

فصل پنجم

بررسی لوله های مختلف مورد استفاده در خطوط انتقال آب

MSRPCO group

فاکتورهای مهم در خوردگی لوله عبارتند از دما، pH، میزان قلیایی بودن، میزان کلسیم، کلر، سولفات، ترکیبات عالی و جنس لوله و اتصالات. انواع جنس های فلزی مورد استفاده عبارتند از مس، سرب و فولاد. علاوه بر فلزات از لوله های پایه پلاستیک و سیمانی نیز در خطوط انتقال آب استفاده می گردد. لوله های فولادی نیز خود به تنهایی به سه دسته فولاد معمولی ساده (Mild steel)، فولاد گالوانیزه (galvanized steel) و فولاد ضد زنگ (Stainless steel) تقسیم می شوند. لوله های گالوانیزه با قرار دادن فولاد در حمام روی مذاب تولید می شوند. روی (Zn) در حمام روی سطح فولاد نشسته و از سطح آن در مقابل خوردگی حفاظت می کند. فولاد های ضد زنگ با استفاده از عناصری مانند کروم و نیکل دارای توانایی تشکیل یک لایه غیر فعال روی سطح می شوند که از تماس سیال با سطح فلز جلوگیری می کند. از این فولاد ها در مکان هایی با نرخ خوردگی متوسط و زیاد استفاده می شود و تنها عامل محدود کننده در استفاده از آنها قیمت بالای آنها می باشد. کلر دشمن اصلی این فولاد ها می باشد و در مکان هایی که میزان کلر قابل توجه است انتخاب نامناسب فولاد ضد زنگ نرخ خوردگی به مراتب بالاتری نسبت به فولاد معمولی ایجاد می کند. جدول ۱، انواع مختلف فولاد ضد زنگ را برای محیط هایی با درصد کلر متغیر نشان می دهد. باید در طراحی اجزای درگیر با فولاد ضد زنگ دقت شود که در تماس با فولاد معمولی قرار نگیرد و یا حداقل در محل تماس عایق بندی الکتریکی صورت پذیرد. عمر بسیار زیاد این لوله (حدود ۵۰ سال) در صورت استفاده صحیح در مقابل لوله های معمولی (۲۰ سال) استفاده از آنها را حتی با توجه به قیمت بالاتر توجیه می کند.

جدول ۱-۵. نوع فولاد ضد زنگ مورد نیاز با تغییر درصد کلر آب

Chloride level	Suitable grades
<200 ppm	1.4301 (304), 1.4307 (304L), 1.4404 (316L)
200 - 1000 ppm	1.4404 (316L), (duplex 2205)
1000 - 3600 ppm	1.4462 (duplex 2205), 6% Mo superaustenitic, superduplex
>3600 ppm and seawater	6% Mo superaustenitic, superduplex

لوله های سیمانی می توانند از جنس های زیر تولید شوند: ۱- بتن تقویت شده (pre stresses concrete)، ۲- خطوط سیمانی معمولی و ۳- ترکیب سیمان و آزبست. در لوله های سیمانی در ابتدای بکار گیری در اثر تجزیه سیمان، هیدروکسید کلسیم تولید می شود که باعث افزایش pH آب شده و سختی آب را به شدت بالا می برد. همچنین در مورد سوم از لوله های پایه سیمانی آزاد شدن آلومینیوم و آزبست در آب می تواند به شدت برای سلامت انسان خطرناک باشد. این لوله ها در دراز مدت تغییر کمی در آب ایجاد می کنند اما بدلیل ترد بودن حمل و کار گذاری آنها سخت تر از لوله های فولادی است.

لوله های پایه پلاستیک شامل جنس هایی مانند PVC، پلی اتیلن و PVC کلر داده شده (Chloride PVC) می باشند. یکی از مشکل اصلی این لوله ها آزاد کردن ترکیبات معدنی در خط انتقال آب است. قبل از ۱۹۷۷، این لوله ها دارای درصد بالایی از کلرید ونیل بودند که به شدت مستعد به جدایش و حل شدن در آب بود. امروزه از پایدار کننده هایی در تولید لوله های پایه پلاستیک استفاده می شود که از تجزیه PVC در دمای بالا جلوگیری می کنند.

۲-۵ عوامل موثر بر خوردگی و تجزیه لوله ها

۱-۲-۵ عمر لوله ها

وقتی لوله برای اولین بار در مسیر جریان آب قرار می گیرد بالاترین نرخ خوردگی را نشان می دهد، اما با تشکیل رسوبات روی سطح لوله نرخ خوردگی کاهش می یابد. این رسوبات جلوی تخریب بیشتر لایه های پایین را می

گیرند. در لوله های سیمانی با گذشت زمان میزان کلسیم و آهک جدا شده کم شده و سختی آب کاهش شدیدی می یابد.

۵-۲-۲ زمان ایستایی آب

در اثر توقف آب یا سرعت کم سیلان آن نرخ خوردگی در خط به شدت افزایش می یابد و در نتیجه رسوبات سرخ رنگ بیشتری در این دسته از خطوط مشاهده می شود. در لوله های سیمانی با افزایش زمان نگهداری آب، pH و میزان هیدروکسیدها زیاد تر می شود.

۵-۲-۳ pH

در محدوده pH ۷-۹، نرخ خوردگی با افزایش pH زیاد تر می شود اما میزان آهن درون آب کاهش می یابد زیرا میزان حلالیت آهن در آب با افزایش pH کاهش می یابد. در لوله های سیمانی، زمانی که pH آب کم باشد، کلسیم موجود در سیمان به سرعت حل شده و با تولید هیدروکسید کلسیم، pH را به سرعت بالا می برد. این میزان حتی تا بالای ۹/۵ نیز می تواند افزایش یابد. با گذشت زمان یا افزایش سیلان، pH مجدداً به میزان اولیه خود باز می گردد. به همین استفاده از آب لوله های سیمانی بلافاصله بعد از کارگذاری توصیه نمی شود.

۵-۲-۴ میزان قلیایی بودن

عبارت است از میزان یون های قلیایی که باید دارای یک میزان حداقلی برای کنترل نرخ خوردگی باشند. در مواردی از تصفیه مانند استفاده از فیلترهای نانو یا ایجاد فشار اسمزی معکوس، سدیم، سولفات، کلسیم و بیکربنات ها حذف می شوند و در نتیجه نرخ خوردگی افزایش می یابد. به همین دلیل در این موارد باید قلیایی بودن آب مجدداً احیا شود. با افزایش قلیایی بودن، نرخ خوردگی در فولاد به شدت کاهش می یابد. در مواردی مشاهده شده است که با ثابت نگه داشتن pH و کم کردن قلیایی بودن آب نرخ رسوب آهن ۲۵-۵۰٪ افزایش می یابد. با افزایش قلیایی بودن به

بالاتر از ۶۰ mg/lit بوسیله کربنات کلسیم میزان رسوب درون لوله ها کاهش شدیدی نشان می دهد. در لوله های سیمانی آب با خاصیت قلیایی کم می تواند آهک سیمان را حل کرده و افزایش pH می تواند حتی تا دو سال در طول خط دیده شود.

۵-۲-۵

دما بر روی فاکتور های متفاوتی از قبیل اکسیژن حل شده، سیالیت، نرخ نفوذ، ضریب اکتیویته، آنتالپی واکنش، انحلال ترکیبات، نرخ اکسیداسیون و فعالیت های بیولوژیک اثر می گذارد. معمولاً نرخ خوردگی در فولاد، مس و سرب با افزایش دما افزایش می یابد. در مورد لوله های سیمانی اطلاعات دقیق و موثقی در دست نیست و در اکثر موارد بدون تاثیر گزارش شده اند.

۵-۲-۶ کلسیم

در اکثر موارد کلسیم با تشکیل کربنات کلسیم و تشکیل یک لایه محافظ روی سطح جلوی خوردگی فولاد را می گیرد. در لوله های سیمانی کلسیم جز اصلی سیمان محسوب می شود.

۵-۲-۷ کلر آزاد باقیمانده

اسید هایپوکلوروس (Hypochlorous acid) یک اکسید کننده قوی است که برای سالم سازی آب به آن افزوده می شود. این اسید تولید ذرات ریز کلر آزاد می کند که pH را کاهش می دهد و نرخ خوردگی را در فولاد افزایش می دهد. در مقابل خوردگی الکتروشیمیایی، نرخ خوردگی بیولوژیک در حضور یون کلر آزاد به شدت کاهش می یابد.

۸-۲-۵ کلراید و سولفات

در مورد اثر کلراید و سولفات اثر کاملاً مشخصی وجود ندارد. لارسون نشان داد که جمع سولفات و کلراید و نسبت آن به بی کربنات دارای اهمیت بسیار زیادی است. اکثر محققان نشان داده اند که کلراید نرخ خودگی را افزایش می دهد در حالی که سولفات باعث کاهش انحلال اکسید آهن شده و نرخ خوردگی را کم می کند. همچنین نشان داده شده است که درصد بالای سولفات باعث تخریب شدید لوله های سیمانی می شود زیرا با کلسیم سیمان واکنش داده و تولید سولفو آلمینات هیدراته کلسیم (calcium sulphotoaluminatehydrate) می کند که بدلیل حجم زیاد در سیمان تولید ترک می کند. اثر مخرب سولفات در این موارد با افزایش کلراید جبران می شود.

۳-۵ انواع لوله

جدول ۲-۵ مزایا و معایب لوله های مختلف را به اختصار بیان می کند:

جدول ۲-۵. مقایسه انواع مختلف لوله

قابلیت پوشش دهی	ابعاد و موارد استفاده	معایب	مزایا	جنس لوله
بله	خطوط اصلی انتقال قدیمی	تولید نمی شود- تجزیه سریع در برخی خاک ها		چدن
بله	خطوط اصلی انتقال		ارزان	فولاد

سیمان	ارزان		خطوط اصلی انتقال و سیستم های صنعتی	بله
بتن تقویت شده	ارزان		خطوط اصلی انتقال و سیستم های صنعتی	خیر
سیمان آزرست دار		تولید نمی شود- تد است	خطوط اصلی انتقال قدیمی بجای چدن	خیر
PVC	ارزان	حساس به نور و گرما- امکان نفوذ گازوییل و مواد روغنی	لوله کمتر از ۱۰ اینچ	خیر
پلاستیک غیر ترد		تضعیف با عوامل آلی- نیاز به اتصال گرمایی خاص	خطوط گاز و انتقال آب	خیر
فولاد گالوانیزه	خوردگی کمتر نسبت به فولاد		خطوط انتقال بزرگ و متوسط	خیر
فولاد ضد زنگ	خوردگی کمتر نسبت به فولاد معمولی		خطوط انتقال بزرگ و متوسط	خیر

۱-۳-۵ لوله های بزرگ

تا سال ۱۹۸۰ از لوله های چدنی استفاده بسیار وسیعی در خطوط انتقال آب می شد، اما بدلیل مشکلات اجرا استفاده از آنها تا حد زیادی محدود شد. این لوله ها با لوله های فولادی و PVC جایگزین شدند. از لوله های PVC بجز در محل های عمیق و نهرها استفاده می شود. لوله های فولادی قابلیت شکل دهی بسیار خوبی دارند و قیمت نهایی آنها در مقابل سایر لوله ها بسیار کم است. از این لوله ها بیشتر در کنار منابع اصلی آب استفاده می شود. لوله های فولادی امکان پوشش دهی دارند. برای مثال پوشش سیمانی از پوشش های مرسوم مورد استفاده در خطوط انتقال آب است

که با روش گریز از مرکز اعمال می شود. ضخامت این پوشش متغیر است و از ۱/۸ اینچ آغاز می شود و در حین کارگذاری باید دقت زیادی برای نشکستن آنها مبدول داشت. بر خلاف لوله های فولادی که تمام قطر ها تولید می شوند، لوله های سیمانی و بتن تقویت شده تنها در قطر های بزرگ تولید می شوند که در خط اصلی انتقال آب می توان از آنها استفاده کرد. این لوله ها ارزان قیمت هستند اما بدلیل تردی بسیار زیاد و احتمال شکست در حین اجرا معمولاً در خطوط فاضلاب از آنها استفاده می شود. لوله های سیمان آریست دار، وزن کمتر، استحکام بیشتر و تردی بیشتری از سیمان معمولی دارند اما بدلیل مشکلات زیست محیطی آریست استفاده از این لوله ها ممنوع شده است.

۲-۳-۵ لوله های کوچک

از لوله های پلاستیکی در قطر های کمتر از ۱۰ اینچ استفاده می شود. در زمان استفاده حتما باید دقت کرد که لوله مورد استفاده برای انتقال آب فاقد آلودگی بوده و در صورت استفاده تولید مسمومیت شیمیایی نکند. علاوه بر PVC از لوله های پلی اتیلن و پلاستیک غیر ترد نیز در انتقال آب استفاده می شود. لوله های پلی اتیلن وزن مولکولی زیادی دارند و اتصال آنها با روش های ذوبی خاصی شامل الکترو فیوژن و butt-fusion انجام می گیرد.

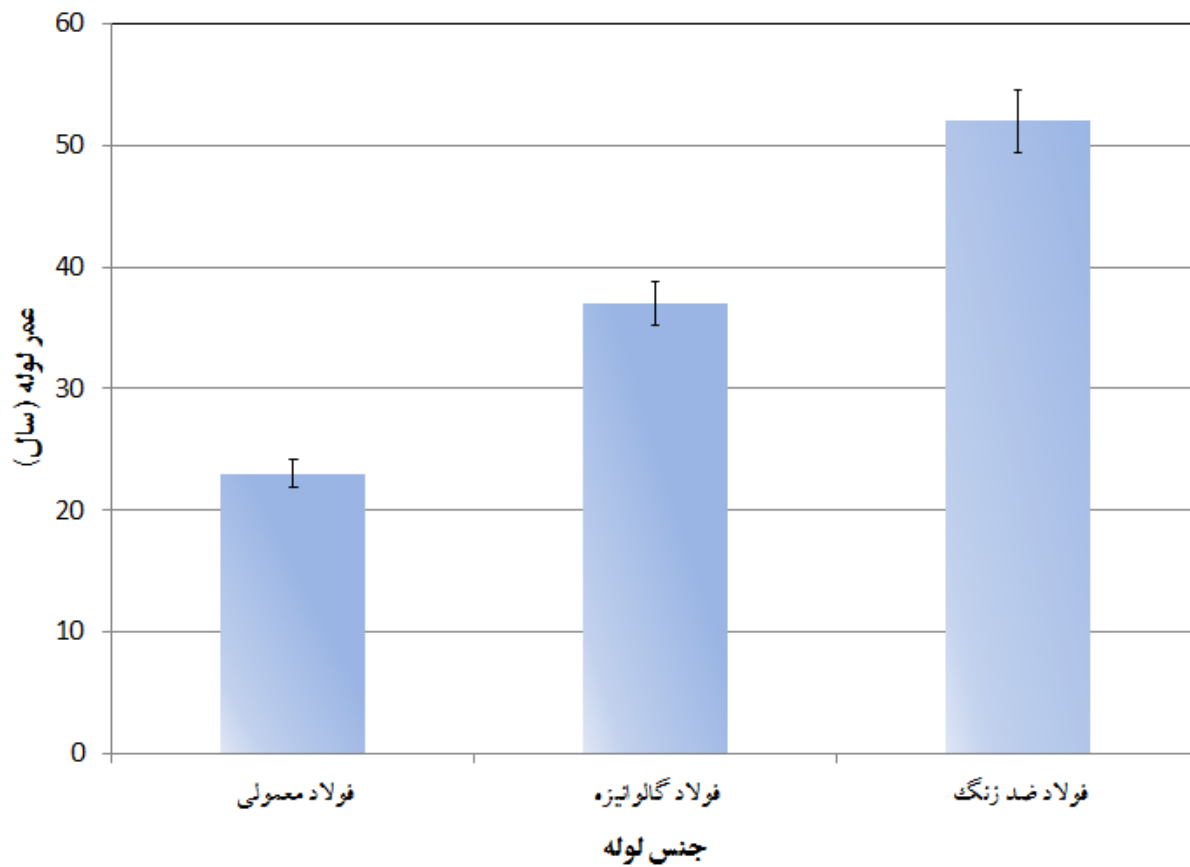
۳-۳-۵ تخریب لوله ها

لوله های فولادی در محیط آب و خاک به سرعت تخریب می شوند. برای جلوگیری از تجزیه این لوله ها باید خط را از داخل و بیرون حفاظت کرد. برای کارگذاری، بهتر است لوله را پوشش دهند و جنس خاک قبل از کارگذاری بررسی شود. جنس خاک در لوله های PVC نیز دارای اهمیت بالایی است زیرا حلال های آلی و گازوییل در صورت وجود، به شدت لوله را تخریب می کنند. گازوییل از دیواره لوله نفوذ کرده و آب را آلوده می کند. بهمین دلیل توصیه می شود که در نزدیک پمپ های بنزین و مراکز صنعتی از استفاده از لوله های PVC به شدت اجتناب شود. بالاترین دمای قابل تحمل توسط این لوله ها 60°C است و استفاده از این لوله ها بیشتر در مناطق سردسیر توصیه می شود. لوله های uPVC تا دمای 90°C نیز کارایی قابل قبولی دارند و تجزیه نمی شوند.

۴-۵ مقایسه لوله ها

با توجه به این واقعیت که نمونه های پلاستیکی و PVC در آزمون خوردگی با روش پلاریزاسیون نتیجه مشخصی بدلیل نارسانا بودن ارائه نمی کنند و با توجه به عدم استفاده از لوله های سیمانی و چدنی در خطوط انتقال آب، در این مرحله سه لوله مختلف فولاد ST2، فولاد گالوانیزه و فولاد زنگ نزن مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج نشان می دهد که عمر لوله های زنگ حدود ۵۰-۵۵ سال است که بیشتر از ۲/۳ برابر لوله های معمولی است. از طرفی عمر لوله های گالوانیزه ۳۵-۴۰ است که حدود ۱/۵ برابر فولاد معمولی مورد استفاده در لوله می باشد. هزینه بالای تهیه لوله های ضد زنگ و حساسیت بالای آنها به کلر باعث محدودیت در استفاده از این فولاد ها می شود. بهمین دلیل توصیه می شود در مواردی که استفاده از لوله های پلی اتیلن یا GRP مقدر نیست حتما از لوله های گالوانیزه استفاده شود، زیرا با هزینه کمتر از ۱/۵ برابر، می توان عمر لوله را حداقل ۱/۵ برابر افزایش داد و کلیه هزینه های جانبی تعمیرات لوله از بین خواهد رفت.



شکل ۱-۵. نرخ خوردگی لوله های مختلف بر حسب $mm/year$

MSRPCO