

لوله‌های پلی اتیلن گازرسانی

مقدمه

لوله‌های پلی اتیلن برای اولین بار در دهه ۵۰ میلادی در پروژه‌های گازرسانی آمریکا استفاده شد و این موضوع در اروپا از دهه ۷۰ میلادی، در کشورهای انگلیس و فرانسه آغاز گردید. میزان مصرف ۱۵۱ کیلومتر در سال ۱۹۵۵ به ۱۶۰۰۰۰ کیلومتر در سال ۱۹۷۰ رسید و امروزه ۹۰ درصد از شبکه توزیع گاز در آمریکا با استفاده از لوله پلی اتیلن است. تجارب، مشخصات، استانداردها و دانش فنی تولید لوله‌های پلی اتیلن در اروپا از طریق ارتباط و هم‌کاری فنی با معتبرترین تولیدکننده لوله پلی اتیلن گازرسانی اروپا به ایران منتقل شد. تولید لوله پلی اتیلن گازرسانی در یکی از شرکت‌های داخلی از سال ۱۳۷۸ با تراژ ۵ کیلومتر به ۱۸۰۰ کیلومتر در سال ۱۳۸۲ رشد یافت.

در این مقاله پس از مرورتاریخچه صنعت لوله پلی اتیلن گازرسانی، نکات فنی و موثر بر کارایی محصول از جمله ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و ساختاری مواد پلی اتیلن مناسب در تولید لوله‌های گازرسانی، تفاوت این گونه مواد با مواد مناسب در کاربردهای دیگر مانند آبرسانی و انتقال فاضلاب، معیارهای انتخاب مواد اولیه مناسب، تکنولوژی و شرایط بهینه تولید، استانداردها و دستورالعمل‌های کنترل کیفیت، مرور، بررسی و جمع‌بندی می‌گردد.

لوله پلی اتیلن

مزیت لوله پلی اتیلن از جنبه‌های مختلف مانند قیمت، سادگی نصب، مقاومت در مقابل خوردگی، عدم تاثیر بر کیفیت سیال، انعطاف و مقاومت در برابر حرکت خاک و زمین، سبک بودن وزن تا حدود ۱۵٪ فولاد، روش اتصال ساده و سریع، قابلیت حلقه شدن و تولید با تراژ زیاد و نیاز به اتصالات کمتر موجب گسترش روز افزون این صنعت گردیده است.

حساسیت کاربردی موجب گردیده که تولید و عرضه لوله پلی اتیلن گازرسانی در مراحل مختلف از جمله انتخاب مواد، انتخاب تکنولوژی، شرایط تولید و کنترل کیفیت تحت شرایط و استانداردهای خاص و معتبر انجام شود.

طراحی گونه‌های ویژه پلی اتیلن با ساختار و معماری ملکولی خاص و متفاوت از سایر گونه‌های معمول اهمیت نقش مواد اولیه در کارایی صد ساله لوله پلی اتیلن گازرسانی را نشان می‌دهد. از این رو تکنولوژی

و شرایط فرایند و هم‌چنین استاندارد، آزمایشات کنترل کیفیت نیز متناسب با این گونه مواد پیش‌بینی و اجرا می‌گردد.

پلی اتیلن

پلی اتیلن یکی از پرمصرف‌ترین و در عین حال متنوع‌ترین گروه از پلی‌الفین‌ها می‌باشد که در انواع (type) مختلف و در هر نوع، به صورت گونه‌های (grade) متفاوت عرضه می‌گردد. اگر چه کلیه گونه‌های پلی اتیلن بر اساس استفاده از یک نوع مونومر اتیلن و با ساختار شیمیایی یکسان تولید می‌گردند اما بر اساس نوع و شرایط فرایند پلیمریزاسیون و تولید گونه‌های مختلف پلی اتیلن با ساختار ملکولی متفاوت و با خواص فیزیکی و مکانیکی متمایز حاصل می‌گردد.

پلی اتیلن‌ها به طور نسبی بر اساس معیارهایی مانند فرایندپذیری و نوع فرایند شکل‌دهی و یا نوع کاربرد محصول گونه‌بندی می‌شوند. شناخت نقش کلیدی ساختار مولکولی زنجیر پلی اتیلن در تعیین فرایندپذیری و خواص فیزیکی مکانیکی پلی اتیلن به عنوان معیارهای مناسب‌تر جهت گونه‌بندی پلی اتیلن استفاده گردد. از جمله عوامل موثر در تعیین خواص گونه‌های پلی اتیلن می‌توان به ساختمان مولکولی و درجه شاخه‌ای شدن زنجیر، وزن ملکولی و توزیع وزن ملکولی اشاره نمود. بدین صورت که چگالی، مدول الاستیسیته، استحکام، انعطاف‌پذیری و خواص حرارتی پلی اتیلن از جمله مهم‌ترین خواصی هستند که تحت تاثیر درجه کریستالینیتی قرار دارند. از طرف دیگر درجه شاخه‌ای شدن و طول شاخه‌های ایجاد شده در زنجیر پلی اتیلن نقش کلیدی در تعیین استعداد کریستالینیتی پلی اتیلن ایفا می‌کند. بدین ترتیب که با افزایش درجه شاخه‌ای شدن، درجه کریستالینیتی و در نتیجه چگالی محصول پلی اتیلن کاهش می‌یابد. بنابراین با افزایش نظم ملکولی و افزایش استعداد کریستالینیتی، چگالی، مدول الاستیسیته، استحکام و خواص حرارتی ارتقاء می‌یابد.

به دنبال تجارب کسب شده و شناخت عمیق‌تر از اهمیت نقش درجه شاخه‌ای شدن و طول شاخه‌ها در کنترل استعداد کریستالینیتی و در نتیجه خواص فیزیکی مکانیکی پلی اتیلن، تولید کنندگان موفق شدند تا با استفاده از مقدار کمی کومونومرهایی از خانواده الف‌الفین‌ها، پلی اتیلن با درجه شاخه‌ای مشخص و طول شاخه‌های کوتاه شده تولید و به صورت گونه‌های مختلف پلی اتیلن با دانسیته متوسط (MDPE) عرضه دارند. این گروه از پلی اتیلن‌ها به دلیل ساختار ملکولی خاص از استعداد کریستالینیتی و در نتیجه خواص فیزیکی مکانیکی ویژه و انحصاری برخوردارند.

متوسط وزن ملکولی و توزیع وزن ملکولی از جمله پارامترهای موثر و مهم دیگر در تعیین فرایندپذیری و خواص محصولات پلی اتیلن است. به طور کلی در انواع پلی اتیلن با افزایش وزن ملکولی استحکام

مکانیکی، چقرمگی و مقاومت در مقابل ضربه به خصوص مقاومت در مقابل ترک ناشی از ترکیب تنش و محیط مهاجم (ESCR) افزایش می‌یابد. ضمن آن‌که با باریک شدن توزیع وزن ملکولی خواص مکانیکی بهبود، در حالی که در بیشتر موارد فرایند پذیری تضعیف می‌گردد.

به دنبال نیاز به پلی‌اتیلن‌هایی با ویژگی‌های فوق و تلاش گسترده محققین در این رابطه بعضی از شرکت‌های تولید کننده موفق شدند تا با استفاده از کاتالیست‌های مخصوص و به‌کارگیری فناوری‌های جدید و در نتیجه کنترل دقیق‌تر در تعیین ساختمان ملکولی و توزیع جرم‌ملکولی در فرایند پلیمریزاسیون، نسل جدیدی از پلی‌اتیلن‌ها با ویژگی‌های مورد نیاز برای کاربردهای فوق تولید و تحت گونه‌های PE_{۸۰}، PE_{۱۰۰} و PE_{۱۰۰+} با چگالی متوسط، بالا و خواص فیزیکی مکانیکی مناسب، توزیع وزن ملکولی تک‌قله‌ای و دو قله‌ای عرضه شده است.

در ضمن یکی از کلیدی‌ترین مواد افزودنی در آمیزه‌های پلی‌اتیلن مخصوص لوله، دوده (Carbon black) است که باید به عنوان پایدار کننده محصول در برابر عوامل جوی به ویژه نور ماورا بنفش (UV) استفاده می‌شود. با توجه به ماهیت میکروسکوپی تخریب، در صورتی دوده می‌تواند نقش پایدارکنندگی خود را ایفا نماید که به صورت ذرات ریز شده در بستر پلی‌اتیلن پایه به طور یکنواخت توزیع گردد. برای دستیابی به این هدف لازم است پلی‌اتیلن پایه با دوده به کمک دستگاه آمیزه ساز مخلوط و به صورت گرانول خود رنگ مشکی در دسترس واحدهای تولید کننده لوله قرار گیرد.

نتایج تحقیقات شرکت گاز بریتانیا (British Gas) در رابطه با مواد پلی‌اتیلن نشان داد که جهت تولید لوله گازرسانی بهتر است از مواد پلی‌اتیلن نیمه سنگین به جای پلی‌اتیلن سنگین استفاده شده و از این رو این گونه مواد را در تولید لوله برگزید. این انتقال تکنولوژی از مواد سنگین به نیمه سنگین در دهه‌ی ۸۰ میلادی انجام شد.

در سال ۱۹۸۹ میلادی شرکت گاز بریتانیا استفاده از مواد PE_{۱۰۰}، که دارای استحکام بلند مدت و مقاومت بیشتر در مقابل رشد سریع ترک است را برای رده‌های فشاری بالا (۷ تا ۱۰ بار) و اقطار بزرگتر توصیه نمود. امروزه در اروپا از مواد PE_{۱۰۰} در خطوط لوله تا فشار ۱۰ بار نیز استفاده می‌شود.

در این راستا بر اساس ویژگی‌های سیالات گازی و اهمیت انتقال گاز گونه‌های ویژه‌ای با میزان سرعت رشد ترک (SCG و RCP) کنترل شده طراحی و استفاده شد. بنابراین اولین عامل مهم در تولید و ارائه لوله پلی‌اتیلن مناسب انتخاب مواد اولیه با توجه به کاربرد گازرسانی، آبرسانی و یا انتقال فاضلاب و بر اساس معیارهای فیزیکی و مکانیکی است. به عبارت دیگر پلی‌اتیلن بر اساس ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی دسته‌بندی و سپس جهت تولید لوله با کاربرد مورد نظر انتخاب و مصرف می‌شود. این ویژگی‌ها

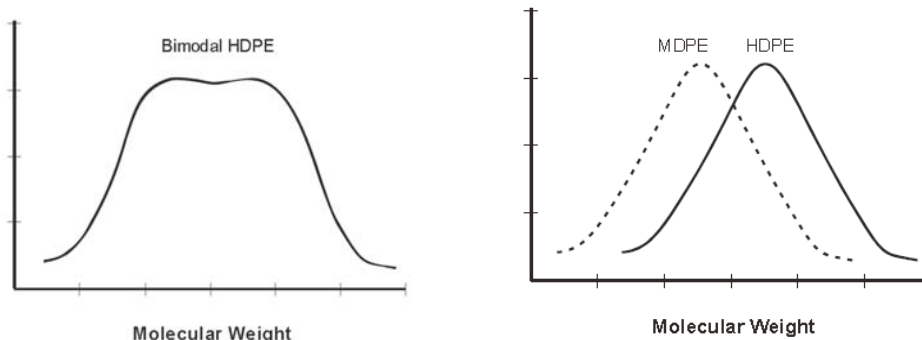
مجموعه‌ای از خواص فیزیکی و مکانیکی مانند دانسیته، شاخص جریان مذاب، خواص کششی، رشد ترک و حداقل استحکام مورد نیاز است. به عبارت دیگر کامپاند پلی‌اتیلن مناسب جهت تولید لوله پلی‌اتیلن باید شرایط و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی را براساس استانداردهای بین‌المللی EN۱۵۵۵، ISO ۴۴۳۷ و دستور العمل و ضوابط شرکت ملی گاز IGS داشته باشد.

تحقیقات اخیر نشان داده که یکی از مهم‌ترین عوامل استاندارد در انتخاب مواد اولیه مناسب و تولید کیفیت لوله پلی‌اتیلن مناسب مربوط به خواص مقاومت در مقابل رشد ترک است. این خاصیت علاوه بر ویژگی‌های مورفولوژی و ملکولی پلی‌اتیلن مانند متوسط وزن ملکولی، توزیع وزن ملکولی، طول، مقدار و توزیع شاخه‌های جنبی و جزییات کریستالینیتی به میزان و نحوه اعمال بار بستگی دارد و با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری می‌شود. برخی از این ویژگی‌های در مورد مواد PE۱۰۰ در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱ ویژگی‌های لوله تولیدی از مواد PE۱۰۰ (لوله سایز ۱۱۰، نسبت ابعادی ۱۱)

ویژگی	روش آزمون	استاندارد ایزو
استحکام پارگی خزش	آزمون فشار در 20°C و فشار ۱۲,۴ مگاپاسکال	بیش از ۱۰۰ ساعت
مقاومت به رشد ترک	آزمون لوله شیار دار در 80°C و فشار ۹,۲ بار	بیش از ۱۶۵ ساعت
مقاومت به رشد سریع ترک	آزمون S۴ در 0°C	$PC \geq \frac{MOP}{2.4} - \frac{13}{18}$

گونه‌های جدید مواد اولیه خواص فرایند پذیری مناسب به همراه خواص فیزیکی و مکانیکی را از طریق اصلاح ساختار ملکولی و توزیع جرم ملکولی ارائه نموده‌اند. این توزیع جرم ملکولی به صورت دو مجموعه



یک سیستم مطمئن انتقال و توزیع گاز متشکل از اجزا مطمئن و بدون نقصی است که توسط تولیدکنندگان معتبر ارائه شده‌اند. امروزه استفاده از لوله‌های پلی‌اتیلن گاز رسانی بدلایلی از جمله مقاومت در مقابل خوردگی، پایداری در شرایط آب و هوایی، استحکام و آسانی حمل و نقل رو به افزایش است. هم‌چنین لوله‌های پلی‌اتیلن رفتار مناسبی را در مقاومت بلند مدت در برابر شرایط سرویس دهی مانند سایش، تغییرات دما، فشار داخلی، دفن، بارگذاری نقطه‌ای و لهیدگی نشان می‌دهند که با استفاده از گونه‌های مناسب تایید شده تا مین و در نتیجه استفاده از پلی‌اتیلن نامناسب اثرات مخرب جبران ناپذیری را در بلند مدت بر جایی خواهد گذاشت.

لوله‌های پلی‌اتیلن بر اساس رده‌ی فشاری محاسبه شده با روش استاندارد دسته بندی شده و به کار گرفته می‌شوند. این رده فشاری به عوامل مختلفی از جمله نوع پلی‌اتیلن، قطر و ضخامت لوله بستگی داشته و این عوامل در انتخاب نوع و روش اتصال لوله‌ها نیز موثر است. مجموعه شرایط تولید، آزمون‌های کنترل کیفیت، شرایط انبارداری و حمل و نقل در چارچوب طرح کیفیت تدوین و اجرا می‌شود.

مراجع

- ۱- Physical and mechanical properties of polyethylene for pipes in relation to molecular architecture, Hubert, J. App. Poly. Sci. , ۲۰۰۲
- ۲- Handbook of polyethylene, Peacock , Dekker, ۲۰۰۰
- ۳- Practical guide of polyethylene, Pascuse, Rapra, ۲۰۰۷
- ۴- Toughness mechanism in semi crystalline polymer blends, Bartczak et al, Polymer, ۱۹۹۹
- ۵- On the measurement of residual stress in plastic pipe, Clutton, Polymer eng. and sci., ۱۹۹۵
- ۶- Wall thickness uniformity in plastic pipe, Pittman, Polymer engineering and science, ۱۹۹۵
- ۷- Specifying carbon blacks for UV light protection, Whitney, Plastic eng., ۱۹۸۸
- ۸- Structure and crack growth in gas pipes of medium-density and high-density polyethylene, Gedde, Polymer engineering and science, ۱۹۹۶
- ۹- EN ۱۵۵۵ – part ۱-۷ , plastic pipe system for gaseous supply, PE ۸۰/PE۱۰۰ Pipes
- ۱۰- ISO ۴۴۳۷ PE – Pipes, specifications for gaseous supply) PE۸۰/PE۱۰۰
- ۱۱- IGS – MS – PL – ۰۱۴ (۱), specification for PE pipes

၁၂- IGS – MS – PL – ၁၄ (၂), specification for fittings

၁၃- IGS – MS – PL – ၁၆ (၁), specification for welding machine