ساختمان صورت می پذیرد.

برای ارزیابی قبولی یا غیر قابل قبول بودن جوش ها بایستی به جدول زیر مراجعه شود:

محدوده پذیرش عیوب در بازرسی چشمی جوش مطابق با AWS D 1.1			
دسته بندی ناپیوستگی ها و معیار های پذیرش	**بارگذاری استاتیک اتصالات غیرلوله‌ای**	**بارگذاری دوره‌ای اتصالات غیر لوله ای**	**اتصالات لوله‌ای (تمام بارها)**
۱- ممنوعیت ترک صرف نظر از مکان و اندازه ترک،هیچگونه ترک مجاز نیست.	✓	✓	✓
۲- ذوب بین فلز جوش و فلز پایه بین فلز جوش و فلز مبنا بایستی ذوب کامل وجود داشته باشد.	✓	✓	✓
۳- مقطع چاله جوش بجز چاله جوش های گوشه ای منقطع که خارج از طول موثر جوش قرار گرفته اند، تمامی آنها باید برای تآ مین اندازه جوش پر شوند.	✓	✓	✓
۴- بریدگی یا سوختگی کناره جوش الف- برای قطعات با ضخامت کمتر از ۲۵ میلیمتر، عمق بریدگی کناره نبایستی از یک میلیمتر بیشتر باشد.البته در صورتیکه مجموع طول این عیب در هر 300میلیمتر خط جوش از 50 میلیمتر تجاوز نکند،تا عمق 2 میلیمتر مجاز است. برای ضخامت های مساوی یا بزرگتر از 25 میلیمتر،بیشترین عمق مجاز برای این عیب 2 میلیمتر است.	✓		
ب- در اعضای اصلی سازه،در صورتی که جهت تنش کششی عمود بر راستای خط جوش باشد، عمق مجاز برای این عیب 0.25 میلیمتر خواهد بود.در کلیه موارد دیگر، عمق بریدگی کناره نبایستی بیشتر از یک میلیمتر باشد.		✓	✓
۵- تخلخل یا حفره های گازی الف- در جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در اتصالات لب به لب در صورتیکه دراستای خط جوش عمود بر جهت تنش کششی باشد،هیچگونه حفره گازی لوله ای (piping porosity) مجاز نیست. برای تمام جوش‌های شیاری و جوش‌های گوشه‌ای دیگر، مجموع حفره های لوله‌ای قابل دید با قطر 1 میلیمتریا بزرگتر نبایستی در طول ۲۵ میلیمتر از جوش از ۱۰ میلیمتر بیشتر باشد و همچنین نبایستی مجموع چنین عیبی در هر ۳۰۰ میلیمتر از طول جوش از ۲۰ میلیمتر بیشتر باشد.	✓		
ب- تعداد تخلخل لوله‌ای در جوش‌های گوشه‌ای در هر ۱۰۰ میلیمتر طول جوش نبایستی از یک عدد بیشتر باشد و حداکثر قطر آن باید 2.5 mmباشد. بطور استثناء برای جوش های گوشه ایه اجرا شده در تقویت کننده ها (stiffeners) در جان تیر ها، مجموع قطر حفرات لوله ای نباید از 10میلیمتر در هر ۲۵ میلیمتر خط جوش و از ۲۰ میلیمتر در هر ۳۰۰ میلیمتر خط جوش تجاوز کند.		✓	✓
ج- جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در جوش‌های لب به لب عمود بر جهت تنش‌های کششی هیچ حفره لوله ای مجاز نمیباشد. برای تمام جوش‌های شیاری دیگر، تعداد تخلخل لوله‌ای نبایستی در هر ۱۰۰ میلیمتر طول از یک عدد بیشتر بوده و حداکثر قطر تخلخل نبایستی از ۲.۵ میلیمتر بیشتر باشد		✓	✓

۸-گزارش

پس از انجام آزمایش مایعات نافذ، بازرس موظف است که تمامی اطلاعات بدست آمده را در فرم گزارش نهایی آزمایش مایعات نافذ با شماره FM-WD-02-00 ثبت نماید. فرم گزارش نهایی باید به تایید مدیر فنی یا جانشین وی برسد.
عیوب مشاهده شده باید با ذکر نوع، محل و اندازه در گزارش قید گردد. در گزارش بازرسی بایستی حداقل موارد اساسی شامل نوع تست مایع نافذ، شرکت سازنده، مدت زمان سکون مایع نافذ، مدت زمان سکون آشکار ساز، نام فرد تائید کننده، مشخصات تجهیز مورد تست و کالیبراسیون آنها، دمای سطح تست، ضخامت، جنس قطعه و سر جوش مورد تست، نوع عیب، قبولی یا رد عیب بایستی قید گردد.
در صورت هر گونه عدم انطباق شرایط بازرسی با دستورالعمل موجود، بازرس می بایست شرایط موجود را ثبت و به مدیر فنی گزارش نماید. ادامه انجام بازرسی منوط به رفع عدم انطباق های موجود می باشد.

۹- مراجع

استاندارد جوشکاری سازه های فولادی AWS D1.1(2020)
استاندارد عملی برای روش بازرسی مایعات نافذ ASTM (E165)

۱۰- پیوست

فرم گزارش آزمایش مایعات نافذ با شماره FM-WD-02-00

سازمان نظام مهندسی ساختمان
استان تهران

دستورالعمل بازرسی جوش به روش آزمایش ذرات مغناطیسی (ساختمانی)

Magnetic Particle Test

کمیسیون فنی جوش سازمان نظام مهندسی استان تهران

رئیس:	سمت یا نمایندگی
امیررضا امین‌جواهری	مدیریت خدمات آزمایشگاهی سازمان نظام مهندسی
دبیر:	
حسین حق سیرت	کارشناس مسئول واحد جوش سازمان نظام مهندسی
اعضاء:	
عبدالرحیم سیدیان	مدیر فنی شرکت صنعت جوش تیتان
علی عطوفیان	مدیر عامل شرکت کنکاش آزما
امیرحسین وحیدخامنه	مدیر فنی شرکت کیان پرتو آزما
محسن نورمحمدی	مدیر فنی شرکت مهندسین مشاور تحکیم پی آزما
محمود ملک زاده	مدیر فنی شرکت ویژن ناظران الوند

فهرست مطالب

۱ - هدف ۴

۲-دامنه کاربرد ۴

۳- مسئولیت ها ۴

۴- شرح اجرا ۴

۴-۱-موارد ایمنی ۴

۴-۲-تجهیزات و مواد آزمون ۵

۵- روش آزمایش ۶

۵-۱-آماده سازی سطح ۶

۵-۲-ترتیب انجام آزمون ۶

۵-۳- تفسیرو نشانه ها ۷

۵-۴- محدوده پذیرش ۸

۵-۵- مغناطیس زدائی ۹

۶- گزارش ۹

۷- مراجع ۹

۸- پیوست ۹

۱ – هدف

هدف از تدوین این دستورالعمل بیان چگونگی انجام آزمایش ذرات مغناطیسی قابل رویت در نور مرئی جهت مشخص کردن عیوب سطحی و زیر سطحی (نزدیک به سطح) بر روی قطعه مورد آزمون از نوع مواد فرومغناطیس میباشد.

۲-دامنه کاربرد

این دستورالعمل برای انجام آزمایش ذرات مغناطیسی در اتصالات جوشی سازه های فلزی ساختمانی مطابق با الزامات استاندارد AWS D1.1[1] کاربرد دارد.

۳- مسئولیت ها

مسئولیت اجرای این دستورالعمل و ارایه گزارشات نتایج آزمایش های انجام شده بر عهده بازرس دارای صلاحیت سطح دو SNT-TC-1A[2] آزمایش ذرات مغناطیسی می باشد. مدیر بازرسی فنی مسئول نظارت بر حسن انجام کار این دستورالعمل می باشد. کلیه گزارش های ارائه شده باید توسط مدیر فنی و یا جانشین وی تایید گردد.

۴- شرح اجرا

۴-۱- موارد ایمنی

الف - در صورت تماس مواد با پوست در رابطه با نحوه شستن، دستورالعمل سازنده لازم الاجرا می باشد.

ب - نگهداری این مواد باید بر طبق روش اجرایی سازنده انجام گیرد. از تماس مواد با آتش باید جدا خود داری شود.

پ - اپراتور و مجری آزمایش باید در هنگام کاربرد مواد آزمون برای حفاظت از چشمان خود از عینک ایمنی صنعتی استفاده نماید.

ت - اپراتور در زمان استفاده از مواد آزمون جهت جلوگیری از صدمه پوستی از دستکش مناسب استفاده کند.

ث - اپراتور باید قوطی های محتوی مواد آزمون را از محلی که احتمال خطر آتش سوزی می رود و یا جایی که درجه حرارت بالای محیط باعث انفجار قوطی ها گردد دور نگه دارد.

ج – اپراتور باید همیشه قوطی های اسپری را پس از اتمام کار و یا در صورت توقف موقت کار در جعبه مخصوص نگهداری آنها بگذارد.

چ - قبل از کاربرد قوطی های اسپری اپراتور باید از عملکرد صحیح و مناسب دهانه پاشش قوطی ها اطمینان حاصل نماید و از مصرف قوطی هایی که دارای عیوبی مثل چکیدن، سوراخ بودن و یا هر نوع دیگری از عیب باشد اجتناب نماید.

1. American Welding Society(AWS)-Structural Welding Code-Steel
2. Recommended Practice No. SNT-TC-1A: Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing

۴-۲- تجهیزات و مواد آزمون

۱- یوک[1] الکترو مغناطیسی با جریان AC[2] یا DC[3]، با پایه های قابل تنظیم، باید مورد استفاده قرار گیرد. بازرس باید قبل از انجام آزمون از توان بالا کشیدن حداقل یک وزنه ۴.۵ کیلوگرمی در بیشترین فاصله بین پایه های یوک با جریان AC و وزنه ۱۸ کیلوگرمی با جریان DC اطمینان حاصل نماید. در مناطقی که امکان دسترسی به برق نمی باشد، می توان از آهن ربای دائمی استفاده نمود. آهن ربای دائمی نیز باید توانایی بلند کردن وزنه ۱۸ کیلوگرمی را داشته باشد.

۲- وزنه ۴.۵ و ۱۸ کیلوگرم: جرم وزنه بایستی با استاندارد قابل ردیابی کنترل و ثبت شود. تا زمانیکه آسیب فیزیکی یا شیمیایی به وزنه ها وارد نشده باشد و جرم آنها کاهش نیافته باشد، نیازی به کنترل مجدد آنها نمی باشد.

۳- چراغ قوه

٤- خط کش فلزی

۵- شاخص میدان مغناطیسی[4] : برای تعیین وجود، کفایت، راستای میدان مغناطیسی و کیفیت ذرات مغناطیس می توان از شاخص پای[5] شکل استفاده نمایید. شاخص پای شکل بر روی سطح قطعه مورد آزمون قرار داده شده به صورتی که سطح مسی آن رو به بالا قرار گیرد. با اعمال جریان و ذرات مغناطیس، میبایست خطوط واضحی در مرز مشترک قطاع های فولادی شکل گیرد. در صورت عدم رویت خطوط مورد نظر تکنیک آزمایش می بایست اصلاح گردد. کنترل فوق روزی یکبار انجام می شود.

۶- نورسنج [6] : حداقل شدت نور مورد استفاده برای انجام آزمایش و تفسیر نشانه ها بوسیله نور سنج اندازه گیری می شود. نورسنج باید دارای مدرک کالیبراسیون معتبر و تحت کنترل باشد.

۷- حرارت سنج: برای اندازه گیری درجه حرارت محیط سطح قطعه مورد استفاده قرار می گیرد. حرارت سنج باید دارای مدرک کالیبراسیون معتبر و تحت کنترل باشد.

۸- نمایانگر میدان پسماند[7] (گوس متر): برای اندازه گیری میدان پسماند بکار می رود. برای این کار گیج در انتهای قطعه یا لبه های قطعه، جایی که امکان نشت میدان پسماند وجود داشته باشد، قرار می گیرد. اندازه گیری پسماند در صورت نیاز بعد از اتمام هر آزمایش می تواند انجام گیرد. گوس متر باید دارای مدرک کالیبراسیون معتبر و تحت کنترل باشد.

۹- اسپری ذرات مغناطیسی معلق غیر فلورسنت: این مواد باید دارای تاریخ مصرف بر روی قوطی اسپری داشته باشند. ضمنا می توان پودر قابل مخلوط کردن با آب را به صورت جداگانه تهیه نمود و توسط بازرس با آب مخلوط شود، در این صورت بایستی غلظت ذرات در آب توسط ته نشینی کنترل شود و بایستی غلظت ذرات برای مواد غیر فلورسنتی در هر ۱۰۰ میلی لیتر، ۱/۲ باشد.

1. Yoke
2. AC: Alternating Current
3. DC: Direct Current
4. Magnetic Field Indicator
5. Pie Gauge
6. Lux Meter
7. Gauss Meter

۱۰- رنگ سفید کنتراست[1] : رنگ موضع آزمون باید پس از اعمال ذرات مغناطیس کنتراست مناسبی بین سطح آزمون و ذرات پودر آهن داشته باشد، در صورتی که این کنتراست وجود نداشته باشد از اسپری کنتراست سفید استفاده می شود.

۵- روش آزمایش

۵-۱- آماده سازی سطح

الف - اگر ناهمواری و زبری سطح مورد آزمون مانع رویت نشانه ها گردد باید با عملیات برس زنی و سنگ زنی سطح قطعه تمیز گردد.

ب - برای تمیز کاری سطح می توان از فرچه سیمی، حلال، رنگ بر، سنگ زنی، سند بلاست و محلول های رسوب زدا استفاده نمود. منطقه مورد آزمایش به همراه تمامی مناطق مجاور آن تا فاصله ۲۵ میلیمتری باید کاملا تمیز گردد.

پ - منطقه مورد آزمایش باید خشک، عاری از رنگ، چربی، رطوبت، پلیسه، سرباره، پاشش و جرقه باشد.

ت - حداقل شدت نور مورد نیاز در سطح قطعه مورد آزمایش با مواد مرئی ۱۰۰۰ لوکس است و بایستی قبل از تفسیر نشانه ها کنترل و ثبت گردد.

ث - دمای سطح قطعه مورد آزمون باید در محدوده دمایی توصیه شده توسط سازنده مواد آزمون باشد.

ج - تاریخ انقضا بایستی بر اساس اطلاعات زیر قوطی اسپری کنترل شود.

چ - اگر سطح مورد آزمایش دارای پوشش غیر مغناطیسی باشد، قبل از تست باید شرایطی اتخاذ گردد تا اثبات شود شناسایی عیوب زیر پوشش قابل شناسایی می باشند.

۵-۲- ترتیب انجام آزمون

این آزمایش با تکنیک پیوسته برای آشکار سازی ناپیوستگی های سطحی و زیر سطحی در محدوده بین پایه های یوک انجام می گیرد، به این صورت که میدان مغناطیسی ایجاد شده تا اعمال ذرات مغناطیسی و در صورت نیاز مدتی پس از آن روی قطعه باقی می ماند. ترتیب انجام آزمایش در این روش به شرح زیر است:

۱ - ابتدا منطقه مورد آزمایش به روش چشمی بازرسی می شود تا هرگونه ناپیوستگی سطحی شناسایی و برطرف گردد.

۲ - برای ایجاد کنتراست مناسب و امکان رویت ذرات مغناطیسی روی سطح مورد آزمون می توان از رنگ کنتراست سفید استفاده نمود. لایه کنتراست باید تا حد امکان نازک باشد و محدوده آزمایش را پوشش دهد. ضمنا بایستی صبر نمود تا رنگ سفید خشک شود.

۳ - فاصله پایه های یوک باید به اندازه منطقه آزمون تنظیم گردد. نباید هیچ یک از پایه های یوک در منطقه بازرسی قرار داشته باشد. منطقه بازرسی شامل ناحیه جوش و ۲۵ میلیمتر اطراف آن است.

1. White Contrast

۴- شاخص میدان مغناطیسی برای تعیین کفایت شدت و راستای میدان مغناطیسی بین پایه های یوک قرار می گیرد سپس میدان مغناطیسی روی سطح اعمال می شود.

۵ - ذرات مغناطیسی بین پایه های یوک اعمال می شود. همزمان میدان ایجاد شده حداقل ۵ ثانیه روی سطح حفظ می شود تا ذرات بتوانند روی ناپیوستگی ها تجمع کنند و نشانه ها ایجاد شود. از اعمال بیش از حد ذرات خودداری شود زیرا تجمع بیش از حد ذرات در نزدیکی پایه ها می توانند باعث شود عیوب احتمالی دیده نشود. فاصله بین پایه های یوک نباید از ۷۵ میلیمتر کمتر و از ۲۰۰ میلیمتر تجاوز کند. لازم است قوطی ذرات مغناطیس کمی تکان داده شود تا سوسپانسیون مناسبی از ذرات مغناطیس معلق در حامل نفتی بر روی سطح اعمال شود.

۶- منطقه مورد آزمون در نور کافی مورد بازرسی قرار می گیرد و نشانه ها بر اساس استاندارد پذیرش تفسیر و ارزیابی می شوند. میزان روشنایی باید طوری باشد که بر روی سطح مورد آزمایش سایه ایجاد نکند. اندازه علامت می تواند بزرگ تر از اندازه عامل آن باشد اما ارزیابی بر اساس اندازه نشانه های پدیدار شده، صورت می پذیرد.

۷- میدان مغناطیسی در راستای عمود بر راستای مرحله اول اعمال می گردد تا ناحیه مورد آزمون صد در صد پوشش داده شود.

۸- ادامه مراحل فوق در امتداد طول جوش ادامه می یابد. باید توجه داشته، هر مرحله، باید با مرحله بعدی، حداقل ۱۰ درصد هم پوشانی داشته باشد.

۹- بعد از اتمام آزمون و تفسیر و ثبت نشانه ها مواد اضافه از روی سطح قطعه پاک شود تا از واکنش منفی با سطح قطعه یا تداخل با کاربری قطعه جلوگیری شود.

۵-۳- تفسیر نشانه ها

مناطقی از سطح قطعه که به علت شرایط خاص، ناهمواری، ماشین کاری و . . . سبب بروز عیوب غیر واقعی شده است باید با دقت مورد بررسی قرار گیرند.

مناطقی که تجمع و انباشت ذرات خیلی زیاد می باشند به علت امکان پوشاندن عیوب باید کاملاً تمیز گردیده و مجدداً مورد آزمایش قرارگیرند. برای نشانه هایی که مورد شک و تردید قرار دارند باید آزمایش مجدداً انجام پذیرد تا مربوط بودن یا نبودن آن مشخص گردد.

عیوب نامربوط باید برای ارزیابی و اطمینان از پذیرش کامل توسط سایر روش های آزمایش مورد ارزیابی قرار گیرند در غیر این صورت باید همچون یک عیب مربوط با آن برخورد شود.

۵-۴- محدوده پذیرش

برای ارزیابی قبولی یا غیر قابل قبول بودن جوش ها بایستی به جدول زیر مراجعه شود:

محدوده پذیرش عیوب در بازرسی چشمی جوش مطابق با AWS D 1.1			
دسته بندی ناپیوستگی ها و معیار های پذیرش	**بارگذاری استاتیک اتصالات غیرلوله‌ای**	**بارگذاری دوره‌ای اتصالات غیر لوله ای**	**اتصالات لوله‌ای (تمام بارها)**
۱- ممنوعیت ترک صرف نظر از مکان و اندازه ترک،هیچگونه ترک مجاز نیست.	✓	✓	✓
۲- ذوب بین فلز جوش و فلز پایه بین فلز جوش و فلز مبنا بایستی ذوب کامل وجود داشته باشد.	✓	✓	✓
۳- مقطع چاله جوش بجز چاله جوش های گوشه ای منقطع که خارج از طول موثر جوش قرار گرفته اند، تمامی آنها باید برای تآ مین اندازه جوش پر شوند.	✓	✓	✓
٤- بریدگی یا سوختگی کناره جوش الف- برای قطعات با ضخامت کمتر از ۲۵ میلیمتر، عمق بریدگی کناره نبایستی از یک میلیمتر بیشتر باشد.البته در صورتیکه مجموع طول این عیب در هر 300میلیمتر خط جوش از 50 میلیمتر تجاوز نکند،تا عمق 2 میلیمتر مجاز است. برای ضخامت های مساوی یا بزرگتر از 25 میلیمتر،بیشترین عمق مجاز برای این عیب 2 میلیمتر است.	✓		
ب- در اعضای اصلی سازه،در صورتی که جهت تنش کششی عمود بر راستای خط جوش باشد، عمق مجاز برای این عیب 0.25 میلیمتر خواهد بود.در کلیه موارد دیگر، عمق بریدگی کناره نبایستی بیشتر از یک میلیمتر باشد.		✓	✓
٥- تخلخل یا حفره های گازی الف- در جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در اتصالات لب به لب در صورتیکه دراستای خط جوش عمود بر جهت تنش کششی باشد،هیچگونه حفره گازی لوله ای (piping porosity) مجاز نیست. برای تمام جوش‌های شیاری و جوش‌های گوشه‌ای دیگر، مجموع حفره های لوله‌ای قابل دید با قطر 1 میلیمتریا بزرگتر نبایستی در طول ۲۵ میلیمتر از جوش از ۱۰ میلیمتر بیشتر باشد و همچنین نبایستی مجموع چنین عیبی در هر ۳۰۰ میلیمتر از طول جوش از ۲۰ میلیمتر بیشتر باشد.	✓		
ب- تعداد تخلخل لوله‌ای در جوش‌های گوشه‌ای در هر ۱۰۰ میلیمتر طول جوش نبایستی از یک عدد بیشتر باشد و حداکثر قطر آن باید 2.5 mmباشد. بطور استثناء برای جوش های گوشه ایه اجرا شده در تقویت کننده ها (stiffeners) در جان تیر ها، مجموع قطر حفرات لوله ای نباید از 10میلیمتر در هر ۲۵ میلیمتر خط جوش و از ۲۰ میلیمتر در هر ۳۰۰ میلیمتر خط جوش تجاوز کند.		✓	✓
ج- جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در جوش‌های لب به لب عمود بر جهت تنش‌های کششی هیچ حفره لوله ای مجاز نمیباشد. برای تمام جوش‌های شیاری دیگر، تعداد تخلخل لوله‌ای نبایستی در هر ۱۰۰ میلیمتر طول از یک عدد بیشتر بوده و حداکثر قطر تخلخل نبایستی از ۲.۵ میلیمتر بیشتر باشد		✓	✓

میزان آزمایش ذرات مغناطیس جوش هنگام تولید و نصب: ده درصد جوش گوشه بال به جان و سخت کننده ها.
صددرصد جوش های گوشه اتصالات مهاربندی ها و اتصالات تیر به ستون(در صورت حصول نتایج مثبت، مهندس ناظر می تواند دستور تقلیل آزمایشات را تا حداقل ۳۰ درصد صادر نماید).

۵-۵- مغناطیس زدائی

باقی ماندن بخشی از نیروی مغناطیسی در مواد فرومغناطیس بعد از انجام آزمایش، سبب بروز مشکلاتی می شود و بر تجهیزات دقیق که حساسیت زیادی نسبت به میدان های مغناطیس دارند تاثیر می گذارد. در صورت نیاز بعد از انجام آزمایش، عملیات مغناطیس زدائی، در صورتی که در مدارک و نقشه ها ذکرگردد انجام می پذیرد.
برای این کار یوک را به سطح قطعه مورد آزمایش نزدیک کرده و جریان را برقرار میکنیم سپس به آرامی یوک را از سطح قطعه دور می کنیم.

۶- گزارش

پس از انجام آزمایش ذرات مغناطیسی، بازرس موظف است که تمامی اطلاعات بدست آمده را در فرم گزارش نهایی آزمایش ذرات مغناطیسی با شماره FM-WD-01-00 ثبت نماید. فرم گزارش نهایی باید به تایید بازرس و مدیر فنی یا جانشین وی برسد.
در مورد نشانه های مردود نوع عیب، محل عیب و اندازه (طول یا قطر) بایستی در گزارش ثبت گردد. در گزارش بازرسی حداقل موارد اساسی شامل مشخصات دستگاه و شماره سریال، تکنیک مغناطیسی، نوع جریان مورد استفاده، نوع ذرات مورد استفاده، نام فرد تائید کننده، مشخصات تجهیزات، ضخامت، جنس قطعه و سر جوش مورد آزمایش نوع عیب، قبولی یا رد عیب، بایستی قید گردد.
در صورت هر گونه عدم انطباق شرایط بازرسی با دستورالعمل موجود، بازرس می بایست شرایط موجود را ثبت و به مدیر فنی گزارش نماید. ادامه انجام بازرسی منوط به رفع عدم انطباق های موجود می باشد.

۷- مراجع

استاندارد جوشکاری سازه های فولادی AWS D1.1(2020)
استاندارد عملی برای روش بازرسی ذرات مغناطیسی ASTM (E709)

۸- پیوست

فرم گزارش آزمایش ذرات مغناطیس با شماره FM-WD-02-00

سازمان نظام مهندسی ساختمان
استان تهران

دستورالعمل بازرسی جوش به روش آزمایش فراصوتی (ساختمانی)

Ultrasonic Testing

کمیسیون فنی جوش سازمان نظام مهندسی استان تهران

رئیس:	سمت یا نمایندگی
امیررضا امین‌جواهری	مدیریت خدمات آزمایشگاهی سازمان نظام مهندسی
دبیر:	
حسین حق سیرت	کارشناس مسئول واحد جوش سازمان نظام مهندسی
اعضاء:	
عبدالرحیم سیدیان	مدیر فنی شرکت صنعت جوش تیتان
علی عطوفیان	مدیر عامل شرکت کنکاش آزما
امیرحسین وحیدخامنه	مدیر فنی شرکت کیان پرتو آزما
محسن نورمحمدی	مدیر فنی شرکت مهندسین مشاور تحکیم پی آزما
محمود ملک زاده	مدیر فنی شرکت ویژن ناظران الوند

فهرست مطالب

۱- هدف ٤
۲- دامنه کاربرد ٤
۳- مسئولیت اجرا ٤
٤- شرح اجرا ٤
٤-۱- تجهیزات و مواد مصرفی ٤
٤-۲- کالیبراسیون ٥
٤-۲-۱- کالیبراسیون جستجوگر موج طولی ٥
٤-۲-۱-۱- کالیبراسیون محور افقی ٥
٤-۲-۱-۲- کالیبراسیون حساسیت ٦
٤-۲-۱-۳- تفکیک پذیری ٦
٤-۲-۲- کالیبراسیون جستجوگر موج زاویه ای ٦
٤-۲-۲-۱- تعیین نقطه شاخص خروجی جستجوگر ٦
٤-۲-۲-۲- تعیین زاویه جستجوگر زاویه ایی ٦
٤-۲-۲-۳- کالیبراسیون حساسیت ٦
٤-۳- انجام آزمایش ۷
٤-۳-۱- آماده سازی ۷
٤-۳-۲- انتخاب جستجوگر ۷
٤-۳-۳- اسکن کردن ۹
٤-٤- ترتیب انجام آزمایش ۱۰
٤-٤-۱- آزمایش با جستجوگر موج طولی ۱۰
٤-٤-۲- آزمایش با جستجوگر موج زاویه ای ۱۰
٤-٤-۳- اندازه گیری طول و ارتفاع ناپیوستگی ها ۱۱
٥- ارزیابی ۱۱
٦- تعمیر عیب ۱۲
۷- ثبت گزارش ۱۳
۸ - مراجع ۱۳
۹- پیوست ۱۳

۱- هدف

هدف از تدوین این دستورالعمل، تشریح چگونگی انجام آزمایش فراصوتی جهت مشخص کردن عیوب داخلی قطعه مورد آزمایش می باشد.

۲- دامنه کاربرد

این دستورالعمل برای انجام آزمایش فراصوتی در جوش و منطقه تحت تأثیر حرارت[1] برای ضخامت های ۸ تا ۲۰۰ میلیمتر در سازه های فولادی ساختمانی، تحت بارگذاری استاتیکی مطابق با الزامات استاندارد AWS D1.1[2] کاربرد دارد.

۳- مسئولیت اجرا

مسئولیت اجرای این دستورالعمل و ارائه گزارشات نتایج آزمایش های انجام شده بر عهده بازرس دارای گواهینامه سطح دو SNT-TC-1A[3] آزمایش فراصوتی می باشد. مدیر بازرسی فنی مسئول نظارت بر حسن انجام کار این دستورالعمل را بر عهده دارد. کلیه گزارش های ارائه شده باید توسط مدیر فنی و یا جانشین وی تایید گردد.

۴ - شرح اجرا

۴-۱-تجهیزات و مواد مصرفی

الف - دستگاه امواج فراصوتی ضربانی[4] باید توانایی تولید فرکانس بازه ای بین ۱ تا ۶ مگا هرتز با رنج تغییرات شدت صوت ۱ یا ۲ دسی بل در محدوده رنج ۶۰ دسی بل را داشته باشد. دستگاه امواج فراصوتی بایستی کالیبره و تحت کنترل باشند. عملکرد دستگاه فراصوتی هر دو ماه یکبار بر اساس پیوست ۲ بایستی کنترل شود.

ب - هنگام استفاده از جستجوگرهای موج طولی[5] با کریستال گرد یا مربع، سطح فعال جستجوگر باید در محدوده ۳۲۳ تا ۶۴۵ میلیمتر مربع باشد.

پ - جستجوگرها با موج زاویه ای[6] دارای کریستال مربع یا مستطیل شکل بوده و ارتفاع یا طولی بین ۱۵ تا ۲۰ میلیمتر و پهنای بین ۱۵ تا ۲۵ میلیمتر می باشند. حداکثر نسبت پهنا به ارتفاع بایستی ۱ تا ۱.۲ و حداقل نسبت پهنا به ارتفاع بایستی ۱ به ۱ باشد. در واقع دلیل برابر یا بزرگتر بودن پهنا نسبت به ارتفاع کریستال، همگرا و متمرکز بودن منطقه موثر دسته پرتو جستجوگر و بهبود رویت عیب می باشد. (شکل- الف)

ت - فرکانس جستجوگرهای زاویه ای ۲ تا ۲.۵ مگاهرتز بوده و در زاویه های ۴۵، ۶۰ یا ۷۰ درجه استفاده می شوند. تغییرات در زاویه جستجوگر بیش از ۲ درجه مجاز نمی باشد.

ث - ابعاد جستجوگر بایستی به گونه ای باشد که فاصله نقطه شاخص[7] تا لبه ی جستجوگر از ۲۵ میلیمتر بیشتر نشود. (شکل- الف)

ج - فرکانس، زاویه و محل نقطه شاخص باید روی هر جستجوگر مشخص باشد.

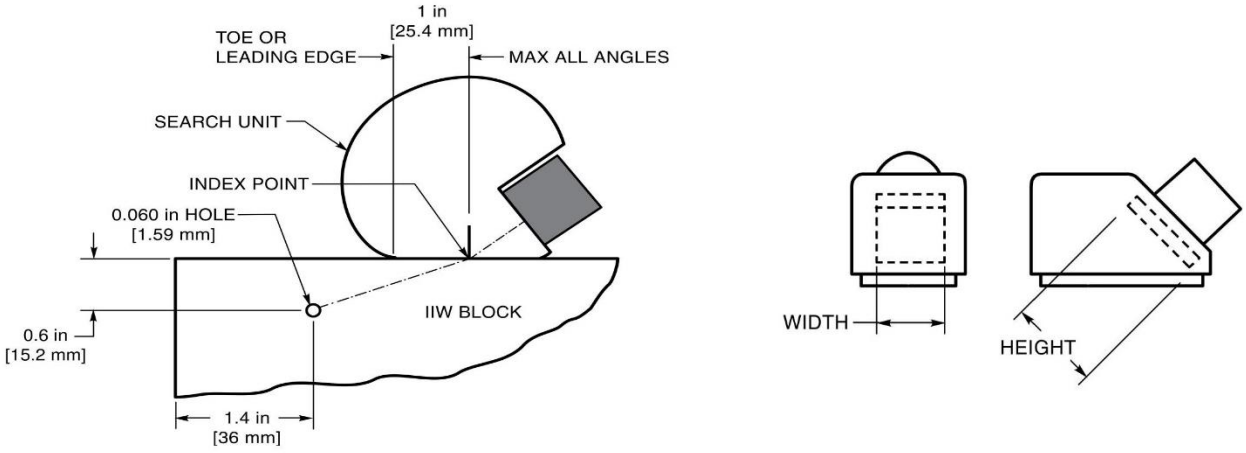
1. Heat Affected Zone
2. American Welding Society(AWS)-Structural Welding Code-Steel
3. Recommended Practice No. SNT-TC-1A: Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing
4. Pulse Echo
5. Compression Wave Probe
6. Angle Probe
7. Index Point

چ - ماده واسط[1] می‌تواند، گریس، آب، ژل و یا هر ماده ای با چسبندگی مناسب باشد. ماده واسط باید برای کالیبراسیون و آزمایش یکسان باشد. اختلاف دما برای حالت آزمون تماسی بین ماده واسط کالیبراسیون و ماده واسط آزمون نباید بیشتر از ۱۴ درجه سانتی گراد باشد.

ح – کابل با طول ماکزیمم ۲ متر، جهت متصل کردن دستگاه فراصوتی به جستجوگر.

خ - بلوک مرجع IIW[2] برای کالیبراسیون مسافت و حساسیت دستگاه امواج فراصوتی مورد استفاده قرار می گیرد. متریال مورد استفاده جهت ساخت بلوک های مرجع باید مشابه یا معادل متریال مصرفی باشد.

د - خط کش یا متر جهت مشخص کردن محل و اندازه عیب.



شکل- الف

۴-۲-کالیبراسیون

قبل از انجام هر آزمایش، دستگاه فراصوتی باید از نظر مسافت[3] و حساسیت[4] کالیبره شود. کالیبراسیون در مواقعی که بازرس انجام دهنده آزمایش تغییر می کند، هر دو ساعت یکبار و یا زمانی که هر تغییری در سیستم الکترونیکی دستگاه یا متعلقات آن به وجود بیاید باید تکرار شود. اگر دستگاه دارای حالت کنترل مردودی[5] باشد این کنترل کننده باید در هنگام کالیبراسیون و آزمایش درحالت خاموش قرار داشته باشد. استفاده از بازتاب های گوشه برای کالیبراسیون مجاز نمی باشد.

۴-۲-۱-کالیبراسیون جستجوگر موج طولی

۴-۲-۱-۱- کالیبراسیون محور افقی : جستجوگر را در موقعیت G مطابق شکل- ب روی بلوک IIW قرار می دهیم. حداقل بایستی ۲ اکو از دیواره پشتی بر روی صفحه مشخص باشد و با دکمه کنترل فاصله و تاخیر فاصله اکو ها را تنظیم نمود. رنج دستگاه باید حداقل حرکت مسیر صوت در طول ضخامت قطعه مورد آزمایش را نمایش دهد.

1. Couplant
2. Inrernational Institute of Welding- IIW (V1)
3. Distance
4. Sensitivity
5. Reject Control

۴-۲-۱-۲- کالیبراسیون حساسیت : برای کالیبراسیون حساسیت بایستی جستجوگر مطابق شکل- ب روی بلوک IIW در موقعیت G قرار گرفته و دسی بل را طوری تنظیم کنید تا ارتفاع اکو برگشتی اول را به ۵۰ تا ۷۵ درصد صفحه برسد.

۴-۲-۱-۳- تفکیک پذیری[1] : مطابق شکل- ب جستجوگر را در موقعیت F روی بلوک **IIW** قرار می دهیم. جستجوگر باید قادر به تشخیص جداگانه هر سه فاصله ۸۵، ۹۱ و ۱۰۰ میلیمتری باشد. تعیین قابلیت تفکیک پذیری برای هر جستجوگر و دستگاه بایستی قبل از استفاده ابتدایی انجام گیرد.

۴-۲-۲-کالیبراسیون جستجوگر موج زاویه ای

۴-۲-۲-۱- تعیین نقطه شاخص خروجی جستجوگر

جستجوگر زاویه ای را مطابق شکل- ب در موقعیت D در بلوکIIW قرار می دهیم و اکوی شعاع ۱۰۰ میلیمتر، دریافتی را به ماکزیمم ارتفاع دریافتی می رسانیم. محلی که شیار روی بلوک بر روی جستجوگر قرار می گیرد را محل نقطه شاخص جستجوگر یا به عبارتی محل خروج صوت در نظر می گیریم.

۴-۲-۲-۲- تعیین زاویه جستجوگر زاویه ای

جستجوگر را مطابق شکل- ب در موقعیت B در بلوک IIW برای زاویه های ۴۰ درجه تا ۶۰ درجه و موقعیت C برای زاویه های ۶۰ درجه تا ۷۰ درجه قرار می دهیم و با حرکت جستجوگر ارتفاع اکو برگشتی از سوراخ ۵۰ میلیمتر را به حداکثر می رسانیم، سپس محل نقطه شاخص جستجوگر روی هر زاویه ای از بلوک، قرار گرفت، زاویه صحیح جستجوگر خواهد بود.

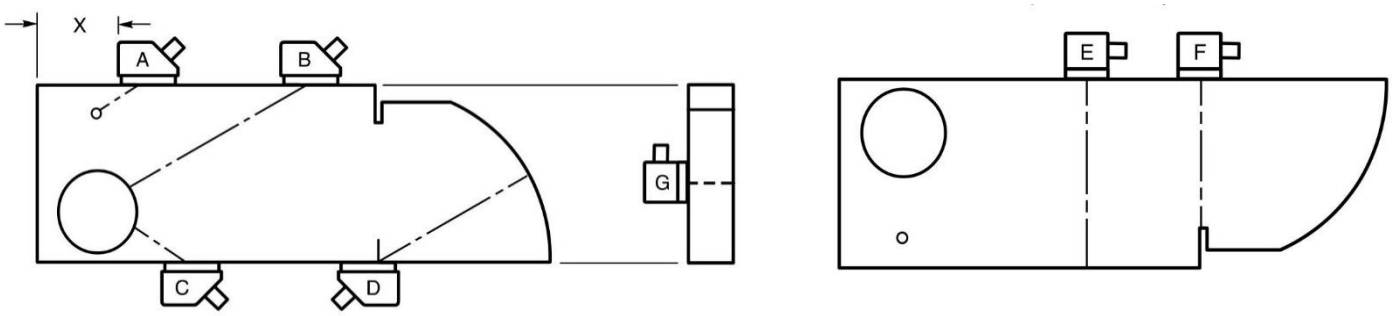
در ادامه جستجوگر را روی بلوک IIW در موقعیت D قرار داده، طوریکه حداقل دو اکو از بازتاب ها روی صفحه مشخص باشد و با کلید کنترل فاصله و تاخیر فاصله اکو ها را تنظیم کنید.

رنج[2] انتخابی باید طوری انتخاب شود که بتوان کل محدوده جوش و منطقه تحت تاثیر حرارت را هنگام اسکن[3] پوشش داد.

۴-۲-۲-۳- کالیبراسیون حساسیت

برای کالیبراسیون حساسیت، مطابق شکل- ب جستجوگر را در موقعیت A قرار داده و اکو دریافتی از سوراخ ۱.۵ میلیمتری بلوک IIW را ماکزیمم نموده، سپس با استفاده از کلید دسی بل، ارتفاع اکو را به ۵۰ تا ۷۵ درصد از صفحه نمایش می رسانیم و دسی بل دستگاه را به عنوان دسی بل مرجع که با حرف b نمایش داده میشود، یادداشت می کنیم.

1. Resolution
2. Range
3. Scan



شکل- ب

۴-۳- انجام آزمایش

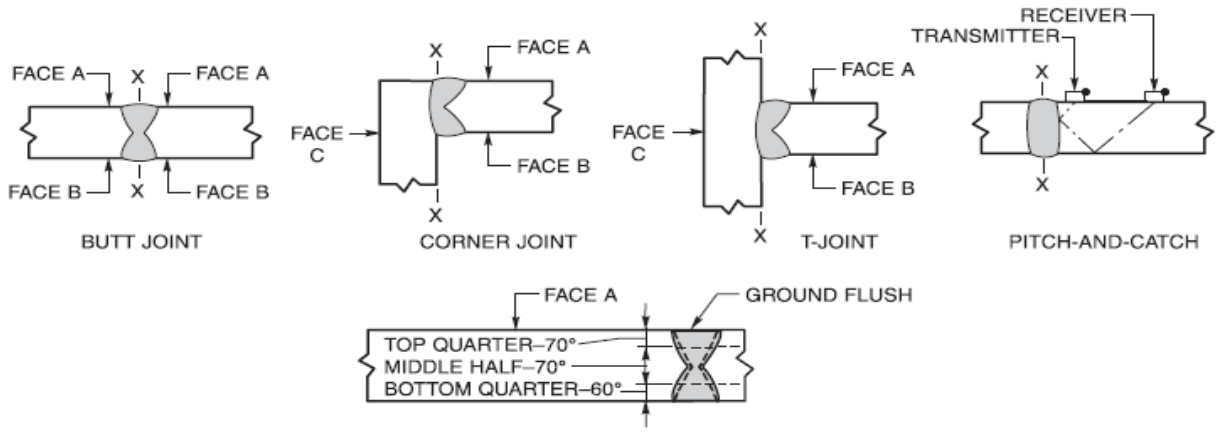
۴-۳-۱- آماده سازی

سطح مورد آزمایش باید عاری از هرگونه برجستگی، تقعر، پاشش جوش و چربی باشد بطوری که جستجوگر به طور کامل با سطح مورد آزمایش تماس پیدا نماید و حرکتی آزادانه و روان داشته باشد.

۴-۳-۲- انتخاب جستجوگر

با توجه به ضخامت قطعه و نوع اتصال مورد آزمایش و مراجعه به جدول زیر زاویه جستجوگر مورد نیاز جهت آزمایش را مشخص می کنیم.

Material Thickness, in [mm]																		
Application	5/16 [8] to 1-1/2 [38]		>1-1/2 [38] to 1-3/4 [45]		>1-3/4 [45] to 2-1/2 [65]		>2-1/2 [65] to 3-1/2 [90]		>3-1/2 [90] to 4-1/2 [110]		>4-1/2 [110] to 5 [130]		>5 [130] to 6-1/2 [160]		>6-1/2 [160] to 7 [180]		>7 [180] to 8 [200]	
		*		*		*		*		*		*		*		*		*
Butt Joint	1	O	1	F	1G or 4	F	1G or 5	F	6 or 7	F	8 or 10	F	9 or 11	F	12 or 13	F	12	F
T-Joint	1	O	1	F or XF	4	F or XF	5	F or XF	7	F or XF	10	F or XF	11	F or XF	13	F or XF	—	—
Corner Joint	1	O	1	F or XF	1G or 4	F or XF	1G or 5	F or XF	6 or 7	F or XF	8 or 10	F or XF	9 or 11	F or XF	13 or 14	F or XF	—	—
ESW/EGW Welds	1	O	1	O	1G or 4	1**	1G or 3	P1 or P3	6 or 7	P3	11 or 15	P3	11 or 15	P3	11 or 15	P3	11 or 15**	P3



Notes:

1. Where possible, all examinations shall be made from Face A and in Leg 1, unless otherwise specified in this table.
2. Root areas of single groove weld joints which have backing not requiring removal by contract, shall be tested in Leg 1, where possible, with Face A being that opposite the backing. (Grinding of the weld face or testing from additional weld faces may be necessary to permit complete scanning of the weld root.)
3. Examination in Leg II or III shall be made only to satisfy provisions of this table or when necessary to test weld areas made inaccessible by an unground weld surface, or interference with other portions of the weldment, or to meet the requirements of 6.25.6.2.
4. A maximum of Leg III shall be used only where thickness or geometry prevents scanning of complete weld areas and HAZs in Leg I or Leg II.
5. On tension welds in cyclically loaded structures, the top quarter of thickness shall be tested with the final leg of sound progressing from Face B toward Face A, the bottom quarter of thickness shall be tested with the final leg of sound progressing from Face A toward Face B; i.e., the top quarter of thickness shall be tested either from Face A in Leg II or from Face B in Leg I at the Contractor's option, unless otherwise specified in the contract documents.
6. The weld face indicated shall be ground flush before using procedure 1G, 6, 8, 9, 12, 14, or 15. Face A for both connected members shall be in the same plane.

Testing Angle

Legend:

X — Check from Face C.

G — Grind weld face flush.

O — Not required.

* — Required only where display reference height indication of discontinuity is noted at the weld metal-base metal interface while searching at scanning level with primary procedures selected from first column.

** — Use 15 in [400 mm] or 20 in [500 mm] screen distance calibration.

P — Pitch and catch shall be conducted for further discontinuity evaluation in only the middle half of the material thickness with only 45° or 70° transducers of equal specification, both facing the weld. (Transducers must be held in a fixture to control positioning—see sketch.) Amplitude calibration for pitch and catch is normally made by calibrating a single search unit. When switching to dual search units for pitch and catch inspection, there should be assurance that this calibration does not change as a result of instrument variables.

F — Weld metal-base metal interface indications shall be further evaluated with either 70°, 60°, or 45° transducer—whichever sound path is nearest to being perpendicular to the suspected fusion surface.

Face A — the face of the material from which the initial scanning is done (on T-and corner joints, follow above sketches).

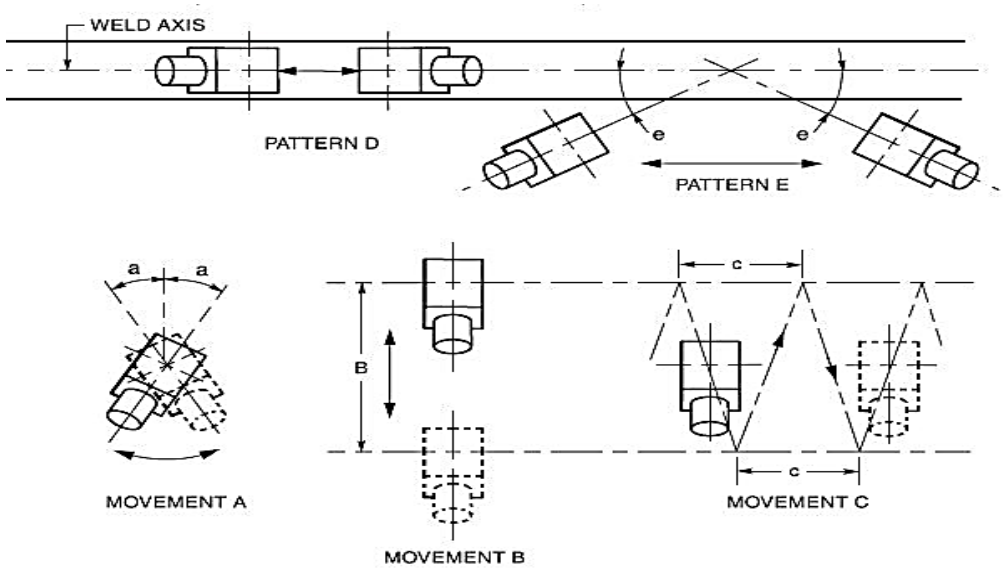
Face B — opposite Face A (same plate).

Face C — the face opposite the weld on the connecting member or a T-or corner joint.

Procedure Legend			
	Area of Weld Thickness		
No.	Top Quarter	Middle Half	Bottom Quarter
1	70°	70°	70°
2	60°	60°	60°
3	45°	45°	45°
4	60°	70°	70°
5	45°	70°	70°
6	70° G Face A	70°	60°
7	60° Face B	70°	60°
8	70° G Face A	60°	60°
9	70° G Face A	60°	45°
10	60° Face B	60°	60°
11	45° Face B	70°**	45°
12	70° G Face A	45°	70° G Face B
13	45° Face B	45°	45°
14	70° G Face A	45°	45°
15	70° G Face A	70° A Face B	70° G Face B

۴-۳-۳- اسکن کردن

برای آشکارسازی ناپیوستگی هایی که در راستای محور جوش هستند، جهت اسکن جستجوگر زاویه ای باید به صورتی باشد که راستای جستجوگر، عمود بر محور جوش باشد و برای آشکارسازی ناپیوستگی هایی که در عرض محور جوش هستند، جهت اسکن باید به صورتی باشد که راستای جستجوگر تقریبا موازی با محور جوش باشد. اسکن به صورت دستی انجام می گیرد و هر مسیر حرکت جستجوگر باید حداقل ۱۰ درصد از اندازه کریستال در مسیر قبلی را پوشش دهد. سرعت حرکت جستجوگر نباید از ۶ اینچ بر ثانیه بیشتر گردد. الگوی حرکت و اسکن جستجوگر مطابق شکل زیر است:



شکل - پ

همه جوش ها بایستی با الگوی اسکن مشخص شده برای شناسایی عیوب طولی و عرضی مورد آزمایش قرار بگیرند. زاویه چرخش a برابر با ۱۰ درجه است و قسمت مورد پیمایش B باید به اندازه ای باشد که قسمت مورد بازرسی را پوشش دهد. پیشروی فاصله c حدودا برابر است با نصف عرض جستجوگر، حرکات A, B, C می توانند در یک الگوی پیمایش جمع شوند.

الگوی پیمایش D وقتی جوش ها بدون گرده جوش هستند استفاده می شوند. زاویه حداکثر e برای پیمایش جوش های با گرده جوش برابر است با ۱۵ درجه. همه جوش های شیاری اتصالات سر به سر بایستی از هر سمت محور جوش مورد آزمایش قرار گیرد. جوش اتصالات Tee و گوشه بایستی به طور ابتدایی از یک سمت محور جوش آزمایش شود.

۴-۴- ترتیب انجام آزمایش

۴-۴-۱- آزمایش با جستجوگر موج طولی

قبل از انجام آزمایش جوش حداقل آن میزان از فلز پایه که جستجوگر زاویه ای در آن حرکت می کند(فاصله جهش کامل[1]) بایستی بوسیله جستجوگر موج طولی برای شناسایی عیوب صفحه ای موازی با سطح مثل تورق[2] یا هر ناپیوستگی که عمل اسکن جوش را مختل می کند مورد آزمایش قرار گیرد.

۴-۴-۲- آزمایش با جستجوگر موج زاویه ای

حرکت جستجوگر روی سطح باید طوری باشد که تمام حجم مورد آزمایش در ناحیه جوش و ناحیه متاثر از حرارت یا فاصله جهش کامل را تحت پوشش قرار دهد. ابتدا با توجه مسیر صوت در قطعه میزان دسی بل لازم از جدول زیر به دسی بل مرجع (b) اضافه می گردد که دسی بل جدید به عنوان دسی بل بازرسی یا اسکن نامیده می شود.

میزان لازم برای افزایش دسی‌بل نسبت به دسی‌بل مرجع

Sound path in inches [mm]	Above Zero Reference, dB
through 2–1/2 [65 mm]	14
> 2–1/2 through 5 [65– 125 mm]	19
> 5 through 10 [125–250 mm]	29
> 10 through 15 [250– 380 mm]	39

با دسی بل بازرسی اسکن قطعه شروع می شود و چنانچه اکویی از ناپیوستگی در صفحه مشخص شود که از ارتفاع مرجع تعیین شده بالاتر باشد با کلید دسی بل ارتفاع اکو ناشی از ناپیوستگی را به ارتفاع مرجع می رسانیم و مقدار دسی بل را از روی دستگاه یادداشت می کنیم که دسی بل ناپیوستگی نامیده و با حرف a نشان داده می شود.

1. Full Skip Distance
2. Lamination

حال، برای این ناپیوستگی، میزان فاکتور تضعیف با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود، که S در آن مسافت طی شده توسط صوت تا عیب میباشد. این میزان تضعیف بیانگر این است که در هر قطعه کاری یک میزانی از تضعیف وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرد.

$$C= (\frac{s-25}{25})\times 2$$

سپس با استفاده از فرمول زیر نرخ بازتاب[1] که d نامیده می شود به دست می آید.

d=a-b-c

۴-۴-۳- اندازه گیری طول و ارتفاع ناپیوستگی ها

بعد از دریافت ماکزیمم ارتفاع اکو از یک ناپیوستگی جستجوگر را به موازات محور جوش به یک سمت حرکت می دهیم تا ارتفاع اکو دریافتی به ۵۰ درصد ارتفاع ماکزیمم برسد. جستجوگر را ثابت نگه داشته و وسط جستجوگر را روی سطح قطعه علامت گذاری می کنیم. این نقطه را به عنوان یکی از دو سر ناپیوستگی در نظر می گیریم.

این کار را برای سمت دیگر ناپیوستگی تکرار می کنیم، زمانیکه ارتفاع اکو به ۵۰ درصد ارتفاع اکو ماکزیمم رسید با علامت زدن وسط جستجوگر روی قطعه سر دیگر ناپیوستگی را مشخص می کنیم. با اندازگیری فاصله بین ۲ خط علامت زده شده روی قطعه طول ناپیوستگی به دست می آید.

برای تعیین مقدار ارتفاع عیب، جستجوگر را عمود بر راستای جوش به عقب و جلو حرکت می دهیم.

۵- ارزیابی

بعد از به دست آوردن نرخ بازتاب یا (d) با مراجعه به جدول زیر با توجه به ضخامت قطعه و زاویه جستجوگر استفاده شده، نوع کلاس ناپیوستگی مشخص می شود.

میزان انجام آزمایش فراصوتی جوش هنگام تولید و نصب، مطابق با مبحث دهم مقررات ملی ساختمان صورت می پذیرد.

1. Indication Rate

جدول: آزمایش التراسونیک در اتصالات غیر لوله ای تحت بار استاتیک و یا اتصالات غیر لوله ای تحت بار دینامیک فشاری

Discontinuity Severity Class	Weld Size[a] in inches [mm] and Search Unit Angle										
	5/16 through 3/4 [8–20]	> 3/4 through 1–1/2 [20–38]	> 1–1/2 through 2–1/2 [38–65]			> 2–1/2 through 4 [65–100]			> 4 through 8 [100–200]		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°
Class A	+5 & lower	+2 & lower	–2 & lower	+1 & lower	+3 & lower	–5 & lower	–2 & lower	0 & lower	–7 & lower	–4 & lower	–1 & lower
Class B	+6	+3	–1 0	+2 +3	+4 +5	–4 –3	–1 0	+1 +2	–6 –5	–3 –2	0 +1
Class C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	–2 to +2	+1 +2	+3 +4	–4 to +2	–1 to +2	+2 +3
Class D	+8 & up	+5 & up	+3 & up	+6 & up	+8 & up	+3 & up	+3 & up	+5 & up	+3 & up	+3 & up	+4 & up

کلاس ناپیوستگی ها به ۴ دسته زیر تقسیم می گردد :

کلاس= A بدون توجه به اندازه طول ناپیوستگی، مردود می باشند.

کلاس= B ناپیوستگی تا طول ۲۰ میلیمتر قابل قبول است.

کلاس= C ناپیوستگی تا طول ۵۰ میلیمتر قابل قبول است.

کلاس= D بدون توجه به اندازه طول ناپیوستگی، قابل قبول می باشند.

نکته:

الف) اگر دو عیب قابل قبول درکلاس B یا C به صورت متوالی قرار گرفتند، باید به اندازه ۲ برابر طول بزرگترین عیب با هم فاصله داشته باشند. چنانچه ۲ یا چند عیب که فاصله آنها کمتر از ۲ برابر طول بزرگترین عیب باشد، اگر مجموع آنها به همراه فاصله آنها برابر یا کمتر از طول مجاز در کلاس خود باشند به عنوان یک ناپیوستگی قابل قبول در نظر گرفته می شوند.

ب) ناپیوستگی کلاس B یا C باید به اندازه ۲ برابر طول عیب از لبه، فاصله داشته باشند.

پ) ناپیوستگی هایی که در ناحیه ریشه جوش های شیاری با نفوذ کامل با پخ دو طرفه، که به عنوان جوش های کششی در نقشه ها مشخص شده اند، بایستی با ۴ دسی بل افزایش حساسیت، مورد ارزیابی قرار گیرند.

ت) ضخامت جوش بایستی به عنوان ضخامت قطعه نازکتر اتصال دو قطعه در نظر گرفته شود.

۶- تعمیرعیب

محل دقیق عیب روی جوش باید با متال مارکر علامت گذاری شود. همچنین درکنارجوش نوع عیب، مکان و اندازه آن نوشته شود. بعد از برداشتن عیوب و جوشکاری مجدد، محل جوشکاری شده باید با آزمایش فراصوتی کنترل شود.

۷- ثبت گزارش

پس از انجام آزمایش فراصوتی، بازرس موظف است که تمامی اطلاعات بدست آمده را در فرم گزارش نهایی آزمایش فراصوتی با شماره FM-WD-03-00 ثبت نماید. فرم گزارش نهایی باید به تایید مدیر فنی یا جانشین وی برسد.
عیوب مشاهده شده باید با ذکر نوع، محل و اندازه در گزارش قید گردد. در گزارش بازرسی بایستی حداقل موارد اساسی شامل مشخصات دستگاه، شماره سریال دستگاه، سایز کریستال جستجوگر، فرکانس و زاویه جستجوگر، نوع ماده واسط، استاندارد مورد استفاده، بلوک های کالیبراسیون، نام فرد آزمایش گر، ضخامت، جنس قطعه و سر جوش مورد تست، کلاس عیب، قبولی یا ردی عیب بایستی قید گردد.
در صورت هر گونه عدم انطباق شرایط بازرسی با دستورالعمل موجود، بازرس می بایست شرایط موجود را ثبت و به مدیر فنی گزارش نماید. ادامه انجام بازرسی منوط به رفع عدم انطباق های موجود می باشد.

۸- مراجع

استاندارد جوشکاری سازه های فولادی AWS D1.1(2020)
استاندارد برای آزمایش فراصوتی، صفحات فولادی با جستجوگر موج طولی ASTM A435M

۹- پیوست

پیوست شماره ۱:
فرم گزارش آزمایش فراصوتی با شماره FM-WD-03-00

پیوست شماره ۲ :
کنترل و تایید عملکرد دستگاه فراصوتی
صحت عملکرد دستگاه باید به صورت دوره ای کنترل شود و در صورت عدم عملکرد صحیح دستگاه کلیه آزمون های انجام شده از آخرین کنترل عملکرد دستگاه بایستی مجددا تکرار گردد.

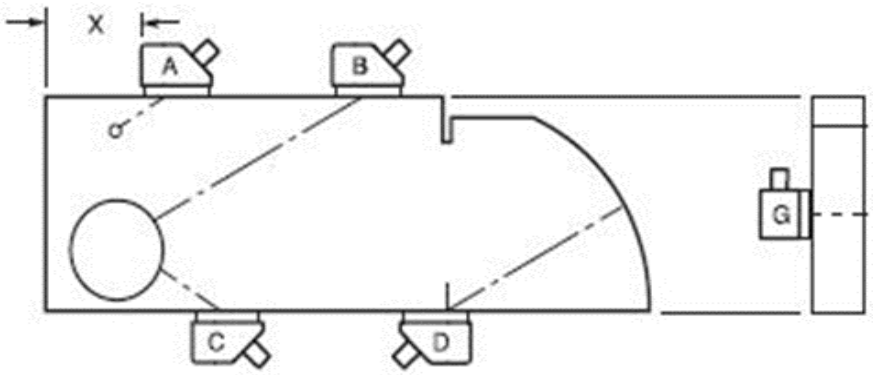
پیوست شماره ۳ :
آزمایش تورق مطابق با استاندارد ASTM A435M

پیوست شماره ۴ :
فرمول های کاربردی آزمایش فراصوتی

پیوست ۲ :

۱-کنترل و کالیبراسیون محور زمانی (محور افقی)

برای کنترل خطی بودن محور زمانی از بلوک IIW و جستجوگر موج طولی استفاده می شود، بطوری که موقعیت قرارگیری جستجوگر مطابق شکل زیر در حالت G و دستگاه برای نمایش ۵ اکو دیواره پشتی تنظیم شود. اولین و پنجمین اکو را در موقعیت های مناسب با استفاده از کنترل کننده های دستگاه تنظیم می نماییم. هم اکنون تمامی اکو های بین اکوی ۱ و ۵ باید در موقعیت های مناسب قرار داشته باشند، حداکثر میزان انحراف موقعیت اکوها ۲٪ عرض صفحه است. این کنترل بایستی حداقل هر دو ماه یکبار صورت پذیرد.



۲- کنترل خطی بودن دامنه (محور عمودی)

برای کنترل خطی دامنه دستگاه می توان از هر بلوک کالیبراسیونی که دارای سوراخ جانبی می باشد و جستجوگر موج زاویه ای که قرار است آزمون با آن جستجوگر انجام شود، استفاده نمود.

جستجوگر را طوری بر روی بلوک قرار داده که یک اکو از سوراخ ۱.۵mm روی صفحه نمایان شود. با استفاده از کنترل dB دستگاه، طوری تنظیم کنید که اکو به ۸۰٪ کل ارتفاع صفحه برسد و سپس مقدار dB دستگاه را یادداشت نمایید. با افزایش دامنه به میزان ۲dB، ارتفاع اکو یادداشت شود. با کاهش دامنه به میزان ۲dB، ارتفاع اکو را مجددا به ۸۰٪ کل ارتفاع صفحه برسانید. با کاهش دامنه به میزان ۶dB، ارتفاع اکو را یادداشت نمایید. با کاهش مجدد دامنه به میزان ۱۲dB ارتفاع اکو را یادداشت نمایید.

۶ ارتفاع اکو را یادداشت نمایید. ارتفاعات ثبت شده در جدول زیر باید در محدوده dB مجددا با کاهش دامنه به میزان قید شده در جدول باشد. این کنترل بایستی حداقل هر دو ماه یکبار صورت پذیرد.

محدوده قابل قبول	ثبت	درصد صفحه	dB تغییر
نباید کمتر از ۹۵٪ باشد		۱۰۰	+۲
خط مرجع		۸۰	۰
۳۷-۴۷٪		۴۰	-۶
۱۷-۲۳٪		۲۰	-۱۲
۸-۱۲٪		۱۰	-۱۸
زیر ۸٪ و قابل رویت		۵	-۲۴

پیوست۳:

آزمایش تورق مطابق با استاندارد ASTM A435M

عیب تورق یکی از عیوب صفحه ای می باشد که در فرآیند تولید ایجاد می گردد. اگر در شمش ریختگی که برای فرآیند نورد استفاده می شود، عیوب حجمی مانند ناخالصی ها وجود داشته باشد، این عیوب در زمان نورد، تغییر شکل داده و به عیوب صفحه ای تبدیل می شوند، که باعث جدا شدن لایه ای فلز می شود. عیب تورق تنها با آزمایش فراصوتی و جستجوگر موج طولی قابل شناسایی می باشد.

این دستورالعمل جهت آزمایش فراصوتی با جستجوگر موج طولی برای ورق ها، با ضخامت ۱۲.۵ میلیمتر و بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد.

سطح ورق مورد آزمایش می بایست صاف و هموار باشد، تا اینکه بتوان ارتفاع اکو از بازتاب برگشتی مرجع از دیواره پشتی ورق را تا حداقل ۵۰ تا ۷۵ درصد ارتفاع صفحه CRT در طی اسکن برسانیم.

فرکانس مورد استفاده در این استاندارد Mhz ¼ 2، توصیه می شود. البته ضخامت و سایز دانه یا ریز ساختار بر روی انتخاب فرکانس موثر است. اگرچه فرکانس های کمتر از 1Mhz ممکن است با موافقت خریدار استفاده شود.

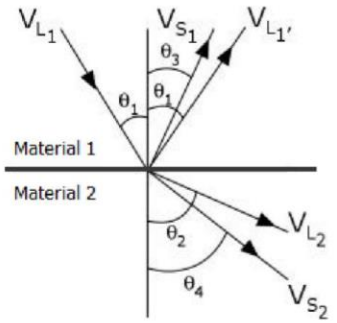
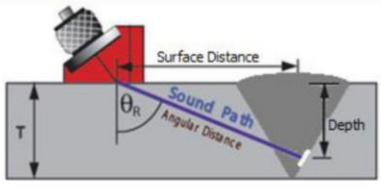
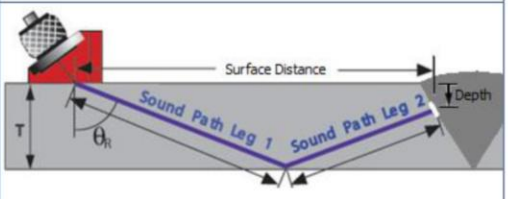
برای آزمایش تورق می بایست بر روی ورق تقسیم بندی هایی به عنوان مش بندی بر روی سطح ورق انجام دهیم. جهت مش بندی ورق، ۲ اینچ از لبه ها اندازه گیری و خط ابتدایی را رسم می کنیم، خطوط بعدی به فاصله های ۳، ۴ و یا ۹ اینچ در طول و عرض تقسیم بندی می شود. اسکن ها باید به صورت پیوسته در مسیرهای موازی، با عرض ورق یا موازی با محور اصلی ورق انجام گیرد. و میزان اسکن در تمام مسیرها نباید کمتر از ۱۰ درصد هم پوشانی داشته باشد. هرگاه عیبی مشاهده گردد، خانه های مجاور نیز جهت مشخص نمودن عیب لازم است که آزمایش شوند.

جهت تعیین محدوده عیب تورق از روش کاهش ۶ دسی بل استفاده می کنیم.

هر ناپیوستگی که باعث شود اکو دیواره پشتی افت کلی کند و قطر آن ۷۵ میلیمتر یا نصف ضخامت ورق باشد هر کدام که بزرگتر است غیر قابل قبول است.

پیوست ۴ :

Feature	Formula	Remarks
Longitudinal (Compression) velocity	$V_L = \left[\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}\right]^{0.5}$; [m/s]	Where: E = Modulus of elasticity (Young's modulus) [N/m^2] ρ = Mass density [kg/m^3] ν = Poisson's ratio
Transverse (shear) velocity	$V_T = \left[\frac{E}{2\rho(1+\nu)}\right]^{0.5} = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$; [m/s]	Where: G = Shear modulus [N/m^2]
Frequency	$f = \frac{V}{\lambda}$; [Hz]	Where: λ = Wave Length [m] V = Velocity [m/s]
Acoustic impedance	$Z = V\rho$; [kg/m^{2}s]	Where: V = Velocity [m/s] ρ = Density [kg/m^3]
Near-field (circular)	$N_o = \frac{D^2 f}{4\,V}$; [mm] $for\ \frac{D}{\lambda} > 10$	Where: D = Transduser diameter [mm] f = Transduser frequency [Hz] V = Sound velocity [mm/s]
Beam divergence-angle (circular)	$\sin\theta = \frac{1.2\,V}{D\,f}$	Where: θ = Beam divergence angle from centerline to point where signal is at half strength
Reflection coefficient	$R = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$	Where: Z_1 = Acoustic impedance of Medium 1 Z_2 = Acoustic impedance of Medium 2
Transmission coefficient	$T = (1 - R) = \frac{4\,Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$	Where: R = Reflection coefficient

Snell's law	$\frac{\sin\theta_1}{V_{L_1}} = \frac{\sin\theta_2}{V_{L_2}} = \frac{\sin\theta_3}{V_{S_1}} = \frac{\sin\theta_4}{V_{S_2}}$ 	Where: V_{L_1} & V_{L_2} = the longitudinal wave velocities in the first and second materials, respectively V_{S_1} & V_{S_2} = the shear wave velocities in the first and second materials, respectively θ_1 & θ_2 = the angles of incident and refracted longitudinal waves, respectively θ_3 & θ_4 = the angles of the converted reflected and refracted shear waves, respectively
Amplitude attenuation	$A = A_o\, e^{-\alpha Z}$	Where: A_o = Initial (unattenuated) amplitude α = Attenuation coefficient [dB/m] Z = Traveled distance [m]
Sound amplitude gain (or loss) in Decibel	$\Delta A = 20\ \log\frac{A_2}{A_1}$; [dB]	Where: A_1 = Amblitude of the first pulse A_2 = Amblitude of the second pulse
Distance to reflector or discontinuity (*normal or angle beam*)	$d = \frac{V\,t}{2}$	Where: V = Sound velocity (longitudinal or shear) [m/s] t = Time difference [s]
Surface Distance & Depth (***1st Leg***)	$\text{SD} = \text{Sound Path} \times \sin\theta_R$ $\text{Depth}\ (1^{st}\ leg) = \text{Sound Path} \times \cos\theta_R$	
Surface Distance & Depth (***2nd Leg***)	$\text{SD} = \text{Sound Path} \times \sin\theta_R$ $\text{Depth}\ (2^{nd}\ leg) =$ $2T - (\text{Total Sound Path} \times \cos\theta_R)$	
Skip Distance for weld inspection	$\text{Skip Distance} = 2T \times \tan\theta_R$