

معیارهای انتخاب پلی اتیلن برای شبکه توزیع گاز طبیعی

The Selection Criteria for Polyethylene as Natural Gas Distribution Systems

سعید درودبانی

مرکز تحقیقات پلیمر

واژه‌های کلیدی:

پلی اتیلن، لوله، توزیع گاز، آزمون، گاز طبیعی

چکیده

از آغاز کاربرد سیستمهای پلاستیکی در شبکه توزیع گاز طبیعی حدود ۳۰ سال می‌گذرد. برای این منظور تاکنون از سه ترکیب پلی اتیلن، پلی وینیل کلرید سخت و پلی وینیل کلرید ضربه پذیر استفاده شده است. پلی اتیلن در بیش از ۹۰ درصد شبکه های پلاستیکی توزیع گاز نقش دارد. در انتخاب مواد مناسب برای ساخت لوله عوامل زیادی دخالت دارند. هر ماده با خواص ویژه خود تعیین کننده حوزه کاربرد و عوامل طراحی است. عوامل مؤثر در انتخاب مواد برای ساخت لوله‌های شبکه گاز رسانی عبارتند از: نیروهای بیرونی (خاک، وسایل نقلیه و عوامل غیرطبیعی)، نیروهای درونی (فشار مجاز داخلی و ترکیب شیمیایی گاز)، خواص مواد (استحکام مکانیکی دراز مدت و دوام، چقرمگی یا تردی و پایداری در برابر رشد سریع ترک)، شیوه برقراری اتصال، هزینه مواد و هزینه‌های نصب سیستم. در این مقاله مهمترین خواص پلی اتیلن برای استفاده در ساخت لوله‌های گاز رسانی و معیارهای پذیرش مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند.

مقدمه

از دهه ۱۹۶۰ میلادی و آغاز به کارگیری لوله و اتصالهای پلاستیکی در شبکه توزیع گاز تاکنون تدوین معیارهایی برای انتخاب پلیمر مناسب و ارزیابی عملکرد سیستمهای گازرسانی ساخته شده از آن به عنوان مهمترین موضوع در این زمینه مطرح بوده است. با توجه به گذشت مدت نه چندان طولانی از آن زمان و نبود شواهد عینی واقعی کافی از عملکرد سیستمهای توزیع گاز ساخته شده از مواد پلاستیکی، مرجع تصمیم‌گیریها عموماً نتایج سنجشهای آزمایشگاهی و تعمیم آن به شرایط عینی مصرف بوده‌اند. با تکامل دانش موجود از خواص مواد پلیمری مورد استفاده برای این منظور و مشاهده عملکرد واقعی سیستمهای گاز رسانی پلاستیکی، معیارهای گزینش رزین مناسب برای ساخت این سیستمها نیز روز به روز اصلاح می‌شود و بهبود پیدا می‌کند.

با توجه به مزایای لوله و اتصالهای پلاستیکی نسبت به نوع فلزی، کاربرد این سیستمها با سرعت زیادی در حال گسترش است که آمارهای موجود مؤید این موضوع است. تا سال ۱۹۶۰ سهم لوله‌های پلاستیکی در سیستمهای گاز رسانی فقط ۰/۱ درصد کل خطوط ساخته شده بود. امروزه، لوله و اتصالهای پلاستیکی در بیش از ۸۵ درصد خطوط توزیع تازه ساز آمریکا سهمی بوده و شامل ۱۶ درصد تمام خطوط لوله گاز در حال بهره برداری این کشور است. تا سال ۱۹۸۵ در آمریکا ۴۰۰ هزار کیلومتر و در کانادا بیش از ۱۰۰ هزار کیلومتر لوله‌های پلی اتیلن برای توزیع گاز مورد استفاده قرار گرفته است. این موضوع منحصر به کشورهای پیشرفته نبوده و در کشورهای در حال توسعه نیز کاربرد لوله‌های پلی اتیلنی برای گاز رسانی معمول شده است. به عنوان نمونه به چند مورد اشاره می‌شود:

- ۱- در مصر، طرح گاز رسانی به ۳۵۰ هزار مصرف کننده به طول ۲۰۰۰ کیلومتر، شروع از سال ۱۹۸۰،
- ۲- در الجزایر طرح گاز رسانی به ۲۰۰ هزار مصرف کننده به طول ۳۰۰۰ کیلومتر، شروع از سال ۱۹۷۹،
- ۳- در ترکیه پروژه گاز رسانی به ۶۰۰ هزار مصرف کننده به طول ۲۶۰۰ کیلومتر، شروع از سال ۱۹۸۸.

علاوه بر این موارد طرحهایی نیز در هنگ کنگ، لهستان، تایوان و عمان در حال اجراست [2].

در ایران، به عنوان دارنده یکی از بزرگترین ذخایر گاز طبیعی در جهان، استفاده از این منبع انرژی اهمیت بسیار زیادی دارد. استخراج، پالایش، ذخیره سازی، انتقال و توزیع مراحل اصلی تکنولوژی گاز طبیعی را تشکیل می‌دهند [3]. با توجه به اهمیت کاربرد گاز طبیعی در ایران و محدودیت امکانات توزیع آن به مصرف کننده توسعه مطالعه و پژوهش در عرصه توزیع و سیستمهای مربوط ضروری به نظر می‌رسد. لوله و اتصالهای پلاستیکی و به ویژه پلی اتیلنی به سرعت جایگزین سیستمهای فلزی در شبکه گاز رسانی می‌شوند. در این شبکه گاز با فشار مشخصی جریان دارد که میزان آن توسط شرکت گاز تعیین

Key Words: polyethylene, pipe, gas distribution, testing, natural gas

در ساخت لوله‌های گاز رسانی (که نمونه براساس ISO-۱۸۷۲ تهیه و چگالی آن طبق روش ISO/R-۱۱۸۴ اندازه‌گیری شده است) دست کم باید 0.94 gr/cm^3 باشد. اجرای تشکیل دهنده آمیزه این رزین عبارت از مواد ضد اکسند، پایدار کننده‌ها در برابر پرتو فرابنفش و رنگدانه است. چنین پلی اتیلنی براساس بند ۳ در استاندارد ISO-۱۸۷۲ در درجه بندی ۳، ۴ یا ۵ قرار می‌گیرد.

شاخص جریان مذاب (MFI)

شاخص جریان مذاب معیاری از وزن مولکولی پلی اتیلن است. وزن مولکولی نیز مانند چگالی نقش مهمی در خواص پلی اتیلن دارد، از این رو شاخص جریان مذاب پلی اتیلن مورد استفاده در ساخت لوله باید مشخص باشد. این خاصیت معمولاً مطابق روش ISO-۱۱۳۳ اندازه‌گیری می‌شود (مقدار بارگذاری ۵ کیلوگرم در دمای 190°C است). شاخص سیالیت مذاب پلی اتیلن برای ساخت لوله‌های گاز کمتر از یک می‌باشد.

انقباض گرمایی

آزمون انقباض گرمایی لوله در دمای 110°C به مدت ۳۰ دقیقه براساس استاندارد ISO-۴۴۳۷ انجام می‌شود. در این آزمون میزان انقباض نباید بیشتر از ۳ درصد باشد و پس از انجام آزمون نیز لوله باید عاری از هرگونه تاول زدگی و ترک خوردگی باشد. دستور کار آزمون در ISO-۲۵۰۶ مندرج است.

استحکام کششی

در آزمون کششی براساس دستور کار ISO-۶۲۵۹ در دمای 23°C ، میزان درصد ازدیاد طول تا پارگی نباید کمتر از ۳۵۰ باشد. در این روش سرعت کشش 5.0 mm/min برای لوله با قطر 110 mm و 1.0 mm/min برای لوله با قطر 32 mm است. نمونه‌ها برای آزمون کشش از راه مگنه زنی (punching) لوله‌ها به دست می‌آیند.

پایداری شیمیایی

لوله‌های پلی اتیلن برای گاز رسانی باید از پایداری کافی در برابر برخی مواد موجود در گاز طبیعی برخوردار باشند، زیرا این مواد می‌توانند در لوله به صورت مایع (مقطر) درآیند. میزان پایداری لوله در برابر این مواد از راه انجام آزمون غشاء داخلی با گاز مصنوعی متراکم (مخلوط تری متیل بزن و دکان نرمال به نسبت مساوی) در داخل و آب در خارج لوله سنجیده می‌شود. قبل از انجام این آزمایش لوله برای مدت ۱۵۰۰ ساعت در دمای $23 \pm 2^\circ\text{C}$ و تحت فشار معمولی نگهداری می‌شود.

براساس استاندارد ISO-۴۴۳۷ لوله باید فشار داخلی 2 MPa را در دمای 80°C با مواد شیمیایی مورد نظر برای دست کم ۳۰ ساعت

می‌شود. معمولاً حداکثر فشار گاز در شبکه توزیع ۸ bar است و در مقاطع مختلف توزیع به تدریج از مقدار آن کاسته می‌شود. از شبکه اصلی توزیع مقدار فشار از ۸ bar به تدریج ۴ bar، ۱ bar، 100 mb و 30 mb کاهش پیدا می‌کند. در انتخاب پلاستیک برای ساخت لوله‌های گاز رسانی عوامل متغیر و زیادی مؤثرند که عبارت‌اند از: ترکیب شیمیایی گاز، فشار توزیع گاز، وضعیت منطقه توزیع گاز (تراکم جمعیت و شرایط خاک)، دوام و عمر مطلوب، وضعیت سیستم موجود، هزینه ساخت سیستم و نصب آن، میزان مهارت افراد نصب کننده و همچنین استحکام مکانیکی، چقرمگی یا تردی و وضعیت شکست، پایداری در برابر اجزای موجود در خاک و گاز، میزان سرمایه‌گذاری برای اتصال اجزای سیستم و تامین ابزار مورد نیاز و نیز ذخیره سازی، جابه جایی و انتقال، وجود خدمات جانبی، سهولت انجام تعمیرات، طول قابل اجرا برای لوله و اندازه‌های قابل دسترس لوله.

تجربیات چند دهه گذشته، به ویژه در امریکای شمالی و اروپا، نشان می‌دهد که تنها سه نوع پلاستیک پلی اتیلن (PE)، پی وی سی سخت (PVC) و پی وی سی ضربه پذیر (HIPVC) از جنبه‌های اقتصادی و فنی برای استفاده در شبکه توزیع گاز مناسب‌اند [1].

در این مقاله مهم‌ترین خواص پلی اتیلن برای کاربرد در ساخت لوله‌های گاز رسانی و معیارهای پذیرش مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند. روشهای پیشنهادی سازمان جهانی استاندارد (ISO) به دلیل فراگیر بودن و روی آوردن به آن از سوی تعداد زیادی از کشورهای دنیا مبنای این معیارها قرار داده شده‌اند.

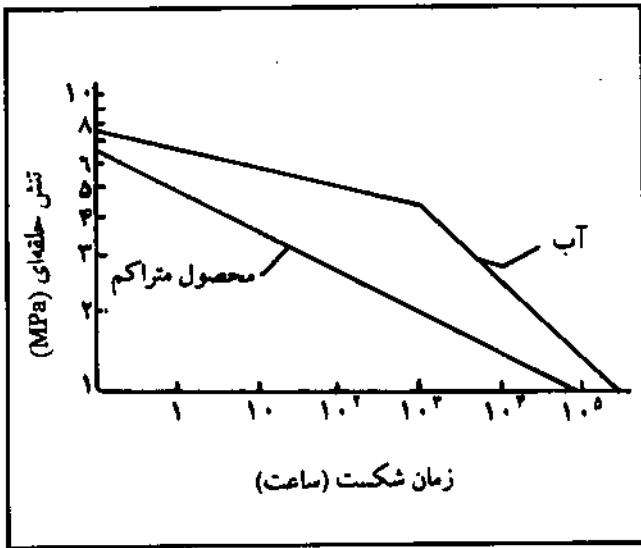
بحث

در این بخش از مقاله خواصی چون چگالی، شاخص جریان مذاب، انقباض حرارتی، استحکام کششی، پایداری در برابر گاز طبیعی مقطر، استحکام در برابر فشار داخلی، قابلیت جوشکاری، استحکام در دراز مدت (دوام) و تغییر خواص ناشی از تأثیر عوامل جوی به ترتیب مورد بحث قرار می‌گیرند. دو خاصیت نخست روی رزین و بقیه خواص بر روی لوله ساخته شده انجام می‌شوند. با توجه به اهمیت ویژه خواص مکانیکی و ابعاد مختلف آن در لوله‌های پلاستیکی این موضوع در مقاله دیگری مورد بررسی و بحث قرار می‌گیرد.

چگالی

خواص پلی اتیلن وابستگی زیادی به چگالی آن دارد. پلی اتیلن ساخت فرایندهای مختلف ممکن است دارای چگالی در محدوده 0.90 تا 0.98 gr/cm^3 باشند. برای ساخت لوله از انواع مختلف پلی اتیلن استفاده می‌شود، لیکن دو نوع نیم سنگین (PE-MD) و سنگین (PE-HD) برای ساخت لوله‌های مورد استفاده در گاز رسانی به کار می‌روند. براساس استاندارد (۱۹۸۸) ISO-۴۴۳۷ چگالی اسمی رزین پلی اتیلن مصرفی

تسریع شده انجام گیرد. در این صورت برای زمان شکست ۵۰ سال استحکام هیدروستاتیک لوله باید دست کم ۶/۵MPa باشد.



شکل ۲ - نمودار تغییرات تنش حلقه‌ای لوله پلی اتیلن در دمای ۸۰°C زیر فشار داخلی آب و گاز مایع [6]

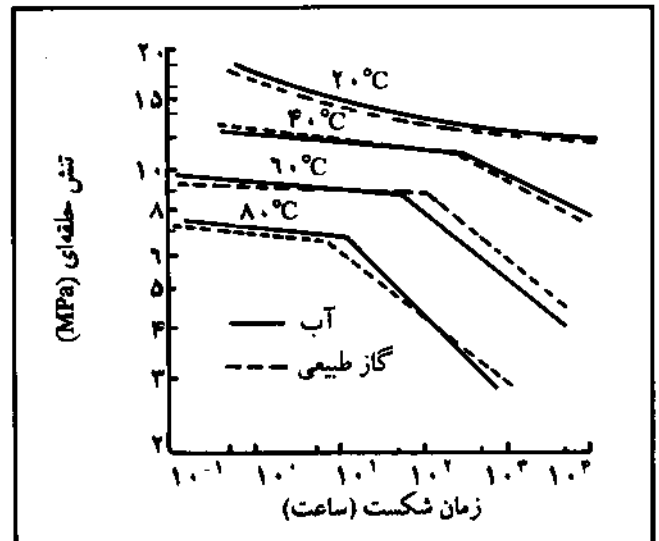
در اندازه گیری استحکام هیدروستاتیک کوتاه مدت باید تمام اندازه‌های مختلف لوله تولید شده مورد آزمایش قرار گیرند. در استاندارد جهانی (ISO-۴۴۳۷) لوله‌های پلی اتیلن بر پایه میزان استحکام هیدروستاتیک در شرایط مختلف به سه دسته تقسیم می‌شوند (جدول ۱). همان طور که ملاحظه می‌شود لوله‌های دسته الف در دمای معمولی استحکام بیشتری دارند، در حالی که لوله‌های دسته ب در دمای زیاد استحکام بیشتری نشان می‌دهند. لوله‌های دسته ج در دمای زیاد عملکردی نظیر دسته A دارند، ولی در دمای عادی ضعیفتر از آن عمل می‌کنند. دستور کار انجام آزمایش تعیین استحکام هیدروستاتیک لوله در سند ISO-۱۱۶۷ ارائه شده است.

جدول ۱ - دسته بندی لوله‌های پلی اتیلن بر پایه استحکام هیدروستاتیک

نوع	۲۰°C		۸۰°C	
	تنش حلقه‌ای (MPa)	حداقل مدت ترکیدن (ساعت)	تنش حلقه‌ای (MPa)	حداقل مدت ترکیدن (ساعت)
الف	۱۵	۱	۳	۱۷۰
ب	۱۲	۱	۴	۱۷۰
ج	۱۲	۱	۲	۱۷۰

تحمل کند. نمونه‌های لوله را می‌توان قبل از آزمایش در دمای ۸۰°C به مدت ۲۴ ساعت نگهداری کرد. این آزمایش روی لوله‌های به قطر ۳۲، ۴۰ یا ۵۰ mm و SDR ۱۱ انجام می‌شود (SDR مخفف standard dimension ratio و نسبت قطر اسمی خارجی لوله به ضخامت دیواره آن است).

معمولاً نتیجه آزمایش پایداری شیمیایی به صورت نمودارهای تغییرات تنش حلقه‌ای (hoop stress) بر حسب زمان در دماهای مختلف نشان داده می‌شود. به عنوان نمونه، شکل ۱ این نمودارها را در دماهای مختلف برای آب و گاز طبیعی به عنوان سیال درون لوله نشان می‌دهد [6]. اجزای هیدروکربنی موجود در گاز طبیعی می‌تواند اثر قابل توجهی بر کاهش استحکام لوله داشته باشد. همان طور که ملاحظه می‌شود گاز طبیعی مورد آزمایش در شکل ۱ که دارای مقادیر نسبتاً کم از هیدروکربنهای آروماتیک است اثر اندکی بر کاهش استحکام لوله پلی اتیلن دارد.



شکل ۱ - نمودار تغییرات تنش حلقه‌ای لوله پلی اتیلن زیر فشار داخلی آب و گاز طبیعی در دماهای ۲۰°C، ۴۰°C، ۶۰°C و ۸۰°C [6]

شکل ۲ نمونه تغییرات تنش حلقه‌ای لوله پلی اتیلن را زیر فشار داخلی آب و گاز مایع متراکم در دمای ۸۰°C نشان می‌دهد.

استحکام هیدروستاتیک لوله

میزان تحمل لوله در برابر فشار داخلی روی لوله به قطر ۳۲mm (SDR ۱۱) در دماهای مختلف ۲۰°C، ۶۰°C و ۸۰°C اندازه گیری می‌شود. محیط داخل و خارج لوله در این آزمون آب است و بر اساس استاندارد ISO-۴۴۳۷ استحکام هیدروستاتیک دراز مدت لوله برای زمان شکست ۱۰، هزار ساعت در دمای ۲۰°C باید دست کم ۸MPa (تنش حلقه‌ای) باشد. این آزمون ممکن است در دماهای بیشتر و به صورت

جوی نباید هیچ گونه تأثیر منفی بر قابلیت جوشکاری لوله‌ها داشته باشد. در این آزمون اطلاع از مقدار انرژی تابشی دریافتی عامل مهمی در تعیین مدت زمان انجام آزمایش است. مجموع انرژی‌هایی که از خورشید و تابشهای آسمانی به زمین می‌رسد به عوامل متعددی نظیر عرض جغرافیایی، شرایط جوی و آلودگی هوا بستگی دارد. با تقریب مناسب، مقدار انرژی در واحد زمان در محدوده طول موج ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ nm در حدود 1000 W/m^2 است [8]. در صورتی که محدوده طول موج ۳۰۰ تا ۸۰۰ nm مورد نظر باشد مقدار انرژی در واحد زمان به 580 W/m^2 کاهش می‌یابد. این دو مقدار عبارت‌اند از انرژی دریافتی در ساعت ۱۲ نیمروز با آسمان صاف در استوا.

بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده، میانگین سالانه مقدار کل انرژی دریافتی در منطقه میامی (فلوریدای امریکا) 6000 MJ/m^2 است. با توجه به دربرداشتن ۵۸ درصد سهم محدوده طیف مورد نظر ۳۰۰ تا ۸۰۰ nm، مقدار انرژی برای این ناحیه 3480 MJ/m^2 خواهد بود. بدین ترتیب، حداقل مدت نگهداری نمونه‌های لوله در معرض عوامل طبیعی و آفتاب برای انجام آزمون فرسایش در روش استاندارد ISO-۴۴۳۷ یک سال است [8]. معمولاً پس از ۲ سال، نگهداری لوله در معرض عوامل جوی و آفتاب نباید تغییر قابل توجهی در استحکام هیدرولیک لوله در شرایط دمای 20°C و 80°C به وجود آورد. برای تسریع انجام این آزمون می‌توان از منابع تابش پر انرژی استفاده کرد. لامپ زنون یکی از معمولترین منابع نوری مورد استفاده برای این منظور است. در صورت استفاده از لامپ زنون با انرژی تابش 940 W/m^2 (xenotest ۱۲۰۰ cps) مدت نگهداری لوله در معرض آن به حدود ۱۰۲۸ ساعت کاهش پیدا می‌کند.

نتیجه‌گیری

کاربرد لوله و اتصالات پلیاستیکی در شبکه توزیع گاز بیش از ۳۰ سال سابقه دارد. تجربه کار با این مواد نتایج مثبتی را به همراه داشته است. مواد اولیه مورد استفاده و تکنیک‌های نصب و تجهیزات مربوط با سرعت بیشتری نسبت به گذشته در حال پیشرفت است. کاربرد لوله‌های پلی اتیلن در شبکه توزیع گاز از نظر ایمنی مسئله مهم و حساسی است. این موضوع وجود ضوابط قابل اعتماد را ایجاد می‌کند. ایجاد سختگیری در این مورد از طرفی بر درجه اطمینان می‌افزاید و از طرف دیگر از سرعت توسعه این صنعت می‌کاهد. معیارهای مورد بحث در این مقاله بر شواهد عینی، تجربیات آزمایشگاهی و دانش بنیادی از خواص و رفتار مواد متکی است. برای تضمین ایمنی سیستم‌های توزیع گاز از جنس پلی اتیلن، ارزیابی دقیق رزین پلی اتیلن مورد استفاده در ساخت لوله ضرورت تام دارد. مهمترین معیارهای ارزیابی عملکرد لوله‌های ساخته شده از پلی اتیلن عبارت از: استحکام در برابر فشار داخلی، پایداری در برابر مواد تقطیر شده از گاز طبیعی، مقاومت در برابر نیروهای ضربه‌ای، مقاومت نسبت به

دوام و استحکام دراز مدت لوله از طریق برون‌یابی (Extrapolation) نتایج به دست آمده در آزمون فشار داخلی در دمای 20°C تعیین می‌شود و آزمون ترکیدن (Burst) در دمای 60°C انجام می‌گیرد. در صورتی که در دمای 60°C و تنش محیطی 5 MPa ترکیدن لوله بیش از ۱۰ هزار ساعت طول بکشد، تعیین استحکام در 20°C از طریق انجام آزمون در دماهای 60°C و 80°C و تعمیم آن بر پایه قانون آرنیوس ضروری خواهد بود.

قابلیت جوشکاری

در ارزیابی قابلیت جوشکاری لوله‌های ساخته شده از رزین پلی اتیلن لازم است که این لوله‌ها به صورت لب به لب جوش گرمایی داده شوند و تحت آزمون‌های مربوط قرار گیرند [7]. کیفیت اتصال بین دو لوله به وسیله روش‌های مختلفی قابل بررسی و سنجش است که آزمون‌های کشش، خمش و کشش سریع و همچنین آزمون استحکام در برابر فشار داخلی آب و آزمون بارگذاری ساکن دراز مدت از آن جمله‌اند. تجربه نشان می‌دهد که از میان روش‌های مختلف قابل اجرا، آزمون کشش نمونه‌های لوله دارای اتصال جوش و آزمون استحکام در برابر فشار داخلی آب سودمندترند. اتصال نامطلوب باعث ایجاد شکست از ناحیه اتصال می‌شود، در حالی که در اتصال قابل قبول شکست در دو قطعه لوله پدید می‌آید. با توجه به تنوع نسبتاً زیاد پلاستیک‌های مورد استفاده در ساخت لوله‌های گاز رسانی، لازم است که استحکام و پایداری اتصال از نظر سازگاری دو نوع پلاستیک نیز مورد بررسی قرار گیرد.

به طور خلاصه، محل اتصال دو لوله پس از جوشکاری ابتدا از نظر ظاهری مورد بررسی عینی قرار می‌گیرد و سپس آزمون‌های کشش و عملکرد دراز مدت روی آن انجام می‌یابد. این آزمون‌ها شامل پایداری مکانیکی در برابر فشار داخلی آب در دمای 80°C و استحکام در برابر نیروی ساکن در دمای 80°C می‌باشند. در این آزمون‌ها باید شکست از نواحی غیر اتصالی و در طول دو لوله صورت گیرد.

فرسایش لوله بر اثر عوامل جوی

لوله‌های پلی اتیلن در فاصله زمانی ساخت و مصرف در شرایط مختلف نگهداری می‌شوند. هنگام نصب نیز ممکن است لوله برای مدت نسبتاً طولانی در معرض عوامل طبیعی نظیر آفتاب و باران قرار گیرد. با توجه به احتمال تخریب مولکولی پلی اتیلن و تغییر خواص آن لازم است که ارزیابی نسبتاً دقیقی از این تغییر و میزان فرسایش به عمل آید. بر اساس استاندارد ISO-۴۴۳۷ درصد ازدیاد طول تا پارگی و استحکام در برابر فشار هیدرولیک داخلی نمونه‌های لوله باید در محدوده مجاز یاد شده باشند. طول تقریبی نمونه‌ها یک متر و قطر آنها مختلف است و در معرض انرژی تابشی دست کم معادل $2/5 \text{ GJ/m}^2$ قرار گرفته‌اند. در ضمن عوامل

- [4]ISO Documents, International Standard Organization, 1983.
- [5]ASTM Standards, Vol.06.04, 1989 Annual Book of ASTM Standards.
- [6]M. Wolters, "Some Design Aspects of Plastic Gas Distribution Pipeline Systems", 17th. World Gas Conference, 1988.
- [7]M. Wolters, F.L. Scholten, "Resin Qualification of PE Gas Pipes", 9th Plastic Fuel Gas Pipe Symp., New Orleans, USA, NOV.1985.
- [8]D.Kockott, Polymer Degradation and Stability, 25 (1989), P 194-7.

نشر سریع ترکهای موجود، مقاومت نسبت به رشد کند ترکها، پایداری در برابر عوامل محیطی و جوئی و قابلیت جوشکاری است.

مراجع

- [1]I.V.DeBleu, Plastic Pipe Applied to Gas Distribution-World Wide, Proceedings of GRI 5th Plastic Piping Materials Workshop, June 19-21, 1985, Chicago, Illinois, PP 13-18.
- [2]Commercial Bulletins, 1989-90.
- [3]Encyclopedia of Chemical Technology, Kirk Othmer, Vol.11 (1980).

از پاورقی صفحه ۵۵

استیرین در تمام بدن توزیع و در بافت چربی ذخیره می شود. حذف آهسته بعدی این ماده از بافت دلالت بر پتانسیل تجمع زیستی آن به دنبال در معرض قرار گرفتن مکرر روزانه دارد.

استیرین به مقدار زیاد از طریق ۸۰۷- اپوکسید و توسط سیستم اکسیداز با عملکرد مختلط، انتقال زیستی می یابد. سطوح در معرض قرار گرفتن توسط تجزیه کمی هوای ربه یا تعیین متابولیت های ادرار، مانند لیک (α- هیدروکسی بتزن استیک) و فیل گلیوکسیلیک اسید تشخیص داده می شود. در حال حاضر، مانند لیک اسید ادرار، معتبرترین شناساگر زیست شناختی در معرض قرار گرفتن بشر است.

آثار مضر بر سلامتی

آثار حاد - سطوح مواجهه در حد 420 mg/m^3 (۱۰۰ ppm) و بیشتر باعث التهاب غشای مخاطی چشمها و قسمتهای بالایی دستگاه تنفسی در انسان می شود. آثار مشابهی در حیوانات آزمایشگاهی مشاهده شده است. در معرض قرار گرفتن افراد داوطلب در سطوحی بیش از 840 mg/m^3 (۲۰۰ ppm) باعث خواب آلودگی، تهوع و به هم خوردن تعادل در عرض چند دقیقه خواهد شد. زمان واکنش طولانی در ارتباط با مواجهه کوتاه مدت افراد داوطلب تا 840 mg/m^3 گزارش شده است.

همچنین این ماده آثاری بر سیستم عصبی کارگرانی را نشان داده است که مواجهه شغلی دراز مدت با استیرین داشته اند. در این افراد کاهش عملکرد فعالیتهای روانی و بینایی در آزمونهای روانشناختی مشاهده شده است.

آثار ژنتیکی در صورت فعال شدن متابولیسی استیرین به صورت جهش زایی و کلاستوزینیک (ایجاد شکست کروموزومی) مشاهده می شود. استیرین ۸۰۷- اکسید واسطه واکنش پذیر اصلی انتقال زیستی استیرین است. این ماده یک عامل الکیل دار کننده است که در بسیاری سیستمهای آزمون در شیشه شکست زا و جهش زاست.

در مورد کارگرانی که در تولید مونومر استیرین و پلی استیرین کار می کنند، که مواجهه با استیرین کمتر است، نتایج منفی گزارش شده است. آثار سرطانزایی - مطالعات همه گیر شناختی و چند گزارش موردی خطر افزایش سرطان در کارگرانی را نشان داده است که در کارخانه های تولید استیرین و پلی استیرین و لاستیک استیرین - بوتادی ان کار می کنند. با وجود این، در حال حاضر برای تثبیت یک رابطه علت و معلولی مستقیم بین استیرین و سرطان در بشر شواهد ناکافی است. یک مطالعه آزمایشگاهی روی موش شواهد محدودی دال بر سرطانزایی استیرین در این گونه نشان داده است. استیرین ۸۰۷- اکسید، متابولیت اولیه استیرین، به صورت خوراکی در موشهای صحرایی سرطانزا بوده است.

آثار بر تولید مثل - نتایج چند مطالعه روی پستانداران (موشهای صحرایی، موش خانگی و موش چینی) نشان می دهد که استیرین تنفس شده آثار سمی روی جنین دارد. مطالعات موجود در مورد زنان محدود و نتایج غیر قطعی است.

IRPTC Bulletin, March 1984

Vol.6, Nos 2 and 3