



کتابچه اطلاعات فنی و راهنمای مصرف فولادهای
استحکام بالا در صنعت سازه

شرکت فولاد مبارکه

واحد پشتیبانی فنی مشتریان



واحدهای مرتبط با مشتریان و محصولات در شرکت فولاد مبارکه

➤ دفاتر فروش:

اطلاعات و شرایط عمومی عرضه محصولات، زمان تحویل، اطلاعات تجاری و ...

➤ پشتیبانی فنی مشتریان:

اطلاعات فنی مربوط به محصولات، کاربرد نهایی، استانداردها و رواداریها، بررسی فنی ادعاها و شکایات مشتریان و

➤ روابط عمومی:

اطلاعات عمومی مربوط به شرکت فولاد مبارکه اصفهان، برنامه‌ریزی بازدیدها و ...

➤ آدرس پستی شرکت فولاد مبارکه اصفهان:

اصفهان - مبارکه - کد پستی ۸۴۸۱۵- صندوق پستی ۱۶۱

مرکز اطلاعات تلفن ۰۳۱۱-۳۳۲۵۳۲۵

دورنگار دبیرخانه مرکزی ۰۳۱۱-۳۳۲۴۳۲۴

➤ آدرس الکترونیکی و اینترنت :

Website: <http://www.mobarakeh-steel.ir>

E-Mail: info@mobarakeh-steel.ir

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- پیام مدیر عامل
۲	۲- تاریخچه شرکت
۴	۳- برنامه‌های شرکت فولاد مبارکه در ارتباط با مشتریان
۶	۴- راهنمای استفاده از کتابچه
۸	۵- واژه‌نامه محصولات و اصطلاحات فنی
۹	۶- فولادهای استحکام بالا (HSLA)
۱۲	۷- مثالهایی از طراحی سازه با فولاد استحکام بالا و ارزیابی صرفه جویی اقتصادی بکارگیری آنها
۲۸	۸- مزایای استفاده از فولاد استحکام بالا
۲۹	۹- استانداردهای معادل فولاد استحکام بالای کم آلیاژ
۳۰	۱۰- محدوده ابعادی فولاد استحکام بالا تولیدی شرکت فولاد مبارکه
۳۲	۱۱- جوشکاری فولادهای استحکام بالا
۳۴	۱۲- انتخاب نوع الکترود در جوشکاری فولادهای استحکام بالا
۳۶	۱۳- جوشکاری آسان و بدون نقص
۵۱	۱۴- دستورالعمل جوشکاری (WPS) برای فولاد ST-52 تولیدی مجتمع فولاد مبارکه

۵۶	۱۵- ارزیابی دستور العمل جوشکاری (PQR) برای فولاد ST-52 تولیدی مجتمع فولاد مبارکه
۵۹	۱۶- مواردی که در هنگام صدور سفارش لازم است توسط خریدار مد نظر قرار بگیرد
۶۰	۱۷- خدمات ویژه
۶۱	۱۸- گواهی نامه ها

۱- پیام مدیر عامل

بسمه تعالی

صنعتگران محترم

شرکت فولاد مبارکه به عنوان بزرگترین تولید کننده فولاد در کشور برقراری ارتباط مطلوب و مناسب با مشتریان و مصرف کنندگان نهایی و ارائه محصولات و خدمات با کیفیت و در حد بالای استانداردها را به عنوان جهت گیری استراتژیک خود در نظر گرفته است. علاوه بر آن ارتقاء سطح کیفیت محصولات و خدمات فعلی و توسعه محصولات و خدمات جدید همراه با رعایت استانداردهای ملی و بین المللی و ترویج فرهنگ کیفیت و استاندارد در جهت حفظ و حمایت از حقوق مصرف کنندگان و آحاد جامعه به عنوان یکی از مسئولیت های اجتماعی و ملی ما بشمار می رود.

جلب مشارکت همه عوامل موثر در زنجیره ارزش ضامن موفقیت و توسعه پایدار در فضای رقابتی کسب و کار می باشد. لذا در این مسیر ضروری است تأمین کنندگان، کارکنان، مشتریان، سهامداران و کلیه ذی نفعان سازمان با بهره گیری بهینه از منابع و کاهش هزینه ها، کارایی و اثر بخشی فعالیتها را افزایش دهند. همگی بایستی از طریق مشارکت و هم فکری، ارتباطات موثر و در نهایت هم افزایی قابلیت ها و توانمندی ها موجبات افزایش سطح بهره وری و ارزش افزوده فرایندها را فراهم آوریم.

مدیر عامل

دکتر محمد مسعود سمیعی نژاد

۲- تاریخچه شرکت

شرکت فولاد مبارکه اصفهان بزرگترین مجتمع صنعتی کشور جمهوری اسلامی ایران در ۶۵ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در زمینی به وسعت ۳۵ کیلومتر مربع (۱۷ کیلومتر مربع سالن تولید) استقرار یافته است که دارای ظرفیت تولید ۵/۴ میلیون تن انواع محصولات فولادی تخت گرم و سرد نوردیده، قلع اندود، گالوانیزه و رنگی از ضخامت ۰/۱۸ تا ۱۶ میلیمتر می باشد.

خطوط تولید شرکت فولاد مبارکه اصفهان عبارتند از :

➤ انباشت و برداشت مواد اولیه

➤ آهک پزی

➤ گندله سازی

➤ احیاء مستقیم

➤ فولادسازی و ریخته گری مداوم

➤ پرداخت و خنک سازی شمش

➤ فولادسازی و نورد پیوسته (سبا)

➤ نورد گرم و تکمیل نورد گرم

➤ اسیدشویی

➤ نورد سرد

➤ واحد تولید ورق قلع اندود

➤ واحد تولید ورق گالوانیزه

➤ واحد تولید ورق رنگی

پودر سنگ آهن مورد نیاز از معادن گل گهر و چادرملو تأمین می‌شود و بوسیله راه آهن به واحد انباشت و برداشت شرکت فولاد مبارکه اصفهان حمل می‌گردد. پودر سنگ آهن انباشت شده در واحد گندله‌سازی تبدیل به گندله شده و در واحد احیاء مستقیم به آهن اسفنجی تبدیل می‌گردد و سپس در کوره‌های قوس الکتریکی واحد فولادسازی ذوب می‌شود. فولاد مذاب جهت تبدیل به تختال (اسلب) به ماشینهای ریخته‌گری مداوم منتقل می‌گردد. تختال، خنک و پرداخت شده و بعد از پیشگرم شدن در واحد نورد گرم نورد شده و سپس به واحد تکمیل نورد گرم و یا واحد اسیدشویی می‌رود و سپس برای کاهش ضخامت به واحد نورد سرد ارسال می‌گردد. همچنین بخشی از محصولات سرد نوردیده به واحدهای قلع اندود، گالوانیزه و رنگی ارسال می‌گردد.

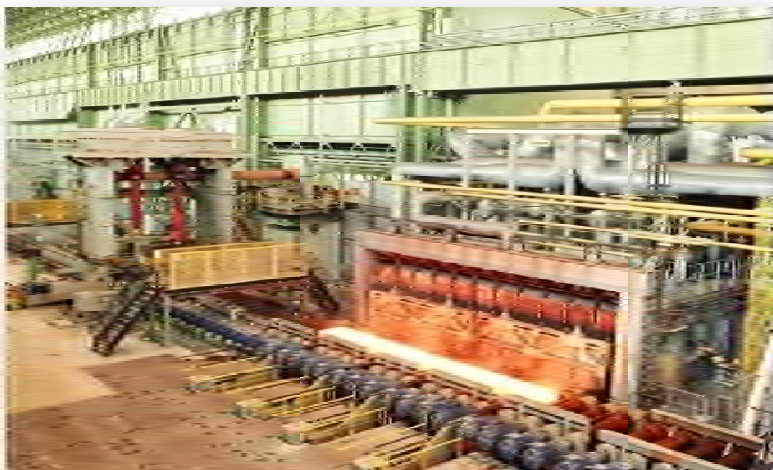


۳- برنامه‌های شرکت فولاد مبارکه در ارتباط با مشتریان

برقراری ارتباط مطلوب و مناسب با مشتریان و ارائه خدمات در حد بالای استانداردها در حداقل زمان همراه با درک متقابل نیازهای حال و آینده به منظور جلب اعتماد و وفاداری مشتریان و خوشحال نمودن آنان به عنوان جهت گیری استراتژیک فولاد مبارکه اصفهان در ارتباط با مشتریان در نظر گرفته شده است. علاوه بر آن مجموعه اقدامات زیر بعنوان بخشی از فعالیتهای مشتری گرایی (Customer Focus Activities) برنامه ریزی شده است:

- ❖ بهبود ارتباط با مشتریان و بهبود و ارتقاء سطح کیفیت ارائه خدمات به مشتریان.
- ❖ سازماندهی، برنامه ریزی و اجرای پروژه‌های بهبود کیفیت محصولات با مشارکت مشتریان.
- ❖ توسعه محصولات جدید با هدف پاسخ گویی به نیازها و انتظارات مشتریان.
- ❖ تحقیقات بازار و آگاهی از روند مصرف محصولات در بازارهای ملی، منطقه‌ای و بین المللی.
- ❖ استفاده از تکنولوژی IT در ارتباط با مشتریان و زمینه‌سازی E-Commerce.
- ❖ انجام بازدیدهای ادواری از مشتریان به منظور بررسی تطابق محصولات با نیازمندیهای واقعی آنان.
- ❖ ایجاد، نگهداری و به روز نمودن و مدیریت بانک اطلاعات فنی مشتریان از طریق برقراری ارتباطات منظم و برنامه ریزی شده.
- ❖ ایجاد، نگهداری و به روز نمودن سیستم دریافت بازخورد از مشتریان شامل ادعاها و نتایج اندازه گیری رضایت مشتریان و تحلیل نتایج.
- ❖ اجرای طرح جامع آموزش مشتری گرایی در شرکت و اجرای نظام مدیریت ارتباط با مشتریان (Customer Relationship Management).

- ❖ انتخاب رویکرد «یادگیری از مشتریان» و «آموزش به مشتریان».
- ❖ رسیدگی و پیگیری سریع (Fast Response) به درخواست ها، مشکلات و شکایات مشتریان.
- ❖ ارائه خدمات مشاوره‌ای به مشتریان در رابطه با فرایند تولید و راهنمایی جهت مصرف مناسب محصولات.
- ❖ راهنمایی و ارائه راهکار به مشتریان در جهت معرفی محصولات جدید و تغییر مصالح مصرفی از محصولات رقیب به محصولات فولادی (با توجه به مزایای نسبی آن نظیر ارزانی، سهولت بازیافت، محدوده وسیع کاربرد و...).
- ❖ ارائه خدمات قبل و بعد از فروش به مشتریان با توجه به کاربرد نهایی محصولات (End Use) و حساسیت‌های کیفی مشتریان.



۴- راهنمای استفاده از کتابچه

کتابچه اطلاعات فنی و راهنمای مصرف فولادهای استحکام بالا به منظور آشنایی مشتریان و مصرف کنندگان با ویژگی های فنی، کاربردها و نحوه مصرف فولادهای استحکام بالا تولید شده در شرکت فولاد مبارکه تهیه گردیده است. در این کتابچه علاوه بر مزایا، کاربردها و نحوه مصرف، مشخصات فنی این محصولات نظیر استانداردهای مرجع، مشخصات عمومی ابعادی محصولات قابل تولید و سایر اطلاعات مورد نیاز صنعتگران و مصرف کنندگان ارائه گردیده است.

کتابچه اطلاعات فنی و راهنمای مصرف فولادهای استحکام بالا می تواند مورد استفاده مخاطبان زیر قرار گیرد:

- ۱- تولید کنندگان، صنعتگران، صاحبان صنایع و مصرف کنندگان فولادهای استحکام بالا در زمینه های مختلف مصرف به منظور آشنایی با مشخصات فنی - کیفی این فولادها.
- ۲- مشتریان و مصرف کنندگان فعلی فولادهای استحکام بالا شرکت فولاد مبارکه بمنظور آشنایی با نحوه کاربرد و مصرف این محصولات.
- ۳- شرکتهای طراحی و مهندسی، آرشیتکت ها، مهندسین مشاور، شرکتهای پیمانکاری و مجریان پروژه های صنعتی و ساختمانی جهت دریافت اطلاعات در خصوص مصالح صنعتی مورد نیاز.
- اساتید دانشگاه، دانشجویان و محققین دانشگاهها و مراکز علمی و تحقیق جهت آشنایی با مشخصات فنی محصولات جدید و دریافت اطلاعات مورد نیاز در پروژه ها و طرحهای تحقیقاتی.

سایر اطلاعات فنی مربوط به این محصول و سایر محصولات شرکت فولاد مبارکه از طریق ارتباط با واحد پشتیبانی فنی مشتریان (Technical Assistance to customers) که وظیفه ارائه خدمات فنی قبل و بعد از فروش به مشتریان را بهعهده دارد قابل دریافت می‌باشد. اطلاعات مندرج در این کتابچه بصورت لوح فشرده (CD) نیز قابل ارائه به علاقمندان می‌باشد این اطلاعات همچنین در سایت شرکت فولاد مبارکه به آدرس اینترنتی <http://www.mobarakeh-steel.ir> قابل دسترسی می‌باشد.

۵- واژه‌نامه محصولات و اصطلاحات فنی

معادل انگلیسی	واژه مرسوم در بازار	واژه فنی صحیح
High Strength Low Alloy Steel (HSLA)	فولاد پراستحکام	فولاد استحکام بالای کم آلیاژ
Hot Rolled Coil	کلاف سیاه	کلاف گرم نوردیده
Hot Rolled Cut Lengths	ورقه سیاه	ورقه گرم نوردیده
Skin Passed	ورق اتوکشی شده	نورد پوسته ای شده
Mill Edge	کناره بری نشده	لبه نوردی (خام)
Trimmed Edge	کناره بری شده	لبه بری شده (اصلاح شده)
Baby Coil	اسپیره	کلاف کوچک

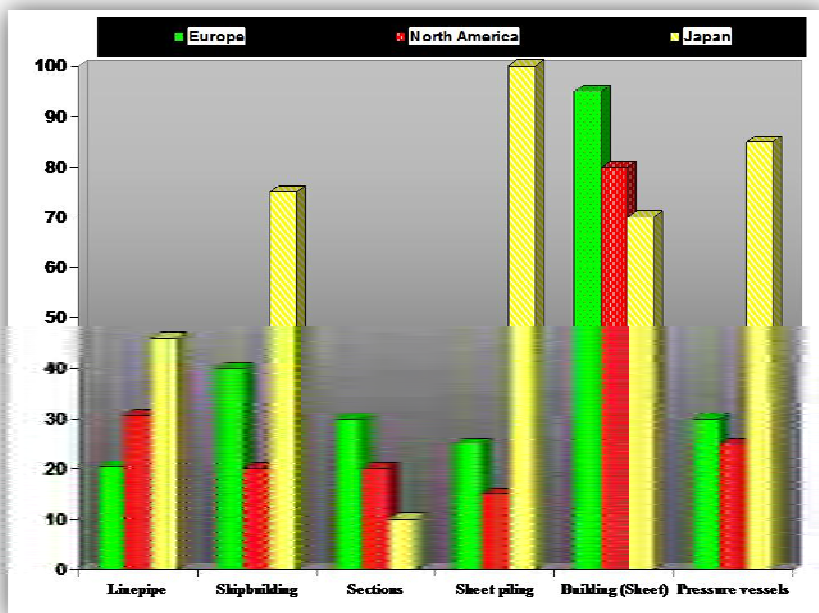
۶- فولادهای استحکام بالا (HSLA)

فولادهای استحکام بالای کم آلیاژ (HSLA) گروه خاصی از فولادهای کم کربن را تشکیل می‌دهند که مقادیر اندکی عناصر آلیاژی به آنها افزوده شده است تا استحکام تسلیم بالاتر از ۲۷۵ MPa (۴۰ksi) را در شرایط نورد و یا نرماله کسب نمایند. این فولادها خواص مکانیکی و در برخی موارد مقاومت به خوردگی بهتری در مقایسه با فولادهای کربنی دارند. از آنجا که استحکام بالاتر فولادهای HSLA با حضور مقدار کربن کمتری حاصل می‌شود، جوش‌پذیری بسیاری از این فولادها قابل رقابت و یا حتی بهتر از فولادهای کربنی ساده است و برای سازه‌های ساختمانی مزایای فنی و اقتصادی به همراه دارند.

مقایسه خواص مکانیکی فولاد معمولی (ST-37) و فولاد پر استحکام (ST-52)

گرید فولاد	Yield Point (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
ST-37	240-380	350-470	27-40
ST-52	364-480	490-590	21-41

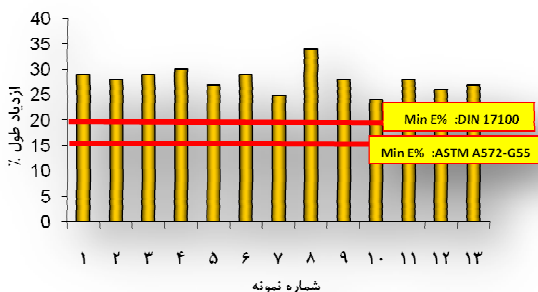
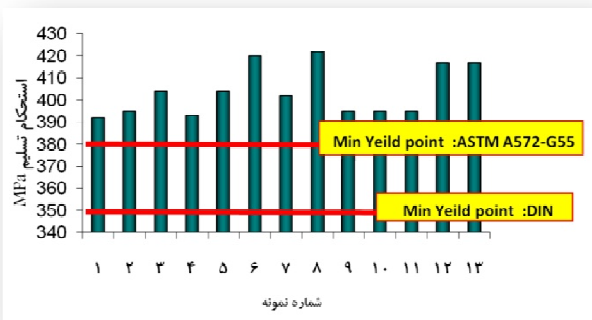
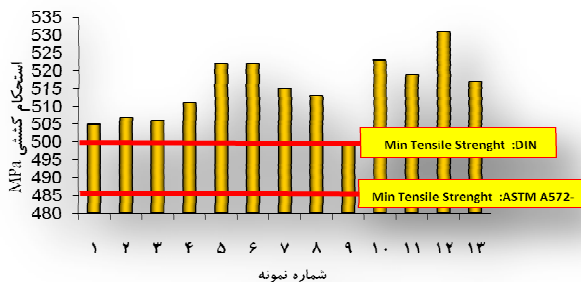
میزان کاربرد فولادهای HSLA در کشورهای صنعتی.



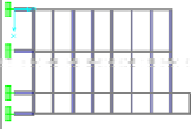
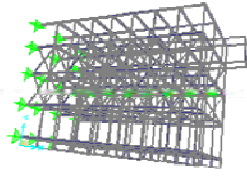
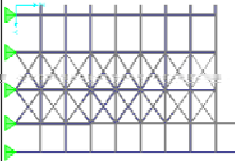
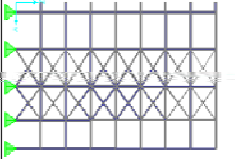
ترکیب شیمیایی برخی از فولادهای HSLA.

ترکیب شیمیایی (% (حداکثر))									گرید	استاندارد
V	Cu	Ni	Cr	Si	S	P	Mn	C		
-	min ۰/۲۰	-	-	۰/۳۰	۰/۰۵	۰/۰۴	۱/۳۵	۰/۲۱	۴۲	ASTM A 572
-	min ۰/۲۰	-	-	۰/۳۰	۰/۰۵	۰/۰۴	۱/۳۵	۰/۲۳	۵۰	
-	min ۰/۲۰	-	-	۰/۳۰	۰/۰۵	۰/۰۴	۱/۳۵	۰/۲۶	۶۰	
-	min ۰/۲۰	-	-	۰/۳۰	۰/۰۵	۰/۰۴	۱/۶۵	۰/۲۳	۶۵	

استحکام تسلیم، استحکام کششی و درصد ازدیاد طول فولاد ST-52 تولیدی مجتمع فولاد مبارکه و مقایسه آن با استانداردها.



۷- مثال هایی از طراحی سازه با فولاد استحکام بالا و ارزیابی صرفه جویی اقتصادی بکارگیری آنها

	ساختمان فولادی مسکونی هشت طبقه	
	نوع سازه	ساختمان چند طبقه چند دهانه
	مشخصات هندسی	ساختمان به ابعاد ۱۷/۲ متر در ۱۲/۵ متر پلان و ارتفاع ۲۴/۴ متر طراحی شده است.
	تصویر سه بعدی (3D)	تصویر سازه
	از پیلو (X-Z)	

استفاده از فولادهای استحکام بالا در طراحی ساختمانهای فولادی

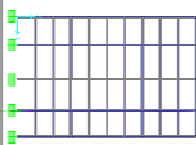
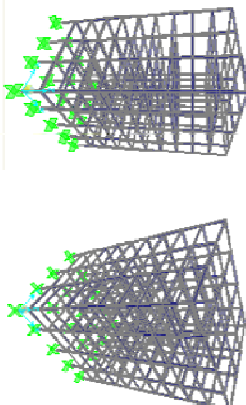
ابعاد	ابعاد	ابعاد	تعداد ابعاد در سازه		
					کشی
۶۹	۱۵۹	۳۰۸	طراحی با ST-37 (حالت اول)	نتایج طراحی (مقایسه به حالت)	
وزن اعضا (تن)			طراحی با ST-52 (حالت دوم)		
وزن اعضا (تن)					
میزان مصرف جوش نسبت به حالت اول (%)					
۱۳/۹ %					
۶۹/۰۸	وزن اعضا (تن)			نتایج طراحی (مقایسه به حالت)	
میزان مصرف جوش نسبت به حالت اول (%)					
۱۶/۵۹					
۶/۷۴	وزن اعضا ساخته شده با ST-37 (تن)				
وزن اعضا ساخته شده با ST-52 (تن)					
۶۹/۴۵	وزن کل معادل با ST-37 (تن)			نتایج طراحی (مقایسه به حالت)	
میزان مصرف جوش نسبت به حالت اول (%)					
۱۲/۷۷					
۱۵/۳ %					

استفاده از فولاد ST-52 به جای ST-37 باعث ۱۳/۹٪ مصرف جوش در وزن فولاد مصرفی می‌شود. صرفی که از هر دو نوع فولاد به طور منطقی در طراحی سازه استفاده می‌شود، این میزان صرفه جوشی به ۱۵/۳٪ افزایش خواهد یافت.

نتیجه گیری

استفاده از فولاد ST-52 به جای ST-37 باعث ۱۳/۹٪ صرفه جویی در وزن فولاد مصرفی می شود. در صورتی که ترکیبی از هر دو نوع فولاد به طور منطقی در طراحی سازه استفاده شود، این میزان صرفه جویی به ۱۵/۳٪ افزایش خواهد یافت.

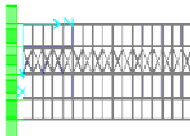
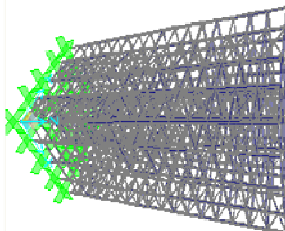
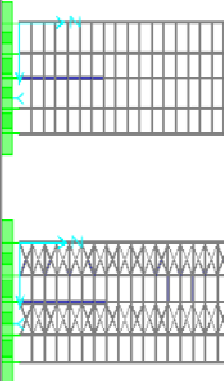
استفاده از فولادهای استحکام بالا در طراحی ساختمانهای فولادی

	ساختمان فولادی مسکونی ده طبقه	
	فولج سازد	ساختمان چند طبقه، چند دهانه
مشخصات هندسی		ساختمان به ابعاد ۱۷ متر در ۲۱ متر در پلان و از ارتفاع ۳۲ متر طراحی شده است.
	تقویر سه بعدی (3D)	تقویر سازد
	از پیلو (X-Z)	

انواعی کشی	انواعی فلزی	انواعی خمش	وزن کل فولاد (تی)	صرفه جویی کی (%)	تعداد اعضا در سازه	
۱	۲۰۰	۳۱۰	۲۲۵/۷۶	-	طراحی با ST-37 (حالت اول)	نتایج طراحی (مقایسه سه حالت)
			وزن اعضا (تی)			
			وزن اعضا (تی)	-	ST-52 با (حالت دوم)	
			۱۶۸/۶۱	۲۲/۵ %	طراحی صرفه جویی نسبت به حالت اول (تی)	
			۵۰/۹۱	۲۲/۵ %	ST-52 با (حالت دوم)	
			وزن اعضا ساخته شده با ST-37 (تی)	-	طراحی با ترکیبی از ST-52 و ST-37 (حالت سوم)	نتیجه گیری
			۲۲/۴۹	-	وزن اعضا ساخته شده با ST-52 (تی)	
			۱۴۲/۶۸	-	وزن کل مبتنی بر ST-37 (تی)	
			۱۷۲/۵۲	-	میان صرفه جویی نسبت به حالت اول (تی)	
			۵۳/۲۴	۲۳/۶ %		

استفاده از فولاد ST-52 به جای ST-37 باعث ۳۲/۵ % صرفه جویی در وزن فولاد مصرفی می شود. در صورتی که ترکیبی از هر دو نوع فولاد به طور مبتنی در طراحی استفاده شود، این میزان صرفه جویی به ۳۳/۶ % افزایش خواهد یافت.

استفاده از فولادهای استحکام بالا در طراحی ساختمانهای فولادی

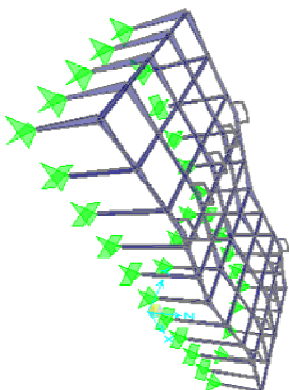
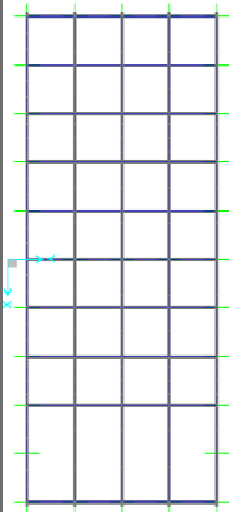
	ساختمان فولادی مسکونی هفده طبقه	
	نوع سازه	ساختمان چند طبقه چند دهک
	مشخصات هندسی	ساختمان به ارتفاع ۳۱ متر در ۳۲ متر در ۵/۵ متر طراحی شده است.
	تصویر سازه	تصویر سه بعدی (3D)
از پیلو (X-Z)		

مصرف جوشن کل (t)	وزن کل فولاد (تن)	انتهای	انتهای	انتهای	تعداد انتها در سازه	نتایج طراحی، (مقایسه به حالت)
		خشی	فشاری	کشی		
-	۵۳۵،۵۴	وزن انتها (تن)			ST-37 با (حالت اول)	
-	۴۰۹،۷۵	وزن انتها (تن)			ST-52 با (حالت دوم)	
۱۹،۱٪	۱۰۰،۶۳	میزان مصرف جوشن نسبت به حالت (t)				
-	۵۸،۱۶	وزن انتها ساخته شده با ST-37 (تن)			طراحی با ترکیبی از ST-52 و ST-37 (حالت سوم)	
-	۳۵۲،۷۳	وزن انتها ساخته شده با ST-52 (تن)				
-	۴۲۳،۹۴	وزن کل معادل با ST-37 (تن)				
۱۹،۳٪	۱۰۱،۶۰	میزان مصرف جوشن نسبت به حالت (t)				

استاندارد از فولاد ST-52 به جای ST-37 باعث ۱۹/۱٪ مصرف جوشن در وزن فولاد مصرفی می شود. در صورتی که ترکیبی از هر دو نوع فولاد به طور بهینه در طراحی سازه استفاده شود، این میزان مصرف جوشن به ۱۹/۳٪ افزایش خواهد یافت.

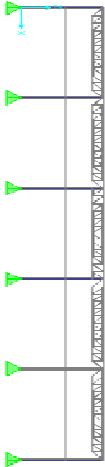
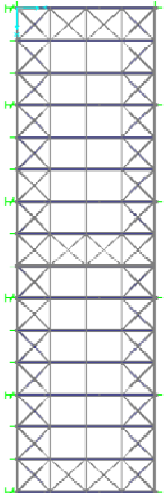
نتیجه گیری

استفاده از فولادهای استحکام بالا در طراحی سوله‌های صنعتی

سوله صنعتی دو دهانه فولادی		سازه صنعتی با اتصالات خمشی	
نوع سازه		مشخصات هندسی	
تعمیر سازه	تعمیر به پیدی (3D)		
	از پیلو (XV)		
سازه صنعتی به ابعاد ۶۰ در ۳۱/۵ و ارتفاع ۱۳/۵ متر طراحی شده است. دهانه‌های قاب برابر با ۳۰ متر است.			

مصرفه جویی کل (%)	وزن کل فولاد (تن)	انضای			نماد استاندارد سازد
		انضای حتمی	انضای فشاری	انضای کشی	
-	۶۵/۴۹	۱۵۷	۳۹	۰	طراحی با ST-37 (حالت اول)
-	۵۶/۸۷		وزن انضای (تن)		طراحی با ST-52 (حالت دوم)
۹,۹۹ %	۶/۵۲		میزان مصرفه جویی نسبت به حالت اول (%)		
نتیجه گیری					
استفاده از فولاد ST-52 به جای ST-37 موجب ۹,۹۹٪ مصرفه جویی در وزن فولاد همبرقی می شود.					

استفاده از فولادهای استحکام بالا در طراحی سوله‌های صنعتی

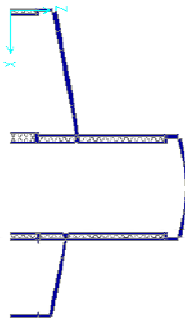
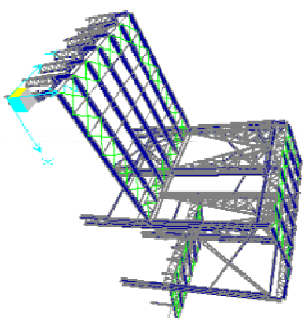
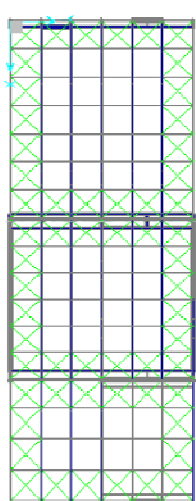
	سوله صنعتی تک دهانه فولادی 	
سازه صنعتی با اتصالات خمشی	نوع سازه	مشخصات هندسی
سازه صنعتی به ابعاد ۴۰ متر و از پانچ ۱۱*۲۵ متر طراحی شده است. دهانه‌های قالب پر بر با ۲۵ متر است.	تصویر سه بعدی (3D) تصویر سازه	
	از بالا (X-Y)	

مصرفه جویی کل (%)	وزن کل فولاد (تن)	اهدای	اهدای	اهدای	تعداد اهدا در سازه
		خمنی	فلزی	کشی	
-	۱۱۷/۹۷	۱۴۳	۴۴	۳۷/۵	طراحی با ST-37 (حالت اول)
-	۱۰۱/۸۵	وزن اهدا (تن)			ST-52 با طراحی (حالت دوم)
۱۰/۵٪	۱۲/۳۵	میزان مصرفه جویی نسبت به حالت اول (%)			
-	۴۵/۱۰	وزن اهدای ساخته شده با ST-37 (تن)			
-	۴۹/۰۳	وزن اهدای ساخته شده با ST-52 (تن)			طراحی با ترکیبی از ST-52 و ST-37 (حالت سوم)
-	۹۵/۹۴	وزن کل معادل با ST-37 (تن)			
۱۸/۷٪	۲۲/۰۳	میزان مصرفه جویی نسبت به حالت اول (%)			

استفاده از فولاد ST-52 به جای ST-37 باعث ۱۰/۵٪ صرفه جویی در وزن فولاد مصرفی می شود. در صورتی که ترکیبی از هر دو نوع فولاد به طور متعادل در طراحی سازه استفاده شود، این میزان صرفه جویی به ۱۸/۷٪ افزایش خواهد یافت.

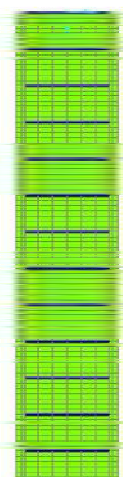
نتیجه گیری

استفاده از فولادهای استحکام بالا در طراحی سوله‌های صنعتی

	سوله صنعتی سه دهانه فولادی (با فرم غیر متعارف)	
سازه صنعتی با ابعاد ۶۰ متر و چهار تیر از مقطع ۵۸ متر طراحی شده است.	سازه صنعتی	نوع سازه
	تصویر سه بعدی (3D)	تصویر سازه
	از پلا (X-Y)	

مصرف جوشی کل (%)	وزن کل فولاد (تن)	انضای	انضای	انضای	مقدار انضای در بازار	نتایج طراحی (مقایسه دو حالت)
		خمشی	کششی	کششی		
-	۴۴۵/۸۳	۲۱۰	۱۳۷	۷۵۴	طراحی با ST-37 (حالت اول)	نتیجه گیری
-	۴۱۰/۵۳	وزن انضای (تن)			طراحی با ST-52 (حالت دوم)	
۱۳/۹ %	۲۰/۱۱	میزان مصرف جوشی نسبت به حالت اول (%)				
استفاده از فولاد ST-52 به جای ST-37 موجب ۱۳/۹٪ مصرف جوشی در وزن فولاد مصرفی می شود.						

استفاده از فولادهای استحکام بالا در طراحی پل های فولادی

۷		پل چهار دهانه سرقسری فولادی	
نوع سازه		پل تیر وزنی فولادی سرقسری	
مشخصات فنی		این پل چهار دهانه، دارای دو دهانه ۲۰ متری هر طرف و دو دهانه ۱۰ متری در وسط است. عرض پل برابر با ۱۹٫۷ متر و پل دارای دو جهت رفت و دو جهت برگشت است. فاصله تیر وزنی ها از یکدیگر از ۸ متر است.	
تصویر سازه		تصویر سه بعدی (3D)	
		از بالا (2D)	

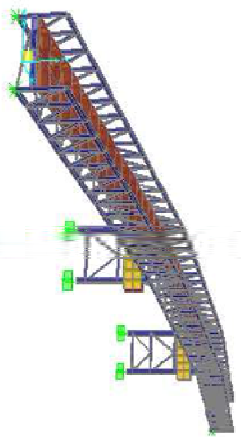
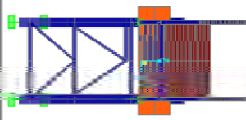
انتهای تعداد ابتدا در سازه	انتهای تعداد	انتهای حجمی	وزن کل فولاد این)	مصرف جوشی کل (۱)
	نسبی	نسبی		
طراحی با ST-37 (حالت اول)	۰	۷۵۹	۴۳۶/۳۴	-
طراحی با ST-52 (حالت دوم)	وزن ابتدا این)	میان مصرف جوشی نسبت به حالت اول (۱)	۳۵۱/۶۱	-
			۷۱/۷۲	۱۶/۳۲٪

نتایج طراحی
(مقایسه دو حالت)

محاسبات انجام گرفته جوید این مطلب است که در پیل های نیروی استفاده از فولاد ST-52 به جای فولاد معمولی ST-37 موجب ۱۶/۳۲٪ صرفه جویی در وزن فولاد مصرفی می شود.

نتیجه گیری

استفاده از فولادهای استحکام بالا در طراحی پل های فولادی

	پل عابر پیاده سه دهانه فولادی	
این پل چهار دهانه، دارای دو دهانه ۳۶/۷ متری در خرابی و یک دهانه ۴۴/۴ متری در وسط است. عرض پل برابر با ۳۰ متر و بیشتر گرفته شده است.	مشخصات هندسی	نوع سازه
	نمونه به بندی (3D)	
	از پیل (X-Z)	نمونه سازه

نمونه و مشخصات در سازه	ابعاد تیر	ابعاد فشاری	ابعاد کششی	وزن کل فولاد (کی)	مصرف فولادی کی (ت)
	۵۳۴	۲۲	۹۸		
مخارجه با ST-37 (حالت اول)	وزن اتصال (کی)			۳۴/۲۹	-
مخارجه با ST-52 (حالت دوم)	وزن اتصال (کی)			۳۱/۰۲	-
	میزان مصرف فولادی نسبت به حالت اول (ت)			۱/۷۵	۳/۰۸٪

نتایج طراحی
(مقایسه دو حالت)

(۱) آلتیر P-Delta نیز انجام شده است.

(۲) محاسبات بافت‌های فنی را تأیید می‌نمایند. استفاده از فولاده استاندارد بالا به سبب فولادهای معمول موجب صرفه‌جویی در وزن فولاد می‌شود اما در این نوع سازه خاص با توجه به میزان کم بارها و نحوه باربری اتصال باربر چارکری نیز فولادهای معمول با فولادهای پر مقاومت اثر چشمگیری نخواهد داشت.

نتیجه گیری

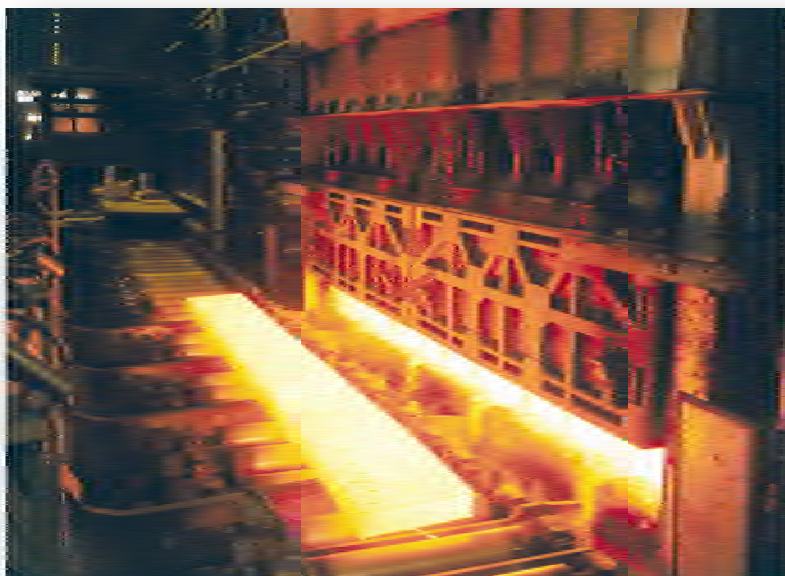
۸- مزایای استفاده از فولاد استحکام بالا

- ❖ کاهش وزن سازه
- ❖ افزایش استحکام و ایمنی سازه
- ❖ کاهش هزینه های ساخت و حمل و نقل
- ❖ افزایش کیفیت، شکل پذیری و عمر مفید سازه
- ❖ کاهش قیمت کل فولاد مصرفی



۹- استانداردهای معادل فولاد استحکام بالای کم آلیاژ

استاندارد	DIN (17100)	JIS (G3106)	BS (4360)	SAE/ AISI	ASTM (A572)	EN (10025)	ISIRI (3694)
فولاد استحکام بالا	St 52-3	SM 490/AB SM 520/B/C	50/A- B-C- D-D1	1017- 1020	42-50	S 355 JR	ورق گرم ۳۵۵ ۳ و ۲

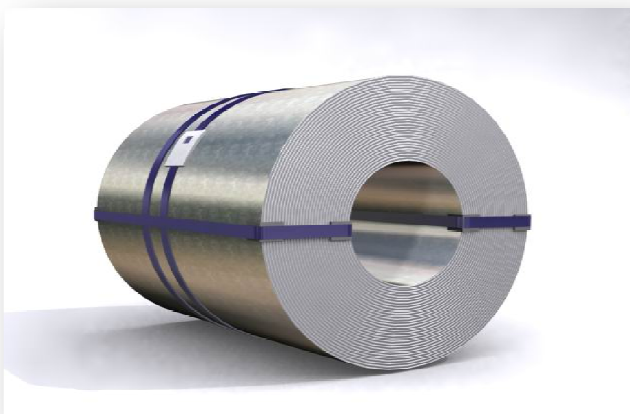


۱۰- محدودہ ابعادی فولاد استحکام بالا تولیدی شرکت فولاد مبارکہ

الف) کلاف

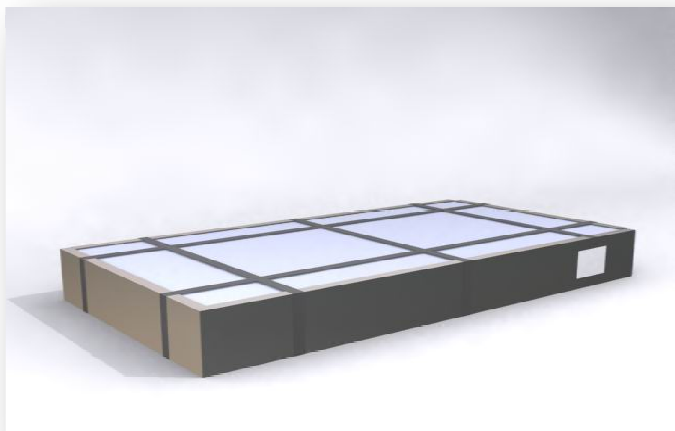
عرض (میلیمتر)			ضخامت (میلیمتر)	
با تفرانس محدود شدہ انحراف از تخت بودن	با لبہ نوردی (خام)	با لبہ نوردی (خام)		
حداکثر		حداقل	حداکثر	حداقل
۱۳۵۰	۱۵۰۰	۷۰۰	۴/۹۹	۴/۰۰
۱۳۵۰*	۱۷۵۰	۷۰۰	۸/۰۰	۵/۰۰
-	۱۷۵۰	۱۰۰۰	۱۰/۰۰	۸/۰۱
-	۱۶۳۰	۱۰۰۰	۱۵/۰۰	۱۰/۰۱

* حداکثر ضخامت ۷ mm است.



ب (ورقه

طول (میلیمتر)		عرض (میلیمتر)		ضخامت (میلیمتر)	
		با لبه نوردی (خام)			
حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل
۱۲۰۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۷۰۰	۴/۹۹	۴/۰۰
۱۲۰۰۰	۱۰۰۰	۱۷۵۰	۷۰۰	۸/۰۰	۵/۰۰
۱۲۰۰۰	۱۰۰۰	۱۷۵۰	۱۰۰۰	۱۰/۰۰	۸/۰۱
۱۲۰۰۰	۱۰۰۰	۱۶۳۰	۱۰۰۰	۱۵/۰۰	۱۰/۰۱



۱۱- جوشکاری فولادهای استحکام بالا

فولادهایی که در سازه‌های ساختمانی مورد جوشکاری قرار می‌گیرند، طبق استاندارد ASTM باید از گروه فولادهای جوش پذیر از جمله A36، A572، A588، A514، A709، A859، A913 و A992 باشند. این فولادها را می‌توان با روش‌های رایج از قبیل SMAW، GTAW، GMAW و FCAW جوشکاری نمود.

با توجه به ترکیب شیمیایی فولاد ST-52 (A 572) تولیدی مجتمع فولاد مبارکه مشاهده می‌شود این فولاد دارای کربن معادل پایینی بوده و دارای جوش پذیری بالایی می‌باشد.

جوشکاری قوسی با الکتروود مصرفی (SMAW) به صورت عمده در جوشکاری فولادهای کم کربن و فولادهای HSLA در صنعت ساختمان به کار می‌رود.

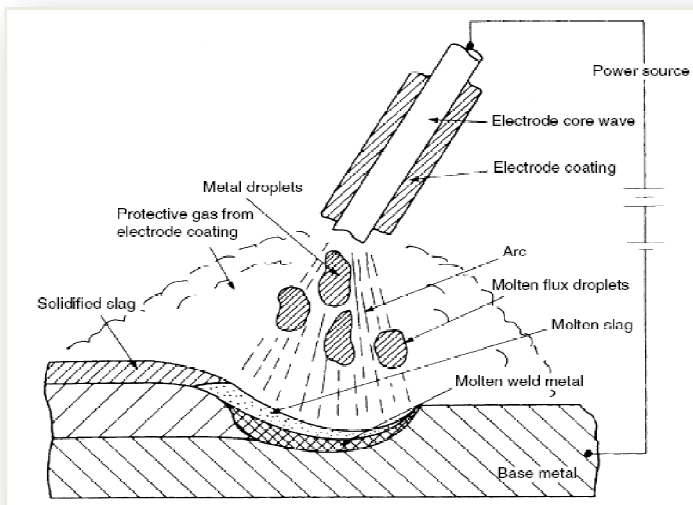
مزایای روش جوشکاری SMAW

- ❖ سادگی
- ❖ قابلیت حمل و نقل
- ❖ ارزان بودن تجهیزات (منبع قدرت، نگهدارنده الکتروود و کابل‌ها)

کربن معادل فولاد ST-52 تولیدی فولاد مبارکه.

فولاد	Mn (%)	C (%)	کربن معادل (Ce)	جوش پذیری
ST-52	۱/۱	۰/۱۵	۰/۳۳	عالی

نمایی از نحوه عملکرد در روش قوسی با الکتروود مصرفی (SMAW).



در روش SMAW مشابه سایر روشهای دستی جوشکاری، مهارت اپراتور نقش کلیدی دارد

ضوابط آیین نامه‌ای

آیین نامه‌ها و ضوابط جوشکاری سازه‌های فولادی در ایران براساس استاندارد AWS D1.1 تدوین شده است. مشخصات الکتروودهای فولاد کربنی و HSLA در فرایند جوشکاری SMAW به ترتیب در استاندارد A5.1 و ANSI/AWS A5.5 آورده شده است.

۱۲- انتخاب نوع الکتروود در جوشکاری فولادهای استحکام بالا

- در اتصالات جوشکاری سعی می شود فلزات پرکننده را بر طبق معیارهایی انتخاب کنند که اتصال حاصل شده بهترین و مطمئن ترین کیفیت را بدست دهد. از جمله معیارهایی که برای انتخاب فلزات پرکننده در نظر گرفته می شود به شرح زیر است:
- ۱- برتری خواص جوش پذیری فلز پرکننده نسبت به فلزات پایه.
 - ۲- برتری خواص مکانیکی فلز پرکننده نسبت به فلزات پایه.
 - ۳- مقاومت به خوردگی اتمسفری.
 - ۴- صرفه اقتصادی، دردسترس بودن و سهولت استفاده.

توصیه می شود در جوشکاری فولادهای استحکام بالا برای جلوگیری از ایجاد ترک هیدروژنی از الکترودهای کم هیدروژن استفاده گردد. با این حال در مواقعی که ضخامت قطعه کم باشد و دمای جوشکاری بالایی وجود نداشته باشد استفاده از الکترودهایی که کم هیدروژن نیستند نیز قابل استفاده است.

ترکیب شیمیایی این الکترودها به طور کلی به ترکیب شیمیایی الکترودهایی که برای روش SMAW به کار می روند، شباهت دارد.

الکترودهای کم هیدروژن و کم کربن گروه 70XX بهترین الکترودهای موجود برای اتصال این فولادهاست که در بازار مصرف به سهولت قابل دستیابی است.

توصیه می شود الکترودها پیش از استفاده به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۰۰ درجه سانتیگراد پیشگرم و خشک شوند و در محفظه مناسب نگهداری شوند.

جداول گروه بندی و انتخاب الکترود

Table 1
Electrode Classification

AWS Classification	Type of Covering	Welding Positions for Classification ^b	Type of Current ^c
E7010-X	High-cellulose sodium	F, V, OH, H	DCEP
E7011-X	High-cellulose potassium	F, V, OH, H	ac or DCEP
E7015-X ^{d,e}	Low-hydrogen sodium	F, V, OH, H	DCEP
E7016-X ^{d,e}	Low-hydrogen potassium	F, V, OH, H	ac or DCEP
E7018-X ^{d,e}	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, V, OH, H	ac or DCEP
E7020-X	High-iron oxide	{ H-fillets F	ac or DCEN ac, DCEP or DCEN
E7027-X	High-iron oxide, iron powder	{ H-fillets F	ac or DCEN ac, DCEP or DCEN

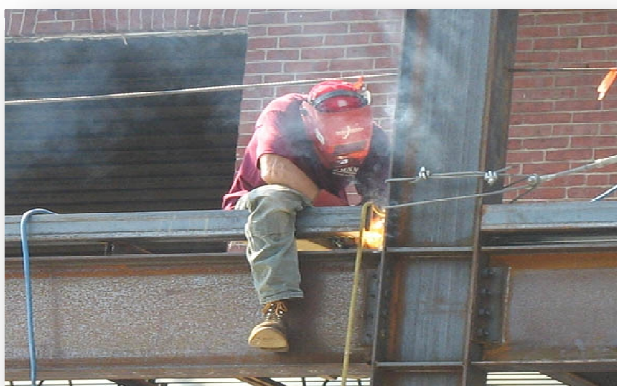
Table 2
Chemical Composition Requirements for Undiluted Weld Metal

AWS Classification ^c	UNS Number ^d	Wt. Percent ^{a, b}								Additional Elements	
		C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	Type	Amt.
Carbon-Molybdenum Steel Electrodes											
E7010-A1	W17010	0.12	0.60	0.40	0.03	0.03	—	—	0.40–0.65	—	—
E7011-A1	W17011	0.12	0.60	0.40	0.03	0.03	—	—	0.40–0.65	—	—
E7015-A1	W17015	0.12	0.90	0.60	0.03	0.03	—	—	0.40–0.65	—	—
E7016-A1	W17016	0.12	0.90	0.60	0.03	0.03	—	—	0.40–0.65	—	—
E7018-A1	W17018	0.12	0.90	0.80	0.03	0.03	—	—	0.40–0.65	—	—
E7020-A1	W17020	0.12	0.60	0.40	0.03	0.03	—	—	0.40–0.65	—	—
E7027-A1	W17027	0.12	1.00	0.40	0.03	0.03	—	—	0.40–0.65	—	—

۱۳- جوشکاری آسان و بدون نقص

تولید جوش سالم و بدون عیب همراه با کاهش هزینه ها از اهداف مورد نظر در عملیات جوشکاری اتصالات سازه های فلزی است. خرابی و انهدام در نتیجه ایجاد خسارت مالی و جانی در اغلب سازه های فولادی نظیر اسکلت های ساختمانی، کشتی ها، پل ها و مخازن ناشی از وجود عیوب در فلز جوش و شکست در منطقه مجاور آن است. جوش ایده آل تقریباً غیرممکن است و معمولاً جوش دارای معایبی است که باید کنترل شود. هر کدام از عیوب تا حدودی بر اساس میزان حساسیت کاربردی موضع اتصال مجاز است.

عیوب جوشکاری ممکن است بر اثر عوامل گوناگون در طراحی اتصال، نامناسب بودن جنس مواد مصرفی (قطعه کار، الکتروود، پودر، گاز محافظ...)، پارامترهای جوشکاری نظیر ولتاژ و جریان دستگاه جوش، مهارت جوشکار در نحوه انجام فرایند و عملیات نامناسب پیش گرم یا پس گرم قطعه فولادی بوجود آیند. فولاد استحکام بالای ST-52 تولیدی شرکت فولاد مبارکه با کنترل ترکیب شیمیایی و پارامترهای کلیدی در فرایندهای فولادسازی، شرایط بهینه ای را برای ایجاد محصولی با جوش پذیری عالی و عاری از عیوب فراهم آورده است.



در ادامه به نمونه‌هایی از انواع عیوبی که می‌تواند در حین جوشکاری و اتصالات سازه‌ها به یکدیگر رخ دهد اشاره می‌گردد. در این خصوص لازم است جهت جلوگیری از بروز این موارد تمهیدات لازم بعمل آید.

۱۳-۱- لکه قوس^۱

معمولاً جوشکارهای بی‌دقت برای شروع قوس با الکتروُد دستی ابتدا الکتروُد را با سطح کار در یک یا چند نقطه به طور لحظه‌ای تماس داده تا قوس‌های موقتی ایجاد و با گرم شدن نوک الکتروُد، روشن شدن قوس در محل شروع علمیات جوشکاری به آسانی انجام شود. نقاط تماس لحظه‌ای الکتروُد با سطح کار به صورت لکه‌هایی پدیدار می‌شود که در واقع لایه نازکی از سطح کار می‌باشد که در اثر ایجاد قوس موقت ذوب و سپس سریع سرد شده است. سطح مقطع این لکه‌ها اغلب دارای ترک‌های ریز می‌باشد. این عوامل می‌توانند موجب ایجاد تمرکز تنش و منجر به ترک برداشتن یا گسیختگی قطعه در محل لکه‌ها شوند. بنابراین جوشکار باید تماس‌های لحظه‌ای لازم برای شروع ابتدایی قوس در هر الکتروُد را بر روی قطعه‌های قراضه‌ای که در مجاورت اتصال قرار دارد انجام دهد. در صورتی که اشتباهاً ایجاد قوس موقتی روی قطعه کار انجام شد، جوشکار باید لکه‌ها را با سنگ زدن تمیز کرده و یا با جوش کامل و سالم روی آن‌ها را بپوشاند.

۱۳-۲- تخلخل

خلل و فرج یا ایجاد حفره در جوش دارای انواع و دلایل گوناگون است. خلل و فرجی که در چند سانتی متری اولیه موضع جوشکاری است به علت فقدان اکسیژن زدایی کافی در ابتدای عملیات جوشکاری می باشد. در پوشش الکترودها معمولاً مقداری مواد اکسیژن زدا نظیر فروسیلیسیم وجود دارد. حضور بیشتر و فعال تر سرباره حاصل از پوشش الکترودها، حضور اتمسفر هوا در منطقه حوضچه جوش را کاهش داده و تا حدودی این عیب رفع می شود. برای پرهیز از وقوع این نوع خلل و فرج تدابیر زیر موثر خواهد بود:

✓ شروع عملیات جوشکاری روی قراضه فولادی که قبلاً در ابتدای مسیر عملیات جوش نصب شده انجام شود و پس از خاتمه جوش از قطعه کار جدا شود.

✓ نقطه شروع جوشکاری کمی عقب تر از محل شروع واقعی باشد. الکترودها به ابتدای مسیر اتصال هدایت شده و عملیات جوشکاری ادامه یابد. بدین ترتیب اگر خلل و فرج نیز ایجاد شده باشد با برگشت قوس و ذوب مجدد آن این مشکل بر طرف خواهد بود.

✓ نوع دیگر از خلل و فرج در حین ذوب و انجماد ناشی از سهل انگاری در مصرف الکترودهایی است که قسمتی از پوشش آن شکسته و جدا شده است. از به کارگیری قسمت انتهایی الکترودها که بدون پوشش است باید خودداری شود.

۱۳-۳- ذوب و نفوذ ناقص

عمق نفوذ اتصال متأثر از عوامل چندی از جمله حرارت داده شده به موضع جوش است. سرعت پیشرفت جوشکاری، قطب الکترودها، نوع پوشش الکترودها یا پودر جوش، نوع گاز محافظ، زاویه الکترودها با سطح کار، وضعیت نامناسب سطح لبه ها نظیر وجود پوسته اکسیدی ضخیم می تواند سبب عمق ذوب و نفوذ ناقص شود.

۱۳-۴- جذب ناخالصی‌ها

موادی نظیر چربی، آلودگی‌ها، رنگ‌ها و پوشش‌های فلزی روی فلز قطعه کار یا الکتروود و جذب آن‌ها به جوش مشکلات جدی برای جوش پدید می‌آورد. به عنوان مثال فلز روی که وارد مذاب می‌شود موجب حساسیت در مقابل ترک و ایجاد حفره در جوش می‌شود. آلومینیم نیز به عنوان پوشش برای بالا بردن مقاومت فولاد در محیط‌های خورنده بکار می‌رود که وجود آن موجب تردی و شکنندگی جوش خواهد شد. ✓ زدودن ناخالصی‌ها از سطح فلز و الکتروود ضروری است.

۱۳-۵- ذرات سرباره محبوس شده

منبع ذرات غیرفلزی محبوس شده در فلز جوش علاوه بر الکتروود و سرباره می‌تواند محصول واکنش‌های مختلف سرباره- گاز- فلز باشد. سرباره جوش حاصل از پوشش الکتروود که در ضمن عملیات جوشکاری در مذاب جوش شناور است، به سبب وزن مخصوص کمتر به سطح بالای جوش حرکت می‌کند، چنانچه سرعت سرد شدن جوش زیاد شد سرباره به سطح روی جوش حرکت نمی‌کند و داخل جوش حبس شده و موجب ایجاد تخلخل در جوش می‌شود. مقدار کم این ذرات تاثیر زیادی بر روی خواص مکانیکی جوش ندارد لیکن مقدار زیاد و به ویژه ابعاد بزرگ آن روی خواص مکانیکی و مقاومت ضربه‌ای جوش تاثیر سوء دارد. موارد زیر می‌تواند موجب محبوس شدن ذرات سرباره شود.

- ✓ ریزش پوسته شکسته شده الکتروود به مذاب.
- ✓ سهل انگاری جوشکار در حرکات نامناسب الکتروود.
- ✓ استفاد از الکتروودی که قسمتی از آن بدون روکش است.
- ✓ عدم توجه در تمیز کردن سرباره در انتهای عبور جوش در تعویض هر الکتروود.
- ✓ جوشکاری در وضعیت‌های قائم، سقفی و نیز جوشکاری در زمستان و در هوای باز.

۱۳-۶- سوختن جوش

پارامترهای جوشکاری نظیر شدت جریان، ولتاژ یا طول قوس و سرعت متغیرهایی هستند که می‌توانند روی ظاهر جوش، راندمان و سهولت عملیات و حتی کیفیت جوش اثر مهمی داشته باشند. شدت جریان کم، گرده جوش را نامناسب می‌کند. شدت جریات زیاد ذوب کامل داده اما توام با ترشح زیاد ذرات می‌باشد و در نتیجه موجب سوراخ شدن و سوختن موضعی جوش می‌شود. سرعت زیاد در جوشکاری، گرده جوش را باریک و لاغر کرده و باعث به وجود آوردن سوختگی در لبه جوش می‌شود.

۱۳-۷- بریدگی کناره جوش

در انجام اتصالات جوشی با روش‌های ذوبی به ویژه با قوس الکتریکی، فلز اصلی در سرتاسر درز در مسیر اتصال ذوب شده که همراه با ذوب شدن الکتروود یا فلز پر کننده و انتقال قطرات مذاب از آن به طرف حوضچه جوش شکاف پر می‌شود. برای بالا بردن مقاومت، اغلب سطح فلز رسوب داده شده کمی بالاتر از گرده جوش می‌باشد. پر نشدن کامل لبه محل اتصال بریدگی یا شکافی را به وجود می‌آورد که موجب تمرکز تنش و شروع ترک اتصال از آن محل می‌شود. این موضوع در اتصالاتی که در شرایط خستگی یا تنش‌های متناوب قرار می‌گیرند بسیار حائز اهمیت است و باید با ذوب و رسوب مقدار اضافی فلز شکاف پر و برطرف شود.

- ✓ این عیب معمولاً در اثر شدت جریان اضافی (آمپر بالا) الکتروود باریک، طول قوس و نحوه نادرست در موج دادن یا حرکت زیگزاگی و زاویه نامناسب الکتروود است.
- ✓ حرکت‌های زیگزاگی مناسب با مکث‌های کوتاه در کناره‌های لبه اتصال، کاهش سرعت پیشرفت جوشکاری، شدت جریان متناسب با نوع و اندازه الکتروود انتخاب شده می‌تواند موجب رفع این نقص شود.

۱۳-۸- ترشح یا پراکنش^۱

قطرات ریز فلز را که از منطقه جوش در حین انجام اتصالات ذوبی به اطراف پرتاب می‌شوند جرقه یا ترشح گویند. این قطرات ممکن است از حوضچه جوش یا بیشتر از الکتروود و مفتول پرکننده ناشی شده باشد. در فرآیند جوشکاری با الکتروود دستی جرقه‌های درشت در اثر طول قوسی اضافی و جرقه‌های ریز ناشی از شدت جریان اضافی ایجاد می‌شود. جرقه‌های چسبیده بر روی سطح فلز در فواصل دور آسان‌تر با برس سیمی یا وسایل مشابه تمیز می‌شوند. جرقه‌های چسبیده در نزدیکی مسیر اتصال به راحتی تمیز نمی‌شود و علاوه بر بد منظره کردن ظاهر جوش می‌توانند شبیه لکه‌های قوس موجب عوارضی در سطح فلز شوند. گاهی اوقات جرقه‌ها در اثر بعضی ترکیبات و یا ناخالصی‌ها در روکش الکتروود می‌باشد. با کم کردن طول قوس و استفاده از شدت جریان مناسب این عیب تقلیل می‌یابد. ضمناً ترشح و جرقه موجب سوزاندن لباس و پوست جوشکاران می‌شود و حتی الامکان باید از ایجاد آن جلوگیری بعمل آورد.

۱۳-۹- سر رفتن جوش^۲

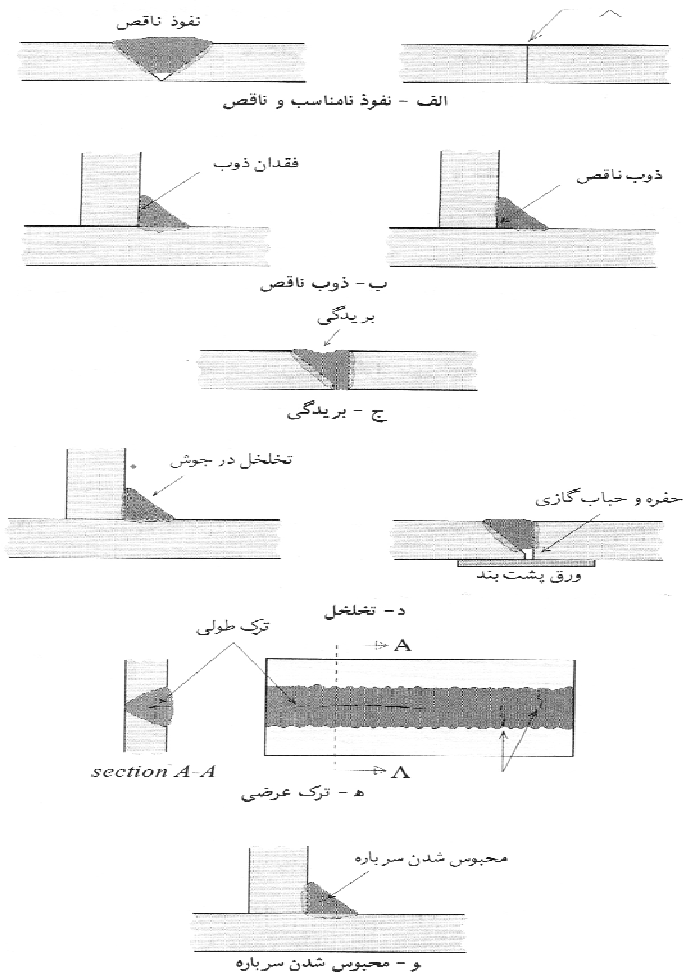
سر رفتن یا جاری شدن فلز جوش مذاب ظاهر جوش را نامناسب و هزینه تمیزکاری جوش را افزایش می‌دهد. مشکل سر رفتن اغلب در اثر حرارت زیاد ناشی از شدت جریان زیاد و سرعت بسیار کم به وجود می‌آید. سر رفتن در روش جوشکاری با الکتروود دستی در وضعیت قائم بیشتر رخ می‌دهد که معمولاً اثر زاویه اشتباه الکتروود با قطعه است.

1- Spatter
2- Overlapping

۱۰-۱۳- خوردگی در جوش

خوردگی در فلز جوش و موضع اتصال باعث بروز مشکل جدی و ایجاد ترک در محل جوش می شود خاصیت مقاومت موضع اتصال در برابر محیط های خورنده اهمیت زیادی دارد. بعضی مواقع بقایای بدنه کار یا پوشش الکتروود روی جوش یا جذب رطوبت هوا یا افزایش درجه حرارت قطعه کار ضمن سرویس، خورنده ای قوی را تشکیل می دهد. علاوه بر فاکتورهای جوشکاری و کیفیت جوش، نوع محلول خورنده، درجه حرارت محلول و مجموع تنش های پس ماند بر تشدید و یا تقلیل وقوع خوردگی موثر است. در شکل صفحه بعد نمونه هایی از معایب و نواقص جوش در اثر ذوب و عمق نفوذ ناقص، تخلخل، بریدگی کناره جوش، محبوس شدن ذرات سرباره و ترک های طولی و عرضی نشان داده شده است.

برخی از معایب و نواقص جوش



۱۱-۱۳- انقباض و تنش‌های پس ماند

در اثر انقباض مذاب جوش در هنگام سرد شدن، تنش‌های پس ماند در جوش پدید می‌آید. برای فلزات با نقطه ذوب پایین معمولاً تنش‌ها بالاتر از حد الاستیک بوده و باعث تغییر شکل پلاستیکی در جوش می‌شود.

اندازه‌گیری‌ها نشان داده است که تنش‌های پس ماند در جوش در ورق‌های نازک به صورت تنش‌های کششی به فواصل کم در دو طرف جوش است که با تنش فشاری در منطقه دورتر متعادل می‌شود. تنش‌های پس ماند در فلزات و آلیاژهای ترد موجب ترک می‌شوند. در فلزاتی که قابلیت شکل‌پذیری خوبی دارند، انقباض حاصل از سرد شدن مذاب جوش باعث تابیدگی ورق و یا مقطع فولادی می‌شود.

یکی از مسائل مهم در انجام عملیات جوشکاری قطعات خصوصاً در مورد مقاطع فولادی ساخته شده از ورق‌های نازک اتخاذ تدابیر لازم جهت جلوگیری از تاب خوردگی ورق‌ها و در نتیجه نیمرخ فولادی است. چنانچه یک زنجیره جوش ممتد بر روی یک ورق نازک اجرا شود به علت انقباض حاصل در جوش ورق تاب خواهد برداشت. جابه‌جا شدن و عدم تقارن در جوش در اثر سوار کردن و مونتاژ غلط اعضای مورد جوش نیز باعث محدودیت در مقاومت جوش می‌شود.

در ساخت مقاطع فولادی از ورق‌های نازک استفاده می‌شود که از جوش‌های یکطرفه و به صورت غیر قرینه موجب تاب خوردگی مقطع می‌شود. با اعمال تمهیداتی نظیر تنش زدایی و پس گرمایی و نیز استفاده از برنامه و ترتیب مناسب جوشکاری می‌توان از تاب خوردگی مقاطع فولادی در حین عملیات جوشکاری به میزان قابل ملاحظه‌ای کاست.

در سازه‌هایی مانند مخازن تحت فشار و یا مقاطع با ورق‌های ضخیم، قطعات را در داخل کوره‌هایی با عملیات پس گرمایی تنش زدایی می‌کنند. در ساخت تیر ورق‌ها می‌توان با پس گرم کردن بال‌ها، تغییر شکل‌ها و در نتیجه تاب خوردگی مقطع را به میزان قابل قبولی کاهش

داد. جهت کاهش انقباض، انجمن جوش آمریکای جداولی حداقل پیش گرمایش را توصیه نموده است. در هر حال استفاده از جوش های منقطع و پراکنده و سپس پر کردن فواصل با یک ترتیب خاص به طور قابل ملاحظه ای از تاب خوردگی مقاطع فولادی در حین عملیات جوشکاری جلوگیری می کند.

در اعضای که توسط ورق تقویت می شوند (مانند بال تیر و یا ستون های دوبله) اجرای صحیح جوش ورق تقویتی در کاهش تغییر شکل ها موثر است. ابتدا باید ورق های تقویتی را به یکدیگر متصل و سپس آن را به بال های عضو جوش داد. چنانچه در ابتدا ورق های تقویتی به بال و سپس جوش آن ها به یکدیگر انجام شود در محل جوش ورق ها ترک های مویی ایجاد خواهد شد.

در جوش های شیاری (نفوذی) که ورق های هم سطح را به یکدیگر متصل می کند و به آن جوش لب به لب نیز می گویند، برای کاهش انقباض و جلوگیری از تغییر زاویه ورق ها نسبت به یکدیگر ترتیب صحیح اجرای جوشکاری اهمیت دارد. بنابراین کاهش نیروهای انقباض و متعادل نمودن آن ها، اجازه انقباض دادن به جوش جهت کاهش تاب خوردگی مقطع در حین عملیات جوشکاری بسیار موثر است.

به طور خلاصه اقدامات زیر جهت به حداقل رساندن تغییر شکل های ناشی از انقباض توصیه می شود:

- ✓ تنش زدایی توسط عملیات پس گرمایی
- ✓ اجتناب از جوش های غیر لازم و پیش از حد نیاز و استفاده از حداقل جوش مورد نیاز.
- ✓ استفاده از گیره و بست و سایر وسایل نگهدارنده قبل از عملیات جوشکاری که باعث کشیدگی فلز جوش در حین سرد شدن می شود.

- ✓ تنظیم برنامه صحیح و توالی جوش، استفاده از تقارن در جوشکاری و استفاده از جوش منقطع برای اتصال اولیه و تغییر جهت جوشکاری در حین عملیات
- ✓ استفاده از تعداد دفعات عبور کم در حین عملیات جوشکاری
- ✓ استفاده از پیش تاب دهی اعضا در جهت معکوس تغییر شکل جوش قبل از شروع عملیات جوشکاری
- ✓ آماده کردن و آرایش مناسب لبه‌ها
- ✓ کاهش انرژی حرارتی به وسیله تنظیم سرعت جوشکاری
- ✓ استفاده از چکش کاری جهت آزاد کردن تنش‌ها در حالت گرم

۱۲-۱۳- ترک هیدروژنی یا زیربستر در سازه‌های فولادی

ترک‌هایی که در سازه‌های فولادی وجود دارد علت اولیه وقوع شکست‌های احتمالی در این سازه‌هاست. ترک‌ها بسته به عوامل مختلفی بوجود می‌آیند. یک عامل اصلی ایجاد ترک در سازه‌ها، مناطق جوشکاری شده هستند. منطقه جوش ممکن است حاوی ترک‌های ریز باشد که این ترک‌ها بسته به نوع و میزان تنش‌های موجود در فلز پایه می‌توانند پیشروی کنند و به عنوان عامل اصلی و اولیه وقوع شکست ایفای نقش کنند.

یکی از مهمترین نکاتی که باید در حین جوشکاری فولادهای کم آلیاژ استحکام بالا در نظر داشت جلوگیری از وقوع ترک زیر بستر یا ترک‌های انجمادی و هیدروژنی است.

شکل زیر نمونه‌ای از ترک زیر بستر بوجود آمده در منطقه جوش یک فولاد کم آلیاژ استحکام بالا را نشان می‌دهد.



نمونه‌ای از ترک زیر بستر بوجود آمده در منطقه جوش یک فولاد کم آلیاژ استحکام بالا

ترک‌های هیدروژنی در منطقه HAZ فلز پایه بوسیله هیدروژن محبوس شده در ساختار بوجود می‌آیند و می‌توانند بسته به تنش‌های موجود و خصوصیات متالورژیکی فلز پایه پیشروی کنند. ترک‌های زیر بستر معمولاً در دماهای زیر ۲۰۰ درجه فارنهایت بوجود می‌آیند و معمولاً تحت اثر تنش‌های ناشی از عوامل زیر بوجود می‌آیند:

۱- انقباض فلز جوش و منطقه HAZ

۲- استحاله آستنیت به مارتنزیت

۳- باقی ماندن هیدروژن در ساختار

نشان داده شده که آهن در دماهای بالا حلالیت بسیار بالایی برای هیدروژن دارد اما این حلالیت با کاهش دما کم می‌شود و همین علت باعث تشکیل هیدروژن مولکولی و محبوس شدن آن در نایجایی‌ها و حفرات ریز فلز می‌شود. اگر در حین جوشکاری از تشکیل هیدروژن مولکولی و فاز مارتنزیت جلوگیری شود و همچنین درجه حرارت، بالای 200°C نگه داشته شود می‌توان از تشکیل ترک زیر بستر جلوگیری کرد. مقدار هیدروژن فلز جوش را می‌توان با بکار بردن روش‌های جوشکاری با الکترودهای کم هیدروژن به میزان قابل توجهی کاهش داد.

وجود مارتنزیت در منطقه HAZ که عاملی برای بوجود آمدن ترک‌های زیر بستر است وابسته به ترکیب شیمیایی فولاد، ضخامت قطعه جوشکاری شده، درجه حرارت پیشگرم و مقدار درجه حرارت جوشکاری است که می‌توان با توجه به این عوامل مقدار این فاز را کنترل کرد. نکته قابل توجهی که در اینجا باید به آن توجه کرد کنترل سرعت سرد شدن فلز جوش و منطقه HAZ است به گونه‌ای که با افزایش ضخامت قطعه، سرعت سرد شدن به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد و به همین دلیل است که جوشکاری قطعات با ضخامت کم آسانتر از جوشکاری قطعات ضخیم‌تر است. از آنجا که ترک‌های زیر بستر همیشه در سطح خارجی جوش قابل رؤیت نیستند، انجام بازرسی‌های غیر مخرب بعد از جوشکاری در استانداردهای مختلف توصیه شده است.

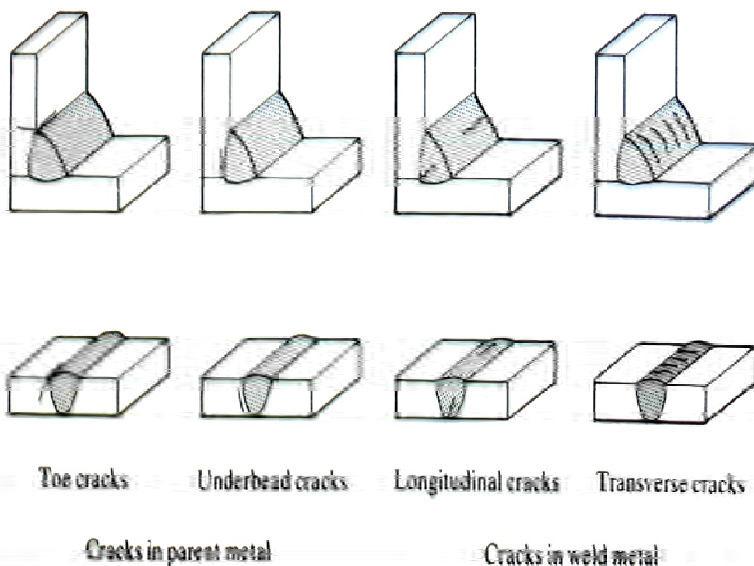
علاوه بر ترک هیدروژنی باید توجه داشت که با برخورد قوس جوشکاری به فلز پایه به ویژه اگر فلز جوشی تشکیل نشود از آنجا که سرعت سرد شدن در منطقه برخورد قوس بسیار سریع است فلز پایه به صورت منطقه‌ای ترد شده که این پدیده نیز می‌تواند منجر به خسارات بعدی شود. جدایش‌های قابل توجه که ممکن است در فلز پایه موجود باشد نیز می‌تواند تحت شرایطی عامل ایجاد ترک در منطقه جوشکاری شده باشند. ترک‌های ناشی از جدایش معمولاً در فولادهای کربنی نورد گرم شده مشاهده نمی‌شوند که این نشان دهنده آن است که

جدایش در فلز پایه در این شرایط به حد بحرانی نرسیده است. عملیات چکش کاری بعد از فرایند جوشکاری می‌تواند از ایجاد ترک و اعوجاج در منطقه جوش جلوگیری کند ولی استاندارد‌ها اغلب انجام آن را بعد از پاس اول و پاس آخر ممنوع کرده‌اند. چکش کاری پاس اول جوشکاری باعث بوجود آمدن ترک می‌شود و چکش کاری پاس آخر عملیات بازرسی جوش را مشکل می‌کند و با پوشیده شدن سطحی ترک‌های موجود، تشخیص آنها عملاً غیر ممکن می‌شود. باید توجه کرد که چکش کاری باعث کاهش چقرمگی و انعطاف پذیری فلز جوش و فلز پایه نیز می‌شود.

به طور کلی سه عامل اصلی در ایجاد و پیشروی ترک هیدروژنی در منطقه جوشکاری شده نقش عمده‌ای دارند.

اول مقدار هیدروژن فوق اشباع موجود در فلز پایه یا فلز جوش
دوم میزان تنش کششی وارد بر محل جوشکاری شده
سوم مقدار چقرمگی شکست فلز جوش و فلز پایه.

ناحیه‌ای که ترک‌های هیدروژنی در آن تشکیل می‌شوند بستگی به متالورژی ناحیه جوش دارد. در جوشکاری فولادهای کربن متوسط با الکترودهای کم کربن مستعدترین ناحیه برای تشکیل ترک‌های هیدروژنی در منطقه متأثر از درجه حرارت (HAZ) و نزدیک به خط ذوب است. در جوشکاری فولادهایی که در آنها از الکترودهای هم جنس با فولاد استفاده می‌شود از آنجا که بیشترین سرعت سرد شدن در فلز جوش اتفاق می‌افتد، مستعدترین قسمت برای تشکیل ترک‌های هیدروژنی ناحیه فلز جوش است. در شرایطی که تنش‌های طولی به منطقه جوش وارد می‌آید ترک‌های هیدروژنی در جهت عرضی نسبت به محور جوش تشکیل می‌شوند ولی در شرایطی که تنش‌های خمشی غالب باشند، ترک‌های بوجود آمده موازی محور چرخش هستند.



انواع مختلف ترکهای هیدروژنی

مهمترین عاملی که باید برای کنترل مقدار هیدروژن موجود در فلز جوش در نظر داشت مقدار رطوبت موجود در محیط جوشکاری و بخصوص الکتروود جوشکاری است. در شرایط حساس برای کنترل مقدار هیدروژن باید طبق استاندارد از الکتروودهای کم هیدروژن یا از الکتروودهای معمولی ولی با گرم کردن آنها قبل از جوشکاری استفاده کرد برای کنترل مقدار هیدروژن موجود در فلز جوش و به حداقل رساندن آن می توان از الکتروودهای آستنیتی نیکل - کروم دار نیز استفاده کرد و در نتیجه مقدار هیدروژن موجود در منطقه HAZ به میزان بسیار قابل توجهی کاهش می یابد.

۱۴- دستورالعمل جوشکاری (WPS) برای فولاد ST-52 تولیدی مجتمع فولاد مبارکه

دستورالعمل جوشکاری (WPS)	
شماره:	شماره بازنگری:
تهیه کننده: واحد پشتیبانی فنی مشتریان	تاریخ تایید: ۱۳۸۹/۸/۳۰
نام شرکت: فولاد مبارکه	
فرایند جوشکاری: قوس دستی با الکتروود پوشش دار	
نوع جوشکاری	دستی: بلی نیمه خودکار: خیر
PQR (های) پشتیبان: دارد به شماره ۱	
طراحی اتصال	
نوع طراحی: لب به لب	
جوش تک: بلی	
جوش دوتایی: -	
پشت بند: ندارد	
نوع ماده پشت بند: -	
عرض شکاف ریشه: ۱ میلیمتر	اندازه پیشانی ریشه: ۱ میلیمتر
زاویه شیار: مجموعاً ۶۰ درجه	اندازه شعاع (J یا U): ندارد
شیار زنی پشت و جوش مجدد: ندارد	روش شیارزنی: -

فلزات پایه

مشخصه فلز پایه: ST-52

نوع یا رده: 50

ضخامت: ۱۰ میلیمتر شیاری: بلی گوشه: خیر
قطر (لوله): -

فلزات پرکننده

مشخصه الکتروود در AWS: A 5.1

کلاسه الکتروود در AWS: E7018

محافظت از جوش

نوع گاز: - ترکیب شیمیایی گاز: - سرعت تزریق گاز: - اندازه دریچه تزریق گاز: -
نوع فلاکس: - رده فلاکس یا الکتروود: -

پیشگرم

حداقل دمای پیشگرم: صفر درجه سانتیگراد

حداقل دمای بین پاسی: صفر درجه سانتیگراد حداکثر دمای بین پاسی: -

وضعیت جوشکاری

وضعیت جوش شیاری: بلی وضعیت جوش گوشه: خیر

جهت جوشکاری عمودی از بالا به پایین: - از پایین به بالا: -

مشخصات الکتریکی

- نوع انتقال قطرات مذاب (روش GMAW) مدار کوتاه: - گلبولی: - قطره ای: -
- نوع جریان AC: - DCEP: بلی DCEN: - ضربانی: - سایر: -
- الکترود تنگستنی (در روش GTAW) ابعاد: - نوع: -

تکنیک جوشکاری

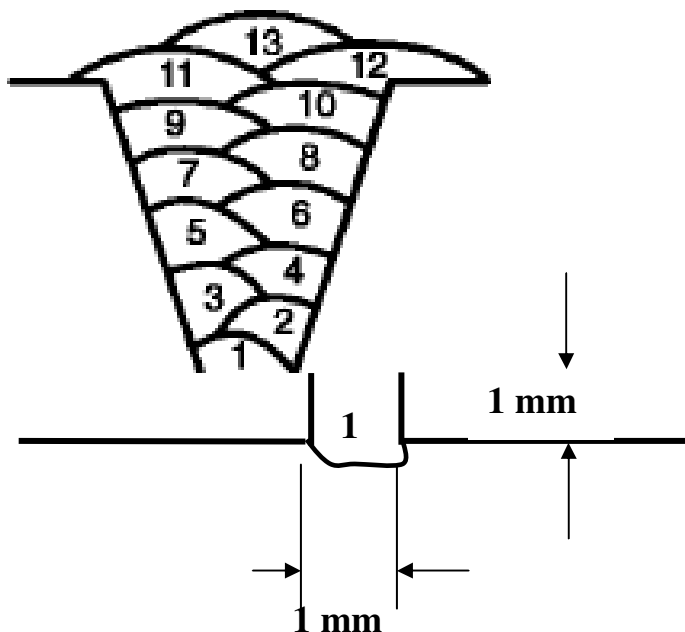
- زنجیره ای یا هلالی: هلالی
- تک پاسه یا چندپاسه (در هر طرف): چند پاسه
- تعداد الکترودها: به تعداد کافی
- فاصله الکترود طولی: - کناری: - زاویه: -
- فاصله لوله تماس تا قطعه کار: -
- ساچمه زنی: -
- تمیزکاری بین پاسی: برسکاری سیمی جهت حذف سرباره

عملیات حرارتی پسگرم

- دمای پسگرم: نیاز نیست
- مدت زمان لازم برای پسگرم: -

دستورالعمل جوشکاری

جزئیات طرح اتصال	سرعت جوشکاری	ولتاژ	جریان		فلز پرکننده		نوع فرایند	پاس های جوش
			سرعت آمیژ یا	نوع و قطبیت	قطر (mm)	رده		
در زیر آمده است		۱۴-۱۲ ولت	۱۶۵-۱۱۵ آمپر	DCEP	۳/۲۵	E7018	قوس دستی با الکتروود پوشش دار	همگی



ملاحظات:

الکترودها پیش از استفاده به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۰۰-۳۵۰ درجه سانتیگراد گرم آرایی شوند.

۱۵- ارزیابی دستور العمل جوشکاری (PQR) برای فولاد ST-52 تولیدی
مجتمع فولاد مبارکه

ثبت ارزیابی دستور العمل جوشکاری (PQR)					
نتایج آزمون کشش					
شماره نمونه	عرض (mm)	ضخامت (mm)	سطح مقطع (mm ²)	استحکام کششی (MPa)	نوع و محل شکست
۱-۱	۲۰	۱۰/۱۸	۲۰۳/۶	۵۴۶±۱۲	نرم / فلزی پایه
۲-۱	۲۰	۱۰/۱۵	۲۰۳	۵۵۳±۱۲	نرم / فلزی پایه
۳-۱	۲۰	۱۰/۱۹	۲۰۳/۸	۵۴۰±۱۴	نرم / فلزی پایه
۴-۱	۲۰	۱۰/۰۲	۲۰۰/۴	۵۴۴±۱	نرم / فلزی پایه
نتایج آزمون خمش					
شماره نمونه	نوع آزمون خمش	نتیجه	توضیحات		
۱-۲	طولی	قبول			
۲-۲	طولی	قبول			
۳-۲	طولی	قبول			
۴-۲	طولی	قبول			
۵-۲	عرضی	قبول			
۶-۲	عرضی	قبول			
۷-۲	عرضی	قبول			

۸-۲	عرضی	قبول
۹-۲	کناری	قبول
۱۰-۲	کناری	قبول
۱۱-۲	کناری	قبول
۱۲-۲	کناری	قبول

ارزیابی غیرمخرب چشمی

ظاهر جوش: قابل قبول

بریدگی گوشه جوش: قابل قبول

حفرات لوله ای: ندارد

تحدب جوش: ندارد

تاریخ انجام آزمون: ۱۳۸۹/۸/۳۰

آزمون‌های دیگر: آزمون ضربه نمونه شیاردار چارپی

شماره نمونه	مقدار انرژی ضربه (ژول)	نتیجه	توضیحات
۱-۳	109 ± 11	قبول	
۲-۳	107 ± 12	قبول	
۳-۳	102 ± 6	قبول	
۴-۳	130 ± 10	قبول	

آزمون غیرمخرب رادیوگرافی - آلتراسونیک

شماره آزمون رادیوگرافی: - نتیجه: -

شماره آزمون آلتراسونیک: - نتیجه: -

نتایج آزمون جوش گوشه

- کوچکترین اندازه ماکرواچ در جوش چند پاسی: -
- بزرگترین اندازه ماکرواچ در جوش تک پاسی: -

آزمون کشش برای نمونه‌های تمام جوش

- استحکام کششی: -
- استحکام تسلیم: -
- درصد افزایش طول: -
- شماره آزمایش: -

نام جوشکار: پژوهشکده فولاد
امضا: -

آزمایشگاه مربوطه: آزمایشگاه محصول - فولاد مبارکه
شماره آزمایش: -

تهیه و تنظیم: پژوهشکده فولاد

طراحان و نویسندگان این مدرک تصدیق می کنند که تمامی عبارات بکار رفته صحیح بوده و کلیه اتصالات تحت آزمایش قرار گرفته بر طبق ملزومات و پیش شرط های استاندارد AWS D1.1/D1.DM, 2002 بخش چهارم - جوشکاری فولادهای ساختمانی انجام و آزمایش شده است.

تاریخ: ۱۳۸۹/۸/۳۰

۱۶- مواردی که در هنگام صدور سفارش لازم است توسط خریدار مد نظر قرار بگیرد

- ❖ گرید و کیفیت و استاندارد مورد نیاز تولید محصول.
- ❖ ابعاد اسمی شامل ضخامت، عرض و طول و تناژ مورد نیاز.
- ❖ شرایط تحویل محصول با لبه نوردی یا لبه تریم شده.
- ❖ محدودیت های وزنی کلاف یا ورقه .
- ❖ محل کاربردهای نهایی محصولات که بعدا استفاده می گردد.
- ❖ فرایندهای جوشکاری که روی محصولات انجام می شود.
- ❖ اگر برای ساخت قطعات خاص استفاده می شود.
- ❖ گواهی نامه و مدارک بازرسی و نوع آنها در صورت لزوم.
- ❖ نوع بسته بندی و سایر پوشش های محافظتی.
- ❖ علامت گذاری و مارکینگ (Marking) روی محصول.
- ❖ تعیین سطح بازرسی که لازم است کیفیت بهتری داشته باشد.
- ❖ سایر الزامات و جزئیات مورد نیاز مشتری.

۱۷- خدمات ویژه

علاوه بر شرایط عمومی عرضه محصولات در صورت درخواست مشتریان خدمات اضافی و ویژه به مشتریان قابل عرضه می باشد. بخشی از این خدمات به شرح زیر می باشد:

- ❖ اصلاح لبه‌های محصولات.
- ❖ تقسیم کلاف به کلاف‌های کوچکتر.
- ❖ بسته بندی‌های خاص ویژه.
- ❖ تولید محصولات با رواداریهای شکلی و ابعادی ویژه و محدود.
- ❖ برش ورقه‌های گرم نوردیده با طول مورد نظر مشتری.
- ❖ حضور نماینده مشتری در هنگام تولید، آزمایش و حمل محصولات.

۱۸- گواهی‌نامه‌ها



لوچ و تندیس بلورین جایزه مار
کیفیت ایران (۱۳۸۵ - ۱۳۸۶)



گواهی‌نامه کیفیت محصولات



تندیس بلورین جایزه ملی بهره‌وری
و تعالی سازمانی (۱۳۸۵ - ۱۳۸۶)



تندیس سیمین جایزه ملی
بهره‌وری و تعالی سازمانی
۱۳۸۷



استاندارد ملی ایران
(۱۳۷۲)



جایزه تعالی کشورهای اسلامی
(۱۳۸۶)



تندیس زرین واحد نمونه تولید ملی
(۱۳۸۴)



گواهی‌نامه ورق‌های دریایی



جایزه طرح ملی فیضت سبز
(۱۳۸۷)



لوچ و نشان بین‌المللی کیفیت اروپا
از کشور فرانسه (۱۳۷۸)



لوچ و نشان بین‌المللی بهترین نام
تجاری از کشور فرانسه (۱۳۸۰)



گواهی‌نامه انجمن مدیریت جهانی
کیفیت در زمینه: فروش و بازاریابی
کیفیت و محیط زیست (۱۳۷۷، ۱۳۷۸، ۱۳۷۹)



لوچ و نشان بین‌المللی کیفیت آمریکا
(۱۳۷۸)



تندیس صادر کننده نمونه ملی ایران
(۱۳۸۰، ۱۳۸۱، ۱۳۸۲)



تندیس بلورین جشنواره بین‌المللی
اقتصاد سبز (۱۳۸۵ - ۱۳۸۶)



جایزه جشنواره پژوهشگران وزارت
علوم، تکنیکات و فناوری (۱۳۸۷)