

◀ ۱-۲ لوله‌های فولادی

◀ ۱-۱-۲ کلیات

لوله‌های فولادی بر حسب تکنولوژی ساخت شامل سه نوع کلی به شرح زیر می‌باشند :

۱-۱-۱-۲ لوله‌های فولادی بدون درز^۱

لوله‌های فولادی بدون درز، در اقطار کوچک و از طریق نورد گرم تولید می‌شوند و برای فشار کارهای زیاد، کاربرد دارند. لذا این قبیل لوله‌ها در خطوط انتقال آب و شبکه‌های توزیع آب و تأسیسات شهری کمتر مورد استفاده می‌باشند.

۲-۱-۱-۲ لوله‌های درز مستقیم^۲

لوله فولادی درز مستقیم از طریق تغییر فرم و لوله کردن ورق‌های تخت فولادی تولید شده و در اقطار مختلف ساخته می‌شوند. در این روش از طریق پرس، ابتدا ورق تخت فولادی به صورت U و سپس به صورت O تغییر شکل داده می‌شود و محل درز حاصل از تماس دو لبه ورق که در امتداد طول لوله می‌باشد، جوشکاری می‌گردد.

۳-۱-۱-۲ لوله‌های اسپیرال^۳

لوله‌های فولادی اسپیرال از طریق پیچاندن و نورد نمودن نوارهای فولادی توسط ماشین مخصوص و در داخل قالب مربوط ساخته می‌شوند. در این روش، درز بین دو لبه دو طرف ورق که به صورت مارپیچ حول محور لوله می‌باشد، جوشکاری می‌گردد. در ساخت این لوله‌ها، محدودیت عرض ورق نورد شده کاهش می‌یابد. در سالهای اخیر، ساخت و کاربرد این نوع لوله در ایران گسترش زیادی یافته است.

◀ ۲-۱-۲ استانداردهای ساخت و نصب لوله‌های فولادی

برای ساخت انواع لوله‌های فولادی استانداردهای متعدد ملی و بین‌المللی وجود دارد. برخی از این استانداردها به شرح زیر است. متذکر می‌شود که ساخت لوله فقط محدود به استانداردهای ذکر شده نمی‌باشد.

- استاندارد (ISIRI - ۴۲۱) مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در مورد قطر خارجی لوله‌های فولادی.
- استاندارد (ISIRI - ۴۲۲) مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در مورد ضخامت لوله‌های فولادی.
- استاندارد (ANSI /AWWA C 200) انستیتو استانداردهای ملی آمریکا و انجمن کارهای آبی آمریکا در مورد لوله‌های فولادی آب.
- استاندارد (ISO 559) لوله‌های فولادی برای آب و فاضلاب.

¹ Seamless

² U & O

³ Spiral

- استاندارد (DIN 2460) لوله‌های فولادی برای آب.
- استاندارد (BS 534) لوله‌های فولادی و قطعات خاص برای آب و فاضلاب.
- استاندارد (API 5L) انستیتوی نفت آمریکا در مورد مشخصات فنی خطوط لوله فولادی بدون درز و درزدار.
- استاندارد (API 5LS) انستیتوی نفت آمریکا در مورد مشخصات فنی لوله فولادی اسپیرال.
- استاندارد (ISIRI 1026) مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در مورد آزمون تخت کردن لوله‌های فولادی.
- استاندارد (ISIRI 1793) مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در مورد آزمون لبه اتصال (فلنج) لوله‌های فولادی.
- استاندارد (ISIRI 6771) مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در مورد لوله‌های فولادی برای آبرسانی و فاضلاب.
- استاندارد (ANSI /AWWA C 206) نشریه مشترک انجمن کارهای آبی آمریکا و انستیتو استانداردهای ملی آمریکا درباره جوشکاری در کارگاه برای اتصال لوله‌های فولادی آبرسانی.

در این مشخصات فنی، از آخرین چاپ (۲۰۰۴) نشریه M 11 انجمن کارهای آبی آمریکا (AWWA) تحت عنوان، راهنمای طراحی و نصب لوله‌های فولادی کارهای آبی^۱ استفاده زیادی شده است. لذا در صورت نیاز به اطلاعات و توضیحات بیشتر در خصوص طراحی و نصب لوله‌های فولادی برای مصارف آبی، به آخرین چاپ نشریه فوق مراجعه گردد.

◀ ۳-۱-۲ حداقل ضخامت

حداقل ضخامت ورق برای حمل و نقل و جابجایی براساس سه رابطه زیر تعیین می‌شود :

- رابطه گاز و برق پاسیفیک^۲

$$t = \frac{D}{288} \quad (۱)$$

- رابطه اداره آبادانی آمریکا^۳

$$t = \frac{D + 20}{400} \quad (۲)$$

- برای لوله‌های با اندود داخلی سیمان و پوشش انعطاف‌پذیر خارجی

$$t = \frac{D}{240} \quad (۳)$$

در روابط بالا، ضخامت ورق لوله به میلیمتر t و قطر اسمی لوله به میلیمتر D می‌باشد.

ضخامت ورق تحت هیچ شرایطی نباید از ۱/۹ میلیمتر کمتر باشد.

^۱ Steel Water Pipe : A Guide for Design and Installation (AWWA-M 11)- 2004

^۲ Pacific Gas and Electric Formula

^۳ US Bureau of Reclamation Formula

رابطه (۱) برای لوله‌های با قطر داخلی تا ۱۳۵۰ میلیمتر (۵۴ اینچ) و رابطه (۲) برای لوله‌های با قطر داخلی بیش از ۱۳۵۰ میلیمتر می‌باشد.

در عمل، لوله‌ها باید قادر باشند که بدون صدمه دیدن در حین حمل و نقل و جابجایی (قر شدگی، سوراخ شدن و غیره)، در اثر وزن خود در زمان حمل و نقل، انبارداری، ریشه کردن و همچنین نصب در عمق‌های متعارف، نیز از حالت دایره خارج نشده و به صورت دو پهن^۱ در نیایند. برای این منظور نیز حداقل ضخامت ورق حدوداً باید بین D/100 الی D/120 باشد. در هر صورت حداقل ضخامت جداره لوله، باید توسط طراح تعیین شود.

در جدول شماره ۱-۱-۲، حداقل ضخامت لوله‌های فولادی اندود نشده برای اتصال جوشی براساس استاندارد DIN 2460 منعکس می‌باشد. ضخامت‌های فوق با توجه به حداقل‌های مورد نیاز برای حفظ مشخصات لوله در حین بارگیری، حمل و نقل، باراندازی، انبارداری و ریشه کردن تعیین شده است.

در نشریه M 11 انجمن کارهای آبی آمریکا (AWWA)، مشخصات کامل لوله‌های فولادی با ضخامت‌های مختلف درج گردیده است.

جدول ۱-۱-۲: مشخصات فنی لوله‌های فولادی طبق استاندارد DIN 2460 (به عنوان راهنما)

قطر اسمی (میلیمتر)	قطر خارجی (میلیمتر)	ضخامت جدار لوله (میلیمتر)	وزن هر متر لوله متر/کیلوگرم	فشار اسمی (بار)	
				فولاد ST 52.3	فولاد ST 37.2
۸۰	۸۸/۹	۳/۲	۶/۷۶	۱۲۵	۸۰
۱۰۰	۱۱۴/۳	۳/۲	۸/۷۷	۱۰۰	۶۳
۱۲۵	۱۳۹/۷	۳/۶	۱۲/۱	۸۰	۶۳
۱۵۰	۱۶۸/۳	۳/۶	۱۴/۶	۶۳	۵۰
۲۰۰	۲۱۹/۱	۳/۶	۱۹/۱	۵۰	۴۰
۲۵۰	۲۷۳	۴/۰	۲۶/۵	۵۰	۳۲
۳۰۰	۳۲۳/۹	۴/۵	۳۵/۴	۵۰	۳۲
۳۵۰	۳۵۵/۵	۴/۵	۳۹/۰	۴۰	۳۲
۴۰۰	۴۰۶/۴	۵/۰	۴۹/۵	۴۰	۲۵
۵۰۰	۵۰۸	۵/۶	۶۹/۴	۴۰	۲۵
۶۰۰	۶۱۰	۶/۳	۹۳/۸	۴۰	۲۵
۷۰۰	۷۱۱	۶/۳	۱۰۹	۳۲	۲۰
۸۰۰	۸۱۳	۷/۱	۱۴۱	۳۲	۲۰
۹۰۰	۹۱۴	۸/۰	۱۷۹	۳۲	۲۰
۱۰۰۰	۱۰۱۶	۸/۸	۲۱۹	۳۲	۲۰
۱۲۰۰	۱۲۱۹	۱۱/۰	۳۲۸	۳۲	۲۰
۱۴۰۰	۱۴۲۲	۱۲/۵	۴۳۴	۳۲	۲۰
۱۶۰۰	۱۶۲۶	۱۴/۲	۵۶۲	۳۲	۲۰
۱۸۰۰	۱۸۲۹	۱۶	۷۱۲	۳۲	۲۰
۲۰۰۰	۲۰۳۲	۱۷/۵	۸۶۴	۳۲	۲۰

¹ Oval

۴-۱-۲ انواع اتصالاتی های لوله های فولادی

لوله های فولادی با درز مستقیم و اسپیرال در طول های بین ۱۰ تا ۱۲ متر تولید می شوند. برای اتصال لوله ها به یکدیگر و یا به شیرآلات و متعلقات، استفاده از انواع اتصالاتی ها ضروری است. انواع اتصالاتی های معمول به شرح زیر می باشند.

۱-۴-۱-۲ اتصال جوشی

برای اتصال جوشی لوله های فولادی به یکدیگر، از جوش الکتریکی استفاده می شود. استانداردها و دستورالعمل های متعددی در این خصوص وجود دارند که از جمله استانداردهای (ANSI / AWWA C 206) و (API 1104) می باشند. مهندس مشاور باید در صورت لزوم، مشخصات جوشکاری مورد نظر را ضمیمه اسناد نموده و استانداردهای مربوط را مشخص نماید. مشخصات فنی عمومی جوشکاری لوله ها و اتصالات در پیوست شماره یک این بخش درج شده است که در هر نوع جوشکاری لازم الاجرا می باشد. اتصال جوشی لوله های فولادی به یکی از روشهایی که در شکل شماره ۱-۱-۲ نشان داده شده انجام می پذیرد. مشخصات کلی هر روش به شرح زیر می باشد.

۱-۱-۴-۱-۲ اتصال جوشی لب به لب^۱

در این نوع اتصال، لبه های دو لوله دارای پخی می باشند که ابعاد پخی و زاویه آن با توجه به فشار و ضخامت جدار لوله در استانداردها تعیین شده و در کارخانه ایجاد می شود. لوله های فولادی تولیدی در ایران عموماً از این نوع می باشند. برای به کار بردن این نوع اتصال، بالاخص برای قطرهای بالاتر از ۳۰۰ میلیمتر، از گیره های داخلی یا خارجی^۲ استفاده می شود. این نوع اتصال می تواند به صورت جوش یک طرفه (شکل ۱-۱-۲-الف) و یا جوش دو طرفه (شکل ۱-۱-۲-ب) اجرا شود. جوش لب به لب دو طرفه برای لوله های با قطر مناسب (حداقل ۸۰۰ میلیمتر) کاربرد دارد.

۲-۱-۴-۱-۲ اتصال جوشی رویهم^۳

در این نوع اتصال، قطر انتهای یک طرف هر شاخه لوله کمی بزرگتر از قطر اسمی لوله می باشد و بنابراین، در موقع کارگذاری، عملاً سرساده هر شاخه لوله در داخل لوله مقابل قرار می گیرد و سپس محل اتصال، جوشکاری می شود. در این نوع اتصال و برحسب نیاز، جوشکاری در داخل یا خارج و یا هر دو طرف محل اتصال انجام می شود. این نوع اتصال در شکل شماره ۱-۱-۲-پ نشان داده شده است. از این نوع اتصال لوله معمولاً در ایران استفاده نمی شود.

۳-۱-۴-۱-۲ اتصال جوشی با وصله^۴

در این نوع اتصال، یک کمربند ساخته شده از تسمه فلزی روی دو سرلوله قرار داده شده و این تسمه به بدنه لوله ها جوش می شود. ضخامت و مشخصات تسمه فلزی براساس نیاز و با همان ضخامت لوله می باشد. متذکر می گردد که تسمه فلزی در حقیقت قطعه لوله ای است که قطر داخلی آن مساوی قطر خارجی لوله های اصلی است. این قطعه لوله می تواند به صورت یک پارچه بوده و

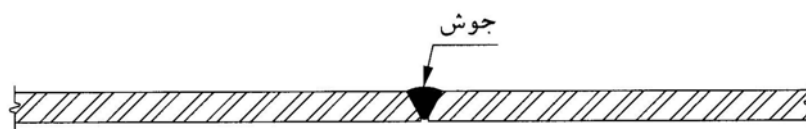
^۱ Welded Butt Joint

^۲ Internal & External Clamp

^۳ Welded Slip

^۴ Butt Scrap Joint

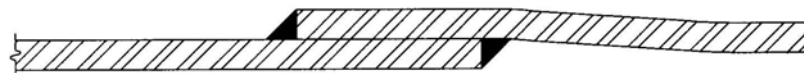
یا در دو یا چند قطعه (قطاع دایره) ساخته شود. این نوع اتصالی در شکل شماره ۲-۱-۱-ت نشان داده شده است. عرض تسمه برای لوله‌های با قطر کمتر از ۹۰۰ میلیمتر نباید از ۱۰ سانتیمتر و برای اقطار بیش از ۹۰۰ میلیمتر از ۱۵ سانتیمتر کمتر باشد. فاصله آزاد بین دو لبه لوله برای لوله‌های با قطر کمتر از ۹۰۰ میلیمتر نباید از ۲/۵ سانتیمتر و برای اقطار بیش از ۹۰۰ میلیمتر از ۵ سانتیمتر کمتر باشد.



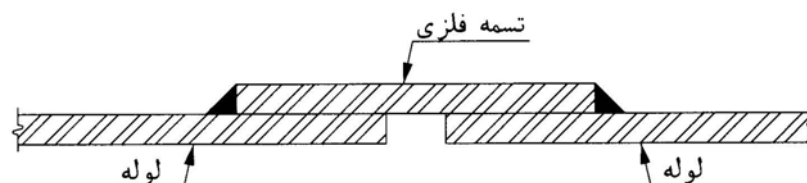
الف - اتصال جوشی لب به لب یک طرفه



ب - اتصال جوشی لب به لب دو طرفه



پ - اتصال جوشی رویهم



ت - اتصال جوشی با کمر بند (تسمه) فلزی

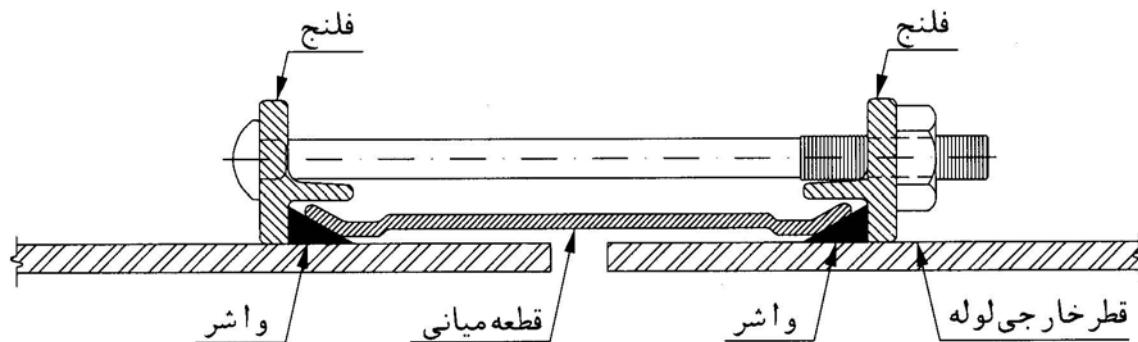
شکل ۲-۱-۱: انواع اتصال جوشی در لوله‌های فولادی

۲-۴-۱-۲ اتصالاتی های مکانیکی

برای اتصال لوله های فولادی، انواع دیگر اتصالاتی که اتصال مکانیکی نامیده می شوند، از قبیل اتصال قابل انعطاف^۱، اتصال قابل انقباض^۲، اتصال فلنجی^۳، اتصال دنده ای^۴ نیز به کار می روند.

۱-۲-۴-۱ اتصال قابل انعطاف

این نوع اتصال از دو قطعه حلقه فولادی فلنج دار، دو عدد حلقه لاستیکی، یک قطعه میانی و تعدادی پیچ و مهره تشکیل شده است (شکل شماره ۲-۱-۲). در این نوع اتصال، ابتدا حلقه های فولادی فلنج دار و سپس حلقه های لاستیکی روی هر یک از سر لوله ها نصب شده و سپس قطعه میانی روی یکی از لوله ها سوار شده و لوله دیگر به داخل قطعه میانی هدایت می شود. سپس، با بستن پیچ و مهره ها و سفت کردن آنها، حلقه لاستیکی در فاصله بین قطعه میانی و حلقه های فولادی فلنج ها فشرده شده و باعث آب بندی دو لوله می شود. این نوع اتصالاتی دارای انعطاف پذیری خوبی است و به همین دلیل، هماهنگی لازم را با جابجایی و نشست زمین تا حد مجاز انحراف لوله و با حفظ آب بندی محل اتصال داشته و تا حدودی نیز قابلیت انقباض و انقباض دارد. در شکل شماره ۲-۱-۲ الف، اتصال قابل انعطاف معمولی برای لوله های با اقطار مساوی و در شکل شماره ۲-۱-۲ ب، اتصال قابل انعطاف پله ای برای لوله های فولادی با اقطار متفاوت نشان داده شده است. انواع دیگر اتصالاتی انعطاف پذیر به عنوان قطعه رابط دو سر لوله با اقطار مختلف، تبدیل و نظایر آن وجود دارد.



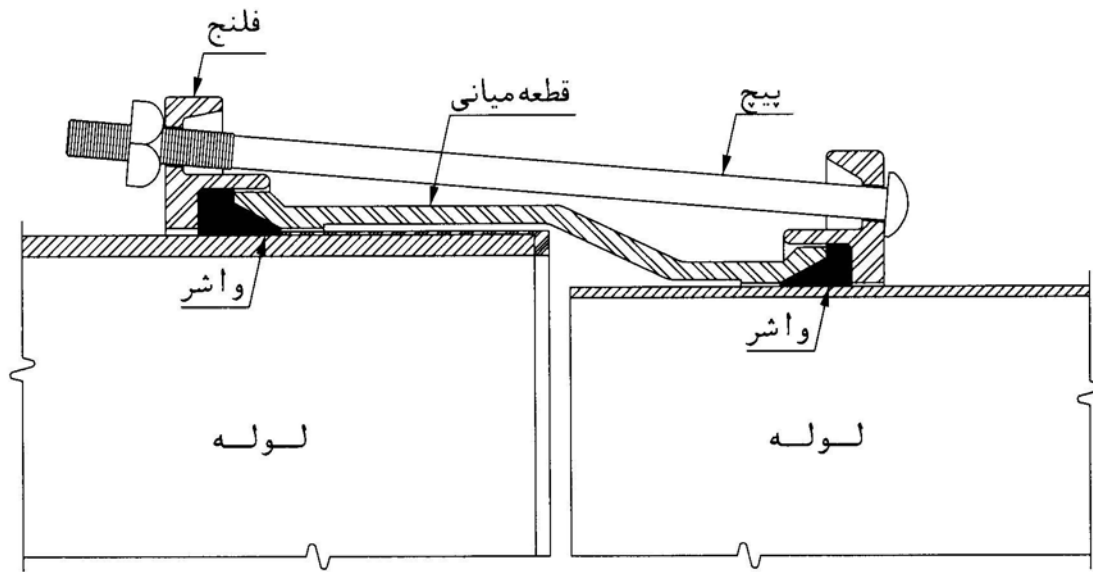
شکل ۲-۱-۲ الف : اتصال قابل انعطاف معمولی

¹ Flexible Joint (Flexible Coupling)

² Expansion Joint

³ Flanged Joint

⁴ Thread Joint

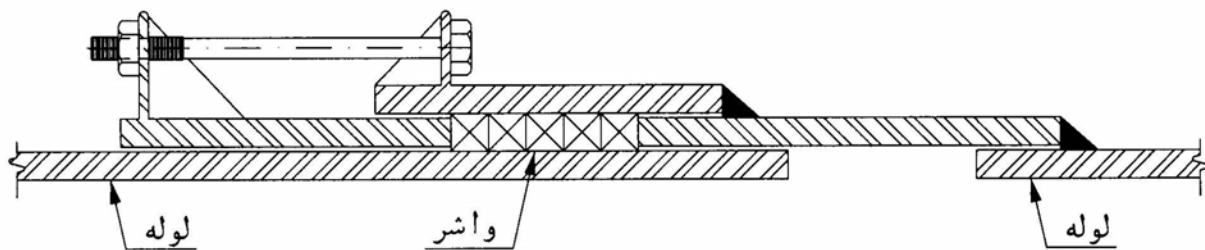


شکل ۲-۱-۲ ب: اتصال قابل انعطاف پله‌ای

۲-۲-۴-۱-۲ اتصال قابل انبساط

در خطوط لوله فولادی که در معرض تغییرات زیاد دمای محیط و یا سیال جاری در آن قرار گرفته و تغییر طول خط لوله بر اثر این تغییرات دما نسبتاً زیاد می‌باشد، لازم است در فواصل معین از خط لوله، اتصالی قابل انبساطی که قادر باشد چنین تغییراتی را قبول کند، نصب شود.

این نوع اتصالی به اشکال و قطعات مختلف ساخته شده، ولی عملکرد همگی یکسان می‌باشد. در شکل شماره ۳-۱-۲ نمونه‌ای از اتصالی قابل انبساط نشان داده شده است.



شکل ۳-۱-۲: اتصال قابل انبساط

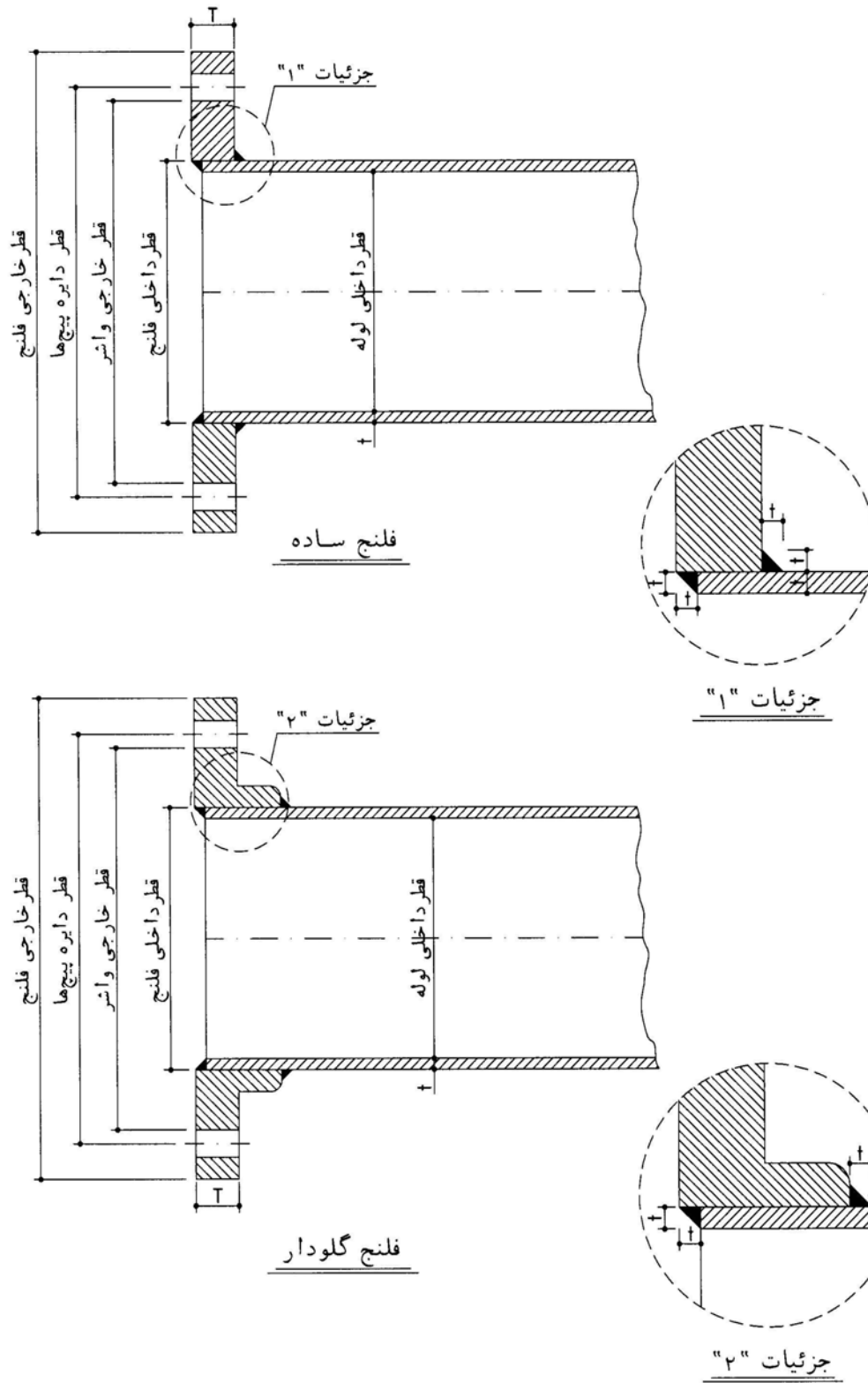
در شکل فوق، با پیچاندن مهره، واشر لاستیکی بین دو قطعه فشرده شده و عمل آب‌بندی انجام می‌شود. با تغییرات دما، دو سر لوله در حدود تعیین شده، قابلیت انقباض و انبساط داشته، بدون این که خط لوله از آب‌بندی خارج شود.

۲-۱-۴-۳ اتصال فلنجی

این نوع اتصالی برای اتصال دو لوله به یکدیگر و یا اتصال لوله به شیرآلات و متعلقات دارای فلنج استفاده می‌شود. بنابراین، هر دو سر لوله‌ها و متعلقات باید فلنجدار باشند. این نوع اتصالی در خطوط لوله اصلی، فقط در محل اتصال به شیرآلات کاربرد دارد. فلنج‌هایی که در این نوع اتصالی برای اتصال دو لوله بکار می‌روند، می‌توانند ساده^۱ یا گلودار^۲ باشند. فلنج‌ها براساس قطر و فشار با استانداردهای مختلف ساخته می‌شود.

آب‌بندی در این نوع اتصالی، توسط واشر مخصوص که بین دو فلنج قرار می‌گیرد تأمین شده که با پیچاندن مهره‌ها و نزدیک شدن فلنج‌ها به یکدیگر، واشر بین آنها فشرده شده و آب‌بندی برقرار می‌گردد. این نوع اتصالی قادر به انقباض و انبساط نبوده و هیچ‌گونه انعطاف‌پذیری در محل اتصالی مقدور نیست. همانطور که ذکر شد، اتصال فلنجی معمولاً برای لوله‌ها در داخل تلمبه‌خانه، تصفیه‌خانه و حوضچه شیرآلات کاربرد دارد. اتصال انواع فلنج‌ها برای ایجاد اتصال فلنجی در شکل ۲-۱-۴ نشان داده شده است.

^۱ Ring Flange^۲ Hub Flange



شکل ۲-۱-۴: جوشکاری اتصال فلنجی

۲-۱-۴-۲ اتصال دنده‌ای

این نوع اتصال، برای اتصال دو لوله به یکدیگر و یا اتصال لوله به متعلقات و شیرآلات دنده شده استفاده می‌شود. بنابراین، در یک سر لوله دنده بیرونی و در سر دیگر لوله دنده درونی تراشیده شده و با پیچانیدن، لوله‌ها در داخل هم رانده می‌شوند. در مواقعی که هر دو لوله به دلایل فنی فقط از بیرون رزوه شده است، از قطعه رابط که دو طرف دنده داخلی دارد، استفاده می‌شود.

این نوع اتصال در خطوط لوله انتقال و شبکه اصلی توزیع آب کمتر کاربرد دارد و در لوله چاه‌های آب و در شبکه‌های فرعی با لوله‌های فولادی گالوانیزه و بعضی مواقع در تلمبه‌خانه‌ها و تصفیه‌خانه‌ها بکار می‌رود.

۲-۱-۵ تأثیر فشار خط لوله و شرایط محلی برای انتخاب نوع اتصال

در اتصالاتی‌های خطوط لوله تحت فشار، نیروهایی بر اثر فشار داخلی خط انتقال بر اتصالاتی وارد می‌شود که ممکن است باعث جدا شدن قطعات اتصالاتی و در نتیجه باز شدن آن شود، مگر این که در اتصالاتی، تمهیداتی برای جلوگیری از جدا شدن قطعات پیش‌بینی شده باشد.

فشار داخلی خط لوله ممکن است ناشی از فشار استاتیک و یا فشار دینامیک باشد. قطع ناگهانی تلمبه‌ها و یا بستن سریع شیرها در خطوط انتقالی که آب از طریق آن و با استفاده از تلمبه انتقال داده می‌شود، ممکن است ایجاد ضربه قوچ^۱ نماید که بر اثر آن، در نقاطی از خط لوله، فشار داخلی به طور ناگهانی افزایش یافته و باعث جدا شدن قطعات اتصالاتی‌ها و یا حتی ترکیدگی لوله شود، مگر این که خط لوله و اتصالاتی‌های آن قادر به مقابله با این نیروها بوده و یا خط لوله مجهز به تمهیداتی شده باشد که نیروهای ناشی از ضربه قوچ را بی‌اثر کند.

نظر بر این که در مقابله با اثرات ضربه قوچ، لوله‌های از جنس نرم و قابل انعطاف، مقاومت بیشتری نسبت به لوله‌های از جنس ترد و شکننده دارند، لذا در مواردی که فشار خط لوله زیاد بوده و احتمال می‌رود بر اثر ضربه قوچ، نیروی زیادی به خط لوله وارد آید، لوله‌های فولادی مناسب تر از سایر انواع لوله‌ها می‌باشند.

اتصالاتی‌های جوشی که در آن شاخه‌های لوله فولادی به یکدیگر جوش داده می‌شوند تا خط لوله یکپارچه‌ای تشکیل گردد و همچنین، اتصالاتی‌های فلنجی که فلنج‌های دو قطعه اتصالاتی و واشر آب‌بندی بین آنها با پیچ و مهره متصل می‌شوند، بهتر می‌توانند با نیروهای داخلی ضربت قوچ مقابله کنند.

لذا، این نوع اتصالاتی‌ها برای فشارهای داخلی بالا و یا برای خطوط لوله‌ای که امکان ندارد برای آنها پشت‌بندها و مهارهای لازم ایجاد شود، مناسب‌تر می‌باشند.

در اتصالاتی‌های قابل انعطاف و اتصالاتی‌های قابل انبساط که در بندهای قبلی تشریح گردیده است، عامل مقاوم در مقابل نیروهای جدا کننده دو قطعه اتصالاتی، عملاً نیروهای حاصل از اصطکاک بین قطعات فلزی و واشر لاستیکی و بدنه لوله است که قادر نیست در مقابل نیروهایی که در جهت جدا کردن دو قطعه اتصالاتی از یکدیگر به خط لوله وارد می‌شود، مقاومت کند. لذا، کاربرد اتصالاتی‌های قابل انعطاف و اتصالاتی‌های قابل انبساط، در مواردی است که خط لوله در ترانشه نصب شده، یا در حالت روکار، تحت تأثیر قابل توجه نیروهای حاصل از ضربه قوچ نبوده و در محل تغییر مسیرها و انتهای خط لوله، مهاریهایی لازم و کافی ایجاد شده باشد.

^۱ Water Hammer

۱-۲-۶ حفاظت در مقابل خوردگی و تعمیرات آن

لوله‌های فولادی در مقابل خوردگی ناشی از آب و خاک مقاومت اندکی دارند. لذا و به منظور افزایش عمر مفید آنها و حفظ سرمایه‌گذاری به عمل آمده، حفاظت از جدارهای داخلی و خارجی لوله ضروری است.

با توجه به قابلیت خوردگی زیاد لوله‌های فولادی، در مواردی که قرار است سیالهایی نظیر فاضلاب شهری و یا صنعتی و یا آب دریا انتقال یابد، از خطوط لوله فولادی استفاده نمی‌شود، مگر در موارد خاص و اندک مانند لوله‌های ارتباطی برخی قسمتهای تصفیه خانه‌ها، تلمبه خانه‌ها و نظایر این گونه تأسیسات.

قبل از طراحی و انتخاب نوع لوله و نحوه حفاظت آن در مقابل خوردگی، انجام آزمایشهای دقیق و کامل خاکشناسی و تعیین قابلیت خوردگی آب و خاک که در تماس با جدار خارجی لوله قرار می‌گیرند، کاملاً ضروری است. نحوه محافظت و انتخاب نهایی نوع پوشش حفاظتی لوله‌ها با توجه به نتایج این آزمایشها صورت می‌گیرد.

در زنگ‌زدگی و خوردگی سطح خارجی لوله‌های فولادی مدفون، عوامل متعددی مؤثر است که مهمترین آن مقاومت الکتریکی^۱ خاک می‌باشد.

در جدول شماره ۲-۱-۲، رابطه قابلیت خوردگی با مقاومت الکتریکی خاک منعکس می‌باشد.

جدول ۲-۱-۲: رابطه قابلیت خوردگی با مقاومت الکتریکی خاک (ماخذ AWWA - M 11, 2004)

مقاومت الکتریکی خاک ohm - cm	شرح	طبقه بندی خاک
۱۰۰۰۰ - ۶۰۰۰	عالی	۱
۶۰۰۰ - ۴۵۰۰	خوب	۲
۴۵۰۰ - ۲۰۰۰	متوسط	۳
۲۰۰۰ - صفر	بد	۴

۱-۲-۶-۱ انواع پوشش سطوح داخلی و خارجی لوله‌های فولادی

برای جلوگیری از خوردگی لوله‌های فولادی باید از روشها و اجرای انواع پوشش و اندودهای سطوح خارجی و داخلی لوله با توجه به مقدار و خاصیت خوردگی خاک و آب استفاده نمود. ترمیم سطوح داخلی پوشش‌ها در محل اتصالی در لوله‌های با قطر بیش از ۵۰۰ میلیمتر انجام می‌گیرد. انواع حفاظت سطوح خارجی و داخلی لوله‌های فولادی در فصل پوشش‌های حفاظتی و کارهای تکمیلی این مشخصات فنی به طور کامل تشریح شده و شرایط و نحوه اجرای آنها برای لوله‌های فولادی و اتصالات و متعلقات مربوط و همچنین، نحوه آزمایش لوله‌های پوشش شده، تشریح گردیده است. در زیر و به صورت خلاصه و فقط برای آشنایی مقدماتی، نکاتی در این خصوص شرح داده می‌شود.

۱-۲-۶-۲ حفاظت کاتدی

لوله‌های فولادی که در زیرزمین (دفنی) نصب می‌گردند، بر اثر پدیده گالوانیزاسیون یا جریانهای الکتریکی موضعی، در معرض جریانهای الکتریکی قرار گرفته و دچار خوردگی می‌شوند. برای جلوگیری از آن، می‌توان از روش حفاظت کاتدی استفاده نمود.

¹ Electrical Resistivity

دو روش برای حفاظت کاتدی معمول است که یکی روش ایجاد بار منفی در سطح لوله به وسیله تزریق جریان، و دیگری روش ایجاد بار منفی در سطح لوله با آندهای فدا شونده می‌باشد. در روش تزریق جریان^۱، با نصب ترانس راکتیفایر، الکتریسیته جریان یکطرفه و بار منفی به وسیله کابل در جدار لوله متصل و بار مثبت به بستر آندی که در مجاورت خط لوله احداث می‌شود، متصل می‌گردد.

در روش حفاظت کاتدی با آند فداشونده^۲، آندهای فدا شونده در مجاورت خط لوله و در فواصل معین نصب و به وسیله کابل به جدار لوله متصل می‌شوند.

در خطوط لوله فولادی که با اتصال جوشی اجرا می‌شوند، پیوستگی جریان الکتریکی در طول خط لوله تأمین می‌گردد، ولی در خطوط لوله فولادی که دارای اتصال مکانیکی می‌باشند، پیوستگی الکتریکی به وسیله جوش دادن نوارهای مسی در دو طرف اتصال مکانیکی ایجاد می‌شود.

به منظور اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل لوله نسبت به زمین اطراف خود در طول خط لوله، نقاط اندازه‌گیری پیش‌بینی می‌گردد. برای جلوگیری از اتلاف جریان الکتریکی در محل اتصال لوله به شیرآلات، واشرهای عایق^۳ نصب می‌شود و پیوستگی جریان الکتریکی به وسیله تسمه مسی جوش شده به لوله، در دو طرف شیرآلات و متعلقات تأمین می‌گردد. مشخصات کامل و جزئیات اجرایی حفاظت کاتدی در بخش پوشش‌های حفاظتی و کارهای تکمیلی این مشخصات فنی شرح داده شده و پیمانکار موظف به رعایت کامل آنها می‌باشد.

۱-۶-۳ پوشش و اندود با ملات ماسه سیمان

ملات ماسه سیمان برای پوشش سطوح داخلی و خارجی لوله‌های فولادی به کار می‌رود، ولی این ملات در ایران، برای پوشش بیرونی کاربرد ندارد و فقط از ملات ماسه سیمان برای اندود سطح داخلی لوله‌های فولادی استفاده می‌شود. اندود سیمانی با ایجاد محیط قلیایی در مجاورت سطح لوله، از خوردگی آن حفاظت می‌نماید. اندود ماسه سیمانی لوله‌های فولادی در کارخانه سازنده لوله و یا در محل کارگاه لوله‌گذاری اجرا می‌شود، که روش کارگاهی آن، در مورد لوله‌های فولادی مرسوم‌تر است.

اندود داخلی لوله‌ها در کارگاه به صورت تک شاخه‌ای و یا به صورت درجا (پس از نصب لوله) انجام می‌پذیرد. معمولاً و در مواردی که قطر لوله بیش از ۱۰۰۰ میلیمتر بوده و اتصال لوله‌ها جوشی باشد، امکان اندود داخلی لوله با ملات ماسه سیمان به صورت درجا (پس از نصب لوله) توصیه می‌شود.

در مواردی که اندود داخلی لوله به صورت تک شاخه انجام می‌شود و اتصال لوله مکانیکی است، چون سطح تمام شده اندود داخلی تا انتهای دو سر لوله انجام می‌شود، تکمیل اندود در محل اتصال پس از نصب لوله ضرورت ندارد، ولی در صورتی که از اتصال جوشی استفاده شود، باید حد فاصل سطح تمام شده اندود در دو سر لوله در محل اتصال، پس از کارگذاری لوله، با دست ترمیم شود.

^۱ Impact Current

^۲ Sacrificial Anode

^۳ Isolating Gasket

مشخصات کامل و جزئیات اجرای اندود با ملات ماسه سیمان در فصل پوشش‌های حفاظتی و کارهای تکمیلی این مشخصات فنی آمده و رعایت آن برای پیمانکار الزامی است.

۲-۱-۶-۴ پوشش سطح خارجی با مواد قیری یا قطرانی به طریق گرم^۱

اخیراً و به علت احتمال ایجاد آلودگی در آب آشامیدنی، کاربرد مواد قیری و بالاخص قیر قطرانی، برای اندود داخلی لوله‌های انتقال آب آشامیدنی ممنوع شده است، ولی اجرای این پوشش در سطح خارجی لوله بسیار معمول است.

برای اجرای پوشش، ابتدا سطح لوله به وسیله ساچمه‌زنی^۲ یا ماسه‌پاشی^۳ تا درجه تعیین شده طبق مشخصات طرح، کاملاً تمیزکاری می‌شود تا سطح فلز لوله به رنگ خاکستری مات در آید.

بلافاصله پس از آماده‌سازی سطح لوله، لایه آستری (پرایمر) روی لوله اجرا می‌شود. سپس، به وسیله قیرپاش، قیر یا قطران مذاب روی سطح لوله پاشیده می‌شود و هم‌زمان یک یا دو لایه نوار تقویت‌کننده^۴ به صورت مارپیچ به دور لوله پیچیده می‌شود و پس از تکمیل مرحله قیرپاشی، یک لایه نوار خارجی^۵ آغشته به قیر به دور لوله پیچیده شده و لوله به وسیله آب خنک و در صورت لزوم، با آب آهک سفیدشویی می‌شود تا در مقابل نور خورشید و جذب حرارت حفاظت گردد.

مشخصات کامل و جزئیات اجرایی پوشش قیری و قطرانی در بخش پوشش‌های حفاظتی و کارهای تکمیلی این مشخصات فنی آمده که رعایت آن برای پیمانکار الزامی است.

۲-۱-۶-۵ پوشش سطوح خارجی با نوارپیچی به روش سرد

این نوع پوشش برای حفاظت سطح خارجی لوله‌های فولادی به کار می‌رود. برای اجرای این پوشش، ابتدا سطح لوله به وسیله ساچمه زنی یا ماسه پاشی تا درجه تعیین شده کاملاً تمیزکاری شده تا به رنگ خاکستری مات در آید.

بلافاصله پس از تمیزکاری، باید لایه آستری را با استفاده از قلم مو یا اسپری و طبق توصیه کارخانه سازنده پوشش، اجرا نمود و قبل از پیچیدن نوار زیری بر روی سطح، باید لایه آستری به اندازه کافی خشک شده باشد. این نوار، باید به وسیله دستگاه نوار پیچ به دور لوله و با کشش و زاویه یکنواخت و هم‌پوشانی^۶ کافی و بدون چین و چروک، اجرا شود.

نوار رویی نیز به وسیله دستگاه نوارپیچ بر روی نوار زیری پیچیده می‌شود و قسمت هم‌پوشانی نوار رویی نباید بر روی قسمت هم‌پوشانی نوار زیری قرار گیرد.

مشخصات کامل و جزئیات اجرایی پوشش مزبور در بخش پوشش‌های حفاظتی و کارهای تکمیلی این مشخصات فنی آمده و پیمانکار موظف به رعایت کامل آنها است.

¹ Hot Wrapping

² Shot Blasting

³ Sand Blasting

⁴ Inner Wrap

⁵ Outer Wrap

⁶ Overlap

۲-۱-۶ پوشش خارجی پلی اتیلن

این نوع پوشش یا به وسیله نوار پلی اتیلن و یا از طریق پلی اتیلن مذاب و به صورت یک پارچه اجرا می شود که در فصل پوشش های حفاظتی و کارهای تکمیلی شرح داده شده است.

پوشش حفاظتی نوارهای پلی اتیلن معمولاً از سه لایه تشکیل می شود که به ترتیب عبارتند از، یک لایه پرایمر اپوکسی، یک لایه چسبنده میانی و یک لایه از ترکیبات پلی اولفین که مجموعاً حفاظت مناسبی برای جلوگیری از اثر خوردگی خاک تأمین می نمایند.

این نوع پوشش برای لوله های فولادی در حالت دفنی و در خاکهایی که خاصیت خوردگی شدید دارند، توصیه می شود. این پوشش در کارخانه اجرا شده و لوله پوشش شده به کارگاه حمل می گردد.

۲-۱-۷ پوشش حفاظتی با رنگ آمیزی

این نوع پوشش برای حفاظت سطوح داخلی و خارجی لوله های فولادی به کار می رود. برای رنگ آمیزی، ابتدا باید سطح لوله به وسیله ساچمه زنی یا ماسه پاشی و یا برس زنی (برس زنی فقط برای رنگ آمیزی خارجی) تا درجه تعیین شده کاملاً تمیزکاری گردد تا سطح فلز لوله تا درجه تعیین شده، تمیز شود. بلافاصله پس از تمیزکاری، رنگ آمیزی سطح لوله طبق توصیه کارخانه سازنده رنگ و دستورالعمل های مربوط اجرا شود.

رنگ آمیزی داخلی لوله ها فقط با اپوکسی غیرحلال مناسب برای تماس با آب شرب اجرا می گردد. قبل از اجرای هر یک از لایه های رنگ آمیزی، باید فرصت کافی برای خشک شدن لایه قبل داده شود و ضخامت لایه خشک شده رنگ نباید از ضخامت تعیین شده در مشخصات فنی طرح یا دستور مهندس مشاور و توصیه سازنده کمتر باشد.

۲-۱-۸ رنگ آمیزی سطح خارجی لوله های فولادی غیر دفنی

برای کاهش اثرات عوامل جوی و تابش آفتاب، سطح خارجی لوله های فولادی که بالای سطح زمین نصب می شوند (غیر دفنی) باید با لایه هایی از رنگ پوشش گردند. سیستم رنگ (شامل مواد مصرفی و نحوه عمل) باید از نوعی انتخاب شود که برای شرایط طرح مورد نظر مناسب باشد.

انجمن کارهای آبی آمریکا AWWA در سال ۱۹۷۵ استاندارد تحت شماره (C 204-75) را درباره رنگ حفاظتی لوله های فولادی که بالای سطح زمین نصب می شود منتشر کرد که در آن یک سیستم برای رنگ سطوح خارجی لوله های فولادی شامل یک پرایمر از نوع (Organic - Zinc rich) و دو لایه پوشش رنگ از نوع (Chlorinated rubber - alkyd) ارائه شده بود.

از سال ۱۹۸۶ انجمن کارهای آبی آمریکا با مشارکت انستیتو استانداردهای ملی آمریکا (ANSI) اقدام به تهیه استانداردهای جدید برای پوشش های حفاظتی لوله های فولادی که بالای سطح زمین نصب می شوند کرد و نتیجه کار به صورت نشریه شماره (ANSI/AWWA C 218-91) در سال ۱۹۹۱ منتشر شد که چندین بار و در آخرین مرحله در سال ۱۹۹۹ مورد تجدید نظر قرار گرفت.

در این نشریه، ۹ روش پوشش حفاظتی برای لوله‌های فولادی که بالای سطح زمین نصب می‌شوند تعیین و هر یک با شماره‌ای مشخص شده است. این ۹ روش، الزاماً از نظر کیفیت باهم برابر نیستند، بلکه هر یک مناسب و برای شرایط معینی است. در نشریه مزبور، مشخصات مربوط به مصالح و نحوه عمل در مورد هر یک از سیستم‌ها به تفصیل تشریح شده است. در مواردی که در اسناد و مدارک پیمان و یا دستورات مهندس مشاور مقرر شده که سطوح خارجی لوله‌های فولادی با یکی از سیستم‌های مذکور در فوق حفاظت شود، پیمانکار موظف است پوشش تعیین شده را براساس مشخصات فنی و دستورالعمل سازنده مصالح اجرا نماید.

توصیه می‌شود که برای پوشش لوله‌های فلزی روکار، حداقل سه لایه اپوکسی به ضخامت حداقل ۳۵۰ میکرون استفاده گردد.

۴-۲-۱ حمل و نقل لوله‌های فولادی

پیمانکار موظف است در هنگام بارگیری، حمل و تخلیه لوله‌های فولادی، ضمن رعایت مفاد بخش نکات مشترک لوله‌گذاری این مشخصات، از ماشین‌آلات و تجهیزات مورد لزوم به نحوی استفاده نماید که به کیفیت فنی و ظاهری لوله، پوشش داخلی و بیرونی آنها هیچ‌گونه صدمه وارد نشود.

لوله‌ها و مصالح در هنگام بارگیری، حمل و تخلیه نباید انداخته شده و یا به اجسامی برخورد نمایند که موجب بروز خسارت به لوله، عایق لوله، پوشش داخلی لوله و یا به بسته‌بندی مصالح گردد.

برای حمل و نقل لوله‌های اندود شده با پوشش خارجی، از زیرسری (زین) مناسب برای زیر لوله‌ها و بالشتک‌های مناسب از جنس لاستیک یا چوبی برای بین لوله‌ها به تعداد کافی استفاده شود.

در صورتی که برای مهار کردن لوله‌ها و متعلقات روی تریلی از زنجیر یا سیم بکسل استفاده می‌شود، برای جلوگیری از صدمات مکانیکی در محل تماس آنها، باید از وسایل لاستیکی یا پلاستیکی استفاده شود. در مواردی که لوله‌ها و متعلقات دارای پوشش بیرونی می‌باشند، استفاده از زنجیر یا سیم بکسل بدون محافظ ممنوع بوده و ترجیحاً باید از تسمه‌های پهن چرمی یا بافته شده از الیاف مصنوعی یا کنفی و یا برزنتی استفاده شود.

برای جلوگیری از دوپهن شدن سر لوله‌های تحویلی به پیمانکار به ویژه در اقطار بزرگ، می‌توان از قاب حفاظتی که در داخل سرلوله‌ها قرار داده می‌شود، استفاده کرد. این امر، بالاخص در مواردی که اتصالی لوله‌ها از نوع اتصالی مکانیکی است، حائز اهمیت بیشتری است.

۴-۲-۱-۸ انبار کردن لوله‌ها و متعلقات فولادی و سایر مصالح و لوازم

پیمانکار موظف است انبارهای متناسب با اجناس پروژه را احداث نماید. این انبارها باید قبل از حمل مصالح، مورد بازدید و تأیید مهندس مشاور قرار گیرد. شروع حمل و انبار مصالح منوط به آماده بودن انبارها می‌باشد.

محل انبار لوله‌ها و متعلقات باید حتی الامکان در مجاورت راه‌های عمومی بوده و در حریم مسیل‌ها یا آبراه‌های فصلی قرار نگرفته و باتلاقی نباشد.

محل انبار باید تسطیح شود و شیب مناسب در جهت شیب طبیعی زمین داشته باشد و در صورت نامناسب بودن خاک زمین محل انبار، سطح آن باید شن‌ریزی و کوبیده شود.

لوله‌ها باید طوری قرار گیرند که در یک عرض سی (۳۰) متری، دو ردیف لوله با فاصله لازم استقرار یابد و طرفین باند، عرضی برابر ده (۱۰) متر برای تردد ماشین‌آلات بارگیری، حمل و تخلیه در نظر گرفته شود.

برای چیدن لوله‌ها باید قبلاً در زمین تسطیح شده، پشته‌های خاکی و تراورس یا زیرسری مناسب تعبیه گردد و ابتدا و انتهای هر ردیف لوله باید با وسیله مناسب چوبی برای تثبیت لوله مهار گردد تا از لغزیدن احتمالی آنها جلوگیری شود.

ردیف لوله‌هایی که روی هم چیده می‌شوند نباید از تعداد مندرج در جدول زیر تجاوز نماید.

قطر لوله (میلیمتر)	تعداد ردیف رویهم	قطر لوله (میلیمتر)	تعداد ردیف رویهم
۱۵۰	۱۲	۴۰۰	۵
۲۰۰	۹	۵۰۰ - ۶۰۰	۴
۲۵۰	۷	۷۵۰ - ۱۴۰۰	۳
۳۰۰	۶	۱۴۰۰ به بالا	۲

کلیه لوله‌ها، متعلقات و شیرآلات باید با روشهای مناسب انبار شده، به طوری که قابل رؤیت، بازرسی و شمارش باشند و همواره اطلاعات روزانه از اجناس انبار شده همراه با تاریخ، آمار و محلی که اجناس برای استفاده وارد یا خارج شده، نگهداری شود. این آمار و مدارک مربوط باید کاملاً واضح و در دسترس بوده و در صورت درخواست مهندس مشاور، بلافاصله در اختیار او قرار گیرد.

علاوه بر موارد فوق، مهمترین نکاتی که در انبار نمودن لوله‌ها، متعلقات، شیرآلات و مصالح حفاظتی باید مورد توجه قرار گیرند، به شرح زیر است.

- در انبار کردن لوله‌های فولادی لازم است لوله‌های واقع در پایین‌ترین ردیف با زمین فاصله داشته باشند. برای تأمین این منظور، می‌توان این ردیف لوله‌ها را روی تکیه‌گاه‌هایی با مقطع دوزنقه‌ای شکل و به ابعاد قاعده بزرگ ۱۲۰ سانتیمتر، قاعده کوچک ۴۰ سانتیمتر، ارتفاع ۵۰ سانتیمتر، که به فواصل معین و مناسبی از یکدیگر قرار گرفته‌اند، قرار داد. روی قاعده کوچک تکیه‌گاه‌ها، تراورس از الوار چوبی به عرض ۲۰ سانتیمتر و ضخامت ۱۵ سانتیمتر قرار داده شود.
- لوله‌های فولادی درزدار که درز آنها در امتداد محور لوله است، باید طوری قرار داده شوند که محل درز، زاویه‌ای حدود ۴۵ درجه با محور قائم تشکیل دهد، تا حداقل تنش به محل درز لوله وارد آید.
- درز جوش لوله‌های مجاور نباید با یکدیگر تماس داشته باشند.
- در چیدن لوله‌ها روی یکدیگر، لازم است بین هر دو ردیف لوله الوارهای چوبی به فواصل معین قرار داده شود و روی این الوارها، تکه چوبهایی نصب شود که از غلطیدن لوله‌ها جلوگیری کند. ضخامت الوارها و ابعاد و محل این تکه چوبها باید طوری انتخاب شده و نحوه چیدن لوله‌ها طوری باشد که لوله‌های واقع در یک ردیف با لوله‌های ردیف پایین و یا لوله‌های ردیف بالای آن در هیچ نقطه تماس نداشته باشند.

- دهانه لوله‌ها، متعلقات و شیرآلات باید به نحو مناسب و مؤثر پوشانده شود تا هیچ نوع خاک و مواد خارجی داخل لوله‌ها و متعلقات و شیرآلات وارد نشود.
- شیرها باید کاملاً از آب تخلیه گردد تا در صورت سرمای زیاد، از یخ زدن آب در آنها و وارد آمدن خسارت جلوگیری شود.
- شیرآلات و متعلقات نباید روی یکدیگر قرار داده شوند.
- بشکه‌های قیر را می‌توان مستقیماً روی یکدیگر قرار داد، ولی بشکه‌های پرایمر باید روی الوارهای چوبی و حداکثر در سه ردیف انبار شوند.
- واشرهای اتصالی‌های مکانیکی باید در محل خنک و به دور از تابش مستقیم آفتاب قرار داده شوند.
- واشرهای اتصالی مکانیکی باید طوری در قفسه چیده شوند که واشرهایی که زودتر باید از انبار خارج گردند و به مصرف برسند، در ردیف جلوتر قرار گیرند.
- پیچ و مهره‌های اتصالی‌های مکانیکی باید حسب نوع و اندازه، گروه بندی و به طور جداگانه انبار شوند.
- الکترودهای جوشکاری باید به دقت و در محل مناسب و خشک نگهداری شوند تا به پوشش آنها صدمه و آسیب وارد نشود. در صورت امکان، می‌توان الکترودها را در کنار گرم کن نگهداری کرد.
- در دوران انبارداری، لازم است تمهیدات ضروری برای جلوگیری از وارد آمدن خسارت به لوله‌های فولادی بر اثر وارد آمدن ضربات و راه رفتن کارگران روی لوله‌ها و نظایر آن به عمل آید، اعم از این که لوله‌ها زنگ‌زدایی شده و دارای پوشش پرایمر یا پوشش نهایی باشند و یا اینکه هنوز عملیات ایجاد پرایمر و پوشش روی آن انجام نشده باشد.
- در مواردی که لوله‌های فولادی پوشش دار از سازنده خریداری می‌شود، پیمانکار موظف است دستورالعمل حفاظت از پوشش لوله‌ها، از جمله حفاظت در مقابل اشعه ماورای بنفش، در دوران انبارداری را از کارخانه سازنده دریافت کرده و طبق آن عمل کند.
- در مواردی که لوله‌ها دارای اندود سیمان داخلی می‌باشند و در فضای باز و یا گرم نگهداری می‌شوند، رطوبت داخل لوله طبق دستورالعمل کارخانه مجری پوشش تأمین گردد.
- بسته‌های نوار عایق که برای پوشش خارجی لوله‌های فولادی به کار می‌روند، باید در انبارهای سرپوشیده و دور از تابش آفتاب، رطوبت و گرد و خاک نگهداری شوند. ارتفاع بسته‌هایی که روی یکدیگر چیده می‌شوند نباید از ۲ متر تجاوز کند. نوارهای عایق نباید با زمین تماس داشته باشند.

- فضا و جا در انبار برای انواع لوله‌ها و متعلقات و شیرآلات باید طوری اختصاص داده شود که اجناسی را که زودتر به مصرف می‌رسند، بتوان به آسانی و بدون نیاز به جابجا کردن بقیه اجناس، از انبار خارج کرد. برای تأمین این منظور، پیمانکار باید برنامه منظمی متناسب با برنامه پیشرفت عملیات اجرایی، برای انبارداری لوله‌ها و متعلقات و شیرآلات تهیه کند.
- برای تسهیل در جابجا کردن لوله‌ها و متعلقات و شیرآلات، لازم است لیفت تراک یا جرثقیل مناسب در محوطه انبار وجود داشته و لوله‌ها و متعلقات و شیرآلات به نحوی در این محوطه چیده شوند که فضای کافی برای حرکت‌های لیفت تراک یا جرثقیل وجود داشته باشد. علاوه بر این، تعداد لوله‌هایی که روی هم چیده شده و انبار می‌شوند، باید در حدی انتخاب شود که ارتفاع حاصل از چیدن لوله‌ها روی یکدیگر، در دامنه کار لیفت تراک و یا جرثقیل مورد نظر باشد. رعایت این نکته ممکن است در تعداد ردیف‌های مجاز روی هم چیدن لوله‌ها محدودیتی را ایجاد نماید. بدین معنی که عملاً تعداد لوله‌هایی را که می‌توان روی یکدیگر انبار نمود، کمتر از آن باشد که قبلاً ذکر شده است.

۹-۱-۲ جابجایی لوله‌های فولادی و متعلقات و شیرآلات و مصالح

پیمانکار موظف است در بارگیری و تخلیه لوله و متعلقات و شیرآلات و مصالح نهایت دقت و احتیاط را به عمل آورد که صدمه‌ای به پوشش خارجی و آستر داخلی آنها وارد نیاید. بلند کردن و پایین گذاشتن این اجناس باید به آهستگی و آرامی انجام شده و تحت هیچ شرایطی نباید قبل از استقرار در محل مورد نظر، رها شده و سقوط کند. برای این منظور، پیمانکار موظف است برای لوله‌های با قطر بزرگ، از لیفت تراک و یا جرثقیل مناسب استفاده کند. در صورتی که به تشخیص مهندس مشاور، استفاده از لیفت تراک و یا جرثقیل برای اقطار کوچک لوله‌ها ضرورت داشته باشد، مراتب از طرف مهندس مشاور به پیمانکار ابلاغ خواهد شد و پیمانکار موظف است حسب مورد، جرثقیل و یا لیفت تراک مناسب برای جابجا کردن لوله و متعلقات و شیرآلات تهیه کرده و به کار گیرد.

برای جابجایی لوله و متعلقات و شیرآلات از لیفت تراک یا جرثقیل استفاده می‌شود و به منظور محافظت از پوشش خارجی و آستر داخلی لوله‌ها، پیمانکار موظف است با استفاده از پوشش و یا بالشتک‌های مخصوص و مناسب، از تماس بازوهای لیفت تراک و چنگ‌های فلزی جرثقیل با سطح خارجی و داخلی لوله و متعلقات و شیرآلات جلوگیری کند. در مواردی که برای بلند کردن لوله و متعلقات از جرثقیل استفاده می‌شود، پیمانکار موظف است تسمه‌های چرمی یا برزنتی مناسب برای بستن لوله و متعلقات مورد نظر به چنگک بالابرنده جرثقیل تهیه کند. استفاده از سیم بکسل فلزی و یا زنجیر بدون محافظ مجاز نمی‌باشد.

پیمانکار نمی‌تواند برای جابجا کردن لوله، آن را روی زمین سخت، ریل فلزی و یا لوله‌های دیگر بغلطاند. پیمانکار نمی‌تواند برای انتقال لوله‌ها به سطح پایین‌تر، آنها را روی ریل فلزی یا تیرآهن سر دهد.

پیمانکار باید احتیاط کند که در هنگام جابجا کردن لوله‌ها، به خصوص در مواردی که اتصالی لوله‌ها از نوع اتصالی قابل انعطاف است، لوله دوپهن نشود. برای این منظور، پیمانکار می‌تواند از قاب‌های حفاظتی^۱ که در داخل سرلوله‌ها قرار داده می‌شوند، استفاده کند.

جابجا کردن لوله بر روی زمین سخت با غلطاندن، انتقال و سر دادن لوله از سطوح بالا بر روی ریل، به هیچ‌وجه مجاز نمی‌باشد.

جایجایی بشکه‌های پرایمر باید با احتیاط انجام شود تا از سوراخ شدن بشکه‌ها جلوگیری شود.

۱-۲-۱۰ ریسسه کردن لوله‌های فولادی

ریسه کردن لوله‌ها باید پس از تسطیح محدوده عملیات اجرایی و هماهنگی با حفر ترانشه به شرح مندرج در فصل نکات مشترک لوله‌گذاری این مشخصات فنی انجام شود.

برای ریسسه کردن لوله‌ها، صرف‌نظر از نوع عایق آنها، لازم است در زیر هر شاخه لوله دو عدد پشته خاکی به ارتفاع مناسب پیش‌بینی و روی آنها از کیسه‌های پر از کاه، سبوس، خاک اره یا پوشال قرار داده شود، به طوری که لوله از سطح زمین ارتفاع مناسبی داشته و هیچ‌گاه سطح لوله یا عایق آن با زمین در تماس نباشد و از لغزش احتمالی آن جلوگیری شود. لوله‌ها باید طوری ریسسه شوند که ورودی به محدوده عملیات را مسدود نمایند و مانع عبور و مرور نگردند. همچنین در محل‌هایی که مهندس مشاور مشخص می‌کند، محل عبور، باز نگه‌داشته شود.

۱-۲-۱۱ آماده‌سازی و نصب خط لوله فولادی در ترانشه

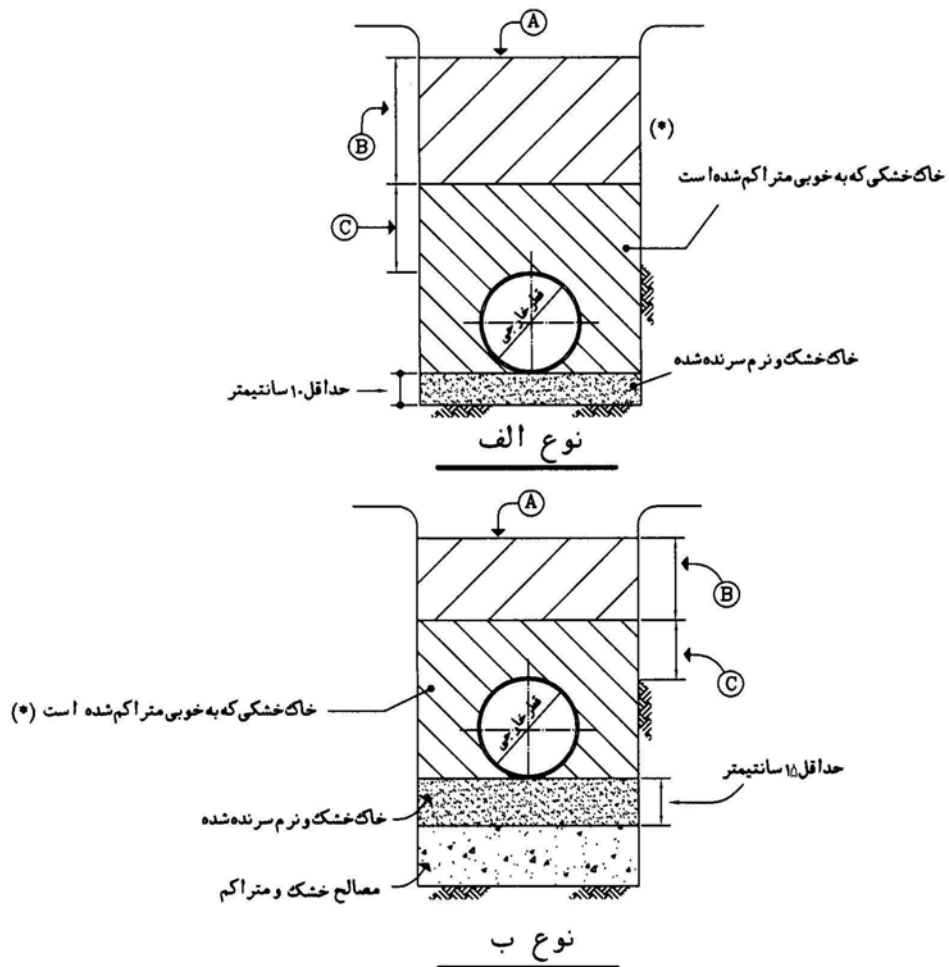
حفاری و آماده سازی ترانشه باید براساس مندرجات مشخصات طرح و موارد ذکر شده در فصل نکات مشترک لوله‌گذاری انجام شود.

لوله‌های فولادی که در ترانشه نصب می‌شوند، تحت بار ناشی از فشار خاک روی آن و بارهای خارجی، نظیر بار ناشی از عبور کامیون، و فشار داخلی و عکس العمل‌های بستر واقع خواهند شد. برای اجتناب از صدمه به لوله بر اثر عکس العمل‌های حاصل از این بارها، لازم است خاکریزی زیر و اطراف لوله طوری انجام شود که بستر مناسبی برای لوله ایجاد کند.

کف ترانشه باید هموار و با شیب یکنواخت و خشک باشد. کف ترانشه باید در محل اتصالاتی‌های مکانیکی گود شود. عمق این گودی باید بیشتر از اختلاف قطر خارجی اتصالاتی مکانیکی و قطر خارجی لوله باشد، تا در حالی که لوله در طول بدنه خود در کف ترانشه نشست است، اتصالاتی‌های مکانیکی آن آزاد باشد. طول و عرض این گودی تابع طول و قطر خارجی اتصالاتی مکانیکی می‌باشد. شیب کف ترانشه باید دقیقاً معادل شیبی باشد که در نقشه‌های اجرایی نشان داده شده است. در موقع بسترسازی کف ترانشه، هرگونه ناهمواری موضعی که جنس آن سخت تر از خاک اطراف لوله است و باعث آسیب دیدن پوشش خارجی لوله می‌شود، نظیر قسمتی از سنگ که از خاک بیرون آمده، باید با وسایل مناسب شکسته شده و هموار شود. در صورتی که به تشخیص مهندس مشاور لازم باشد قطعه سنگی که این ناهمواری را بوجود آورده کاملاً از خاک بیرون آورده شود، در آن صورت، سوراخ و گودی حاصل از این امر باید با خاک و یا مصالح مناسب و مرغوب جایگزین شده و متراکم شود.

ترانشه‌های با کف صاف و هموار، باید حداقل ۱۰ سانتیمتر عمیق تر از رقوم زیر لوله که بر مبنای اطلاعات منعکس در نقشه‌های اجرایی به دست می‌آید، خاکبرداری شود. فاصله بین کف ترانشه و زیر لوله باید با خاک نرم عاری از قله سنگ و مواد سخت پر شود (به شکل ۱-۲-۵ الف مراجعه شود).

داخل و خارج هر یک از شاخه لوله‌ها و متعلقات و شیرآلات باید به دقت تمیز شده و سطح داخلی و خارجی سرساده لوله و متعلقات باید با پارچه کاملاً تمیز شوند تا از گرد و خاک و آشغال عاری گردند.



پادداشت :

- A- سطح آخرین لایه خاکریز قبل از تعویل به دستگاه مرمت کننده روسازی.
- B- خاکریزی به منظور تامین قعر اساس و زیر اساس عملیات مرمت روسازی غیبان ، نوع مصالح و تراکم این خاکریزی را مهندس مشاور با توجه به نوع عملیات روسازی تعیین خواهد کرد.
- C- ارتفاع خاکریزی روی لوله حداقل معادل ۳۰ سانتیمتر برای لوله های بزرگتر از ۲۴ اینچ (۶۰۰ میلیمتر) و حداقل ۱۵ سانتیمتر برای لوله هایی به قطر ۲۴ اینچ و کوچکتر می باشد.

(*)- مشخصات خاکی که به خوبی متراکم شده است مطابق با چگالی های نسبی خشک خاک به صورت درصدی از حداکثر چگالی خشک استاندارد که توسط AASTHO برای خاکهای متراکم تعریف شده می باشد.

چگالی خشک	کلاس های غلظت
۹۵ درصد	c1
۹۰ درصد	c2
۸۵ درصد	c3

شکل ۱-۲-۵: کروکی انواع خاکریزهای زیر و اطراف لوله های فولادی که در ترانشه نصب می شوند

۱-۲-۱۲ برقراری اتصالی

۱-۱۲-۱-۲ کلیات

رعایت نکات عمده زیر برای برقراری تمام انواع اتصالاتی‌ها ضروری است.

- پیمانکار موظف است تمامی لوله‌ها، شیرآلات و متعلقات مورد نیاز برای نصب، همچنین تمامی ماشین‌آلات و ابزار لازم برای بلند کردن، جابجا کردن، خواباندن لوله در ترانشه را طبق نظر مهندس مشاور تهیه نماید. تعداد و قدرت دستگاه‌های بلند کننده متناسب با قطر و وزن لوله بوده به طوری که اطمینان حاصل گردد که لوله‌ها تحت تنش غیر متعارف قرار نگرفته و در حین بلند کردن و خواباندن لوله در ترانشه، عایق آنها صدمه نبیند.
- کلیه لوله‌ها و متعلقات توسط مهندس مشاور قبل از نصب در داخل ترانشه کاملاً بازدید شده تا از عدم وجود هر گونه مشکل یا صدمه احتمالی به آنها اطمینان حاصل گردد.
- قبل از لوله‌گذاری، باید کف ترانشه با خاک نرم طبق مندرجات نوشته شده در نکات مشترک لوله‌گذاری و این فصل از مشخصات، بسترسازی شده و توسط نقشه بردار کنترل شده و مطابقت آن با نقشه‌های اجرایی بررسی شود و پس از تأیید مهندس مشاور، عملیات خواباندن لوله در ترانشه اجرا گردد. پس از نصب لوله‌ها نیز نقطه روی تاج لوله توسط نقشه‌بردار برداشت شده و از عدم نشست موضعی یا تغییر جهت محور لوله اطمینان حاصل گردد.
- قبل از خواباندن لوله در ترانشه باید آزمایش با دستگاه منفذیاب^۱ انجام و به تأیید مهندس مشاور برسد.
- در محل‌هایی که به علت بالا بودن سطح آب زیر زمینی، ارتفاع آب در ترانشه بالاتر از سطح زیر لوله باشد، آبهای داخل ترانشه باید قبل از لوله‌گذاری تا تراز مورد نظر کاملاً تخلیه شود. چنانچه به دلیل نفوذپذیری زیاد خاک منطقه، تخلیه کامل آب مقدور نگردد، باید از وزنه‌های مهارکننده^۲ طبق مندرجات مشخصات طرح استفاده گردد.
- در پایان هر روز کاری، انتهای لوله‌هایی که در ترانشه خوابانده شده‌اند برای جلوگیری از نفوذ آب، گل، حیوانات، زباله و غیره با درپوش‌های مناسب بسته شوند.
- خاکریزی دو طرف لوله و خاکریزی نهایی باید هر چه زودتر و پس از تکمیل کار و تأیید مهندس مشاور انجام شود. برای پر کردن ترانشه، باید از خاک مناسب و طبق مشخصات طرح و روش‌های درج شده در نکات مشترک لوله‌گذاری این مشخصات فنی استفاده شود.

^۱ Holiday Detector

^۲ Set-on Weight

۲-۱-۲-۱۲ اتصال جوشی

در لوله‌گذاری با اتصالی جوشی، معمولاً چند شاخه لوله در بیرون ترانشه به یکدیگر جوش شده و پوشش‌های محل اتصالی تمیز و تکمیل می‌گردند. همچنین هر گونه تعمیرات جوشکاری و پوشش‌های حفاظتی نیز بیرون ترانشه انجام می‌شود.

پس از آماده شدن قطعه لوله متشکل از چند شاخه به هم جوش شده، انتقال به داخل ترانشه و نصب انجام می‌گیرد. برای این منظور، باید از تعداد کافی جرثقیل و یا سایدبوم برای بلند کردن و انتقال قطعه لوله استفاده شود. تعداد ماشین‌آلات باید متناسب با طول قطعه جوش شده بوده به نحوی که به پوشش‌های لوله و محل‌های جوشکاری هیچ‌گونه آسیبی وارد نشود.

تعیین فواصل و محل‌های مناسب استقرار جرثقیل‌ها و سایدبوم‌ها، انسجام و یکنواختی در بلند کردن لوله، هماهنگی کامل در انتقال قطعه لوله به داخل ترانشه و سایر موارد مشابه با توجه به وزن، قطر و پوشش‌های لوله باید با دقت انجام پذیرد.

جوشکاری و اتصال قطعات منتقل شده^۱ به داخل ترانشه به یکدیگر، در داخل ترانشه انجام می‌شود، لذا پیش‌بینی فضای مناسب کار برای این عملیات ضروری است.

پس از انتقال و استقرار قطعه لوله به داخل ترانشه، محافظت از آن در مقابل جابجایی، شناور شدن احتمالی و موارد مشابه لازم می‌باشد.

۲-۱-۲-۱۳ اتصال مکانیکی

- پس از انتقال هر یک از لوله‌ها، اتصالات، شیرآلات و متعلقات به داخل ترانشه، اتصال آنها با لوله یا متعلقات قبلی برقرار و توسط خاکریزی مناسب در اطراف آن در محل خود ثابت گردد.
 - در محل‌هایی که به علت بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی، ارتفاع آب در ترانشه بالاتر از سطح زیر لوله باشد، باید قبل از لوله‌گذاری، آب تخلیه شود. چنانچه به علت نفوذپذیری زیاد خاک منطقه تخلیه آن مقدور نگردد، باید عملیات حفاری و آماده‌سازی کف ترانشه همزمان با پیشرفت لوله‌گذاری انجام شود تا تخلیه آب آن مقدور شده و بلافاصله پس از نصب، باید شاخه لوله یا متعلقات در مقابل شناور شدن و یا جابجایی ناشی از فشار آب^۲ مهار گردند.
 - در صورتی که لوله و متعلقات خط لوله نیاز به احداث ضربه‌گیر یا حوضچه داشته باشند، باید لوله‌ها و متعلقات در مقابل جابجایی ناشی از اجرای ضربه‌گیر یا حوضچه طبق مندرجات مشخصات طرح مهار شوند.
 - سر لوله‌ها باید دارای دو خط یا نشانه محیطی باشند. اولین خط که نزدیکتر به سر لوله است، به عنوان خط نصب برای تعیین مقدار فرورفتگی در داخل اتصال مکانیکی و خط دوم، به عنوان خط شاخص نامیده می‌شود. لوله‌هایی صحیح نصب شده‌اند که خط شاخص آنها، نمایان بوده ولی خط نصب آنها قابل رؤیت نباشد.
- پس از اطمینان از قرار گرفتن صحیح لوله در روی بستر، اقدامات زیر به ترتیب انجام شود :

^۱ Tie-in

^۲ Uplift

- داخل اتصال مکانیکی کاملاً تمیز شده و کلیه مواد خارجی، مانند خاک، ماسه و غیره که داخل اتصالی مکانیکی چسبیده، باید با کمک برس سیمی یا کاردک و ابزار مشابه جدا گردند، به نحوی که اتصال مکانیکی کاملاً تمیز شده باشد.
- واشر لاستیکی توسط پارچه کاملاً تمیز شده و پس از فلنج اتصالی و در جهت صحیح، روی سر لوله نصب شود.
- سر لوله به کمک جرثقیل و کارگران به صورت یکنواخت به داخل اتصالی رانده شود.
- برای جلوگیری از صدمه به واشر، باید دقت لازم به عمل آید.

۲-۱-۱۲-۴ اتصالی فلنجی

روش نصب فلنج و ترتیب و تسلسل سفت کردن پیچ‌ها و کنترل مقدار سفت شدن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و برای فلنج‌های بزرگ، یکی از موارد مهم و بحرانی نصب است. صرف‌نظر از نوع واشر مصرفی، توجه به نکات عمده زیر به منظور کاهش مشکلات نصب و آزمایش بهره‌برداری ضروری است. رعایت مراحل زیر صرف‌نظر از نوع ابزار سفت کردن پیچ‌ها (دستی یا هیدرولیکی) منجر به تسریع در کار و کاهش مشکلات بعدی می‌گردد.

الف - نشیمنگاه واشر کاملاً کنترل شود. هرگونه خراشیدگی، خوردگی، حفره و نظایر آن باعث می‌شود که واشر آب‌بند نگردد.

ب - واشر کاملاً بازرسی و کنترل شده و از عاری بودن واشر از هرگونه صدمه و بریدگی اطمینان حاصل شود.

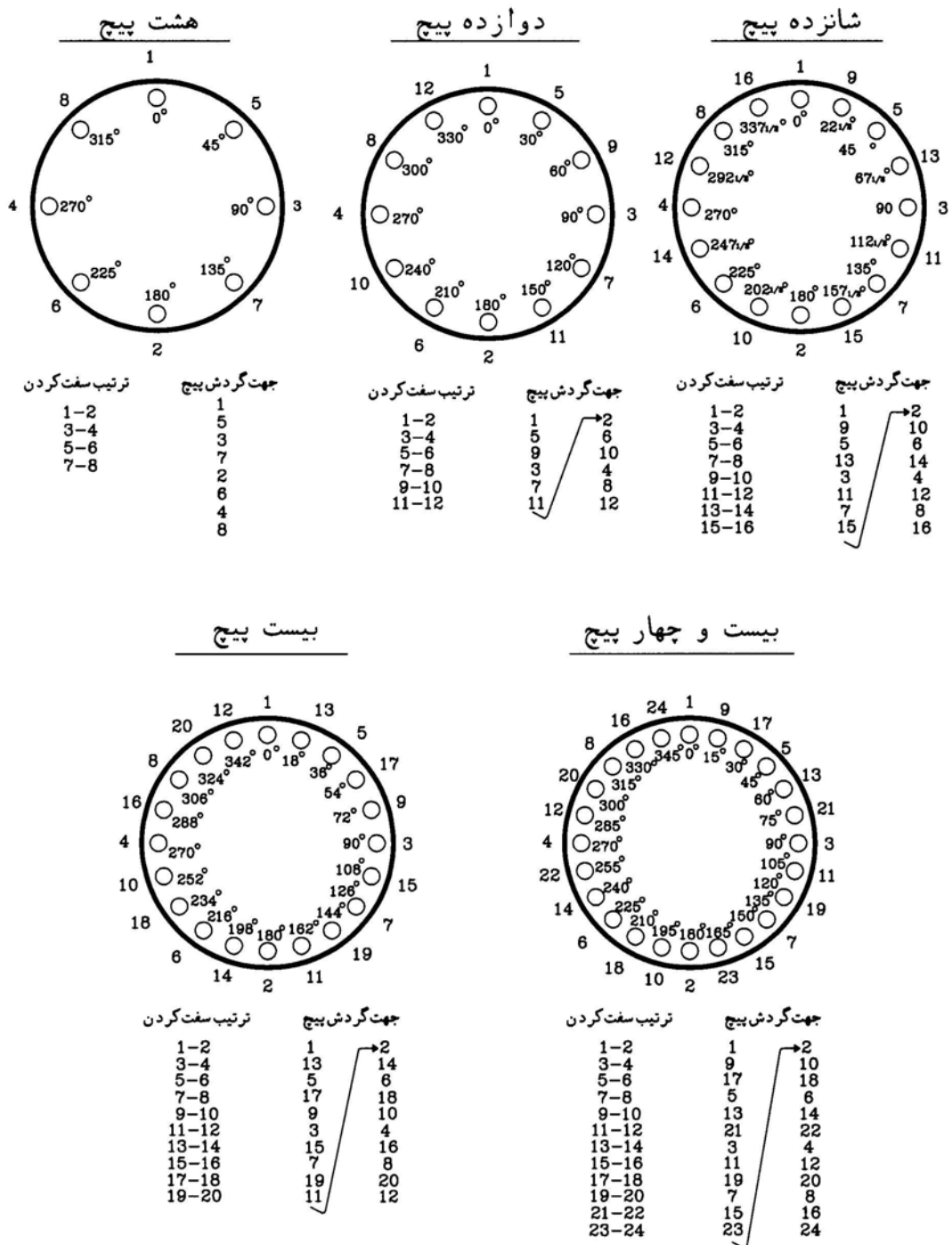
پ - کلیه پیچ و مهره‌ها و واشرها کاملاً کنترل و بازرسی شوند. کنترل محل تماس پیچ و مهره‌ها با فلنج و واشر از اهمیت ویژه برخوردار است. هرگونه زدگی، حفره، خوردگی و نظایر آن غیرقابل قبول بوده و قطعه مربوط نباید استفاده شود.

ت - محل تمام رزوه‌ها و مهره‌ها به ماده روان کننده آغشته شوند. عملیات بدون روان‌سازی این قطعات نباید شروع شود. این کار برای سرعت عملیات و سفت شدن یکنواخت پیچ‌ها کاملاً ضروری است.

ث - در حالت استفاده از واشرهای تخت، ابتدا پیچ‌های نیمه پایین فلنج و حداقل دو پیچ در نیمه بالایی در محل خود قرار داده شوند. سپس واشر در داخل پیچ‌ها قرار گرفته و پس از استقرار در محل خود، بقیه پیچ‌های فلنج در جای خود قرار داده شوند. سپس کلیه واشرها و مهره‌ها نصب و پیچ‌ها تا حد امکان و بدون استفاده از هیچ‌گونه ابزار و فقط توسط دست سفت شوند.

ج - پیچ‌ها به ترتیبی که در شکل شماره ۲-۱-۶ نشان داده شده تا حداکثر ۳۰ درصد سفتی نهایی، پیچانده شوند. پس از سفت شدن پیچ‌ها تا ۳۰ درصد سفتی، عمل سفت کردن پیچ‌ها مجدداً از ابتدا تکرار و مقدار سفتی به ۵۰ الی ۶۰ درصد سفتی نهایی افزایش داده شود.

چ - عمل پیچاندن مهره‌ها تا مرحله نهایی به نحوی که گردش پیچ و مهره کاملاً متوقف شود ادامه یابد. کنترل شود که هیچ یک از پیچ و مهره‌ها از دیگری سفت‌تر نباشد.



شکل ۲-۱-۶: ترتیب سفت کردن پیچ‌ها در اتصالات فلنجی

* ترتیب مشابه برای فلنج‌های با سوراخ و پیچ بیشتر استفاده گردد.

۱-۲-۱۳ کمانش^۱ لوله‌های فولادی

لوله‌های فولادی در اثر بارهای خارجی کمانش نموده و دوپهن می‌شوند. مقدار کمانش لوله از رابطه واتکینس - اسپانگلر^۲ به شرح زیر محاسبه می‌گردد.

$$\Delta x = D_e \frac{KW r^3}{EI + 0.061 E_1 r^3}$$

در این رابطه :

Δx = مقدار کمانش (قطر خارجی لوله / $\Delta x \times 100$ = مقدار کمانش به درصد)

D_e = ضریب کندی و یا دیر کرد که بین یک الی ۱/۵ متغیر است (برای لوله‌های تحت فشار معادل یک)

K = ضریب ثابت بستر معادل 0.1 (یک دهم)

W = مجموع بارهای وارده به لوله برحسب کیلوگرم بر سانتیمتر

E = مدول الاستیسیته لوله برحسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

($E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ برای فولاد و $E = 275000 \text{ kg/cm}^2$ برای اندود سیمانی)

r = شعاع متوسط لوله برحسب سانتیمتر

$I =$ ممان اینرسی دیواره لوله در مقطع عرضی و به طول یک سانتیمتر که برابر است با $\frac{t^3}{12}$

(t = ضخامت جدار لوله به سانتیمتر)

E_1 = مدول مقاومت منفی خاکریز جانبی برحسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

(برای اطلاعات کامل و بیشتر به نشریه AWWA - M 11 مراجعه شود)

مقدار کمانش مجاز لوله‌های فولادی به شرح زیر است.

- لوله‌های با اندود سیمانی و پوشش انعطاف ناپذیر خارجی معادل دو درصد قطر لوله

- لوله‌های با اندود سیمانی و پوشش انعطاف‌پذیر خارجی معادل سه درصد قطر لوله

- لوله‌های بدون پوشش و یا با پوشش انعطاف‌پذیر معادل پنج درصد قطر لوله

متذکر می‌شود که ضخامت اندود سیمانی در این حالت معادل ۳۲ میلیمتر در نظر گرفته شده است.

^۱ Deflection

^۲ Watkins-Spangler Formula

۱-۲-۱۴ لوله گذاری در شرایط خاص

۱-۲-۱۴-۱ نصب خط لوله فولادی بالای سطح زمین

خط لوله فولادی که بالای سطح زمین نصب می شود حسب مورد ممکن است روی سطح زمین و یا خاکریز و یا پایه های خاص نصب شود.

در مواردی که خط لوله فولادی روی سطح زمین طبیعی یا روی خاکریز نصب می شود، لازم است هر شاخه لوله روی چند تکیه گاه قرار گرفته و تکیه گاه ها طوری طراحی شوند که زیر لوله بالاتر از سطح زمین طبیعی یا خاکریز حفظ شده تا از تماس لوله با خاک جلوگیری شود. استقرار لوله در تکیه گاه باید طوری باشد که لوله را در جای خود محکم نگهدارد. تکیه گاه خطوط لوله فولادی انتقال آب معمولاً از نوع زین بتنی^۱ و یا از نوع طوقه باربر^۲ و یا بلوکهای مهاری^۳ می باشد.

۱-۲-۱۴-۲ تکیه گاه از نوع زین بتنی

در مواردی که خط لوله افقی بوده و یا شیب آن کم باشد، خط لوله را می توان روی تکیه گاه های از نوع زین بتنی نصب کرد.

در شکل ۱-۲-۷ نمونه تکیه گاه از نوع زین بتنی نشان داده شده است. این تکیه گاه عبارت است از یک زین بتنی که لوله را با زاویه ای بین ۹۰ تا ۱۲۰ درجه در بر می گیرد. لوله فولادی توسط یک کرپی^۴ فولادی که در طرفین لوله به پایه بتنی پیچ می شود، در پایه مهار می گردد.

برای حفاظت پوشش یا سطح خارجی لوله فولادی، لازم است فاصله بین لوله و زین بتنی با چند لایه نمد که بین هر دو لایه یک لایه گرافیت قرار داده شده و یا مصالح مناسب دیگر مورد قبول مهندس مشاور (مانند نئوپرین)، پر شود.

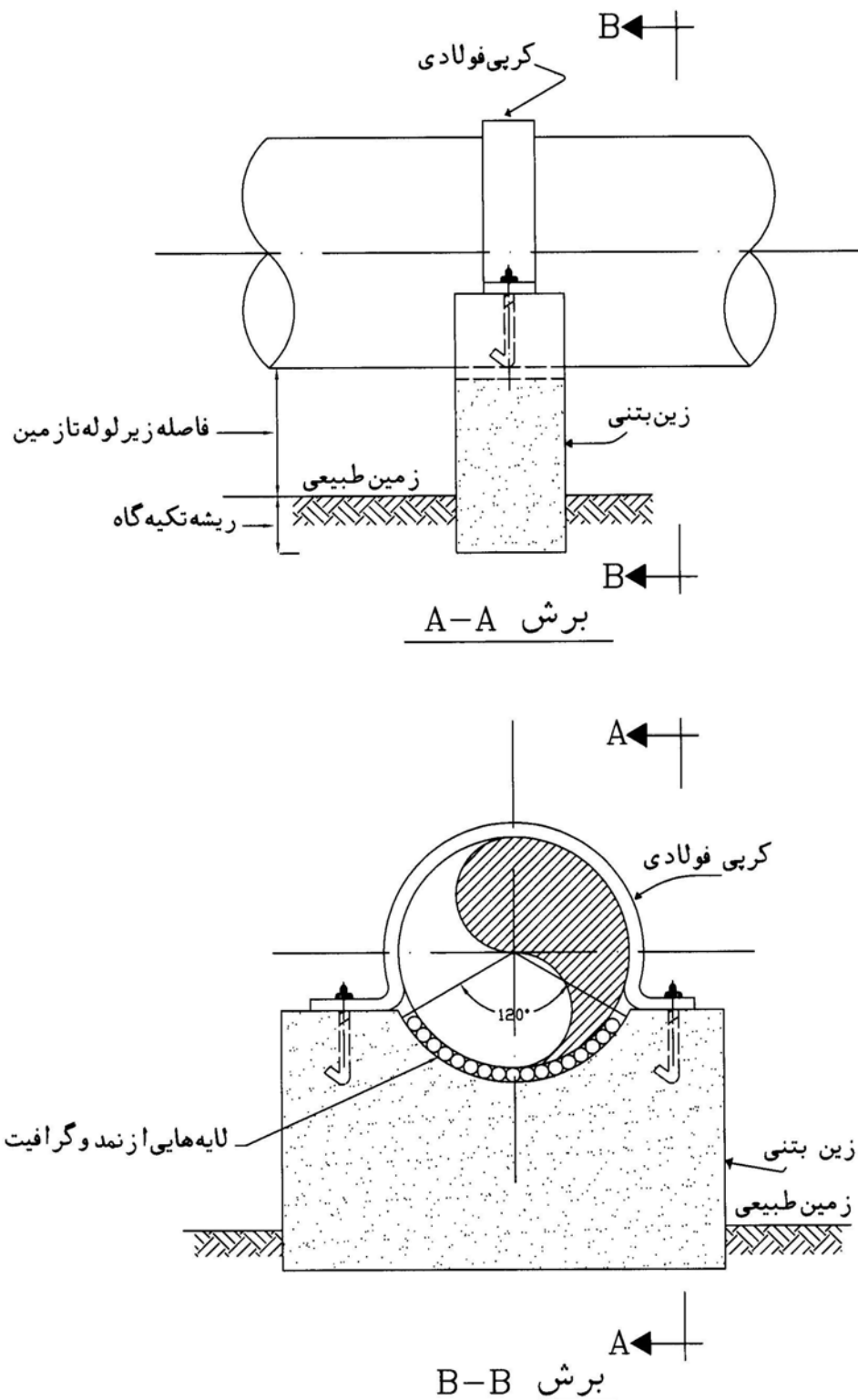
فاصله مناسب این نوع تکیه گاه ها از یکدیگر در حالت تکیه گاه آزاد و زاویه $\alpha = 120^\circ$ درجه بین لوله و زین بتنی، حسب قطر و ضخامت جداره لوله در جدول شماره ۱-۲-۳ ارائه شده است.

¹ Concrete Saddle

² Ring Girder

³ Anchor Block

⁴ Strap



شکل ۷-۱-۲: تکیه‌گاه از نوع زین بتنی

جدول ۲-۱-۳: فاصله مناسب بین تکیه‌گاه‌های بتنی لوله فولادی^(*)

ضخامت جداره لوله فولادی بر حسب میلیمتر										قطر اسمی لوله بر حسب میلیمتر
۲۵/۴	۲۲/۲	۱۹	۱۵/۹	۱۲/۵	۱۱/۱	۹/۵	۷/۹	۶/۴	۴/۸	
فاصله بین دو تکیه‌گاه بر حسب متر										
							۱۳	۱۲	۱۱	۱۵۰
							۱۴	۱۳	۱۲	۲۰۰
							۱۴	۱۳	۱۲	۲۵۰
							۱۴	۱۳	۱۲	۳۰۰
							۱۴	۱۳	۱۲	۳۵۰
							۱۵	۱۴	۱۳	۴۰۰
						۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۴۵۰
						۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۵۰۰
						۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۵۵۰
				۱۸	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۳	۶۰۰
				۱۸	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۳	۶۵۰
				۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۳	۷۰۰
				۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۳	۷۵۰
				۱۹	۱۸	۱۸	۱۶	۱۵	۱۳	۸۰۰
				۱۹	۱۸	۱۸	۱۶	۱۵	۱۳	۸۵۰
			۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۶	۱۵	۱۳	۹۰۰
			۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۵	۱۳	۹۵۰
			۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۵	۱۳	۱۰۰۰
			۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۵	۱۳	۱۰۵۰
			۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۵		۱۱۵۰
		۲۴	۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۵		۱۲۰۰
		۲۴	۲۳	۲۱	۱۹	۱۸	۱۷	۱۵		۱۳۰۰
		۲۴	۲۳	۲۱	۲۰	۱۸	۱۷	۱۵		۱۴۰۰
		۲۴	۲۳	۲۱	۲۰	۱۸	۱۷	۱۵		۱۴۵۰
		۲۴	۲۳	۲۱	۲۰	۱۹	۱۷	۱۵		۱۵۰۰
		۲۵	۲۳	۲۱	۲۰	۱۹	۱۷	۱۶		۱۶۰۰
۲۷	۲۶	۲۵	۲۳	۲۱	۲۰	۱۹	۱۷	۱۶		۱۷۰۰
۲۸	۲۶	۲۵	۲۳	۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۶		۱۸۰۰
۲۸	۲۷	۲۵	۲۳	۲۲	۲۰	۱۹	۱۸			۲۰۰۰
۲۹	۲۷	۲۵	۲۴	۲۲	۲۰	۱۹	۱۸			۲۱۰۰
۲۹	۲۷	۲۵	۲۴	۲۲	۲۰	۱۹	۱۸			۲۳۰۰
۲۹	۲۷	۲۶	۲۴	۲۲	۲۱	۱۹	۱۸			۲۴۰۰
۲۹	۲۷	۲۶	۲۴	۲۲	۲۱	۱۹	۱۸			۲۶۰۰
۲۹	۲۷	۲۶	۲۴	۲۲	۲۱	۱۹				۲۷۵۰
۲۹	۲۸	۲۶	۲۴	۲۲	۲۱					۲۹۰۰
۳۰	۲۸	۲۶	۲۴	۲۲	۲۱					۳۰۰۰
۳۰	۲۸	۲۶	۲۵	۲۲	۲۱					۳۲۰۰
۳۰	۲۸	۲۶	۲۵	۲۲	۲۱					۳۳۵۰
۳۰	۲۹	۲۷	۲۵	۲۲	۲۱					۳۵۰۰
۳۰	۲۹	۲۷	۲۵	۲۳	۲۱					۳۶۵۰

^(*) این جدول از دستورالعمل (M-11) انجمن کارهای آبی آمریکا چاپ ۲۰۰۴ اقتباس و واحد آن متریک و گرد شده است

۲-۱-۱۴-۲ تکیه‌گاه از نوع طوقه باربر

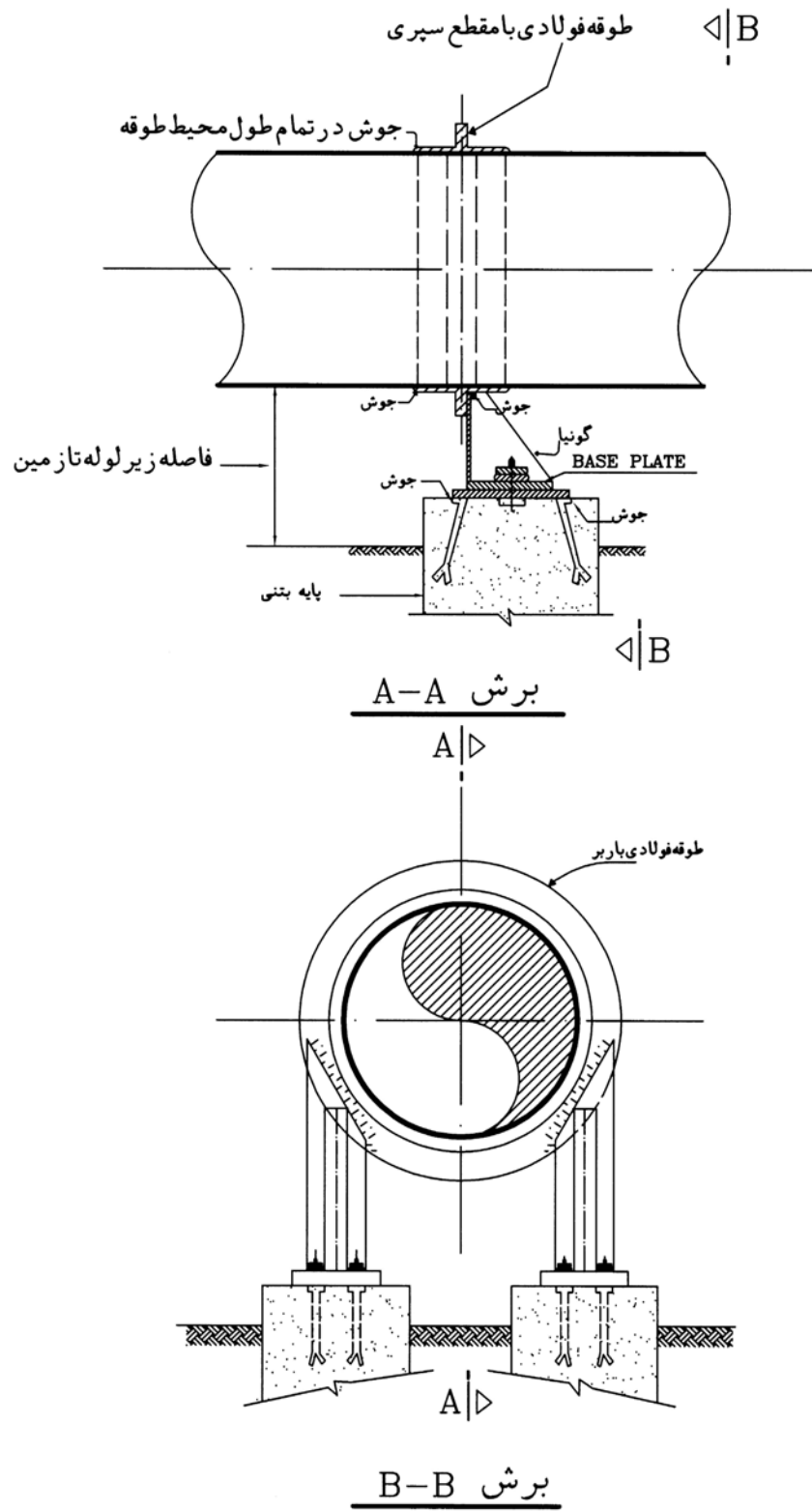
در عبور خط لوله از سربالایی‌ها و یا سرازیری‌ها که تکیه‌گاه‌های از نوع زین بتنی نمی‌تواند لوله را محکم نگاهداشته و مانع سرخوردن آن شود، لازم است از تکیه‌گاه‌های از نوع طوقه باربر استفاده شود. طرح کلی این تکیه‌گاه در شکل شماره ۲-۱-۸ نشان داده شده است.

این تکیه‌گاه عبارت است از یک طوقه فولادی که از پروفیلی به مقطع سپری یا مستطیل توپر ساخته شده و قطر داخلی آن، با رواداری قابل قبول از نظر عبور لوله از آن، برابر قطر خارجی لوله است. برای ایجاد تکیه‌گاه، باید طوقه را روی سرساده لوله سر داد تا در محلی که برای تکیه‌گاه در نظر گرفته شده قرار گیرد. سپس، لبه‌های خارجی طوقه را از دو طرف و در تمام طول محیط به جدار لوله جوش داد. برای اتصال هر طوقه به پی بتنی، باید از دو قطعه فولادی به ابعاد مناسب استفاده کرد که از یک طرف به طوقه جوش داده شده و از طرف دیگر با پیچ و مهره یا جوش به صفحه فولادی پایه^۱ که در بتن پی کار گذاشته شده متصل شود. ابعاد مقطع طوقه، ابعاد قطعات اتصالی فولادی و ابعاد پی بتنی باید طوری طراحی شوند که اولاً، مقاومت کافی در مقابل نیروهای وارده را داشته باشند و ثانیاً لوله را در ارتفاع مورد نظر نگهدارند.

در عبور از بستر رودخانه‌ها و آب‌روها و یا عبور از زمین‌های گود و یا اراضی در معرض آب گرفتگی بر اثر سیل یا طغیان رودخانه‌ها، که در نظر است برای اجتناب از تماس زیر لوله با آب، خط لوله در ارتفاع بالاتر از سطح آب نصب شود، لازم است تکیه‌گاه‌های لوله که حسب مورد ممکن است از نوع زین بتنی و یا طوقه باربر باشد روی پایه‌هایی با ارتفاع مناسب نصب شوند تا زیر لوله حداقل ۵۰ سانتیمتر بالاتر از حداکثر سطح آب قرار گیرد.

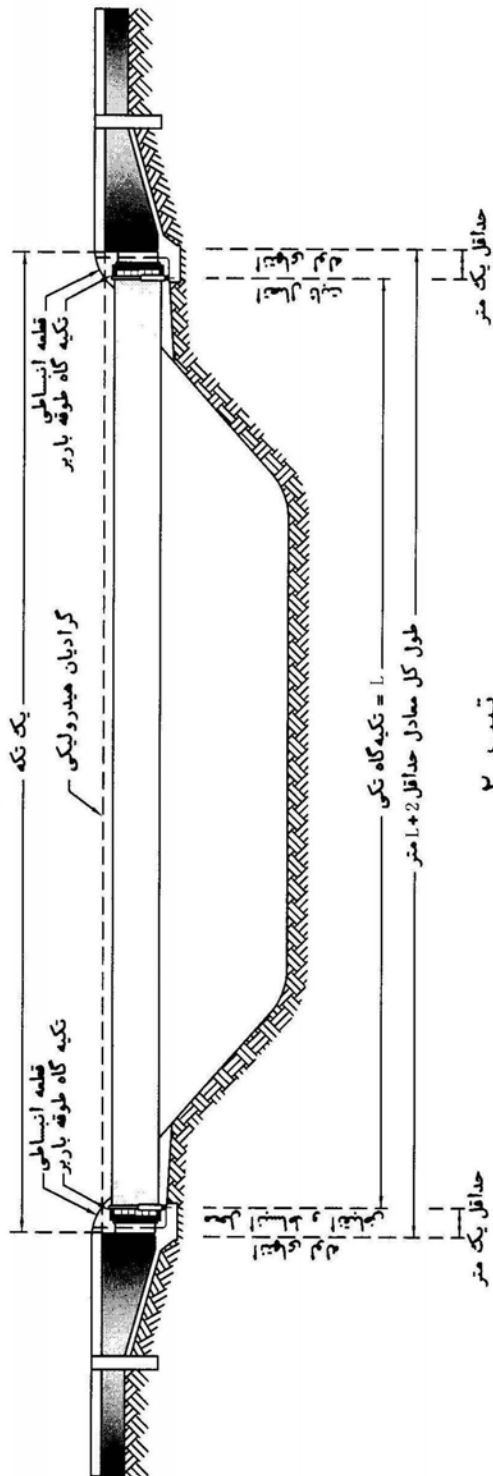
در شکل شماره ۲-۱-۹ دو نوع نمونه عبور عرضی از موانع با استفاده از طوقه باربر نشان داده شده است. تیپ شماره یک با طول حداکثر ۲۰ متر برای عبور از موانعی مانند کانالها و تیپ شماره دو برای عبور از موانعی مانند رودخانه‌ها مناسب می‌باشند. برای نصب قطعاتی از قبیل اتصالی انبساط، شیرآلات و نظایر آن در شیب و سربالایی، دو عدد طوقه باربر متوالی با فاصله مناسب پیش بینی و قطعه مورد نظر در میان دو طوقه باربر قرار داده شده و نصب می‌گردد. در این حالت، امکان انبساط و انقباض کل خط لوله باید در محل تکیه‌گاه‌ها (مثلاً با استفاده از سوراخ لویایی در محل اتصال به پایه‌ها) برقرار شود.

^۱ Base Plate

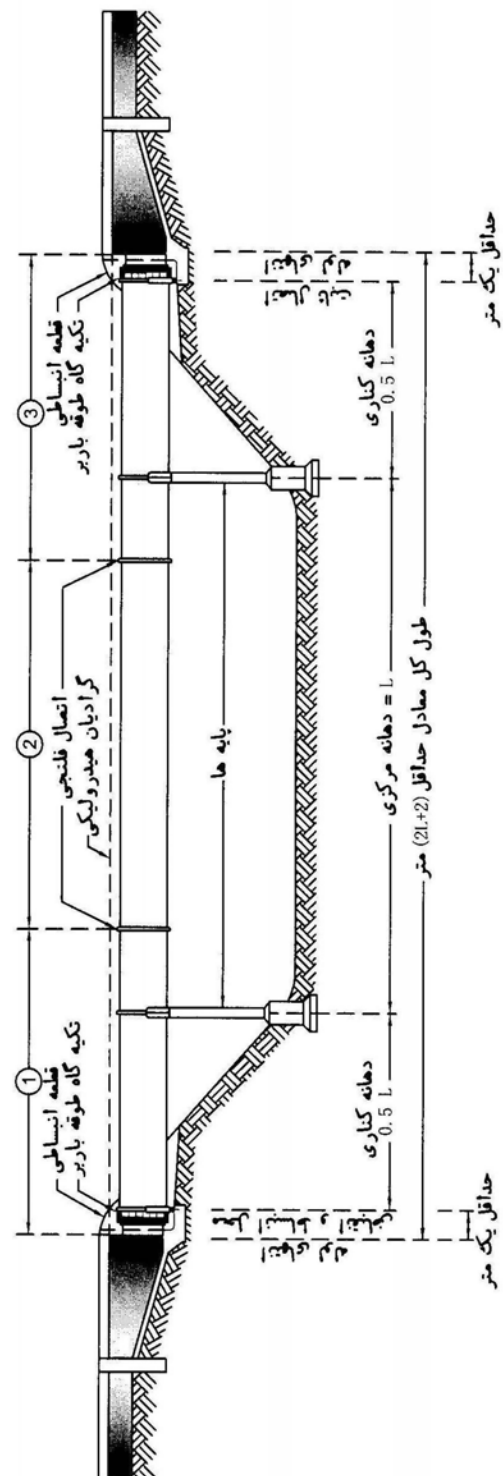


شکل ۸-۱-۲: تکیه گاه از نوع طوقه باربر

تیپ یک



تیپ ۲

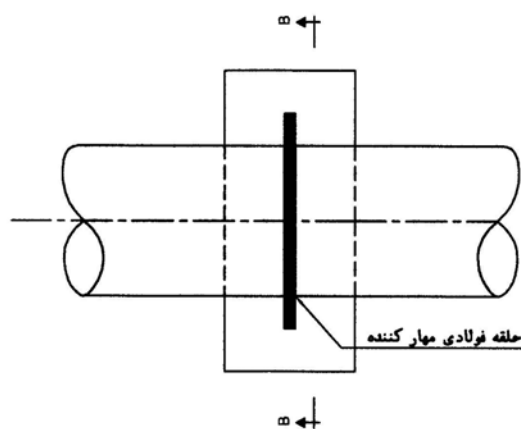


شکل ۹-۱-۲: عبور عرضی از موانع با تکیه گاه از نوع طوقه باریک

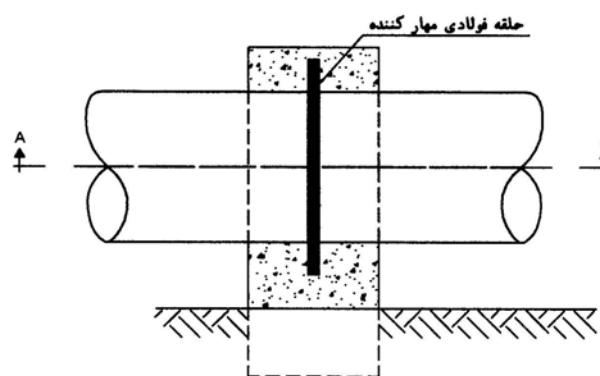
۳-۱-۱۴-۱-۲ تکیه‌گاه از نوع بلوک مهار

بلوکهای مهارى عمدتاً برای مهار لوله در شیب کاربرد دارند و همان عمل طوقه باربر را در این مواقع انجام می‌دهند. در مواقعی که لوله در مناطق با رطوبت زیاد نصب می‌شود، طوقه‌های باربر می‌توانند در معرض زنگ‌زدگی قرار گیرند. لذا استفاده از بلوکهای بتنی در این مناطق مناسب‌تر است.

در این نوع تکیه‌گاه، قسمتی از لوله در داخل بتن مدفون می‌شود. این بتن با ریشه مناسب در داخل زمین، حالت یک وزنه نگهدارنده را دارد. برای ثابت ماندن لوله در داخل بلوک بتنی، اطراف لوله باید یک و یا دو حلقه فولادی مهارکننده جوش داده شود. در شکل شماره ۱۰-۱-۲، جزئیات عمومی بلوک مهارکننده منعکس است.



برش A-A



برش B-B

شکل ۱۰-۱-۲ : بلوک مهارکننده

۲-۱-۱۴ عبور از موانع زمینی

تقاطع‌های زمینی مانند عبور خط لوله از زیر رودخانه یا آبراهه و کانال، مسیل، جاده‌ها، بزرگراه‌ها، راه آهن و غیره می‌باشد. برای عبور از هر یک از موانع فوق الذکر، باید مطابق نقشه‌های اجرایی مربوط عمل نمود. پیمانکار موظف است قبل از آغاز عملیات اجرایی عبور از تقاطع‌ها، محل نصب احتمالی تأسیسات زیرزمینی را با کاربرد روشها یا وسایلی از قبیل دستگاه اولتراسونیک یا حفر ترانشه‌های دستی و چاله‌های آزمایشی یا با مراجعه به سازمانهای ذیربط مشخص نماید. مهمترین نکات در عبور از موانع زمینی به شرح زیر می‌باشد.

الف - برای کاهش مدت زمان کارها و ایجاد کمترین اختلال برای استفاده‌کنندگان، باید با توجه به نوع موانع، مناسب‌ترین زمان برای عبور از آنها انتخاب شود. رعایت توصیه‌های مندرج در مجوزهای صادره از طرف مقامات ذیصلاح و یا صاحبان خصوصی جاده‌ها، ساختمانها و تأسیسات زیرزمینی الزامی است. این توصیه‌ها ممکن است شامل نحوه وقفه در ترافیک، چگونگی عبور از موانع و نحوه بازسازی مسیر و اقدامات احتیاطی دیگر باشد.

ب - عبور از جاده‌ها و بزرگراه‌ها باید در تاریخ و مدت زمان معین و طبق دستورالعمل توافق شده با مقامات وزارت راه و پلیس راه و یا راهنمایی و رانندگی با رعایت مسایل ایمنی و نصب وسایل لازم از قبیل علائم راهنمایی و چراغ چشمک زن انجام گیرد. پ - چنانچه براساس نقشه‌های اجرایی، عبور لوله باید با حفر تونل انجام پذیرد و در صورت استفاده از غلاف محافظ، رعایت نکات زیر ضروری می‌باشد.

- قبل از شروع به حفر تونل در هر تقاطع، محل آن را پیمانکار بازرسی نموده و اندازه‌های لازم برای غلاف و لوله را تعیین نماید.

- تونل حفر شده باید طوری باشد که لوله عایق شده بدون صدمه، در تونل یا غلاف قرار گیرد.

- پیمانکار مسئولیت حفاظت و ایمنی از تأسیسات را به عهده داشته و باید کلیه عملیات لازم را برای تقویت این تأسیسات به کار بندد.

- در مواردی که حفاری تونل به صورت دستی یا مکانیکی انجام و حفره خالی در مسیر باقی می‌ماند که موجب ریزش خاک اطراف می‌شود، این حفره خالی باید با تزریق ملات ماسه سیمان و با نظر مهندس مشاور پر شود.

- غلاف لوله باید تا انتهای حریم جاده‌ها یا راه‌آهن امتداد یابد. طول لوله که در غلاف جای می‌گیرد، باید کاملاً عایق‌بندی شود و به مجرد کارگذاری لوله، سلامت عایق کنترل و در صورت مشاهده صدمه احتمالی، طبق نظر مهندس مشاور ترمیم گردد.

- در دو طرف غلاف باید لوله‌های هواکش مطابق نقشه‌های اجرایی مربوط نصب شود.

- باید دقت کافی شود که از ورود خاک، آب، گل و غیره به داخل غلاف یا لوله جلوگیری شود.

ت - چنانچه عبور لوله یا غلاف در محل تقاطع جاده‌ها و با توافق مقامات مربوط، به صورت ترانشه باز انجام شود، رعایت نکات زیر ضروری می‌باشد.

- حفاری به صورت دو قسمتی و با ایجاد جاده دسترسی فرعی صورت گیرد تا عبور ترافیک دچار وقفه نشود.

- خاکبرداری و خاکریزی و مرمت جاده باید طبق مشخصات طرح و زیر نظر مهندس مشاور و کسب مجوزهای لازم از مقامات ذیصلاح انجام شود.
- حداقل فاصله بین غلاف محافظ و سطح تمام شده جاده که روی نقشه‌های اجرایی و یا مجوز صادره مشخص شده و یا از طرف مهندس مشاور تعیین می‌شود، تأمین گردد.
- در محل‌هایی که عبور خط لوله از موانع بدون غلاف صورت می‌گیرد، نحوه عبور از موانع مزبور باید طبق نقشه‌ها و یا طبق دستور مهندس مشاور انجام شود.

◀ ۱۵-۱-۲ برش لوله

در ایجاد خط لوله با استفاده از شاخه‌های لوله فولادی، مواردی پدید می‌آید که به قطعه لوله کوتاه‌تر از شاخه لوله‌های موجود نیاز پیدا می‌شود. در این موارد باید با بریدن قسمتی از طول شاخه لوله موجود، قطعه لوله مورد نظر را ایجاد کرد. علاوه بر این، احتمال دارد بر اثر صدمات ضمن حمل و نقل و جابجایی‌ها، سر ساده بعضی از شاخه لوله‌ها به شدت آسیب دیده و مناسب اتصالی نباشند که در این صورت، لازم است قسمتی از سر لوله بریده شود. برش لوله باید به طریقی انجام شود که سر لوله‌های حاصل از برش، کامل و سالم بوده و آسیبی به لوله یا پوشش آن وارد نیاید. مقطع برش لوله باید کاملاً عمود بر محور لوله باشد. برای برش لوله‌های فولادی خطوط انتقال می‌توان از جوش استیلن و یا دستگاه‌های مخصوص برش لوله استفاده کرد. در کار با تجهیزات مخصوص برش لوله‌های فولادی، لازم است، دستورالعمل‌ها و توصیه‌های سازنده تجهیزات مزبور درباره نحوه استفاده از تجهیزات و نکات ایمنی کاملاً رعایت شود. پس از اتمام برش، لازم است لبه لوله‌ها طبق مشخصات قبلی پخ شوند. پخ کردن سر لوله‌ها برای اتصالی جوشی باید با استفاده از ماشین‌های مخصوص پخ کردن^۱ انجام شود. محل پخ باید تا حد براق شدن پرداخت شود.

◀ ۱۶-۱-۲ نصب شیرآلات

چنانچه اتصالی شیرآلاتی که برای نصب در خط انتقال لوله فولادی تحت فشار در نظر گرفته شده از نوع فلنجی باشد، نصب این نوع شیرآلات عیناً نظیر نصب شیرآلات در خطوط لوله فشاری چدنی است که در فصل مربوط به لوله‌های چدنی توضیح داده شده است. در صورتی که اتصالی این شیرآلات از نوع دیگری باشد، در آن صورت می‌توان از تبدیل‌های مخصوصی که این اتصالی را تبدیل به اتصالی فلنجی می‌کند، استفاده کرد.

◀ ۱۷-۱-۲ پشت‌بندها و مهارهای بتنی

پشت‌بندها و مهارهای بتنی در خطوط انتقال لوله فولادی تحت فشار عیناً نظیر پشت‌بندها و مهارهای بتنی در خطوط لوله فشاری چدنی است که در فصل مربوط به لوله‌های چدنی شرح داده شده است. به همین ترتیب مفادی که در فصل مربوط به لوله‌های چدنی در ارتباط با نکات زیر تشریح شده نیز در مورد خطوط انتقال لوله‌های فولادی تحت فشار، عیناً صادق خواهد بود:

- بررسی پشت‌بندها و مهارهای بتنی

^۱ Beveling Machine

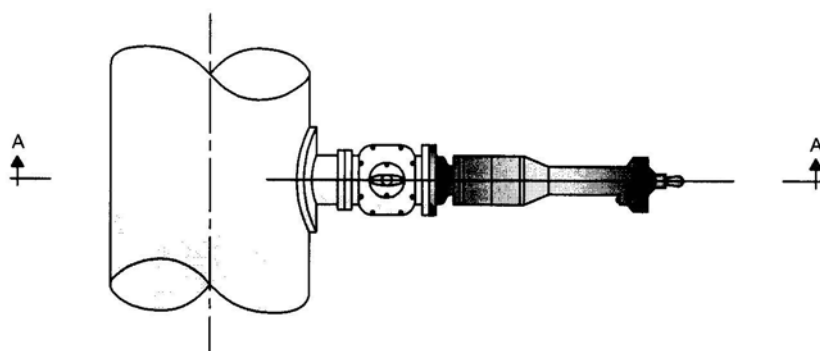
- زمان ایجاد پشت‌بندها و مهارهای بتنی

◀ ۱۸-۱-۲ انشعاب از خطوط لوله فولادی

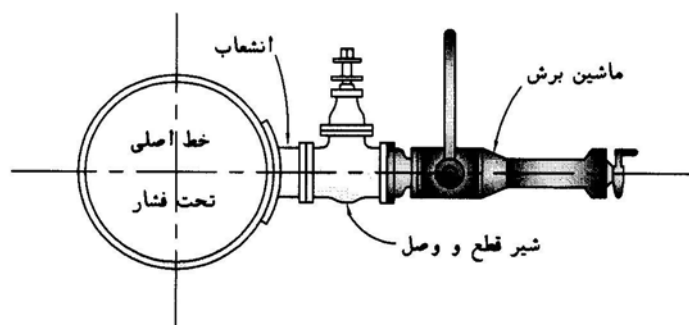
انشعاب از خطوط لوله فولادی تحت فشار و در حال بهره‌برداری، از سایر لوله‌ها آسان‌تر می‌باشد. فراهم بودن امکان برش و سوراخ نمودن لوله‌ها، نصب سهراهی و نظایر آن، تعبیه هرگونه انشعاب برای اهداف مختلف از قبیل شیرهای قطع و وصل، شیرهای آتش‌نشانی، شیرهای تخلیه و غیره را تقریباً در هر نقطه از خط ممکن می‌سازد.

نحوه نصب انشعاب بر روی خط لوله در حال بهره‌برداری و تحت فشار طبق شکل شماره ۱۱-۱-۲ انجام می‌شود. مراحل مختلف اجرای کار به شرح زیر است.

- ابتدا انشعاب فلنچ‌دار مورد نظر به خط لوله جوش می‌شود.
- سپس یک شیر قطع و وصل و عنداللزوم قطعه تبدیل به فلنچ انشعاب وصل می‌گردد.
- ماشین و دستگاه برش برای ایجاد سوراخ در لوله اصلی به‌انتهای شیر قطع و وصل (قطعه تبدیل) وصل می‌شود.
- پس از برش و سوراخ کردن خط اصلی، شیر قطع و وصل بسته شده و دستگاه برش جدا شده و انشعاب برقرار می‌باشد.



پلان



برش A-A

شکل ۱۱-۱-۲: نحوه برقراری انشعاب روی خط لوله فولادی تحت فشار

◀ ۱۹-۱-۲ تعمیر و تکمیل پوشش‌های حفاظتی

قبل از خاکریزی روی لوله و متعلقات، کلیه پوشش‌هایی که در حین نصب صدمه دیده‌اند باید طبق دستورالعمل‌های مربوط و دستورات مهندس مشاور تعمیر شوند. همچنین، کلیه متعلقات، شیرآلات، پیچ و مهره‌ها، انشعابات و غیره که بر روی خط لوله نصب شده‌اند، باید با پوشش مناسب محافظت گردند.

جنس پوشش مصرفی برای تعمیر پوشش اصلی و همچنین پوشش متعلقات و شیرآلات و غیره، باید حتی الامکان مشابه پوشش اصلی لوله بوده و در هر صورت باید سازگار با پوشش لوله‌ها باشند، به نحوی که پس از تعمیر پوشش‌ها و اجرای پوشش‌های تکمیلی، از یکدیگر جدا نشده و به صورت یکپارچه عمل نمایند.

۴-۲-۱-۲۰ جلوگیری از یخ‌زدگی در لوله‌های فولادی

این تصور که به علت جاری بودن آب، خطوط لوله دچار یخ‌زدگی نمی‌شوند، به هیچ عنوان صحیح نمی‌باشد. در صورتی که دمای آب به نقطه انجماد برسد و صرف‌نظر از جاری و یا ساکن بودن، آب درون لوله به حالت یخ می‌رسد. این امر می‌تواند ناشی از تبادل حرارتی در لوله‌های روکار، سرد شدن زمین اطراف لوله‌های مدفون و یا افت طولانی و بیش از حد دما باشد. یخ‌زدن کامل آب در لوله زمانی اتفاق می‌افتد که ابتدا درجه حرارت آب به صفر رسیده و سپس حدود 300 Btu حرارت از هر لیتر آب خارج شود.

بنابراین، ضمن لزوم عایق‌بندی مناسب لوله‌های روی زمین و یا با عمق کم کارگذاری، عمق یخ‌زدگی زمین نیز باید دقیقاً بررسی و سپس حداقل عمق نصب لوله تعیین شود. به عنوان مثال، عمق یخ‌زدگی در زمین‌های ماسه‌ای حدود $1/5$ برابر زمین‌های رسی است. به عبارت دیگر، عمق نصب لوله در زمین‌های رسی می‌تواند کمتر از زمین‌های ماسه‌ای باشد.

۴-۲-۱-۲۱ خاکریزی مقدماتی

خاکریزی مقدماتی که همان خاکریزی انتخابی است، در اصول براساس دستورات مهندس مشاور و مشخصات و ضوابط مندرج در بخش «نکات مشترک لوله‌گذاری» انجام می‌شود.

خاک مصرفی باید عاری از قلوه و پاره سنگ، خاک یخ زده، مواد گیاهی و آلی، زباله و خاکهای پوسیده، خاکستر، ذغال و سایر مصالح نامناسب مشابه باشد.

خاکریزی مقدماتی در هر قسمت باید براساس مشخصات بستر سازی تعیین شده در نقشه‌ها و مدارک اجرایی و دستورات مهندس مشاور انجام پذیرد.

با توجه به این که آزمایش فشار هیدرواستاتیکی لوله قبل از خاکریزی انجام می‌شود، خاکریزی مقدماتی جسم و بدنه لوله باید به نحوی انجام شود که محل اتصالات و متعلقات برای کنترل هرگونه نشت قابل رؤیت باشند. بنابراین، خاکریزی مقدماتی این محلها پس از اتمام آزمایشها باید به نحوی انجام پذیرد که با خاکریزی مقدماتی قبلی روی جسم و بدنه لوله به صورت همگن باشد.

خاکریزی مقدماتی لوله باید در محیط خشک انجام و هرگونه آبهای سطحی و ورودی به ترانشه قبلاً خارج شده باشد.

خاکریزی مقدماتی بر اساس مشخصات بسترسازی حداقل 15 الی 30 سانتیمتر بالای تاج لوله با توجه به قطر اسمی، انجام می‌پذیرد، مگر اینکه در مشخصات فنی خصوصی و یا دستور مهندس مشاور مقادیر متفاوتی ذکر شده باشد.

۴-۲-۱-۲۲ آزمایش هیدرواستاتیک خطوط لوله فولادی

نکات مشترک برای آزمایش فشار هیدرواستاتیک خطوط لوله از نظر آماده‌سازی، مشخصات آب مصرفی، شستشو و ضدعفونی کردن خطوط لوله در فصل نکات مشترک این مشخصات درج شده و پیمانکار موظف به رعایت تمامی نکات مزبور می‌باشد.

آزمایش هیدرواستاتیک خطوط فولادی باید براساس مشخصات طرح و یا دستورات مهندس مشاور انجام شود. در صورت فقدان آن در مشخصات طرح و یا ارجاع به این مشخصات، روش‌های زیر باید مورد عمل قرار گیرند.

۱-۲۲-۱-۲ کارهای قبل از آزمایش

الف - مقدار خاکریزی مقدماتی روی بدنه لوله باید به اندازه‌ای باشد که از بلند شدن لوله‌ها در حین پرکردن خط لوله از آب و یا افزایش فشار در حین انجام آزمایش جلوگیری نماید.

همانطور که در فصل نکات مشترک درج شده، حداقل مقدار خاکریزی مقدماتی باید ۳۰ سانتیمتر روی تاج لوله باشد. در صورتی که به لحاظ ضرورت‌های اجرایی، خاکریزی مقدماتی و نهایی باید بلافاصله پس از نصب خط لوله انجام شود، روسازی نهایی نباید قبل از تأیید آزمایش هیدرواستاتیک خط لوله کامل و نهایی گردد.

ب - عملیات پرکردن خط لوله و هواگیری آن باید حداقل ۷ روز پس از بتن‌ریزی آخرین پشت‌بند خط لوله و یا ۳۶ ساعت (در صورت استفاده از سیمان زودگیر) انجام شود.

۲-۲۲-۱-۲ تأمین ماشین‌آلات و ابزار کار

قبل از پرکردن خط لوله از آب و هواگیری آن، پیمانکار موظف است، ماشین‌آلات و ابزار کار لازم را برای انجام عملیات پرکردن خط لوله از آب و هواگیری و انجام آزمایشات هیدرواستاتیک خط لوله فراهم نموده و به تأیید مهندس مشاور برساند. ماشین‌آلات، تجهیزات و ابزار کار عمدتاً به شرح زیر است، ولی محدود به آنها نمی‌باشد.

- بیل مکانیکی، جرثقیل و تریلر
- وسایل و لوازم ایمنی
- چند شاخه لوله و اتصالات یدکی
- مخزن و تانکر آب
- تلمبه افزایش فشار و وسایل اتصال آن به خط لوله
- وسایل اندازه‌گیری فشار و نشت آب
- ماشین جوش و ابزار جوشکاری
- تلمبه کف کش.

۳-۲۲-۱-۲ پرکردن و هواگیری خط لوله

الف - پیمانکار موظف است قبل از شروع به پر کردن خط لوله، آمادگی قطعه تحت آزمایش را به مهندس مشاور کتباً اعلام و انجام بازدید و تأیید شروع آزمایش را درخواست نماید.

ب - مهندس مشاور پس از بازدید از قطعه لوله مزبور و اطمینان از این که پشت‌بندها و مهاریه‌ها (اعم از دائمی و موقت) به نحو مناسب انجام شده و تمام ماشین‌آلات، تجهیزات و ابزار کار موجود و پرسنل متخصص در محل کار حضور دارند و همچنین امکانات تأمین آب فراهم گردیده، موافقت خود را با شروع پر کردن خط لوله اعلام می‌نماید.

پ - با استفاده از تلمبه مناسب، آب به خط لوله وارد و با بازکردن شیرهای هوا در مسیر، خط لوله به آهستگی از آب پر شده و هوای آن تخلیه می‌گردد. قبل از شروع آزمایشهای اصلی، باید اطمینان حاصل شود که هوای داخل لوله و محلول در آب کاملاً تخلیه شده است.

ت - در مواردی که خط لوله دارای اندود ماسه سیمان است و قبل از شروع آزمایش، خط لوله حداقل به مدت ۲۴ ساعت باید پر از آب حفظ شده تا فرصت کافی برای جذب آب توسط اندود ماسه سیمان وجود داشته باشد.

ث - پس از پر کردن خط، مسیر خط لوله و محل اتصالات، متعلقات و شیرآلات باید دقیقاً بازرسی شده و هیچ‌گونه نشتی نباید ملاحظه شود. چنانچه نشتی وجود داشته باشد، باید با روش مورد تأیید مهندس مشاور، نسبت به رفع آن اقدام و مجدداً خط لوله پر و هواگیری شود.

ج - طول قطعه مورد آزمایش باید بین ۱۰۰۰ الی ۱۵۰۰ متر (برای خطوط انتقال) و حدود ۵۰۰ متر (برای شبکه‌های توزیع آب) باشد.

۲-۱-۲۲-۴ انجام آزمایش

آزمایش هیدرواستاتیکی خطوط لوله فولادی به دو روش افت فشار و تلفات آب انجام می‌شود.

۲-۱-۲۲-۴-۱ آزمایش به روش اندازه‌گیری افت فشار

مراحل انجام این آزمایش و روش‌های آن برای لوله‌های با و بدون اندود داخلی، عیناً مشابه لوله‌های چدن نشکن می‌باشد که در فصل مربوط به لوله‌های چدن نشکن شرح داده شده است. این آزمایشها با توجه به دستورالعمل مندرج در قسمتهای اول، سوم و چهارم استاندارد شماره DIN 4279 به شرح زیر انجام می‌شود.

DIN 4279 - Part 1 - مشخصات عمومی آزمایش هیدرواستاتیکی خطوط لوله آب تحت فشار

DIN 4279 - Part 3 - آزمایش هیدرواستاتیکی خطوط لوله فولادی و چدن نشکن با پوشش داخلی اندود سیمان

DIN 4279 - Part 4 - آزمایش هیدرواستاتیکی خطوط لوله فولادی با و یا بدون پوشش قیری

۲-۱-۲۲-۴-۲ انجام آزمایش به روش مقدار نشت مجاز آب

مشخصات زیر برای این آزمایش، بر اساس مندرجات AWWA - M 11, 2004 تنظیم گردیده است.

الف - پس از اطمینان از پر شدن خط لوله و هواگیری آن و عدم وجود هر گونه نشت مرعی از محل اتصالات، شیرآلات و متعلقات، مهندس مشاور اجازه آغاز آزمایش خط لوله را صادر می‌نماید.

ب - با استفاده از تلمبه، آب از تانکر یا مخزن مدرج به داخل خط لوله تحت آزمایش تزریق می‌گردد تا فشار به حد فشار تعیین شده برای آزمایش برسد.

پ - چنانچه در مشخصات طرح فشار آزمایش و مدت تعیین شده باشد، رعایت آن توسط پیمانکار الزامی است. در غیر این صورت، فشار آزمایش هیدرواستاتیک خط لوله که در پایین‌ترین نقطه از خط لوله تحت آزمایش اندازه‌گیری می‌شود، باید حداقل معادل ۱۲۵ درصد فشار کار (فشار طراحی) لوله و یا کلاس لوله (هر کدام که بیشتر است) باشد و حداقل به مدت دو ساعت تحت آزمایش فشار مزبور قرار گیرد.

۲-۱-۲۲-۳ مقدار نشت مجاز

الف - مقدار آبی که به خط لوله پر از آب برای افزایش فشار طی مدت آزمایش اضافه می‌شود باید دقیقاً اندازه گیری شده و یادداشت شود. جمع مقدار آبی که طی مدت آزمایش به خط لوله تزریق می‌شود نباید بیشتر از حدود ۰/۹۳ لیتر به ازاء هر میلیمتر قطر خط لوله در هر کیلومتر طول خط (معادل ده گالن به ازای هر اینچ قطر لوله در هر مایل طول خط) در ۲۴ ساعت باشد. این مقدار نشت مجاز برای اتصالات مکانیکی است. نشت اتصالات جوشی عملاً نباید وجود داشته باشد و در هر صورت انتظار می‌رود که از مقدار فوق کمتر باشد.

ب - در تمام مدت انجام آزمایش فشار، باید مسیر خط لوله، محل اتصالات، شیرآلات و متعلقات در قطعه تحت آزمایش توسط سرپرست آزمایش و نماینده مهندس مشاور بازرسی شود تا چنانچه نشت مرئی ملاحظه شود، بلافاصله نسبت به توقف آزمایش و رفع نشتی مزبور اقدام گردد.

تمام مراحل پر کردن، هواگیری و تزریق آب برای افزایش فشار پس از انجام عملیات رفع نشتی، باید مجدداً تکرار شود.
پ - در صورتی که مقدار نشت آب در خط لوله مورد آزمایش بیش از مقدار تعیین شده در مشخصات طرح و یا تعیین شده در بند الف فوق باشد، پیمانکار باید نسبت به بررسی و مشخص کردن محل نشت و ترمیم یا اصلاح خط لوله یا اتصالات مربوط اقدام نماید تا مقدار نشت، به کمتر از حد مجاز برسد.

ت - فقط پس از انجام آزمایش و تأیید مهندس مشاور، پیمانکار می‌تواند در آن قسمت از خط لوله که مورد تأیید قرار گرفته، خاکریزی نهایی و اقدامات بعدی مربوط به ترمیم نوار حفاری را انجام دهد.

۲-۱-۲۳ آزمایش سراسری، ضد عفونی نمودن و شستشوی خط لوله

خطوط لوله فولادی باید پس از تکمیل و قبل از قرار گرفتن در مدار بهره‌برداری، تحت آزمایش سراسری (با فشار کار خط)، ضد عفونی نمودن و شستشوی خط قرار داده شوند.
مشخصات، ضوابط و نحوه آزمایشهای فوق در فصل نکات مشترک لوله‌گذاری ذکر گردیده است.

۲-۱-۲۴ خاکریزی نهایی

خاکریزی نهایی از ۳۰ سانتیمتری بالای تاج لوله شروع و تا سطح زمین و یا زیر لایه زیرسازی جاده‌ها و معابر ادامه می‌یابد، مگر این که در مشخصات فنی طرح، دستورالعمل دیگری داده شده باشد. خاکریزی نهایی در اصول بر اساس مشخصات مندرج در بخش «نکات مشترک لوله‌گذاری» انجام می‌شود.

خاک مصرفی برای خاکریزی نهایی لوله‌های فولادی تا زیر لایه زیرسازی جاده و معابر می‌تواند دارای قلوه سنگ به ابعاد حداکثر ۲۰ سانتیمتر باشد مگر این که در مشخصات طرح محدودیت دیگری ذکر شده و یا دستور مهندس مشاور به نحو دیگری باشد.

خاک حاصل از حفر ترانشه در صورتی مناسب برای مصرف می‌باشد که دارای مقادیر لازم رس، شن، مخلوط و مواد مشابه باشد. در صورتی که خاک حاصل از حفر ترانشه به علل مختلف از جمله نامناسب بودن بخشی از آنها برای خاکریزی نهایی کفایت

نمایند، باید از مخلوط رودخانه‌ای و یا خاک قرضه مناسب بر اساس مشخصات طرح و مورد تأیید مهندس مشاور به عنوان جایگزین استفاده نمود.

خاکریزی نهایی باید بر اساس مشخصات طرح و یا دستورات مهندس مشاور و یا مندرجات سایر بخشهای این مشخصات متراکم گردد.

ارتفاع خاکریزی نهایی مرحله اول که قبل از انجام آزمایشهای فشار هیدرواستاتیکی بر روی بدنه لوله انجام می‌شود، حداقل ۱۵ الی ۳۰ سانتیمتر تا روی تاج لوله و با توجه به قطر اسمی آن است. اضافه بر آن براساس مشخصات فنی خصوصی و یا دستورات مهندس مشاور است.

پیوست شماره یک اجرای اتصال جوشی لوله‌های فولادی

مشخصات جوشکاری زیر به منظور توضیح نحوه جوشکاری محل اتصالاتی‌های لوله‌ها و متعلقات، شامل تهیه و تجهیز ماشین‌آلات، ابزار و لوازم جوشکاری و نیروی انسانی ماهر و متخصص می‌باشد.

کلیات

مهندس مشاور مجاز خواهد بود در تمام اوقات و به تمام اطلاعات مربوط به جوشکاری، رادیوگرافی، روش جوشکاری مشروح در این مشخصات فنی دسترسی داشته باشد.

کلیه جوشکاری‌های اتصالاتی لوله‌ها و متعلقات طبق روشهای مندرج در آخرین تجدیدنظر استاندارد——— دارد شماره ANSI /AWWA C 206 و یا سایر استانداردهای معتبر انجام و به تأیید مهندس مشاور برسد.

جوشکاران و ارزیابی آنها

کلیه جوشکاران باید در آزمایش جوشکاری براساس استاندارد شماره ANSI /AWWA C 206 و یا سایر استانداردهای معتبر دیگر، مورد ارزیابی قرار گرفته و پس از تأیید و صدور کارت و مجوز جوشکاری، در اجرای عملیات به کار گرفته شوند.

ماشین‌آلات و لوازم و تجهیزات مورد نیاز برای آزمایش جوشکاران به هزینه و توسط پیمانکار تهیه می‌شود. در مواردی که لوله‌ها توسط کارفرما تأمین می‌گردد، تهیه لوله‌های مورد مصرف در آزمایش جوشکاری نیز به عهده کارفرما خواهد بود. برای علامت گذاری جوشها، باید گچ مخصوص توسط پیمانکار در اختیار جوشکاران قرار داده شود و هر جوشکار باید شماره‌ای که در زمان آزمایش برای او تعیین شده را با گچ مخصوص در مجاورت قسمتی از جوش که توسط او انجام شده، در ربع بالای لوله درج نماید.

اگر جوشکاری به هر دلیل کارگاه را ترک نماید، شماره او نباید به وسیله جوشکار دیگر مورد استفاده قرار گیرد. جوشکاران فقط می‌توانند در مواردی که مجاز تشخیص داده و مجوز جوشکاری دریافت نموده‌اند، انجام وظیفه نمایند. جوشکاری با دست و با استفاده از روش جوشکاری الکتریکی^۱ و به وسیله الکترودهای پوشش‌دار^۲ انجام خواهد شد.

ماشین‌آلات، لوازم و ابزار جوشکاری

دستگاه‌های جوشکاری، لوازم آزمایش، گیره‌های میزان کننده سرلوله^۱، دستگاه‌های برش و سایر دستگاه‌ها باید از نوع مورد تأیید مهندس مشاور بوده و در وضعیت خوب نگهداری شوند.

^۱ Electric Arc Welding

^۲ Shielded Electrodes

گیره‌های میزان کننده سر لوله باید طوری باشند که پارگی، خراش یا فرورفتگی در سطح داخلی یا خارجی لوله و یا پوشش و اندود آن، ایجاد ننماید.

نوع و قطر الکتروود با توجه به جنس لوله و ضخامت آن و محل جوشکاری براساس استانداردهای معتبر، از جمله ANSI /AWWA C 206 توسط پیمانکار پیشنهاد و پس از تأیید مهندس مشاور مورد استفاده قرار می‌گیرد. الکتروودها تا زمان استفاده باید بر طبق توصیه‌های سازنده انبار و نگهداری شوند و پس از خارج شدن از بسته بندی، باید از صدمه دیدن یا مرطوب شدن آنها جلوگیری شود. الکتروودهای صدمه دیده مردود شناخته شده و باید از کارگاه خارج شوند.

آماده کردن سرلوله‌ها برای جوشکاری

وضعیت سر لوله باید قبل از جوشکاری بازرسی شود و اشکالاتی که ممکن است به کیفیت جوشکاری لطمه بزند، رفع گردد. کلیه پخ‌ها^۲ و لبه‌های^۳ هر شاخه قبل از ردیف کردن آن برای جوشکاری، باید از اجسام خارجی تا حد براق شدن فلز، تمیز گردند. پس از تمیزکاری سر لوله، قطر داخلی لوله با استفاده از وسیله اندازه‌گیری مناسب که پیمانکار تهیه و به تأیید مهندس مشاور رسیده، کنترل خواهد شد.

چنانچه سر لوله به اندازه‌ای صدمه دیده باشد که به تشخیص مهندس مشاور قابل جوشکاری نباشد، باید سر لوله با دستگاه مخصوص برش، بریده و پخ زده شود تا مناسب جوشکاری گردد. برش دستی و پخ زدن لوله‌ها بدون کمک دستگاه پخ زدن مجاز نمی‌باشد. پخ‌های کارگاهی را می‌توان با استفاده از ماشین‌های پخ‌زنی^۴ انجام داد. در هر صورت، پخ انجام شده در کارگاه باید با پخ نشان داده شده در روش جوشکاری مطابقت نماید.

جفت کردن لوله‌ها برای جوشکاری

برای جفت کردن لوله‌ها تا قطر ۴۰۰ میلیمتر می‌توان از گیره‌های داخلی یا خارجی استفاده نمود، ولی برای قطرهای بیش از ۴۰۰ میلیمتر، فقط گیره و بست‌های داخلی مجاز است. در مواردی که لوله دارای اندود سیمانی است و استفاده از گیره داخلی مقدور نباشد، می‌توان از گیره خارجی استفاده کرد.

گیره‌های داخلی را پس از تکمیل ۱۰۰٪ پاس اول و گیره‌های خارجی را پس از انجام ۷۰٪ پاس اول می‌توان برداشت. در صورتی که برای از بین بردن انحراف، عملیات چکش‌کاری لازم باشد، باید از چکش برنجی استفاده نمود، به طوری که به لوله و پوشش خارجی و اندود داخلی آن صدمه‌ای وارد نشود.

لوله‌ها باید به طریقی مقابل هم جفت شوند که انتهای جوشهای طولی آنها هم راستا نبوده و حداقل معادل ۱۰ برابر ضخامت لوله خارج از راستای هم باشند. جوشهای طولی (در لوله‌های درز مستقیم) باید در بالای لوله در بین حالت ساعات ۲ و ۱۰ قرار گیرند.

¹ Line-up Clamps

² Bevels

³ Edges

⁴ Facing, Bevelling Machin

برای سهولت و ایمنی عملیات جوشکاری، لوله‌ها باید در ارتفاع مناسب از زمین و بر روی پایه‌ها با تعداد و طول مناسب قرار گیرند. چنانچه استقرار لوله روی کانال الزامی باشد، طول پایه‌ها باید چنان باشد که از ریزش کانال جلوگیری نماید. جفت کردن و تنظیم درز جوش قطعاً باید با گیره‌انجام شود به نحوی که از آسیب وارد شدن به سر لوله‌ها جلوگیری گردد. استفاده از خال جوش مجاز نمی‌باشد. داخل کلیه لوله‌ها قبل از جفت شدن برای جوشکاری باید از هرگونه خاک و اجسام خارجی دیگر کاملاً تمیزکاری شود.

شرایط آب و هوا

جوشکاری در درجه حرارت محیط کمتر از ۱۸- درجه و هوای بارانی و برفی و وزش شدید و یا وقتی سطح فولاد خیس است، مجاز نمی‌باشد مگر با ایجاد شرایط لازم و مناسب مورد تأیید مهندس مشاور که در آن جوشکاران و کار اجرایی محافظت گردند. صرف نظر از درجه حرارت محیط، حرارت دیواره لوله در یک فاصله ۷۶ میلیمتری (سه اینچ) و یا چهار برابر ضخامت جداره لوله (هر یک که بیشتر باشد)، از نقطه جوشکاری نباید کمتر از ۱۵/۶ درجه سانتیگراد (۶۰ درجه فارنهایت) باشد. در غیر این صورت، گرم کردن فولاد قبل از شروع جوشکاری به مقداری که ذکر خواهد شد ضروری است.

پیش گرم کردن فولاد^۱

گرم کردن فولاد قبل از شروع جوشکاری باید تا فاصله حداقل چهار برابر ضخامت جداره لوله از هر طرف محل جوشکاری و حداقل ۷۶ میلیمتر (۳ اینچ)، هر کدام بیشتر باشد، انجام شود. عمل گرم کردن باید در حین عملیات ادامه داشته و درجه حرارت فولاد در فواصل ذکر شده متوالیاً کنترل گردد. حداقل درجه حرارت لوله طبق جدول زیر می‌باشد.

حداقل درجه حرارت پیش گرم کردن			
درجه حرارت لوله	ضخامت جداره لوله	فولاد معمولی	فولاد سخت
۱۸- الی ۱۵/۶ درجه سانتیگراد	تا ۱۹ میلیمتر	۱۵/۶	۲۳/۹
	۱۹ الی ۳۸ میلیمتر	۳۷/۸	۶۵/۶
بیش از ۱۵/۶ درجه سانتیگراد	تا ۱۹ میلیمتر	---	---
	۱۹ الی ۳۸ میلیمتر	۳۷/۸	۶۵/۶

پاس‌های جوشکاری

پاس اول - اگر قطر لوله بیش از ۲۵۰ و کمتر از ۱۰۰۰ میلیمتر باشد، پاس اول باید توسط دو جوشکار و چنانچه قطر لوله بیش از ۱۰۰۰ میلیمتر باشد، بیش از دو جوشکار متناسب با قطر لوله طبق روش اجرایی جوشکاری^۲ تأیید شده مهندس مشاور انجام شود.

^۱ Preheating

^۲ Welding Procedure

موقعیت جوشکاران و دستگاه‌های جوشکاری باید به طریقی باشد تا حتی الامکان از ایجاد تنش حرارتی جلوگیری نماید. سرباره پاس اول باید کاملاً با دستگاه سنگ تمیز شده و سرباره‌ان برداشته شود، بدون این که از ضخامت پاس اول کاسته شود. پاس دوم - پاس دوم پس از پاس اول و تحت همان شرایط و طبق روش اجرایی جوشکاری تأیید شده انجام خواهد شد و باید بلافاصله پس از تکمیل پاس اول اجرا شود. در غیر این صورت، ممکن است به تشخیص مهندس مشاور، بریدن و جوشکاری مجدد لوله الزامی گردد.

پاس‌های پرکننده : کلیه پاس‌های جوش باید کاملاً با سطح پخ سر لوله ممزوج شده و قبل از این که پاس نهایی اجرا شود، اطراف جوش کاملاً تمیز گردد. کپ یا گرده جوش باید از نظر شکل محدب بوده و در هیچ نقطه‌ای نباید پایین تر از سطح لوله باشد. عرض پاس نهایی باید چنان باشد که حداقل یک میلیمتر پهن تر از پخ موجود در هر طرف جوش بوده و ارتفاع آن نباید بیش از ۱/۵ میلیمتر بالاتر از سطح لوله باشد. پس از اجرای هر پاس، محل جوش باید کاملاً از سرباره پاک گردد و در صورت لزوم، گرده جوشها سنگ زده شود. سنگ زدن گرده جوش پاس نهایی به هیچوجه مجاز نمی‌باشد. ماشین‌های جوشکاری باید با شدت جریانی که در روش اجرایی جوشکاری تأیید شده مشخص گردیده، به کار گرفته شوند. آمپر متر مناسب برای اندازه‌گیری شدت جریان باید توسط پیمانکار تأمین و همواره در دسترس باشد. الکتروود یا اتصال زمین نباید به قسمتهای دیگر لوله، بجز محل پخ که جوشکاری می‌شود جرقه زند. جوشکاران باید کمال احتیاط را به عمل آورند تا از سوختن لوله به دلیل جرقه زدن خارج از محل پخ جلوگیری شود. در خاتمه هر روز کار، تمام جوشهای همان روز باید کاملاً تکمیل شده باشند. در خاتمه هر روز کار، تمامی سر لوله‌ها باید با نصب درپوش مناسب مسدود تا از ورود خاک، زباله، حیوانات، آب و دیگر اجسام خارجی به لوله‌ها جلوگیری شود.

جوشکاری اتصال نهایی^۱

- جوشکاری اتصال نهایی باید با دقت کامل و مطابق روش اجرایی که در مشخصات طرح آمده است، انجام گردد.
- این قسمت‌ها باید به دقت تنظیم شود به طوری که تنش‌های جا مانده و یا تنش‌های حاصل از جوشکاری، به حداقل برسد.
- برای جفت کردن لوله‌ها هنگام جوشکاری اتصال نهایی، ممکن است تغییر در شیب یا عرض کانال الزامی باشد.
- هنگامی که اتصال نهایی به خطوط لوله موجود انجام می‌شود، پیمانکار موظف است موقعیت نسبی لوله‌ها را در محل اتصال بررسی نموده و تغییرات لازم برای اتصال را اعمال نماید.
- زمان و مدت جوشکاری برای هر اتصال نهایی در روش اجرایی که در مشخصات طرح آمده است، تعیین خواهد شد.

جوشکاری فلنج‌ها و اتصالات

برای جوشکاری فلنج‌های جوشی به لوله‌ها و یا ساخت متعلقات و جوشکاری اتصالاتی متعلقات به لوله‌ها، اجرای روش‌های تعیین شده در مشخصات طرح در جوشکاری اتصالاتی لوله، لازم الاجرا می‌باشد.

¹ Tie-in

- در موقع جوش دادن فلنج به لوله باید دقت کافی به عمل آید که صفحه فلنج عمود بر محور لوله باشد. همچنین دقت شود که سوراخهای فلنج با سوراخهای وسیله متصل شونده به فلنج، در یک راستا قرار داشته باشند.
- برای جلوگیری از نشست آب در آینده، باید دقت شود که در هنگام جوشکاری فلنج، به سطح نشست و اشتر (گاسکت) آسیبی نرسد.
- اگر قطر داخلی لوله با قطر داخلی گلوگاه فلنج اختلاف داشته باشد و این اختلاف بیش از ۳ میلیمتر باشد، باید قطر کوچکتر تا اندازه قطر بزرگتر با شیب ۳ به ۱ سنگ زده شود تا لبه پخ آن با پخ لوله‌ای که به آن جوش داده می‌شود، مساوی گردد.
- تبدیل‌ها، سه راهی‌ها و زانویی‌ها که ابعاد آنها متناسب با ابعاد لوله‌ها می‌باشد و دارای پخ لازم هستند، باید طبق نقشه و لب به لب به لوله‌ها جوش داده شوند.
- اتصالات خروجی از نوع ولدولت^۱ روی لوله اصلی و فاصله نصب ولدولت در روی خط لوله از جوش محیطی (اتصال) آن خط، طبق مشخصات طرح مجاز می‌باشد.

بازرسی و آزمایش جوشکاری

- در مشخصات طرح، مقدار درصد رادیوگرافی و همچنین آزمایش اولتراسونیک جوش‌های انتخاب شده توسط مهندس مشاور تعیین می‌شود. مهندس مشاور در هر حال می‌تواند بر اساس نتایج هر یک از آزمایشات فوق، جوش‌ها را رد یا دستور تعمیر صادر نماید.
- بازرسی و آزمایش جوش‌ها در مورد جوشکاری با دست، بر اساس استاندارد ANSI /AWWA C206 و یا استانداردهای معتبر دیگر انجام می‌شود.
 - بازرسی جوشکاری، بررسی و تفسیر آزمایشات انجام شده روی جوشها، به عهده مهندس مشاور می‌باشد.
 - پیمانکار مسئول تهیه ابزار، وسایل و پرسنل متخصص مورد لزوم بوده و همچنین مسئول انجام آزمایشات غیرمخرب^۲ و نگهداری و بایگانی گزارشهای مربوط، تا مرحله تحویل موقت قرارداد می‌باشد.
 - تمامی اجناس و ماشین‌آلات، قبل از استفاده باید به تأیید مهندس مشاور برسند.
 - تمامی جوش‌های انجام شده مورد بازرسی عینی مهندس مشاور قرار خواهند گرفت و بازرسی عینی در هر مرحله جوشکاری می‌تواند صورت گیرد.
 - تمام جوشهایی که از نظر مهندس مشاور مشکوک به نظر برسند، باید رادیوگرافی شوند.
 - چنانچه مهندس مشاور به جوشی مشکوک شود و با درخواست او، جوش مربوط باید توسط پیمانکار بریده شده و تعویض شود. چنانچه نتیجه آزمایش جوش بریده شده مطابق مشخصات فنی جوشکاری نباشد، تمامی هزینه‌ها به عهده پیمانکار خواهد بود. در غیر این صورت، هزینه آن توسط کارفرما پرداخت خواهد شد.

^۱ Weldolet

^۲ NDT (Non Destructive Test)

- چنانچه جوشهای انجام شده توسط هر جوشکار از کیفیت نازلی برخوردار باشد، مهندس مشاور می تواند درخواست ارزیابی مجدد یا لغو صلاحیت جوشکاری را از جوشکار مورد نظر بنماید.

تعمیر جوش

- جوش‌هایی که پس از عکس‌برداری و یا در نتیجه بازدید عینی مهندس مشاور معیوب تشخیص داده شوند، طبق نظر مهندس مشاور تعمیر شده و یا بریده خواهند شد. نحوه تعمیر جوشهای معیوب به شرح زیر می باشد.
- جوشهایی که دارای شیار جانبی و سطحی هستند، با نظر مهندس مشاور می توانند تعمیر گردند.
- پیش از شروع تعمیر جوش، عیوب جزئی باید با سنگ سمباده برطرف و نیز سرجوش‌ها حرارت داده شوند.
- جوش تعمیر شده مجدداً رادیوگرافی خواهد شد و چنانچه عیبی مشاهده نشود، مورد قبول خواهد بود. در غیر این صورت، جوش باید بریده شده و جوشکاری تکرار شود.
- در صورت مشاهده ترک، کل جوش باید حداقل معادل یک برابر قطر لوله بریده شده و با یک قطعه لوله جدید^۱ مجدداً جوشکاری شود.

^۱ Nipple