

جوشکاری استرنکس





جوشکاری استرنکس

کارآیی فوق العاده فولاد بسیار مستحکم استرنکس با جوش‌پذیری عالی توأم شده است. هریک از روش‌های سنتی جوشکاری را می‌توان در هنگام جوش دادن به سایر فولادهای جوش‌پذیر بکار برد. هدف از ایجاد این بروشور تسهیل، بهبود و ارتقای راندمان فرآیند جوشکاری می‌باشد.

در این راهنما توصیه‌های خوبی نیز در خصوص پیش‌گرم اولیه، پیش‌گرم برای جوشکاری بین پاسی، گرمای ورودی، الکتروود جوشکاری، گاز محافظ و فراتر از اینها ارائه شده است. مقصود این است که هر کاربر بتواند از خواص منحصر بفرد استرنکس بطور کامل بهره‌مند گردد.

پارامترهای مهم موثر بر نتیجه جوشکاری

قبل از جوشکاری، محل اتصال را پاک کنید تا آثار رطوبت و چربی روغن و غیره زدوده شود. علاوه بر تمیزی جوشکاری، نکات زیر حائز اهمیت است:

- ◀ پیش‌گرم اولیه و پیش‌گرم برای جوشکاری بین پاسی.
- ◀ حرارت ورودی.
- ◀ الکتروود جوشکاری.
- ◀ نوع گاز محافظ.
- ◀ ترتیب جوشکاری و فاصله بین دو قطعه در محل اتصال.

پیش‌گرم اولیه و پیش‌گرم برای جوشکاری بین پاسی

به میزان پیش‌گرم اولیه و پیش‌گرم برای جوشکاری بین پاسی، از نظر جلوگیری از ترک هیدروژنی دارای اهمیت است. توصیه‌های ما در جدول صفحه بعد درج شده است.

تاثیر عناصر آلیاژی در انتخاب درجه حرارت پیش‌گرم اولیه و پیش‌گرم برای جوشکاری بین پاسی

ترکیب خاصی از عناصر آلیاژی، خواص مکانیکی استرنکس را بهبود می‌بخشد. این ترکیب تعیین کننده درجه پیش‌گرم اولیه و پیش‌گرم برای جوشکاری بین پاسی در مدت جوشکاری فولاد خواهد بود و می‌تواند برای محاسبه "مقدار معادل کربن" که بصورت CEV یا CET نمایش داده می‌شود در معادله زیر به کار رود. عناصر آلیاژی در گواهی بازرسی ورق، بصورت درصد وزنی در فرمول‌های زیر مشخص شده‌اند. اگر مقدار CEV یا CET بیشتر باشد حرارت بالاتری برای پیش‌گرم اولیه و پیش‌گرم برای جوشکاری بین پاسی مورد نیاز خواهد بود. نمونه‌هایی از "مقادیر معادل کربن" در اوراق مشخصات فنی محصولات ما ارائه گردیده است.

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Mo+Cr+V)}{5} + \frac{(Ni+Cu)}{15} \quad (\%)$$

$$CET = C + \frac{(Mn + Mo)}{10} + \frac{(Cr+Cu)}{20} + \frac{Ni}{40} \quad (\%)$$

ترک هیدروژنی

به دلیل پایین بودن میزان کربن، مقاومت استرنکس در برابر ترک خوردگی ناشی از هیدروژن، بیش از اغلب انواع ورق‌های فولادی مستحکم است. احتمال این نوع ترک خوردگی در صورت رعایت توصیه‌های زیر به حداقل می‌رسد.

دو قاعده برای اجتناب از ترک خوردگی ناشی از هیدروژن:

۱. میزان هیدروژن را در اطراف و در نقطه اتصال به حداقل برسانید.

- ◀ حرارت مناسب برای پیش‌گرم اولیه و بین پاسی اعمال گردد.
- ◀ از الکتروود جوشکاری که دارای کمترین ترکیب هیدروژن باشند استفاده کنید.
- ◀ ناخالصی‌ها را از منطقه جوشکاری دور سازید.

۲. تنش‌ها را در محل جوشکاری به حداقل برسانید.

- ◀ از بکار بردن الکتروود جوشکاری با استحکام بیش از حد لزوم خودداری نمایید.
- ◀ ترتیب جوشکاری طوری باشد که تنش‌های پسماند به حداقل برسد.
- ◀ فاصله دو قطعه از ۳ میلی‌متر بیشتر نباشد.

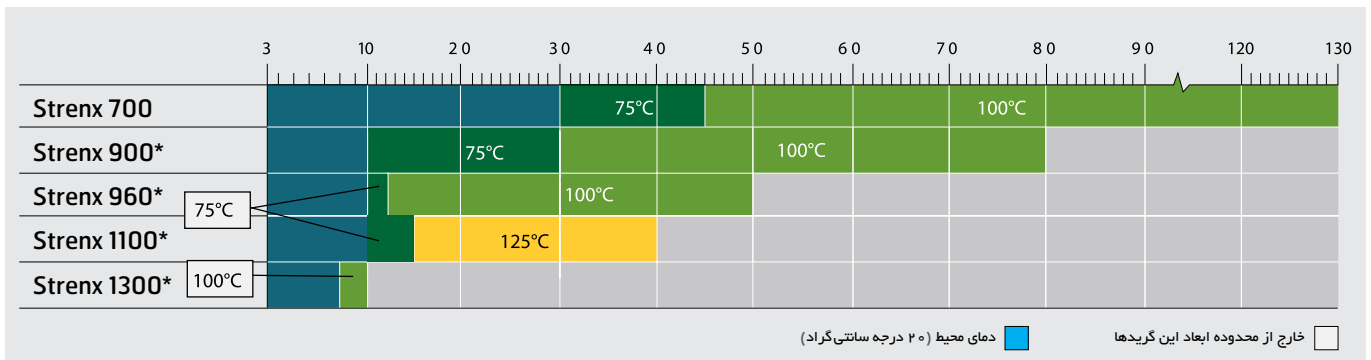
درجه حرارت مناسب برای عملیات پیش گرم و بین پاسی استرنکس

پایین ترین درجه حرارت پیش گرم اولیه و بین پاسی در هنگام جوشکاری در نمودار زیر نشان داده شده است. غیر از مواردی که در این نمودار مشخص گردیده، این مقادیر برای جوشکاری با الکتروود غیر آلیاژی و کم آلیاژ معتبر می باشد.

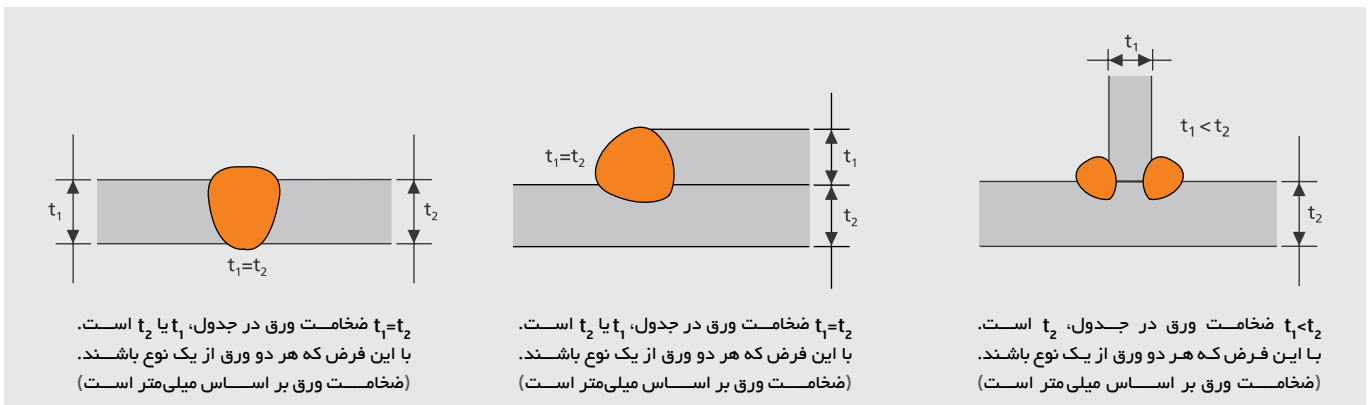
◀ هنگامی که ورق هایی با ضخامت های مختلف ولی از یک نوع به هم جوش می شوند، درجه حرارت پیش گرم اولیه و بین پاسی بر اساس ضخیم ترین ورق منظور می گردد.

◀ هنگامی که ورق هایی از انواع مختلف به هم جوش می شوند، ورقی که بالاترین درجه حرارت پیش گرم را نیاز دارد تعیین کننده درجه حرارت پیش گرم اولیه و بین پاسی خواهد بود.

حداقل درجه حرارت مجاز برای پیش گرم اولیه و بین پاسی در مورد ورق های هم نوع با ضخامت های مختلف (به میلی متر)



توجه: کاربرد جدول فوق مربوط به ضخامت ورق های هم نوع است که میزان حرارت وارده 1.7 KJ/mm باشد.



حداکثر دمای بین پاسی برای جوشکاری بین پاسی

Strenx 700**	300°C
Strenx 900**	300°C
Strenx 960**	300°C
Strenx 1100	200°C
Strenx 1300	200°C

* اگر درصد معادل کربن در الکتروود بیش از درصد موجود در ورق باشد، نوع مواد تعیین کننده حرارت پیش گرم است.

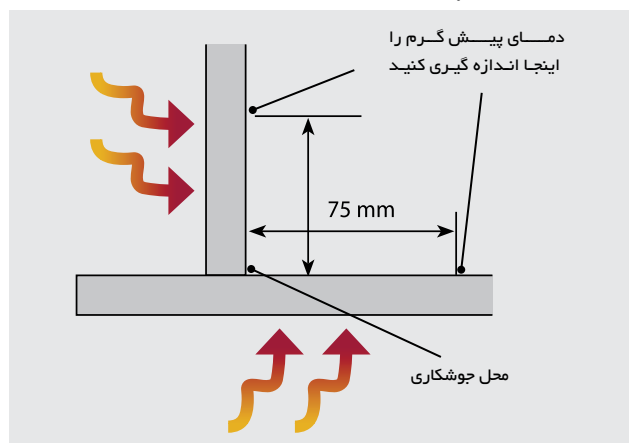
چنانچه رطوبت محیط بالا بوده یا درجه حرارت محیط کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد باشد، لازم است پایین‌ترین درجه پیش‌گرم را که در صفحه قبل ارائه شده است به اندازه ۲۵ درجه سانتی‌گراد بالا ببریم. این نکته در مورد اتصالات جوشکاری که با گیره بطور محکم بسته شده‌اند و در صورتیکه حرارت ورودی 1.0 KJ/mm باشد نیز صادق است. چنانچه حرارت‌های ورودی بیشتر از 1.7 KJ/mm باشد، اثری بر پایین‌ترین درجات حرارت مجاز برای پیش‌گرم اولیه و بین پاسی که در جدول صفحه بعد درج شده است نخواهد گذاشت.

در اینجا فرض بر این است که اتصال جوشکاری شده برای خنک شدن در معرض هوا قرار می‌گیرد. توجه نمایید که این تومیه‌ها در مورد خال‌جوش زدن و جوش پاس اول نیز کاربرد دارد. اندازه هر خال‌جوش باید حداقل ۵۰ میلی‌متر باشد. در ضمن فاصله بین خال‌جوش‌ها برحسب نیاز متفاوت خواهد بود.

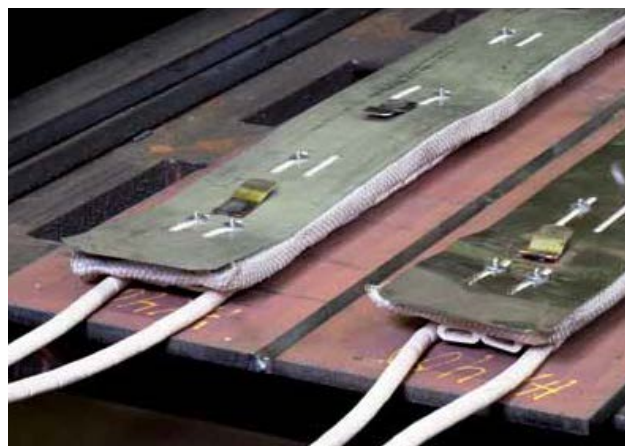
دستیابی و اندازه‌گیری حرارت پیش‌گرم اولیه و بین پاسی

حرارت لازم برای پیش‌گرم اولیه و بین پاسی از راه‌های مختلفی به دست می‌آید. المنت‌های پیش‌گرم‌کن برقی در پیرامون محل اتصال اغلب اوقات بهترین راه است، زیرا حرارت یکنواختی را در ناحیه مورد نظر به دست می‌دهد. درجه حرارت همواره باید توسط تجهیزاتی مانند ترمومتر مورد بررسی قرار گیرد.

نحوه اجرای عملیات پیش‌گرم



نمونه المنت‌های پیش‌گرم‌کن برقی



دمای ضخیم‌ترین ورق در نقطه اتصال را چک فرمایید. مدت زمان انتظار قبل از اندازه‌گیری پیش‌گرم حداقل ۲ دقیقه برای هر ۲۵ میلی‌متر از ضخامت است و اگر ضخامت ۱۲/۵ میلی‌متر است حداقل زمان انتظار یک دقیقه می‌باشد. دمای پیش‌گرم جوشکاری بین‌پاسی می‌تواند در فلز جوش و یا فلزات پایه بلافاصله اندازه‌گیری شود.

حرارت ورودی

جوشکاری با حرارت ورودی مناسب موجب حفظ خواص مکانیکی در ناحیه متأثر از حرارت جوشکاری (HAZ) خواهد گردید.

گرمایی که در فرآیند جوشکاری اعمال می‌شود بر خواص مکانیکی نقطه اتصال جوشکاری تأثیر می‌گذارد. این نکته را می‌توان با تعیین مقدار حرارت ورودی (Q) با استفاده از فرمول زیر تعیین نمود.
روش‌های مختلف جوشکاری، راندمان‌های حرارتی متفاوتی (k) را به دست می‌دهند. مقادیر تقریبی این خاصیت را در جدول زیر مشاهده فرمایید.

$$Q = \frac{k \times U \times l \times 60}{v \times 1000}$$

Q = گرمای ورودی (KJ/MM)
k = راندمان حرارتی (مستقل از ابعاد)
U = ولتاژ
I = جریان
V = سرعت پیشروی (mm/min)

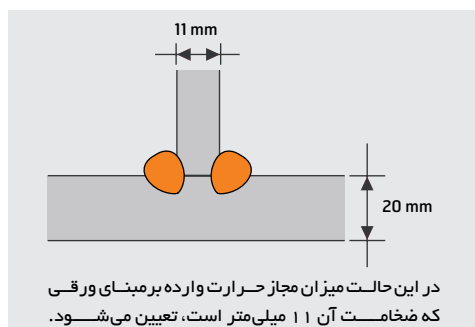
راندمان حرارتی (مستقل از ابعاد) k

۰/۸	(MMA) جوش قوس دستی
۰/۸	(MAG) جوش با هر گاز غیر فعال
۰/۱	(SAW) جوش زیر پودری
۰/۶	(TIG) جوش تنگستن با گاز غیر فعال

آثار حرارت ورودی بر نقطه جوشکاری:

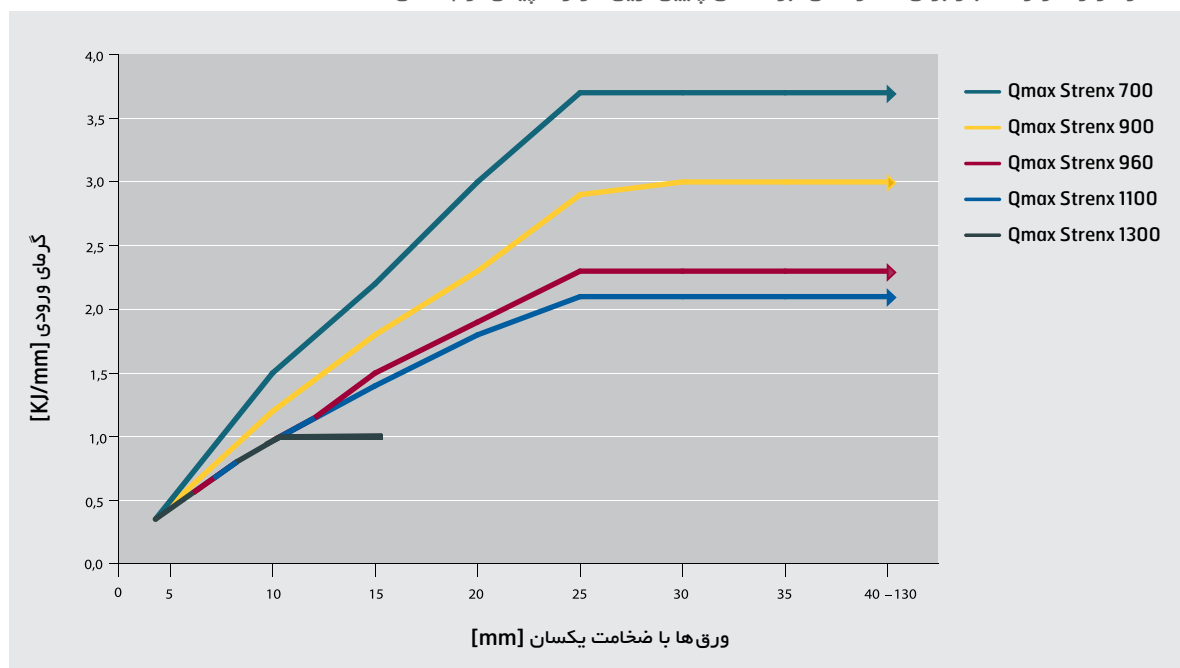


توصیه‌های ما برای فولاد فوق مستحکم استرنکس بر مبنای یک نمونه از مقاومت به ضربه در ناحیه متأثر از حرارت است که حداقل ۲۷ ژول در ۴۰- درجه سانتی‌گراد باشد.



هنگامی که نقطه اتصال جوشکاری متشکل از ورق‌هایی با ضخامت‌های متفاوت است، حرارت ورودی مناسب بر مبنای نازک‌ترین ورق در نقطه اتصال تعیین می‌گردد.

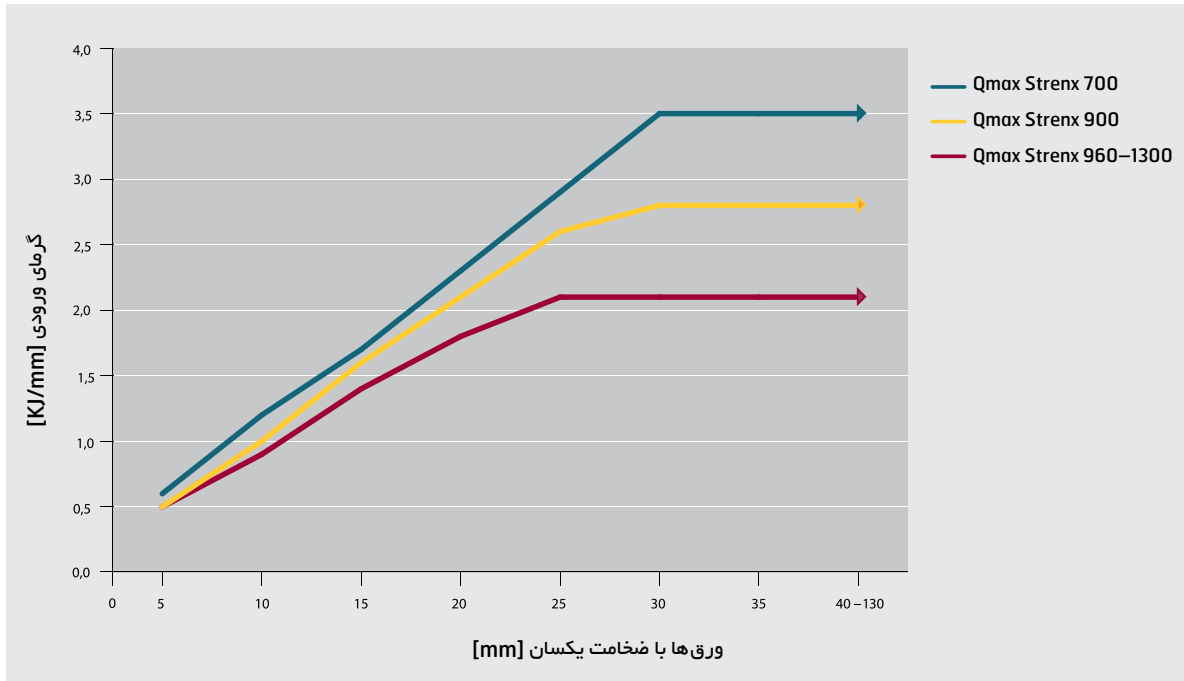
حداکثر حرارت وارده مجاز برای استرنکس، بر اساس پایین‌ترین حرارت پیش‌گرم اعمال شد.



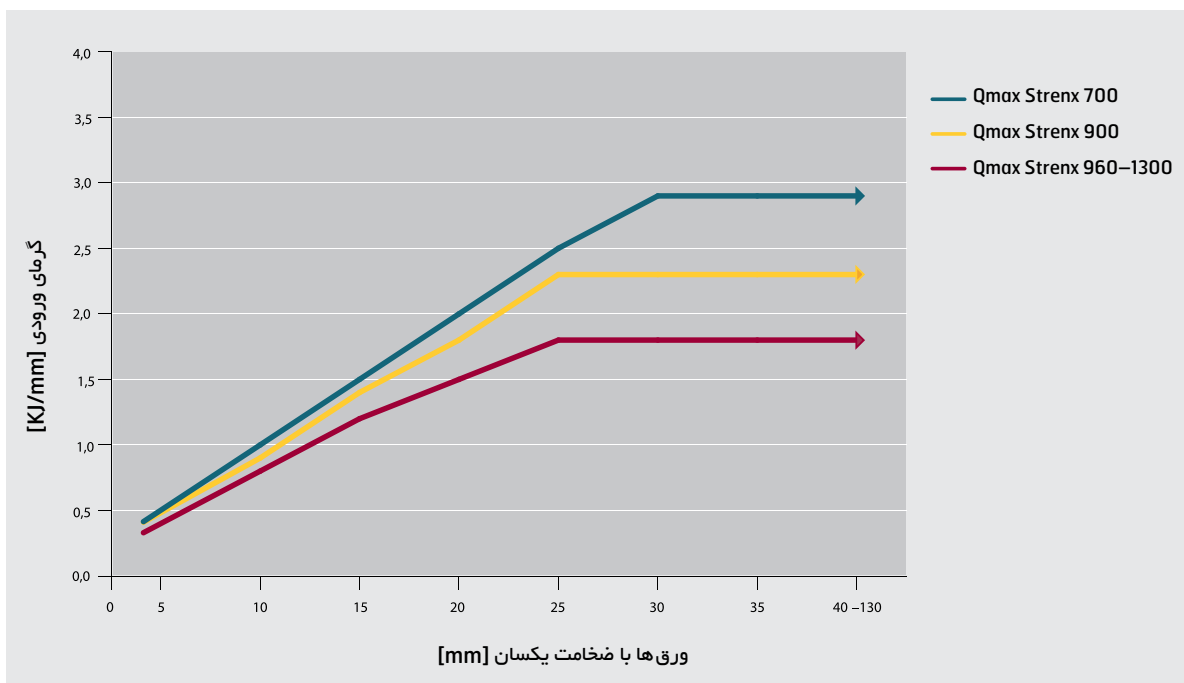
جوشکاری در حرارت های بالاتر

وقتی چند پاس جوشکاری انجام شود دما افزایش یابد و همچنین بر میزان حرارت ورودی تاثیر گذارد. شکل زیر مقادیر حرارت ورودی برای اتصالات در ۱۲۵ و ۱۷۵ درجه را نشان می دهد.

حداکثر مجاز حرارت ورودی در نقطه اتصال با حرارت ۱۲۵ درجه سانتی گراد.



حداکثر مجاز حرارت ورودی در نقطه اتصال با حرارت ۱۷۵ درجه سانتی گراد.



برای بدست آوردن دمای ورودی در صورتیکه پیش گرم و دمای بین پاسی بالای ۱۷۵ درجه سانتی گراد باشد، می توان از برنامه کامپیوتری WeldCalc استفاده نمود. برای آشنایی با برنامه WeldCalc و سوالات بیشتر با بخش فنی شرکت فولاد ساب کاران تماس حاصل فرمایید.

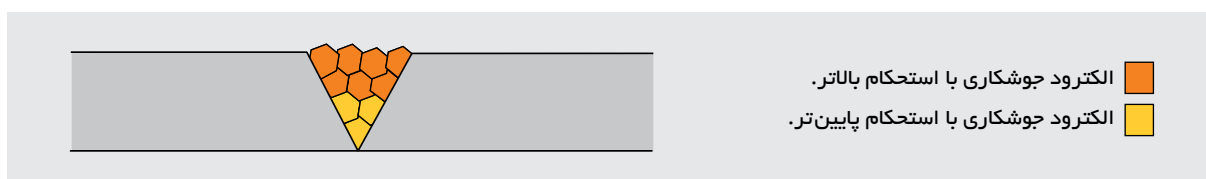
الکترو د جوشکاری

الکترو د جوشکاری غیر آلیاژی، کم آلیاژ و ضد زنگ را می‌توانید برای جوشکاری استرنکس استفاده نمایید.

استحکام الکترو د جوشکاری غیر آلیاژی و کم آلیاژ

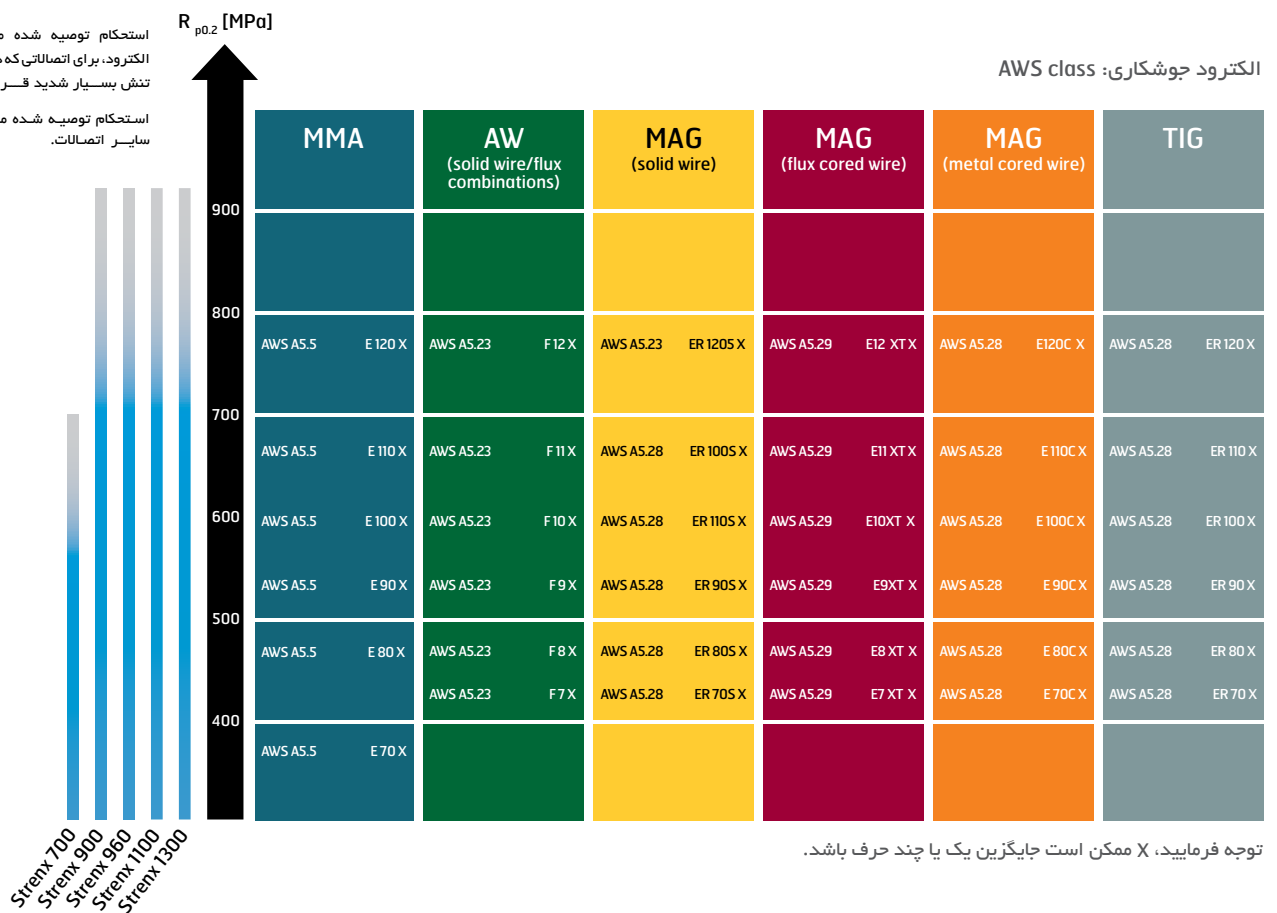
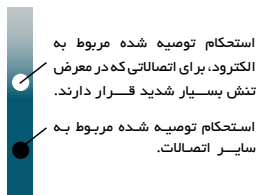
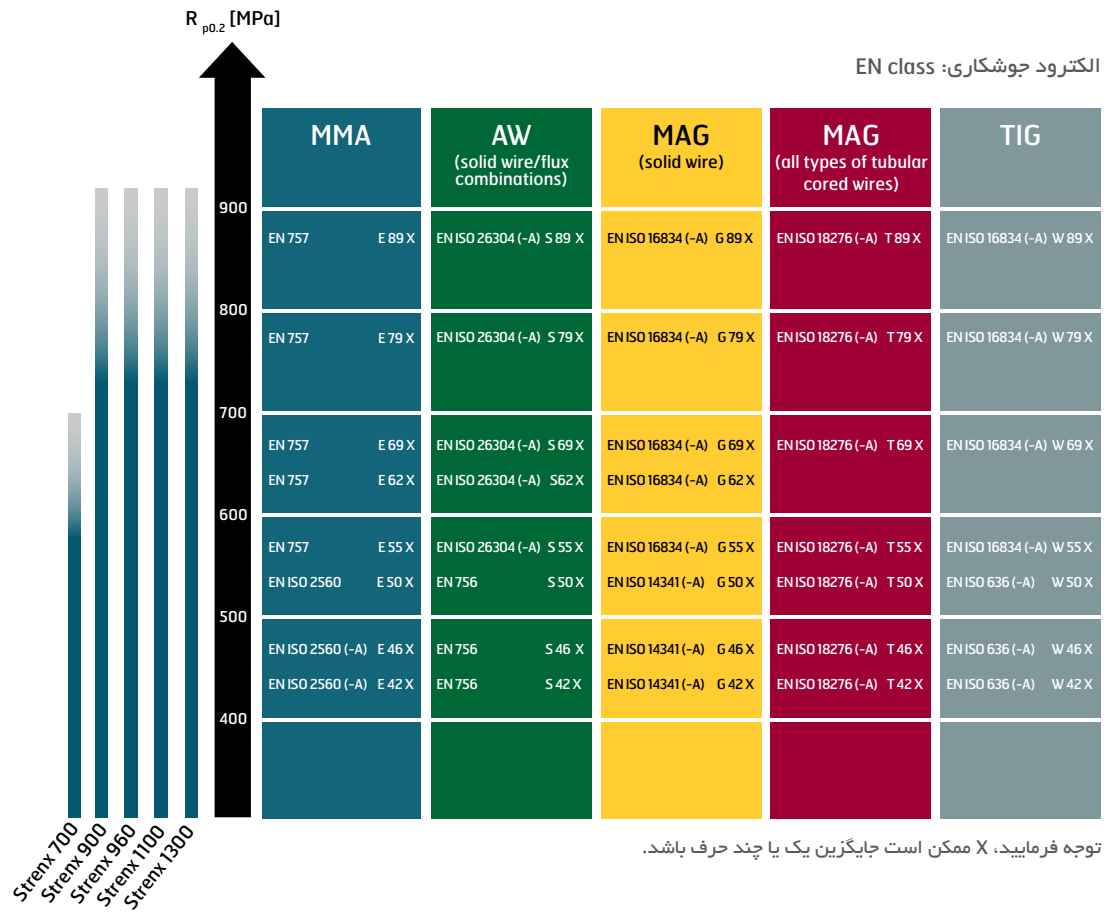
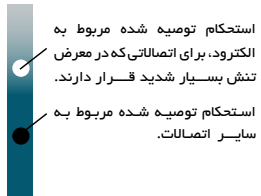
استحکام الکترو د جوشکاری را باید طبق تصویر صفحه بعد انتخاب نمود. استفاده از الکترو د با استحکام کمتر می‌تواند فواید چندی نظیر مقاومت به ضربه بیشتر برای فلز ذوب شده مجاور نقطه جوشکاری، مقاومت بیشتر در برابر ترک‌های هیدروژنی و تنش پسماند در محل جوش دربر داشته باشد. در اتصالاتی که جوشکاری چندباره بر روی استرنکس ۷۰۰-۱۳۰۰ انجام شده است جوشکاری با الکترو د متنوع (دارای استحکام متفاوت) مزایای ویژه‌ای دربر دارد. خال‌جوش‌ها و جوشکاری اولیه با استفاده از الکترو د "کم استحکام" و جوشکاری‌های بعدی (بین پاسی) با الکترو د با استحکام بالا انجام خواهد شد.

این روش موجب افزایش هر دو خاصیت مقاومت به ضربه و مقاومت در برابر ترک‌خوردگی ناشی از هیدروژن می‌گردد. مقدار معادل کربن (CEV) در الکترو د جوشکاری با استحکام تسلیم $< 700 \text{ MPa}$ می‌تواند بیش از مقدار معادل کربن در ورق‌ها باشد. در مواردی که درجات مختلف حرارت پیش‌گرم برای قطعاتی که باید جوش داده شود و الکترو د جوشکاری توصیه شده است، باید بالاترین مقدار CEV اعمال گردد.



میزان هیدروژن موجود در الکترو د غیر آلیاژی و کم آلیاژ جوشکاری

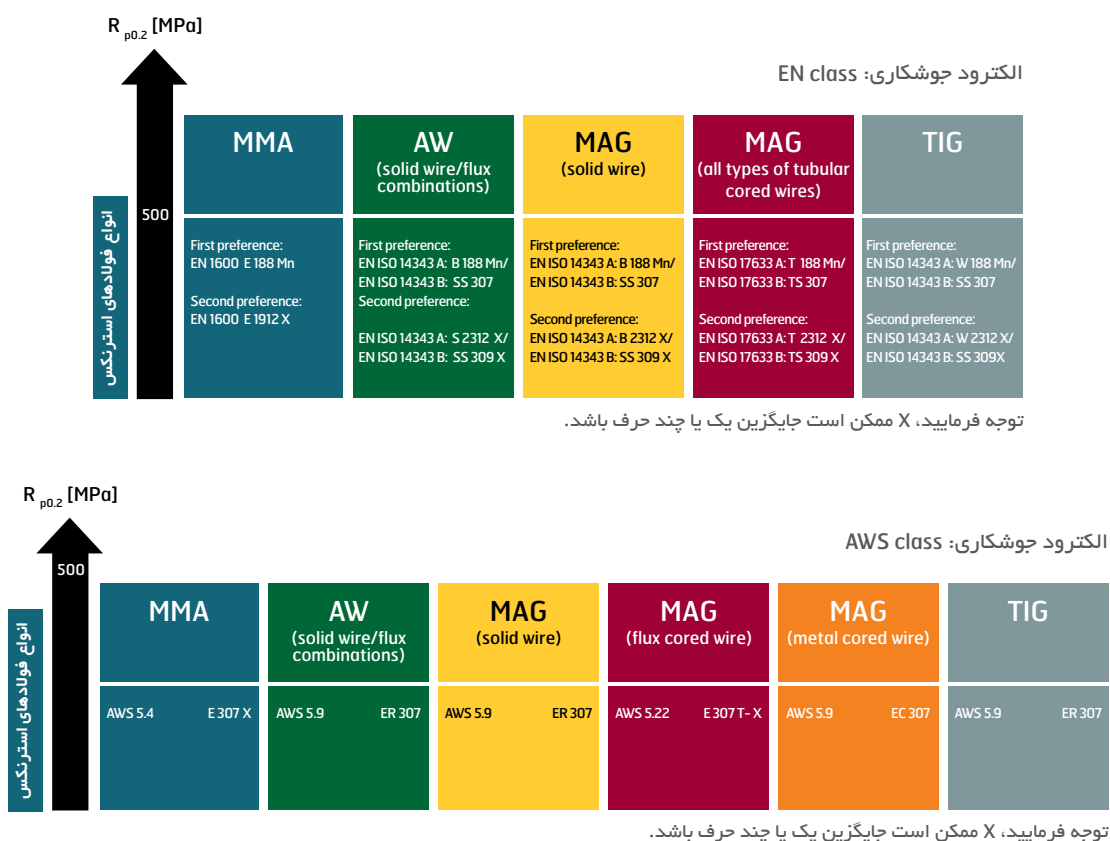
هنگام جوشکاری با الکترو د غیر آلیاژی یا کم آلیاژ، هیدروژن موجود باید کمتر یا مساوی ۵ میلی‌لیتر در هر ۱۰۰ گرم وزن فلز ذوب شده مجاور نقطه جوشکاری باشد. سیم‌های توپری که در جوشکاری MAG و TIG مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌تواند میزان اندکی هیدروژن را میسر سازد. میزان هیدروژن موجود در الکترو د جوشکاری را می‌توان از دستورالعمل‌های سازنده بدست آورد. برای پیشنهاد الکترو د جوشکاری مطلوب با بخش فنی شرکت فولاد ساب کاران تماس حاصل فرمایید.



الکترو د ضدزنگ جوشکاری

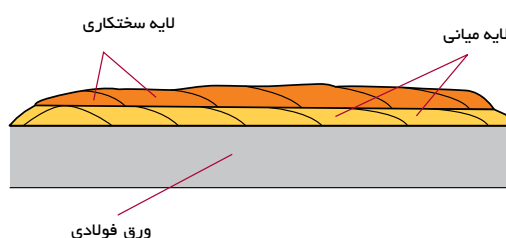
استفاده از الکترو د ساخته شده از فولاد آستنیتیک (محلول جامد) ضدزنگ، برای جوشکاری انواع محصولات مناسب است. این مواد بطوریکه در نمودار نشان داده شده است، امکان جوشکاری در حرارت محیط (۲۰+ سانتی‌گراد) را بدون نیاز به پیش‌گرم فراهم می‌سازد.

توصیه می‌کنیم اولویت در درجه اول به الکترو د که بر اساس AWS 307 تولید شده و سپس به AWS 309 داده شود. این نوع مواد در سراسر فلز ذوب شده مجاور نقطه جوشکاری، دارای استحکام تسلیم تا حدود 500 MPa می‌باشد. نوع AWS 307 می‌تواند در برابر ترک‌های ناشی از حرارت، مقاومت بیشتری نسبت به AWS 309 داشته باشد. باید توجه داشت که سازندگان به ندرت میزان هیدروژن موجود در ترکیب الکترو د ضدزنگ را درج می‌نمایند زیرا هیدروژن تاثیر بسیار کمتری در الکترودهای ضدزنگ (به نسبت الکترودهای کم آلیاژ یا بدون آلیاژ) دارد.



سختکاری سطحی

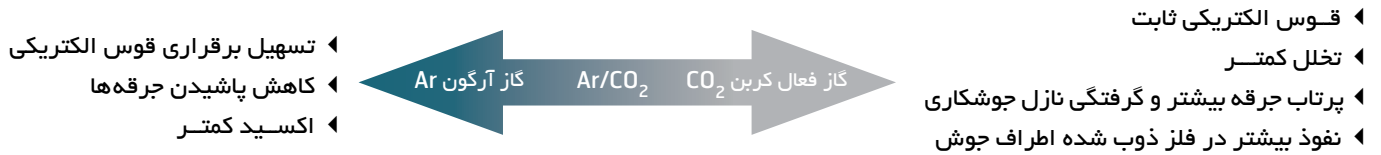
سختکاری سطحی با استفاده از الکترو د های ویژه موجب افزایش مقاومت به سایش در خط جوش می‌شود. برای انتخاب پرامترهای جوشکاری از دستوالعمل الکترو د مصرفی و دستورالعمل جوشکاری استرنکس استفاده نمایید. بسیار مفید خواهد بود که بین لایه جوش معمولی یا ورق و لایه جوش سختکاری یک لایه جوش بافر (Buffer) با مقاومت به ضربه بالا قرار داده شود. انتخاب الکترو د لایه بافر باید بر اساس دستوالعمل جوشکاری استرنکس باشد. البته پیشنهاد می‌گردد از الکترو د ضدزنگ مطابق با استاندارد AWS 309 و AWS 307 برای لایه بافر استفاده گردد.



گاز محافظ

نوع و ترکیب گازهای محافظ به وضعیت جوشکاری بستگی دارد و متداول ترین آنها عبارتند از آرگون و کربن.

تاثیر انواع ترکیبات گازهای محافظ:



نمونه هایی از ترکیب گاز محافظ

گاز محافظ (حجم %)	نوع قوس	روش جوشکاری
Ar + 15-25 % CO ₂	قوس کوتاه	سیم جامد, MAG سیم مغز فلزی, MAG
Ar + 8-25 % CO ₂	قوس پاششی	سیم جامد, MAG سیم مغز فلزی, MAG
Ar + 15-25 % CO ₂ , or pure CO ₂	قوس کوتاه	سیم مغز پودری, MAG
Ar + 8-25 % CO ₂	قوس پاششی	سیم مغز پودری, MAG
Ar + 15-25 CO ₂	انواع قوس	انواع, MAG
آرگون خالص		TIG

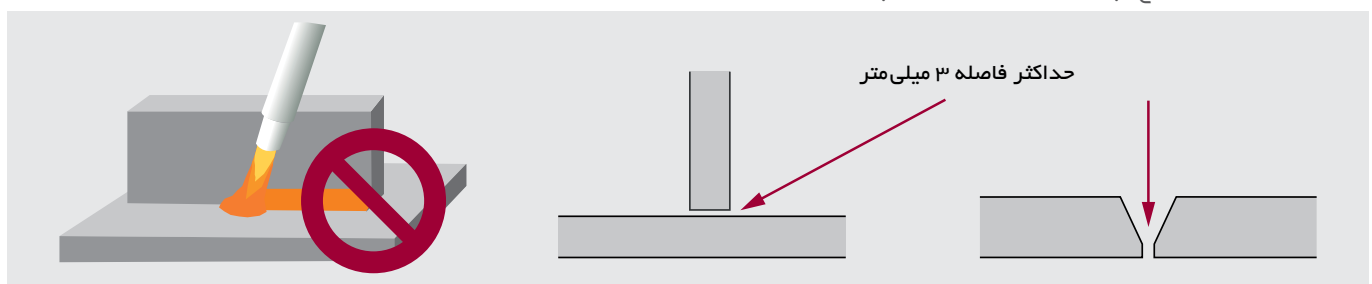
در تمامی روش های جوشکاری مبتنی بر گاز محافظ جریان گاز محافظ به وضعیت و موقعیت جوشکاری بستگی دارد. یک دستور کلی این است که جریان گاز محافظ (بر حسب لیتر بر دقیقه) باید درست به اندازه قطر درونی نازل (به میلی متر) باشد.

ترتیب جوشکاری و فاصله بین دو قطعه

برای اجتناب از ترک ناشی از هیدروژن در نقطه جوشکاری

- ◀ نقطه شروع و توقف نباید در گوشه قرار گرفته باشد. در صورت امکان مراحل شروع و توقف باید ۵ تا ۱۰ سانتی متر از گوشه فاصله داشته باشد.
- ◀ فاصله بین دو قطعه حداکثر ۳ میلی متر باشد.

از قرار گرفتن نقاط شروع و پایان جوشکاری در مناطق پر تنش، مانند گوشه ها، اجتناب گردد. فاصله دو ورق نباید از ۳ میلی متر تجاوز نماید.



جوشکاری بر روی پرایمر استرنکس

جوشکاری را می‌توان مستقیماً بر روی پرایمر استرنکس انجام داد زیرا مقدار روی (zinc) در آن اندک است. پرایمر اطراف ناحیه اتصال جوش را می‌توان به آسانی با برس یا سمباده پاک نمود. زدودن پرایمر قبل از جوشکاری می‌تواند مفید باشد زیرا در کاهش میزان تخلخل موثر است و جوشکاری غیر افقی را تسهیل می‌کند. چنانچه پرایمر در مرحله آماده‌سازی برای جوشکاری پاک نشود امکان بروز تخلخل در فلز ذوب شده مجاور نقطه جوشکاری اندکی افزایش می‌یابد. فرآیند جوشکاری MAG (حفاظ گاز فعال) با استفاده از سیم جوش مغز پودری و فرآیند جوشکاری MMA (قوس الکتریکی دستی) کمترین میزان تخلخل را ایجاد می‌کند. تهویه مناسب بایستی مانند یگر انواع جوشکاری، مراعات شود بطوریکه آثار زیان بار متصاعد شده از پرایمر بر روی جوشکار و محیط اطراف او تاثیر نگذارد.

پاک کردن پرایمر با برس، در صورت لزوم آسان است.



عملیات حرارت‌دهی پس از جوشکاری

استرنکس ۷۰۰-۹۶۰ را می‌توان با عملیات حرارت‌دهی پس از جوشکاری تنش‌زدائی نمود، گرچه این کار به ندرت لازم می‌شود. برای فولادهای استرنکس نباید از این روش برای تنش‌زدائی استفاده کنند زیرا ممکن است این عمل به خواص مکانیکی فولاد آسیب برساند. برای دریافت توضیحات بیشتر با بخش فنی شرکت فولاد ساب کاران تماس حاصل فرمایید.

شرکت فولاد سوند SSAB از پیشروان ایجاد ارزش افزوده برای صنعتگران با فولادهای با استحکام بالا در جهان بشمار می رود. محصولات SSAB در همکاری نزدیک با مشتریان طراحی و تولید شده، دستیابی به جهانی نیرومندتر، سبک تر و پایدارتر را نوید می دهد. SSAB با همکاری بیش از ۱۷۳۰۰ نفر در ۵۰ کشور، در سوئد، فنلاند و ایالات متحده راهبری کارخانجات تولیدی و در سایر نقاط عرضه انواع خدمات برای تولیدات خود را به انجام می رساند.

شرکت فولاد ساب کاران پخش انحصاری محصولات شرکت SSAB (معروفترین و بزرگترین تولید کننده ورق های فولادی آلایژی مخصوص) از سال ۷۲ در ایران ارائه دهنده محصولاتی از قبیل ورق های ضدسایش هارداکس، سازه ای و پر قدرت استرنکس و اخیرا استرنکس دریایی، فراساحلی و فولادهای کاربرد ویژه تولاکس... همراه با گارانتی کیفیت، آموزش، پشتیبانی فنی و خدمات مرتبط، در خدمت صنایع کشور می باشد.

برای دریافت اطلاعات بیشتر با ما تماس حاصل فرمایید و به www.fswco.com سر بزنید.

جوشکاری استرنکس

فولاد ساب کاران ۱۳۹۴

نام محصولات مورد استفاده در این بروشور علامت های تجاری ثبت شده متعلق به شرکت SSAB سوئد می باشند.

تمام دقت ممکن به کار گرفته شده است، تا از صحت اطلاعات ارائه شده در این بروشور اطمینان حاصل گردد و در عین حال فولاد ساب کاران، تذکر هرگونه اشتباه احتمالی رخ داده شده را قدر می نهد. چنانچه مطالب مندرج در این بروشور موجب ضرر و زیان گردد، این شرکت هیچ گونه مسئولیتی را نمی پذیرد.

فولاد ساب کاران

تهران. شمیران. خیابان ولیعصر. خیابان زعفرانیه

خیابان مقدس اردبیلی. پلاک ۵۲ کدپستی: ۱۹۸۶۹-۵۵۵۱۱

تلفن: ۲۳۵۹۹۰۰۰ (۰۲۱) نمابر: ۲۳۵۹۹۳۰۰ (۰۲۱)

52 Moghadas Ardebili St, Zaferanieh St, Valiasr Ave.
Shemiran, Tehran 19869-55511, Iran

Tel: (+9821) 23599000

Web: www.fswco.com

Fax: (+9821) 23599300

Email: info@fswco.com

