

انجمن جوشکاری ایران

## خبرنامه

خردادماه 1403، شماره 29

همکار این شماره: ایمان حاجیان نیا

افضل روانگرد

عباس عباسیان

غلامرضا طلا اشرفی

حسین نادر بیکی

پژمان روناسی

تهیه دستورالعمل و عملیات جوشکاری سوپر استراکچر  
قاب بالا و پایین سقف کوره قوس الکتریکی  
واحد فولادسازی - قسمت نخست  
2



انجمن جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب ایران

اصفهان - خیابان شمس آبادی - ساختمان شمس -

طبقه 4- واحد 413

تلفن: 03132240325

[info@iwnt.com](mailto:info@iwnt.com)

[www.iwnt.com](http://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 نخست)

ایمان حاجیان نیا<sup>1</sup> - افضل روانگرد<sup>1</sup> - عباس عباسیان<sup>1</sup> - غلامرضا طلاشرفی<sup>1</sup> - حسین نادر بیگی<sup>1</sup> - پژمان روناسی<sup>2</sup>

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

2- کارشناس ارشد شرکت مهندسی پارس محک اسپادانا

### چکیده

در این تحقیق از ورق CEN ISO/TR 15608 در ضخامت 25 تا 40 میلی‌متر استفاده شد تا به وسیله انواع جوش گوشه‌ای و شیاری این مقطع پیچیده برای سوپر استراکچر قاب بالا و پایین سقف کوره قوس الکتریکی واحد فولادسازی با کیفیت مطلوب و بدون پیچیدگی و توسط دستورالعمل مخصوص جوشکاری شود. در جوشکاری مقاطع سنگین، عدم اعوجاج و ترک خوردگی یک موضوع مهم است که نیاز به کنترل فلزات پایه، مواد جوش، پیش‌گرمایش و عوامل دیگر دارد. از آنالیز کوانتومتری جهت تعیین دقیق ترکیب شیمیایی ورق استفاده شد. طبق دستورالعمل تهیه شده جوشکاری از الکتروود مخصوص E7018-1 H4R با قطر 3,25 تا 4 میلی‌متر استفاده گردید که علت آن کنترل دقیق رقت و دمای بین پاسی بود، در غیر این صورت احتمال ایجاد ترک‌های انجمادی در قطعات جوشکاری شده وجود داشت. تقلیل سطح تنش‌های پسماند حاصل از جوشکاری در اتصال و ایجاد سهولت جهت خروج هیدروژن از اهم کار بود. که با کنترل دمای پیش‌گرم و بین‌پاسی تامین شد. در نهایت قطعه جوشکاری شده پس از نقشه‌برداری ابعادی برای عدم پیچیدگی با دقت 0/2 میلی‌متر کامل و تحویل داده شد و در همه مراحل آزمون غیرمخرب جهت ارزیابی و کیفیت و سلامت جوش‌ها انجام شد.

**کلمات کلیدی:** پیش‌گرم، دستورالعمل جوشکاری، فلزپرکننده E7018-1 H4R، اعوجاج.

### مقدمه

چالش‌های جوشکاری در ورق‌های فولادی ضخیم و با طراحی و کاربرد خاص بسیار حایز اهمیت است. زیرا برای جوشکاری مقاطع سنگین، عدم اعوجاج و ترک خوردگی یک موضوع مهم است که نیاز به کنترل فلزات پایه، مواد جوش، پیش‌گرمایش و عوامل دیگر دارد. در کار با ورق فولادی، ترک خوردگی به ندرت مشکل‌ساز است. با این حال، در استفاده از ورق فولادی با ابعاد پیچیده علاوه بر تمایل مذاب به ذوب فلز پایه، مشکل بالقوه اعوجاج است. کمانش، پیچ و تاب و پیچش، چالش‌های مداوم هستند. با این حال، راه‌حل نسبتاً ساده است، کوچک نگهداشتن اندازه جوش و ایجاد جوش با بیشترین سرعت ممکن (که این کار با پایین‌ترین سطح حرارت ورودی صورت می‌گیرد). فولادهای سنگین یا ورق‌های فولادی می‌توانند با جوش گوشه‌ای به هم متصل شوند. ولی اساس طراحی برای دو مورد متفاوت است، برای جوش‌های گوشه‌ای موجود در انجمن جوشکاری آمریکا D1.1، گلوبی به عنوان المان کنترل‌کننده فرض می‌شود و ظرفیت اتصال تا حدی وابسته به مقاومت فلز جوش رسوب کننده دارد. در مورد ورق‌های فولادی، D1.3 فرض می‌کند که ظرفیت اتصال توسط مقاومت ورق فولاد تعیین می‌شود. به عنوان یک نتیجه، مقاومت ورق فولادی است که در محاسبات طراحی استفاده می‌شود نه مقاومت فلز جوش رسوب کننده، لذا کار کمی

پیچیده خواهد شد [1].

ورق فولادی مورد استفاده در این پژوهش با استحکام کششی بالا و محتوای کربن کم می‌باشد. از مشخصات ورق مورد استفاده CEN ISO/TR 15608 نورد شده به استحکام کششی و سختی خوب، قابلیت انعطاف‌پذیری قابل توجه و قابلیت پردازش بسیار خوب می‌توان اشاره کرد. این ورق در سازه‌هایی که فرایند جوشکاری در آن دخیل است بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. لازم به ذکر است که خاصیت ارتجاعی این ورق به دلیل وجود عنصر آلیاژی منگنز است. می‌دانیم برای واحد فولادسازی داشتن ابعاد در حد مجاز برای بارهای دینامیکی بی‌نهایت حیاطی است و لذا برای حصول این امر باید متریکال مورد نظر دارای دستورالعملی ویژه باشد چرا که با توجه به پیچیدگی و ضخامت جوش‌ها ممکن است اعوجاج و یا حتی ترک به وجود آید. جهت جوشکاری باید تمهیدات خاصی را از جمله عملیات پیش گرم و کنترل دمای بین پاسی در نظر گرفت. به این منظور در این مطالعه موردی متریکال پایه پس از مونتاژ و فیکس شدن با طراحی خاص، به وسیله بهترین جوشکاران و با نظارت صد درصدی و نگارش دستورالعمل مرتبط جوشکاری گردید. هدف از این عملیات ایجاد شرایط ایده‌آل قطعه جوشکاری شده بود. در ادامه به تهیه متریکال مونتاژ و چگونگی اعمال دستورالعمل جوشکاری و کنترل دماهای مختلف در قطعه پرداخته شده است و در نهایت صحت همه مراحل جوشکاری توسط چند مرحله آزمون غیرمخرب تایید شده است.

## 2- مواد و روش پژوهش

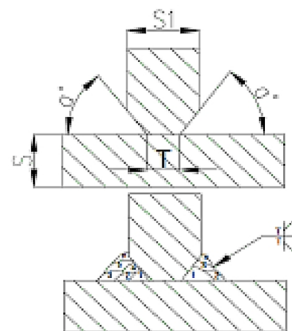
در این تحقیق از ورق CEN ISO/TR 15608 در ضخامت 25 تا 40 میلی‌متر استفاده شد. از آنالیز کوانتومتری جهت تعیین دقیق ترکیب شیمیایی ورق استفاده شد. ترکیب شیمیایی فلزات پایه در جدول (1) ارائه شده است. خواص مکانیکی این نوع فولاد را می‌توان با پرداختن به دو پارامتر تنش تسلیم و مقاومت کششی بررسی کرد. در اصل، مقاومت کششی با حداکثر استرس اندازه‌گیری می‌شود که فولاد در هنگام کشش یا کشیدن قبل از شکستن در برابر آن مقاومت می‌کند و تنش تسلیم حداکثر استرس است که می‌تواند قبل از شروع دائمی تغییر شکل اعمال شود که تقریبی از حد الاستیک فولاد است. این نوع فولاد دارای خواص مکانیکی تنش تسلیم برابر با 355 نیوتن بر میلی‌متر مربع و مقاومت در برابر کشش 630 نیوتن بر میلی‌متر مربع می‌باشد. این ماده در مقایسه با معادل کم کربن آن، دارای خاصیت عالی در شکل‌گیری سرد است. CEN ISO/TR 15608 طبق دستورالعمل جوشکاری نگارش شده از الکتروود مخصوص E7018-1 H4R با قطر 3,25 تا 4 میلی‌متر و با استاندارد SFA- AWS A5.1 و همچنین از استاندارد ASME SEC.II, Part C و مشخصات ارائه شده از طرف سازنده استفاده شد [2]. در تمامی موارد از سیم جوش‌های با قطر 3,25 تا 4 میلی‌متر جهت پاس ریشه و پاس‌های بعدی استفاده شد. ترکیب شیمیایی فلزپرکننده در جدول (1) آورده شده است.

انتخاب فلزات پرکننده در این تحقیق علاوه بر ترکیب شیمیایی براساس پارامترهای دیگری مانند خواص مکانیکی حاصل، پایداری حرارتی، مقاومت به خوردگی، در دسترس بودن و هزینه‌ها انجام شد [3].

جدول 1- ترکیب شیمیایی فلزات پایه و پرکننده مورد استفاده.

Fe	Cu	Si	Mn	Ni	Cr	C	فلز پایه
بقیه	0/1	0/5	1/58	0/5	0/3	0/2	CEN ISO/TR 15608
Fe	Cu	Si	Mn	Ni	Cr	C	فلز پرکننده
بقیه	0/15	0/7	1/64	0/3	0/2	0/1	E7018-1 H4R

برای ایجاد اتصال بین فلزات پایه مونتاژ انجام شد. به منظور انجام عملیات جوشکاری ذوبی لازم بود تا در ابتدا ورق‌ها را از یک طرف مطابق با طرح مناسب اتصال آماده‌سازی نمود. بدین منظور برای اتصال لب به لب با شیپار V شکل و جوش گوشه‌ای آماده‌سازی شدند. طرح اتصال مورد استفاده در شکل (1) نشان داده شده است. صحت پخ‌سازی و عدم وجود ترک در نمونه‌های تهیه شده توسط آزمایش مایع نافذ مورد بررسی قرار گرفت. برای انجام عملیات جوشکاری سطوح اکسید منطقه جوش و اطراف آن توسط سنگ‌دستی برطرف شد. آلودگی‌ها و چربی‌های احتمالی موجود در سطح قطعات توسط برس سیمی و سیم‌جوش‌ها توسط پاک‌کننده حذف شد. شکل (2)، سوپر استراکچر قاب بالا و پایین سقف کوره قوس الکتریکی واحد فولادسازی در حالت مونتاژ شده را نشان می‌دهد.



شکل 1- طرح اتصال مورد استفاده و مشخصات. شکل 2- سوپر استراکچر قاب بالا و پایین سقف کوره قوس الکتریکی واحد فولادسازی.

جوشکاری با استفاده از دستگاه جوش گام الکتریک مدل Pars-EL 631 به صورت دستی انجام شد. دمای پیش گرم با توجه به جنس و ضخامت ماده 100 و دمای بین پاسی 250 درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد تا تنش‌های ناشی از انقباض و سرد شدن فلز جوش به حداقل مقدار ممکن برسد. در هر پاس مقادیر شدت جریان، ولتاژ و سرعت جوشکاری اندازه‌گیری شد. حرارت ورودی با استفاده از رابطه (1) محاسبه شد [2].

$$H.I = \frac{\eta.I.V}{S} \quad (1)$$

در این رابطه I شدت جریان، V ولتاژ و S سرعت جوشکاری است.  $\eta$  بازده قوس در این رابطه 0/8 در نظر گرفته شده است در این حالت حرارت ورودی (H.I) برحسب ژول بر میلی‌متر بدست می‌آید [6]. پارامترهای جوشکاری به گونه‌ای انتخاب شد که ضمن جلوگیری از حرارت ورودی اضافی به حوضچه مذاب، بهترین سیالیت و نفوذپذیری حاصل شود. جدول (2) مشخصات جوشکاری نمونه‌ها را نشان می‌دهد. حرارت ورودی نقش مهمی را در تعیین ریز ساختار منطقه جوش ایفا می‌کند به طوری که با افزایش حرارت ورودی ممکن است باعث به وجود آمدن فازهای ترد و عیوبی مانند گرده جوش اضافی، بریدگی کناره و ذوب ناقص و نفوذ ناقص شود. با کنترل سرعت جوشکاری و آمپر از ایجاد این عیوب می‌توان جلوگیری نمود. در این جا با سرعت نسبتاً بالاتری از جوش‌های مشابه استفاده شد که علت آن کنترل دقیق رقت و دمای بین پاسی بود، در غیر این صورت احتمال ایجاد ترک‌های انجمادی در قطعات جوشکاری شده وجود داشت [3].

جدول 2- مشخصات جوشکاری نمونه‌ها.

گرمای ورودی ( $\text{kJmm}^{-1}$ )	پارامترهای جوشکاری			شماره پاس	فلزپرکننده با جریان DC-EP
	سرعت جوشکاری ( $\text{mms}^{-1}$ )	ولتاژ (ولت)	جریان (آمپر)		
0/981	1/1	22	100	1	E7018-1 H4R
0/9	1/0	22	100	2	
1/1	1/0	23	150	3	

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

نشریه علوم و فناوری جوشکاری ایران