

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

خبرنامه

تیر ماه 1403، شماره 30

همکار این شماره: ایمان حاجیان نیا

افضل روانگرد

عباس عباسیان

غلامرضا طلا اشرفی

حسین نادر بیکی

پژمان روناسی

تهیه دستورالعمل و عملیات جوشکاری سوپراستراکچر
قاب بالا و پایین سقف کوره قوس الکتریکی
واحد فولادسازی - قسمت پایانی
2



IWNT

انجمن جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب ایران

اصفهان - خیابان شمس آبادی - ساختمان شمس -

طبقه 4- واحد 413

تلفن: 03132240325

info@iwnt.com

www.iwnt.com

جوشکاری:

علم و هنر اتصال مواد

Welding: The Art and Science of Material Joining



تهیه دستورالعمل و عملیات جوشکاری سوپر استراکچر

قاب بالا و پایین سقف کوره قوس الکتریکی واحد فولادسازی (قسمت پایانی)

ایمان حاجیان نیا¹ - افضل روانگرد¹ - عباس عباسیان¹ - غلامرضا طلاشرفی¹ - حسین نادر بیگی¹ - پژمان روناسی²

1- دانشکده شهید مهاجر، دانشگاه فنی حرفه ای استان اصفهان، ایران

2- کارشناس ارشد شرکت مهندسی پارس محک اسپادانا

نتایج و بحث

در این مقاله موضوع اصلی عدم پیچیدگی و کنترل گرم شدن و تغییر دمای سریع در فلز پایه است. پس از اینکه یک پاس جوشکاری انجام شد ممکن است که قطعه دمایش بیافتد، باید برای جلوگیری از این موضوع همواره درجه حرارت بین پاسی را کنترل کنیم. برای جوش‌های چند پاسه جهت یکسان بودن خواص مکانیکی و شرایط برای کلیه پاس‌ها درجه حرارت بین پاسی باید کنترل شود. درجه حرارت بین پاسی و درجه حرارت پیش‌گرم معمولاً یکسان بوده و به جنس و ضخامت قطعه و حرارت داده شده بوسیله پروسه جوشکاری بستگی دارد. هدف اصلی از اعمال پیش‌گرم، کاهش نرخ سرد شدن Cooling Rate فلز جوش و منطقه متأثر از حرارت (HAZ) است که اثرات ذیل را در پی خواهد داشت:

- ایجاد ساختاری با خواص مکانیکی (استحکام، انعطاف پذیری و چقرمگی) مطلوب
- تقلیل سطح تنش‌های پسماند حاصل از جوشکاری در اتصال
- ایجاد سهولت جهت خروج هیدروژن

جهت تعیین لزوم یا عدم لزوم اعمال پیش‌گرم باید مواردی همچون الزامات استاندارد، ضخامت، ترکیب شیمیایی و حساسیت به ترک خوردگی فلز پایه، قطر و نوع ماده پرکننده و نیز دما و رطوبت محیط کاری مورد ملاحظه قرار گیرد. به عنوان نمونه هنگام جوشکاری در محیط سرد و یا مرطوب، در غیاب هر نوع الزام استاندارد دیگری، دمای پیش‌گرمی حدود 100 درجه سانتی‌گراد توصیه می‌شود. همچنین فولادهای ساده کربنی به ویژه در ضخامت‌های بیش از یک اینچ حساس به رخداد ترک سرد هستند، لذا جوشکاری این گروه از فولادها می‌بایست به همراه پیش‌گرمی متناسب با میزان کربن معادل و ضخامت فلز پایه توصیه می‌گردد. لازم به ذکر است که دمای پیش‌گرم مذکور در استانداردها و نظامنامه‌های جوشکاری بیانگر حداقل دمای قطعه کار پیش از اعمال منبع حرارت جوشکاری قوسی می‌باشد. توجه به این نکته حائز اهمیت است که بسته به شرایط ممکن است دمای واقعی پیش‌گرم بالاتر مقادیر مندرج در استاندارد در نظر گرفته شده و اعمال گردد. به عنوان مثال جهت جوشکاری اتصالاتی با سطح قیود بالا، بهتر است دمای پیش‌گرمی بالاتر از آن درجه حرارت مندرج در استاندارد مورد استفاده قرار گیرد. برای فولادهای با ترکیب مشخص، دمای پیش‌گرمی را می‌توان براساس معادل کربن (CE) طبق معادله تجربی زیر محاسبه نمود. طبق جدول (1) زیر می‌توان دمای پیش‌گرمی را با محاسبه CE بدست آورد [4].

جدول 1- دمای پیش‌گرمی با محاسبه CE.

دمای پیش‌گرمی	(%) کربن معادل
پیش‌گرمی اختیاری می‌باشد	تا 0/45
200 تا 400 درجه فارنهایت	0/45 تا 0/6
400 تا 700 درجه فارنهایت	بالای 0/6

مشخص شد افزایش درصد کربن و عناصر آلیاژی و ضخامت قطعه باعث افزایش درجه حرارت بین پاسی می‌شود. جلوگیری از تشکیل و تمرکز تنش در منطقه جوش تشکیل و تجمع تنش‌ها چه در فلز پایه و چه در منطقه جوش زیان بار است چرا که با تغییر فاز فلز شدت بارهای مکانیکی و بارهای خستگی زیاد می‌شود این امر سبب تشکیل فازهای شکننده می‌شود، علت اصلی این اشکال نیز تغییر دما و ورود ناگهانی آن به منطقه جوش یا فلز است. جلوگیری از تمرکز و ترک‌های ناشی از وجود هیدروژن که در الکتروود مورد استفاده آمده است نیز مورد اهمیت است زیرا در الکتروود H4R-1 E7018 که H4R یک تعیین کننده مکمل اختیاری است. اساساً عدد بعد از "H" سطح هیدروژن را به شما می‌گوید و "R" به معنای مقاومت در برابر رطوبت است. "H4" هنگام آزمایش در شرایط همانطور که دریافت شده الکترودهایی را برآورده می‌کند که نیاز متوسط 4 میلی لیتر هیدروژن قابل انتشار در 100 گرم فلز جوش رسوبی را برآورده می‌کنند [5]. "R" الکترودهایی را که آزمایش رطوبت جذب شده را پس از قرار گرفتن در محیط 80 درجه فارنهایت (26/7 درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی 80٪ برای مدت زمان کمتر از 9 ساعت مشخص می‌کند. هیدروژن موجود در ترکیب منطقه جوش در اثر رطوبت گاهی ممکن است در سطح یا داخل فلز پایه، در روکش الکتروود و یا محیط وجود داشته باشد، رطوبت در اثر دمای ایجاد شده آبی و بسیار زیاد در منطقه جوش در منطقه جوش گیر افتاده و موجب ایجاد ترک‌های سرد هیدروژنی یا تنش‌های ناشی از آن می‌شود این عوامل ممکن است در زمانی کوتاه (دو روزه) یا بلند مدت (یک ماه یا بیشتر) نمایان شوند که در هر صورت اثرات مخربی را به جا خواهند گذاشت با عملیات پیش‌گرم می‌توان فرصت کافی برای خروج هیدروژن موجود را در اختیار آن نهاد. یا از الکترودهای با پوشش کم و یا بدون هیدروژن استفاده نمود که این فاکتور به شرایط و نوع استفاده سازه بستگی دارد. امکان دادن به خروج هیدروژن جذب شده در فلز پایه در موارد فوق به چگونگی تشکیل این اختلال پرداخته شد و با فرصتی که در ابتدای پیش‌گرم به هیدروژن داده می‌شود کم‌کم سطح قطعه نزدیک شده و از آن خارج می‌شود. آماده سازی برای مونتاژ به شرح زیر بود. پخ‌های جوشکاری انجام گرفت و ماشین‌کاری روی قاب‌ها انجام شد و سپس ولتاژ با پیچ و مهره‌های فیکسچر محکم شدند. قاب اصلی از موارد زیر تشکیل شده است قاب فوقانی به وزن 35 تن و قاب پایینی وزن 18 تن بود که همگی بایستی جوشکاری و ماشین‌کاری شوند. ماشین‌کاری را روی قاب بالا و روی قاب پایینی انجام شده بود. در قاب فوقانی ما اطراف اتصال را ماشین‌کاری کردیم تا یک سطح صاف بدست آوریم روی قاب پایینی سطح بالای پخ‌ها را ماشین‌کاری کردیم تا یک سطح صاف بدست آوریم و چهار صفحه را روی قاب پایینی اضافه و جوش دادیم چهار سوراخ پیچ فیکسچر را با مهره متصل کردیم. همچنین ماشین‌کاری مشابه برای پخ‌زنی در قاب بالایی این سوراخ‌ها برای مونتاژ قاب بالا و پایینی لازم بود

برای مونتاژ قاب بالایی را روی زمین قرار دادیم و قاب پایین را بر روی قاب فوقانی در موقعیت عمودی قرار دادیم قبل از مونتاژ پخها را از اکسید و چربی پاک کرده و تمیز کردیم. به دلیل اهمیت و پیچیدگی جوشکاری طبق دستورالعمل باید طی 1 تا 2 روز جوشکاری به اتمام برسد که بنظر در عمل امری محال است. قبل از مرحله جوشکاری، ناحیه اختصاص داده شده به جوشکاری را در دمای 100-120 درجه سانتی‌گراد پیش‌گرم کردیم در شکل (2) انجام کنترل دمای پیش‌گرم و بین پاسی طبق دستورالعمل توسط ترمومتر لیزری نمایش داده شده است. در این پژوهش مراحل انجام کار با توجه به حجم کار هشت روز برای جوشکاری صرف شد. روز اول مونتاژ چک شد مهاربندها که با پیچ و مهره متصل بود بررسی شد ولی برای اطمینان بیشتر یک سری مهاربند اضافه شد و جوش کاری شد. الکترودهای مورد استفاده از نوع پایه با محتوای هیدروژن کم (H5) از همان طبقه‌بندی هستند در WPS نشان داده شده است استفاده از الکترودهای تولید قدیمی (جعبه‌های باز) مجاز نیست در هنگام جوشکاری الکترودها باید در کوره‌های گرم‌کننده مناسب و در دمای 110 تا 150 درجه سانتی‌گراد گرم شوند پس از جوشکاری، برای جوشکاری داخلی و خارجی به صورت صد درصد بازرسی چشمی و مغناطیسی باید با توجه به مرجع بر روی جوشها انجام شود استانداردهای (AWS D1.1) و سپس پیچ و مهره‌ها پس از جوشکاری برداشته شد [6].

جوشکاری توسط دو جوشکار و به صورت ضربدری پنج سانتی انجام شد و همزمان در هر ضلع انجام گرفت و تک خال‌ها جهت فیکس شدن جوش دادند. سپس نقشه برداری انجام شد و مشخص شد که قطعه در سرجای خود است و بر اساس دستورالعمل جوشکاری از داخل قطعه جوشکاری انجام شد و روبروی هم جوشکاری دو نفر انجام شد. جوشکاری داخل قطعه حدود 60 درصد انجام شد و بعد بیرون قطعه جوشکاری شد. سپس برای اینکه دمای بین پاسی بالا نرود دمای قطعه را مدام توسط ترمومتر بازرسی می‌کردیم و هر روز توسط نقشه برداری قطعه بازرسی شد تا بتوان تolerانس حدود 0/2 میلی‌متر بدست آورد. شکل (1) فیکس شدن قطعه کار توسط تک زنی لچکی‌ها و ساپورت‌ها جهت شروع جوشکاری را ارائه می‌دهد. خاطر نشان می‌شود که پاس ریشه انجام شده از داخل قطعه با آزمون PT ارزیابی شد و سپس پاس‌های بعدی پس از پیش‌گرم انجام گرفت. سپس تست MT برای اطلاع از عدم ایجاد ترک انجام شد. با تمامی محدودیت‌ها و با عنایت به دقت در اجرا در نهایت جوشی با کیفیت و مناسب برای ادامه کار و نصب سازه حجیم و پر اهمیت حاصل شد.



شکل 1- فیکس شدن قطعه کار توسط تک زنی لچکی‌ها و ساپورت‌ها جهت شروع جوشکاری.



شکل 2- انجام کنترل دمای پیش گرم و بین پاسی طبق دستورالعمل توسط ترمومتر لیزری.



شکل 3- انجام آزمون مایع نافذ برای پاس ریشه و سپس آزمون ذرات مغناطیسی در اتمام عملیات جوشکاری.

نتیجه گیری و جمع بندی

- در این تحقیق از ورق CEN ISO/TR 15608 در ضخامت 25 تا 40 میلی متر استفاده شد تا به وسیله انواع جوش گوشه ای و شیاری این مقطع پیچیده برای سوپر استراکچر قاب بالا و پایین سقف کوره قوس الکتریکی واحد فولاد سازی با کیفیت مطلوب و بدون پیچیدگی و توسط دستورالعمل مخصوص جوشکاری شود.
- 1- پس از محاسبات مختلف فنی، جوشکاری مطابق با دستورالعمل نگارش شده انجام شود. مقطع را در دو ورق در دمای 100-120 درجه سانتی گراد پیش گرم شد و الکترودهای مورد استفاده E7018-1 H4R در نظر گرفته شده در دمای 110 تا 150 درجه سانتی گراد گرم شوند.
 - 2- طبق دستورالعمل تهیه شده جوشکاری از الکتروده مخصوص E7018-1 H4R با قطر 3,25 تا 4 میلی متر استفاده گردید که علت آن کنترل دقیق رقت و دمای بین پاسی بود، در غیر این صورت احتمال ایجاد ترک های انجمادی در قطعات جوشکاری شده وجود داشت. تقلیل سطح تنش های پسماند حاصل از جوشکاری در اتصال و ایجاد سهولت جهت خروج هیدروژن از اهم کار بود.
 - 3- نکته اساسی برای عدم ایجاد عیوب پس از جوش، روش جوشکاری بود که به صورت ضربدری و با دو جوشکار مقابل هم انجام گرفت و همچنین پس از جوشکاری حدود 60 درصد قطعه از داخل جهت جوشکاری قسمت بیرونی اقدام شد.

4- در نهایت قطعه جوشکاری شده پس از نقشه برداری ابعادی برای عدم پیچیدگی با دقت 0/2 میلی متر تحویل داده شد و در همه مراحل آزمون غیرمخرب مایعات نافذ و ذرات مغناطیسی جهت ارزیابی و کیفیت و سلامت جوش ها انجام شد.

مراجع

- [1] Maziasz, P.J., Swindeman, R.W., Shingledecker, J.P., Improving High-Temperature Performance of Austenitic Stainless Steels for Advanced Microturbine Recuperators, The Institute for Materials, Minerals and Mining, pp. 1057-1073, 2003.
- [2] Rajasekhar, K., Harendranath, C.S., Raman, R., Kulkarn, S.D., Microstructural evolution during solidification of austenitic stainlesssteel weld metals: A color metallographic and electron microprobe analysis study, *Materials Characterization*, 2, 38, pp.53-65, 1997.
- [3] Sireesha, M., Shaju, K., Shankar, V., Sundaresan, S., A comparative evaluation of welding consumables for dissimilar welds between 316LN austenitic stainlesssteel and Alloy 800, *Journal of Nuclear Materials*, 1, 279, pp. 65–76, 2000.
- [4] Hsuang Lo., Wen-Ta Tsai., Effect of heat treatment on the precipitation and pitting corrosion behavior of 347 SS weld overlay, *Materials Science and Engineering*, 1, 335, pp.137-143, 2003.
- [5] Betrabet, H. S., Clark, W. A. T., The Application of Analytical Electron Microscopy to Improving the Sensitization Resistance of Type 304 Stainless Steels, *Cambridge Journals Online*, pp.183-191, 2004.
- [6] Ikawa, H., Nakao, Y., Nishimoto, K., Study on The Knife Line Attack Phenomenon in Stabilized Austenitic Stainless Steels, 1975, Volume 44, Issue 9, P. 755-762.

<https://jwsti.iut.ac.ir/>

نشریه علوم و فناوری جوشکاری ایران