

خطاهای جوشکاری در اتصالات

با وجود تجربه تلفات و خسارات سنگین زلزله های اخیر مانند زلزله های منجیل و بم (تصویر ۱)، احتمال جدی وقوع زمین لرزه های بزرگ در بیشتر مناطق پر جمعیت کشور و نیاز جدی به اعمال کنترل کیفی در طراحی و اجرای ساختمانها، متأسفانه هنوز توجه کافی به ساخت و ساز صحیح نشده است. از نظر علم مهندسی زلزله، در حال حاضر ساخت بناهای مقاوم در برابر زلزله امکان پذیر است، لیکن عملاً به دلیل یکسری مشکلات اجرایی رسیدن به ساختمانهای مقاوم تضمین نمی گردد

شکل ۱) تخریب شدید یک ساختمان فولادی در زمین لرزه بم به علت وجود طبقات نرم در امتداد نیروی جانبی زلزله

مشکل اصلی آسیب پذیری لرزه ای ساختمانها حتی نمونه های جدید الاحداث در ایران، عدم دستورات عملیاتی اتصالات. استفاده صحیح از دانش فنی در مراحل طراحی و اجرا می باشد جوشکاری شده و ضوابط طراحی ساختمانهای فولادی، گاهی در طراحی و اجرا سهل انگاری میشود. لذا بایستی سطح معلومات فنی این افراد افزایش یافته و نیز مکانیزمی برای اعمال

قاطعیت اجرایی و کنترل امر در نظر گرفته شود و البته طوری که حقوق مهندس ناظر حفظ شده و مسئولیتها به درستی تقسیم گردد.

ساختمانهای فولادی بخش قابل توجهی از ساخت و ساز در ایران را تشکیل میدهند و یکی از تصاویر ۲ و ۳). مهمترین موضوعات در هر ساختمان فولادی، کنترل جوشکاری آن میباشد اهمیت این امر در زلزله های اخیر نتمان داده شده است که خسارات اساسی پس از بریدن جوش اتصال عضو سازه ای مدید میآید(شکل ۴).

شکل ۲) عمده ساختمانهای بلند در تهران با اسکلت فولادی و اتصالات گیردار اجرا میشوند که نیاز به تامین شرایط ویژه کنترل کیفی جوش دارند

شکل ۳) ضعف جوشکاری اتصالات که یکی از علل اصلی تخریب یک ساختمان فلزی قدیمی در تهران بوده است

جوشها در همه بخشها بایستی منطبق بر اطلاعات نقشه بوده و از لحاظ بعد و طول جوش (شکل ۵) و کنترل کیفیت لازم بررسی گردد. در استاندارد ۲۸۰۰، آزمایشات اولتراسونیک و رادیوگرافی برای کنترل اتصالات جوشی قابهای خمشی ویژه اجباری شده است که البته بسته به تشخیص مهندس ناظر در سایر حالات حتی در ساختمانهای معمولی نیز باید انجام گردد.

در این مقاله ، ضمن مروری بر عیبهای معمول جوشکاری در اجرای ساختمانهای فولادی، روشهای بازرسی و کنترل کیفیت جوش ارائه میگردد.

شکل (۴) خسارت لرزه ای وارد بر یک ساختمان فولادی در زلزله بم که پس از بریدن جوش اتصال عضو مهاربندی پدید آمده است .

شکل (۵) جزئیات ضعف طول و کیفیت جوشکاری در یک ستون قوطی و اتصال گیردار تیر به ستون ساختمان فلزی.

عیبها و ناپیوستگی های معمول در جوشکاری 2.

یکی از مهمترین وظایف بازرسی یا تیم کنترل کیفی جوش ، ارزیابی حقیقی جوشها به منظور

بررسی مناسب بودن آنها در شرایط بهره برداری و در واقع تعیین هر گونه کمبود و نیز

نامنظمی در جوش یا قطعه جوشکاری شده که عموماً ناپیوستگی نامیده میشود میباشد. در

حالیکه یک ناپیوستگی، هر گونه اختلال در ساختار یکنواخت را بیان می کند، یک عیب

شکل ناپیوستگی را . ناپیوستگی ویژه است که مناسب بودن سازه یا قطعه را زیر سؤال می برد

میتوان به دو گروه کلی خطی و غیر خطی تقسیم نمود. ناپیوستگی های خطی طولی به مراتب

بیش از پهنا دارند. زمانیکه در جهت عمود بر تنش اعمالی قرار گیرند، یک ناپیوستگی خطی

نسبت به غیر خطی شرایط بحرانی تری را ایجاد می کند، چرا که احتمال اشاعه و در نهایت تخریب آن بیشتر خواهد بود.

ناپیوستگیهای فلز جوش و فلز پایه 3.

ترکها . 3-1

بحرانی ترین ناپیوستگی ها، ترکها هستند. شرایط اضافه بار باعث ایجاد ترکها و تمرکز تنش می شود. یک روش گروه بندی ترکها با مشخص کردن آنها به صورت گرم یا سرد است . همچنین ترکها را میتوان توسط جهت آنها نسبت به محور طولی جوش توصیف نمود. ترکهای طولی بعلاوه تنشهای انقباضی عرضی جوشکاری یا تنشهای سرویس ایجاد می شوند. ترکهای عرضی عموماً به علت اثر تنشهای انقباضی طولی جوشکاری روی جوش یا فلز پایه با انعطاف پذیری کم ایجاد می شوند (شکل ۶). انواع مختلف ترک با توصیف دقیق موقعیتهای اجزا مختلف شامل : ترکهای گلویی، ریشه ، کناره ، چاله جوش ، زیر گرده منطقه متأثر از حرارت و فلز پایه هستند.

ترکهای گلویی که از میان گلویی جوش یا کوتاهترین مسیر در سطح مقطع جوش گسترش می یابد، از نوع ترکهای طولی بوده و اغلب در طبقه بندی ترک گرم قراردارند.

شکل ۶) ترکهای طولی و عرضی در جوشهای شیاری و گوشه ترکهای ریشه در فلز پایه یا در خود جوش نیز در زمره ترکهای طولی هستند. ترکهای کناره جوش در فلز پایه ایجاد شده و در ترکهای چاله جوش در نقطه پایانی ردیفهای منفرد جوش در .کناره جوش توسعه ما یابند صورت عدم مهارت جوشکار ایجاد می شوند. دسته بعدی ترکها، ترک زیر جوش به علت حضور . هیدروژن است

.این نوع ترک بجای فلز جوش در ناحیه تحت تاثیر حرارت به موازات خط ذوب واقع هستند

ذوب و نفوذ ناقص .2-3

طبق تعریف ، ذوب ناقص یک ناپیوستگی در جوش است که ذوب شدن بین فلز جوش و سطوح ذوب و یا لایه های جوش رخ نداده باشد. بعلت خطی بودن و انتهای نسبتا تیز آن ، ذوب ناقص از ناپیوستگی های بارز در جوش است و در وضعیتهای مختلف در منطقه جوش تشکیل می شود. نفوذ ناقص معرف حالتی است که فلز جوش به طور کامل در سراسر ضخامت ورق گسترده نشده باشد. موقعیت این عیب در مجاورت ریشه جوش است . ذوب و نفوذ ناکافی به علت عدم مهارت جوشکار، شکل نامناسب اتصال یا آلودگی اضافی ایجاد می شود

سرباره های محبوس شده .3-3

مناطقى در سطح مقطع يا در سطح جوش هستند كه سرباره محافظ حوضچه جوش به طور

مكانيكى درون فلز منجمد شده محبوس ميشود. اين سرباره منجمد شده بخشى از مقطع

جوش را نمايش مى دهد كه فلز جوش بخوبى ذوب نمى شود. اين پديده خود سبب ايجاد

بخشى ضعيف در نمونه خواهد شد. در حقيقت سرباره هاى محبوس شده اغلب در ارتباط با

ذوب ناقص هستند.

تخلخل 3-4.

اين نوع ناپيوستگى در خلال انجماد جوش در اثر حبس گاز ايجاد مى شود. بنا بر اين تخلخل را

بسادگى ميتوان ، حفره هاى گاز درون فلز جوش منجمد شده دانست . به علت طبيعت كروى

شكل آنها، تخلخل كمترين خطر را در ميان ديگر ناپيوستگى ها داراست ولى در زمانيكه جوش

بايد تحمل فشارهاى بالا را داشته باشد حضور تخلخل خطرناك خواهد بود. منابع مختلفى

براي حضور رطوبت يا آلودگى وجود دارد كه ميتوان الكترود فلز پايه ، گاز محافظ يا محيط

اطراف را در اين ميان نام برد، تغيير در تكنيك جوشكارى نيز مى تواند سبب ايجاد تخلخل

شود.

بريدگى کنار جوش 3-5.

بریدگی کنار جوش یک ناپیوستگی سطحی است که در فلز پایه مجاور فلز جوش رخ میدهد. در شرایطی عیب را داریم که فلز پایه شسته شده ولی با فلزی پرکننده جبران نمی شود. نتیجه ، ایجاد یک شیار خطی با شکلی نسبتاً تیز است که در فلز پایه تشکیل می شود. این عیب بعلت سطحی بودن ماهیت آن برای بارگذاری خستگی خطرناک است . بریدگی کنار جوش عموماً به علت تکنیک جوشکاری نامناسب ایجاد می گردد، به ویژه اگر سرعت حرکت جوش زیاد باشد. علاوه بر این اگر گرمای جوشکاری بسیار بالا باشد می تواند سبب ذوب شدن بیش از حد فلز پایه گردد.

پرشدن ناقص . 3-6

این مورد مشابه بریدگی کنار جوش ، یک ناپیوستگی سطحی است که به علت کمبود ماده در مقطع عرضی ایجاد میشود. تنها تفاوت در این میان این است که پرشدن ناقص در فلز جوش ولی بریدگی کنار جوش در فلز پایه یافت می شود. به بیان ساده ، پرشدن ناقص ، زمانی رخ می دهد که فلز پرکننده به اندازه کافی برای پرکردن اتصال جوش در دسترس نباشد (شکل ۷). مشابه بریدگی کنار جوش ، پرشدن ناقص نیز هم در سطح رویی و هم در ریشه جوش

ظاهر می شود. دلیل اولیه پرشدن ناقص ، تکنیک غلط جوشکاری است . مثلا سرعت زیاد

جوشکاری اجازه پرشدن اتصال و هم سطح شدن آن با فلز را نمی دهد

. شکل ۷ پر شدن ناقص در فلز جوش

3-7. سررفتن

نوع دیگر ناپیوستگی سطحی جوش که از تکنیک نامناسب جوشکاری (سرعت جوشکاری خیلی آرام) ناشی می شود، سررفتن است که در آن ، فلز جوش روی فلز پایه مجاورش سر می رود و درکناره جوش ، شیاری تیز را ایجاد می نماید. به علاوه اگر مقدار سررفتن به اندازه کافی زیاد باشد می تواند ترکی را که از این تمرکز تنش ایجاد می شود را مخفی نماید

3-8. تحدب بیش از حد

این ناپیوستگی مختص جوشهای گوشه است و طبق تعریف تحدب عبارت از حداکثر فاصله از رویه محدب یک جوش گوشه تا خط واصل بین کناره های جوش است . از نقطه نظر استحکام مقدار تحدب در جوش گوشه ضروری است ولی اگر از حدی بیشتر باشد، به عنوان یک عیب تلقی می شود. این مطلب هم از نقطه نظر اقتصادی (مصرف فلز پرکننده بیشتر) و هم از نظر

حضور مناطق تیز اطراف جوش به خصوص در بارگذاری خستگی مطرح می شود. دلیل ایجاد

. تحذب ، آرام بودن سرعت جوشکاری یا تکنیک ناصحیح جوشکاری است

لکه قوس و پاشش .3-9

لکه های قوس در نتیجه شروع قوس عمداً یا تصادفی روی سطح فلز پایه دور از اتصال به وجود

میآیند. در اثر این رخداد، منطقه ای متمرکز شده از سطح فلز پایه ذوب شده و سریعاً سرد و

شکننده می شود. پاشش همان ذرات فلزی پراکنده ناشی از جریان بالای جوشکاری هستند که

در تشکیل جوش نقشی ندارند. از نقطه نظر بحرانی بودن ، پاشش ممکن است زیاد مهم تلقی

نشود، ولی در هر حال مقادیر زیاد پاشش میتواند گرمای موضعی زیادی را به سطح فلز مشابه

با اثر لکه قوس ایجاد کنند و حتی سبب تشکیل ناحیه تحت تاثیر حرارت شوند

اعوجاج .3-10

خمیدگی یا اعوجاج از مشکلات مهم جوشکاری است که باید برطرف گردد. این مسئله در اثر

انقباض که به هنگام گرم و سرد شدن پس از عملیات جوشکاری در فلز پایه و جوش بوجود

میآید، شکل می گیرد. برای کنترل اعوجاج باید شرایط لازم برای جوشکاری شامل کنترل قبل

،، حین و بعد از جوشکاری تامین گردد

تورق و پارگی سراسری . 3-11

این ناپیوستگی ویژه مربوط به فلز پایه است . تورق در اثر حضور آلودگی و ناخالصی غیر فلزی موجود در زمان تولید فولاد ایجاد می شود. این ناخالصی ها به طور طبیعی اکسیدی هستند که در زمانیکه فولاد هنوز مذاب است تشکیل شده و در خلال عملیات بعدی نورد کشیده شده و موجب تورق می شوند. نوع دیگر ناپیوستگی مربوط به پارگی سراسری است و زمانی رخ می دهد که در جهت تمام ضخامت در اثر جوشکاری تنشهای انقباضی بزرگی ایجاد شده باشد. پارگی عموماً موازی سطح نورد شده زیر فلز پایه و معمولاً موازی مرز ذوب جوش رخ می دهد. پارگی سراسری یک ناپیوستگی است که مستقیماً به طرز قرار گیری اتصال مرتبط می شود.

جابجا شدن و ناپیوستگی های ابعادی . 12.3

در اثر سوار کردن و مونتاژ غلط اجزای مورد جوش در کنار یکدیگر، جابجایی بصورت هم محور نبودن دو سطح قطعه کار در جوشهای لب به لب است که در مواردی با برشکاری رفع می شود، اما در بیشتر مواقع باید جوش را بریده و مجدداً عملیات جوشکاری با دقت تکرار شود. ناپیوستگی های ابعادی، نقائص شکل یا ابعاد هستند و هم در جوش و هم در سازه جوش شده بروز می کنند.

آزمایشهای جوش 4.

ارزیابی جوشکار 4-1.

آزمونی که صلاحیت جوشکار را برای اجرای ضوابط آیین نامه ای تایید می کند، آزمایش تشخیص صلاحیت یا ارزیابی جوشکار و یا آزمون کیفیت اجرا خوانده می شود. این ارزیابی مشخص می کند که آیا جوشکار دانش و مهارت لازم را در بکارگیری و اعمال دستورالعمل جوشکاری مدود در رابطه با رده بندی کاری خود دارد یاخیر. ارزیابی جوشکار ممکن است با تجهیزات جوشکاری دستی و یا با تجهیزات جوشکاری تمام اتوماتیک انجام شود.

روشهای آزمایشی که کیفیت یک جوش را تعیین می کند، در سه طبقه بندی بسیار وسیع قرار می گیرد. ۱-آزمایش های غیر مخرب ، ۲- آزمایشهای مخرب و ۳- بازرسی عینی.

آزمایشهای غیر مخرب 4-2.

هدف از این آزمایشها، بازرسی و تشخیص عیوب مختلف جوش (سطحی و عمیق) و تایید آن می باشد، بدون اینکه قطعه جوش داده شده غیر قابل استفاده شود. اگر آزمایش نشان دهد که

محلی از جوش معیوب است می توان از طرفین محل مذکور به اندازه لازم برداشته و با جوش

. مجدد اتصال کاملی را به دست آورد

آزمون ذرات مغناطیسی .1-2-4

آزمون ذرات مغناطیسی یکی از آسانترین آزمایشهای غیر مخرب جوشکاری است . این روش

جوش را برای معایبی از قبیل ترکهای سطحی، ذوب ناقص ، تخلخل ، بریدگی کنار جوش ،

نفوذ ناقص ریشه جوش و اختلاط سرباره کنترل می کند. این آزمایش محل ترکهای داخلی و

سطحی بسیار ریز را برای رویت با حشم غیر مسلح آشکار میکند. قطعه مورد آزمایش با

استفاده از جریان الکتریکی، یا قراردادن آن در داخل یک سیم پیچ مغناطیسی می گردد. سطح

مغناطیسی شده قطعه با لایه نازکی از یک گرد مغناطیسی نظیر اکسید آهن قرمز پوشده می

شود و این لایه گرد در صورت وجود یک عیب سطحی یا داخلی در داخل حفره یا ترک

.مربوطه فرو می رود

بازرسی با مواد نافذ .2-2-4

بازرسی با مواد نافذ یکی از شیوه های غیر مخرب برای محل یابی معایب سطحی می باشد.

سطح مورد بازرسی باید ابتدا از لکه های روغن ، گریس و مواد ناخالص و خارجی تمیز شود.

سپس ماده رنگی مورد نظر بر روی سطح پاشیده شده و در داخل ترکها و سایر ناهمواریهای نفوذ می کند. رنگ اضافی از روی سطح پاک شده و سپس یک ماده فوق العاده فرار حاوی ذرات ریز سفید رنگ بر روی سطح پاشیده می شود. تبخیر مایع فرار باعث برجای ماندن گرد خشک سفید رنگ بر روی ماده قرمز نفوذ کرده در ترک می گردد و بر اثر عمل موینگی، ماده قرمز از ترک بیرون کشیده شده و پودر سفید کاملاً قرمز می شود.

آزمون فراصوتی. 3-2-4

آزمون فراصوتی قادر به تشخیص معایب داخلی بدون نیاز به تخریب قطعه جوش شده می باشد. موج های فراصوتی از داخل قطعه مورد آزمایش عبور داده می شوند و با هرگونه تغییر در تراکم داخلی قطعه منعکس می شوند. امواج منعکس شده (پژواک ها) به صورت برجستگی هایی نسبت به خط مبنا، بر روی صفحه نمایش دستگاه ظاهر می شوند. هنگامی که عیب یا ترک داخلی توسط واحد جست و جو پیدا شود تولید ضربان سومی می کند که بین ضربان اول بنابراین مشخص می شود که این عیب (8 و دوم بر روی صفحه نمایش ثبت می شود (شکل ۸). بین سطوح بالا و پایین مصالح (در داخل جسم مصالح) می باشد.

. شکل ۸) آزمون فراصوتی برای تشخیص معایب سطحی و نواقص داخلی فلز جوش و فلز پایه

آزمایش پرتونگاری. 4-2-4

پرتونگاری یکی از روشهای آزمایش غیر مخرب است که نوع و محل عیوب داخلی و بسیار ریز جوش را نشان میدهد. پرتو رادیویی در ضخامت فلز نفوذ کرده و پس از عبور این ضخامت لکه ای بر روی صفحه فیلم ایجاد می کند. میزان جذب پرتوهای رادیویی توسط مواد مختلف متفاوت است. نفوذ گل، حفره کازی، ترکها، بریدگی های کناره جوش و قسمتهای نفوذ ناقص جوش تراکم کمتری نسبت به فولاد سالم دارند. بنابراین در حوالی این قسمتها پرتو بیشتری به سطح فیلم می رسد و عیوب فلز جوش، به صورت لکه های تاریکی بر روی فیلم ثبت می شوند.

آزمایشهای مخرب. 4-3

این آزمایشهای مکانیکی نمونه جوش شده جهت تعیین مقاومت و سایر خواص مکانیکی، نسبتاً ارزان قیمت بسیار کاربردی هستند. به همین جهت در سطح وسیعی برای ارزیابی و تایید دستوالعمل جوشکاری و صلاحیت جوشکار به کار می روند.

نتیجه گیری. 5

ساختمانهای فولادی بخش قابل توجهی از ساخت و ساز در ایران را تشکیل می دهند و یکی از مهمترین موضوعات در هر ساختمان فولادی بویژه از نقطه نظر مقاومت لرزه ای، کنترل جوشکاری آن میباشد. جوشها در همه بخشها بایستی منطبق بر اطلاعات نقشه بوده و از لحاظ بعد و طول جوش و کنترل کیفیت لازم بررسی گردد. در این خصوص حتی ممکن است در بر روی جوش نیاز (NDT) یک ساختمان فولادی کوچک به انجام آزمایشات غیر مخرب باشد. در استاندارد ، ۲۸۰۰، آزمایشات اولتراسونیک و رادیوگرافی برای کنترل اتصالات جوشی قابهای خمشی ویژه اجباری شده است که البته بسته به تشخیص مهندس ناظر در سایر حالات نیز انجام میگردد.