

جوش

۱-۵ مقدمه:

جوشکاری عبارت است از اتصال و یکپارچه کردن مصالح به یکدیگر به کمک حرارت با و یا بدون استفاده از فشار و یا مواد پرکننده اضافی. برای ذوب فلز مینا و ماده جوش حرارت به کار می رود، تا مواد سیال شده و تداخل آنها عملی گردد.

ممول ترین روش های جوشکاری، خصوصاً برای جوش فولاد ساختمانی، از انرژی برق به عنوان منبع حرارتی است. بدین منظور اغلب از قوس الکتریکی استفاده می شود. قوس الکتریکی عبارت است از یک تخلیه جریان نسبتاً بزرگ بین الکترود و فلز مینا که از میان ستونی و مواد گازی یونیزه به نام پلاسما انجام می پذیرد.

در جوش قوس الکتریکی عمل ذوب و اتصال یا جریان مواد در طول قوس، و بدون اعمال فشار صورت می گیرد.

جوشکاری با استفاده از قوس الکتریکی

جوش های قوس الکتریکی با الکتروودروکشدار یکی از مهمترین، ساده ترین و شاید کارآمد ترین جوشی است که برای فولاد ساختمانی به کار می رود. در محاورات فنی، این روش به نام جوش دستی با الکتروود خوانده می شود. حرارت با برقرار نمودن قوس الکتریکی بین یک الکتروود روکش دار و اجزایی که باید متصل شوند، ایجاد می گردد. مدار جوشکاری در شکل ال- به نمایش درآمده است.

در جریان جوشکاری با ذوب الکتروود و انتقال به فلز مبنا، الکتروود روکشدار مصرف می شود. فلز الکتروود تبدیل به ماده پر کننده شده و قسمتی از روکش به گاز حافظه و قسمت دیگر آن به گل جوشکاری تبدیل می شود. روکش، مخلوطی گل مانند مانند از سیلیکات های سخت کننده و مواد گردی مانند فلوراید ها، کربنات ها، آلیاژهای فلزی و سلولز است. این مخلوط پخته و فشرده شده تا روکشی سخت و خشک و متراکم را به وجود آورد.

روکش الکتروود م تواند وظایف زیر را نیز به عهده داشته باشد:

۱- با ایجاد سپر گازی، هوا را جدا ساخته و قوس را تثبیت کند.

۲- مواد دیگری مانند احیا کننده ها را وارد جوش نماید تا بافت ساختمانی آن را بهبود بخشد.

۳- با ایجاد یک روکش از گل جوشکاری روی حوضچه مذاب و جوش سخت شده آنها را در مقابل اکسیژن و نیتروژن هوا محافظت کرده و در ضمن مانع سرد شدن سریع جوش گردد.

در استانداردهای مختلف برای نشان دادن انواع الکتروود از علائم گوناگون استفاده می شود، به عنوان مثال استاندارد انجمن جوشکاری آمریکا، علامت ها را با حروف E شروع می کنند، که با یک عدد چهار یا پنج رقمی دنبال می گردند. دو رقم اول سمت چپ معرف مقاومت کششی فلز الکتروود برحسب هزار پوند بر اینچ مربع می باشد. به طور مثال الکتروودهای نشان داده شده به صورت E60 XX دارای مقاومت کششی 60000psi ($4200\text{ کیلوگرم بر سانتی متر مربع}$) در فلز جوش است. اعداد بعدی که با XX نمایش داده شده اند نمایشگر عوامل موثر دیگر مانند وضعیت جوشکاری، منبع توصیه شده برای تامین الکتریسیته، جنس روکش و مشخصات قوس الکتریکی می باشند. این استاندارد تا حدود زیادی در ایران متداول شده است و در این بحث نیز از علائم آن استفاده شده است.

جدول انواع الکتروودهای روکشدار سازگار با انواع مختلف فولاد ساختمانی را مشخص می سازد. در جوشکاری فولادهای پر کربن و یا کم آلیژ به روش قوس

الکتریکی با الکتروود روکش دار، برای همه فولادهای ساختمانی استفاده از الکتروود های کم هیدروژن توصیه می گردد. این الکتروود مفتولی با پوشش سود یا آهک می باشد. مشخصات مکانیکی جوش های به دست آمده از جوشکاری با این الکتروود کیفیتی بالاتر از انواع دیگر جوش اتس.

روش های دیگر جوشکاری با قوس الکتریکی اغلب به صورت اتوماتیک انجام می شوند، عبارتند از جوشکاری تحت حفاظت گاز، و جوشکاری با فلوس مغزی که برای تشریح آنها باید به کتب تخصصی مراجعه نمود. در این روش الکتروودها به صورت مفتول پیوسته عاری از روکش بوده و عمل پوشش را پودر و یا گاز CO₂ انجام می دهد.

جوش پذیری فولادهای ساختمانی

اغلب فولادهای ساختمانی استاندارد را می توان بدون تدابیر خاص و استفاده از روش های معین جوش نمود. جوش پذیری فولاد، مشخصه درجه سهولت ایجاد یک اتصال ساختمانی سالم و بدون ترک است. بعضی از انواع فولادهای ساختمانی برای جوشکاری از انواع دیگر مناسب تر است. جدول ترکیب شیمیایی ایده آل فولادهای کربن دار را به نمایش می گذارد. اغلب فولادهای نرمه در این رده جای

می گیرند، در حالی که مقادیر مطلوب برای فولادهای پر مقاومت ممکن است از حدود تحلیلی ایده آل نمایش داده شده در جدول تجاوز کند.

انواع اتصال های جوشی

اگرچه در عمل انواع و ترکیبات مختلفی از انواع اتصال یافت می شود، ولی پنج نوع اتصال جوش اصلی وجود دارد که عبارتند از لب به لب، رویهم، سپری، گونیا و پیشانی.

اتصالات لب به لب

اتصال لب به لب اغلب برای متصل ساختن انتهای ورق های مسطح با ضخامت های نسبتاً مساوی مورد استفاده قرار می گیرند. امتیاز این نوع اتصال اجتناب از خروج از مرکزیتی است که در اتصال های رویهم یک طرف مانند شکل به وجود می آید. وقتی که در اتصال لب به لب از جوش شیاری با نفوذ کامل استفاده شود، اندازه اتصال به حداقل خود رسیده و ظاهر آن بسیار خوشایندتر از انواع دیگر اتصال می گردد.

اتصال پوشش (رویهم)

اتصال پوششی که انواع آن در شکل نمایش داده شده، معمول ترین نوع اتصال است. این اتصال دو مزیت عمده دارد:

۱- سادگی جفت و جور کردن: ساخت قطعات این نوع اتصال احتیاج به وقت زیاد، به میزانی که در انواع دیگر اتصالات جوشی مورد نیاز است. قطعات می توانند بر روی هم کمی جابجا گردند تا خطاهای کوچک ساخت را پوشانده یا تنظیم طول را عملی سازند.

۲- سادگی اتصال/دین: لبه های قطعات متصل شونده احتیاج به آمادگی خاصی ندارند و اغلب برش عادی خورده یا با شعله بریده می شوند. در اتصال پوششی اغلب از جوش گوشه استفاده می گردد.

اتصال گونیا

اتصال گونیا عمدتاً در ساخت مقاطع جعبه ای مستطیلی شکلی که تیرها و ستون های مقاوم در برابر پیچش را تشکیل می دهند مورد استفاده قرار می گیرد.

اتصال پیشانی

اتصال پیشانی اغلب نقش سازه ای به عهده ندارند، مورد استفاده آن معمولاً در نگهداری دو یا چند صفحه در یک سطح و یا نگهداری امتداد اولیه است.

انواع جوش

چهار نوع از جوش ها که در شکل نشان داده شده اند عبارتند از: جوش شیاری، جوش گوشه، جوش کام و جوش انگشترانه. هر نوع جوشی مزیت هایی مخصوص

به خود دارد ه دامنه کاربرد آن را تعیین می نماید. نسبت تقریبی استفاده از این چهار نوع جوش در ساخت اتصالات ساختمانی به این ترتیب است: جوش شیاری ۱۵ درصد، جوش گوشه ۸۰ درصد، و در ۵ درصد بقیه موارد جوش های کام و انگشترانه و انواع دیگر جوش های مخصوص به کار می روند.

جوش های شیاری

مورد استفاده اصلی جوش شیاری متصل ساختن قطعات سازه ای است که در روی یک سطح و در امتداد هم قرار گرفته اند. از آنجا که جوش های شیاری اغلب به منظور انتقال کل نیروی قطعاتی به وسیله ای جوش متصل می شوند مورد استفاده قرار می گیرند. لذا باید جوش از مقاومتی هم اندازه با مقاومت قطعات متصل شونده، برخوردار باشد. چنین جوش شیاری به عنوان جوش شیاری با نفوذ کامل شناخته می شود.

وقتی که درز جوش چنان طراحی شود که جوش شیاری در تمام عمق قطعات متصل شونده گسترش نیابد به چنین جوشی جوش شیاری با نفوذ نسبی اطلاق می شود. در طراحی این جوش ها الزامات خاصی را باید در نظر داشت.

لبه درز جوش در غلب جوش ها شیاری باید به طرز مخصوصی آماده گردد. نام گذاری انواع جوش شیاری نیز با توجه به این امر انجام شده است. شکل انواع

معمول جوش شیاری را به نمایش گذاشته و نحوه ساختن شیاری جوش را در هر یک مشخص می سازد. انتخاب جوش شیاری مناسب به روند جوشکاری مورد استفاده هزینه آماده کردن لبه درزهای جوش، و هزینه خود جوش بستگی دارد. از جوش شیاری همچنین می توان در ساخت اتصالات سپری استفاده نمود.

جوش گوشه

جوش گوشه به خاطر اقتصادی بودن آن سادگی به کارگیری و قابلیت استفاده از آن در اغلب موارد جوشکاری، از تمام انواع دیگر جوش بیشتر به کار می روند. بعضی از موارد استفاده جوش گوشه در شکل به نمایش گذاشته شده است. در این نوع اتصالات به خاطر رویهم گذاری قطعات احتیاج به دقت کمتری در جفت و جور کردن می باشد. در حالی که در مورد جوش شیاری باید قطعات را به دقت در یک امتداد قرار داده و شکافی در ریشه بین آنها باقی گذاشت. جوش گوشه به خصوص برای جوشکاری در محل نصب و یا برای جفت کردن دوباره اعضا یا اتصالاتی که قبلاً با رواداری های قابل قبولی ساخته شده اند ولی موقع نصب دقیقاً با هم جفت و جور نمی شوند، از مزیت های زیادی برخوردار است.

جوش های کام و انگشتانه

جوش های کام و انگشتانه را می توان به تنهایی در اتصالاتی نظیر آنچه در شکل های نمایش داده شده، مورد استفاده قرار داد، یا در ترکیب با جوش گوشه مانند شکل به کار گرفت. یکی از موارد استفاده جوش کام و انگشتانه، انتقال برش در اتصالات پوششی است که اندازه اتصال، طول جوش گوشه یا دیگر انواع جوش را محدود می نماید. جوش های کام و انگشتانه همچنین برای جلوگیری از کماتس قسمت های روی هم گذاشته شده به کار می آیند.

عواملی که در کیفیت اتصالات جوشی موثرند.

دستیابی به یک اتصال جوشی رضایت بخش، احتیاج به کار گروهی و ترکیب چندین تخصص مختلف دارد، که از طراحی اتصال و انتخاب نحوه جوشکاری شروع شده، و با انجام عملیات جوشکاری پایان می یابد. مهندس طراح سازده باید از عوامل موثر در کیفیت جوشکاری مطلع بوده، آنها را در طرح اتصالات خود به کار گیرد.

الکتروود مناسب، وسایل جوشکاری و روشهای کار

بعد از آنکه الکتروود سازگار با مقاومت قطعات فولادی که قصد اتصال آنها به هم را داریم، انتخاب شد، قطر الکتروود جوشکاری باید انتخاب گردد. قطر الکتروود مورد استفاده براساس اندازه جوش مورد نظر و جریان اکتتریکی خروجی از دستگاه جوشکاری، انتخاب می شود از آنجا که اغلب دستگاه های جوشکاری تنظیم کننده هایی برای کم کردن جریان خروجی دارند، به جای الکتروودهای با قطر زیاد می توان از الکتروودهای کوچکتر استفاده کرد.

چون در جوش قوس اکتتریکی فلز جوش به وسیله میدان الکترومغناطیسی و نه به واسطه وزن خود در درز جوش جا می گیرد، پس دامنه جوشکار به موقعیت های افقی با تخت محدود نمی گردد. چهار وضعیت اصلی جوشکاری، در شکل نمایش داده شده است. طراح تا آنجا که ممکن است باید از حالت جوش سقفی اجتناب کند، چه این وضعیت از تمام حالات دیگر جوشکاری مشکل تر است. جوش هایی که در کارخانه و بر روی زمین اجرا می شوند اغلب در وضعت تخت یا افقی انجام می گیرند، ولی جوش های در محل مناسب نصب بسته به شکل اتصال ممکن است در هر وضعیتی اجرا شوند. وضعیت جوشکاری در کارگاه باید به وسیله طراح به دقت مورد مطالعه قرار گیرد.

۳- متعادل ساختن نیورهای انقباض به وسیله:

الف) استفاده از تفارن در جوشکاری، (جوش های گوشه در دو طرف یک قطعه اثر یکدیگر را خنثی می نمایند).

ب) استفاده از جوشکاری با ترتیب متناوب

ت) استفاده از گیره و بسته. این وسایل باعث کش آمدن فلز جوش در حین سرد شدن آن می گردد.

معایب احتمالی جوش

در صورتی که روش ها و فنون صحیح جوشکاری به کار گرفته نشود تعدادی معایب ممکن است و اثر گیسختگی های داخل فلز جوش به وجود آید. بعضی از معایب رایج عبارتند از (شکل زیر)

ذوب ناقص

ذوب ناقص عبارتند از عدم تداخل کامل فلز پایه و فلز جوش مجاور آن. این عیب ممکن است در اثر تمیز بودن سطوحی که باید به یکدیگر متصل گردند و پوشیده بودن آنها از گرد و خاک ، گل و جوش، زنگ زدگی یا هر دو عامل خارجی دیگری اتفاق بیفتد. علت دیگری وقوع این عیب استفاده از وسایل جوشکاری با

شدت جریان کم و بنابراین نرسیدن فلز مبنا به نقطه ذوب آن می باشد. سرعت زیاد جوشکاری نیز درست همین تاثیر را به جا می گذارد.

نفوذ ناکافی در درز

نفوذ ناکافی بدین معنی است که فلز جوش تا عمق کمتری از آنچه مشخص گردیده در داخل شیار پیشروی می نماید. نمونه ای از این عیب در شکل فوق همراه با مشخص ساختن نفوذ کامل به نمایش درآمده است. نفوذ ناقص تنها هنگامی که در دستور العمل ها چنین مشخص گردیده مورد قبول است.

این عیب که عمدتاً به جوش های شیاری نفوذی مربوط می گردد در صورت طرح نامناسب جوش درزها در رابطه با روش جوشکاری انتخابی، الکترودهای بزرگتر از اندازه و جریان الکتریکی ناکافی، با سرعت زیاد جوشکاری اتفاق می افتد.

تخلخل

تخلخل در صورت ایجاد حفره های خالی یا محبوس شدن گازها در فلز جوش هنگام سرد شدن آن اتفاق می افتد. این عیب در صورت استفاده از شدت جریان های خیلی زیاد با طول قوس خیلی بلند پیدا می شود. تخلخل ممکن است به طور یکنواخت در طول جوش پراکنده گردد. یا ممکن است به صورت یک حفره بزرگ در ریشه جوش گوشه یا ریشه جوش شیاری در مجاورت تسمه پشت بند متمرکز گردد. حالت اخیر به دلیل روش جوشکاری نامناسب و استفاده غیر صحیح از تسمه های پشت بند اتفاق می افتد.

گود افتادگی کناره جوش

گود افتادگی به معنای شیار ذوب شده ای در فلز مبنا می باشد که در انتها ساق جوش قرار گرفته و به وسیله فلز جوش پر نشده است. استفاده از جریان قوی یا طول قوس زیاد ممکن است فلز مبنا را بسوزاند یا قسمتی از آن را از جای خود

جدا کرده شیاری به جای گذارد. این عیب به راحتی قابل تشخیص است و می توان آن را به جا گذاشتن مقدار بیشتری از فلز جوش برطرف نمود.

تداخل گل جوشکاری

گل جوشکاری در حین عملیات جوشکاری در نتیجه عکس العملش شیمیایی حاصل از ذوب روکش الکتروود تشکیل می گردد و مخلوطی از اکسید فلزات و ترکیبات دیگر می باشند. به دلیل وزن مخصوص کمتر، گل جوشکاری اغلب به سطح حوضچه مذاب می آید و وقتی که جوش سرد شد به راحتی توسط جوشکار کنده میشود. سرد شدن سریع جوش ممکن است گل جوش را قبل از رسیدن به سطح دام بیندازد. جوش های سقفی مانند شکل بیشتر در معرض تداخل گل جوش قرار دارند و باید به دقت بازرسی شوند. وقتی که برای تامین اندازه جوشی مشخص احتیاج به چند بار عبورالکتروود می باشد. باید بین هر دو عبور، جوشکار گل جوش مرحله قبل را از جا بلند کند. عدم موفقیت در انجام صحیح این عمل یکی از دلایل عمده تداخل گل جوشکاری است.

ترک ها

ترک ها شکستگی های فلز جوش می باشند که در اثر تنش های داخلی در امتداد با عمود بر خط جوش به وجود می آیند. ترک ها همچنین ممکن است از فلز مبنا

امتداد پیدا می کنند و یا کاملاً فلز مبنا و در محاذات خط جوش باشند. ترک ها شاید زمان زبان بارترین معایب جوش باشند. هرچند ترک های ریز که به میکروفیسور معروفند ممکن است هیچ اثری تعیین کننده ای نداشته باشند.

بعضی ترک ها با شروع سخت شدن جوش شکل می گیرند. این ترک ها در اثر شکنندگی مواد تشکیل دهنده فلز که آهن ترد یا آلیاژهای خارجی می باشند. اول بار در اطراف بلورها تشکیل می گردد. گرمایش یکنواخت و سرد شدن آرام تر، از ایجاد ترک های داغ جلوگیری به عمل می آورد.

همچنین ممکن است در درجه حرارت عادی محیط سربسته ترک هایی به موازات جوش و در زیر آن در فلز مبنا به وجود آید. این ترک ها در فولاد با آلیاژ کم تحت اثر مشترک هیدروژن و جلوگیری از انقباض و تاب خوردگی ایجاد می شود. از الکتروود های کم هیدروژن همراه با پیش گرمایش و پس گرمایش مناسب از ایجاد این ترک های «سرد» پیشگیری می کند.

بازرسی و کنترل

موقعیت شایان و گسترش جوشکاری ساختمان ها و پل ها در سال های اخیر بدون وجود وسایلی برای کنترل و بازرسی امکان وقوع نمی یافت. صنعت جوشکاری به سرمشق هایی منتهی گردیده که در صورت رعایت آنها، دستیابی به

جوشی سالم تضمین می گردد. عملیات بازرسی و کنترل قبل از برقراری اولین قوس شروع می گردد، در حین جوشکاری ادامه می یابد. و در صورت نیاز یک آزمون اولیه از اتصال به عمل می آید که عملکرد رضایت بخش آن را تضمین می کند. از آنجا که چنین نظارت دقیقی بر اجرای تمام جوش ها امکان پذیر نیست، توصیه های زیر را می توان به عنوان خطوطی کلی برای دستیابی به یک جوش خوب ساختمانی به کار برد:

۱- از روش های جوشکاری صحیح استفاده نمایید.

۲- تنها از جوشکارانی که صلاحیت آنها به تصویب رسیده استفاده کنید.

۳- از ناظران با صلاحیت که بر سرکار حضور دارند استفاده کنید.

۴- از روش های خاص بازرسی و کنترل در مواقع مقتضی استفاده نمایید.

تنش های مجاز

از آنجا که جوش ها تمام بار را از عضوی به عضو دیگر منتقل می سازند، باید دارای اندازه مناسب بوده و از الکترودی با جنس صحیح به دست آمده باشند. روشن است که صرف نظر از طرز به کار گیری جوش گوشه در اتصال سازه ای، برای مقاصد طراحی فرض می گردد که انتقال بار توسط تنش برشی بر روی سطح

موثر جوش صورت می گیرد. جوش های شیار بار را درست ماندن خود قطعات اصلی انتقال می دهند.

ترکیبات الکتروود به کار رفته در جوشکاری باید همان خواص فلز مبنا را داشته باشد. وقتی که خواص فلز مبنا با جوش هماهنگی داشته باشد فلز با جوش اصطلاحاً «سازگار» نامیده می شوند. جدول ۳-۵ جوش های سازگار با انواع فولادهای ساختمانی معمول را که در پل ها و ساختمان ها مورد استفاده دارند به دست می دهد.

جوش متعادل

پاره از اوقات اعضای تحت تنش مستقیم محوری، خود غیر متقارن بوده و باعث ایجاد برون محوری در اتصال جوشی می گردند. نبشی کششی شکل را که دارای شکل نامنتقارنی است در نظر بگیرید. نیروی T که در فاصله دوری از اتصال به عضو وارد شده، در محل اتصال به مرکز هندسی نبشی اثر می نماید. نیروی T به وسیله نیروهای F_1 و F_2 و F_3 که در خط های جوش به وجود می آید مقابله می گردد. فرض می شود که نیروهای F_1 و F_2 و F_3 بر لبه نبشی اثر می نمایند. (در واقع خط اثر گلولی موثر جوش قرار دارد). نیروی F_2 بر مرکز هندسی جوش

به فاصله $d/2$ از لبه اثر می کند. بار لنگرگیری حول نقطه A (که در لبه پایینی عضو قرار دارد) و با فرض لنگر مثبت در جهت عقربه های ساعت داریم:

$$\sum M_A = F_1 d/2 + T_y = 0$$

اتصالات جوشی با برون محوری

کارایی بسیار زیاد جوش و سادگی جوشکاری، باعث شده که اتصالات جوشی برای موارد استفاده بسیار وسیعی مانند اتصالاتی که تحت بارگذاری های شکل قرار دارند، راه حل مناسبی باشند.

مانند حالت بارگذاری خارج که از مرکز بر روی پیچ ها، تحلیل الاستیک دقیق تنش ها روی یک اتصال جوشی خارج از مرکز، کاری غیر عملی است و در این مورد نیز از فلسفه مقاومت نهایی با استفاده از تنش های مجاز اسمی استفاده می نماییم.

روند عمومی برای به دست آوردن تنش های اسمی در گروه جوش ها براساس فرضیات توزیع یکنواخت تنش وقوانین مکانیک قرار دارد. این روش به طور خلاصه از گام های زیر تشکیل می گردد:

۱- اندازه گلوی موثر جوش t_e را تعیین نموده، مقطعی از گروه جوش ها، رسم نمایید.

۲- دستگاه مختصاتی تعیین کرده و مرکز هندسی جوش ها را به دست آورید.

۳- نیروهای وارد بر گروه جوش ها را تعیین کنید.

۴- تنش های در اثر برش مستقیم، پیچش و خمش در نقاط حساس جوش ها را

به طور مستقل از از هم پیدا کنید.

۵- تنش های به دست آمده در یک نقطه را جمع برداری نمایید.