

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

مشخصات فنی عمومی
کارهای ساختمانی
تجدید نظر سوم

جلد چهارم
فولاد و اجرای سازه‌های فولادی
ضابطه شماره ۴-۵۵

آخرین ویرایش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸

وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی

معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی و اجرایی

Nezamfanni.ir

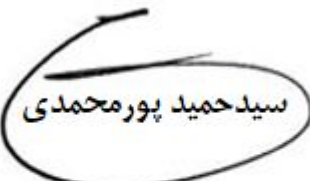
۱۴۰۳

شماره :	۱۴۰۳/۵۶۹۴۵۰
تاریخ :	۱۴۰۳/۱۱/۰۳
بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	

به استناد ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و تبصره (۲) ماده (۴) «نظام فنی‌اجرایی یکپارچه کشور» موضوع مصوبه شماره ۲۵۲۵۴/ت/۵۷۶۹۷ مورخ ۱۴۰۰/۰۳/۰۸ هیئت وزیران، دستورالعمل پیوست با مشخصات زیر ابلاغ و برای اجرا در «سامانه نظام فنی‌اجرایی کشور» به نشانی Nezamfanni.ir منتشر می‌شود.

مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (بازنگری سوم) در ۱۰ جلد: جلد اول: کلیات، سلامت، ایمنی و محیط زیست و مستندسازی جلد دوم: تخریب - ژئوتکنیک جلد سوم: بتن و اجرای آن جلد چهارم: فولاد و اجرای سازه‌های فولادی جلد پنجم: عملیات بنایی، جداکننده‌ها و کف‌ها و سقف‌های کاذب و نمای ساختمانی جلد ششم: عایق کاری جلد هفتم: پوشش‌ها جلد هشتم: اصول و روش‌های نصب در و پنجره ساختمانی جلد نهم: محوطه‌سازی جلد دهم: بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود		عنوان:
۵۵	شماره ضابطه:	
لازم الاجرا	نوع ابلاغ:	
همه قراردادهای جدیدی که از محل وجوه عمومی و یا به صورت مشارکت عمومی-خصوصی منعقد می‌شوند	حوزه شمول:	
۱۴۰۴/۰۴/۰۱	تاریخ اجرا:	
دبیرخانه «مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی» مستقر در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	متولی تهیه، اخذ بازخورد و اصلاح:	
امور نظام فنی‌اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور	مرجع اعلام اصلاحات:	

این بخشنامه از تاریخ اجرا، جایگزین بخشنامه شماره ۱۰۱/۶۶۲۴۱ مورخ ۱۳۸۳/۰۴/۱۷ می‌شود.


 سیدحمید پورمحمدی

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام و اشکالات موضوعی نیست. از این رو از شما خوانندگان گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- در سامانه مدیریت و دانش اسناد ملی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir
 - ۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.
 - ۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.
 - ۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
 - ۵- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.
 - ۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.
- کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه:

- تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه-مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی
- تهران، بزرگراه شیخ فضل‌انوری، جنب شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

Email: nezamfanni@chmail.ir

Web: nezamfanni.ir

Email: Code55@bhrc.ac.ir

Web: www.bhrc.ac.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

اولین نسخه ضابطه ۵۵ در سال ۱۳۵۳ با هدف یکنواخت کردن مشخصات فنی عمومی ساختمان‌ها در سطح کشور، راهنمایی دستگاه‌های اجرایی برای رعایت نکات فنی لازم الاجرا در عملیات ساختمانی و انتخاب مصالح مرغوب تدوین شد. در تهیه آن نسخه علاوه بر منابع فنی و تجربیات افراد متخصص، از دفترچه‌های مشخصات فنی عمومی که توسط موسسات خصوصی و دستگاه‌های دولتی تهیه گردیده بود و همچنین از استانداردهای موسسه استاندارد استفاده شد. نسخه اول با همکاری مهندسان مشاور تکنولوگ تهیه گردید و پیش‌نویس آن برای اظهار نظر در اختیار دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور قرار گرفت و به موازات آن کمیته کارشناسی با شرکت آقایان علیرضا احسانی از وزارت مسکن و شهرسازی، مرحوم مهندس مصطفی کتیرایی از سازمان مسکن، مهندس احمد خراسانچیان از موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و مرحوم مهندس یزدان‌شناس از سازمان برنامه و بودجه در دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه تشکیل و نسخه پیشنهادی توسط این افراد نهایی و منتشر شد.

بازنگری اول این ضابطه در سال ۱۳۷۳ انجام شد و در بازنگری دوم ضابطه ۵۵ که در سال ۱۳۸۳ منتشر شد، سازگاری با شرایط و مقتضیات اقلیمی کشور و توجه به فناوری‌های جدید و نوآوری‌های صنعتی نیز مورد توجه قرار گرفت. بازنگری و تکمیل مطالب، بالاخص فصول دوم "مصالح ساختمانی"، پنجم "بتن و بتن آرمه" و درج استانداردهای مرتبط جدید در تمام متن و ویرایش فنی کل مجموعه از اهم مواردی بود که رعایت شد. همچنین به منظور کاربردی نمودن ضابطه و استفاده سریع و آسان از مطالب مندرج در آن، نسخه الکترونیکی آن نیز در قالب لوح فشرده تهیه شد که قابلیت‌های ویژه‌ای از جستجوی واژه، نمایش مناسب مطالب و امکان ارسال آن به چاپگر را به خواننده می‌داد.

ویرایش حاضر که تدوین آن به مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی سپرده شد، با توجه به سوابق فوق، "بازنگری سوم" ضابطه ۵۵ به شمار می‌رود که با توجه به تحولات مهمی که در چند سال اخیر در صنعت ساخت و ساز ایجاد شده، نسبت به ویرایش قبلی، تجدید نظر اساسی در آن انجام پذیرفته است. موضوعات عمده‌ای که در تدوین این ویرایش مورد توجه قرار گرفته است عبارتند از: توجه به اصول توسعه پایدار، حفظ محیط زیست، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کاربردی نمودن فناوری‌های نوین و صنعتی‌سازی ساختمان، توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی در انتخاب مصالح و ارائه روش‌های اجرا، استفاده از مصالح و روش‌های اجرایی با قابلیت کنترل و نظارت در نظرگیری اولویت مصرف برای مصالح بومی و ساخت داخل کشور و همچنین توجه خاص به شرایط لرزه‌خیزی کشور.

همچنین در متن حاضر، روان‌نویسی و پرهیز از پیچیدگی، با رویکرد تسهیل برای استفاده‌کنندگان، یکپارچه بودن تمام فصول و عدم تعارض میان فصل‌های مختلف و ارائه جزئیات اجرایی برای استفاده آسان ضابطه مورد توجه بوده است. ساختار کلی بازنگری سوم ضابطه ۵۵ در مقایسه با بازنگری دوم متفاوت است. رویکرد کلی در ساختار فعلی ترتیب عملیات

ساختمانی می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به نیاز جامعه مهندسی به ضوابط و مشخصات فنی در حوزه بهسازی لرزه‌ای و سلامت ایمنی و محیط زیست دو فصل با عناوین ذکر شده به ضابطه حاضر اضافه گردیده است.

با توجه به مطالب فوق، این ضابطه پس از تهیه و کسب نظر از عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی کشور به سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال شد که پس از بررسی، بر اساس نظام فنی یکپارچه، موضوع ماده ۳۴ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور و آیین‌نامه اجرایی آن و ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه ابلاغ گردید و برای قراردادهای جدید در طرح‌هایی که از محل وجوه عمومی استفاده می‌کنند و یا به صورت مشارکت عمومی و خصوصی اجرا می‌شوند لازم‌الاجرا می‌باشد.

لازم به توضیح است به جهت حجم بالای مطالب، این ضابطه در ده جلد مجزا به شرح زیر تهیه و تدوین گردیده است.

جلد اول: کلیات - سلامت، ایمنی و محیط زیست - مستند سازی

جلد دوم: تخریب - ژئوتکنیک

جلد سوم: بتن و اجرای آن

جلد چهارم: فولاد و اجرای سازه‌های فولادی

جلد پنجم: عملیات بنایی، جداکننده‌ها و کف‌ها و سقف‌های کاذب - نمای ساختمان

جلد ششم: عایق کاری

جلد هفتم: پوشش‌ها

جلد هشتم: اصول و روش‌های نصب در و پنجره ساختمانی

جلد نهم: محوطه سازی

جلد دهم: بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود

این جلد (جلد چهارم) مشتمل بر فصل هفتم (فولاد و اجرای سازه‌های فولادی) است.

در خاتمه از کاربران محترم درخواست داریم برای تکمیل ضابطه حاضر پیشنهادها و اصلاحات مورد نظر خود را به دبیرخانه ضابطه ۵۵ (Code55@bhrc.ac.ir) ارسال نمایند. کارشناسان پیشنهادهای ارسال شده را بررسی و در صورت لزوم نسبت به تهیه متن اصلاحی اقدام خواهند نمود.

شایان ذکر است که در تدوین این ویرایش حدود ۱۰۰ نفر از استادان، کارشناسان و صاحب نظران مشارکتی فعال و جدی داشته‌اند که بدینوسیله از ایشان تقدیر به عمل می‌آید.

حمید امانی همدانی

معاون فنی، زیربنایی و تولیدی

زمستان ۱۴۰۳

اسامی همکاران در تهیه و ابلاغ مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی - ضابطه شماره ۵۵

جلد چهارم - فولاد و اجرای سازه‌های فولادی

تهیه کنندگان

نام	نام خانوادگی	محل اشتغال	مدرك تحصیلی	همکاری در تهیه
اباذر	اصغری (رئیس کارگروه)	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران	فصل هفتم
رسول	میرقادری	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران	فصل هفتم
نادر	فنایی	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	دکترای مهندسی عمران	فصل هفتم
شاهرخ	شعیمی	مهندسین مشاور	دکترای مهندسی عمران	فصل هفتم
فرزان	حداد شرق	دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب	دکترای مهندسی عمران	فصل هفتم
سهیل	جعفری نژاد	انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران	کارشناس ارشد مهندسی عمران	ترسیم تصاویر
امیر	ملک محمدی	انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران	کارشناس ارشد مهندسی عمران	ترسیم تصاویر

اعضای گروه هماهنگی و تلفیق ضابطه ۵۵

نام	نام خانوادگی	محل اشتغال	مدرک تحصیلی
محمد	شکرچی زاده	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران
اصغر	ساعد سمیعی	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی معماری
حسن	آقا تابش	وزارت راه و شهرسازی	کارشناس ارشد مهندسی عمران
محمد حسین	افتخار	بنیاد مسکن انقلاب اسلامی	کارشناس ارشد مهندسی عمران
علیرضا	توتونچی	سازمان برنامه و بودجه کشور	کارشناس ارشد مهندسی عمران
محمد جعفر	علیزاده	وزارت راه و مسکن و شهرسازی	کارشناس ارشد مهندسی عمران
جواد	فرید	شرکت بهراد فردیس	کارشناس ارشد مهندسی عمران
محمدرضا	طیب زاده	انجمن شرکت‌های مهندسی و پیمانکاری نفت، گاز و پتروشیمی (اپک)	کارشناس ارشد مهندسی عمران
بهناز	پورسید	رئیس اسبق امور نظام فنی و اجرایی در سازمان برنامه و بودجه کشور	کارشناسی مهندسی عمران
محمدرضا	سیادت	سازمان برنامه و بودجه کشور	کارشناس ارشد مهندسی معماری
حسن	سلطانعلی	شرکت سرای ایمنی و کیفیت آوید	کارشناس مهندسی عمران
محسن	بهرام غفاری	شرکت توسعه ابنیه حافظ	کارشناس ارشد مهندسی عمران
فرزین	کلانتری	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	دکترای مهندسی عمران
هرمز	فامیلی	دانشگاه علاءدوله سمنانی، مهندسین مشاور کوبان کاور	دکترای مهندسی عمران
اباذر	اصغری	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران
رسول	میرقادری	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران
فرهنگ	فرحبند	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی عمران
نادر	خواجه احمد عطاری	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی عمران
سهراب	ویسه	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکتری مهندسی معدن
مژده	زرگران	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی شیمی
بهروز	کاری	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی عمران
علیرضا	خاوندی	دانشگاه زنجان	دکترای مهندسی عمران
عبدالله	(شادروان) حسینی	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران
سید علی	رضوی طباطبائی	دانشگاه علم و فرهنگ	دکترای مهندسی عمران
بهنام	مهرپرور	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی عمران

اعضای دبیرخانه ضابطه ۵۵

نام	نام خانوادگی	محل اشتغال	مدرک تحصیلی
محمد	شکرچی زاده	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران
محمد حسین	افتخار	بنیاد مسکن انقلاب اسلامی	کارشناس ارشد مهندسی عمران
جواد	فرید	شرکت بهراد فردیس	کارشناس ارشد مهندسی عمران
سهیل	جعفری نژاد	انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران	کارشناس ارشد مهندسی عمران
نرگس	خیرطال	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	کارشناس ارشد مهندسی مدیریت
شیوا	بهرامی	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	کارشناس مهندسی فناوری اطلاعات

اعضای کمیته راهبری (با دبیری مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی)

محمد شکرچی زاده	رئیس سابق مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی
محمد حسین افتخار	مدیرعامل موسسه فناوری و نوآوری بنیاد تک
محمد جعفر علیزاده	معاونت سابق وزیر راه و شهرسازی
علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور)

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی و اجرایی
محمد رضا سیادت	کارشناس امور نظام فنی و اجرایی
سجاد حیدری حسنکلو	کارشناس امور نظام فنی و اجرایی

با سپاس از زحمات خانم‌ها مریم چلیکی و زهرا کاشانی، همکاران محترم سازمان بابت کنترل ویراستاری

پیشگفتار بازنگری دوم (۱۳۸۳)

بهره‌گیری از ضوابط، معیارها و استانداردهای فنی در تمامی مراحل طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی با رویکرد کاهش هزینه و زمان و ارتقای کیفیت، از اهمیتی ویژه برخوردار بوده و در نظام فنی و اجرایی کشور، مورد تأکید جدی قرار گرفته است.

ضابطه حاضر با عنوان "مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی" به‌منظور ایجاد هماهنگی و یکنواختی در دستورالعمل‌های اجرایی کارهای ساختمانی کشور و همچنین رعایت اصول، روش‌ها و فنون اجرای متناسب با امکانات موجود و سازگار با شرایط و مقتضیات اقلیمی کشور، تهیه و تدوین گردیده است.

به هنگام و روزآمد نمودن نشریات و استانداردهای فنی، با توجه به فناوری‌های جدید و نوآوری‌های صنعتی، در مقاطع زمانی مختلف، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور نیز در این راستا وظایف و مسئولیت‌های قانونی و به‌منظور هماهنگی و همگامی با فناوری‌های جدید و تکمیل این مجموعه، اقدام به بازنگری و تجدیدنظر در این ضابطه نموده است.

بازنگری و تکمیل مطالب بالأخص در فصول دوم "مصالح ساختمانی"، پنجم "بتن و بتن آرمه" و درج استانداردهای مرتبط جدید در تمام متن و ویرایش فنی کل مجموعه از اهم مواردی است که در نسخه حاضر انجام شده است. به‌منظور کاربردی‌تر نمودن نشریات حاضر و استفاده سریع و آسان از مطالب مندرج در آن، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، نسخه الکترونیکی این مجموعه را نیز در قالب لوح فشرده تهیه نموده است. این نسخه دارای قابلیت‌های ویژه‌ای در جستجوی واژه، نمایش مناسب مطالب، امکان ارسال آن به چاپگر و ... می‌باشد. کارشناسان و متخصصان مشروح زیر، در تهیه و تدوین نسخه پیشین مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، نقش بسزایی داشته‌اند.

آقای مهندس اسماعیل عبدالهی علی بیگ

آقای دکتر مهدی قالیبافیان

آقای مهندس مصطفی کتیرایی

آقای مهندس منوچهر کریم‌خان زند

آقای مهندس جواد مجلسی

آقای مهندس قباد میزانی

خانم مهندس منیر وزیرنیا

آقای مهندس سید اکبر هاشمی

آقای مهندس مصطفی یزدان‌شناس

آقای مهندس علی ابریشمی

آقای مهندس علیرضا احسانی

آقای مهندس اکبر اسدالله خان والی

آقای مهندس حسن تابش

آقای مهندس احمد جاودان

آقای مهندس احمد خراسانچیان

آقای مهندس عزت الله خواجه‌نوری

آقای مهندس سیدعلی طاهری

آقای مهندس رضا طبیب زاده نوری

معاونت امور فنی از آقای مهندس میر محمود ظفری، کارشناس مسئول گروه عمران دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، به خاطر زحمات و کوشش‌های فراوان ایشان در بازنگری، ویرایش و آماده سازی نسخه الکترونیکی، قدردانی و تشکر می‌نماید. از مدیرکل محترم دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، سرکار خانم مهندس بهناز پورسید و معاون محترم، آقای مهندس تبار که در هدایت پروژه در راستای اهداف دفتر تلاش نموده‌اند، نیز سپاسگزاری می‌شود.

در پایان از تلاش و جدیت آقای دکتر حسین عرب علی بیک و آقای سعید جلالی که طراحی و اجرای نسخه الکترونیکی و آماده‌سازی نسخه کاغذی را برای چاپ به عهده داشته‌اند، تشکر می‌نماید.

امید است در آینده شاهد توفیق روزافزون این کارشناسان، در خدمت جامعه فنی مهندسی کشور باشیم.

معاون امور فنی

تابستان ۱۳۸۳

فهرست مطالب

۱	فصل هفتم- فولاد و اجرای سازه‌های فولادی.....
۳	۱-۷- کلیات.....
۳	۱-۷-۱- هدف و دامنه کاربرد.....
۳	۱-۷-۲- تعاریف و اصطلاحات.....
۵	۲-۷- مصالح.....
۵	۱-۲-۷- مشخصات و استانداردهای منطبق.....
۵	۲-۲-۷- ویژگی‌ها و حدود قابل قبول.....
۵	۱-۲-۲-۷- قطعات فولادی.....
۵	۱-۲-۲-۷- کیفیت و استاندارد.....
۸	۲-۲-۲-۷- آزمایش.....
۸	۳-۲-۲-۷- ابعاد و رواداری‌های ابعادی محصولات فولادی.....
۹	۴-۲-۲-۷- شرایط سطحی.....
۹	۵-۲-۲-۷- چقرمگی و طاقت نمونه‌ی شیار دادشده‌ی شاری مصالح فولادی.....
۱۰	۶-۲-۲-۷- مشخصات مکانیکی در امتداد ضخامت.....
۱۱	۷-۲-۲-۷- حداکثر نسبت تنش تسلیم مشخصه‌ی فولاد به تنش کششی آن در کاربردهای لرزه‌ای.....
۱۱	۸-۲-۲-۷- اعضای خمیده یا دارای انحنا.....
۱۲	۲-۲-۲-۷- جوش.....
۱۲	۱-۲-۲-۲-۷- کیفیت و استاندارد.....
۱۲	۲-۲-۲-۲-۷- چقرمگی فلز پرکننده‌ی جوش.....
۱۳	۳-۲-۲-۲-۷- نگهداری.....
۱۳	۳-۲-۲-۷- پیچ و مهره.....
۱۳	۱-۳-۲-۲-۷- کیفیت و استاندارد.....
۱۵	۲-۳-۲-۲-۷- نیروی پیش‌تنیدگی پیچ‌ها در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی.....
۱۷	۳-۳-۲-۲-۷- خزینه و بَیج‌کاری.....
۱۷	۴-۳-۲-۲-۷- انبارداری و ذخیره‌ی پیچ‌ها.....
۱۷	۵-۳-۲-۲-۷- دمای محیط.....
۱۷	۶-۳-۲-۲-۷- پوشش محافظتی.....
۱۸	۴-۲-۲-۷- میل‌مهار.....
۱۸	۵-۲-۲-۷- گل‌میخ‌های برشی.....
۱۹	۶-۲-۲-۷- مصالح پوشش محافظتی.....
۱۹	۷-۲-۲-۷- جایگزینی در مصالح یا شکل قطعات.....
۱۹	۳-۷- تهیه اطلاعات و مستندات.....
۱۹	۱-۳-۷- سیستم اطلاعات و مستندسازی.....
۱۹	۲-۳-۷- تمهیدات عمومی.....
۱۹	۱-۲-۳-۷- شماره‌گذاری (نشانه‌گذاری) قطعات.....
۲۰	۲-۲-۳-۷- نقشه شماره‌گذاری (نشانه‌گذاری) قطعات.....
۲۰	۳-۳-۷- اطلاعات در محل تلاقی قطعات با دیوار بتنی یا پی.....
۲۰	۴-۳-۷- اطلاعات و مستندات ساخت قطعات.....
۲۰	۱-۴-۳-۷- نقشه‌های کارگاهی و اطلاعات ساخت.....

۲۱	۲-۴-۳-۷- قطعات الحاقی جهت سهولت نصب
۲۱	۳-۴-۳-۷- جوشکاری
۲۱	۴-۴-۳-۷- پرکننده‌ها، فواصل آزاد و پیش‌خیز
۲۱	۵-۴-۳-۷- ابعاد اسمی سوراخ‌ها
۲۲	۶-۴-۳-۷- اتصالات مجاز به جابه‌جایی
۲۲	۷-۴-۳-۷- ماشین‌کاری و مته‌کاری
۲۲	۸-۴-۳-۷- سطوح تماس در اتصالات لغزش بحرانی
۲۳	۹-۴-۳-۷- اطلاعات موردنیاز برای ساخت سیستم‌های باربر لرزه‌ای
۲۵	۵-۳-۷- اطلاعات و مستندات نصب قطعات
۲۵	۱-۵-۳-۷- نقشه‌های کارگاهی نصب
۲۵	۲-۵-۳-۷- نقشه‌های کارهای فولادی موقت
۲۵	۳-۵-۳-۷- اطلاعات و جزئیات موردنیاز برای نصب سیستم‌های باربر لرزه‌ای
۲۶	۶-۳-۷- بررسی نقشه‌ها و مستندات
۲۶	۷-۳-۷- نقشه‌های چون‌ساخت
۲۷	۴-۷- ضوابط اجرایی
۲۷	۱-۴-۷- شناسایی مشخصات کار
۲۷	۲-۴-۷- حمل‌ونقل و جابه‌جایی قطعات
۲۷	۳-۴-۷- برش‌کاری و شکل‌دهی
۲۷	۱-۳-۴-۷- عملیات برش‌کاری
۲۷	۲-۳-۴-۷- لبه‌های برش‌کاری حرارتی
۲۸	۳-۳-۴-۷- ستون‌ها و اعضای فشاری
۲۸	۴-۴-۷- ماشین‌کاری
۲۸	۱-۴-۴-۷- ضخامت قطعات ماشین‌کاری شده
۲۸	۵-۴-۷- پرداخت
۲۸	۱-۵-۴-۷- برداشتن زوائد
۲۸	۲-۵-۴-۷- پرداخت لبه‌ها
۲۸	۶-۴-۷- سوراخ‌کاری
۲۸	۱-۶-۴-۷- سوراخ‌ها
۲۹	۲-۶-۴-۷- تطابق
۲۹	۳-۶-۴-۷- مته‌کاری هم‌زمان چندین قطعه
۲۹	۴-۶-۴-۷- منگنه‌کاری با اندازه کامل
۲۹	۵-۶-۴-۷- منگنه‌کاری و برق‌زدن
۳۰	۶-۶-۴-۷- سوراخ‌های لوبیایی
۳۰	۷-۴-۷- سرهم‌بندی
۳۰	۸-۴-۷- خم‌کاری و صاف کردن قطعات
۳۱	۹-۴-۷- الزامات ویژه برای ساخت قطعات سیستم باربر لرزه‌ای
۳۱	۱۰-۴-۷- بازرسی
۳۱	۱۱-۴-۷- انبار کردن
۳۲	۵-۷- جوشکاری
۳۲	۱-۵-۷- صلاحیت جوشکار
۳۲	۱-۱-۵-۷- آزمایش

۳۲	 گواهینامه صلاحیت	۷-۵-۱-۲
۳۲	 فرایندهای جوشکاری	۷-۵-۲
۳۲	 تهیه دستورالعمل جوشکاری (WPS)	۷-۵-۲-۱
۳۲	 تایید دستورالعمل جوشکاری و آزمایش‌های مربوط	۷-۵-۲-۲
۳۳	 استفاده از دستورالعمل‌های جوشکاری	۷-۵-۲-۳
۳۳	 سرهم‌بندی	۷-۵-۳
۳۳	 آماده‌سازی	۷-۵-۱-۳
۳۳	 گیره‌ها و ثابت‌کننده‌های قطعات	۷-۵-۲-۲
۳۳	 خال جوش کاری	۷-۵-۳-۳
۳۳	 کنترل اعوجاج	۷-۵-۴-۳
۳۳	 ساخت یا نصب قطعات الحاقی	۷-۵-۵-۵
۳۴	 ورق گوشواره (ناودانی انتهای جوش)	۷-۵-۳-۶
۳۵	 آزمایش جوش‌ها	۷-۵-۴
۳۵	 آزمایش‌های متعارف جوش	۷-۵-۱-۴
۳۶	 آزمایش‌های اولیه جوش	۷-۵-۲-۴
۳۷	 بازرسی چشمی جوش	۷-۵-۳-۴
۳۸	 حداقل زمان موردنیاز برای شروع آزمایش‌های غیرمخرب (NDT)	۷-۵-۴-۴
۳۹	 آزمایش تشخیص عیوب سطحی	۷-۵-۵-۵
۳۹	 آزمایش فراصوت	۷-۵-۶-۴
۳۹	 آزمایش‌های ویژه	۷-۵-۷-۴
۳۹	 معیار پذیرش جوش	۷-۵-۸-۴
۴۱	 جوشکاری گل‌میخ	۷-۵-۵-۵
۴۱	 روش جوشکاری	۷-۵-۱-۵
۴۲	 جوشکاری آزمایشی پیش از عملیات اجرای گل‌میخ‌ها	۷-۵-۲-۵
۴۲	 آزمایش در هنگام اجرای گل‌میخ‌ها	۷-۵-۳-۵
۴۲	 بررسی و آزمایش‌ها	۷-۵-۴-۵
۴۳	 گل‌میخ‌های معیوب	۷-۵-۵-۵
۴۳	 پیچ‌کاری	۷-۶-۶
۴۳	 سرهم‌بندی پیچ‌های شش‌گوش معمولی (بدون قابلیت پیش‌تنیدگی)	۷-۶-۱-۱
۴۳	 ترکیب پیچ و مهره برای پیچ‌کاری معمولی	۷-۶-۱-۱
۴۳	 استفاده از پیچ با رده مصالح متفاوت	۷-۶-۱-۲
۴۳	 طول پیچ	۷-۶-۱-۳
۴۳	 واشرها	۷-۶-۱-۴
۴۴	 واشرهای گوه‌ای	۷-۶-۱-۵
۴۴	 مهره‌های گالوانیزه‌شده	۷-۶-۱-۶
۴۴	 محکم کردن پیچ‌ها	۷-۶-۱-۷
۴۴	 جفت شدن پیچ‌ها در سوراخ	۷-۶-۱-۸
۴۵	 آماده‌سازی و تنظیم برای سرهم‌بندی پیچ‌های معمولی (بدون قابلیت پیش‌تنیدگی)	۷-۶-۲-۲
۴۵	 تنظیم کردن	۷-۶-۱-۲
۴۵	 برق‌زدن	۷-۶-۲-۲
۴۵	 سرهم‌بندی پیچ‌های با قابلیت پیش‌تنیدگی	۷-۶-۳-۳

۴۵.....	۷-۳-۱ ترکیب پیچ و مهره
۴۵.....	۷-۳-۲ طول پیچ
۴۵.....	۷-۳-۳ واشرها
۴۶.....	۷-۳-۴ واشرهای گوه‌ای
۴۶.....	۷-۳-۵ محکم کردن پیچ‌ها
۴۷.....	۷-۳-۶ بررسی در هنگام و پس از محکم کردن پیچ‌ها
۴۷.....	۷-۳-۷ دور انداختن پیچ
۴۷.....	۷-۴-۴ آماده‌سازی و تنظیم برای سرهم‌بندی پیچ‌های با قابلیت پیش‌تنیدگی
۴۷.....	۷-۴-۱ تنظیم کردن
۴۷.....	۷-۴-۲ برزو زدن
۴۸.....	۷-۷ دقت در ساخت
۴۸.....	۷-۷-۱ کلیات
۴۹.....	۷-۷-۲ رواداری‌های مجاز برای قطعات نوردشده پس از ساخت
۵۰.....	۷-۷-۳ رواداری‌های مجاز برای اجزاء در قطعات ساخته‌شده
۵۲.....	۷-۷-۴ رواداری‌های مجاز برای مقاطع I شکل ساخته‌شده از ورق
۵۴.....	۷-۷-۵ رواداری‌های مجاز برای مقاطع قوطی‌شکل ساخته‌شده از ورق
۵۶.....	۷-۷-۶ رواداری‌های مجاز برای خرپاهای مشبک
۵۷.....	۷-۸ نصب
۵۷.....	۷-۸-۱ کلیات
۵۷.....	۷-۸-۱-۱ دستورکار روش نصب
۵۷.....	۷-۸-۱-۲ تعیین خط پروژه و محدوده کار توسط کارفرما
۵۷.....	۷-۸-۱-۳ جابه‌جایی و انبارداری
۵۸.....	۷-۸-۱-۴ قطعات فولادی آسیب‌دیده
۵۸.....	۷-۸-۱-۵ کفستون‌ها و دال‌ها
۵۸.....	۷-۸-۱-۶ دوغاب‌ریزی
۵۸.....	۷-۸-۲ شرایط کارگاه
۵۸.....	۷-۸-۲-۱ مسئولیت‌های کارفرما
۵۹.....	۷-۸-۲-۲ مسئولیت‌های پیمانکار
۵۹.....	۷-۸-۳ تأمین پایداری
۵۹.....	۷-۸-۳-۱ مهارهای موقت تا تکمیل پایداری کار
۵۹.....	۷-۸-۳-۲ دیگر مهارهای موقت استفاده شده توسط پیمانکار
۵۹.....	۷-۸-۴ بارهای نصب
۵۹.....	۷-۸-۵ همراستایی و تراز کردن
۵۹.....	۷-۸-۵-۱ همراستایی قطعات سازه
۶۰.....	۷-۸-۵-۲ اثرات دما
۶۰.....	۷-۸-۶ جوش‌کاری در کارگاه
۶۰.....	۷-۸-۷ پیچ‌کاری در کارگاه
۶۰.....	۷-۸-۸ گواهی پایان کار
۶۱.....	۷-۹ دقت در نصب کارهای فولادی
۶۱.....	۷-۹-۱ کلیات
۶۱.....	۷-۹-۲ بازرسی پی

۶۲	۳-۹-۷- اطلاعات موردنیاز برای دیگر پیمانکاران
۶۲	۴-۹-۷- رواداری‌های مجاز برای پی‌ها، دیوارها و میل‌مهارها
۶۹	۱۰-۷- تدابیر حفاظتی
۶۹	۱-۱۰-۷- کلیات
۶۹	۱-۱-۱۰-۷- مشخصات
۶۹	۲-۱-۱۰-۷- دستورکار روش انجام
۶۹	۳-۱-۱۰-۷- نحوه انجام پوشش‌دهی
۶۹	۴-۱-۱۰-۷- حمل‌ونقل، جابه‌جایی و انبارداری قطعات فولادی پوشش‌شده
۶۹	۲-۱۰-۷- آماده‌سازی سطوح
۶۹	۱-۲-۱۰-۷- تمیزکاری سطوح
۷۰	۲-۲-۱۰-۷- سطوح پوششی مقاطع
۷۱	۳-۲-۱۰-۷- اندازه‌گیری سطوح پوششی مقاطع
۷۱	۴-۲-۱۰-۷- عیوب سطحی
۷۱	۳-۱۰-۷- پوشش‌های فلزی پاششی
۷۱	۱-۳-۱۰-۷- روش انجام کار
۷۱	۲-۳-۱۰-۷- ترمیم سطوح صدمه دیده
۷۱	۳-۳-۱۰-۷- عایق‌کاری پیش از رنگ‌پاشی
۷۱	۴-۱۰-۷- پوشش‌های گالوانیزه با غوطه‌وری گرم
۷۱	۱-۴-۱۰-۷- روش انجام کار
۷۲	۲-۴-۱۰-۷- سوراخ‌های تهویه
۷۲	۵-۱۰-۷- پوشش‌های محافظتی با رنگ
۷۲	۱-۵-۱۰-۷- روش انجام کار
۷۲	۲-۵-۱۰-۷- آماده‌سازی سطوح پیش از رنگ‌کاری
۷۳	۳-۵-۱۰-۷- مراحل و نکات اجرای رنگ‌آمیزی
۷۴	۴-۵-۱۰-۷- انبارداری رنگ
۷۵	۵-۵-۱۰-۷- رنگ‌کاری جوش‌های کارگاهی و پیچ‌ها
۷۵	۶-۵-۱۰-۷- بازرسی پوشش‌های انجام‌شده در کارگاه
۷۵	۶-۱۰-۷- پوشش‌های سطوح مدفون‌شده در بتن
۷۵	۱۱-۷- سلامت، ایمنی و محیط زیست

فهرست شکل‌ها

- شکل ۷-۱ - اجزای مختلف مجموعه پیچ و مهره ۱۳
- شکل ۷-۲ - شکل کلی سوراخ پیچ‌ها در اتصالات پیچی سازه‌های فولادی ۲۲
- شکل ۷-۳ - جوشکاری خارج ناحیه k در محل اتصال ورق پیوستگی به جان ستون ۲۳
- شکل ۷-۴ - شرایط پذیرش قطعه کلگی ۲۴
- شکل ۷-۵ - وضعیت‌های قابل قبول برداشتن ورق‌های گوشواره‌ای در انتهای جوش‌های شیار با نفوذ کامل ۲۴

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۷	نام و مشخصات مکانیکی انواع فولادهای ساختمانی طبق استانداردهای ساما ۱۴۲۶۲ (جدید ایران)، ساما ۱۶۰۰ (قدیم ایران)، EN 10025 (اتحادیه اروپا) و ISO 630 (بین‌المللی).....	۶
جدول ۲-۷	نام و مشخصات مکانیکی انواع فولادهای ساختمانی بهبودیافته برای شرایط لرزه‌ای طبق استانداردهای ساما ۱۲۰۶۵ و ISO 24314.....	۷
جدول ۳-۷	نام و مشخصات مکانیکی انواع فولادهای ساختمانی طبق استانداردهای موسسه آزمایش مصالح آمریکا (ASTM).....	۷
جدول ۴-۷	حداکثر ضخامت قطعات برحسب میلی‌متر در صورت استفاده از مصالح فولادی پرمقاومت.....	۱۰
جدول ۵-۷	ضخامت درزهای جوش با احتمال خطر گسیختگی لایه‌ای.....	۱۰
جدول ۶-۷	فلز پرکننده جوش سازگار با فلز پایه.....	۱۲
جدول ۷-۷	حداقل طاقت نمونه شیار داده‌شده شاری فلز پرکننده جوش (الکترودها و سیم‌جوش‌های مصرفی).....	۱۳
جدول ۸-۷	استانداردهای مورد تایید برای مجموعه پیچ، مهره و واشر.....	۱۴
جدول ۹-۷	حداقل تعداد نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌های مورد نیاز پیچ‌ها.....	۱۵
جدول ۱۰-۷	آزمایش‌های مورد نیاز پیچ‌ها مطابق ISO 898.....	۱۶
جدول ۱۱-۷	مهره‌های مورد نیاز پیچ‌ها مطابق ISO 898.....	۱۶
جدول ۱۲-۷	آزمایش‌های مورد نیاز واشرها مطابق ISO 898.....	۱۶
جدول ۱۳-۷	حداقل نیروی پیش‌تنیدگی و بار گواه پیچ‌های پرمقاومت طبق استاندارد ISO.....	۱۶
جدول ۱۴-۷	حداقل نیروی پیش‌تنیدگی و بار گواه پیچ‌های پرمقاومت طبق استاندارد ASTM.....	۱۷
جدول ۱۵-۷	مشخصات مکانیکی گل‌میخ‌ها طبق استاندارد EN ISO 13918.....	۱۸
جدول ۱۶-۷	ابعاد اسمی سوراخ پیچ‌ها برحسب میلی‌متر.....	۲۲
جدول ۱۷-۷	الزامات برداشتن ورق‌های گوشواره‌ای (ناودانی‌های انتهای جوش‌ها).....	۳۴
جدول ۱۸-۷	آزمایش‌های غیر مخرب (NDT).....	۳۶
جدول ۱۹-۷	زمان مورد نیاز برای شروع آزمایش NDT.....	۳۸
جدول ۲۰-۷	ضوابط پذیرش برای تولیدات جوش‌ده در سازه‌ها فولادی.....	۴۰
جدول ۲۱-۷	چرخش اضافی برای پیش‌تنیده کردن پیچ در روش ترکیبی.....	۴۶
جدول ۲۲-۷	بازرسی پس از گالوانیزه کردن.....	۷۲
جدول ۲۳-۷	حداقل ضخامت رنگ‌آمیزی قطعات فولادی در شرایط محیطی مختلف.....	۷۴

فصل هفتم

فولاد و اجرای سازه‌های فولادی

۷-۱- کلیات

۷-۱-۱- هدف و دامنه کاربرد

هدف از ارائه این مشخصات، دستیابی به یکنواختی در روش ساخت و نصب قطعات فولادی است تا از این طریق سازه‌های فولادی ساخته شده، از کیفیت و ایمنی بیشتری برخوردار باشند.

فولاد هم به‌عنوان یک ماده به‌دست‌آمده از منابع طبیعی و هم با توجه به گستردگی کاربرد آن در صنعت ساختمان به‌عنوان مصالح سازه‌ای در کشور، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و لزوم استفاده مناسب و بهینه از آن اجتناب‌ناپذیر است. به همین منظور، در این فصل مشخصات عمومی برای انجام کارهای مربوط به ساخت و اجرای سازه‌های فولادی براساس آخرین تغییرات انجام گرفته در آیین‌نامه‌ها و استانداردها ارائه می‌شود.

حدود و دامنه کاربرد این فصل برای ساخت و نصب سازه‌هایی است که باید تماماً یا بخش‌هایی از آن با استفاده از مصالح فولادی اجرا شوند. این مشخصات دربرگیرنده تمام سازه‌های ساختمانی تحت اثر بارگذاری‌های استاتیکی، دینامیکی و لرزه‌ای است؛ ولی شامل آثار خستگی نمی‌شود، مگر آنکه اقدامات تکمیلی یا اصلاحی ویژه‌ای در این خصوص توسط مشاور تجویز شده باشد.

مشخصات عمومی ارائه شده، شامل اطلاعات و الزامات مورد نیاز در مشخصات پروژه، ضوابط تهیه مصالح، تهیه مستندات و نقشه‌ها، ساخت قطعات، برشکاری، مونتاژ، جوشکاری، حمل، پیش‌نصب، برپاداشتن، نصب، کارهای تکمیلی جوشکاری، سوراخ‌کاری، پیچکاری، محکم کردن پیچ‌ها، آماده‌سازی سطوح، رنگ‌آمیزی، انبارداری رنگ، رواداری‌ها، نصب، خم و راست کردن قطعات، حمل قطعات ساخته‌شده به محل نصب، انبارداری، محافظت از قطعات، تدابیر حفاظتی و... است.

۷-۱-۲- تعاریف و اصطلاحات

اتصال اتکایی: اتکایی که در آن انتقال نیروی برشی از طریق اتکای بدنه پیچ به جداره سوراخ صورت می‌گیرد و از مقاومت اتصال در برابر لغزش صرف‌نظر می‌شود.

اتصال ساده (مفصلی): اتکایی است که از نظر دوران، انعطاف‌پذیر بوده و لنگری را به تکیه‌گاه انتقال نمی‌دهد.

اتصال گیردار تیر به ستون: اتکایی است که در آن زاویه بین تیر و ستون پس از تغییر شکل حاصل از تمام بارها، تقریباً بدون تغییر مانده و لنگر خمشی تیر قابل انتقال به ستون است.

آزمایش طاقت نمونه شیار داده شده شاری: آزمایش دینامیکی که بر روی نمونه شیار داده شده استاندارد فولادی تحت اثر یک ضربه استاندارد صورت می‌گیرد و میزان طاقت (جذب انرژی) نمونه فولادی را در مقابل ترد شکنی مشخص می‌نماید.

آزمون غیر مخرب: آزمایشی که در آن بر عضو سازه‌ای آسیبی وارد نگردد و پیوستگی مصالح فولادی سازه و اجزای مقطع آن به هم نخورد.

جوش انگشتانه: به جوش به‌کاررفته در داخل سوراخ دایره‌ای شکل یک ورق گفته می‌شود که آن را به سطح قطعه فلزی دیگر متصل می‌نماید.

جوش کام: به جوش به‌کاررفته در داخل سوراخ لوبیایی شکل یک ورق گفته می‌شود که آن را به سطح قطعه فلزی دیگری متصل می‌نماید.

جوش شیاری با نفوذ کامل (CJP): به جوش‌هایی گفته می‌شود که در آن‌ها فلز جوش در کل ضخامت ورق متصل شده نفوذ می‌نماید.

جوش شیاری با نفوذ نسبی یا ناقص (PJP): به جوش‌هایی گفته می‌شود که در آن‌ها فلز جوش در بخشی از ضخامت ورق متصل شده نفوذ می‌نماید.

جوش گوشه: جوش‌هایی که شکل آن‌ها عموماً مثلثی بوده و بر روی سطح دو ورق (اتصال T)، سطح یک ورق و لبه ورق دیگر (اتصال روی هم) یا ضخامت دو ورق (اتصال L) را به یکدیگر متصل می‌نماید.

سازه شکل‌پذیر: به سازه‌های باربر جانبی لرزه‌ای اطلاق می‌شوند که بتوانند در نواحی خاصی از اعضای خود تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی را پذیرا بوده و این ویژگی را در بارگذاری‌های رفت و برگشتی بدون کاهش قابل ملاحظه در مقاومت، حفظ نمایند.

سخت کننده: به یک جز سازه‌ای نظیر ورق یا نبشی گفته می‌شود که به یک عضو سازه‌ای متصل می‌گردد تا سختی آن را افزایش داده و توزیع بار را هموارتر نماید.

قاب خمشی فولادی: به سیستم سازه‌ای اطلاق می‌گردد که سختی، مقاومت و شکل‌پذیری آن از طریق مقاومت خمشی، برشی و محوری اعضای که دارای اتصال گیردار هستند، تأمین می‌شود.

قاب خمشی معمولی: شکل‌پذیری مورد انتظار در این سیستم حداقل بوده و از طریق تغییر شکل‌های دورانی فرا ارتجاعی کم در انتهای تیرها و ستون‌ها و تسلیم برشی کم در ناحیه چشمه اتصال تأمین می‌شود.

قاب خمشی متوسط: شکل‌پذیری مورد انتظار در این سیستم باربر جانبی محدود بوده و از طریق تغییر شکل‌های دورانی فرا ارتجاعی محدود در انتهای تیرها یا انتهای ستون‌ها و تسلیم برشی محدود در ناحیه چشمه اتصال تأمین می‌شود.

قاب خمشی ویژه: شکل‌پذیری مورد انتظار در این سیستم باربر جانبی قابل ملاحظه بوده و از طریق تغییر شکل‌های دورانی فرا ارتجاعی زیاد در انتهای تیرها، تسلیم برشی کم در ناحیه چشمه اتصال و تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی دورانی در ستون‌ها در تراز پایه تأمین می‌شود.

مفصل پلاستیک: به ناحیه‌ای از طول عضو گفته می‌شود که در آن مقدار لنگر خمشی برابر لنگر پلاستیک مقطع باشد.

ناحیه حفاظت شده: به ناحیه‌ای از طول عضو اطلاق می‌شود که انتظار می‌رود در این ناحیه تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی خمشی، کششی و برشی تشکیل شود.

۷-۲- مصالح

۷-۲-۱- مشخصات و استانداردهای منطبق

تمام مواد و قطعاتی که در اجزای تشکیل‌دهنده یک سازه فولادی به کار می‌رود، باید با الزامات مشخصات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی آن المان فولادی تعیین شده در مشخصات پروژه (نقشه‌ها، دستور کارها، مشخصات فنی خصوصی و ...) مطابقت داشته باشند. این اجزا و آزمایش‌ها باید مطابق با استانداردهای ملی ایران بوده و در صورت عدم موجود بودن استاندارد ملی، باید با یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی (ترجیحاً سازمان بین‌المللی استاندارد، ISO) کنترل شود. مرجع تایید مصالح، نمونه‌ها و آزمایش‌ها، دستگاه نظارت می‌باشد. تعیین استاندارد و قبول آن نیز به عهده دستگاه نظارت است. به‌طور کلی، در یک سازه فولادی به کار بردن فلزات مستعمل ممنوع است، مگر در موارد خاصی که در نقشه‌ها و مشخصات اولیه پروژه پیش‌بینی و مشخص شده باشند.

لازم به ذکر است استفاده از هر یک از استانداردهای ملی ایران، ISO، ASTM بنابر نظر مشاور مجاز می‌باشد.

۷-۲-۲- ویژگی‌ها و حدود قابل قبول

۷-۲-۲-۱- قطعات فولادی

۷-۲-۲-۱-۱- کیفیت و استاندارد

مشخصات مکانیکی مصالح فولادی به کار رفته در مقاطع گرم نورد شده، مقاطع سرد نورد شده یا سرد کار شده، مقاطع ساخته شده از ورق، مقاطع جعبه‌ای ساخته شده از ورق و کلیه قطعاتی که در ساخت سازه پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید با استاندارد ملی ایران یا یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مطابقت داشته باشند. مشخصات مصالح فولادی سازه‌ای گرم و سرد نورد شده باید مطابق ساما ۱۴۲۶۲ یا EN 10025 یا ISO 630 و یا ASTM باشد. رده‌های فولاد ساختمانی مورد استفاده طبق استانداردهای ساما، EN و ISO عبارت‌اند از: S450, S355, S275, S235 و S460 و رده‌های فولاد ساختمانی مورد استفاده طبق استاندارد ASTM عبارت‌اند از: A913, A709, A588, A572, A36 و A992.

برای سازه‌های مقاوم در برابر زلزله در صورتی که در مشخصات پروژه، مصالح با مشخصات ویژه‌ای تعیین شده باشد، این مشخصات باید مطابق با استانداردهای معتبر مورد نظر مشاور باشد.

مشخصات اصلی فولادهای معرفی شده در استانداردهای مختلف، در جداول ۷-۱ الی ۷-۳ ارائه شده است.

جدول ۷-۱ - نام و مشخصات مکانیکی انواع فولادهای ساختمانی طبق استانداردهای ساما ۱۴۲۶۲ (جدید ایران)، ساما ۱۶۰۰ (قدیم ایران)،
EN 10025 (اتحادیه اروپا) و ISO 630 (بین‌المللی)

نام رده فولاد طبق استانداردهای جهانی اروپایی و جدید ایران	نام رده فولاد طبق طبق استاندارد قدیم ایران	ضخامت (mm)	تنش تسلیم مشخصه، F _y (MPa)	تنش کششی F _u ، نهایی، (MPa)	حداقل کرنش نهایی، ε _u (%)
-	St-۳۴	۱۶ ≥ ۴۰ ~ ۱۶	۲۰۵ ۱۹۵	۴۱۰-۳۳۰	۲۸
S۲۳۵	St-۳۷	۱۶ ≥ ۴۰ ~ ۱۶ ۱۰۰ ~ ۴۰	۲۳۵ ۲۲۵ ۲۱۵	۵۱۰-۳۶۰	۲۶-۲۲
S۲۷۵	St-۴۴	۱۶ ≥ ۴۰ ~ ۱۶ ۶۳ ~ ۴۰ ۸۰ ~ ۶۳ ۱۰۰ ~ ۸۰	۲۷۵ ۲۶۵ ۲۵۵ ۲۴۵ ۲۳۵	۵۶۰-۴۱۰	۲۳-۱۹
S۳۵۵	St-۵۲	۱۶ ≥ ۴۰ ~ ۱۶ ۶۳ ~ ۴۰ ۸۰ ~ ۶۳ ۱۰۰ ~ ۸۰	۳۵۵ ۳۴۵ ۳۳۵ ۳۲۵ ۳۱۵	۶۳۰-۴۷۰	۲۲-۱۸
-	St-۵۰	۱۶ ≥ ۴۰ ~ ۱۶ ۶۳ ~ ۴۰	۲۹۵ ۲۸۵ ۲۷۵	۶۱۰-۴۹۰	۲۰
S۴۵۰	-	۱۶ ≥ ۴۰ ~ ۱۶ ۶۳ ~ ۴۰ ۸۰ ~ ۶۳ ۱۰۰ ~ ۸۰	۴۵۰ ۴۳۰ ۴۱۰ ۳۹۰ ۳۸۰	۷۲۰-۵۵۰	۱۷
S۴۶۰	-	۱۶ ≥ ۴۰ ~ ۱۶ ۶۳ ~ ۴۰ ۸۰ ~ ۶۳ ۱۰۰ ~ ۸۰	۴۶۰ ۴۴۰ ۴۳۰ ۴۱۰ ۴۰۰	۷۳۰-۵۴۰	۱۷

جدول ۷-۲- نام و مشخصات مکانیکی انواع فولادهای ساختمانی بهبودیافته برای شرایط لرزه‌ای طبق استانداردهای ساما ۱۲۰۶۵ و ISO 24314

نام رده فولاد	ضخامت (mm)	تنش تسلیم، F_y (MPa)	تنش کششی نهایی، F_u (MPa)	$\frac{F_y}{F_u}$ (%)	حداقل کرنش نهایی، ϵ_u (%)
S۲۳۵S	$6 \leq t < 12$	۳۵۵ - ۲۳۵	۵۱۰ - ۴۰۰	— ≤ 80 ≤ 80 ≤ 80	۲۱
	$12 \leq t < 16$	۳۵۵ - ۲۳۵			
	$16 \leq t < 40$	۳۵۵ - ۲۳۵			
	$40 \leq t \leq 125$	۳۳۵ - ۲۱۵			
S۳۲۵S	$6 \leq t < 12$	۴۴۵ - ۳۲۵	۶۱۰ - ۴۹۰	— ≤ 80 ≤ 80 ≤ 80	۲۰
	$12 \leq t < 16$	۴۴۵ - ۳۲۵			
	$16 \leq t < 40$	۴۴۵ - ۳۲۵			
	$40 \leq t \leq 125$	۴۱۵ - ۲۹۵			
S۳۴۵S	$6 \leq t < 12$	۴۵۰ - ۳۴۵	$450 \leq$	≤ 85 ≤ 85 ≤ 85 ≤ 85	۱۹
	$12 \leq t < 16$	۴۵۰ - ۳۴۵			
	$16 \leq t < 40$	۴۵۰ - ۳۴۵			
	$40 \leq t \leq 125$	۴۵۰ - ۳۴۵			
S۴۶۰S	$6 \leq t < 12$	۵۸۰ - ۴۶۰	۷۰۰ - ۵۲۰	≤ 90 ≤ 90 ≤ 90 ≤ 90	۱۶
	$12 \leq t < 16$	۵۸۰ - ۴۶۰			
	$16 \leq t < 40$	۵۶۰ - ۴۴۰			
	$40 \leq t \leq 125$	۵۴۰ - ۴۲۰			

جدول ۷-۳- نام و مشخصات مکانیکی انواع فولادهای ساختمانی طبق استانداردهای موسسه آزمایش مصالح آمریکا (ASTM)

نام و رده فولاد	ضخامت (mm)	تنش تسلیم مشخصه، F_y (MPa)	تنش کششی نهایی، F_u (MPa)	حداقل کرنش نهایی، ϵ_u (%)
ASTM A۳۶	تا ۲۰۰ بیشتر از ۲۰۰	۲۵۰ ۲۲۰	۴۰۰-۵۵۰	۲۱
ASTM A۵۷۲ Grade ۴۲ Grade ۵۰ Grade ۵۵ Grade ۶۰ Grade ۶۵	تمام ضخامت‌ها	۲۹۰ ۳۴۵ ۳۸۰ ۴۱۵ ۴۵۰	۴۱۵ ۴۵۰ ۴۸۵ ۵۲۰ ۵۵۰	۲۴ ۲۱ ۲۰ ۱۸ ۱۷
ASTM A۵۸۸ Grade B Grade C	تمام ضخامت‌ها	۳۴۵ ۳۴۵	۴۸۵ ۴۸۵	۲۱ ۲۱
ASTM A۷۰۹ Grade ۳۶ Grade ۵۰ Grade ۵۰S	تمام ضخامت‌ها	۲۵۰ ۳۴۵ ۳۴۵-۴۵۰	۴۰۰-۵۵۰ ۴۵۰ ۴۵۰	۲۱ ۲۱ ۲۱
ASTM A۹۱۳ Grade ۵۰ Grade ۶۰ Grade ۶۵	تمام ضخامت‌ها	۳۴۵ ۴۱۵ ۴۵۰	۴۵۰ ۵۲۰ ۵۵۰	۲۱ ۱۸ ۱۷
ASTM A۹۹۲	تمام ضخامت‌ها	۳۴۵-۴۵۰	۴۵۰	۲۱

۷-۲-۲-۱-۲- آزمایش

تمامی فولادهای مصرفی باید به‌طور اختصاصی آزمایش شده و تولیدکننده‌های مصالح فولادی باید گواهی بازرسی آن‌ها را ارائه نمایند. دستگاه نظارت باید از نوع مصالح فولادی مصرفی از طریق گزارش‌های بازرسی که توسط پیمانکار یا تولیدکننده مصالح فولادی ارائه می‌شود، اطمینان حاصل نماید. در صورتی که در این خصوص مدارکی موجود نباشد، انجام آزمایش‌های لازم جهت حصول اطمینان از کیفیت مصالح مصرفی، بررسی و تایید دستگاه نظارت الزامی است. هرگونه آزمایش ویژه‌ای که در مشخصات پروژه تعیین شده یا به تشخیص دستگاه نظارت براساس شرایط کار جهت تعیین خصوصیات مکانیکی محصولات فولادی لازم باشد، باید صورت پذیرد. در سازه‌های مقاوم در برابر زلزله تمام قطعاتی که جزئی از سیستم باربر لرزه‌ای باشند، باید الزامات استانداردهای ساما ۱۲۰۶۵ و ISO 24314 را تأمین نمایند. در صورت نیاز به آزمایش برای مصالح فولادی، باید از هر محموله مصالح فولادی مشابه واردشده به کارگاه، به تعداد دو نمونه‌ای اتفاقی انتخاب شود و بر اساس استانداردهای ملی یا بین‌المللی مانند ASTM A307 آزمایش‌های زیر در مورد آن‌ها صورت پذیرد:

الف- برای همه نمونه‌ها آزمایش تعیین ترکیب شیمیایی محصول

ب- برای همه نمونه‌ها آزمایش مقاومت کششی با اندازه‌گیری تغییرشکل نسبی

پ- برای همه نمونه‌ها آزمایش ضربه

محموله مصالح فولادی جهت نمونه‌گیری شامل مقاطع مشابه، رده مقاومتی مشابه و محدوده ضخامت مشابه، به شرح زیر است:

الف- به ازای هر ۴۰ تن و کسر آن برای همه مقاطع

ب- به ازای هر ۶۰ تن و کسر آن برای مقاطع سنگین با وزن واحد طول بیش از ۱۰۰ کیلوگرم بر متر طول

پ- به ازای هر ۸۰ تن و کسر آن برای همه مقاطع با شماره ذوب یکسان

۷-۲-۲-۱-۳- ابعاد و رواداری‌های ابعادی محصولات فولادی

در اجزایی که برای ساخت قطعات سازه‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرند، باید رواداری‌های مجاز تولیدکننده این اجزا رعایت شود. علاوه بر رواداری‌های تولیدکننده، رواداری‌های ارائه شده در بخش‌های زیر نیز باید رعایت شوند:

الف- رواداری‌های مجاز برای قطعات نوردشده پس از ساخت مطابق بند ۷-۲-۷

ب- رواداری‌های مجاز برای اجزای در قطعات ساخته‌شده مطابق بند ۷-۲-۷

پ- رواداری‌های مجاز برای مقاطع I شکل ساخته‌شده از ورق مطابق بند ۷-۲-۷

ت- رواداری‌های مجاز برای مقاطع جعبه‌ای ساخته‌شده از ورق مطابق بند ۷-۲-۷

ث- رواداری‌های مجاز برای پی‌ها، دیوارها و میل‌مهارها مطابق بند ۷-۲-۷

ج- رواداری‌های مجاز برای نصب قطعات فولادی مطابق بند ۷-۲-۷

۷-۲-۲-۱-۴- شرایط سطحی

تمامی قطعات فولادی باید از نواقص و معایبی که به مقاومت یا شکل ظاهری آن‌ها لطمه می‌زند، عاری باشند. همچنین کلیه قطعات فولادی سازه ساختمان باید حتی‌الامکان یکپارچه باشند، مگر آنکه محل وصله در نقشه‌های اجرایی مشخص شده باشد یا موافقت مشاور طرح برای وصله مورد نظر جلب شود.

شرایط سطحی مصالح فولادی، ورق‌ها و مقاطع نورد شده باید مطابق با استانداردهای ملی و در صورت عدم وجود استاندارد ملی مربوط، مطابق با یکی از استانداردهای EN یا ISO باشد.

۷-۲-۲-۱-۵- چقرمگی^۱ و طاقت نمونه شیار داده‌شده شاری مصالح فولادی

چقرمگی و طاقت یک ماده به مقاومت آن در برابر انتشار ترک یا توانایی آن برای جذب انرژی در تغییرشکل‌های پلاستیک گفته می‌شود. اگر میزان چقرمگی یک ماده کم باشد، شکست آن از نوع ترد و در مقابل اگر میزان چقرمگی یک ماده بیشتر باشد، شکست آن احتمالاً از نوع نرم خواهد بود.

از نظر چقرمگی و جلوگیری از شکست ترد، مشخصات مکانیکی کلیه مصالح فولادی باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۷۹۶ یا مطابق با یکی از استانداردهای EN و ISO باشد.

مصالح فولادی از نظر طاقت نمونه شیار داده‌شده شاری به شرح زیر به سه رده J0، JR و J2 طبقه‌بندی می‌شوند:

الف- رده J0: به رده‌ای از مصالح فولادی گفته می‌شود که طاقت نمونه شیار داده شده شاری آن حداقل ۲۷ ژول در دمای ۲۰+ درجه سلسیوس باشد. به لحاظ طاقت نمونه شیار داده‌شده شاری، آزمایش‌های مورد نیاز این رده آسان‌تر از آزمایش‌های مورد نیاز رده‌های J0 و J2 است. از این رده مصالح فولادی عموماً در سازه‌هایی استفاده می‌شود که قطعات آن در طول بهره‌برداری در معرض شرایط جوی قرار ندارد. همچنین استفاده از این رده برای اعضای باربر لرزه‌ای ممنوع است.

ب- رده J0: به رده‌ای از مصالح فولادی گفته می‌شود که طاقت نمونه شیار داده‌شده شاری آن حداقل ۲۷ ژول در دمای صفر درجه سلسیوس باشد. به لحاظ طاقت نمونه شیار داده‌شده شاری، آزمایش‌های مورد نیاز این رده آسان‌تر از آزمایش‌های مورد نیاز رده J2 اما سخت‌گیرانه‌تر از آزمایش‌های مورد نیاز رده JR است. به بیان دیگر به لحاظ طاقت نمونه شیار داده‌شده شاری این نوع مصالح فولادی مرغوب‌تر از مصالح فولادی JR اما ضعیف‌تر از مصالح فولادی J2 است.

پ- رده J2: به رده‌ای از مصالح فولادی گفته می‌شود که طاقت نمونه شیار داده شده شاری آن حداقل ۲۷ ژول در دمای ۲۰- درجه سلسیوس باشد. به لحاظ طاقت نمونه شیار داده شده شاری، آزمایش‌های مورد نیاز این رده هم از آزمایش‌های رده JR و هم از آزمایش‌های مورد نیاز رده J0 سخت‌گیرانه‌تر است. به عبارت دیگر به لحاظ طاقت نمونه شیار داده شده شاری، این نوع مصالح فولادی هم از مصالح فولادی JR و هم از مصالح فولادی J2 مرغوب‌تر است.

در اعضای باربر غیرلرزه‌ای، از نظر طاقت نمونه شیار داده شده شاریپی، مصالح فولادی باید مطابق با یکی از رده‌های JR، J0 یا J2 باشد. دستگاه نظارت باید از رده مصالح فولادی مصرفی از طریق مدارک معتبر ارائه شده از طرف شرکت تولید کننده آن اطمینان حاصل نماید. در صورتی که در این خصوص مدارک معتبری موجود نباشد، انجام آزمایش‌های لازم جهت حصول اطمینان از رده مورد نظر مصالح مصرفی (مطابق با مشخصات پروژه) و ارائه آن به دستگاه نظارت جهت بررسی و تایید الزامی است. در اعضای باربر جانبی لرزه‌ای، از نظر طاقت نمونه شیار داده شده شاریپی، مصالح فولادی باید حداقل از رده J0 باشد. برای فولادهای از نوع S235 به لحاظ چقرمگی محدودیتی برای ضخامت اجزای قطعات فولادی وجود ندارد، اما در صورتی که فولادهای مصرفی از نوع S275 یا S355 باشد، در این صورت براساس استاندارد EN 1993-1-10 حداکثر ضخامت اجزای قطعات فولادی باید مطابق مقادیر جدول ۴-۷ باشد.

جدول ۴-۷- حداکثر ضخامت قطعات بر حسب میلی‌متر در صورت استفاده از مصالح فولادی پرمقاومت

نوع فولاد			S275			S355		
رده فولاد از نظر چقرمگی و طاقت			JR	J0	J2	JR	J0	J2
مصالح فولادی در داخل فضاها یا بسته یا کاملاً محافظت شده در برابر شرایط جوی			۴۰	۷۰	۱۰۲/۵	۲۲/۵	۴۵	۶۷/۵
مصالح فولادی در معرض شرایط جوی (نمایان)			۲۲/۵	۶۰	۸۵	۱۲/۵	۳۷/۵	۵۵

الف) مقادیر فوق با فرض جزئیات جوشکاری در حد معمولی و با وجود تنش‌های کششی است.

ب) برای شرایط متفاوت با حالت الف، مقادیر ضخامت متناظر با استفاده از ضرایب ارائه شده در زیر براساس موقعیت و جزئیات جوشکاری اصلاح گردد.

شرایط کار	جوشکاری خیلی زیاد (نظیر جوشکاری انتهای ورق‌های تقویتی پوششی)	جوشکاری زیاد	فقط پیچ شده	مصالح فولادی خارج از ناحیه اتصال	قطعات تحت فشار (جوش شده)
ضریب	۰/۵	۰/۷۵	۱/۵	۲	۲

۷-۲-۲-۱-۶- مشخصات مکانیکی در امتداد ضخامت^۱

در محل درزهای جوش مشخص شده در جدول ۵-۷، به منظور جلوگیری از تورق یا گسیختگی لایه‌ای^۲ در امتداد ضخامت قطعات فولادی، باید مطابق استاندارد ملی مربوط، اقدامات احتیاطی ویژه‌ای انجام شود.

جدول ۵-۷- ضخامت درزهای جوش با احتمال خطر گسیختگی لایه‌ای

جوش با نفوذ کامل یا نسبی برای ورق عمودی با ضخامت بیش از:	جوش گوشه با ضخامت گلوگاه مؤثر بیش از:
درزهای جوش سپری شکل	۳۵ میلی‌متر
درزهای جوش صلیبی و نبشی شکل	۲۵ میلی‌متر

درز جوش بین ستون و کفستون‌ها از این محدودیت فوق معاف هستند، مگر آنکه در مشخصات پروژه کشش‌های قابل توجهی در این محل مشخص شده باشد.

1- Through-thickness properties

2- Lamellar Tearing

در محدوده اتصالات با جوش‌های فوق به سطح ورق دیگر، باید اقدامات احتیاطی ویژه در خصوص بی‌عیب بودن محدوده درزهای اتصال، قبل و بعد از جوشکاری، از طریق آزمایش فراصوت^۱ (التراسونیک) انجام پذیرد، و با گزارش آزمایش‌های انجام شده توسط کارخانه سازنده یا آزمایش‌های مورد تایید کارفرما بر روی مصالح فوق، صحت ویژگی‌های مکانیکی فولادها در انطباق با آنچه در این بند قید شده، تایید شود.

در کاربردهای لرزه‌ای در محدوده درزهای جوش سپری، صلیبی و نبشی برای ضخامت‌های بیش از ۱۶ میلی‌متر، مصالح فولادی از نظر مشخصات مقطع در امتداد Z (مشخصات مقطع در امتداد ضخامت) باید مطابق با استاندارد ISO 7778 از رده Z25 باشد. منظور از رده Z25 این است که مقدار میانگین کاهش سطح مقطع $\left(\frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100 \right)$ در سه نمونه حداقل ۲۵ درصد و مقدار کاهش سطح مقطع در تک تک نمونه‌ها حداقل برابر ۱۵ درصد باشد، که در آن S_0 برابر سطح مقطع اولیه نمونه و S_u برابر سطح مقطع نمونه در هنگام شکست است.

دستگاه نظارت اختیار دارد نتایج آزمایش‌های انجام شده تولیدکننده فولاد را پذیرفته و سپس تقاضای بازدید محصولات، قبل از ارسال آن‌ها از کارخانه را نموده یا انجام آزمایش‌های مورد نظر را با حضور نماینده خود در کارخانه درخواست نماید. بازدید از فولاد سازه‌ای قبل از حمل به کارگاه از وظایف و اختیارات دستگاه نظارت است.

۷-۲-۱-۷- حد اکثر نسبت تنش تسلیم مشخصه فولاد به تنش کششی آن در کاربردهای لرزه‌ای

در کاربردهای لرزه‌ای اگر برای اعضای باربر لرزه‌ای، اجزا و اتصالات آن‌ها مطابق جدول ۷-۲ از فولادهای با مشخصات مکانیکی بهبودیافته استفاده شود، در این صورت از لحاظ حد اکثر نسبت تنش تسلیم مشخصه فولاد به تنش کششی آن، مقادیر ارائه شده در این جدول معیار تایید نوع فولادهای این نوع اعضا، اجزا و اتصالات خواهد بود. اما اگر برای این نوع اعضا، اجزا و اتصالات آن‌ها از سایر انواع فولادها (فولادهای جدول‌های ۷-۱ و ۷-۳) استفاده شود، در این صورت نسبت تنش تسلیم مشخصه به تنش کششی آن‌ها نباید از ۰/۸ بزرگ‌تر باشد $(F_y/F_u \leq 0.8)$.

۷-۲-۱-۸- اعضای خمیده یا دارای انحنا

به‌کارگیری روش‌های گرم کردن موضعی برای ایجاد انحنا یا صاف کردن قطعات با تأیید نماینده کارفرما مجاز است. دمای موضع گرم شده نباید از ۶۵۰ درجه سلسیوس برای فولادهای معمولی و ۵۶۵ درجه سلسیوس برای فولادهای پرمقاومت و آلیاژی بیشتر شود. این دما باید به کمک گچ‌های رنگی مخصوص که در دمای زیاد تغییر رنگ می‌دهند، کنترل گردد. استفاده از روش‌های مکانیکی برای صاف کردن تا سه برابر مقادیر رواداری‌های مجاز این فصل، قابل قبول است. بعد از ایجاد انحنا یا پیش‌خیز در قطعات فولادی از طریق عملیات شکل‌دهی گرم یا سرد، برای اطمینان از عدم کاهش مقاومت قطعه، یکی از الزامات زیر باید تأمین شود:

۱- در آزمایشگاه‌های معتبر، جهت تعیین مقاومت در برابر ضربه بعد از عملیات شکل‌دهی، آزمایش ویژه‌ای بر روی فولادهای مصرفی صورت گیرد.

۲- براساس گزارش‌ها و مستندات پیوستی از تولیدات فولادهای مصرفی، تمامی آثار این عملیات شکل‌دهی مشخص شده باشد.

۷-۲-۲-۲-جوش

۷-۲-۲-۱- کیفیت و استاندارد

تمامی مصالح مصرفی برای جوشکاری با قوس الکتریکی^۱ برحسب مورد، باید با ضابطه شماره ۲۲۸ سازمان برنامه و بودجه و استانداردهای EN ISO 17632، EN ISO 14341، EN ISO 2560 و AWS مطابقت داشته باشد.

علاوه بر رعایت الزامات استانداردهای فوق، در جوش‌های شیار با نفوذ کامل تحت اثر کشش در راستای عمود بر محور جوش و تحت اثر برش در امتداد محور طولی به‌غیر از جوش‌های اتصال جان به بال اعضای کششی، استفاده از فلز پرکننده سازگار با فلز پایه^۲ الزامی است. برای سایر جوش‌های شیار و نیز برای سایر وضعیت‌های بارگذاری تا ضخامت ورق ۲۰ میلی‌متر استفاده از الکترودهای E60 و E70 و برای ضخامت‌های بالاتر، استفاده از الکترودهای E70 و E80 پذیرفتنی خواهند بود. برای اعضا و اتصالات سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای، استفاده از فلز پرکننده جوش از نوع E60 مجاز نیست. الکترودهای سازگار با فلز پرکننده جوش سازگار با فلز پایه باید مطابق جدول ۷-۶ در نظر گرفته شوند.

جدول ۷-۶- فلز یرکننده جوش سازگار با فلز پایه

تنش تسلیم مصالح فلز پایه (F _y)	تنش کششی نهایی فلز الکتروود (F _{ue})	نوع الکتروود سازگار
تا ۳۰۰ MPa و t ≤ ۲۰ mm	۴۲۰MPa	E۶۰ یا معادل آن
t = ضخامت فلز پایه	۴۹۰MPa	E۷۰ یا معادل آن
تا ۳۰۰ MPa و t > ۲۰ mm	۴۹۰MPa	E۷۰ یا معادل آن
از ۳۰۰ MPa تا ۳۸۰ MPa	۴۹۰MPa	E۷۰ یا معادل آن
از ۳۸۰ MPa تا ۴۶۰ MPa	۵۶۰MPa	E۸۰ یا معادل آن

۷-۲-۲-۲-۲- چقرمگی فلز یرکننده جوش

از نظر چقرمگی و جلوگیری از شکست ترد، مشخصات مکانیکی فلز پرکننده جوش باید مطابق با استانداردهای ملی و در نبود استاندارد ملی مربوط، مطابق با یکی از استانداردهای EN یا ISO باشد. همچنین فلز پرکننده جوش (الکترودها و سیم‌جوش‌های مصرفی) باید دارای طاقت نمونه شیار داده شده شارپی مطابق جدول ۷-۷ باشد، مگر آنکه در مشخصات پروژه مقادیر دیگری تعیین شده باشد.

- 1- Arc Welding
- 2- Matching Filler Metal

جدول ۷-۷- حداقل طاقت نمونه شیار داده شده شاری فلز پرکننده جوش (الکترودها و سیم جوش های مصرفی)

جوش های متعارف و فلز پرکننده جوش از نوع E۷۰ و E۸۰	جوش های بحرانی لرزه ای ^۱ و فلز پرکننده جوش از نوع E۷۰ و E۸۰	طاقت نمونه شیار داده شده شاری
حداقل ۲۷ ژول در دمای منفی ۱۸ درجه سانتی گراد	حداقل ۵۴ ژول در دمای مثبت ۲۰ درجه سانتی گراد	

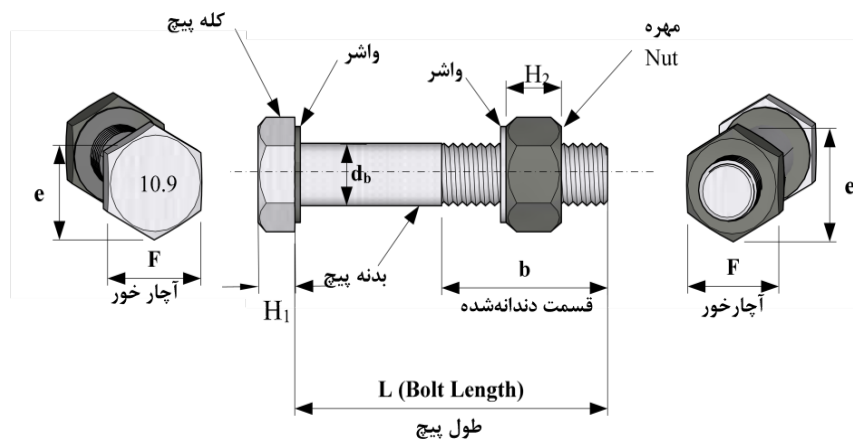
۷-۲-۲-۳- نگهداری

مصلح مصرفی جوش باید در انبارهای خشک و عاری از رطوبت که دارای تهویه کافی بوده یا مرتباً گرم نگه داشته می شود، نگهداری شوند و از وارد آمدن ضربه به آن ها جلوگیری شود. استفاده از مصلح مصرفی که به علت رطوبت یا ضربه آسیب دیده باشند، مجاز نیست. خشک کردن و گرما دادن به مصلح مصرفی جوش باید مطابق توصیه های کارخانه تولیدکننده، انجام شود.

۷-۲-۲-۳- پیچ و مهره

۷-۲-۲-۳-۱- کیفیت و استاندارد

مشخصات مکانیکی پیچ ها باید با یکی از استانداردهای ساما ۲۸۷۴، EN، ISO و ASTM مطابقت داشته باشد. در شکل ۷-۱ اجزای مختلف مجموعه پیچ و مهره برای یک پیچ از نوع ۱۰،۹ نشان داده شده است. در این شکل طول گیر پیچ^۲ فاصله خالص مابین واشر کلگی پیچ (در صورت وجود) تا واشر مهره است که شامل ضخامت کلیه قطعات اتصال است. در پیچ های اتکایی غیرپیش تنیده، فقط واشر مهره لازم است.



شکل ۷-۱- اجزای مختلف مجموعه پیچ و مهره

استاندارد پیچ های مورد استفاده در ساختمان در دو رده معمولی و پرمقاومت بدون قابلیت پیش تنیدگی و پرمقاومت^۳ با قابلیت پیش تنیدگی باید مطابق جدول ۷-۸ باشد. مهره ها و واشرهای استفاده شده باید با نوع پیچ مورد استفاده سازگار باشد. در اتصالات اتکایی غیر پیش تنیده^۴ استفاده از هر دو نوع پیچ با و بدون قابلیت پیش تنیدگی مجاز بوده، اما در اتصالات

1- Demand Critical welds

2- Grip

3- High-Strength Bolts

1- Bearing-Type Connections (snug-tightened)

اتکایی پیش‌تنیده^۱ و لغزش بحرانی^۲ فقط استفاده از پیچ‌های با قابلیت پیش‌تنیدگی مجاز است. در صورت درخواست دستگاه نظارت، پیمانکار باید گواهی و مستندات مرتبط با استانداردهای پیچ‌های مصرفی را ارائه نماید. بررسی و ارزیابی عملکرد اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی باید طبق استانداردهای این نوع اتصالات و نوع پیچ‌هایی که به کار می‌رود، انجام پذیرد.

جدول ۷-۸- استانداردهای مورد تایید برای مجموعه پیچ، مهره و واشر

نوع پیچ	نوع رده	پیچ	مهره	واشر
پیچ‌های معمولی و پرمقاومت بدون قابلیت پیش‌تنیدگی	۴,۶	EN ISO ۱۵۰۴۸	EN ISO ۱۵۰۴۸	EN ISO ۱۵۰۴۸
	۴,۸	EN ISO ۴۰۱۶,	EN ISO ۴۰۳۴	EN ISO ۷۰۹۱
	۵,۶	EN ISO ۴۰۱۸		
	۵,۸			
	۶,۸			
	۸,۸	EN ISO 15048	EN ISO ۱۵۰۴۸	EN ISO ۱۵۰۴۸
	۱۰,۹	.EN ISO 4014 EN ISO 4017	EN ISO ۴۰۳۲	EN ISO ۷۰۹۱
ASTM				
پیچ‌های پرمقاومت با قابلیت پیش‌تنیدگی	۸,۸	EN ISO 14399	EN ISO ۱۴۳۹۹	EN ISO ۱۴۳۹۹
	۱۰,۹			
	A۳۲۵	ASTM		
	A۴۹۰			
	F۱۸۵۲			
F۲۲۸۰				

پیچ‌های با قابلیت پیش‌تنیدگی مطابق استاندارد ISO در دو دسته HR و HV رده‌بندی می‌شوند. توصیه می‌شود در هر پروژه تنها از یکی از این دو دسته پیچ استفاده گردد. استفاده ترکیبی از پیچ و مهره هر دسته به‌صورت هم‌زمان مجاز نیست. در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی با استفاده از پیچ‌های با تنش تسلیم ۹۰۰ مگاپاسکال و بیشتر، در صورتی که مصالح فولادی اعضای متصل‌شونده دارای تنش حد تسلیم کمتر از ۲۸۰ مگاپاسکال باشند، استفاده از واشر سخت تخت زیر پیچ و مهره الزامی است.

اگر اعضای متصل‌شونده دارای پوشش حفاظتی در سطوح غیر تماس باشند، لازم است به‌منظور جلوگیری از آسیب چرخش روی پوشش، از واشر زیر مهره و واشر زیر کنگی پیچ استفاده شود. در صورتی که پیچ در سوراخ لوبیایی یا سوراخ بزرگ‌شده نصب گردد، باید از واشر مناسب زیر کنگی پیچ و مهره استفاده شود. همچنین در صورتی که سطح فولاد مماس با پیچ دارای زاویه‌ای بیش از ۳ درجه نسبت به صفحه عمود بر محور پیچ باشد، باید از واشر سخت گوه‌ای در زیر پیچ یا مهره استفاده شود. هیچ نوع مصالح قابل تراکم مانند واشرهای لاستیکی یا فنری یا مواد عایق‌بندی نباید در لایه‌های اتصال وجود داشته باشد، مگر آنکه در نقشه‌های طراحی توسط مشاور قید شده باشد. تمامی قسمت‌هایی که توسط پیچ و مهره به هم متصل می‌شوند،

2- Bearing-Type Connections (pretensioned)

3- Slip-Critical Connections

باید ضمن نصب با به کارگیری پین یا پیچ و مهره موقت نسبت به هم کاملاً تثبیت شوند. استفاده از وسایل نصب و نگهداری موقت، نباید به سوراخ‌های پیچ صدمه زده یا آن را گشاد نماید. هنگامی که قطعات جمع و نصب می‌شوند، باید تمامی سطوح اتصال شامل سطوح مجاور سر پیچ و طرف مهره از قسمت‌های پوسته شده و دیگر مواد زائد عاری باشند، به‌ویژه سطوح تماس اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی باید کاملاً تمیز بوده و اثری از رنگ، لاک، انواع روغن و مصالح دیگر در آن‌ها وجود نداشته باشد. اگر در یک اتصال سوراخ‌های قطعات دقیقاً مقابل هم نباشند، باید شرایط برای رد شدن اتصال فراهم شود.

جهت تعیین حداقل تعداد نمونه‌های لازم برای آزمایش‌های پیچ‌ها، برحسب تعداد پیچ‌های تهیه‌شده از یک منبع یا رده، باید از جدول ۷-۹ یا از استاندارد مربوط به نمونه برداری پیچ و مهره (نظیر استاندارد ISO 2859-1) استفاده شود.

جدول ۷-۹- حداقل تعداد نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌های مورد نیاز پیچ‌ها

تعداد پیچ‌ها از هر منبع	تعداد نمونه‌ها
۱۵۰ و کمتر	۱
۱۵۱ تا ۲۰۰	۲
۲۰۱ تا ۵۰۰	۳
۵۰۱ تا ۱۲۰۰	۵
۱۲۰۱ تا ۳۲۰۰	۸
۳۲۰۱ تا ۱۰۰۰۰	۱۳
بیشتر از ۱۰۰۰۱	۲۰

ویژگی انواع پیچ و مهره باید با ساما ۲۸۷۴ یا ISO 898 مطابقت داشته باشد. لیست آزمایش‌های پیچ، مهره و واشر براساس استاندارد ISO 898 مطابق جداول ۷-۱۰ تا ۷-۱۲ است که باید توسط آزمایشگاه ذی‌صلاح و با توجه به شرایط استاندارد انجام پذیرد. در صورت استفاده از پیچ و مهره‌های با رده ASTM، آزمایش‌ها باید مطابق دستورالعمل‌های مربوط در آن استاندارد انجام پذیرد.

۷-۲-۲-۳-۲- نیروی پیش‌تنیدگی پیچ‌ها در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی

در جدول‌های ۷-۱۳ و ۷-۱۴ مقادیر حداقل نیروی پیش‌تنیدگی^۱ و بار گواه^۲ پیچ‌های پرمقاومت متعارف ISO و ASTM برای اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی، ارائه شده است. در این جدول‌ها منظور از سطح تنش، سطح مقطع پیچ بدون احتساب ارتفاع دنده بوده و از رابطه $A'_{nb} = \frac{\pi}{4}(d_b - 0.9382\ell)^2$ محاسبه می‌شود که در آن A'_{nb} سطح تنش برحسب میلی‌مترمربع، d_b قطر اسمی پیچ برحسب میلی‌متر و ℓ طول هر گام رزوه (دندانه) برحسب میلی‌متر است. همچنین بار گواه عبارت است از حداکثر بار ایمن که می‌توان به پیچ و مهره بدون ایجاد تغییرشکل دائمی اعمال کرد.

1- Minimum Bolt Pretension

2- Proof Load

جدول ۷-۱۰- آزمایش‌های موردنیاز پیچ‌ها مطابق ISO 898

مشخصات	استاندارد
ابعاد و رواداری‌ها	EN ۱۴۳۹۹-۳, ۴
ترکیب شیمیایی	EN ISO ۱-۸۹۸
درصد ازدیاد طول بعد از گسیختگی	EN ISO ۱-۸۹۸
حداقل مقاومت کششی	EN ISO ۱-۸۹۸
تنش نظیر ازدیاد طول ۰/۲٪	EN ISO ۱-۸۹۸
تنش تحت بار گواه	EN ISO ۱-۸۹۸
مقاومت تحت بار گواه	EN ISO ۱-۸۹۸
سختی	EN ISO ۱-۸۹۸
مقاومت در برابر ضربه	EN ۱۴۳۹۹-۳, ۴
سالم بودن کلگی	EN ISO ۱-۸۹۸
حداکثر سختی سطح	EN ISO ۱-۸۹۸
آزمایش پخت مجدد	EN ISO ۱-۸۹۸
یکپارچگی سطح	EN ISO ۱-۸۹۸
تعیین عمق کربن‌دهی یا دکربنیزه شدن	EN ISO ۱-۸۹۸

جدول ۷-۱۱- مهره‌های موردنیاز پیچ‌ها مطابق ISO 898

مشخصات	استاندارد
ابعاد و رواداری‌ها	EN ۱۴۳۹۹-۳, ۴
ترکیب شیمیایی	EN ISO ۲-۸۹۸
تنش تحت بار گواه	HR EN ۳-۱۴۳۹۹ برای سیستم HV EN ۲-۲۰۸۹۸ برای سیستم
سختی	HR EN ۳-۱۴۳۹۹ برای سیستم HV EN ۲-۲۰۸۹۸ برای سیستم

جدول ۷-۱۲- آزمایش‌های موردنیاز واشرها مطابق ISO 898

مشخصات	استاندارد
ابعاد و رواداری‌ها	EN ۱۴۳۹۹-۵, ۶
ترکیب شیمیایی	EN ISO ۲-۸۹۸
سختی	EN ۵-۱۴۳۹۹ و EN ۶-۱۴۳۹۹

جدول ۷-۱۳- حداقل نیروی پیش‌تنیدگی و بار گواه پیچ‌های بر مقاومت طبق استاندارد ISO

قطر پیچ (mm)	گام پیچ (mm)	سطح تنش (mm ²)	بار گواه (kN)		نیروی پیش‌تنیدگی (kN)	
			۱۰,۹	۸,۸	۱۰,۹	۸,۸
M۱۲	۱,۷۵	۸۴,۳	۴۸,۹	۷۰	۴۷,۲	۶۱,۴
M۱۶	۲	۱۵۷	۹۱	۱۳۰	۸۷,۵	۱۱۴,۱
M۲۰	۲,۵	۲۴۵	۱۴۷	۲۰۳	۱۴۲,۱	۱۷۸,۵
M۲۲	۲,۵	۳۰۳	۱۸۲	۲۵۲	۱۷۶,۴	۲۲۰,۵
M۲۴	۳	۳۵۳	۲۱۲	۲۹۳	۲۰۵,۱	۲۵۶,۹
M۲۷	۳	۴۵۹	۲۷۵	۳۸۱	۲۶۶,۷	۳۳۳,۹
M۳۰	۳,۵	۵۶۱	۳۳۷	۴۶۶	۳۲۶,۲	۴۰۸,۱
M۳۶	۴	۸۱۷	۴۹۰	۶۷۸	۴۷۴,۶	۵۹۵

جدول ۷-۱۴- حداقل نیروی پیش‌تندگی و بار گواه پیچ‌های پرمقاومت طبق استاندارد ASTM

نیروی پیش‌تندگی (kN)		بار گواه (kN)		سطح تنش (mm ²)	گام پیچ (mm)	قطر پیچ (mm)
A۴۹۰	A۳۲۵	A۴۹۰	A۳۲۵			
۶۱,۴	۴۹	۷۰	۵۰,۶	۸۴,۳	۱,۷۵	M۱۲
۱۱۴,۱	۹۱	۱۳۰	۹۴,۲	۱۵۷	۲	M۱۶
۱۷۸,۵	۱۴۲,۱	۲۰۳	۱۴۷	۲۴۵	۲,۵	M۲۰
۲۲۰,۵	۱۷۵,۷	۲۵۱	۱۸۲	۳۰۳	۲,۵	M۲۲
۲۵۶,۹	۲۰۵,۱	۲۹۳	۲۱۲	۳۵۳	۳	M۲۴
۳۳۳,۹	۲۶۶,۷	۳۸۱	۲۷۵	۴۵۹	۳	M۲۷
۴۰۸,۱	۳۲۶,۲	۴۶۶	۳۳۷	۵۶۱	۳,۵	M۳۰
۵۹۵	۴۷۴,۶	۶۷۸	۴۹۰	۸۱۷	۴	M۳۶

۷-۲-۲-۳-۲- خزینه و پُخ‌کاری

استفاده از خزینه یا پُخ در سوراخ‌کاری قطعات فولادی برای پیچ‌های معمولی غیرقابل پیش‌تندگی مطابق با استانداردهای معتبر مرتبط (نظیر استاندارد ISO) مجاز است.

۷-۲-۲-۴-۲- انبارداری و ذخیره پیچ‌ها

همه وسایل اتصال باید در بسته‌بندی کارخانه و در ظرف دربسته به خریدار تحویل شود و در محل کارگاه در بسته‌بندی فوق در برابر گردوغبار، آلودگی و رطوبت نگهداری شوند. فقط پیچ‌هایی که در هر نوبت کاری در سازه نصب می‌شوند، مجاز به خارج شدن از بسته‌بندی‌های فوق هستند. در صورتی که در انتهای هر نوبت کاری از وسایل اتصال استفاده نشود، باید مجدداً به بسته‌بندی‌های حفاظت‌شده برگردانده شوند. روغن مخصوصی که در کارخانه روی سطح وسایل اتصال آغشته شده، نباید پاک شود. وسایل اتصال مورد نظر برای اتصالات لغزش بحرانی و سایر اتصالات حساس به لغزش، باید از آلودگی ناشی از محیط کارگاه تمیز شوند.

۷-۲-۲-۵- دمای محیط

در صورتی که پیچ‌ها برای استفاده در دمای زیر ۲۰- درجه سانتی‌گراد به کار برده شوند، مشخصات پیچ‌ها باید برای استفاده در این شرایط سازگار بوده و دارای حداقل مقاومت ضربه برابر ۲۷ ژول مطابق استاندارد ISO 898-1 باشند.

۷-۲-۲-۶- پوشش محافظتی

در صورتی که پیچ‌ها به پوشش‌های محافظتی خاصی (نظیر گالوانیزه یا آب‌کاری) نیاز داشته باشند، این کار باید توسط کارخانه تولیدکننده و بر اساس استانداردهای ISO یا ASTM انجام شود.

پوشش همه اجزای پیچ و مهره باید یکسان بوده و مقاومت در برابر خوردگی مشابهی داشته باشند. در صورتی که لازم باشد از پیچ و مهره با پوشش گالوانیزه گرم استفاده شود، باید الزامات استاندارد ISO 10684 رعایت گردد. گالوانیزه گرم

پیچ و مهره‌ها باید تحت کنترل تولیدکننده باشد. گالوانیزه گرم مهره باید قبل از رزوه‌کاری انجام شود و رزوه کاری مجدد مجاز نیست. استفاده از روش گالوانیزه گرم برای پیچ‌های با رده ۱۰،۹ و بالاتر مجاز نمی‌باشد. در این خصوص می‌توان از استاندارد ASTM F1136 جهت پوشش پیچ، مهره و واشر استفاده کرد.

۷-۲-۲-۴- میل‌مهار

مصلح استفاده شده در میل‌مهارها^۱ باید مطابق با یکی از استانداردهای ساما ۳۱۳۲، EN یا ISO و ASTM باشد. استفاده از میلگردهای ساده و آجدار ساختمانی با کرنش نهایی حداقل ۱۲ درصد و با طول نمونه ۱۰ برابر قطر میلگرد در صورتی که در مدارک طراحی مشخص شده باشند، نیز مجاز است. در این صورت فولاد مصرفی باید مطابق استاندارد ملی ۳۱۳۲ یا استاندارد EN 10080 بوده و رده آن مشخص شده باشد. در صورتی که از میلگردهای آجدار به‌عنوان میل‌مهار استفاده می‌شود، در این صورت سطح مقطع اسمی میل‌مهارها در مقطع دندان‌نشده، که کوچک‌تر از قطر زمینه میلگرد است، ملاک محاسبه خواهد بود.

میل‌مهارهای مورد استفاده در قطعات بتنی و کفستون‌ها^۲ می‌تواند از میله‌های پرمقاومت نظیر CK45 طبق استانداردهای DIN 17350، AISI 1045، ASTM A681 و C45E4 طبق استاندارد ISO باشد. تنش کششی نهایی این نوع میل‌مهارها بین ۶۰۰ MPa الی ۸۰۰ MPa است که در کاربردهای عملی ۶۰۰ MPa در نظر گرفته می‌شود.

۷-۲-۲-۵- گل‌میخ‌های برشی

مشخصات مکانیکی و ابعادی گل‌میخ‌های برشی^۳ برای اتصال اعضای فولادی به قطعات بتنی باید مطابق استاندارد EN ISO 13918 باشد. مطابق این استاندارد، مشخصات مکانیکی گل‌میخ‌ها نباید از مقادیر جدول ۷-۱۵ کمتر باشد. مصالح گل‌میخ‌ها باید از فولاد آلیاژی با کربن کم و طی فرایند فرج سرد تولید شده باشند. در سقف‌های مختلطی^۴ که در آن‌ها برای اجرای دال بتنی از عرشه‌های فولادی استفاده می‌شود، گل‌میخ‌ها باید از طریق ورق عرشه یا به‌طور مستقیم به مقطع فولادی جوش شوند. در این نوع سقف‌ها، در هر حال گل‌میخ‌ها باید روی بال مقطع فولادی ذوب شوند. قطر گل‌میخ‌ها نباید از ۲۰ میلی‌متر بزرگ‌تر باشد.

جدول ۷-۱۵- مشخصات مکانیکی گل‌میخ‌ها طبق استاندارد EN ISO 13918

تنش کششی	۴۲۰MPa
تنش تسلیم	۳۴۵ MPa
افزایش طول نسبی	۲۰ %
میزان کاهش سطح	۵۰ %

1- Anchor Rods
2- Base Plates
3- Shear studs
4- Composite

۷-۲-۲-۶- مصالح پوشش محافظتی

تمامی مصالح ساینده سطوح، رنگ، گالوانیزه جهت پوشش‌های محافظتی باید مطابق با استاندارد ملی مربوط و در صورت عدم وجود استاندارد ملی مربوط، مطابق با استانداردهای ISO یا ASTM باشند. مصالح ساینده فلزی باید الزامات استانداردهای ISO 11124-2 و ISO 11124-3 را تأمین نماید. همچنین مصالح گالوانیزه باید الزامات استاندارد EN ISO 1461 را تأمین نماید.

۷-۲-۲-۷- جایگزینی در مصالح یا شکل قطعات

در صورت موافقت مشاور، در صورتی که بتوان نشان داد مشخصات اجزای سازه‌ای از مشخصات طراحی شده کمتر نبوده و سازگاری آن با هدف طراحی حفظ شده، امکان استفاده از مصالح جایگزین یا تغییر در شکل قطعات اجزا مجاز خواهد بود. مصالح و نیز روش‌های اجرایی که با مقررات و مشخصات تعیین شده منطبق باشند، در هر مرحله‌ای از پیشرفت کار توسط دستگاه نظارت قابل رسیدگی و تجدیدنظر هستند. کارفرما باید یک نسخه از تمامی گزارش‌هایی را که از طرف دستگاه نظارت تایید شده، تحویل سازنده نماید.

۷-۳- تهیه اطلاعات و مستندات

۷-۳-۱- سیستم اطلاعات و مستندسازی

سیستم اطلاعات و مستنداتی که برای ساخت قطعات و اجرای کارهای فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید توسط پیمانکار تهیه شود که شامل نقشه‌های کارگاهی و تمامی اطلاعات مورد نیاز برای ساخت و نصب خواهد بود. این مستندات باید هم به صورت چاپ بر روی کاغذ با مقیاس مناسب و هم به صورت رایانه‌ای به کارفرما و دستگاه نظارت ارائه شود. همچنین مستندات باید مطابق با فرضیات طراحی و آخرین تغییرات صورت گرفته توسط مهندس طراح باشد که ملاک تعیین مشخصات کار خواهد بود.

همچنین پیمانکار باید گزارش‌هایی تهیه نماید که نشان دهد کار بر اساس مستندات قرارداد انجام می‌شود. برای ساخت در کارخانه، گزارش باید دربردارنده شماره قطعه بازرسی شده باشد. برای کار در کارگاه، گزارش باید شامل محور، طبقه و تراز ارتفاعی المان بازرسی شده باشد.

۷-۳-۲- تمهیدات عمومی

۷-۳-۲-۱- شماره‌گذاری (نشانه‌گذاری) قطعات

تمامی قطعاتی که به طور جداگانه با اندازه و شکل مشخص شده در نقشه‌های اجرایی ساخته می‌شوند، باید شماره و علامت‌گذاری شوند. قطعاتی که از هر لحاظ مشابه هستند، می‌توانند شماره و علامت یکسانی داشته باشند.

۷-۳-۲- نقشه شماره گذاری (نشانه گذاری) قطعات

نقشه‌های پلان و نماهایی که توسط پیمانکار تهیه می‌شوند باید در مقیاسی رسم شوند که بتوان شماره نصب تمام قطعات را در آن‌ها نشان داد. مقیاس این نقشه‌ها حداقل باید یک‌صدم باشد. این نقشه‌ها باید مشخصات هر قطعه، موقعیت هر قطعه نسبت به قطعات دیگر و نسبت به محوربندی پلان ساختمان را مشخص نمایند.

۷-۳-۳- اطلاعات در محل تلاقی قطعات با دیوار بتنی یا پی

اطلاعات نمایش داده شده برای میل‌مهارها و قطعات فولادی در محل تلاقی با پی سازه باید شامل پلان پی با محل و تراز کف ستون‌ها، موقعیت و جهت ستون‌گذاری‌ها، شماره‌گذاری ستون‌ها و همچنین تمام قطعاتی که به‌طور مستقیم به پی متصل می‌شوند، با محل و تراز کف ستون‌های مربوط باشند. نظیر همین اطلاعات در محل تلاقی قطعات فولادی با دیوارها و دیگر سطوح بتنی نیز باید تهیه گردد.

جزئیات کاملی از کار گذاشتن، محکم کردن قطعات فولادی و میل‌مهارها به پی‌ها و دیوارها و همچنین روش تنظیم آن‌ها و نیز فاصله لازم در زیر این قطعات برای پر کردن با مصالح دیگر هم باید مشخص شود. درزهای فشاری که در آن‌ها انتقال نیرو از طریق فشار تماسی مستقیم، بخشی از ظرفیت اتصال را تشکیل می‌دهد، سطوح قطعات در تماس باید به‌وسیله تراش دادن، سوهان زدن، سنگ زدن یا روش‌های مناسب دیگر به خوبی آماده شوند.

۷-۳-۴- اطلاعات و مستندات ساخت قطعات

۷-۳-۴-۱- نقشه‌های کارگاهی و اطلاعات ساخت

نقشه‌های کارگاهی، شامل تمامی اطلاعات و جزئیات لازم برای ساخت قطعات سازه، باید قبل از ساخت، تهیه و آماده شوند. این اطلاعات و جزئیات باید ابعاد اعضا، اجزا و اتصالات سازه‌ای و موقعیت آن‌ها، نوع و اندازه جوش‌ها با علائم استاندارد، نوع پیچ‌ها، نوع سوراخ پیچ‌ها، ابعاد ورق‌های گوشواره‌ای برای جوش‌های شیار با نفوذ کامل، ابعاد سوراخ‌های دسترسی در اتصالات گیردار تیر به ستون و ابعاد ورق‌های پشت‌بند در محل جوش‌های شیار را شامل شود. در صورتی که قرار باشد ورق‌های پشت‌بند بعد از عملیات جوشکاری برداشته شوند، این موضوع باید به‌وضوح در نقشه‌های کارگاهی مشخص شود.

در این نقشه‌ها باید تمامی جوش‌های کارخانه‌ای از جوش‌های کارگاهی و نیز جوش‌های معمولی از جوش‌های لرزه‌ای بحرانی به‌خوبی متمایز شوند. همچنین در این نقشه‌ها باید نوع پیچ (معمولی یا پرمقاومت) و نوع عملکرد اتصال (اتکایی غیر پیش‌تنیده، اتکایی پیش‌تنیده و لغزش بحرانی) به‌وضوح مشخص و حد محکم کردن پیچ‌ها معین شده باشد. نقشه‌های کارگاهی باید با در نظر گرفتن مناسب‌ترین نوع اجرا و با توجه به سرعت اجرا و شرایط اقتصادی ساخت و نصب، تهیه شود. نقشه‌های کارگاهی باید در اختیار کارفرما نیز قرار گیرد.

۷-۳-۴-۲- قطعات الحاقی جهت سهولت نصب

جزئیات سوراخ‌ها، بست‌ها و اتصالات موردنیاز به‌منظور ایمنی یا بلند کردن و نصب قطعات، باید در نقشه‌ها مشخص باشد. این سوراخ‌ها، بست‌ها و اتصالات اضافی می‌توانند پس از نصب در قطعات باقی بمانند مگر آنکه در مشخصات پروژه شرایط دیگری تعیین شده باشد. تمامی جزئیات مورد استفاده برای این اتصالات موقت باید با انجام محاسبات سازه‌ای باشد.

۷-۳-۴-۳- جوشکاری

در مشخصات قطعات، شرایط لازم برای آماده‌سازی لبه‌ها جهت جوشکاری باید مشخص شود. هرگونه بازرسی جوش موردنیازی که با الزامات بند ۷-۵-۵ متفاوت باشد، باید به‌طور واضحی مشخص گردد.

۷-۳-۴-۴- پرکننده‌ها، فواصل آزاد و پیش‌خیز

پیمانکار باید موارد زیر را در مستندات ساخت مشخص نماید:

الف- تمامی پرکننده‌هایی که ممکن است برای اطمینان از جفت‌شدن قطعات در محل اتصال به‌کار رود. (به بندهای ۷-۲-۱ و ۷-۶-۱ رجوع شود)

ب- فواصل آزاد مورد نیاز بین قطعات ساخته شده به‌طوری‌که انحراف‌های مجاز در هنگام ساخت و نصب از آن بیشتر نشود.

پ- پیش‌خیزها یا تنظیمات اولیه مورد نظر مهندس طراح که باید در ساخت قطعات رعایت شوند. همچنین الزامات مربوط به پیش‌خیز و پیش‌تنظیم در قطعات، باید پس از تکمیل مونتاژ کنترل شوند.

۷-۳-۴-۵- ابعاد اسمی سوراخ‌ها

حداکثر ابعاد سوراخ پیچ‌ها باید مطابق جدول ۷-۱۶ باشند. در صورتی‌که از پیچ‌های به قطر غیر از آنچه در این جدول آمده، استفاده شود، ابعاد اسمی سوراخ پیچ‌ها می‌تواند براساس درون‌یابی یا برون‌یابی خطی مقادیر مندرج در این جدول تعیین شود. این ابعاد باید با جزئیات کامل در نقشه‌های کارگاهی منعکس شوند. همچنین:

الف- در اتصالات پیچی، شکل کلی سوراخ پیچ‌ها باید مطابق شکل ۷-۲ باشند.

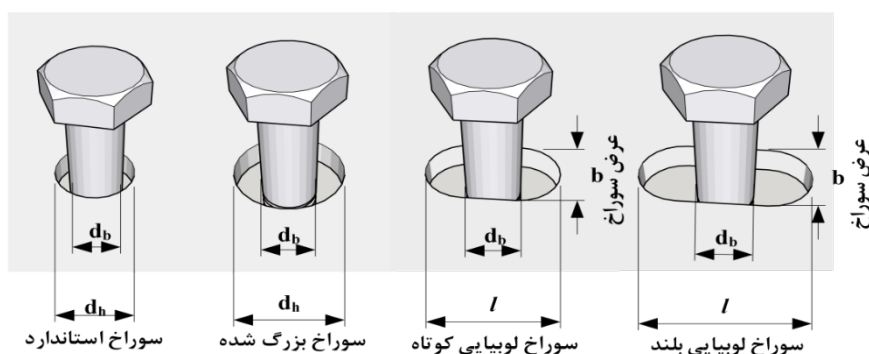
ب- سوراخ‌های بزرگ شده فقط در اتصالات لغزش بحرانی مجاز هستند.

پ- سوراخ لوبیایی کوتاه در تمام امتدادها در اتصالات لغزش بحرانی مجاز هستند، اما در اتصالات اتکایی و پیش‌تنیده استفاده از آن‌ها زمانی مجاز است که امتداد طولی سوراخ عمود بر راستای نیرو باشد.

ت- سوراخ‌های لوبیایی بلند در تمام امتدادها در اتصالات لغزش بحرانی مجاز هستند، اما در اتصالات اتکایی و پیش‌تنیده، استفاده از آن‌ها زمانی مجاز است که امتداد طولی سوراخ، عمود بر امتداد نیرو باشد. لیکن در هر سه نوع اتصال، سوراخ لوبیایی بلند باید فقط در یکی از ورق‌های اتصال تعبیه شود.

جدول ۷-۱۶- ابعاد اسمی سوراخ پیچ‌ها برحسب میلی‌متر

ابعاد اسمی سوراخ‌ها (mm)				قطر پیچ (mm)
سوراخ لوبیایی بلند ^۴ (طول×عرض)	سوراخ لوبیایی کوتاه ^۲ (طول×عرض)	سوراخ بزرگ‌شده ^۲	سوراخ استاندارد ^۱	
۴۰×۱۸	۲۲×۱۸	۲۰	۱۸	M۱۶
۵۰×۲۲	۲۶×۲۲	۲۴	۲۲	M۲۰
۵۵×۲۴	۳۰×۲۴	۲۸	۲۴	M۲۲
۶۰×۲۷	۳۲×۲۷	۳۰	۲۷	M۲۴
۶۷×۳۰	۳۷×۳۰	۳۵	۳۰	M۲۷
۷۵×۳۳	۴۰×۳۳	۳۸	۳۳	M۳۰
$(d+۳) \times ۲,۵ d$	$(d+۳) \times (d+۱۰)$	$d+۸$	$d+۳$	$\leq M۳۶$



شکل ۷-۲- شکل کلی سوراخ پیچ‌ها در اتصالات پیچی سازه‌های فولادی

۷-۳-۴-۶- اتصالات مجاز به جابه‌جایی

در صورتی که اتصالی برای جابه‌جایی طراحی شده باشد، پیچ‌های مورد استفاده برای نصب باید طوری محکم شوند که مانعی برای حرکت نباشند. این پیچ‌ها باید در نقشه‌ها مشخص شوند.

۷-۳-۴-۷- ماشین‌کاری و مته‌کاری

هرگونه نیاز به ماشین‌کاری باید در مستندات مشخص شده باشد. در جزئیات قطعات، تمامی سوراخ‌هایی که باید مته‌کاری شده و منگنه نشوند باید مشخص گردد (به بند ۷-۴-۴-۴ رجوع شود).

۷-۳-۴-۸- سطوح تماس در اتصالات لغزش بحرانی

تمامی سطوح تماسی که در اتصالات لغزش بحرانی نیاز به تمهیدات خاصی دارند، باید در مستندات مشخص شوند. تمامی این سطوح باید از هرگونه مواد خارجی یا آلودگی و فلس^۵ به جز فلس‌های محکم طبیعی فولاد، پاک باشند.

1- Standard Hole

2- Oversize Hole

3- Short-Slot Hole

4- Long-Slot Hole

1- Mill scale. Oxid surface coating on steel formed by the hot rolling process

۷-۳-۴-۹- اطلاعات موردنیاز برای ساخت سیستم‌های باربر لرزه‌ای

برای قطعات و اعضای که جزئی از سیستم باربر لرزه‌ای هستند، در نقشه‌های ساخت اطلاعات ویژه زیر نیز باید براساس مشخصات پروژه ارائه گردد:

الف- محل پیچ‌های پیش‌تنیده

ب- محل جوش‌های بحرانی لرزه‌ای

پ- محل ورق‌های گوشواره‌ای^۱ (ناودانی‌های انتهایی جوش) در جوش‌های شیاری با نفوذ کامل^۲

ت- محل پشت‌بندهایی که نیازی به برداشتن آن‌ها نیست. همچنین محل پشت‌بندهایی که باید برداشته شوند.

ث- مشخصات نواحی محافظت‌شده اعضا

ج- محل وضعیت‌های سطوح تماس و مشخص کردن کلاس آن‌ها

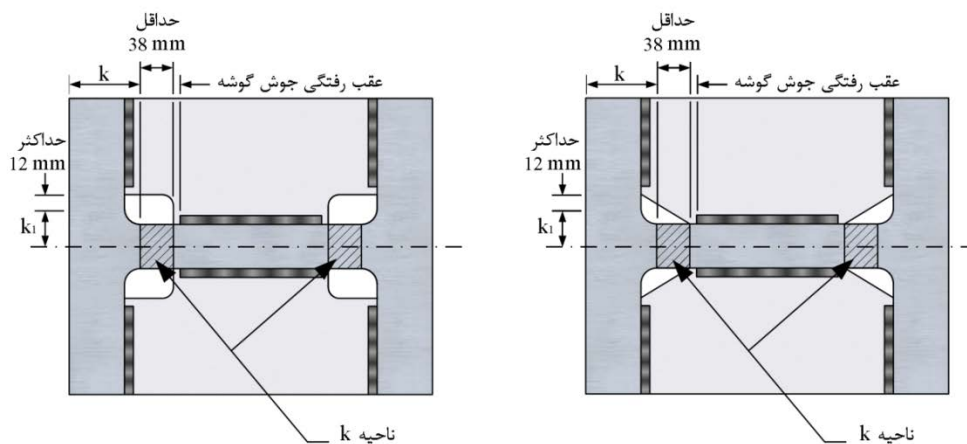
چ- ترسیم ورق‌های اتصال مهاربندی با مقیاس و هندسه صحیح

ه- شکل و ابعاد سوراخ‌های دسترسی جوش، شرایط پرداخت سطحی آن‌ها

خ- آزمایش‌های غیر مخرب^۳ (NDT) موردنیاز در ساخت قطعات

د- جوشکاری خارج ناحیه^۴ K در محل اتصال ورق پیوستگی به جان ستون. جوشکاری نواحی K باید مطابق شکل‌های

۷-۳-الف و ۷-۳-ب انجام پذیرد و پس از ۴۸ ساعت از اتمام جوشکاری تا محدوده ۷۵ میلی‌متری آزمایش MT شود.



شکل ۷-۳- جوشکاری خارج ناحیه^۴ k در محل اتصال ورق پیوستگی به جان ستون

برای قطعات و اعضای که جزئی از سیستم باربر لرزه‌ای هستند، قطعه^۴ کلگی انتهایی^۴ مطابق شکل ۷-۴ نباید به صورت

مستقیم در انتهای درز جوش شیاری قرار گیرد، مگر اینکه پس از ناودانی جوش (ورق‌های گوشواره‌ای در انتهای جوش

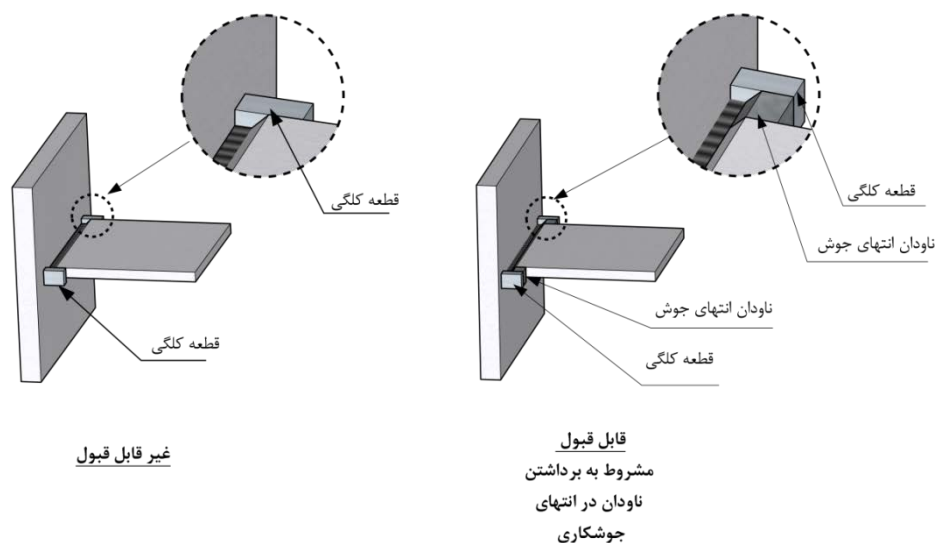
شیاری) نصب شده و در پایان جوشکاری ناودانی جوش، برداشته شوند.

2- Weld Tabs

3- Complete-Joint-Penetration Groove Welds

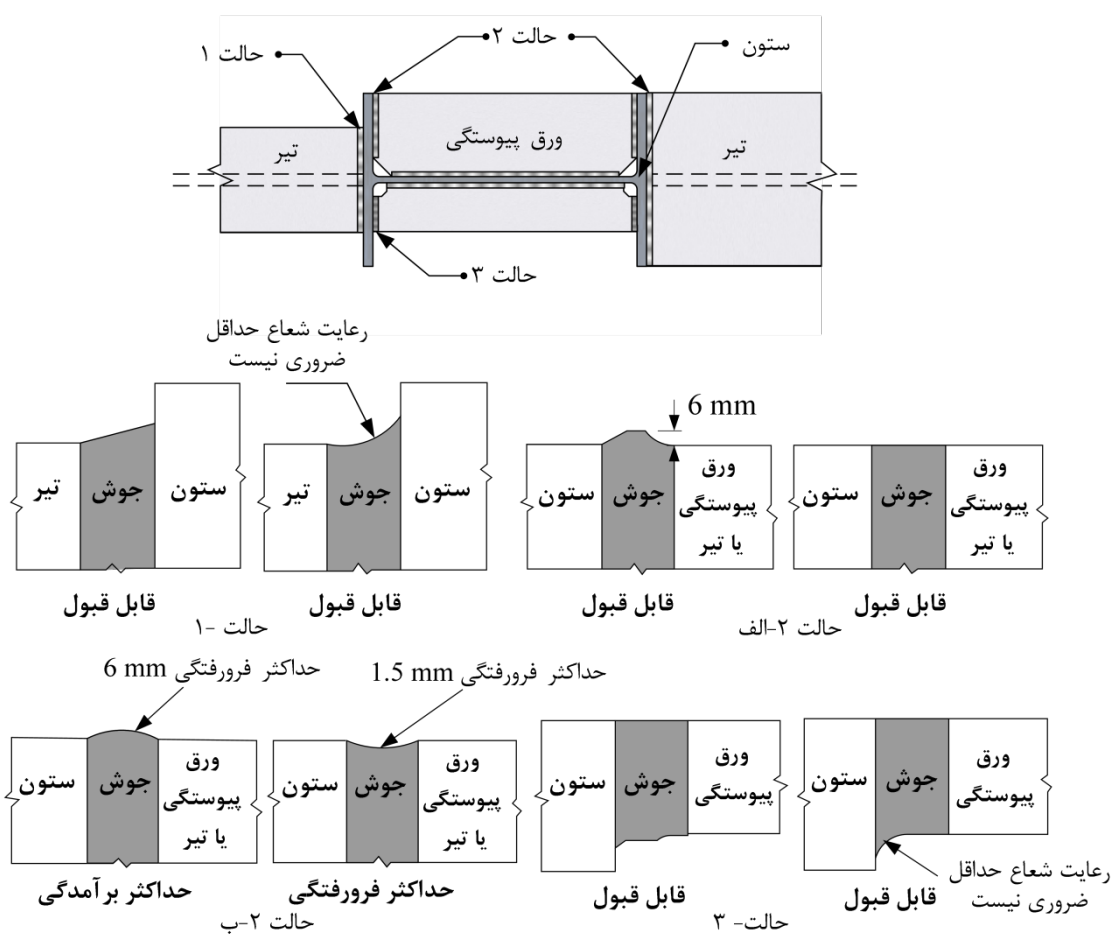
1- Non-destructive testing (NDT)

2- End Dam



شکل ۷-۴- شرایط پذیرش قطعه کُلگی

مطابق شکل ۷-۵، در جوش‌های شیاری با نفوذ کامل پس از برداشتن ناودانی انتهایی جوش، حداکثر ناهمواری قابل قبول سطح ۱۳ میکرومتر خواهد بود.



شکل ۷-۵- وضعیت‌های قابل قبول برداشتن ورق‌های گوشواره‌ای در انتهای جوش‌های شیاری با نفوذ کامل

۷-۳-۵- اطلاعات و مستندات نصب قطعات

۷-۳-۵-۱- نقشه‌های کارگاهی نصب

پیمانکار باید تمامی نقشه‌های نصب قطعات را جهت تکمیل اطلاعات داده‌شده، مطابق دستورالعمل روش نصب تهیه نماید (به بند ۷-۸-۱ رجوع شود).

۷-۳-۵-۲- نقشه‌های کارهای فولادی موقت

در صورت نیاز به کارهای فولادی موقت جهت نصب قطعات، جزئیات و تمهیدات مربوط باید به‌همراه اطلاعات نصب نشان داده شوند (به بند ۷-۸-۴ رجوع شود).

۷-۳-۵-۳- اطلاعات و جزئیات موردنیاز برای نصب سیستم‌های باربر لرزه‌ای

برای قطعات و اعضای که جزئی از سیستم باربر لرزه‌ای هستند، اطلاعات ویژه زیر باید براساس مشخصات پروژه در نقشه‌های نصب ارائه گردد:

الف- محل پیچ‌های پیش‌تنیده

ب- محل جوش‌های بحرانی لرزه‌ای و نوع الکترودهای مصرفی در محل جوش‌های بحرانی لرزه‌ای

پ- مشخص نمودن دمای بین عبوری در محل جوش‌های بحرانی لرزه‌ای

ت- مشخصات نواحی محافظت شده اعضا^۱

ث- تمامی درزهای جوش دارای دستورالعمل خاص نصب، روش جوشکاری و تمامی الزامات و اقدامات ویژه آن ناحیه حفاظت شده در یک عضو از سازه، که به ناحیه شکل‌پذیر عضو نیز موسوم است، به ناحیه‌ای از عضو اطلاق می‌شود که انتظار می‌رود در آن مفصل پلاستیک^۲ تشکیل شود. این نواحی باید در نقشه‌های کارگاهی مشخص شوند. نظر به اهمیت این نواحی و رفتار حساس آن‌ها در حرکات رفت و برگشتی سازه، این نواحی باید عاری از هرگونه عملیاتی باشد که موجب دگرگونی عملکرد عضو در این ناحیه می‌شود. در قاب‌های خمشی متوسط^۳ و ویژه^۴، ناحیه حفاظت شده در دو انتهای تیر، فاصله بین بر ستون تا نصف عمق تیر از محل تشکیل مفصل پلاستیک به سمت داخل دهانه در نظر گرفته می‌شود. نظر به اهمیت ناحیه حفاظت‌شده اعضا در تأمین شکل‌پذیری مورد نیاز، رعایت الزامات قید شده برای ساخت اعضای سیستم‌های باربر لرزه‌ای مطابق بند ۷-۴-۹ ضروری است.

1- Protected Zone

2- Plastic Hinge

3- Intermediate Moment Frames (IMF)

4- Special Moment Frames (SMF)

۷-۳-۶- بررسی نقشه‌ها و مستندات

نقشه‌ها، محاسبات و تمامی اطلاعات تهیه شده توسط پیمانکار برای ساخت و نصب قطعات، باید جهت بررسی و تصویب به کارفرما ارجاع داده شود.

۷-۳-۷- نقشه‌های چون‌ساخت^۱

پس از اتمام عملیات ساخت و نصب کارهای فولادی، پیمانکار باید نقشه‌های کاملی از وضع موجود ساخت و نصب را که شامل تمامی تغییرات نسبت به نقشه‌های اولیه باشد تهیه و به کارفرما ارائه نماید.

۷-۴- ضوابط اجرایی

۷-۴-۱- شناسایی مشخصات کار

تمامی مصالح و محصولات فولادی مورد استفاده در کار باید دارای مدارک مورد تأیید مطابق ضوابط بخش ۷-۲ بوده، به‌طوری‌که مشخصات آن معلوم و قابل بررسی باشد. تمامی قطعات باید در تمامی مراحل ساخت و نصب با استفاده از نشانه‌گذاری قابل ردیابی باشند.

۷-۴-۲- حمل و نقل و جابه‌جایی قطعات

مصالح و محصولات فولادی باید به‌طور مطمئن و ایمن بسته‌بندی، جابه‌جا و حمل و نقل شوند، به‌طوری‌که در آن‌ها اعوجاج و تابیدگی ماندگاری رخ نداده و آسیب‌های سطحی به حداقل ممکن برسد. برای این منظور:

الف- برای حفاظت از قسمت‌های مهارنشده انتهایی قطعات، باید تمهیدات ویژه‌ای در نظر گرفته شود.

ب- تمامی سطوح ماشین‌کاری شده (نظیر سوراخ پیچ‌ها، لبه‌های پُخ‌خورده برای اجرای جوش‌های شیری و ...) باید به نحوی محافظت شوند که در آن‌ها آسیب‌های سطحی ایجاد نشود.

پ- تمامی سطوح ماسه‌پاشی شده جهت انجام اتصالات لغزش بحرانی، باید به نحوی محافظت شوند که عملکرد مورد انتظار این سطوح خدشه‌دار نشود.

۷-۴-۳- برشکاری و شکل‌دهی

۷-۴-۳-۱- عملیات برشکاری

برشکاری و شکل‌دهی قطعات فولادی می‌تواند به طریق اره کاری، گیوتین، برش حرارتی، پخ‌کاری لبه، صاف‌کاری یا ماشین‌کاری انجام شود. برش‌کاری دستی در صورتی مجاز خواهد بود که استفاده از برش حرارتی ماشین‌نی غیرقابل انجام باشد. تمام نواحی که استفاده از برش حرارتی (برش پلاسما، برش لیزر، برش با شعله) مجاز نباشد، باید در مشخصات فنی بیان شود.

۷-۴-۳-۲- لبه‌های برشکاری حرارتی

به‌شرط آنکه توانایی فرایند برشکاری حرارتی استفاده شده مطابق با استانداردهای مربوط (نظیر EN 1090-2) به‌منظور کیفیت و سختی سطوح برش بازرسی و تأیید شده باشد، لبه‌های بریده‌شده با برش حرارتی که دارای ناهمواری‌های قابل توجهی نیستند، اصلاح آن‌ها بدون تمهیدات خاصی پذیرفتنی است. در غیر این صورت، لبه‌های بریده‌شده‌ای که در عملیات جوشکاری ذوب نمی‌شوند، باید با برداشتن این ناهمواری‌ها، هموار و اصلاح گردند. ملاک نظر در اینجا دستگاه نظارت می‌باشد.

گوشه‌های داخلی و شکاف‌های بریده شده با فرایند برشکاری حرارتی (نظیر قسمت‌های بریده شده بال در اتصال مفصلی تیر به تیر)، باید با شعاع حداقل پنج میلی‌متر گرد شده باشند. پیش از انجام گالوانیزه کردن این نواحی، باید جهت مطابقت با ضوابط به‌طور ویژه بررسی شوند.

۷-۴-۳-۳- ستون‌ها و اعضای فشاری

ستون‌ها و اعضای فشاری که در انتها برای باربری به‌صورت تماس مستقیم استفاده نمی‌شوند، باید دارای دقت ساختی مطابق بخش ۷-۲-۲ باشند. ستون‌ها و اعضای فشاری که در انتها برای باربری با تماس مستقیم استفاده می‌شوند، باید دارای دقت ساختی مطابق بخش ۷-۲-۳ باشند.

سطوح تماس در ستون‌های با مقاطع دارای ابعاد بیش از یک متر که برای تماس مستقیم استفاده می‌شوند، باید با تمهیدات ویژه ساخته شوند تا پس از نصب، مقدار انحراف مجاز آن‌ها از محور قائم مطابق بخش‌های ۷-۹-۵ و ۷-۹-۸ باشد. ۹ و فاصله درز مجاز آن‌ها مطابق بخش ۷-۹-۵-۱۰ باشد.

۷-۴-۴- ماشین‌کاری

۷-۴-۴-۱- ضخامت قطعات ماشین‌کاری شده

ضخامت قطعاتی که در نقشه‌ها برای ماشین‌کاری مشخص شده، منظور حداقل ضخامت قطعه پس از پایان عملیات ماشین‌کاری است.

۷-۴-۵- پرداخت

۷-۴-۵-۱- برداشتن زوائد

لبه‌های بریده شده باید با برداشتن هرگونه ناهمواری، زائده، تراشه و نامنظمی، هموار گردد. همچنین محل سوراخ‌ها در صورت لزوم باید با برداشتن بیرون‌زدگی‌ها و زوائد پرداخت گردد.

۷-۴-۵-۲- پرداخت لبه‌ها

تمام لبه‌های تیز باید پرداخت و هموار گردند، اما زوایای ۹۰ درجه حاصل از برشکاری، نورد و ماشین‌کاری بدون هیچ‌گونه تمهیداتی قابل قبول است.

۷-۴-۶- سوراخ‌کاری

۷-۴-۶-۱- سوراخ‌ها

سوراخ‌های گرد برای وسایل اتصال (پیچ یا پین) باید توسط مته‌کاری، منگنه یا برش پلاσμα انجام شوند. کیفیت مراحل

سوراخ کاری باید به‌طور دوره‌ای مطابق با استانداردهای مربوط (نظیر استاندارد EN 1090-2) کنترل شوند. قطعاتی که با پیچ به هم متصل می‌شوند، در صورت امکان باید به یک‌دیگر خال‌جوش شده و با هم سوراخ کاری شوند.

۷-۴-۶-۲- تطابق

تمام سوراخ‌های وسایل اتصال باید از نظر مطابقت با یک‌دیگر به‌گونه‌ای باشند که به‌راحتی بتوان وسایل اتصال را از قطعات متصل شونده در راستای عمود بر سطح تماس عبور داد. استفاده از وسایل نصب و نگهداری موقت به‌شرط آنکه در سوراخ‌ها، اعوجاج و گشادشدگی ایجاد نکند، مجاز خواهد بود.

۷-۴-۶-۳- مته کاری هم‌زمان چندین قطعه

در صورتی که قطعات جداگانه به‌خوبی به هم محکم شده باشند، مته کاری هم‌زمان آن‌ها مجاز خواهد بود. این قطعات پس از مته کاری باید از هم جدا شده و تمام زوائد آن‌ها پرداخت شوند.

۷-۴-۶-۴- منگنه کاری با اندازه کامل

استفاده از روش منگنه کاری برای سوراخ‌های با اندازه کامل (سوراخ‌هایی که پس از سوراخ کاری به‌وسیله منگنه کاری گشاد نمی‌شوند)، به شرطی مجاز خواهد بود که صلاحیت و توانایی این روش سوراخ کاری براساس استاندارد ملی مربوط یا براساس استاندارد EN 1090-2 مورد تأیید دستگاه نظارت باشد و نیز در مشخصات فنی روش دیگری الزام نشده باشد. سوراخ کاری ورق‌ها و نیمرخ‌ها تا ضخامت ۱۵ میلی‌متر به کمک منگنه مجاز بوده، اما سوراخ کاری نهایی ورق‌ها و نیمرخ‌های با ضخامت بیش از ۱۵ میلی‌متر باید به کمک مته دوار انجام پذیرد. برای سوراخ‌های با قطر بزرگ‌تر می‌توان ابتدا سوراخی با قطر کوچک‌تر توسط منگنه (پانچ) ایجاد نمود، سپس مطابق الزامات بند ۷-۴-۶-۵ از طریق برق‌زدن، سوراخ را به قطر دلخواه رساند.

۷-۴-۶-۵- منگنه کاری و برق‌زدن

در محل‌هایی که مطابق مشخصات پروژه منگنه کاری با اندازه کامل مجاز نباشد، می‌توان از منگنه کاری با قطر حداقل دو میلی‌متر کمتر از قطر سوراخ استفاده کرد و هنگام نصب سوراخ را توسط برق‌^۱ گشاد نمود. در این حالت حداکثر قطر سه میلی‌متر بزرگ‌تر از قطر پیچ است و برق‌زنی^۲ نباید قطر سوراخ را بیش از پنج میلی‌متر افزایش دهد. استفاده از برش شعله برای گشاد کردن سوراخ‌ها مجاز نیست.

1- Reamer

1- Reaming

۷-۴-۶-۶- سوراخ‌های لوبیایی

انجام سوراخ‌های لوبیایی توسط یکی از روش‌های منگنه‌کاری، برشکاری حرارتی یا توسط مته‌کاری با دو سوراخ و برشکاری کامل، مجاز خواهد بود.

۷-۴-۷- سرهم‌بندی

قطعات متصل‌شونده باید به‌گونه‌ای محکم به یک‌دیگر کشیده شوند تا از دستیابی به الزامات موردنظر در خصوص آماده بودن قطعه یا تماس مستقیم آن اطمینان حاصل شود (به بندهای ۷-۴-۳، ۷-۴-۵، ۷-۶-۱ و ۷-۶-۴ رجوع شود). استفاده از وسایل نصب در سوراخ‌ها برای تنظیم و ردیف کردن آن‌ها به شرط آنکه سبب ایجاد خرابی و اعوجاج در سوراخ نشوند، مجاز است.

۷-۴-۸- خم‌کاری و صاف کردن قطعات

ساخت، خم کردن یا صاف کردن قطعات باید توسط یکی از روش‌های زیر انجام شود:

- الف- استفاده از ابزار مکانیکی، با رعایت به حداقل رساندن اعوجاج و فرورفتگی و تغییرات در مقطع عضو؛
- ب- استفاده از گرم کردن موضعی، با اطمینان از کنترل دقیق دما و عدم تجاوز آن از ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد؛
- پ- استفاده از روش خم‌کاری القائی^۱. این روش زمانی مجاز خواهد بود که در مراحل انجام کار، دما با دقت کنترل شود و توانایی حفظ خصوصیات مصالح نهایی از پیش ارزیابی شده باشد.
- ت- در خم‌کاری یا صاف کردن قطعات، باید محدودیت‌های زیر رعایت شود:
 - ت ۱- برای فولادهای تا رده S355 خم‌کاری در دمای بین ۲۵۰ تا ۳۸۰ درجه سانتی‌گراد مجاز نمی‌باشد.
 - ت ۲- برای فولاد رده S420 فرایند شکل‌دهی حرارتی باید در محدوده ۹۶۰ تا ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد صورت گیرد و سپس در دمای هوا خنک شود.
 - ث- در شکل‌دهی به‌صورت سرد توسط غلتک، فشار یا تا کردن باید مطابق الزامات استاندارد ملی نورد سرد مربوط و در نبود آن مطابق استاندارد ISO 6930 باشد.
 - ج- شکل‌دهی حرارتی برای فولادهای استاندارد EN 10025-4 مجاز نمی‌باشد.
 - چ- چکش‌کاری مجاز نمی‌باشد.

پس از خم کردن یا صاف کردن قطعات، تمام جوش‌های موجود در ناحیه خم‌شده یا صاف شده باید به‌صورت چشمی مورد بازرسی قرار گیرد. جوش‌هایی که نیاز به آزمایش‌های غیر مخرب (NDT) دارند باید پس از عملیات خم کردن یا صاف کردن، آزمایش شوند.

۷-۴-۹- الزامات ویژه برای ساخت قطعات سیستم باربر لرزه‌ای

- در ناحیه محافظت شده، ساخت و نصب قطعات و اعضای باربر لرزه‌ای، باید توأم با رعایت الزامات زیر باشد:
- الف- در محدوده ناحیه محافظت شده تمام سوراخ‌ها، خال جوش‌ها، قطعات الحاقی برای نصب، شیار زدن با هوا برش، برشکاری‌های حرارتی مشخص نشده در نقشه، باید براساس نظرات دستگاه نظارت ترمیم گردد.
 - ب- نصب گل‌میخ‌های برشی در روی بال تیر در ناحیه محافظت شده مجاز نیست مگر آنکه در مشخصات پروژه شرایط دیگری تعیین شده باشد.
 - پ- جوش‌های نقطه‌ای برای نصب ورق عرشه مجاز می‌باشد.
 - ت- استفاده از قطعات متصل‌کننده عرشه فولادی که در بال تیر نفوذ می‌کنند، در ناحیه محافظت شده مجاز نبوده، مگر برای میخ‌کوبی بادی که حداکثر تا قطر ۴٫۵ میلی‌متر مجاز خواهد بود.
 - ث- پیچکاری، جوشکاری، استفاده از پیچ خودکار یا استفاده از میخ‌کوب‌های بادی به منظور اتصال نبشی‌کشی لبه پیرامونی، نماهای خارجی، نصب تیغه‌های جداکننده، بازشوها، لوله‌های تأسیساتی یا هرگونه قطعه دیگر در ناحیه محافظت شده مجاز نمی‌باشد.

۷-۴-۱۰- بازرسی

به منظور اطمینان از مناسب بودن روند تولید، با نظر دستگاه نظارت، به تعداد کافی از قطعات باید از نظر دقت ابعادی ساخت و مطابقت با نقشه‌ها بررسی شوند.

۷-۴-۱۱- انبار کردن

قطعات ساخته شده‌ای که پیش از حمل یا نصب انبار می‌شوند، باید با فاصله مناسب از روی سطح زمین و در صورت امکان به‌طور منظم روی هم انباشته شوند، به‌طوری‌که از جمع شدن آب جلوگیری گردد. همچنین قطعات باید به‌گونه‌ای روی هم انبار و علامت‌گذاری شوند که از شناسایی آن‌ها در هر موقعیت و زمان اطمینان حاصل شود.

۷-۵- جوشکاری

۷-۵-۱- صلاحیت جوشکار

۷-۵-۱-۱- آزمایش

جوشکارها و عوامل جوشکاری باید مطابق ضوابط ضابطه شماره ۲۲۸ سازمان برنامه و بودجه مورد ارزیابی قرار گیرند.

۷-۵-۱-۲- گواهینامه صلاحیت

آزمایش جوشکارها و عوامل جوشکاری باید براساس مشاهدات عملی بوده و گواهینامه‌های صلاحیت آن‌ها باید توسط دستگاه نظارت جوش تأیید شوند.

۷-۵-۲- فرایندهای جوشکاری

۷-۵-۲-۱- تهیه دستورالعمل جوشکاری^۱ (WPS)

دستورالعمل‌های جوشکاری، مجموعه‌ای مکتوب از دستورالعمل‌هایی است که با رعایت آن‌ها جوش سالم اجرا می‌شود. هدف از تنظیم دستورالعمل‌های جوشکاری (WPS) مشخص و تعیین نمودن جزئیات کامل روند جوشکاری است. در این دستورالعمل حدود و دامنه تغییر هر یک از متغیرهای جوشکاری نظیر نوع الکترود، مشخصات فلز پایه، روش جوشکاری، شرایط آماده‌سازی درز اتصال، وضعیت یا وضعیت‌های مجاز جوشکاری، شرایط پیش‌گرمایش و پس‌گرمایش، استفاده یا حذف پشت‌بند یا عملیات گوجینگ^۲ و مواردی مشابه، باید مشخص باشد تا از این طریق اولاً از اعمال سلیقه در روند جوشکاری جلوگیری شود، ثانیاً با استفاده از این دستورالعمل بتوان جوشی سالم و مطلوب اجرا کرد.

دستورالعمل‌های جوشکاری (WPS) تهیه‌شده باید مطابق با الزامات ضابطه شماره ۲۲۸ سازمان برنامه و بودجه باشد. به‌طور عمومی تمام دستورالعمل‌های جوشکاری باید توسط انجام آزمایش تأیید شوند.

در صورتی که نیاز به جوشکاری روی فولاد با لایه پوشش‌دار محافظتی باشد، دستورالعمل جوشکاری باید برای بیشترین ضخامت پوشش محافظتی تهیه گردد.

۷-۵-۲-۲- تأیید دستورالعمل جوشکاری و آزمایش‌های مربوط

گزارش ارزیابی دستورالعمل‌های جوشکاری^۳ (WPQ) تهیه‌شده باید مطابق با ضابطه شماره ۲۲۸ سازمان برنامه و بودجه بوده و توسط دستگاه نظارت جوش بررسی و ارزیابی شود.

۱- Welding procedure specification (WPS)

۲- gouging

۳- Welding Performance Qualification (WPQ)

۷-۵-۲-۳- استفاده از دستورالعمل‌های جوشکاری

دستورالعمل‌های کار باید از گزارش‌های ارزیابی دستورالعمل‌های جوشکاری (WPQ) تهیه شوند. این دستورالعمل‌ها برای جوشکار باید قبل از شروع کار و براساس نوع درز جوش و نوع مصالح آماده گردند. دستورالعمل‌های کار باید در دسترس کارفرما، مشاور و دستگاه نظارت پروژه باشد.

۷-۵-۳- سرهم‌بندی

۷-۵-۳-۱- آماده‌سازی

آماده‌سازی درزهای جوش از نظر دقت در ابعاد مورد نیاز در دستورالعمل جوشکاری و مطابق با روش جوشکاری استفاده شده، باید به‌گونه‌ای باشند تا از دستیابی به کیفیت‌های لازم مطابق جداول ۷-۶ و ۷-۷ اطمینان حاصل شود.

۷-۵-۳-۲- گیره‌ها و ثابت‌کننده‌های قطعات

جوشکاری قطعات جمع شده در گیره‌ها و ثابت‌کننده‌ها می‌تواند در همان محل تکمیل شود یا پس از خال جوشکاری از گیره و ثابت‌کننده‌ها باز شده و سپس تکمیل گردد.

۷-۵-۳-۳- خال جوش کاری

استفاده از خال جوش با شرایط زیر بلامانع است:

الف- خال جوشی که در نواحی جوشکاری استفاده شده و با سنگ‌زنی یا شیارزنی کاملاً برداشته می‌شود به‌طوری‌که در جوشکاری تأثیری نداشته باشد.

ب- خال جوشی که توسط جوشکار باصلاحیت (مطابق بند ۷-۵-۲) و مطابق با دستورالعمل جوشکاری انجام شود و طول جوش آن حداقل چهار برابر ضخامت قطعه ضخیم‌تر و حداقل ۵۰ میلی‌متر باشد که به‌عنوان جوش‌های اصلی استفاده شود.

پ- خال جوشی که توسط جوشکار باصلاحیت (مطابق بند ۷-۵-۲) و مطابق با دستورالعمل جوشکاری انجام شود و بتوان نشان داد که خال جوش در طی عبورهای بعدی جوشکاری به‌طور کامل ذوب می‌شود.

۷-۵-۳-۴- کنترل اعوجاج

ترتیب و توالی جوشکاری یک درز یا ترتیب درزها باید به‌گونه‌ای باشد تا اعوجاج و تاب‌خوردگی در قطعات به کمترین مقدار برسد.

۷-۵-۳-۵- ساخت یا نصب قطعات الحاقی

جوشکاری قطعات الحاقی که به‌منظور ساخت یا نصب مورد نیاز هستند باید مطابق الزامات جوش‌های دائم انجام شود. در صورتی‌که الزام به برداشتن قطعات الحاقی باشد، این کار باید توسط برش با شعله یا شیارزنی و در محلی به فاصله حداقل

سه میلی‌متر از سطح قطعه اصلی انجام شود. مصالح باقیمانده باید با سنگ‌زنی برداشته و صاف‌شده و ناحیه موردنظر مورد بازرسی چشمی قرار گیرد. در صورتی که ضخامت قطعه اصلی بیش از ۲۰ میلی‌متر باشد این بازرسی باید با آزمایش مواد نافذ^۱ (PT) یا ذرات مغناطیسی^۲ (MT) انجام پذیرد. ضوابط پذیرش در جدول ۷-۱۸ شرح داده شده است. برداشتن قطعات الحاقی توسط چکش و ضربه مجاز نمی‌باشد.

۷-۵-۳-۶- ورق گوشواره (ناودانی انتهای جوش)

در صورتی که مطابق ضابطه شماره ۲۲۸ سازمان برنامه و بودجه و این ضابطه در انتهای جوش‌های شیاری تعبیه ورق گوشواره‌ای (که به آن ناودانی انتهای جوش نیز گفته می‌شود) ضروری باشد، الزامات جوشکاری و نحوه برداشتن آن‌ها باید به دقت رعایت گردد. مصالح ورق‌های گوشواره‌ای (ناودانی‌های انتهای جوش‌های شیاری) باید فولادی بوده، ولی نیازی نیست از همان رده مقاومتی قطعات اصلی باشند. این قطعات اضافی باید طوری قرار گیرند تا پیوستگی عملیات فراهم گردد. پس از تکمیل عملیات جوشکاری این قطعات باید برداشته شده و سطح انتهای جوش به صورت صاف پرداخت گردد. پس از برداشتن ورق‌های گوشواره‌ای، حداکثر ناهمواری سطح باید برابر ۱۳ میکرومتر باشد. برای برداشتن ورق‌های گوشواره‌ای الزامات عنوان شده در جدول ۷-۱۷ باید رعایت گردد.

جدول ۷-۱۷- الزامات برداشتن ورق‌های گوشواره‌ای (ناودانی‌های انتهای جوش‌ها)

قاب‌های خمشی	
اتصال بال فوقانی تیر به بال ستون	برداشته شود
اتصال بال تحتانی تیر به بال ستون	برداشته شود
ورق‌های پیوستگی	در گوشه اتصال بال به جان ستون (نزدیک ناحیه k) استفاده نشود. در صورت استفاده، باقی بماند
	نزدیک لبه بال ستون برداشته شود
قاب‌های مهاربندی شده همگرا	
کلیه اتصالات مهاربندها	باقی بماند
قاب‌های مهاربندی شده واگرا	
اتصال تیر پیوند به ستون	برداشته شود
اتصال مهاربندها به تیر پیوند	برداشته شود
سایر اتصالات مهاربندها	باقی بماند
وصله ستون‌ها (در قاب‌های خمشی و مهاربندی شده همگرا و واگرا)	
وصله ستون‌ها	برداشته شود

1- Penetrant Test (PT)

2- Magnetized Test (MT)

۷-۵-۴- آزمایش جوش‌ها

۷-۵-۴-۱- آزمایش‌های متعارف جوش

به شرط آنکه ثابت شود دستورالعمل‌های جوشکاری مورد استفاده هنگامی که در تولید مطابق بند ۷-۲-۲-۱-۵ به کار می‌روند توانایی ارائه کیفیت موردنظر را دارند، کنترل مداوم کیفیت جوش باید توسط آزمایش‌های متعارف ادامه پیدا کند. آزمایش‌های متعارف شامل ۱۰۰ درصد بازرسی چشمی مطابق بند ۷-۵-۴-۳ به همراه آزمایش غیرمخرب (NDT) تکمیلی بوده که باید توسط دستگاه بازرسی جوش انجام شود تا در خصوص اینکه دستورالعمل‌های جوشکاری، جوشکارها و عوامل جوشکاری کار را مطابق با کیفیت مورد نظر تولید می‌کنند، اطمینان حاصل شود. معیار کیفیت لازم کار مطابق ضابطه شماره ۲۲۸ سازمان برنامه و بودجه است. آزمایش‌های غیرمخرب (NDT) تکمیلی باید مطابق با جدول ۷-۱۸ باشند.

جهت انجام آزمایش‌های متعارف غیرمخرب (NDT) تکمیلی، درزهای جوش باید طوری انتخاب شوند که نمونه‌های انتخاب شده موارد زیر را تا حد امکان پوشش دهند:

الف- نوع درز جوش (جوش گوشه با یک پاس، جوش گوشه با چند پاس، جوش نفوذ کامل، ...)

ب- نوع مصالح فولادی اجزای اتصال

پ- تجهیزات جوشکاری

ت- کار جوشکاران

ث- محل‌های انجام کار در کارخانه یا در محل پروژه

در صورتی که آزمایش‌های متعارف یا آزمایش‌های ویژه پروژه (موضوع بند ۷-۵-۴-۷) در داخل یک قطعه طول تحت بازرسی (طولی از یک قطعه بزرگ که مورد بازرسی قرار می‌گیرد)، نواقصی را مشخص نمایند به طوری که از ضوابط پذیرش موجود در جدول ۷-۱۸ فراتر رود، این نواقص باید اصلاح شده یا در صورت لزوم به مسئول هماهنگی جوشکاری ارجاع داده شود. در این حالت آزمایش‌های غیرمخرب تکمیلی بیشتری در هر طرف قطعه طول تحت بازرسی که دارای نقص است، باید انجام شود. در صورت مشاهده نواقص بیشتر، علت آن باید با بررسی‌های لازم مشخص گردد. نتایج جدیدترین آزمایش‌های متعارف انجام شده در بازه زمانی سه ماه برای هر دستورالعمل جوشکاری (WPS) باید همواره در دسترس کارفرما و دستگاه نظارت باشد.

جدول ۷-۱۸- آزمایش‌های غیر مخرب (NDT)

نوع آزمایش	نوع جوش مورد آزمایش
بازرسی چشمی ^۱ (VI)	۱- صد درصد کلیه جوش‌ها بازرسی چشمی
آزمایش فراصوت ^۲ (UT)*	۲- صد درصد جوش‌ها لب‌به‌لب عرضی بال‌های کششی، اعضای کششی خرپاها، یک ششم عمق جان تیرها در مجاورت بال کششی و جوش شیاری ورق روسری و زیرسری به ستون در اتصال صلب تیر به ستون
آزمایش فراصوت (UT)*	۳- ده درصد جوش‌های لب‌به‌لب طولی بال‌های کششی و اعضای کششی خرپاها
آزمایش فراصوت (UT)*	۴- بیست درصد جوش‌های لب‌به‌لب عرضی و طولی در بال‌های فشاری و اعضای فشاری خرپاها و ستون‌ها
آزمایش فراصوت (UT)*	۵- بیست درصد جوش‌های لب‌به‌لب عرضی جان تیرها که شامل بند ۲ فوق نبوده و جوش‌های لب‌به‌لب طولی جان تیرها
آزمایش ذرات مغناطیسی ^۳ (MT) یا مواد نافذ ^۴ (PT)**	۶- ده درصد جوش گوشه بال به جان و سخت‌کننده‌ها
آزمایش ذرات مغناطیسی (MT) یا مواد نافذ (PT)**	۷- صد درصد جوش‌های گوشه اتصالات مهاربندی‌ها و اتصالات تیر به ستون

* از آزمایش پرتونگاری^۵ (RT) نیز می‌توان استفاده نمود. ** مطابق بند ۷-۵-۵

۷-۵-۴-۲- آزمایش‌های اولیه جوش

آزمایش‌های اولیه جوش شامل ۱۰۰ درصد بازرسی چشمی مطابق بند ۷-۵-۴-۳ به همراه آزمایش غیرمخرب (NDT) تکمیلی بوده که باید توسط دستگاه بازرسی جوش انجام شود، تا اطمینان حاصل گردد در صورتی که از دستورالعمل‌های جوشکاری (WPS) در تولید استفاده می‌شوند، توانایی دستیابی به کیفیت موردنظر را خواهند داشت.

آزمایش‌های اولیه جوش شامل روند ارزیابی WPS و آزمایش‌های مقدماتی مربوط به آن برای شروع تولید بر مبنای پنج درز جوش ساخته شده مطابق با شرایط تولید با یک WPS جدید و با در نظر گرفتن موارد زیر است:

الف- در صورتی که WPS در بعضی مواقع در محل پروژه استفاده شود، باید حداقل دو درز جوش مطابق شرایط محل پروژه باشد. در صورتی که WPS برای استفاده در محل پروژه باشد، باید هر پنج درز جوش مطابق شرایط محل پروژه تهیه شود.

ب- تعداد آزمایش‌ها دو برابر تعداد آزمایش‌های مندرج در جدول ۷-۱۸ باشد.

ت- حداقل طول درز آزمایش شده باید ۹۰۰ میلی‌متر باشد.

ث- روش‌های استفاده شده برای آزمایش‌های غیرمخرب تکمیلی مطابق جدول ۷-۱۸ باشد.

ج- تمام جوش‌ها باید ضوابط پذیرش ضابطه شماره ۲۲۸ سازمان برنامه و بودجه را تأمین نماید.

در صورتی که نتایج آزمایش‌ها با کیفیت مورد نظر مطابقت نداشته باشد، علت آن باید پس از بررسی مشخص شده و پس از اصلاح، مجدداً پنج درز جوش جدید آزمایش گردد. نتایج آزمایش‌های اولیه تمام دستورالعمل‌های جوشکاری باید جزو مدارک پروژه نگهداری شده و در هر زمان در صورت نیاز در اختیار کارفرما و دستگاه نظارت قرار گیرد.

1- Visual Test (VT)

2- Ultrasonic Test (UT)

3- Magnetized Test (MT)

4- Penetrant Test (PT)

5- Radiography Test (RT)

۷-۵-۴-۳- بازرسی چشمی جوش

برای مشخص کردن حفظ کیفیت تولید، ۱۰۰ درصد تمام جوش‌ها باید پیش از جوشکاری، در حین جوشکاری و پس از تکمیل جوشکاری بازرسی شوند. تمام جوشکاری‌هایی که در اثر فرایند تولید از دسترس خارج شوند باید پیش از خارج شدن از دسترس بازرسی شوند. بازرسی چشمی جوش‌ها می‌تواند توسط بازرس جوش یا جوشکار دارای صلاحیتی که برای بازرسی چشمی انواع جوش‌های مرتبط آموزش دیده، انجام شود. استفاده از جوشکار دارای صلاحیت برای این منظور به سبب آنکه جوشکار در هنگام جوشکاری از نظر چشمی، جوش‌های انجام‌شده را کنترل و رفع عیب می‌نماید، می‌تواند برای کاستن از عیوب جوش در آزمایش‌های بعدی مناسب باشد.

بازرسی نهایی چشمی اضافی باید توسط یک بازرس جوش دارای صلاحیت در آزمایش غیرمخرب (NDT) انجام شود. بازرسی‌های جوش باید مطابق دستورالعمل زیر انجام شود:

الف- پیش از جوشکاری یا در بین پاس‌های جوش

- بررسی صحت آماده‌سازی برای جوشکاری مطابق دستورالعمل جوشکاری، مواردی که باید بررسی شوند شامل آماده‌سازی زاویه‌ها، فاصله ریشه جوش، شرایط سطحی ریشه جوش، عمق آماده شده برای جوش‌های با نفوذ نسبی و حداقل فاصله آزاد برای جوش‌های گوشه است.
- بررسی عدم وجود آلودگی به گریس، روغن، گردوخاک، رنگ و رطوبت در سطحی که باید جوش شود.
- بررسی خال‌جوش‌هایی که باید برداشته شوند و مناسب بودن آن‌ها مطابق الزامات بند ۷-۵-۳-۳.
- برای جوش‌های با تعداد پاس‌های زیاد، بررسی مناسب بودن شرایط سطحی فلز جوش باقی‌مانده قبلی. همچنین بررسی مجدد موارد ۱ و ۲، ناحیه جوشکاری باید بدون سرباره و عاری از پاشیدگی جوش بوده و برای فلز جوش پاس‌های بعدی مناسب باشد.
- بررسی مطابقت موقعیت نسبی قطعاتی که باید متصل شوند، با نقشه‌های ساخت و رضایت‌بخش بودن تنظیمات درز های جوش.
- بررسی شکل و عمق شیارزنی از پشت جهت اطمینان از برداشتن کامل طرف دوم تا رسیدن به فلز جوش در عمق. همچنین بررسی نیاز به آزمایش‌های غیرمخرب مکمل در این مرحله پیش از ادامه کار.

ب- پس از هر پاس جوش یا در پایان جوشکاری

- بررسی بعد جوش. اندازه‌گیری تخمینی چشمی توسط جوشکار مجاز بوده ولی تأیید نهایی باید براساس اندازه‌گیری دقیق صورت گیرد.
- بررسی کامل بودن جوش‌ها. مواردی که باید بررسی شوند شامل اندازه طول جوش‌ها، تکمیل بخش انتهای جوش ها در انتهای کار، تکمیل برگشت جوش‌ها است.
- بررسی تمام چاله‌های پر شده و عاری بودن از هرگونه ترک چاله‌ای
- بررسی تمام بریدگی‌های لبه جوش و اندازه‌گیری آن‌ها برای ارزیابی در صورت وجود

- بررسی خط جوش از نظر یکنواختی و صافی ظاهر، شکل مقطع جوش‌های گوشه از نظر تحدب یا صاف بودن سطح رویه و عدم وجود گود افتادگی و شیار پرنشده در جوش‌های لب‌به‌لب
- بررسی عدم وجود ترک در جوش و نیز تخلخل‌های قابل توجه موجود در آن
- بررسی عدم وجود بیرون زدگی و لوچه
- بررسی عدم وجود آسیب مکانیکی ناشی از ابزارآلات مورد استفاده (نظیر قلم، چکش و ...)

پ- عملیات اصلاحی

- عملیات اصلاحی برای معایب جزئی که قابلیت اصلاح سریع داشته باشند را می‌توان با اجازه بازرس جوش به کار برد. معایب مهم‌تر باید به‌عنوان عدم پذیرش گزارش شود و اقدامات اصلاحی پیش از آزمایش‌های غیرمخرب (NDT) صورت گیرد.

۷-۵-۴-۴- حد اقل زمان مورد نیاز برای شروع آزمایش‌های غیرمخرب (NDT)

در صورتی که خطر احتمال تأخیر در ترک خوردن در جوش باشد، پیش از بازرسی و کنترل نهایی قطعات جوش شده، ممکن است نیاز به سپری شدن مدت زمانی پس از اتمام جوشکاری قطعات باشد. حد اقل زمان مورد نیاز پس از جوشکاری برای شروع آزمایش‌های غیرمخرب (NDT) در جدول ۷-۱۹ ارائه شده است. مدت زمان سپری شده از اتمام جوشکاری‌ها باید در گزارش‌های بازرسی ثبت شود.

در صورتی که پیمانکار براساس گزارش‌ها بتواند نشان دهد که خطر تأخیر در ترک خوردن ناشی از هیدروژن وجود ندارد، با صلاح دید مسئول هماهنگی جوشکاری می‌تواند از رعایت این زمان صرف نظر نماید یا مقدار آن را کاهش دهد. در هر صورت، با رعایت یا عدم رعایت حد اقل زمان برای شروع آزمایش‌های غیرمخرب (NDT)، تمام ترک‌های تشخیص داده شده باید مطابق با الزامات جدول ۷-۱۹ اصلاح شوند.

جدول ۷-۱۹- زمان مورد نیاز برای شروع آزمایش NDT

اندازه جوش (mm) ^{۱,۲}	(Q) حرارت ورودی ناشی از جوشکاری (kJ/mm) ^۲	زمان مورد نیاز برای آزمایش (ساعت)
$s \leq 6$ یا a	همه مقادیر	زمان مورد نیاز برای خنک شدن
$6 < a \leq 12$	≤ 3	۸
	> 3	۱۶
$a \leq 12$ یا s	≤ 3	۱۶
	> 3	۴۰

(۱) ضخامت گلوگاه مؤثر برای جوش گوشه، s اندازه نفوذ جوش در جوش‌های با نفوذ نسبی یا ضخامت قطعه برای جوش‌های با نفوذ کامل.

(۲) در صورتی که فاصله ریشه دو جوش گوشه مجزا کمتر از ۱۰ میلی‌متر باشد مقدار (a) برابر با مجموع ضخامت گلوگاه مؤثر دو جوش گوشه مجزا خواهد بود.

(۳) مقدار حرارت ورودی ناشی از جوشکاری (Q) برحسب kJ/mm از رابطه زیر قابل محاسبه است: $Q = k \frac{VI}{v} \times 10^{-3}$

در این رابطه V ولتاژ جوشکاری برحسب ولت، I شدت جریان جوشکاری برحسب آمپر، v سرعت جوشکاری برحسب mm/s و مقدار k ضریب اصلاح بوده که برای جوشکاری با جوش زیرپودری برابر ۱، برای جوشکاری تیگ^۱ (جوشکاری با الکترو تگ ستنی و گاز محافظ) و پلازما برابر ۰/۶ و برای بقیه روش‌های جوشکاری برابر ۰/۸ است.

۷-۵-۴-۵- آزمایش تشخیص عیوب سطحی

در صورتی که نیاز به بازرسی سطحی جوش باشد، باید از آزمایش ذرات مغناطیسی (MT) استفاده شود. انجام این آزمایش باید پیش از انجام بازرسی چشمی نهایی توسط بازرس جوش دارای صلاحیت برای آزمایش غیر مخرب (NDT) صورت گیرد. در صورتی که انجام آزمایش ذرات مغناطیسی (MT) عملی نباشد، انجام آزمایش مواد نافذ (PT) مجاز خواهد بود. برای تشخیص عیوب سطحی نهایی باید حداقل زمان لازم برای شروع آزمایش مطابق بند ۷-۵-۴-۴ رعایت شود. عواملی که آزمایش‌های نهایی مربوط به بازرسی‌های سطحی جوش را انجام می‌دهند، باید دارای گواهی صلاحیت در این زمینه از مراجع معتبر باشند.

۷-۵-۴-۶- آزمایش فراصوت

در صورتی که نیاز به آزمایش فراصوت (UT) باشد، انجام این آزمایش باید مطابق با الزامات ضابطه شماره ۲۲۸ سازمان برنامه و بودجه باشد، مگر آنکه دستگاه بازرسی جوش الزامات دیگری را تعیین کند. انجام آزمایش فراصوت برای درزهای جوش شده باید با رعایت حداقل زمان برای شروع آزمایش‌های غیر مخرب (NDT) مطابق بند ۷-۵-۴-۴ باشد. علاوه بر بازرسی جوش‌ها، آزمایش فراصوتی را نیز می‌توان برای بررسی قطعاتی که مستعد پدیده تورق یا پارگی لایه ای در ضخامت هستند به کار گرفت. عواملی که آزمایش‌های نهایی فراصوت را انجام می‌دهند، باید دارای گواهی صلاحیت در این زمینه از مراجع معتبر باشند.

۷-۵-۴-۷- آزمایش‌های ویژه

اگر در مشخصات پروژه، درزهای جوش خاصی برای انجام آزمایش‌های غیرمخرب (NDT) تکمیلی با مقدار و روش آزمایش خاصی تعیین شده باشند، این آزمایش‌ها باید به آزمایش‌های متعارف اضافه شوند.

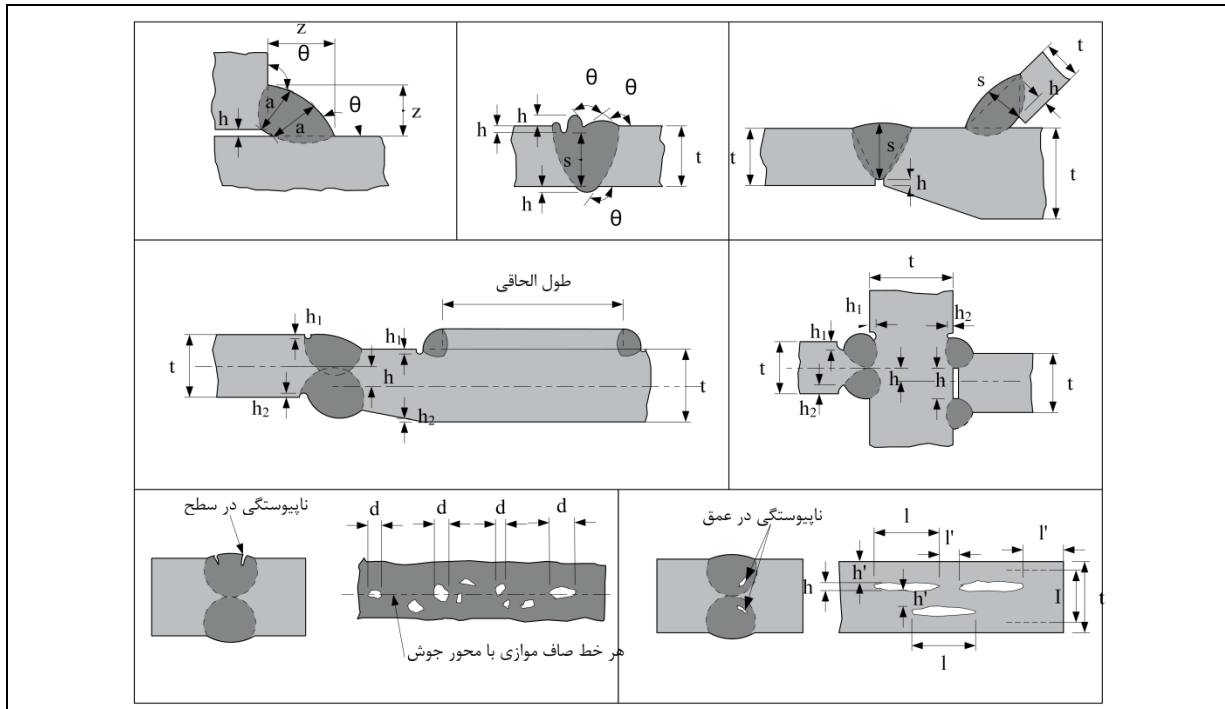
۷-۵-۴-۸- معیار پذیرش جوش

معیارهای پذیرش جوش و اقدامات اصلاحی در جدول ۷-۲۰ ارائه شده است.

جدول ۷-۲۰- ضوابط پذیرش برای تولیدات جوش شده در سازه‌ها فولادی

هندسه جوش	پارامتر	نوع جوش	جهت جوش	شماره شکل مرجع	ضوابط پذیرش (مقادیر به mm)	اقدامات اصلاحی در صورت عدم پذیرش
هندسه جوش	موقعیت	همه			$D \pm 10$	ترمیم
	نوع جوش	همه			D	ارجاع به مسئول هماهنگ کننده جوش
	طول جوش	همه			$D + 10$	ترمیم
عیب در مقطع جوش	ضخامت گلوئی مؤثر	همه		(i),(ii),(iii)	$a, s \geq D$ (Av. ۵۰) $a, s \leq D + 5$	ترمیم و پرداخت سطحی
	بعد جوش	جوش گوشه		(i)	$z \geq D$ (Av. ۵۰)	ترمیم
	زاویه پنجه جوش	همه	طولی یا عرضی	(i),(ii)	$\theta \geq 90^\circ$	ترمیم و پرداخت سطحی
	گرده جوش	لب به لب	طولی یا عرضی	(ii)	$h \leq 6$	ترمیم و پرداخت سطحی
	عدم تکمیل یا ریشه مقعر	لب به لب	عرضی	(ii)	$h \leq 0$ (Av. 50)	ترمیم
		لب به لب	طولی	(ii)	$h \leq 0/1t$	
	غیر هم راستایی	لب به لب		(iv)	$h \leq D + 0/2t$	ارجاع به مسئول هماهنگ کننده جوش
		همه	صلیبی عرضی	(v)	$h \leq D + 0/4t$	
			طولی	(iv),(v)	$h \leq D + 0/4t$	
ناپوستگی در سطح جوش	بریدگی لبه جوش	همه	عرضی (درز غیر روی هم)	(iv),(v)	$h_1 + h_2 \leq 0/05t$ $l =$ بدون محدودیت	ترمیم
		گوشه	عرضی (درز روی هم)	(iv)	$h_1 + h_2 \leq 0/03t$ $l = 10$	
		همه	طولی	(iv),(v)	$h_1 + h_2 \leq 0/1t$	
	نقص در نفوذ ریشه	لب به لب	عرضی	(iii)	$h \leq D + 0/05t$ (Av. 50)	ترمیم
		یک طرفه	طولی	(iii)	$h \leq D + 0/1t$ (Av. 50)	
	تخلخل	همه	عرضی	(vi)	$d \leq 2$ $\Sigma d \leq 10$	ترمیم
			طولی	(vi)	$d \leq 2$ $\Sigma d \leq 10$	
	نقص در ذوب	همه			مجاز نیست	ترمیم
	ترک	همه			مجاز نیست	ترمیم
ناپوستگی در عمق جوش	نقص در ذوب و نفوذ ریشه، نفوذ گل	لب به لب	عرضی، کل عمق	(vii)	$h \leq 3$ و $\Sigma l \leq 1/5t$	ترمیم
			عرضی، ناحیه I	(vii)	$l \leq 10$ و $l' \geq 10$	
			عرضی، ناحیه O	(vii)	$\Sigma l \leq 1/5t$ و $h' \geq 6$	
			طولی	(vii)	$h \leq 3$ و $\Sigma l \leq 3t$	
	فاصله ریشه	گوشه، نفوذ کامل		(i),(v)	$h \leq 2$ (Av. 100) $h \leq 3$	ترمیم
	ترک	همه			مجاز نیست	ترمیم
	گسیختگی لایه‌ای	همه	عرضی، طولی		مجاز نیست	ارجاع به مسئول هماهنگ کننده جوش

ادامه جدول ۷-۲۰- ضوابط پذیرش برای تولیدات جوش‌شده در سازه‌های فولادی



- ۱- T برابر حداقل ضخامت قطعات جوش شده و حداکثر ۲۰ میلی‌متر است. محدوده مجاز h در صورتی که این ضخامت برای تعیین آن استفاده شود برابر حداکثر مقدار به دست آمده براساس آن و ۳/۰ میلی‌متر است.
- ۲- منظور از ترمیم، انجام جوشکاری اصلاحی براساس تمام الزامات است.
- ۳- منظور از جهت جوش طولی و عرضی، به ترتیب خط جوش موازی راستای نیرو و عمود بر راستای آن است.
- ۴- برای جوش با جهت طولی و بدون نقص در ذوب در جهت عرضی، پذیرش گسیختگی لایه‌ای بلامانع است.
- ۵- علائم و کلمات کوتاه‌شده:

D مطابق نقشه

(Av.100) (Av.50) مقادیر متوسط‌گیری شده در طول ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر

Σ مجموع مقادیر در طول ۱۰۰ میلی‌متر

l طول ناپیوستگی در جوش در راستای محور جوش

l' فاصله آزاد بین انتهای طول‌های ناپیوستگی جوش در راستای محور طولی جوش. در صورتی که ناپیوستگی موردپذیرش قرار نگیرد، طول ناپیوستگی برابر طول کلی آن‌ها به اضافه فاصله آزاد بین آن‌ها خواهد بود.

h ارتفاع ناپیوستگی جوش در جهت ضخامت

h' فاصله آزاد بین ناپیوستگی‌های جوش در جهت ضخامت

O ناحیه خارجی قطعه به عمق ۶ میلی‌متر از روی سطح ضخامت

I ناحیه داخلی بین نواحی خارجی

۷-۵-۵- جوشکاری گل‌میخ

۷-۵-۵-۱- روش جوشکاری

جوشکاری گل‌میخ‌ها باید توسط یک دستورالعمل جوشکاری (WPS) تأیید شده با آزمایش‌های مراحل جوشکاری مطابق با ضابطه شماره ۲۲۸ سازمان برنامه و بودجه و توسط جوشکار دارای گواهی صلاحیت از مراجع معتبر انجام شود.

در صورتی که در مشخصات فنی مجاز باشد، دستورالعمل جوشکاری (WPS) استفاده شده می‌تواند بر مبنای تجربه جوشکاری‌های انجام شده قبلی به همراه توصیه‌های لازم برای مصالح، مراحل و تجهیزات باشد.

۷-۵-۵-۲- جوشکاری آزمایشی پیش از عملیات اجرای گل‌میخ‌ها

پیش از شروع عملیات جوشکاری گل‌میخ‌ها، ابتدا باید یک قطعه آزمایشی انتخاب و حداقل ۱۰ عدد گل‌میخ بر روی آن جوش شود. سپس ۱۰۰ درصد جوش‌ها مورد بازرسی چشمی قرار گرفته و پنج عدد از گل‌میخ‌ها به اندازه ۶۰ درجه خم شوند. پس از آن، اگر در جوش‌ها و نیز در این پنج عدد گل‌میخ خم شده، عیوبی ظاهر نشود، عملیات جوشکاری گل‌میخ‌ها می‌تواند شروع شود. در صورتی که در مشخصات پروژه تعیین شده باشد، باید آزمایش‌های اضافی نیز برای حداقل دو گل‌میخ انجام شود.

۷-۵-۵-۳- آزمایش در هنگام اجرای گل‌میخ‌ها

در هنگام جوشکاری قطعات در ابتدای هر نوبت کاری، هر جوشکار باید آزمایش تولید ساده را انجام دهد. برای این منظور از سه گل‌میخ اول تولید شده استفاده می‌شود، هر گل‌میخ باید مطابق با الزامات بند ۷-۵-۵-۴ تحت بازرسی چشمی، آزمایش حلقه و آزمایش خمش قرار گیرد. در صورتی که گل‌میخی مورد پذیرش قرار نگرفت، باید دو گل‌میخ دیگر جوش شوند و مورد آزمایش قرار گیرند. در صورتی که یکی از این دو گل‌میخ جدید الزامات را جوابگو نباشد، اقدامات اصلاحی باید انجام و آزمایش‌ها مجدداً تکرار شوند.

۷-۵-۵-۴- بررسی و آزمایش‌ها

تمام گل‌میخ‌ها باید تحت بازرسی چشمی و آزمایش حلقه قرار گیرند. برای آزمایش حلقه، باید به محل اتصال پای گل‌میخ با چکش فلزی ضربه زده و کیفیت حلقه جوش مشاهده گردد. در صورتی که در محل اتصال پای گل‌میخ یک حلقه کامل ۳۶۰ درجه تشکیل نشده باشد یا ضربه با چکش، جوشکاری تمیزی را نشان ندهد، گل‌میخ باید جایگزین گردد. پس از رضایت‌بخش بودن بازرسی چشمی و آزمایش حلقه، باید آزمایش خمش در محل‌هایی که توسط مسئول هماهنگی جوش مشخص می‌گردد، انجام شود. حداقل پنج درصد (حداقل دو عدد) در هر تیر باید برای خم کردن سر گل‌میخ به سمت انتهای نزدیک‌تر تیر آزمایش شود. آزمایش خمش باید توسط یک لوله فولادی قرار داده شده روی گل‌میخ و خم کردن سر آن‌ها انجام شود، به طوری که جابه‌جایی افقی سر گل‌میخ حداقل یک‌چهارم طول آن باشد (زاویه آن تقریباً ۱۵ درجه باشد). اضافه بر آن تمام گل‌میخ‌های چسبیده به کنار گل‌میخ‌های معیوب نیز باید به خمش آزمایش شوند. جوش گل‌میخ نباید هیچ نشانه‌ای از ترک‌خوردگی یا ذوب ناقص را نشان دهد. گل‌میخ‌هایی که تحت آزمایش خمش قرار می‌گیرند، نباید صاف شوند.

۷-۵-۵-۵- گل‌میخ‌های معیوب

گل‌میخ‌های با جوش معیوب یا گل‌میخ‌های رد شده در آزمایش خمش، باید با یک گل‌میخ جدید در مجاور همان محل گل‌میخ معیوب جایگزین شوند. تمام گل‌میخ‌های جایگزین‌شده با گل‌میخ‌های معیوب باید تحت آزمایش حلقه و آزمایش خمش مطابق با الزامات بند ۷-۵-۵-۴ قرار گیرند و آزمایش خمش این گل‌میخ‌ها به سمت گل‌میخ معیوب باشد. در صورتی که بر اساس مشخصات پروژه محدودیت‌های فاصله گل‌میخ‌ها رعایت شود، برای جایگزین نمودن گل‌میخ جدید نیازی به برداشتن گل‌میخ معیوب نخواهد بود، در غیر این صورت گل‌میخ معیوب باید برداشته شده و محل اتصال با سنگ زنی صاف شود و سپس گل‌میخ جدید نصب گردد.

۷-۶- پیچکاری

۷-۶-۱- سرهم‌بندی پیچ‌های شش‌گوش معمولی (بدون قابلیت پیش‌تنیدگی)

۷-۶-۱-۱- ترکیب پیچ و مهره برای پیچکاری معمولی

ترکیب مصالح پیچ‌ها و مصالح مهره‌ها باید مطابق استاندارد مربوط باشد. هر پیچی که هنگام محکم کردن خراب شود باید با یک پیچ سالم جایگزین گردد.

۷-۶-۱-۲- استفاده از پیچ با رده مصالح متفاوت

در صورتی که در یک سازه، طراحی اتصالات بر عهده پیمانکار کارهای فولادی باشد، استفاده از پیچ‌های با رده مصالح متفاوت ولی با قطر یکسان مجاز نیست، مگر آنکه توجیه فنی و اقتصادی آن توسط دستگاه نظارت تأیید شده باشد.

۷-۶-۱-۳- طول پیچ

طول پیچ باید به گونه‌ای در نظر گرفته شود تا پس از محکم شدن آن، حداقل یک رزوه به اضافه اولین رزوه بین مهره و ساق رزوه نشده پیچ، فضای خالص باشد. همچنین طول بیرون زده آن حداقل یک گام رزوه کامل از انتهای مهره تا انتهای پیچ باشد.

۷-۶-۱-۴- واشرها

عموماً برای سوراخ‌های استاندارد در این نوع پیچ‌ها، به استفاده از واشر نیازی نیست. برای اتصال ورق‌های نازک با ضخامت چهار میلی‌متر و کمتر به سبب دستیابی به ظرفیت کامل اتکایی باید از واشر در هر دو سمت مهره و کلگی پیچ استفاده شود. در صورتی که یکی از قطعات اتصال ورق نازک نباشد رعایت استفاده از واشر ضروری نیست. در صورتی که قطعات متصل‌شونده دارای پوشش حفاظتی بوده و امکان آسیب به آن هنگام نصب در اثر چرخش کلگی پیچ یا مهره وجود داشته باشد، در هر سمتی که احتمال چرخش است، باید از واشر استفاده شود.

در سوراخ‌های غیراستاندارد، سوراخ‌های بزرگ‌شده و سوراخ‌های لوبیایی در زیر کلگی پیچ یا مهره، باید از واشر پر قدرت استفاده شود. استفاده از ورق فولادی با ضخامت بیش از چهار میلی‌متر به‌عنوان واشر (واشر ورق) در این مورد بلامانع است. استفاده از یک تا سه لایه واشر ورق با مجموع ضخامت ۱۲ میلی‌متر به‌منظور تنظیم ساقه رزوه نشده پیچ در سرهم‌بندی قطعات بلامانع است. برای پیچ‌های با قابلیت پیش‌تنیدگی که با روش کنترل گشتاور محکم می‌شوند، در صورتی که به‌عنوان پیچ‌های معمولی به‌کار روند، در زیر قطعه‌ای که پیچیده می‌شود باید از یک عدد واشر استفاده شود؛ استفاده از واشر اضافی در سمت دیگر بلامانع است.

۷-۶-۱-۵- واشرهای گوه‌ای

در صورتی که کلگی پیچ یا مهره در تماس با سطحی قرار دارد که شیب آن نسبت به صفحه عمود بر محور پیچ دارای زاویه بیش از سه درجه است، باید از واشر گوه‌ای پرمقاومت جهت دستیابی به اتکای موردنظر استفاده شود.

۷-۶-۱-۶- مهره‌های گالوانیزه‌شده

در صورتی که در مشخصات پروژه، گالوانیزه کردن مهره‌ها الزام شده باشد، مهره‌های خام باید قبل از رزوه شدن، گالوانیزه شوند. گالوانیزه کردن مهره‌های رزوه شده و رزوه مجدد آن‌ها مجاز نمی‌باشد.

۷-۶-۱-۷- محکم کردن پیچ‌ها

پیچ‌ها را هنگام سرهم‌بندی می‌توان هم با استفاده از ابزار برقی و بادی و هم با استفاده از آچار و با دست محکم (سفت) کرد.

۷-۶-۱-۸- جفت شدن پیچ‌ها در سوراخ

برای مونتاژ نهایی قطعات، بعد از آنکه قطعات علامت‌گذاری شده بر روی خرک چیده شدند و ورق‌های اتصال بر روی سوراخ‌ها قرار گرفتند، قطعات به‌وسیله سنبه‌هایی که از سوراخ‌های اتصال می‌گذرند، در جای خود ثابت می‌شوند. حداکثر عدم انطباق برابر ۱۵ درصد تعداد سوراخ‌های یک اتصال است.

در صورتی که سوراخ پیچ بعد از سرهم‌بندی توسط مته‌زنی یا برق‌زنی انجام شود، اندازه سوراخ باید براساس استاندارد اندازه پیچ به‌گونه‌ای باشد که پیچ در سوراخ جفت شده و لقی آن در سوراخ بیش از ۰/۳ میلی‌متر نباشد. حداکثر قطر برق‌وی مصرفی سه میلی‌متر بزرگ‌تر از قطر پیچ است و برق‌زنی نباید قطر سوراخ را بیش از پنج میلی‌متر افزایش دهد. استفاده از برش شعله برای گشاد کردن سوراخ‌ها مجاز نمی‌باشد.

۷-۶-۲- آماده‌سازی و تنظیم برای سرهم‌بندی پیچ‌های معمولی (بدون قابلیت پیش‌تنیدگی)

۷-۶-۲-۱- تنظیم کردن

قطعات اتصال باید به‌طور محکمی به هم کشیده شود. در صورتی که بعد از محکم نمودن قطعات، درز غیرقابل قبولی مشاهده گردد، اتصال باید جدا شده و از ورق پرکننده با ضخامت بیش از دو میلی‌متر برای پر کردن آن استفاده گردد. درز غیرقابل قبول درزهایی هستند که پس از محکم شدن ضخامت درز باقیمانده بیش از دو میلی‌متر باشد. در اتصال قطعات با ضخامت بیش از هشت میلی‌متر، به شرط آنکه در نواحی مرکزی اتصال تماس اتکایی برقرار شده باشد، درز باقیمانده در کناره‌ها تا چهار میلی‌متر مجاز خواهد بود، مگر آنکه در مشخصات فنی الزامات دیگری تعیین شده باشد. در صورتی که ضخامت ورق‌های استفاده‌شده به‌عنوان ورق پرکننده متفاوت باشند، بیش‌تر از سه ورق پرکننده نباید برای اتصال به کار رود.

۷-۶-۲-۲- برزو زدن

در صورتی که کشیدن قطعات و تنظیم سوراخ‌ها در هنگام کار بدون تاب‌خوردگی امکان‌پذیر نباشد، برای اصلاح و یکسان کردن سوراخ‌ها می‌توان از برزو زدن استفاده نمود، مشروط بر آنکه استفاده از سوراخ یا پیچ با قطر بزرگ‌تر از نظر طرح اتصال مجاز باشد.

۷-۶-۳- سرهم‌بندی پیچ‌های با قابلیت پیش‌تنیدگی

۷-۶-۳-۱- ترکیب پیچ و مهره

ترکیب مصالح پیچ‌ها، مهره‌ها و واشرها باید مطابق استاندارد مربوط باشد.

۷-۶-۳-۲- طول پیچ

طول پیچ باید به‌گونه‌ای در نظر گرفته شود تا پس از محکم شدن آن، حداقل طول چهار رزوه کامل به اضافه اولین رزوه بین مهره تحت نیرو و ساق رزوه نشده پیچ، فضای خالص باشد و همچنین طول بیرون زده آن حداقل یک گام رزوه کامل از انتهای مهره تا انتهای پیچ باشد. استفاده از واشر اضافی برای تنظیم این طول‌ها بلامانع است.

۷-۶-۳-۳- واشرها

در پیچ‌های با تنش نهایی بزرگ‌تر از ۹۰۰ مگاپاسکال باید هم‌زیر کلگی پیچ و هم‌زیر مهره از واشر استفاده شود. در بقیه پیچ‌ها، استفاده از یک واشر زیر قطعه‌ای که چرخانده می‌شود ضروری است. در صورت استفاده از واشر تخت پخ‌دار، سمت پخ‌دار واشر باید به سمت مهره یا کلگی پیچ باشد. در صورتی که قطعات متصل شونده دارای پوشش حفاظتی بوده و

امکان آسیب به آن هنگام نصب در اثر چرخش کلگی پیچ یا مهره وجود داشته باشد، در هر سمتی که احتمال چرخش است باید از واشر استفاده شود.

۷-۶-۳-۴- واشرهای گوه‌ای

در صورتی که کلگی پیچ یا مهره در تماس با سطحی قرار دارد که شیب آن نسبت به صفحه عمود بر محور پیچ دارای زاویه بیش از سه درجه است، باید از واشر گوه‌ای پرمقاومت جهت دستیابی به اتکای موردنظر استفاده شود. مشخصات این واشرها باید مطابق یکی از استانداردهای معتبر مورد تأیید دستگاه نظارت باشد.

۷-۶-۳-۵- محکم کردن پیچ‌ها

استفاده از پیچ‌های با قابلیت پیش‌تنیدگی برای اتصال باید مطابق یکی از استانداردهای ISO یا ASTM باشد. بر این اساس محکم کردن پیچ‌ها می‌تواند با استفاده از ابزار دارای سنجش گشتاور، روش ترکیبی، پیچ‌های کشش-کنترل^۱ یا واشرهای نمایانگر پیش‌تنیدگی^۲ انجام شود.

محکم کردن پیچ‌های هر اتصال در دو مرحله انجام می‌گیرد. ابتدا تمام پیچ‌ها تا حد سفتی اولیه مطابق با الزامات بند ۶-۶-۴-۱ محکم می‌شوند، سپس با چرخاندن اضافی، پیچ‌ها پیش‌تنیده می‌گردند. سفتی اولیه در پیچ به حالتی گفته می‌شود که یک کارگر ماهر با آچار معمولی بدون آنکه با وزن خود به دسته آچار نیرو وارد کند، با به‌کارگیری آخرین توان خود نتواند پیچ را از آن محکم‌تر نماید.

در روش ترکیبی، برای پیش‌تنیده کردن پیچ باید مهره آن را به اندازه مقداری که در جدول ۷-۲۱ مشخص شده، اضافه چرخاند. برای اطمینان به دستیابی پیش‌تنیدگی موردنظر باید از آچار مدرج یا ابزارهای مخصوص مطابق بند ۷-۶-۳-۶ استفاده شود.

جدول ۷-۲۱- چرخش اضافی برای پیش‌تنیده کردن پیچ در روش ترکیبی

طول پیچ (L)	دو سطح اتصال عمود بر محور پیچ	یک سطح اتصال عمود بر محور پیچ و سطح دیگر شیب‌دار با شیب کمتر از ۱:۲۰	دو سطح اتصال شیب‌دار با شیب کمتر از ۱:۲۰ نسبت به محور پیچ
$D \leq L$	یک‌سوم دور	نیم دور	دوسوم دور
$D < L \leq 1.5D$	نیم دور	دوسوم دور	پنج‌ششم دور
$1.5D < L \leq 2D$	دوسوم دور	پنج‌ششم دور	یک دور

(*) D قطر پیچ است.

1- Tension Control Bolts (TC Bolts)

2- Direct Tension Indicator (DTI)

۷-۶-۳-۶- بررسی در هنگام و پس از محکم کردن پیچ‌ها

بررسی پیچ‌ها از نظر دستیابی به پیش‌تنیدگی موردنظر، باید مطابق با الزامات استانداردهای مربوط (نظیر استاندارد ISO 1090-2) باشد. اگر توسط مشاور، الزامات دیگری هم تعیین شده باشند، رعایت آن‌ها نیز ضروری است.

۷-۶-۳-۷- دور انداختن پیچ

در صورتی که پس از تکمیل عملیات پیش‌تنیدگی، در یک پیچ شل‌شدگی ایجاد شود یا پیچ توسط عوامل کار باز شود، پیچ، مهره و واشر مربوط باید دور انداخته شده و به جای آن‌ها از پیچ، مهره و واشر دیگری استفاده شود. باز کردن و استفاده مجدد از پیچ‌های پیش‌تنیده شده به همراه مهره و واشرهای مربوط، مجاز نمی‌باشد.

۷-۶-۴- آماده‌سازی و تنظیم برای سرهم‌بندی پیچ‌های با قابلیت پیش‌تنیدگی

۷-۶-۴-۱- تنظیم کردن

قطعاتی که به هم متصل می‌شوند باید به‌طور محکمی به هم کشیده شده و تمام پیچ‌ها تا اندازه سفتی اولیه محکم گردند. سپس اتصال به‌طور کامل بررسی گردد و در صورتی که در آن درزی بیش از یک میلی‌متر مشاهده شود، کل اتصال باید باز شده و پیش از شروع محکم کردن مجدد، یک ورق پرکننده با ضخامت بیش از دو میلی‌متر در آن جایگذاری گردد. در صورتی که در یک اتصال از ورق‌های پرکننده با ضخامت متفاوت استفاده شود، بیش از سه ورق پرکننده نباید برای اتصال به کار رود. در هر یک از مراحل محکم کردن پیچ‌ها، باید از ناحیه‌ای که اتصال صلب‌تر است و صفحات تغییرشکل کمتری می‌دهند، شروع به بستن پیچ‌ها نمود (در وصله‌ها، ناحیه صلب اتصال، ناحیه وسط ورق اتصال است). بعد از محکم کردن پیچ‌های وسط با حفظ تقارن و ترتیب، پیچ‌های کناری تا لبه آزاد ورق اتصال محکم می‌شوند. سپس می‌توان به پیچ‌های وسط پرداخت تا اطمینان حاصل شود سفت کردن پیچ‌های کناری، آن‌ها را از حالت کاملاً سفت خارج نکرده است. در تمام مراحل محکم کردن پیچ‌ها باید دقت کرد از چرخیدن پیچ و مهره با هم جلوگیری گردد.

۷-۶-۴-۲- برزو زدن

در صورتی که کشیدن قطعات و تنظیم سوراخ‌ها در هنگام کار بدون تاب خوردگی امکان‌پذیر نباشد، برای اصلاح و یکسان کردن سوراخ‌ها می‌توان از برزو زدن استفاده نمود، مشروط بر آنکه استفاده از سوراخ یا پیچ با قطر بزرگ‌تر از نظر طرح اتصال مجاز باشد. در این حالت توانایی انتقال نیرو در اتصال باید توسط مشاور نشان داده شود.

۷-۷- دقت در ساخت

۷-۷-۱- کلیات

تغییرات مجاز در ساخت قطعات فولادی به دو بخش رواداری‌های حساس و رواداری‌های عملکردی دسته‌بندی می‌شوند. اگر در رواداری‌های مشخص شده در این بخش در جلوی رواداری مجاز^۱ از حرف E استفاده شده باشد، منظور رواداری حساس بوده و قطعات باید مطابق با الزامات مشخص شده در این بخش توسط پیمانکار با دقت مضاعف به کار گرفته و گواهی شود. در صورتی که در جلوی رواداری‌های این بخش از علامت E استفاده نشده باشد، منظور رواداری مجاز عملکردی است و رعایت آن‌ها توسط پیمانکار الزامی است.

تغییرات مجاز ارائه شده، شامل تغییر شکل‌های ارتجاعی ایجاد شده در اثر وزن قطعات نیستند. اندازه‌گیری این تغییرات باید با رعایت تمام پیش‌خیزها یا تنظیمات اولیه باشد.

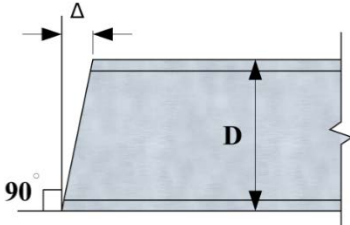
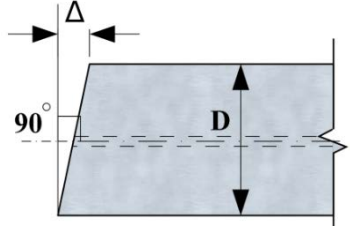
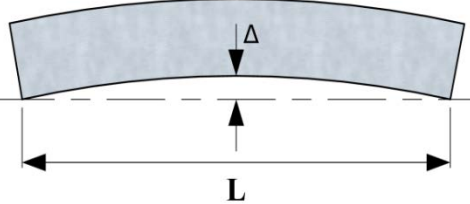
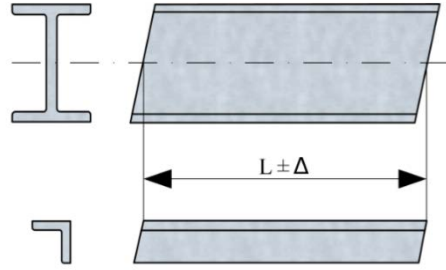
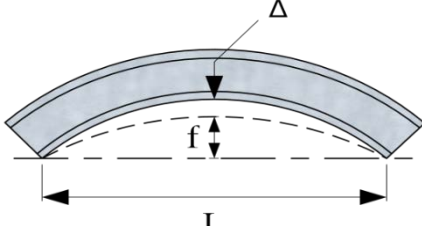
روش‌ها و ابزارآلات استفاده شده برای اندازه‌گیری‌ها باید بر حسب مورد مطابق استانداردهای مربوط (نظیر استاندارد ISO 7976) باشد.

اجزای تولیدی که برای ساخت قطعات سازه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند باید با رعایت استانداردهای تولیدی مربوط به کار روند. در صورتی که رواداری‌های مجاز اجزای استفاده شده در ساخت در دسترس باشد، علاوه بر رواداری‌های ارائه شده در این بخش، رواداری‌های تولیدکننده هم باید رعایت گردد.

اندازه‌گیری‌های ابعادی در قطعات همواره باید انجام شود. محل و توالی اندازه‌گیری‌ها باید براساس برنامه بررسی تولید کارخانه مشخص شود. تمام رواداری‌ها باید پس از تکمیل ساخت قطعه، بررسی گردند.

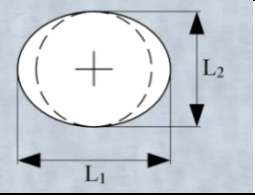
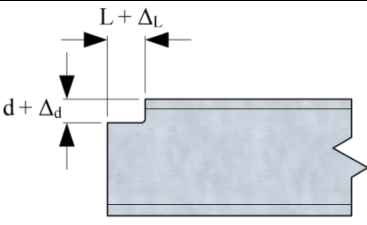
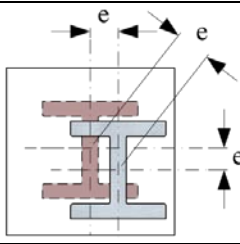
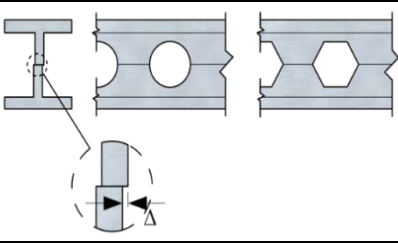
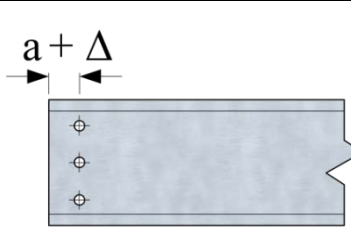
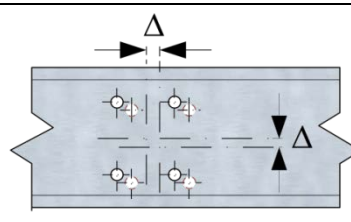
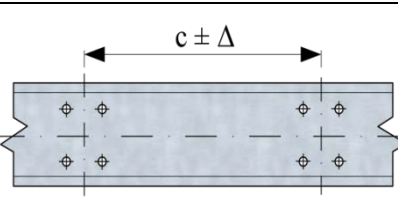
1- Allowable Tolerance

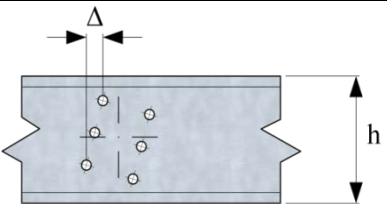
۷-۷-۲- رواداری‌های مجاز برای قطعات نوردشده پس از ساخت

شکل	الزام	نوع رواداری
	$\Delta = D/100$	گونیا بودن انتهای قطعاتی که برای اتکا نیستند پلان یا نمای انتهای قطعه:
	$\Delta = D/1000$	گونیا بودن انتهای قطعاتی که برای اتکا هستند انتهای قطعاتی که برای تماس در راستای محور آماده شده‌اند. پلان یا نمای انتهای قطعه:
	$\Delta = L/750$	مستقیم بودن در دو محور
	Δ برابر دو میلی‌متر برای تمام اعضا و یک میلی‌متر برای اعضای دارای تماس کامل اتکایی در انتها.	طول طول پس از برش (L)، براساس محور مرکزی مقطع یا برای نبش‌ها از گوشه نبشی اندازه‌گیری می‌شود.
	$\Delta = \max (L/500 \text{ و } 6 \text{ mm})$	انحنا یا پیش‌خیز انحراف مجاز (Δ) از انحنای در نظر گرفته شده طرح یا پیش‌خیز (f) در وسط طول (L) ناحیه انحنا نسبت به حالت افقی:

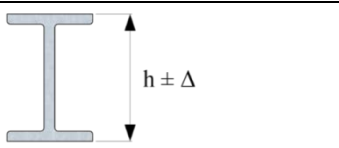
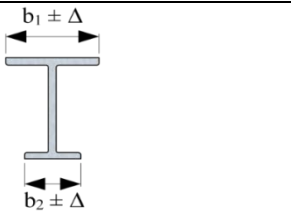
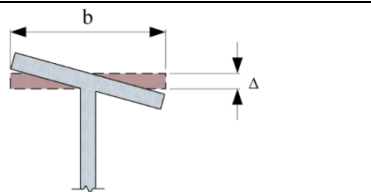
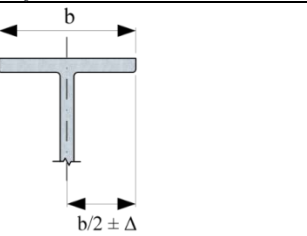
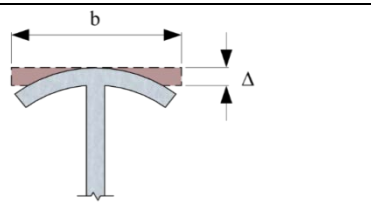
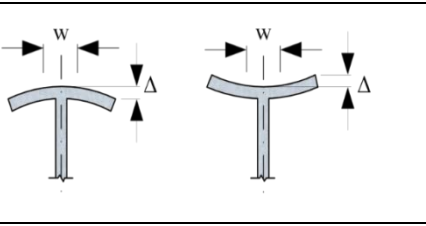
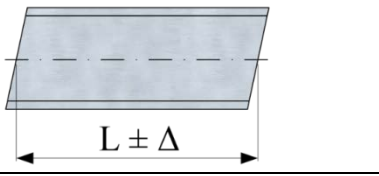
۷-۷-۳- رواداری‌های مجاز برای اجزاء در قطعات ساخته‌شده

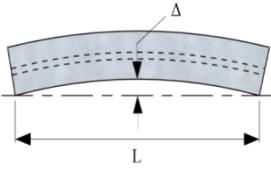
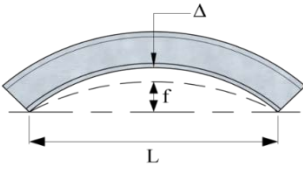
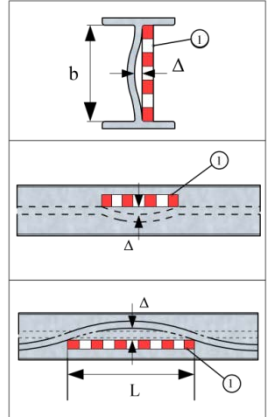
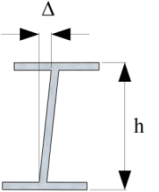
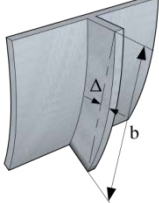
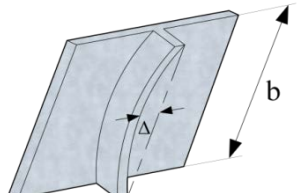
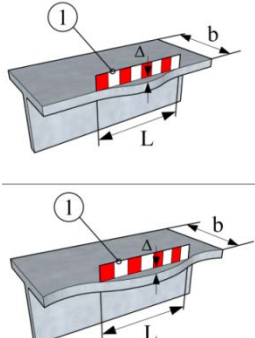
نوع رواداری	الزام	شکل
موقعیت ورق‌های الحاقی (E) به‌طور کلی، انحراف مجاز (Δ) نسبت به موقعیت در نظر گرفته‌شده در طرح بر روی قطعه اصلی: در صورتی که تغییر در موقعیت این قطعات برای مسیر انتقال بار تأثیر چندانی نداشته باشد (نظیر سخت‌کننده‌های غیر اتکایی):	$\Delta = 3 \text{ mm}$ $\Delta = 5 \text{ mm}$	
موقعیت ورق‌های سخت‌کننده (E) غیر هم‌راستائی (Δ) بین یک جفت سخت‌کننده اتکائی متصل به جان با ضخامت t_w :	$\Delta = t_w/2$ برای حالت‌های عمومی و $\Delta = t_w/3$ در محل تکیه‌گاه‌ها.	
امتداد ورق‌های الحاقی زاویه انحراف Δ نسبت به راستای اصلی موردنظر	$\Delta = 1^\circ$ یا شیب ۱ به ۶۰	
موقعیت سوراخ‌ها (E) انحراف (Δ) از موقعیت اصلی برای یک سوراخ از یک مجموعه سوراخ:	$\Delta = 2 \text{ mm}$	
سوراخ‌های منگنه شده اعوجاج به‌وجود آمده در اثر منگنه کاری نباید بیش از مقدار Δ باشد:	$\Delta = \max(D/10, 1 \text{ mm})$	
لبه‌های بریده شده ورق‌ها یا نبشی‌ها انحراف (Δ) از گونیا بودن لبه ورق:	$\Delta = t/10 \leq 3 \text{ mm}$	

	$\Delta = L_1 - L_2 = 1 \text{ mm}$	بیضی شدگی سوراخ‌ها
	$\Delta = 0 \text{ mm}$ تا $\Delta = 2 \text{ mm}$ برای طول L و عمق d	شکاف لبه تیر
	$\Delta = 5 \text{ mm}$	کفستون‌ها مقدار خروج از مرکزیت نسبت به موقعیت اصلی (e) در هر امتداد:
	غیر هم‌راستائی تیغه جان در راستای ضخامت: $\Delta = 2 \text{ mm}$ غیر هم‌راستائی تیغه جان با هم‌پوشانی: $\Delta = \max (D/200 \text{ \& } 2 \text{ mm})$	تیرهای لانه‌زنبوری تمام تیرهای زنبوری نوردشده یا ساخته‌شده از ورق با قطر اسمی سوراخ معادل D:
	$\Delta = 0 \text{ mm}$ تا $\Delta = 2 \text{ mm}$	موقعیت سوراخ‌ها نسبت به لبه (E) انحراف (Δ) در فاصله a بین یک سوراخ و لبه بریده‌شده قطعه در یک اتصال:
	$\Delta = 2 \text{ mm}$	موقعیت مجموعه سوراخ (E) انحراف (Δ) یک مجموعه سوراخ نسبت به موقعیت اصلی در هر راستا:
	$\Delta = 5 \text{ mm}$ برای حالت‌های عمومی و $\Delta = 2 \text{ mm}$ برای حالتی که یک قطعه واحد توسط دو یا چند مجموعه سوراخ به قطعه واحد دیگر متصل شود.	فاصله بین مجموعه‌های سوراخ انحراف (Δ) در فاصله c بین مراکز مجموعه‌های سوراخ:

	چرخش مجموعه سوراخ اگر $\Delta = 2 \text{ mm}$ و $h \leq 1000 \text{ mm}$ اگر $\Delta = 4 \text{ mm}$ و $h > 1000 \text{ mm}$	
---	--	--

۷-۷-۴- رواداری‌های مجاز برای مقاطع I شکل ساخته‌شده از ورق

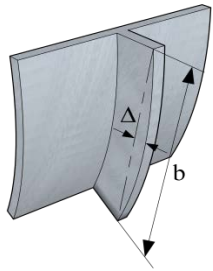
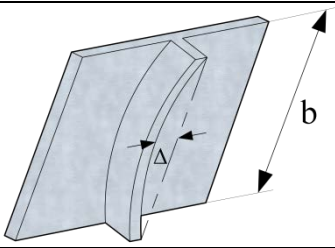
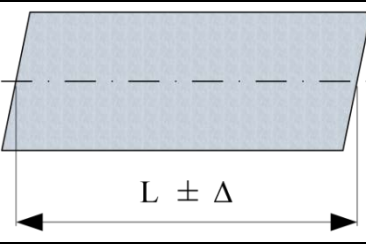
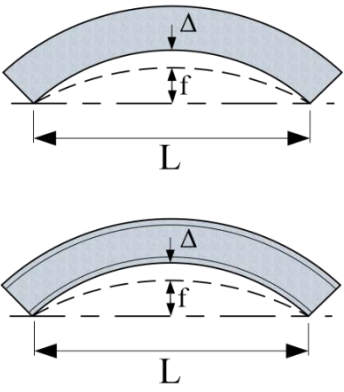
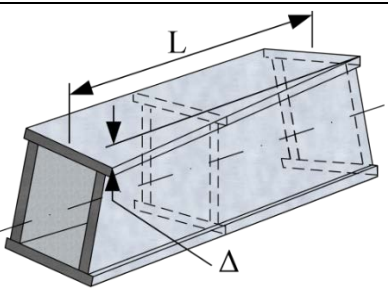
شکل	الزام	نوع رواداری
	اگر $\Delta = 3 \text{ mm}$ و $h \leq 900 \text{ mm}$ اگر $\Delta = h/300$ و $900 < h \leq 1800 \text{ mm}$ اگر $\Delta = 6 \text{ mm}$ و $h > 1800 \text{ mm}$	عمق مقطع (E) عمق از روی محور مرکزی:
	اگر $\Delta = 3 \text{ mm}$ و $b < 300 \text{ mm}$ اگر $\Delta = b/100$ و $b \geq 300 \text{ mm}$	پهنای بال (E) b_1 و b_2 پهنای بال هستند.
	برای حالت‌های عمومی: $\Delta = \max(b/100 \text{ و } 5 \text{ mm})$ برای مناطقی که در تماس اتکائی قرار دارد: $\Delta = b/400$	گونیا بودن مقطع خارج از گونیا بودن در پهنای بال b:
	برای حالت‌های عمومی: $\Delta = 5 \text{ mm}$ برای مناطقی که در تماس اتکائی قرار دارد: $\Delta = 3 \text{ mm}$	خروج از مرکزیت جان موقعیت جان از یک سمت بال با پهنای b نسبت به موقعیت اصلی:
	برای حالت‌های عمومی: $\Delta = \max(b/150 \text{ و } 3 \text{ mm})$ برای مناطقی که در تماس اتکائی قرار دارد: $\Delta = b/400$	بال‌ها انحنای بال با عرض b:
	$\Delta = 1 \text{ mm}$	بال بالایی تیرهای حمال جرقیل انحنای بال و در محل قرارگیری ریل در عرض w برابر عرض ریل به اضافه ۱۰ میلی‌متر در هر طرف آن برحسب موقعیت.
	$\Delta = 1 \text{ mm}$ در صورتی که فضای کافی در محل نصب موجود بوده و مشکلی در طرح ایجاد نشود، این مقدار تا ۵۰ میلی‌متر نیز مجاز است.	طول طول از اساس محور مرکزی مقطع:

	$\Delta = L/750$ در تیرهای تا طول ۲۲۵۰ میلی‌متر در صورت وجود مهار جانبی، حداقل سه میلی‌متر مجاز خواهد بود.	مستقیم بودن بال (E) صاف بودن قطعات هر بال:
	$\Delta = \max (L/500 \text{ \& } 6 \text{ mm})$	انحنای یا پیش‌خیز انحراف مجاز (Δ) از انحنای در نظر گرفته شده طرح یا پیش‌خیز (f) در وسط طول (L) ناحیه انحنای نسبت به حالت افقی:
	$b/t \leq 80$ اگر $\Delta = b/200$ $80 < b/t \leq 200$ اگر $\Delta = b^2/16000t$ $b/t > 200$ اگر $\Delta = b/80$	اعوجاج در جان (E) اعوجاج (Δ) در جان با ضخامت t و ارتفاع b یا اعوجاج نسبت به خط اندازه‌گیری (۱) با ارتفاع b:
	$\Delta = \max (L/300 \text{ \& } 3 \text{ mm})$	انحراف جانبی در مقطع (E) عدم گونیایی در اتصال بال به جان:
	$\Delta = \max (b/250 \text{ \& } 4 \text{ mm})$	سخت‌کننده‌های جان (E) عدم انحنای خارج از صفحه جان در سخت‌کننده‌ها و جان پس از جوشکاری:
	$\Delta = \max (b/500 \text{ \& } 4 \text{ mm})$	سخت‌کننده‌های جان (E) عدم انحنای در صفحه موازی با صفحه جان در سخت‌کننده‌ها پس از جوشکاری:
	$b/t \leq 20$ اگر $\Delta = b/150$ $b/t > 20$ اگر $\Delta = b^2/3000t$	اعوجاج یا انحنای موضعی در بال (E) اعوجاج یا انحنای موضعی (Δ) نسبت به خط اندازه‌گیری [۱] با طول L در بال با ضخامت t و عرض b:

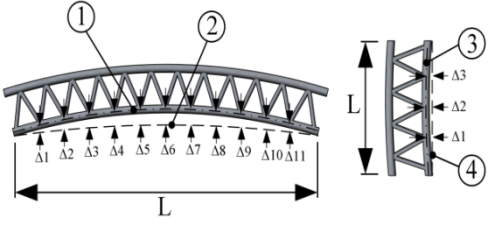
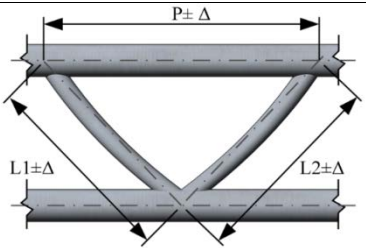
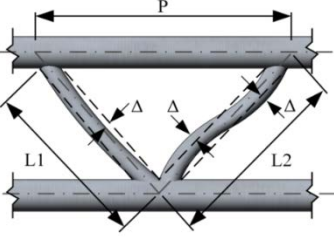
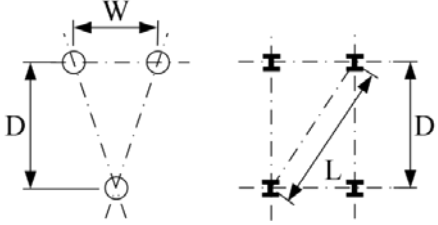
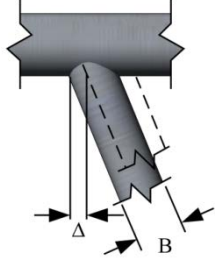
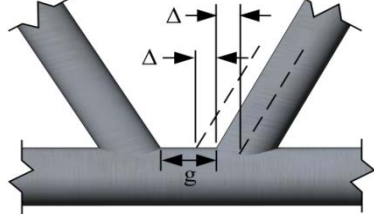
	$\Delta = \max (L/700 \text{ \& } 4 \text{ mm}) \leq 20 \text{ mm}$	پیچش محوری پیچش محوری کلی در قطعه با طول L:
--	---	--

۷-۷-۵- رواداری‌های مجاز برای مقاطع قوطی شکل ساخته شده از ورق

شکل	الزام	نوع رواداری
	$b \leq 300 \text{ mm}$ اگر $\Delta = -b/100, +3 \text{ mm}$ $300 < b \leq 900 \text{ mm}$ اگر $\Delta = 3 \text{ mm}$ $900 < b \leq 1800 \text{ mm}$ اگر $\Delta = b/300 \text{ mm}$ $b > 1800 \text{ mm}$ اگر $\Delta = 6 \text{ mm}$	پهنای ورق‌ها (E) انحراف (Δ) در ابعاد داخلی یا خارجی b_4 یا b_3 یا b_2 یا $b = b_1$
	گونیا بودن در محل سخت‌کننده‌های داخلی: $\Delta = D/300$ انحراف (Δ) در اختلاف قطرهای $(d_1 - d_2)$ برای کل طول قطعه: $\Delta = \max ((d_1 + d_2)/400 \text{ \& } 6 \text{ mm})$	گونیا بودن مقطع
	$\Delta = \max (a/250 \text{ \& } b/125)$	اعوجاج در ورق‌ها (E) در یک پانل با پهنای برابر b و فاصله بین سخت‌کننده‌های داخلی برابر a انحراف در راستای عمود به صفحه پانل نسبت به لبه های صاف در جهت عرضی یا نسبت به خط اندازه‌گیری [۱] با طول b در جهت طول:
	در حالت عمومی: $\Delta = \max (L/500 \text{ \& } 3 \text{ mm})$ برای ستون‌ها و مهاربندها: $\Delta = \max (L/750 \text{ \& } 3 \text{ mm})$	مستقیم بودن بال یا جان (E) صاف بودن قطعات هر بال یا جان.

	$\Delta = b/400$	سخت‌کننده‌ها (E) عدم انحنای خارج از صفحه در سخت‌کننده‌های به طول b پس از جوشکاری:
	$\Delta = b/400$	سخت‌کننده‌ها (E) عدم انحنای در داخل صفحه در سخت‌کننده‌های به طول b پس از جوشکاری:
	$\Delta = 3 \text{ mm}$ در صورتی که فضای کافی در محل نصب موجود بوده و مشکلی در طرح ایجاد نشود، این مقدار تا ۵۰ میلی‌متر نیز مجاز است.	طول طول از اساس محور مرکزی مقطع:
	$\Delta = \max (L/500 \text{ \& } 6 \text{ mm})$	انحنا یا پیش‌خیز انحراف مجاز (Δ) از انحنای در نظر گرفته شده طرح یا پیش‌خیز (f) در وسط طول (L) ناحیه انحنای نسبت به حالت افقی در هر جهت:
	$\Delta = \max (L/700 \text{ \& } 4 \text{ mm}) \leq 10 \text{ mm}$	پیش‌خیز محوری پیش‌خیز محوری کلی در قطعه با طول L:

۷-۶-۷- رواداری‌های مجاز برای خرپاهای مشبک

نوع رواداری	الزام	شکل
مستقیم بودن و پیش خیز (E) انحراف‌های مجاز (Δ_i) موقعیت‌های موجود [۱] یا [۳] در نقاط اتصال نسبت به خط مستقیم [۴] یا انحنای پیش خیز مورد نظر [۲] پس از جوشکاری و هنگامی که قطعه روی وجه خود قرار دارد:	$\Delta = \max (L/500 \text{ \& } 12 \text{ mm})$	
ابعاد اعضای شبکه انحراف (Δ) از فواصل بین محل تقاطع محور مرکزی اعضا ($\sum P + L$): اعضا (L_1, L_2) یا (Δ):	برای هر فاصله مجزا: $\Delta = 5 \text{ mm}$ برای مجموع فواصل اعضا در یک شبکه ($\sum P + L$): $\Delta = 10 \text{ mm}$	
مستقیم بودن اعضای فرعی مستقیم بودن اعضای فرعی نسبت طول عضو (L_1, L_2):	$\Delta = \max (L/750 \text{ \& } 6 \text{ mm})$	
ابعاد مقطع کلی سیستم انحراف (Δ) از فاصله s که در آن: W یا D یا L	اگر $\Delta = 3 \text{ mm}$ $s \leq 300 \text{ mm}$ اگر $\Delta = 5 \text{ mm}$ $300 < s < 1000 \text{ mm}$ اگر $\Delta = 10 \text{ mm}$ $s \geq 1000 \text{ mm}$	
محل تقاطع اعضای در اتصال خروج از مرکزیت اعضای فرعی با بعد B نسبت به موقعیت اصلی:	$\Delta = \pm (B/20 + 5 \text{ mm})$	
فاصله آزاد در اتصال فاصله آزاد (g) و انحراف (Δ) از آن بین اعضای فرعی با ضخامت‌های t_1 و t_2:	$g \geq t_1 + t_2$ و $\Delta = 5 \text{ mm}$	

۷-۸- نصب

۷-۸-۱- کلیات

۷-۸-۱-۱- دستورکار روش نصب

پیمانکار کارهای فولادی پیش از شروع اجرا باید دستورکار روش انجام نصب را براساس ضوابط ساخت (طراحی و مدیریت) تهیه نماید. تمام اطلاعات مربوط به طراحی، نصب و برنامه کاری که توسط مشاور فراهم شده، باید در این دستورکار در نظر گرفته شود.

دستورکار روش نصب باید حداقل دو هفته قبل از شروع نصب توسط پیمانکار جهت تأیید به دستگاه نظارت ارسال شود. مادامی که دستورکار روش نصب توسط دستگاه نظارت تأیید نشده، اجرای نصب نباید آغاز گردد. تأیید دستورکار نصب توسط دستگاه نظارت تنها به معنی ایمن بودن نصب از نظر طراحی است.

۷-۸-۱-۲- تعیین خط پروژه و محدوده کار توسط کارفرما

کارفرما باید خط پروژه یا محدوده انجام کار پروژه را به عنوان مرجع کار مشخص نموده و در طول اجرای پروژه از آن نگهداری نماید. رواداری‌ها موقعیت پی‌های تکیه‌گاهی برای کار باید نسبت به این خط مرجع پروژه اندازه‌گیری شود.

۷-۸-۱-۳- جابه‌جایی و انبارداری

قطعات باید به گونه‌ای ایمن، جابه‌جا و انبار شوند تا احتمال خطر خراشیدگی‌های سطحی و آسیب به حداقل برسد. همچنین انبار کردن و حمل قطعات فولادی در کارگاه ساخت و محل نصب باید به نحوی صورت گیرد که قطعات تغییرشکل نداده و تنش‌های بیش از حد در آن‌ها ایجاد نشود و هیچ آسیبی به آن‌ها وارد نیاید. قطعاتی که به هر علتی تغییرشکل داده یا آسیب دیده‌اند، باید قبل از به کارگیری به نحو رضایت‌بخشی با تأیید مهندس ناظر اصلاح و مرمت شوند. در صورتی که تعمیر قسمت‌های معیوب بدون کاهش مقاومت و تغییر مشخصات مندرج در طرح میسر نباشد، باید آن قسمت‌ها تعویض گردند. در انبار کردن قطعات فولادی، محافظت در مقابل رطوبت باید مورد توجه قرار گیرد. در انبار کردن قطعات، باید زیر قطعات سکوها مناسبی قرار داد تا قطعه با زمین فاصله داشته باشد. تعداد و فاصله سکوها باید به نحوی انتخاب گردد که قطعات دچار تنش یا تغییرشکل بیش از حد نگردند.

جابه‌جا کردن قطعات باید با در نظر گرفتن ضوابط ایمنی با وسایل مناسب و به نحوی انجام گیرد که تنش‌های اضافی در این قطعات ایجاد نشود. قطعات سنگین با شکل و فرم خاص باید با قلاب نمودن در نقاط مناسب یا نقاطی که قبلاً تعیین و علامت‌گذاری شده، بلند شوند تا هنگام جابه‌جا کردن و نصب، تنش و تغییرشکل بیش از حد در هیچ قسمتی ایجاد نشده و به اتصالات و سوراخ‌های پیچ‌ها نیز آسیبی وارد نشود. پیچ‌ها، ورق‌ها و قطعات کوچک باید زیر پوشش و در شرایط خشک نگهداری شوند.

۷-۸-۱-۴- قطعات فولادی آسیب‌دیده

هرگونه قطعات فولادی آسیب‌دیده در طی مراحل تخلیه، حمل و نقل، انبار کردن یا نصب باید به‌منظور مطابقت مجدد با استانداردهای ساخت ارائه شده در این فصل به محل تولید عودت داده شوند.

۷-۸-۱-۵- کفستون‌ها و دال‌ها

به‌منظور انجام هم‌راستایی و تراز کردن مناسب سازه، باید در زیر کفستون‌ها از لقمه‌ها و ورق‌های پرکننده فولادی استفاده شود. این قطعات باید دارای ابعاد مناسبی باشند تا از هرگونه خردشدگی موضعی در بتن جلوگیری شود. قرارگیری این لقمه‌ها باید به نحوی باشد تا هنگام دوغاب‌ریزی بعدی از پر شدن کامل تمام فضاهای زیر کفستون جلوگیری ننماید. این لقمه‌ها می‌توانند در محل به‌صورت دائمی باقی بمانند.

۷-۸-۱-۶- دوغاب‌ریزی

تا زمانی که بخش کافی از سازه هم‌راستا، تراز، شاقول و به‌طور مناسبی مهار نشده باشد، دوغاب‌ریزی زیر کفستون‌ها نباید انجام شود. بلافاصله پیش از دوغاب‌ریزی، فضای خالی زیر کفستون‌ها باید تمیز و عاری از هرگونه جسم خارجی باشد. برای تراز نمودن کفستون معمولاً در زیر آن از ملات گروت استفاده می‌شود. در این صورت مقاومت فشاری گروت باید حداقل دو برابر مقاومت فشاری بتن پی باشد و ضخامت آن از ۲۵ میلی‌متر کمتر و از ۸۰ میلی‌متر بیشتر نشود. برای کفستون‌های با ابعاد بزرگ‌تر از ۵۰۰ میلی‌متر، استفاده از سوراخی به قطر ۵۰ میلی‌متر در نواحی وسط ورق کفستون جهت تخلیه هوای گروت توصیه می‌گردد.

۷-۸-۲- شرایط کارگاه

۷-۸-۲-۱- مسئولیت‌های کارفرما

- در خصوص شرایط کارگاه موارد زیر باید از طرف کارفرما یا نماینده وی تأمین گردد:
- الف- حفاظت از محوطه کارگاه جهت خالی بودن از هرگونه آب سطحی و تخلیه آب‌های جمع شده در پی‌ها.
 - ب- آماده‌سازی سطحی محکم و مسطح برای انجام کار و انبار کردن مصالح. همچنین پشتیبانی مناسب راه‌های دسترسی از بیرون و داخل کارگاه برای حمل و نقل ایمن تجهیزات کارگاهی و مصالح با وسایل نقلیه عادی.
 - ت- مطلع نمودن پیمانکار کارهای فولادی از محل قرارگیری هرگونه تأسیسات زیرزمینی که دارای احتمال آسیب و خرابی ناشی از تجهیزات و ماشین‌آلات پیمانکار است.
 - ث- مسئولیت رفع موانع بالادستی و مزاحمت‌های کار.

۷-۸-۲-۲- مسئولیت‌های پیمانکار

پیمانکار باید از متناسب بودن بار توزیع شده زیر جرثقیل‌ها و تجهیزات بالابر با مقاومت بستر آنها پیش از آغاز عملیات نصب اطمینان حاصل نماید.

۷-۸-۳- تأمین پایداری

۷-۸-۳-۱- مهارهای موقت تا تکمیل پایداری کار

دستگاه نظارت جهت تأمین پایداری قطعات یا کل سازه تا زمان تکمیل نصب و اجرای دیوارها، کف‌ها یا سایر اجزا سازه‌ای غیرفولادی، محل‌هایی از سازه را که برای مهاربندی، مهار یا سقف‌زنی موقت لازم است باید به اطلاع پیمانکار برساند.

پیمانکار باید تمام مهاربندها یا مهارهای موقت را طراحی، تهیه و اجرا نماید. اطلاعات کامل موردنیاز برای طراحی این مهاربندهای موقت باید توسط دستگاه نظارت در اختیار پیمانکار قرار گیرد.

۷-۸-۳-۲- دیگر مهارهای موقت استفاده شده توسط پیمانکار

در صورتی که پیمانکار در طول عملیات نصب از مهارهای موقتی استفاده نماید که بعداً با قطعات دائمی جایگزین نمی‌شوند، این مهارها باید پس از اینکه سازه هم‌راستا، تراز و شاقول شد، برداشته شوند.

۷-۸-۴- بارهای نصب

در طول عملیات نصب پیمانکار باید اطمینان حاصل نماید که هیچ‌یک از بخش‌های سازه با انبار کردن مصالح یا توسط بارهای موقت ناشی از نصب، دچار اعوجاج دائمی نشده باشند. کارفرما باید مطمئن شود هیچ پیمانکار دیگری بدون هماهنگی و اخذ مجوز از پیمانکار کارهای فولادی بر روی بخش‌های نصب‌شده سازه، بار قرار ندهد.

۷-۸-۵- هم‌راستایی و تراز کردن

۷-۸-۵-۱- هم‌راستایی قطعات سازه

هر بخشی از سازه باید در سریع‌ترین زمان ممکن پس از نصب، هم‌راستا گردد. تا زمانی که بخش کافی از سازه هم‌راستا، تراز، شاقول و به‌طور موقت وصل نشده باشد، برای اطمینان از عدم جابه‌جایی قطعات در حین مراحل بعدی نصب و تراز کردن بخش باقیمانده سازه، اتصالات دائم نباید بین قطعات سازه انجام گیرد. هم‌راستایی در سازه و نقص در جفت بودن اتصالات را می‌توان با استفاده از ورق‌های لقمه تنظیم نمود. اگر در ورق‌های لقمه‌ای احتمال شل‌شدن وجود دارد، باید آن‌ها را محافظت نمود.

۷-۸-۵-۲- اثرات دما

در هنگام اندازه‌گیری به‌منظور پیاده کردن نقشه، نصب کار و بررسی‌های ابعادی، آثار ناشی از اختلاف درجه حرارت باید بر روی سازه، مترهای نواری و ابزارآلات در نظر گرفته شود. دمای مرجع در این خصوص ۲۰ درجه سانتی‌گراد است.

۷-۸-۶- جوشکاری در کارگاه

جوشکاری در کارگاه باید مطابق با الزامات بخش ۷-۵ انجام گیرد.

در تمامی وضعیت‌های جوشکاری، اقدامات احتیاطی باید انجام گیرد تا شدت جریان جوشکاری خسارتی به قطعاتی که از آن عبور می‌کند، وارد ننماید. همچنین توجه شود که شرایط برای اتصال به زمین مناسب و کافی در ناحیه جوشکاری فراهم شود. تا زمانی که بخش‌های متصل به یک عضو سازه مطابق مدارک ساخت شاقول نشده باشند، هیچ‌یک از اتصالات جوشی نباید اجرای نهایی شود. جوشکاری در شرایط نامساعد جوی مجاز نیست، مگر آنکه برای انجام این کار امکانات حفاظتی کافی فراهم شده باشد. مرجع تصمیم‌گیری در این زمینه دستگاه نظارت می‌باشد.

۷-۸-۷- پیچکاری در کارگاه

پیچکاری در کارگاه باید مطابق با الزامات بخش ۷-۶ انجام گیرد.

تمام اتصالات پیچی پس از اینکه پیچ‌ها محکم و سازه در محل هم‌راستا شد، باید مورد بازرسی چشمی قرار گیرند. چنانچه در زمان بازرسی مشخص شود که اتصالاتی فاقد تعداد کامل پیچ است، پس از نصب پیچ‌های لازم، اتصال باید از نظر تنظیم بودن بررسی شود. تا زمانی که بخش‌های متصل به یک عضو سازه مطابق مدارک ساخت شاقول نشده باشند، پیچ‌های اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی نباید پیش‌تنیده شوند.

۷-۸-۸- گواهی پایان کار

هنگامی که کارهای فولادی یا بخشی از آن به پایان رسیده باشد، پیمانکار موظف به تهیه و ارائه گواهی مبنی بر پایان کار جهت امضای کارفرما است. امضای نهایی گواهی پایان کار بدین معناست که:

الف- بازرسی‌ها جهت اطمینان از اینکه تمامی اتصالات تکمیل شده و کارهای فولادی نصب شده مطابق با مشخصات این فصل و الزامات قرارداد هستند، انجام شده است.

ب- سازه یا بخش‌هایی از آن مطابق با مشخصات این فصل و الزامات قرارداد ساخته شده و مورد تایید قرار گرفته‌اند.

پ- در صورتی که در هنگام تصویب پروژه، ارائه اسناد و مدارک بررسی‌های ابعادی قطعات مدنظر کارفرما باشد، این موضوع باید در مشخصات پروژه ذکر شود.

۷-۹- دقت در نصب کارهای فولادی

۷-۹-۱- کلیات

روش‌ها و ابزارآلات استفاده شده برای اندازه‌گیری‌ها باید برحسب مورد مطابق استانداردهای مربوط (نظیر استاندارد ISO 7976) باشد.

پس از تکمیل نصب سازه، باید از سازه نهایی نقشه‌برداری تهیه گردد. نقشه‌برداری انجام شده باید نسبت به خط مرجع پروژه ارائه شده در بخش ۷-۸-۱-۲ باشد. اندازه‌گیری‌های نقشه‌برداری، باید فقط از موقعیت قطعات مجاور نقاط تقاطع خط پروژه مطابق توضیح داده‌شده در زیر انجام گردد؛ مگر آنکه شرایط دیگری در مشخصات پروژه تعیین شده باشد. موقعیت محل و تعداد اندازه‌گیری‌ها باید در دستورکار روش نصب ارائه شده پیمانکار یا برنامه بررسی کیفیت ارائه گردد. دقت در موقعیت کارهای فولادی نصب‌شده باید تحت وزن سازه اندازه‌گیری شود؛ مگر اینکه شرایط دیگری در این خصوص در مشخصات پروژه تعیین شده باشد.

حداکثر رواداری‌های مجاز در نصب کارهای فولادی باید مطابق الزامات بخش ۷-۹-۵ با در نظر گرفتن موارد زیر باشد:

- تمامی اندازه‌گیری‌ها باید در شرایط جوی آرام انجام گیرد و اثرات دما بر روی سازه نیز در نظر گرفته شود (موضوع بخش ۷-۸-۵-۲).

- رواداری‌های نشان داده شده برای مقاطع I شکل، برای مقاطع قوطی و لوله نیز به کار برده می‌شود.

پیمانکار در هنگام نصب کارهای فولادی، تمام انحراف در موقعیت‌های نصبی را که بیشتر از مقادیر مجاز ارائه شده در بخش ۷-۹-۵ باشد، باید سریعاً به دستگاه نظارت اطلاع دهد تا دستگاه نظارت آثار آن را جهت ارزیابی و تصمیم‌گیری در خصوص تدابیر اصلاحی لازم در کار بررسی نماید. در ارزیابی وجود مغایرت در رواداری، باید آثار تغییرات اجتناب‌ناپذیر در روش‌های اندازه‌گیری در نظر گرفته شود. دقت در اجرا و ساخت باید با رعایت ملاحظات لازم در رابطه با خیزهای مورد انتظار، پیش‌خیزها، موقعیت‌های از پیش تعیین شده، جابه‌جایی‌های الاستیک ناشی از انبساط حرارتی قطعات باشد.

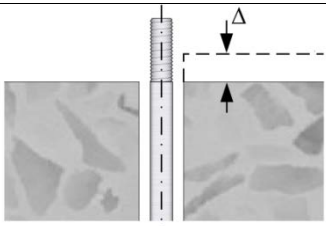
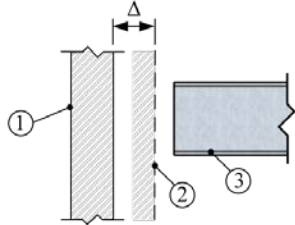
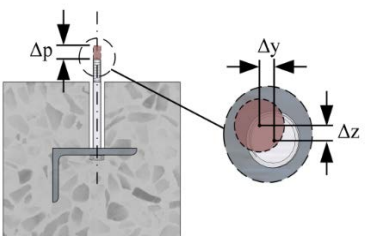
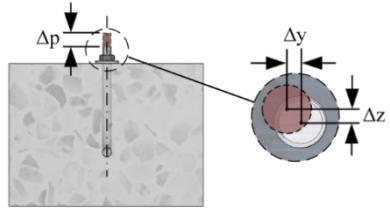
۷-۹-۲- بازرسی پی

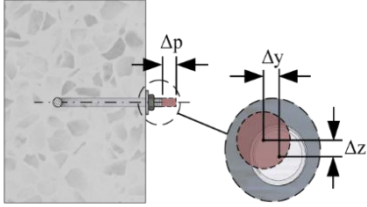
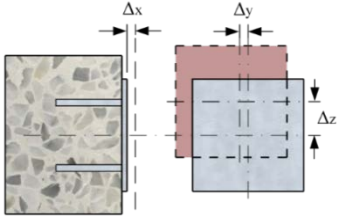
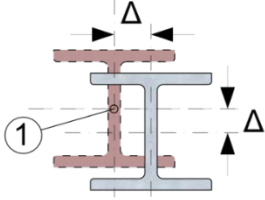
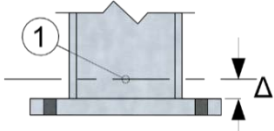
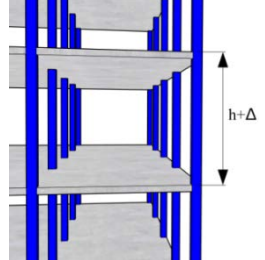
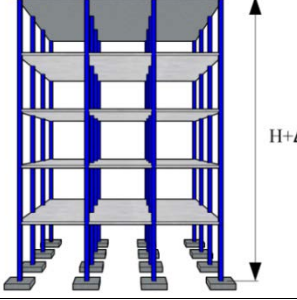
موقعیت و تراز تمام پی‌ها و میل‌مهارهای اجرا شده باید حداقل هفت روز قبل از آغاز نصب پروژه توسط پیمانکار بررسی شود. چنانچه اختلاف موجود بیش از رواداری‌های مجاز مشخص شده در بخش ۷-۹-۴ باشد، موارد باید جهت انجام اقدامات اصلاحی، پیش از آغاز نصب به اطلاع کارفرما برسد. نقشه‌برداری انجام‌شده به‌منظور بررسی موقعیت تکیه‌گاه‌های پی باید ثبت و به‌عنوان مستندات پروژه نگهداری گردد.

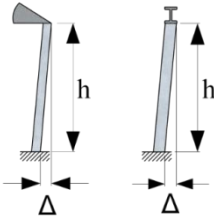
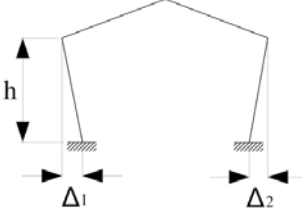
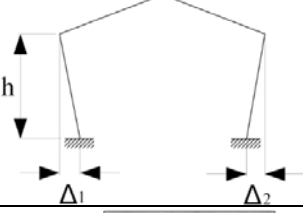
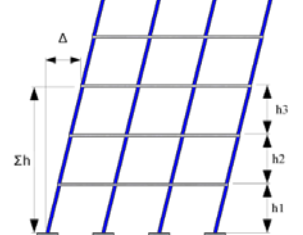
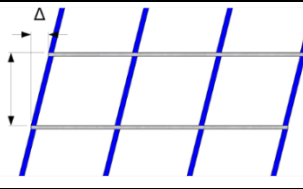
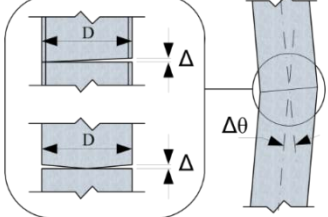
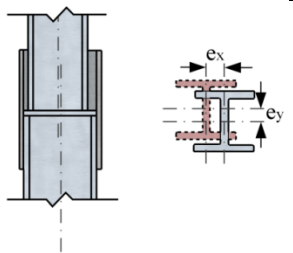
۷-۹-۳- اطلاعات مورد نیاز برای دیگر پیمانکاران

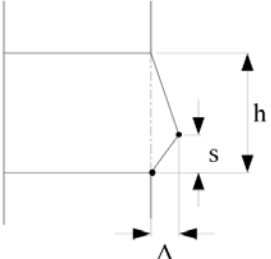
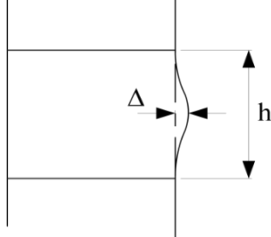
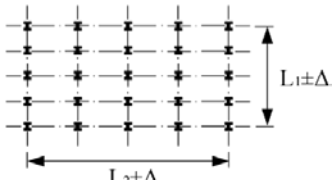
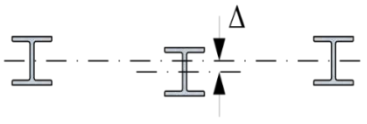
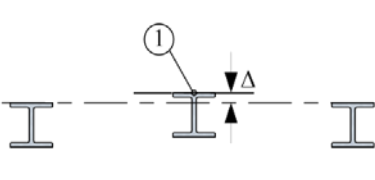
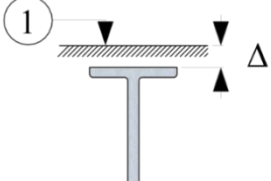
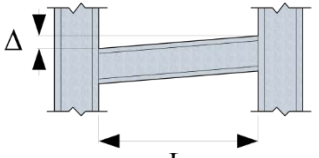
دستگاه نظارت باید تمام پیمانکاران در نظر گرفته شده برای نصب کارهای فولادی را از رواداری‌های مجاز ساخت مطلع نماید تا آن‌ها در هنگام نصب بتوانند شرایط لازم برای تنظیمات و فواصل آزاد قطعات را فراهم نمایند.

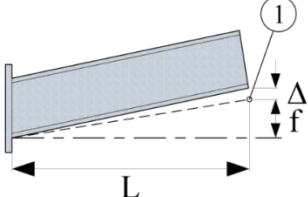
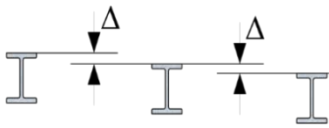
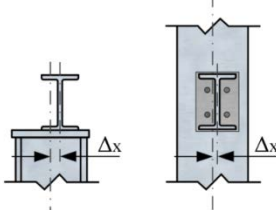
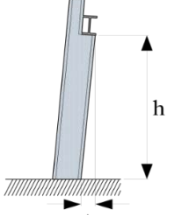
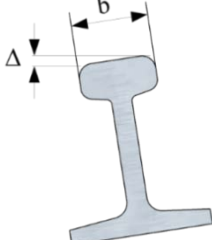
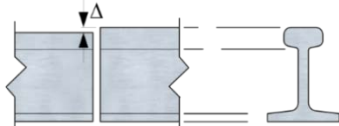
۷-۹-۴- رواداری‌های مجاز برای پی‌ها، دیوارها و میل‌مهاریها

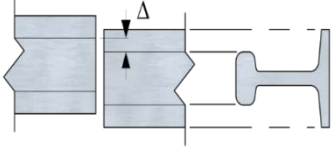
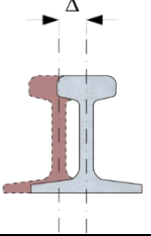
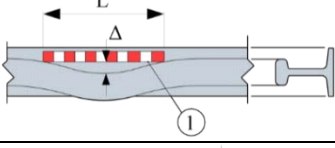
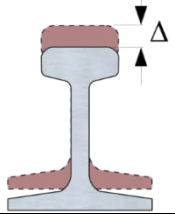
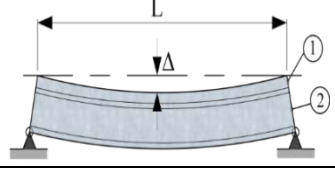
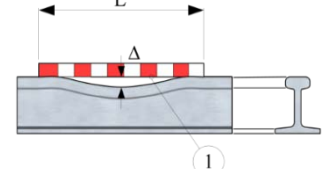
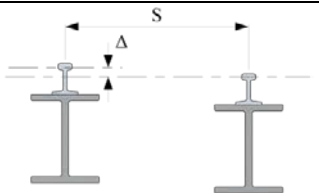
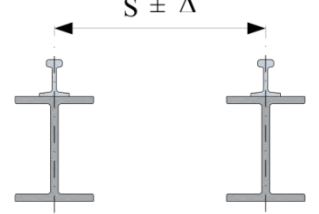
نوع المان	نوع انحراف	حد بالا و پایین	شکل
تراز پی	انحراف مجاز (Δ) از تراز مشخص شده:	$\Delta = (-15 \text{ mm}, +5 \text{ mm})$	
دیوار قائم	انحراف مجاز (Δ) موقعیت موجود [۱] از موقعیت تعیین شده [۲] در نقطه تکیه گاهی قطعه فولادی [۳]:	$\Delta = \pm 25 \text{ mm}$	
میل‌مهاری پی (قابل تنظیم)	انحراف مجاز (Δ_p) بیرون زدگی میل‌مهاری نسبت به موقعیت تعیین شده: انحراف مجاز (Δ_y یا Δ_z) از موقعیت تعیین شده از روی سطح بتن پی: انحراف مجاز موقعیت مرکز گروه میل‌مهاریها:	$\Delta_p = -5 \text{ mm}$ پایین $\Delta_p = +25 \text{ mm}$ بالا Δ_y یا $\Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$ حداقل ۲۵ میلی‌متر فاصله آزاد در اطراف میل‌مهاری برای تنظیم لازم است.	
میل‌مهاری پی (غیر قابل تنظیم)	انحراف مجاز (Δ_p) بیرون زدگی میل‌مهاری نسبت به موقعیت تعیین شده: انحراف مجاز (Δ_y یا Δ_z) از روی سطح بتن پی: انحراف مجاز موقعیت مرکز گروه میل‌مهاریها:	$\Delta_p = -5 \text{ mm}$ پایین $\Delta_p = +25 \text{ mm}$ بالا Δ_y یا $\Delta_z = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 3 \text{ mm}$	

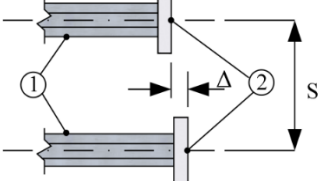
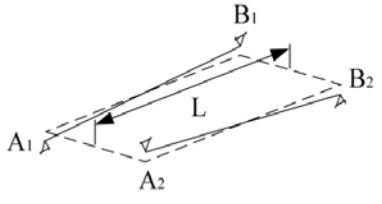
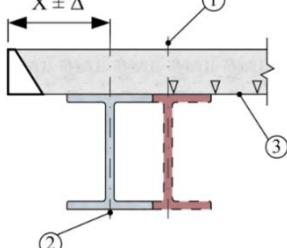
	انحراف مجاز (Δ_p) بیرون زدگی میل‌مهار نسبت به موقعیت تعیین‌شده: انحراف مجاز (Δ_y یا Δ_z) از موقعیت تعیین شده از روی سطح بتن دیوار: انحراف مجاز موقعیت مرکز گروه میل‌مهاری: مقادیر اندازه‌گیری‌شده نسبت به موقعیت نهایی مطابق بند ۵-۹-۴-۲ است. پایین Δ_p = -۵ mm بالا Δ_p = +۲۵ mm Δ_y یا Δ_z = ±۳ mm Δ = ±۳ mm	میل‌مهاری‌های دیوار (غیرقابل تنظیم)
	انحراف‌های مجاز محور (Δ_x، Δ_y و Δ_z) مرکزی ورق نسبت به موقعیت‌های تعیین‌شده: مقادیر اندازه‌گیری‌شده نسبت به موقعیت نهایی مطابق بند ۵-۹-۴-۲ است. Δ_x، Δ_y و Δ_z = ±۱۰ mm	صفحات جاگذاری شده در بتن
	انحراف (Δ) از محورهای مرکزی عضو نسبت به موقعیت تعیین‌شده [۱]: Δ = ±۱۰ mm	موقعیت ستون روی کف ستون
	انحراف (Δ) تراز روی کف ستون نسبت به تراز تعیین‌شده [۱]: Δ = ±۵ mm	تراز ستون روی کف ستون
	انحراف (Δ) ارتفاع طبقه (h) اندازه‌گیری شده نسبت به اختلاف ترازهای تعیین‌شده: Δ = ۱۰ mm	ارتفاع طبقه
	انحراف (Δ) ارتفاع کلی سازه (h): اگر $h \leq 20\text{ m}$ $\Delta = 20\text{ mm}$ اگر $20 < h < 100\text{ m}$ $\Delta = 0,5(h + 20)$ اگر $h \geq 100\text{ m}$ $\Delta = 0,2(h + 200)$ ارتفاع برحسب متر است.	ارتفاع کلی سازه

	$\Delta = \pm h/300$ ای (موضوع بند ۵-۹-۵-۹-۵-۷) های پرتال یک طبقه به جز قاب های نگهدارنده تیر ۵-۶ و ۵-۹-۵-۷) و ستون جرثقیل (موضوع بند ۵-۹-۵-۶).	انحراف (Δ) بالا نسبت به پایین ستون روی محورهای اصلی:	ناشاقولی ستون ها در سازه های یک طبقه ای (E)
	$\Delta_1 = \pm h/150$	انحراف های (Δ_1) هر ستون:	ناشاقولی هر ستون در قاب های پرتال یک طبقه ای
	$\Delta = \pm h/500$ برای دو ستون با در $(\Delta_1 + \Delta_2)/2$ به طور مثال های انحراف. نظر گرفتن جهت	میانگین انحراف (Δ) تمام ستون ها در قاب های یکسان:	ناشاقولی ستون ها در قاب های یک طبقه ای (E)
	$\Delta = \pm \Sigma h/300 \sqrt{n}$ تعداد طبقات مورد بررسی است n.	انحراف موقعیت (Δ) محور مرکزی ستون در پلان هر طبقه نسبت به خط عمودی محور ستون از پایه:	شاقول بودن کلی در ستون های سازه های چند طبقه (E)
	$\Delta = \pm h/500$	انحراف موقعیت (Δ) محور مرکزی ستون در پلان نسبت به خط عمودی محور ستون از طبقه پایین خود:	شاقول بودن هر ستون در سازه های چند طبقه (E)
	برای حداقل دوسوم مساحت و به طور $\Delta = 0,5 \text{ mm}$ برای موضعی حداکثر $\Delta = 1 \text{ mm}$.	زاویه محلی غیر هم راستایی ($\Delta\theta$) در محل اتصال ستون ها و همچنین فاصله آزاد (Δ) در این محل: $\Delta\theta = 1/500 \text{ rad}$	هم راستایی محل وصله ستون و فاصله آزاد بین ستون تماس اتکایی (E)
	$e = 5 \text{ mm}$	خروج از مرکزیت نسبت موقعیت تعیین شده $(e = e_x \text{ یا } e_y)$ در هر راستا:	خروج از مرکزیت وصله ستون

	$\Delta = s / 75^\circ$ $s \leq h/2$ در نظر گرفتن	انحراف موقعیت ستون (Δ) در پلان نسبت به خط مستقیم از محل قرارگیری ستون در تراز طبقات مجاور:	مستقیم بودن ستون وصله شده در بین طبقه (E)
	$\Delta = h / 75^\circ$	انحراف موقعیت ستون (Δ) در پلان نسبت به خط مستقیم از محل قرارگیری ستون در تراز طبقات مجاور:	مستقیم بودن ستون پیوسته در بین طبقه (E)
	$L \leq 30 \text{ m}$ اگر $\Delta = 20 \text{ mm}$ $30 < L < 250 \text{ m}$ اگر $\Delta = 0.25(L + 50)$ $L \geq 250 \text{ m}$ اگر $\Delta = 0.1(L + 500)$ L برحسب متر است.	انحراف (Δ) در طول بین ($L = L_1$ یا L_2) ستون‌های انتهایی در هر راستا و در روی تراز پی:	ابعاد کلی سازه
	$L \leq 5 \text{ m}$ اگر $\Delta = 10 \text{ mm}$ $L > 5 \text{ m}$ اگر $\Delta = 0.2(L + 45)$ L برحسب متر است.	انحراف (Δ) در طول (L) بین محور مرکزی ستون‌ها در روی تراز پی:	فاصله ستون‌ها
	$\Delta = 10 \text{ mm}$	انحراف (Δ) محل مرکز یک ستون نسبت به محور اجرا شده برای ستون‌های یک محور در روی تراز پی:	هم‌راستا بودن محور ستون در حالت کلی
	$\Delta = 10 \text{ mm}$	انحراف (Δ) محل وجه خارجی [۱] یک ستون نسبت به موقعیت تعیین شده برای ستون‌های محورهای پیرامونی در روی تراز پی:	هم‌راستا بودن محور ستون در محورهای پیرامونی
	$\Delta = 10 \text{ mm}$	انحراف (Δ) تراز تیر در محل اتصال به ستون نسبت به تراز اجرا شده طبقه [۱]:	تراز تیر
	$\Delta = L / 500 \leq 10 \text{ mm}$	اختلاف (Δ) ارتفاعی دو انتهای تیر با طول L :	شیب تیر

	$\Delta = L/200$	انحراف (Δ) از موقعیت تعیین شده (f) انتهای کنسول به طول L نسبت به وضعیت موجود اجرا شده [۱]:	انحراف انتهایی کنسول‌ها
	$\Delta = 10 \text{ mm}$ برای تیرهای فرعی، پیش‌خیز تیر اصلی در اندازه‌گیری در نظر گرفته شود.	انحراف (Δ) تراز تیرهای مجاور نسبت به یکدیگر در نقاط انتهایی تیرها:	تراز تیرها نسبت به یکدیگر
	$\Delta_x = 5 \text{ mm}$	انحراف افقی (Δ_x) موقعیت تیر در محل اتصال به ستون نسبت به موقعیت تعیین شده:	محل تیر
	$\Delta = 10 \text{ mm}$	انحراف (Δ) از فاصله تعیین شده (s) بین تیرهای مجاور اجرا شده در نقاط انتهایی تیر:	فاصله بین تیرها
	$\Delta = \pm h/1000 \leq 25 \text{ mm}$	انحراف جانبی (Δ) تراز تیر حمال نسبت به تراز کف:	ناشاقولی ستون‌های نگهدارنده جرثقیل های دروازه‌ای
	$\Delta = 5 \text{ mm}$ اگر $t_w \leq 10 \text{ mm}$ $\Delta = t_w/2$ اگر $t_w > 10 \text{ mm}$	خروج از مرکزیت (Δ) ریل جرثقیل نسبت به جان تیر حمال به ضخامت t_w:	خروج از مرکزیت ریل جرثقیل نسبت به جان تیر حمال
	$\Delta = b/100$	شیب عرضی (Δ) سطح روی مقطع ریل جرثقیل با عرض b:	شیب عرض روی ریل جرثقیل
	$\Delta = 1 \text{ mm}$	انحراف قائم (Δ) نسبی روی ریل جرثقیل در نقاط اتصال:	تراز نسبی روی ریل جرثقیل

	$\Delta = 1 \text{ mm}$	انحراف عرضی (Δ) نسبی از امتداد عرضی ریل جرثقیل در نقاط اتصال:	امتداد نسبی عرضی ریل جرثقیل
	$\Delta = 10 \text{ mm}$	انحراف (Δ) موقعیت ریل در پلان نسبت به موقعیت تعیین شده:	موقعیت ریل جرثقیل در پلان
	$\Delta = 1,5 \text{ mm}$	انحنای موضعی (Δ) در پلان نسبت به خط اندازه‌گیری [۱] با طول L برابر ۲ متر:	انحنای موضعی عرضی ریل جرثقیل
	$\Delta = 15 \text{ mm}$	انحراف (Δ) تراز ریل نسبت به تراز تعیین شده:	تراز ریل جرثقیل
	$\Delta = \max (L/500 \text{ و } 10 \text{ mm})$	انحراف (Δ) تراز ریل [۱] روی تیر حمال [۲] با طول دهانه L:	تراز ریل جرثقیل روی تیر حمال
	$\Delta = 3 \text{ mm}$	انحنای موضعی (Δ) در ارتفاع نسبت به خط اندازه‌گیری [۱] با طول L برابر ۲ متر:	انحنای موضعی روی ریل جرثقیل
	$\Delta = 20 \text{ mm}$ اگر $s \leq 10 \text{ m}$ $\Delta = s/500$ اگر $s > 10 \text{ m}$	انحراف (Δ) در تراز بین ریل های طرفین جرثقیل دروازه ای با طول دهانه s:	تراز نسبی بین دو تیر حمال جرثقیل
	$\Delta = 10 \text{ mm}$ اگر $s \leq 16 \text{ m}$ $\Delta = 10 + (s - 16)/3$ اگر $s > 16 \text{ m}$ S برحسب متر است.	انحراف (Δ) از فاصله جرثقیل با طول دهانه اسمی S:	طول دهانه جرثقیل دروازه‌ای

	$\Delta = s/1000 \leq 10 \text{ mm}$	انحراف (Δ) موقعیت متوقف کننده های انتهایی [۲] در جهت حرکت طولی جرثقیل دروازه ای [۱] با طول دهانه s:	متوقف کننده های انتهایی سازه ای
	$\Delta = L/500$	شیب نسبی (Δ) بین ریل های طرفین جرثقیل با طول L، شیب ریل A_1B_1 برابر N_1 و شیب ریل A_2B_2 برابر N_2 است. شیب نسبی برابر $N_1 - N_2 = \Delta$ با احتساب جهت های مثبت و منفی است.	اختلاف شیب بین ریل های طرفین
	$\Delta = 10 \text{ mm}$ انحراف بین موقعیت اجرا شده تیر [۲] با موقعیت تعیین شده [۱] در بخش ۵-۹-۲۲ محل تیر ارائه شده است.	انحراف (Δ) از فاصله (X) بین لبه قطع شده انتهایی عرشه فولاد پیش از بتن ریزی با موقعیت اجرا شده تیر پیرامونی:	فاصله لبه سقف عرشه فولادی

۷-۱۰- تدابیر حفاظتی

۷-۱۰-۱- کلیات

۷-۱۰-۱-۱- مشخصات

پوشش‌ها و آماده‌سازی سطوح مرتبط مورد نیاز برای کارهای فولادی سازه‌ای باید در نقشه‌های طراحی یا مشخصات پروژه مشخص گردد. سیستم پوشش باید منطبق بر یکی از استانداردهای معتبر باشد. تأمین کردن لوازم و مصالح پوشش، تنها باید از یک منبع صورت گیرد، مگر آنکه دستگاه نظارت تأمین آن‌ها را از منابع مختلف تأیید نماید.

۷-۱۰-۱-۲- دستورکار روش انجام

قبل از شروع هرگونه عملیات برای استفاده یا استفاده مجدد از پوشش حفاظتی، پیمانکار باید دستورکار روش اجرا را آماده نموده و جهت تصویب به کارفرما ارائه نماید. در دستورکار روش انجام کار باید نحوه تشخیص و بازرسی آن نیز مدنظر قرار گیرد. در محل کار باید یک نسخه از دستورکار روش اجرای تایید شده در دسترس باشد.

۷-۱۰-۱-۳- نحوه انجام پوشش‌دهی

مصالح پوششی تهیه‌شده و پوشش‌های مورد استفاده برای سطوح باید مطابق با توصیه‌های شرکت تولیدکننده باشد. در مناطقی که سطوح فولادی در مجاورت خاک یا رطوبت زیاد قرار دارند، باید تمهیدات حفاظتی ویژه‌ای برای آن‌ها در نظر گرفته شود.

۷-۱۰-۱-۴- حمل‌ونقل، جابه‌جایی و انبارداری قطعات فولادی پوشش‌شده

مراحل حمل‌ونقل، جابه‌جایی، نگهداری و انبار کردن کارهای فولادی پوشش‌دار باید به نحوی انجام گیرد که میزان آسیب وارده به پوشش، به حداقل ممکن برسد.

۷-۱۰-۲- آماده‌سازی سطوح

۷-۱۰-۲-۱- تمیزکاری سطوح

هنگام پوشش‌کاری، تمیزی سطوح کارهای فولادی باید منطبق با الزامات ساما یا استاندارد ISO 8501-1 باشد. همچنین درجه آماده‌سازی سطوح نیز باید مطابق استاندارد ISO 8501-3 مشخص شود. درجات آماده‌سازی سطوح فولادی قبل از رنگ‌آمیزی که در ادامه مطابق با ISO 8501 به صورت طبقه‌بندی شده آورده می‌شوند، بیانگر حداقل تمیزی سطح فولاد بوده که باید از آلودگی‌ها و چربی‌ها پاک شده و همچنین لایه‌های ضخیم زنگ از روی سطح آن برداشته شود.

۱ Sa: تمیز کردن با ماسه پاشی خفیف

سطح فولاد پس از ماسه پاشی خفیف، بدون استفاده از ذره بین، باید عاری از روغن، چربی، آلودگی، لایه اکسید حاصل از نورد (که چسبندگی آن کم است)، زنگ، پوشش های رنگی و مواد خارجی باشد.

۲ Sa: تمیز کردن به صورت ماسه پاشی متوسط

سطح فولاد پس از ماسه پاشی، بدون استفاده از ذره بین باید عاری از روغن، چربی و آلودگی باشد و نیز عمده مقدار لایه اکسید حاصل از نورد، زنگ و پوشش های رنگی و مواد خارجی از روی سطح زدوده شده باشد. هرگونه مواد آلاینده باقیمانده باید به سختی به سطح چسبیده باشند.

۵, ۲ Sa: تمیز کردن با ماسه پاشی عمیق

سطح فولاد پس از ماسه پاشی، بدون استفاده از ذره بین باید عاری از روغن، چربی و آلودگی باشد و نیز باید لایه اکسید حاصل از نورد، زنگ، پوشش های رنگی و مواد خارجی کاملاً زدوده شده باشند. هرگونه اثر به جامانده از مواد آلاینده، باید فقط به صورت لکه های جزئی به شکل خال ها و نوارها به نظر بیاید.

۳ Sa: تمیز کردن با ماسه پاشی با حصول سطح نقره ای

سطح فولاد پس از ماسه پاشی، بدون استفاده از ذره بین باید عاری از روغن، چربی و آلودگی باشد و نیز باید لایه اکسید حاصل از نورد، زنگ، پوشش های رنگی و مواد خارجی کاملاً زدوده شده باشند. چنین سطحی باید دارای نمای فلزی یکنواخت نقره ای باشد.

در صورت استفاده از برس سیمی، درجات آماده سازی سطوح به شرح زیر است:

۲ St: تمیز کردن با برس سیمی متوسط

سطح فولاد پس از استفاده از برس سیمی، بدون استفاده از ذره بین، باید عاری از روغن، چربی، آلودگی، لایه اکسید حاصل از نورد (که چسبندگی آن کم است)، زنگ، پوشش های رنگی و مواد خارجی باشد.

۳ St: تمیز کردن با برس سیمی عمیق

همانند سطح St2 ولی سطح فولاد باید عمیق تر برس زده شود، به طوری که سطح فلز درخشان گردد.

۷-۱۰-۲-۲- سطوح پوششی مقاطع

برای سطوح پوششی مقاطع کارهای فولادی مشخص شده برای انجام پوشش، باید پوشش به کار برده شده سازگار با روش استاندارد ISO 8501-2 باشد.

۷-۱۰-۳-۲-۳- اندازہ‌گیری سطوح پوششی مقاطع

روش برآورد میزان سطوح پوششی مورد نیاز مقاطع فولادی، باید مطابق با الزامات و راهکارهای ارائه شده در استاندارد ISO 8503 باشد.

۷-۱۰-۴-۲-۳- عیوب سطحی

عیوب سطحی که در مراحل آماده‌سازی مشخص می‌شوند، باید مطابق با استانداردهای مربوط رفع گردند. سطحی که فلز جوش روی آن رسوب می‌کند، باید صاف، یکنواخت و عاری از هرگونه پارگی، ترک، زائده و هرگونه ناپیوستگی که اثر سوء بر کیفیت یا مقاومت جوش می‌گذارد، باشد.

۷-۱۰-۳-۱- پوشش‌های فلزی پاششی

۷-۱۰-۳-۱-۱- روش انجام کار

پوشش‌های پاششی (اسپری) از فلز روی یا آلومینیوم باید مطابق استاندارد مربوط (نظیر استاندارد ISO 2063) به روی سطح استفاده گردند. ضخامت پوشش پاشیده شده باید مطابق مشخصات پروژه و با رعایت مشخصات فنی ارائه شده در نقشه‌های طراحی باشد.

۷-۱۰-۳-۲- ترمیم سطوح صدمه دیده

تمام ترمیم‌های صورت گرفته برای سطوح صدمه دیده باید براساس استاندارد کار اصلی انجام شود.

۷-۱۰-۳-۳- عایق‌کاری پیش از رنگ‌پاشی

در صورتی که پوشش فلزی پاشیده شده بخواهد دوباره رنگ آمیزی شود، باید قبل از پوشش مجدد، عملیات عایق‌کاری انجام شود.

۷-۱۰-۴- پوشش‌های گالوانیزه با غوطه‌وری گرم

۷-۱۰-۴-۱- روش انجام کار

گالوانیزه کردن باید مطابق استاندارد ISO 1461 صورت گیرد. در صورتی که در مشخصات پروژه روش دیگری تعیین شده باشد، کلیه قطعات گالوانیزه شده باید مطابق روش PGI-1 از جدول ۷-۲۲ مورد بررسی قرار گیرند. مشخصات پروژه باید نکات زیر را مشخص کند:

- قطعاتی که نیاز به بازرسی پس از گالوانیزه شدن نداشته باشند (PGI-0).
- قطعاتی که نیاز به مراحل تکمیلی PGI-2A داشته باشند.

- محل‌های مشخصی که نیاز به مراحل تکمیلی PGI-2B داشته باشند.
- تمام نتایج بازرسی پس از گالوانیزه کردن باید ثبت شود. این اسناد با درخواست دستگاه نظارت باید در دسترس قرار گیرد.

جدول ۷-۲۲- بازرسی پس از گالوانیزه کردن

مرجع	بازرسی چشمی	آزمایش ذرات مغناطیسی
PGI-۰	موردنیاز نیست	موردنیاز نیست
PGI-۱	۱۰۰٪ سطوح با دقت ویژه در نواحی گوشه‌دار، اتصالات جوشکاری شده و مفاصل	موردنیاز نیست
PGI-۲A	قبلاً در حالت PGI-۱ مورد بازرسی قرار گرفته است	در ۱۰٪ اتصالات جوشی یا نقاط گرهی اتصالات جوشی
PGI-۲B	قبلاً در حالت PGI-۱ مورد بازرسی قرار گرفته است	در قسمت‌های مشخص
PGI-۳	قبلاً مورد بازرسی قرار گرفته است	تنها در پیرامون و محل منشأ مشکل (۱)
افراد	بازرسی و مشاهدات باید توسط فردی با تجربه و دارای صلاحیت حرفه‌ای صورت گیرد	انجام تست‌های غیر مخرب توسط بازرس ذی صلاح جوش

(۱) تست‌های میدانی اندازه‌گیری جریان گردابی (ادی) و جریان متناوب که می‌تواند در تشخیص کمک کند

در صورت مشاهده نشانه‌های ترک، آن قطعه و تمامی قطعات مشابه از نظر شکل که با مصالح و جزئیات جوشکاری یکسان ساخته شده‌اند، باید به عنوان قطعات غیرقابل تایید جدا شوند. باید یک گزارش تصویری از ترک تهیه شده و مراحل PGI-3 به منظور شناسایی گستردگی و منشأ ترک به دستگاه نظارت تحویل گردد. قطعات جدا شده، تنها در صورتی به منظور استفاده مجدد، قابل تعمیر هستند که مورد تأیید دستگاه نظارت قرار گرفته باشند.

۷-۱۰-۴-۲- سوراخ‌های تهویه

پیمانکار سازه‌های فولادی باید با دستگاه نظارت در خصوص موقعیت پیشنهادی سوراخ‌های تهویه و زهکش‌ها در قطعات قوطی‌شکل و لوله‌های ذکر شده در استاندارد ISO 14713 و هرگونه الزامات جهت عایق کاری پس از آن هماهنگ باشد.

۷-۱۰-۵- پوشش‌های محافظتی با رنگ

۷-۱۰-۵-۱- روش انجام کار

پوشش‌های رنگ باید مطابق سیستم مشخص شده در مشخصات پروژه و با رعایت الزامات ارائه شده در مشخصات فنی و نقشه‌های طراحی انجام شوند.

۷-۱۰-۵-۲- آماده سازه سطوح پیش از رنگ کاری

کارهای فولادی باید قبل از انجام پوشش مطابق بخش ۷-۱۰-۲ آماده شوند.

۷-۱۰-۵-۳- مراحل و نکات اجرای رنگ‌آمیزی

الف- قبل از شروع عملیات رنگ‌آمیزی باید تمام سطوح را کاملاً تمیز، خشک و آماده نمود به‌طوری‌که برای رنگ‌آمیزی شرایط مناسبی داشته باشند.

ب- رنگ مصرفی باید کاملاً سطح موردنظر را پوشش داده و رنگ‌های آستر و رویه از یک کارخانه تهیه شوند. رنگ‌آمیزی سطوح بزرگ باید با اسپری بی‌هوا صورت گیرد. استفاده از سایر روش‌های رنگ‌آمیزی برای لکه‌گیری و سطوح محدود مجاز است.

پ- رنگ‌آمیزی با اسپری بی‌هوا باید در محیط مناسب و سر بسته انجام شود.

ت- قطعاتی که تازه رنگ شده‌اند، تا زمان خشک‌شدن باید از گرد و خاک محافظت شوند.

ث- رنگ‌آمیزی باید در شرایط آب و هوایی منطبق با مشخصات فنی کارخانه سازنده رنگ صورت گیرد.

ج- پیمانکار موظف است عملیات رنگ‌آمیزی را حداکثر تا ۴۸ ساعت برای شرایط ملایم و ۲۴ ساعت برای سایر شرایط بعد از تمیزکاری سطوح انجام دهد.

چ- تمام نقاطی که رنگ آن‌ها قطع شده یا آسیب دیده و سطح فلز نمایان است، باید تمیز شده و مجدداً رنگ‌آمیزی شوند، به‌طوری‌که سطح کاملاً پوشیده شده و یکپارچگی رنگ با سطوح مجاور رنگ‌شده تأمین گردد.

ح- در تمام سطوحی که طبله‌کردن، وجود ترک و پوسته‌شدن رنگ و سایر علائم حاکی از این است که چسبندگی رنگ به سطح تأمین نشده، باید عملیات ترمیم انجام گیرد. بدین ترتیب که رنگ سطوح فوق به‌طور کامل برداشته شود و مجدداً عملیات مربوط به آماده نمودن سطوح و رنگ‌آمیزی صورت گیرد.

خ- سطوح تمام شده رنگ‌آمیزی باید دارای ظاهری یکنواخت، ماتی و شفافیت یکنواخت رنگ، عدم وجود موج، سایه و چروک و پخش نشدن پوسته رنگ، انطباق لایه اجرا شده با مشخصات، ایجاد پوشش کامل و بدون شره باشد.

د- رنگ‌آمیزی نباید در هوای سرد یا تاریک و یا زمانی که درصد رطوبت هوا زیاد است، انجام گیرد. در رطوبت بیش از ۸۰ درصد و در حالتی که اختلاف دمای محیط و نقطه شبنم کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد، رنگ‌آمیزی ممنوع است.

ذ- به‌جز سطوح تماس، بقیه سطوحی که بعد از ساخت، قابل دسترس نخواهند بود، باید قبل از سرهم کردن قطعات، تمیز و رنگ‌آمیزی شوند، مگر آنکه این سطوح آب‌بند شده باشند.

ر- به‌طور کلی در اتصالات اتکایی، رنگ کردن سطوح تماس مجاز است. اما در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی، رنگ‌آمیزی سطوح تماس مجاز نبوده و باید مقررات مربوط به رنگ‌آمیزی سطوح تماس اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی رعایت شود.

ز- سطوح صاف ماشین‌کاری شده، باید در مقابل خوردگی محافظت شوند. بدین منظور از یک لایه مصالح ضدزنگ که بتوان آن را قبل از نصب به آسانی برطرف کرد یا مصالح مخصوصی که احتیاج به برطرف کردن نداشته باشند، می‌توان استفاده کرد.

ژ- به جز حالت‌هایی که در مدارک طرح و محاسبه به‌عنوان شرایط خاص قید شده باشند، کلیه سطوحی که در فاصله ۵۰ میلی‌متری از محل جوش کارگاهی قرار می‌گیرند، باید از موادی که به جوشکاری صدمه می‌زند یا در حین جوشکاری گازهای سمی و مضر تولید می‌کند، کاملاً پاک شود. قبل از جوشکاری باید رنگ کارخانه‌ای از روی سطوحی که جوش انجام می‌گیرد، توسط برس سیمی کاملاً برطرف و پاک گردد.

س- سطوح آلومینیومی آماده‌سازی نشده یا سایر فلزات سبک و آهن گالوانیزه شده، سطوح مشکلی برای رنگ‌آمیزی هستند، زیرا چسبندگی لایه آستری به سطوح فوق بسیار کم است. در این شرایط ابتدا باید سطح را با یک حلال قوی کاملاً چربی زدایی کرد؛ سپس یک لایه واش‌پرایمر بر روی سطح اعمال نمود و آنگاه سیستم رنگ ارائه شده را بر روی آن اعمال کرد. ش- حداکثر ضخامت هر لایه رنگ‌آمیزی باید با توجه به میزان تعیین شده توسط سازنده رنگ انجام گیرد. چنانچه میزان تعیین شده در یک لایه رنگ نتواند ضخامت لازم را تأمین کند، رنگ‌آمیزی باید تا حصول حداقل ضخامت لازم تکمیل شود. کلیه قطعات فولادی باید طبق مشخصات جدول ۷-۲۳ رنگ شوند.

جدول ۷-۲۳- حداقل ضخامت رنگ‌آمیزی قطعات فولادی در شرایط محیطی مختلف^(۴)

شرایط محیطی	آماده‌سازی سطح فولاد	نوع و ضخامت رنگ		
		قطعه فولادی در داخل دیوار و نازک‌کاری	قطعه فولادی به صورت روباز لیکن درون محیط بسته	قطعه فولادی در معرض شرایط جوی
ملایم ^(۱)	Sa ۳	۴۰ میکرون ضدزنگ الکیدی ^(۵)	۴۰ میکرون ضدزنگ الکیدی ۴۰ میکرون رویه الکیدی	۴۰ میکرون ضدزنگ الکیدی ۴۰ میکرون لایه میانی الکیدی ۴۰ میکرون رویه الکیدی
سخت ^(۲)	Sa ۲,۵	۴۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی	۴۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی ۴۰ میکرون لایه میانی اپوکسی MIO ۴۰ میکرون رویه پلی‌پورتان	۶۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی ۶۰ میکرون آستر میانی اپوکسی MIO ۶۰ میکرون رویه پلی‌پورتان
بسیار سخت و ساحلی ^(۳)	Sa ۳	۴۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی ۴۰ میکرون رویه اپوکسی MIO	۶۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی ۶۰ میکرون لایه میانی اپوکسی MIO ۶۰ میکرون رویه پلی‌پورتان	مانند ناحیه جزر و مدی که نیاز به مطالعه خاص دارد حداقل سه لایه اپوکسی با ضخامت کل ۴۰۰ میکرون

(۱) شرایط ملایم، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی متوسط مساوی یا کمتر از ۵۰٪.

(۲) شرایط سخت، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی بیش از ۵۰٪ و مساوی یا کمتر از ۸۰٪.

(۳) شرایط بسیار سخت، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی متوسط بیش از ۸۰٪.

(۴) در صورت استفاده از سایر سیستم‌های رنگ‌آمیزی یا محافظت در مقابل خوردگی، مشخصات فنی مربوط باید توسط کارشناس ذی صلاح تهیه شود.

(۵) در این حالت آماده‌سازی ۱ Sa یا ۲ St نیز مورد قبول است.

(۶) منظور از رطوبت نسبی متوسط، بیشترین مقدار رطوبت نسبی متوسط ماهانه است.

۷-۱۰-۵-۴- انبارداری رنگ

رنگ‌ها باید مطابق دستورالعمل سازنده انبارداری شوند. در صورت نبودن ضابطه‌ای برای نگهداری در دمای به‌خصوص، رنگ‌ها باید در مکانی با دمای محیط حداقل برابر ۱۸ و حداکثر ۳۵ درجه سلسیوس انبارداری شوند.

۷-۱۰-۵-۵- رنگ کاری جوش‌های کارگاهی و پیچ‌ها

نواحی جوش‌های کارگاهی و پیچ‌هایی که به‌طور مناسبی محافظت نشده‌اند باید با سیستم تائید شده‌ای توسط دستگاه نظارت، رنگ‌آمیزی شوند تا از مشخصات، عملکرد و سازگاری مشابه با سیستم محافظتی استفاده شده در سطوح اطراف اطمینان حاصل شود. تمام وسایل اتصال و پیچ‌هایی که با روش محافظتی مشابه با روش محافظتی کارهای فولادی تهیه شده باشند، نیازی به رنگ کردن ندارند.

۷-۱۰-۵-۶- بازرسی پوشش‌های انجام‌شده در کارگاه

در صورتی که در مشخصات پروژه، مجوز یا الزام به پوشش ذکر شده باشد، غیر از قطعاتی که باید براساس بخش ۷-۱۰-۳ در کارگاه پوشش داده شوند، بازرسی کارگاه باید به برنامه کنترل کیفیت پروژه اضافه گردد. برنامه بازرسی باید شامل مراحل کنترل کیفیت مصالح مورد استفاده، ضخامت پوشش‌های اعمال‌شده و فرآیند استفاده و کاربری، مطابق توصیه تولیدکننده محصول باشد.

۷-۱۰-۶- پوشش‌های سطوح مدفون‌شده در بتن

رنگ‌آمیزی و ماسه‌پاشی سطوح فولادی سازه‌ای که قرار است در بتن مدفون شوند اجباری نیست، مگر آنکه در مشخصات پروژه به‌عنوان الزام ذکر شده باشد.

۷-۱۱- سلامت، ایمنی و محیط زیست

تمام ضوابط عمومی مندرج در فصل دوم (جلد اول، ایمنی، سلامت و محیط زیست) مراحل اجرایی مرتبط با اجرای سازه‌های فولادی لازم الاجراست. در ادامه به ضوابط اختصاصی سلامت، ایمنی و محیط زیست مرتبط با این فصل پرداخته می‌شود.

۷-۱۱-۱- تخلیه آهن‌آلات از تریلر، کامیون و کامیونت باید با استفاده از وسایل بالابر و جرثقیل و مطابق ضوابط بند ۶-۷-۲ انجام شود. همچنین انبارش آهن‌آلات باید مطابق بند ۲-۲-۵-۲۱ و ۲۲ انجام پذیرد.

۷-۱۱-۲- بالاکشیدن اجسام سنگین و حجیم از جمله تیرآهن و قطعات فولادی به‌صورت دستی با طناب، کابل و نظایر آن مجاز نیست و باید از جرثقیل و یا سایر بالابرهای مکانیکی مناسب استفاده شود. همچنین استفاده از زنجیر برای بستن تیرآهن و سایر اجزای فولادی مجاز نیست. ایمنی وسایل بالابر و سایر ادوات و تجهیزاتی که در برپایی و نصب اجزای سازه‌های فولادی مورد استفاده قرار می‌گیرند باید مطابق با مفاد بند ۲-۸ تامین شود.

۷-۱۱-۳- قبل از شروع عملیات تخلیه و بارگیری، نصب و برپایی اسکلت فولادی و جابه‌جایی اجزای فولادی به‌ویژه قطعات حجیم و طویل، باید وضعیت حریم خطوط هوایی و پست‌های برق موجود در مجاورت محدوده عملیات و استقرار ماشین‌آلات حمل و بالابرها مورد بررسی قرار گرفته و اقدامات مقتضی مطابق بند ۷-۱۱-۲ به‌عمل آورده شود.

۷-۱۱-۴- هنگام تخلیه آهن آلات (تیرها، ستون‌ها، ورق‌ها، پروفیل‌ها و ...) و هنگام عملیات برپایی و نصب اسکلت فولادی، باید منطقه عملیاتی با نوارکشی یا نرده‌گذاری و نصب علائم تصویری و نوری مطابق بند ۲-۱۱ محصور شود تا از ورود افراد غیرمجاز به داخل محوطه مذکور جلوگیری به عمل آید. همچنین برای هدایت عابران و وسایل نقلیه، باید به تناسب وضعیت ترافیکی محل، فرد یا افراد علامت‌دهنده حضور داشته باشند.

۷-۱۱-۵- انتخاب محل استقرار ماشین آلات مورد نیاز عملیات تخلیه، برپایی و نصب اجزای اسکلت فولادی در معابر باید با رعایت ضوابط بند ۲-۲-۷-۱ انجام شود.

۷-۱۱-۶- هنگام انجام عملیات باربرداری با جرثقیل‌های متحرک، باید به بیرون‌زدگی کابین متصدی هنگام چرخش توجه شود و باید حداقل فاصله ایمن برای عدم برخورد با سایر وسایل نقلیه به‌ویژه هنگام کار کردن در معابر عمومی، رعایت شود.

۷-۱۱-۷- قبل از شروع کار نصب و برپایی اسکلت فولادی، باید نسبت به پیش‌بینی اوضاع جوی و اخذ اعلام‌های لازم از مراجع دارای صلاحیت برای دریافت اطلاعات وضعیت آب و هوا در روزهای انجام عملیات، اقدام شود. در شرایط نامساعد جوی از قبیل باد، طوفان و بارندگی و یا در صورت ناکافی بودن روشنایی و محدود بودن میدان دید، باید از ادامه کار بر روی اسکلت فولادی جلوگیری به عمل آید. همچنین تیر و سایر قطعات فولادی نباید در هنگام نصب، آغشته به برف، یخ و یا سایر مواد لغزنده باشند.

۷-۱۱-۸- ضروری است تمام اقدامات و ارزیابی‌های لازم در زمینه احتمال سقوط بار حین بالاکشیدن تیرها و ستون‌ها در اثر خطای انسانی متصدی جرثقیل یا پاره شدن و بازشدن ابزارهای بستن بار بر روی بناها و تاسیسات واقع در محدوده عملیات به‌عمل آورده شود و پیش‌بینی‌های لازم برای رخداد شرایط اضطراری و اقدامات حفاظتی قبل و حین عملیات تدبیر شود.

۷-۱۱-۹- قبل از بالا کشیدن تیرآهن‌ها و سایر قطعات فولادی، اشیاء و قطعات واقع بر روی اسکلت که در معرض سقوط قرار دارند باید برداشته شوند. همچنین باید پیش‌بینی‌های لازم برای جلوگیری از سقوط آچارهای سفت کردن پیچ‌ها و سایر ابزارهای دستی تیم اجرایی نصب اسکلت مطابق بند ۲-۲-۳ به‌عمل آورده شود.

۷-۱۱-۱۰- قطعات فولادی مرکب که در ارتفاع بالایی نصب می‌شوند، باید برای کاهش ریسک، تا حد امکان روی زمین مونتاژ و متصل گردند. در غیر این صورت با توجه به ضوابط و زیر نظر شخص دارای صلاحیت، باید ابتدا در محل کارخانه یا پای کار، پیش‌نصب شوند.

۷-۱۱-۱۱- در عملیات ساخت، برپا نمودن و نصب اجزای فولادی سازه باید عوامل اجرایی مجهز به تجهیزات حفاظت از سقوط مطابق بند ۲-۱۰ باشند و از وسایل و تجهیزات حفاظت فردی از قبیل کلاه ایمنی، کفش ایمنی، عینک و سپر حفاظتی در برابر اشعه و دستکش حفاظتی با رعایت مفاد بند ۲-۱۰ به تناسب عملیات استفاده کنند.

۷-۱۱-۱۲- هنگام بالا بردن تیر آهن و سایر اجزای اسکلت فلزی به وسیله جرثقیل، باید برای جلوگیری از نوسان شدید آن‌ها و بروز حادثه، به وسیله چند رشته طناب هدایت بار^۱ و به طور دستی حرکت آن‌ها را کنترل نمود. لذا در قسمت‌هایی از قطعات و اجزای تشکیل‌دهنده اسکلت‌های فولادی باید نقاط اتصال مناسبی برای قلاب طناب نجات (در تجهیزات حفاظت سقوط) و طناب‌های هدایت بار پیش‌بینی شود.

۷-۱۱-۱۳- در موقع نصب ستون‌ها، برای جلوگیری از سقوط آن‌ها، باید این ستون‌ها به وسیله تیرهای واسط با سایر ستون‌ها مهار شوند. چنانچه اتصال ستون‌ها به وسیله تیرهای واسط امکان‌پذیر نباشد، باید با نظر شخص دارای صلاحیت، موقتاً با مهارهای جانبی پایدار گردند. در هر حال هیچ ستونی نباید قبل از ایجاد اتصال با ستون‌های مجاور و تأمین پایداری آن، رها شود.

۷-۱۱-۱۴- در موقع نصب و برپایی اجزای فولادی سازه از قبیل ستون‌ها، تیرها یا خرپاها، باید قبل از جدا کردن نگهدارنده‌ها و رها کردن آن‌ها، حداقل‌های تعیین شده در نقشه‌های نصب برای جوشکاری و یا بستن پیچ‌ها و مهره‌ها انجام گرفته باشد. همچنین قبل از نصب هر عضو سازه بر روی سازه دیگر، عضو زیرین سازه باید ۱۰۰ درصد پیچ و مهره یا جوشکاری شده باشد. تیرها و ستون‌ها باید بلافاصله پس از نصب و جوشکاری و یا پیچ و مهره شدن، از نظر اطمینان به انجام صحیح و ایمن کار، مورد بازدید قرار گیرند.

۷-۱۱-۱۵- سوار شدن افراد تیم اجرایی روی قلاب جرثقیل یا بار در حال حمل و هنگام جابه‌جایی تیر و ستون‌ها در عملیات نصب و برپایی، ممنوع است.

۷-۱۱-۱۶- جایگاه‌های کار ایمن به‌ویژه وسایل دسترسی ایمن باید مطابق بند ۲-۵ برای کارگران شاغل در عملیات نصب اسکلت فولادی و سایر فعالیت‌های مرتبط تأمین شود. جوشکاری الکتریکی اسکلت فلزی به وسیله داربست‌های آویزان (معلق) که با کابل نگهداری می‌شوند، مجاز نیست.

۷-۱۱-۱۷- هنگام کار با ابزارهای دستی و قدرتی در فعالیت‌هایی مانند سوراخکاری، برزو زدن، برشکاری، پخزنی و بستن پیچ و مهره‌ها ... باید ضوابط بند ۲-۷-۸ رعایت شود.

۷-۱۱-۱۸- کارگران شاغل در فعالیت‌های سوراخکاری، برزو زدن، برشکاری، فرزکاری و پخزنی باید از عینک ایمنی و سپرمحافظ صورت مطابق بند ۲-۱۰-۳ استفاده نمایند.

۷-۱۱-۱۹- در صورت استفاده از دستگاه‌های جوشکاری و برشکاری برای ساخت، برپایی و نصب اجزای فولادی سازه و در صورت استفاده از روش پرتونگاری برای انجام آزمون غیرمخرب جوش، باید مفاد بند ۲-۳ کاملاً رعایت شود.

۷-۱۱-۲۰- کارگرانی که سطح قطعات فولادی را با مواد شیمیایی و یا با روش ماسه‌پاشی یا برس سیمی تمیز می‌کنند و کارگرانی که پاشش رنگ بر روی قطعات فلزی را انجام می‌دهند، باید از ماسک‌های تنفسی مطابق بند ۲-۱۰-۹ و عینک ایمنی و سپرمحافظ صورت مطابق بند ۲-۱۰-۳ و سربند حفاظتی و لباس کار با پوشش کامل بدن استفاده نمایند.

- ۷-۱۱-۲۱- هنگام اجرای پوشش‌های حفاظتی و استفاده از رنگ و مواد شیمیایی و مشتقات نفتی لازم است تدابیر ضد حریق مطابق بندهای ۲-۴-۲ و ۳ به عمل آورده شود.
- ۷-۱۱-۲۲- کارگرانی که عملیات نصب اسکلت فلزی را انجام می‌دهند باید از کفش‌های ایمنی با کف ضد لغزش استفاده کنند. همچنین قبل از شروع کار باید بررسی شود که مواد لغزنده مانند روغن و گازوئیل در مسیر تردد کارگران نصاب اسکلت بر روی زمین نریخته باشد.
- ۷-۱۱-۲۳- هنگام عملیات جوشکاری رعایت الزامات بند ۲-۳ الزامی است.

Building General Technical Specification Volume IV Demolition-Geotechnics

[IR-Code 55-4]

Authors & Contributors Committee:

Abazar	Asghari (Steel and Implementation of Steel Structures section Chair)	University of Tehran	Ph.D. of Civil Eng.
Rasoul	Mirghaderi	University of Tehran	Ph.D. of Civil Eng.
Nader	Fanaie	K.N.Toosi University of Technology	Ph.D. of Civil Eng.
Shahrokh	Shoabi	Consulting Engineers	Ph.D. of Civil Eng.
Farzan	Hadadshargh	Azad University	Ph.D. of Civil Eng.
Soheil	Jafarinejad	Construction Materials Institute of University of Tehran	M.Sc. of Civil Eng.
Amir	Malekmohammadi	Construction Materials Institute of University of Tehran	M.Sc. of Civil Eng.

Coordination and Integration Committee:

Mohammad	Shekarchi (Chair)	University of Tehran	Ph.D. of Civil Eng.
Asghar	Sead samii	University of Tehran	Ph.D. of Architectural Eng.
Hasan	Aghatabesh	Ministry of Roads & Urban Development	M.Sc. of Civil Eng
Mohammad hosein	Eftekhari	Bonyad Maskan Co.	M.Sc. of Civil Eng.
Alireza	Toutounchi	Deputy of Department of Technical & Executive Affairs	M.Sc. of Civil Eng.
Mohammad jafar	Alizadeh	Ministry of Roads & Urban Development	M. Sc. of Civil Eng.

Javad	Farid	Behrad Fardis Co.	M.Sc. of Civil Eng.
Mohammad reza	Tabib zadeh	Association of Petroleum Industry Engineering & Construction Companies	M.Sc. of Civil Eng.
Behnaz	Pourseyed	Former Head of Department of Technical & Executive Affairs	M.Sc. of Civil Eng.
Mohammad reza	Siadat	Expert of Department of Technical & Executive Affairs	M.Sc. of Architectural Eng.
Hassan	Soltanali	Avid Saraye Imeni Keifiyat Co.	M.Sc. of Civil Eng.
Mohsen	Bahram ghaffari	Hafez Construction Co.	M.Sc. of Civil Eng.
Farzin	Kalantary	K.N.Toosi University of Technology	Ph.D. of Civil Eng.
Hormoz	Famili	Kooban Kav Consulting Engineers Co.	Ph.D. of Civil Eng.
Abazar	Asghari	University of Tehran	Ph.D. of Civil Eng.
Rasoul	Mirghaderi	University of Tehran	Ph.D. of Civil Eng.
Farhang	Farahbod	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.
Nader	Khajeh ahmad attari	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.
Sohrab	Veisheh	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Mining Eng.
Mojdeh	Zargaran	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Chemical Eng.
Behrouz	Kari	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.
Alireza	Khavandi	University of Zanjan	Ph.D. of Civil Eng.
Abdollah	Hosseini	University of Tehran	Ph.D. of Civil Eng.
Seyed ali	Razavi	University of Science and Culture	Ph.D. of Civil Eng.
Behnam	Mehrpavar	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.

Steering committee (With the secretary of Road, Housing & Urban Development Research Center):

Mohammad	Shekarchi (chair)	University of Tehran
Mohammad hosein	Eftekhar	Bonyad Maskan Co.
Mohammad jafar	Alizadeh	Ministry of Roads & Urban Development
Alireza	Toutounchi	Plan and Budget Organization

Steering committee (Plan and Budget Organization):

Alireza	Toutounchi	Deputy of Department of Technical & Executive Affairs
Mohammad reza	Siadat	Expert of Department of Technical & Executive Affairs
Sajjad	Heidari Hasanaklou	Expert of Department of Technical & Executive Affairs

Abstract

The first edition of Code 55 was published in 1974 with focus on standardizing the general technical specifications for buildings in the country. The second edition, released in 2013, also considered an adaptation to the country's climatic conditions and incorporated attention to new technologies and industrial innovations. The revision and completion of contents, particularly in the second chapter "Construction Materials," the fifth chapter "Concrete," and the inclusion of new relevant standards throughout the text, along with technical editing of the entire collection, were among the significant changes that have been made.

The current edition, compiled by the Road, Housing, and Urban Development Research Center, represents the "third revision" of Code 55. This revision is based on the significant developments in the construction industry in the recent years compared to the previous edition. Fundamental revisions have been made, with key topics including attention to principles of sustainable development, environmental protection, energy conservation, application of new technologies, and industrialized building methods. There is also a focus on considering climatic and geographical conditions in material selection, providing implementation methods with monitoring and control capabilities, prioritizing the use of local materials and domestic construction, and paying special attention to the country's seismic conditions.

Due to the extensive content, this regulation has been prepared and compiled in ten separate volumes as described below:

- Volume One: General Specification, Documentation, Health and Safety Executive
- Volume Two: Demolition, Geotechnics
- Volume Three: Concrete, Technology and Construction
- **Volume Four: Steel and Implementation of Steel Structures**
- Volume Five: Masonry work, Building Facade
- Volume Six: Insulation
- Volume Seven: Coatings
- Volume Eight: Doors and Windows
- Volume Nine: Landscaping
- Volume Ten: Seismic Rehabilitation of Existing Buildings

This volume (the fourth volume) consists of the seventh chapter (Steel and Implementation of Steel Structures).

Users are encouraged to send their desired amendments to the secretariat of Code 55 (Code55@bhrc.ac.ir) to contribute to the enhancement of the current code. Proposed amendments will be reviewed by experts, and a revised text will be prepared if necessary. It is important to acknowledge the approximately 100 professors and experts who actively participated in compiling this edition.

**Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization**

Building General Technical Specification Volume IV

Demolation-Geotechnics

**IR-Code 55-4
Last Version 01/08/2025**

Deputy of Technical, Infrastructure and
Production

Road, Housing & Urban
Development Research Center

Department of Technical and Executive
Affairs

Department/Office

nezamfanni.ir

این ضابطه

به عنوان جلد چهارم مشخصات فنی عمومی
کارهای ساختمانی، به فولاد و اجرای سازه‌های
فولادی در هنگام ساخت ساختمان می‌پردازد و
رعایت آن طبق بخشنامه ابلاغی الزامی است.