

حفاظت لوله‌های زیرزمینی در برابر خوردگی

Protection of Underground Services against Corrosion; By:
Brian R. Johnston, Chemistry and Industry, 4 July 1988

ترجمه: دکتر حسن دبیری اصفهانی - مهندس آذر محمد لوی عباسی

شرکت ملی نفت ایران

واژه‌های کلیدی:

خطوط لوله زیرزمینی، خوردگی، پوشش، پلی اتیلن، اپوکسی پیوندی مذاب (م).

در این مقاله عمل خوردگی خطوط لوله آهنی و فولادی و همچنین راه‌های مختلف حفاظت آنها در برابر صدمات مکانیکی و خوردگی شیمیایی در زیر خاک با توجه به نوع خاک بررسی می‌شود.
در سالهای اخیر پوشش خطوط لوله زیرزمینی با مسواید پلاستیکی مانند پلی اتیلن، پلی یورتان و اپوکسی پیوندی مذاب در شرایط مختلف جغرافیایی و اقلیمی مورد توجه خاص قرار گرفته است. برای پوشش دهی مؤثر خطوط لوله باید ضمن نداشتن منفذ از ضخامت، چسبندگی، مقاومت مکانیکی و انعطاف‌پذیری مناسب و همچنین مقاومت کافی در برابر اشعه ماورای بنفش برخوردار باشند. به علاوه سطح لوله قبل از پوشش دهی باید کاملاً تمیز و آماده شود (م).

شرایطی که عموماً برای حفاظت لوله‌های زیرزمینی قابل قبول هستند عبارت‌اند از:

- مقاومت در برابر صدمات قبل از مدفون شدن

- مقاومت دراز مدت در برابر خوردگیها در زیر زمین

بنابراین هدف توسعه مداوم مواد پلاستیکی و سیستمهای پوششی در جهت ساختن وسایل حفاظتی بوده است که برای نقل و انتقال و قرار گرفتن در دامنه وسیعتری از دماهای محیط انعطاف‌پذیر باشند و همچنین یک پارچگی خود را در گستره وسیعتری از دماهای کاربردی حفظ کنند.

بخش اعظمی از این پیشرفتها به علت نیاز به لوله‌گذارهای زیاد در نواحی مختلف با شرایط جغرافیایی و اقلیمی حد مانند قطب

شمال یا خاورمیانه بوده است. همچنین بهره‌برداری از منابع جدید نفت و گاز سبب پیشرفتهایی در زمینه مواد و فنون کاربردی شده است. اهمیت پوشش لوله‌های زیرزمینی با مواد پلاستیکی در دهه ۱۹۷۰ به‌طور پیوسته افزایش یافته است، به طوری که در بسیاری موارد جایگزین محافظهای سنتی بر پایه قیر طبیعی و قطران زغال سنگ شده است. در سالهای ۱۹۸۰ پیشرفتهای بیشتر در زمینه لوله‌های پوشش یافته با مواد پلاستیکی منجر به تثبیت قاطعانه پلی اتیلن و اپوکسی پیوندی مذاب به عنوان محافظهای جدید و بادوام برای خطوط لوله زیرزمینی و دریایی شده است.

خوردگی آهن و فولاد در خاک

خوردگی آهن و فولاد در خاک، عموماً ماهیت الکتروشیمیایی دارد و سرعت آن می‌تواند بسیار متغیر باشد یعنی گاهی سریع و زمانی آن قدر کند که قابل نظر کردن نباشد. موجودی اکسیژن لازم برای خوردگی اغلب کم و شرایط چنان است که مواد حاصل از خوردگی در تماس با سطح فلز باقی می‌ماند. در نتیجه سرعت خوردگی عمومی در خاک در مقایسه با محیط باز نسبتاً کم است. ولی خوردگی موضعی یا تخلخل سطحی ممکن است با سرعتی ده برابر سرعت خوردگی عمومی پیش رود و غالباً می‌تواند باعث سوراخ شدن دیواره لوله شود. تخلخل سطحی در مواضع کوچک آندی در سطح فلز شروع و پخش می‌شود در حالی که قسمت اعظم سطح، کاتدی باقی می‌ماند. بنابراین وسعت و سرعت تخلخل سطحی در اثر خوردگی توسط خواص فیزیکی و شیمیایی خاک اطراف لوله و همچنین تغییر خواص در طول لوله کنترل می‌گردد.

بعضی از عوامل مؤثر بر خوردگی خاک کاملاً شناخته شده‌اند و کوششهای زیادی جهت کمتی کردن این عوامل برای پیش‌بینی میزان مخاطرات خوردگی در خطوط لوله زیرزمینی صورت گرفته است. ولی این کوششها به علت ماهیت پیچیده، چند متغیره و اغلب وابسته به هم آنها فقط موفقیت محدودی داشته است. از نظر تئوری هر عاملی در احتمال خوردگی دخالت دارد ولی در عمل فقط چند عامل ارتباط مهمی را نشان می‌دهد [1, 2].

یک طبقه‌بندی گسترده خاکها را می‌توان با جمع کردن احتمالات خوردگی برای هر خاصیت خاک ویژه به دست آورد (جدول ۱) و از طبقه‌بندی حاصل می‌توان برای تعیین نیازهای حفاظتی خطوط لوله زیر زمینی استفاده کرد (جدولهای ۲ و ۳) [3, 4].

متأسفانه خوردگی می‌تواند به بخش بسیار کوچکی از سطح لوله محدود شود و شروع و پخش آن را، در بسیاری مواقع، می‌توان به

Keywords:

Underground pipelines, Corrosion, Coating, Polyethylene, Fusion bonded epoxy (T)

| پلی اتیلن | اکسژن | مالات | پوشش روی | پوشش لیتیک |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ۱-III | ۲۰۶۷۷ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) |
| ۱-III | ۲۰۶۷۷ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) |
| ۱-III | ۲۰۶۷۷ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) |
| ۱-III | ۲۰۶۷۷ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) |

پلاستیکها در محافظت از خطوط لوله آهنی

روکش پلی اتیلن به میزان قابل توجهی برای محافظت خطوط لوله آهنی مصرف شده است. این روش شامل جای دادن لوله در یک روکش آزاد از پلی اتیلن با ضخامت ۲۰۰ μm است که به صورت یک نوار مطبق به کار برده می شود. هیچ گونه کوششی جهت اتصال روکش به لوله انجام نمی گیرد و در نتیجه کار کردن در محل کار ساده می شود. روکش را تنگ هم دور لوله می بچند و لپه های اضافی آن را در قسمت بالای لوله روی هم می گذارند و می چسبانند [9, 11].

روکش پلی اتیلن با مکانیسم کاملاً متفاوتی از پوششهای معمولی که با جلوگیری از تماس همه عوامل خوردنده به سطح فلز عمل می کنند از لوله محافظت می کند. روکش مانع نفوذ آبهای زیرزمینی به فضای بین لوله و روکش نمی شود و چنین به نظر می رسد که این روکش با حذف پیلهای غلظتی دیفرانسیلی که به علت تماس غیر یکنواخت لوله با کلسوخته های خاک تشکیل می شوند، از لوله محافظت می کند. در این حالت لوله در معرض فشاری نازک و یکنواخت از آبهای زیرزمینی قرار می گیرد که خوردندگی اندکی دارند.

چون روکش کاری در محل قابل اجراست، صدمات مکانیکی ناشی از نقل و انتقال یا انبار کردن از بین می رود ولی هنوز لایه پلی اتیلن مستعد بریدگی و پارگی در حین نصب و خاک ریزی است. صدمات غیرمنتظره در

جدول ۳ - شرایط محافظ برای خطوط لوله فولادی [4]

| پلی اتیلن | اکسژن | مالات | پوشش روی | پوشش لیتیک |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ۱-III | ۲۰۶۷۷ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) |
| ۱-III | ۲۰۶۷۷ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) |
| ۱-III | ۲۰۶۷۷ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) |
| ۱-III | ۲۰۶۷۷ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۱) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) | ۲۰۶۷۲ (لیست ۲) |

پدیده های کمتر قابل پیش بینی و کمتر قابل محاسبه ای نسبت داد که در خوردگی زیر زمینی سهیم هستند.

حفاری و خاک ریزی مجدد می تواند به طور قابل ملاحظه محیط خاک را همان گونه تغییر دهد که زه کشی و هوادهی عمل می کند. روش اتصال لوله ها در خطوط لوله می تواند از راه اتصال الکتریکی در

جدول ۱ - طبقه بندی خاکها بر حسب خوردندگی [2]

| بسیار اندک | بسیار اندک | بسیار اندک | بسیار اندک |
|------------|------------|------------|------------|
| بسیار اندک | بسیار اندک | بسیار اندک | بسیار اندک |
| متوسط | متوسط | متوسط | متوسط |
| شدید | شدید | شدید | شدید |

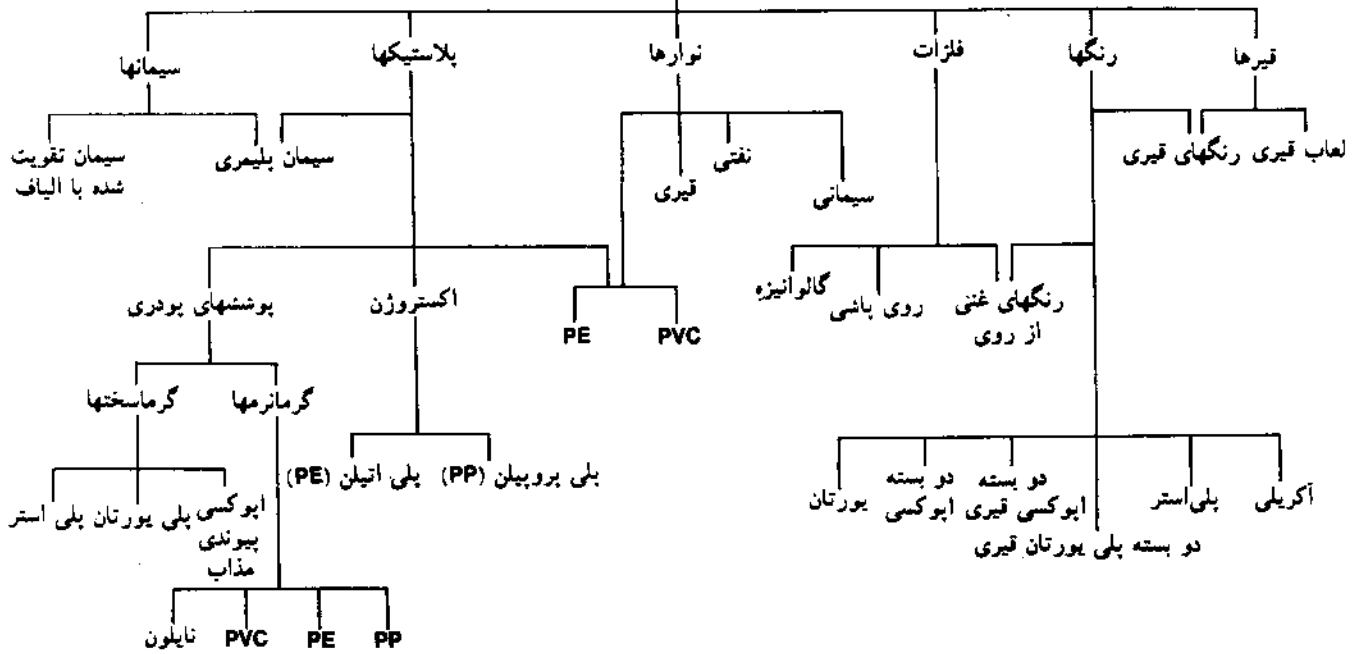
مسافتهای طولانی، احتمال تشکیل پیلهای خوردگی را افزایش دهد. جریانهای پراکنده از کابل های زیر زمینی، نزدیکی به سایر خطوط لوله با موادی متفاوت و وجود مواضع کاتدی خارجی مانند فولاد تقویت کننده در بتون، همگی به عنوان علل معیوب شدن لوله های زیر زمینی گزارش شده اند [5, 8]. لذا تمایل در جهت استفاده از پوششهای اساسی محافظ و مناسب برای خوردنده ترین شرایط زیرزمینی بوده است.

گرایشهای اخیر در حفاظت خطوط لوله

انتخاب یک حفاظ مناسب برای خطوط لوله زیر زمینی آهنی یا فولادی از آرایه وسیعی از مواد و روشهای کاربردی صورت می گیرد (شکل ۱). توسعه مستقل محافظت خطوط لوله آهنی و خطوط لوله فولادی منعکس کننده نظرات مختلف مصرف کنندگان نهایی و محدودیتهایی است که ملاحظات هزینه تحمیل می کند. پوششهای زینریک اصلی جهت خطوط لوله فولادی و آهنی در شکل ۲ خلاصه شده اند. در گذشته روش محافظت خطوط لوله آهنی بر این فرض استوار بوده است که بیشتر خاکها تا حدودی خوردنده اند و حداقل حفاظت مورد نیاز است که در صورت احساس نیاز در شرایط خوردنده تر محافظت بیشتر باید انجام گیرد. در مورد خطوط لوله فولادی از ابتدا استفاده از سیستمهای حفاظتی اساسی بدون توجه به شرایط خاک مورد توجه بوده است.

درباره خطوط لوله آهنی و فولادی گرایش به طرف محافظهای جدید و اساسی تری بوده است که در آنها پلاستیکها نقش مهمی را ایفا می کنند. گرایش بیشتر نیز در جهت استفاده از سیستمهای کامپوزیت همراه با محافظهای کاتدی به شکل های گوناگون برای تکمیل کار مورد توجه قرار گرفته است.

مواد محافظ لوله خارجی



شکل ۱ - محافظهای خط لوله

دیواره‌های نسبتاً نازکی طراحی شده‌اند و اگر در خاک‌های خورنده بدون محافظ باشند، حتماً به سوراخ شدن زودرس دچار می‌شوند. این لوله‌ها برای خطوط لوله طولانی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که جوش دادن لوله‌های منفرد به یکدیگر سبب اتصال الکتریکی پیوسته در طول لوله شده و این امر خطوط لوله فولادی را مستعد خوردگی در طول لوله کرده است. به علاوه خطوط لوله فولادی که بیشتر برای انتقال گاز یا نفت مورد استفاده قرار می‌گیرند به دلایل ایمنی و مالی به هیچ وجه نباید در معرض خطر سوراخ شدن قرار گیرند. بنابراین خیلی به ندرت خطوط لوله فولادی را بدون محافظ مدفون می‌کنند.

اکثر خطوط لوله فولادی با آنچه که به پوشش غیرفعال ممتاز معروف است پوشیده می‌شوند که مهمترین عمل آنها حفاظت لوله در برابر صدمات قبل و بعد از مدفون شدن و مقاوم ساختن آن در محیط خاک برای درازمدت، قابل توجه است. پوششهای پلاستیکی جدید، مانند پلی اتیلن و اپوکسیهای پیوندی مذاب، در خورنده ترین شرایط زیرزمینی مقاوم‌اند و مادامی که یک پارچگی خود را حفظ کرده باشند از لوله‌های فولادی محافظت خواهند کرد. این دو پوشش پلاستیکی، که اولی پوشش نسبتاً ضخیم گرمانرم و دومی یک پوشش فیلم نازک گرماسخت است، برای مقاومت در برابر صدمات ناشی از نقل و انتقال و لوله‌کشی در خاک و همچنین حفظ مقاومت در برابر خوردگی زیرزمینی برای مدتی بیش از ۴۰ سال، توسعه یافته‌اند. هر دو پوشش مقاومت الکتریکی بسیار خوبی دارند و بنابراین برای کاربرد با محافظ کاندی مناسب هستند که این محافظ از خوردگی در مواضع صدمه دیده‌ای جلوگیری می‌کند که حتی در پیشرفته‌ترین پوششها غیر قابل اجتناب است. از هر دو پوشش در صنایع

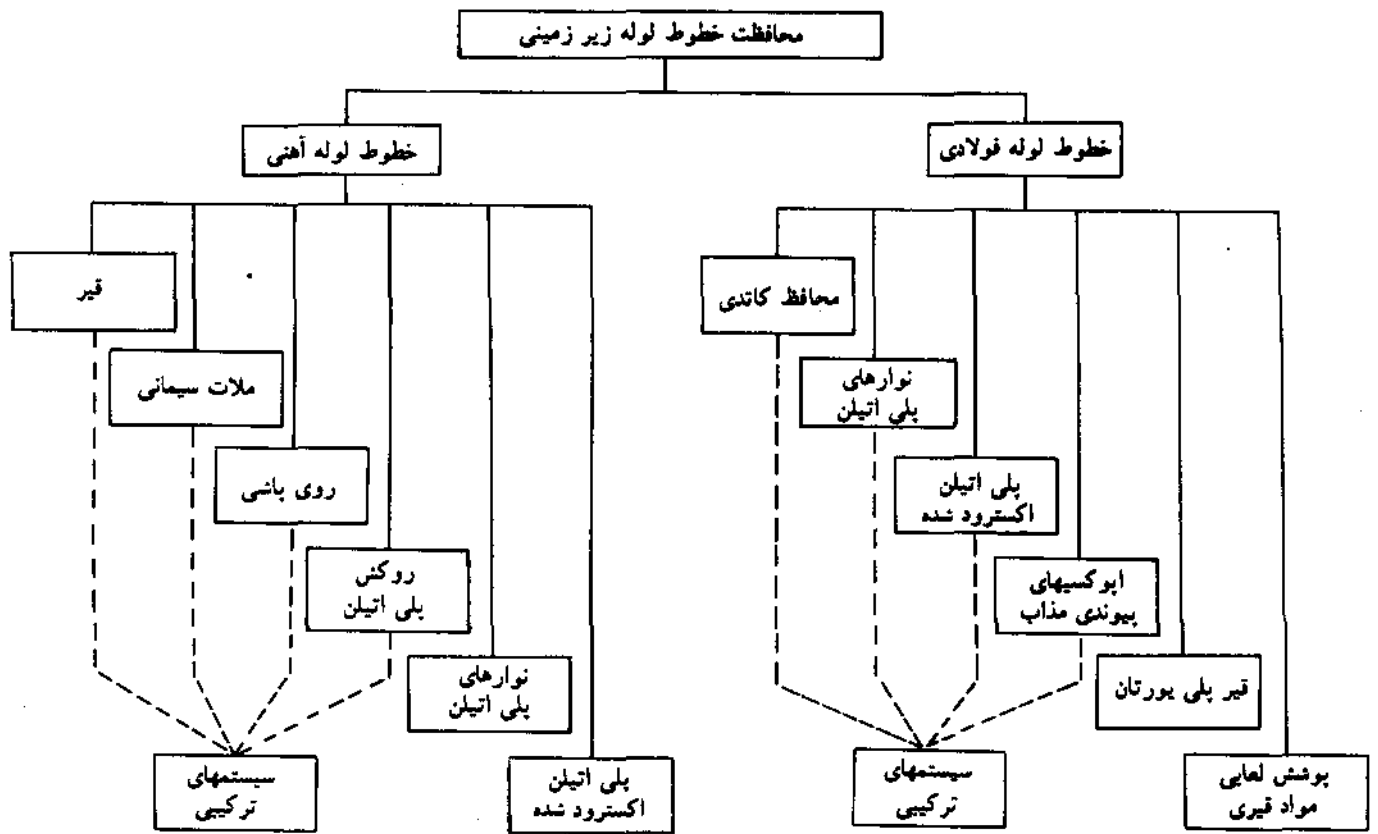
حین کار می‌تواند پیش بیاید به ویژه در نواحی شهری که فعالیتهای زیرزمینی زیاد است. هر جا که روکش پاره شود سطح لوله را در معرض مستقیم خاک خورنده قرار می‌دهد که در نتیجه خطر جدی سوراخ شدن وجود دارد. گیر کردن کلوخه‌های خاک بین روکش و سطح لوله نیز می‌تواند سبب سوراخ شدن موضعی گردد [12].

کاربرد پوششی از فلز روی که در کارخانه قسبل از قرار دادن روکش پلی اتیلن روی لوله پاشیده می‌شود سبب کاهش قابل توجه خطر شکست زودرس در چنین شرایطی می‌گردد. ورق پلی اتیلن، فلز روی را از حمله سریع خاک محافظت می‌کند، در صورتی که فلز روی به طسور گالوانیک لوله آهنی را در محل صدمه دیده روکش حفاظت می‌کند [13, 14].

پوششهای گرماسخت که غالباً برای پوشش خطوط لوله فولادی مورد استفاده قرار می‌گیرند، یعنی پودرهای اپوکسی و پلی یورتان، به ندرت برای لوله‌های آهنی به کار برده می‌شوند. لوله‌های از جنس آهن ورق‌شو سطح بسیار ناهموارتری نسبت به لوله‌های فولادی دارند و معلوم شده است که تهیه پوشش بدون منفذ در ضخامت‌هایی حدود $500\text{ }\mu\text{m}$ - $300\text{ }\mu\text{m}$ که معمولاً برای لوله‌های فولادی به کار می‌رود مشکل است. برای لوله‌های از جنس آهن ورق‌شو پوششهای ضخیم گرمانرم برتری دارند و از پلی اتیلن اکستروژن شده و نواری درحد فزاینده‌ای برای آنها استفاده شده است [15].

پلاستیکها در محافظت از خطوط لوله فولادی

لوله‌های فولادی به علت قسا بلیت تورق ذاتی و استحکام، با



شکل ۲ - محافظهای ژنریک اصلی برای خطوط لوله آهنی و فولادی

- غوطه‌وری در آب
- گسستن کاتدی

نفت و گاز استفاده می‌شود و مصرف آن در صنعت آب نیز روبه افزایش است [16, 19].

در تهیه پوشش مطلوب به دست آوردن ضخامت صحیح از اهمیت فراوانی برخوردار است. ضخامتی کمتر از حداقل باعث افزایش قابل توجه تعداد حفره‌ها می‌شود که بلافاصله پس از پوشش‌دهی آشکار می‌گردند. پوشش‌دهی با فیلمی نازک مستلزم آماده‌سازی دقیقتر سطح لوله است و در این حالت همه پستی و بلندیهای سطح لوله را که در صورت استفاده از پوشش ضخیمتر قابل صرفنظر کردن بود باید به کمک شن‌زنی تا حد $2.5 \mu m$ صیقل داد که در نتیجه عمل شن‌زنی مشکل‌تر می‌گردد در ضخامتی بیش از حداکثر، پوشش ممکن است در مقابل خمش مقاومت کمتری داشته باشد و همچنین عمل پخت ناقص انجام شود و خواص وابسته به چسبندگی کمتر قابل اعتماد گردد.

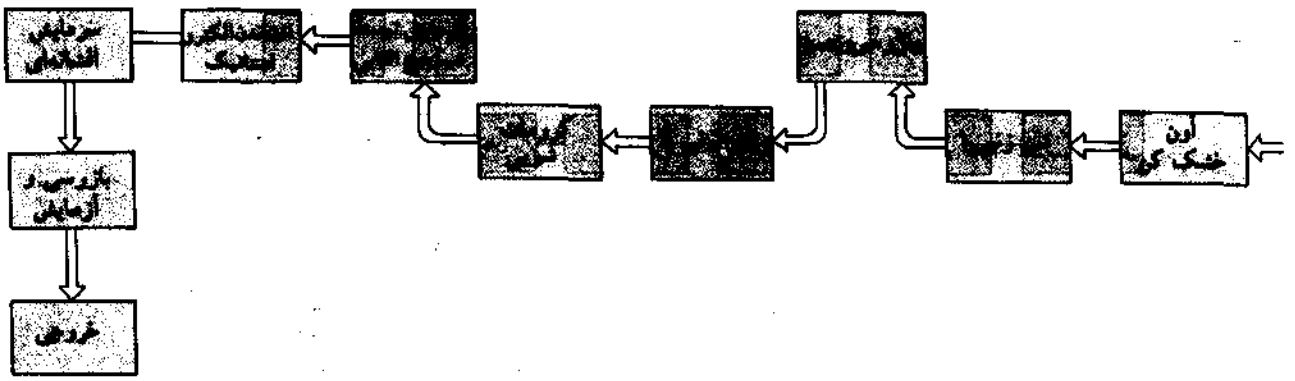
به طور کلی پودرهای اپوکسی را می‌توان با تأکید بر خواص مطلوب مانند چسبندگی، مقاومت در برابر آب و مقاومت در برابر گسستن کاتدی از یک طرف و مقاومت در برابر ضربه و انعطاف‌پذیری از طرف دیگر تهیه کرد. گاهی کاربرد پوشش کرومات بلافاصله پس از تمیز کردن با عمل شن‌زنی لوله سبب می‌شود که ترکیب بهینه‌ای از خواص در پوشش نهایی به دست آید. پوششهای اپوکسی پیوندی مذاب به علت اینکه مواد گرماسختی هستند و پخت ناقص آنها خواص نهایی بهینه را ایجاد نخواهد

پوششهای اپوکسی پیوندی مذاب [20]

اپوکسی پیوندی مذاب به عنوان محافظی برای خطوط لوله زیرزمینی ۳۰-دریایی مصرف زیاد داشته و در سطح وسیعی پذیرفته شده است. پودر گرماسخت به شکل از پیش مترکم شده را می‌توان به صورت پودر تک جزئی توسط افشانیدن الکترواستاتیک به کار برد. این پودر تا ضخامت حدود $400 \mu m$ بر روی سطح لوله‌ای که قبلاً با عمل شن‌زنی تمیز و گرم شده است، به کار برده می‌شود. گرمای باقیمانده در لوله امکان می‌دهد تا پودر ذوب، جاری و پخت شود؛ شکل ۳ یک نمودار اجمالی از فرایند مربوط را نشان می‌دهد.

ویژگیهای اصلی پوشش عبارت‌اند از:

- ضخامت
- نداشتن منفذ
- چسبندگی
- پخت مطلوب
- مقاومت در مقابل ضربه
- انعطاف‌پذیری



شکل ۳ - طراحی واحد کاربرد اپوکسی پیوندی مذاب

کرد. بیشتر نیاز به کنترل کیفی و اساسی دارند.

پوششهای پلی اتیلن اکستروژن شده [21, 22]

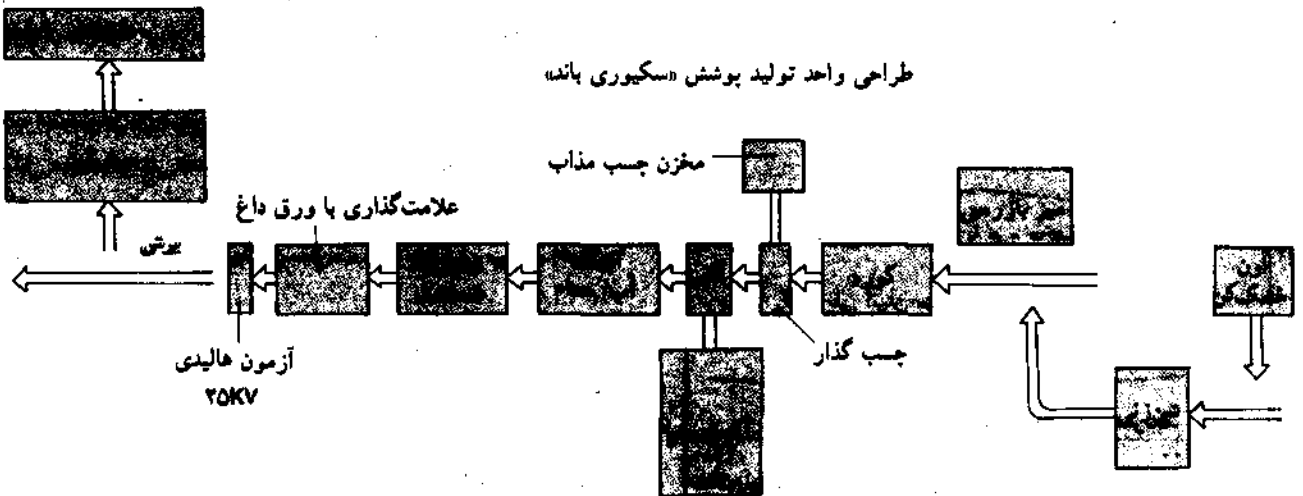
در ابتدا این گونه سیستمها در اصل یک پوشش اکستروژن شده پلی اتیلن می باشند که به وسیله یک چسب به سطح لوله متصل می شوند. در اغلب موارد پیش آماده سازی لوله شامل تمیز کردن با عمل شن زنی تا یک پرداخت نهایی برابر $\frac{1}{4}$ S.e. که آماده سازی شیمیایی نیز می تواند جایگزین آن شده و سرانجام گرم کردن سطح لوله تا دمای مناسب برای مواد انتخاب شده، است. لایه چسبیده می تواند از لاستیکهای سفت نشدنی تا چسبهای پلی اتیلن اصلاح شده که پیوند محکمی می دهند تغییر یابد و بنا بر خواص آنها می توانند از طریق غوطه ور کردن، افشاندن یا اکستروژن اعمال شوند.

کاربرد پوشش مستلزم اکستروژن پلی اتیلن مذاب از درون یک قالب «حلقه ای» برای لوله های تا قطر 50 cm یا از میان یک قالب «شیاردار» (تیغه ای) برای لوله های بزرگتر است. در روش اول یک

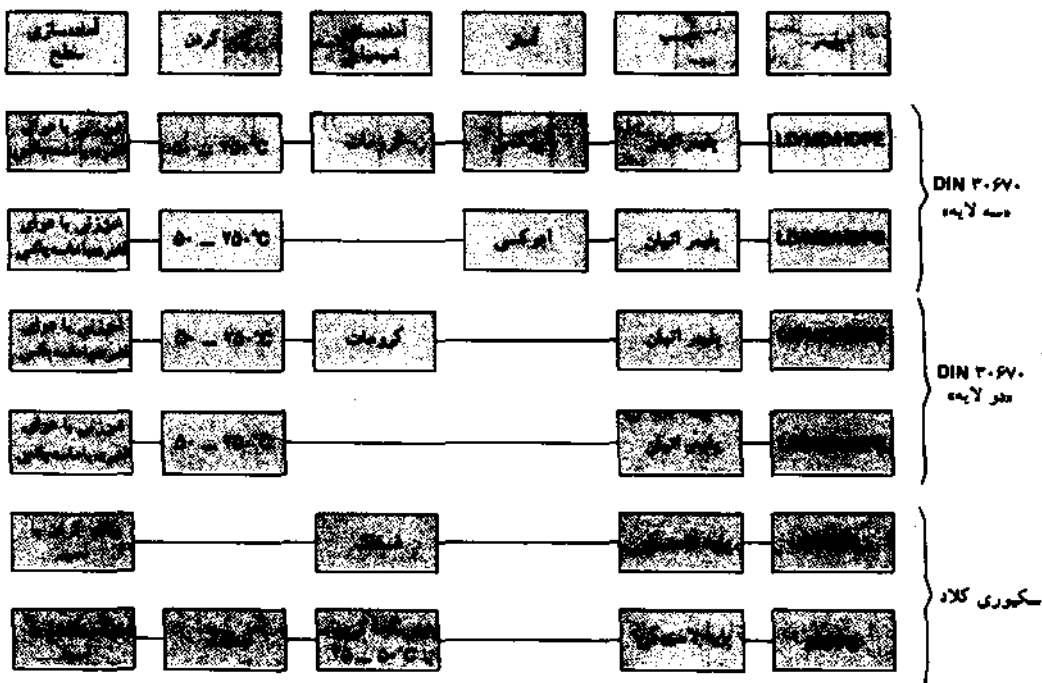
روکش پیوسته پلی اتیلن ایجاد می شود که بر روی چسب سطح لوله جمع شده و می چسبد. در روش دوم نوازی از پلی اتیلن تولید می گردد که به طور ماریچ روی لوله در حال عبور و گردان پیچیده می شود. شکل ۴ نمودار اجمالی کاربرد پلی اتیلن دو لایه را نشان می دهد.

انتخاب مواد، به ویژه چسب می تواند به طور مؤثری بر خواص سیستم محافظ اثر بگذارد. شکل ۵ گسترده ای از سیستمهای پلی اتیلنی و انواع مواد را نشان می دهد. شرایط اصلی یک سیستم پلی اتیلن عبارتند از:

- ضخامت
- نداشتن منفذ
- چسبندگی
- ضربه پذیری
- یکنواختی
- ازدیاد طول
- مقاومت در برابر تابش اشعه ماورای بنفش



شکل ۴ - کاربرد یک پوشش پلی اتیلن



شکل ۵ - شمایی از سیستمهای پوششی پلاستیک

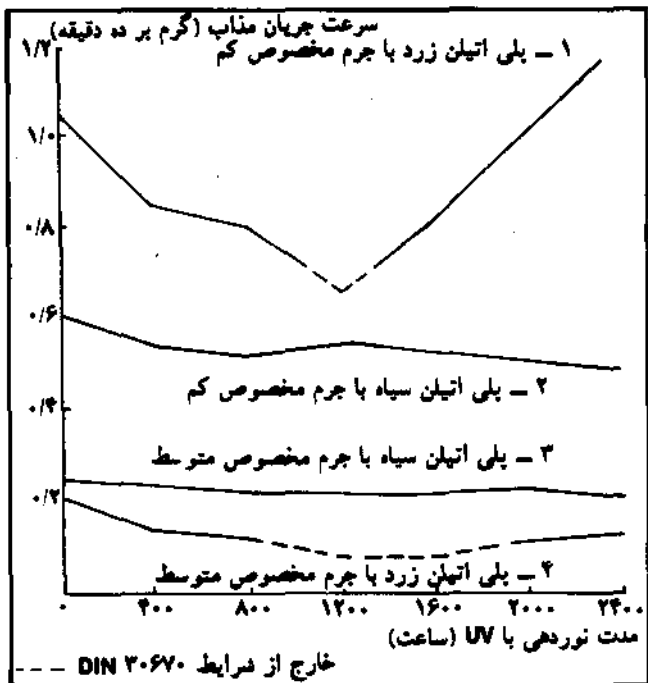
اپوکسی پیوندی مذاب مانند مقاومت عالی در مقابل گسستن کاتدی و چسبندگی در دماهای بالا و همچنین محافظت مکانیکی عالی را که توسط پلی اتیلن دو میلی متری عرضه می شود، ارائه می دهند [23].

پیشرفتهای اخیر در زمینه پوششهای پلاستیکی لوله ها

شرکتهای معتبر بیش از ۲۰ سال است که لوله های فولادی را

گسستن کاتدی

برای سد کردن خوردگی در درازمدت، پلی اتیلنی به ضخامت تقریبی ۱ mm جهت محافظت لوله های فولادی لازم است. در اغلب سیستمها ضخامت تا یک میلی متر بیشتر مجاز است تا مقاومت بیشتری در برابر صدمات مکانیکی به وجود آید. البته نوع پلی اتیلن مصرفی نیز آثاری بر ضخامت نهایی دارد. پوشش دهی صحیح سبب تولید سوراخهای ریز کمتری شده و در حالی که شن زنی تا ۲ S.a. که عموماً قابل قبول است، انجام شود پوششی به وجود می آید که به مراتب بهتر از پوششهای فیلم نازک و لزوماً رفع نواقص سطح به کمک عمل شن زنی است. کیفیت چسبندگی بستگی به انتخاب چسب دارد. عملکرد سیستمهای متفاوت می تواند به طور قابل توجهی با دما تغییر کند. ضربه پذیری، یکتوختی و ازدیاد طول از خواص مشخص پلی اتیلن است و انتخاب مناسب می تواند به مقدار قابل ملاحظه ای مقاومت یک سیستم را در مقابل صدمه افزایش دهد. مقاومت در برابر تابش اشعه ماورای بنفش پلی اتیلن را با مصرف افزودنیها در آن قبیل از سد فون شدن، افزایش می دهند. عموماً رنگدانه دوده بهترین مقاومت را به پلی اتیلن می دهد (شکل ۶).



شکل ۶ - آثار نور ماورای بنفش بر انواع پلی اتیلن

کارگزاری خطوط لوله در مناطق با شرایط آب و هوایی سخت و لزوم به حداقل رساندن صدمه قبل از سد فون کردن سبب شده است که چسبهای سخت با پیوند مستحکم که از نظر عملکرد شبیه به خود پلی اتیلن اند توسعه یابند. اخیراً در سیستمهای پلی اتیلن، استفاده از یک پوشش آستری اپوکسی بر روی سطح لوله قبل از استعمال چسب، متداول شده است. لایه نازک اپوکسی (۵۰ μm) بعضی از مزایای پوششهای

برآوردن شرایط مقاومت سخت DIN30670 به آن رنگدانه سیاه افزوده شده بود. محصولی به نام «سکیوری کلاد» (Securibond) با پیوند مستحکم نه به عنوان جانشینی برای سکیوری کلاد بلکه به عنوان تسهیلات پوششی برخی از سایر شرکتها به کار می‌رود [25].

پژوهشهای مداوم بر روی چسب و گسستن کاندی در دماهای بالا و آثار کاربردی آنها در زیر دریاها ممکن است توسعه بیشتر تسهیلات پوششی لوله‌ها را توجیه کند که تا حد زیادی بستگی به نیازمندیهای مصرف‌کننده و روند موجود بین پوششهای پلی اتیلن در سراسر جهان دارد.

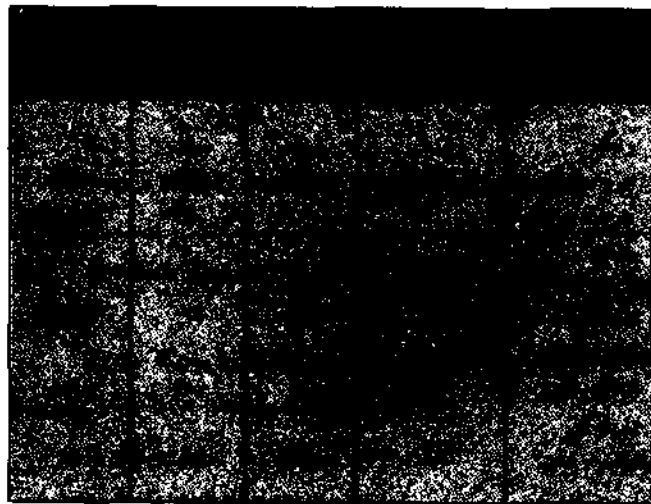


REFERENCES

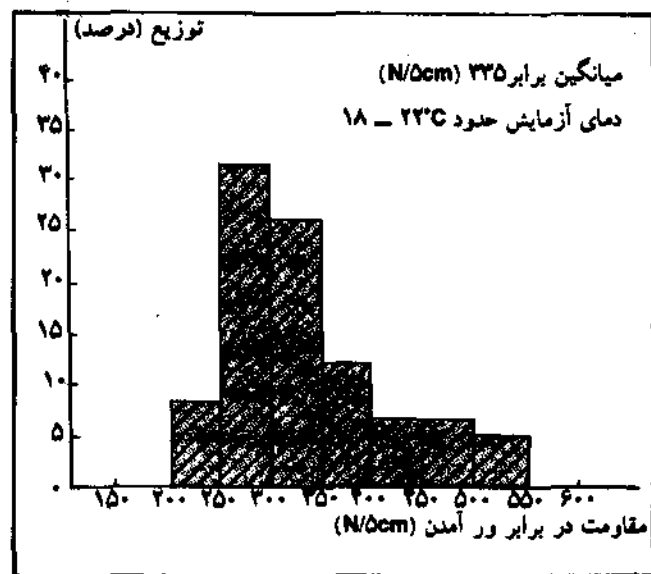
- [1] Deutscher Verien von Gas und Wasserfachmannern e.v. (DVGW) ARBEITSBLATT GW9, Aug 1971.
- [2] German Standard DIN 50929, Part 3 (Draft), Jul 1984.
- [3] German Standard DIN 28600, Jan 1983.
- [4] German Standard DIN30675, Part 1 (Draft), Jun 1983.
- [5] Heim, G., 3R International, 89, 18, 1979.
- [6] Stalder, F., "Gas-wasser-abwasser", 61, 12, 1981.
- [7] idem, 3R International, 9, 24, 1985.
- [8] Gummow, R. A., Materials Performance, 3, 1984.
- [9] Oliphant, R.J., External report 38E WRC Engineering, Sep 1981.
- [10] German Standard DIN 30674, Part 5, Mar 1985.
- [11] Collins, H.H., BCIRA Report 1465, Mar 1982.
- [12] Idem, Chem, Ind., (London), 663, 1983.
- [13] Paris, M., "First International Conference, Internal and External Protection of Pipes", Sep 1975.
- [14] Marchal, R., "Fourth International Conference, Internal and External Protection of Pipes", Sep 1981.
- [15] Gras, W.D., 3R International, 4, 19, 1980.
- [16] Galka, R. & Yates, A.P.J. "Pipe Protection-A Review of Current Practice", BHRA, 1984.
- [17] Coulson, K.E.W. & Temple, D.G., "Fifth International Conference, Internal and External Protection of Pipes", Oct 1983.
- [18] Harris, G.M., ibid.
- [19] Toncre, A.C., "Underground Corrosion", ASTM STP 741, 1981.
- [20] Goff B.C., & Strobel R.F., "Fourth International Conference, Internal and External Protection of Pipes", Sep 1981.
- [21] Schnitz-Pranghe N., & von Baeckmann W., Materials Performance, Aug 1978.
- [22] Von Baeckmann W.G., 3R International, 9, 20, 1981.
- [23] Connelly G., & Gaillard, G., 377-90, "UK Corrosion" 87.
- [24] Johnston B.R., ibid, 363-76.
- [25] German Standard DIN 30670, Jul 1980.

جهت خدمات زیرزمینی با پلی اتیلن پوشش می‌دهند. یک سیستم پوششی پلی اتیلن به نام «سکیوری کلاد» (Securiclad) جهت محافظت خطوط لوله زیرزمینی، در اصل برای صنایع گازرسانی خانگی، در دهه ۱۹۶۰ توسعه یافته است. این سیستم با استفاده از یک چسب بر پایه لاستیک که مخصوص این کاربرد ساخته شده است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این چسب ماهیت سفت‌نشده‌ای دارد و با جریان مجدد خود سبب پوشش‌دهی قسمتهایی می‌شود که صدمه مختصری دیده‌اند. پلی اتیلن مصرفی در این سیستم یک کوپلیمر با جرم مخصوص متوسط است و معمولاً رنگدانه زرد دارد و از استحکام و کشسانی جهندگی خوبی برخوردار است. (جدول ۴).

جدول ۴ - مقایسه مواد پلی اتیلن



با افزایش مداوم متقاضیان سیستم پلی اتیلن با استاندارد آلمانی DIN30670، لازم شد که سیستمهای پیوندهنده محکم را توسعه بخشند که چسب آن یک کوپلیمر بر پایه اتیلن با ماهیت نسبتاً سفت‌شونده‌تر بود (شکل ۷). ماده پلی اتیلن خواص مکانیکی مشابهی داشت ولی براری



شکل ۷ - میزان چسبندگی به دست آمده با سیستم «پیوند محکم»