



بررسی لوله های پلی اتیلن چگالی بالا

چکیده

لوله های پلی اتیلن سنگین کاربردهای بسیاری دارند. در این مقاله ضمن بررسی ساختار شیمیایی این دسته از لوله ها و ویژگی های آنها، به مقایسه این لوله ها با سایر لوله ها و اتصالات می پردازیم. در این رهگذر این لوله ها را با لوله های بتن مسلح، پی وی سی، چدن نشکن و فولادی مقایسه می کنیم و مزایا و معایب آنها و رفتار لرزه ای آنها را بررسی می کنیم.

مقدمه

لوله های پلی اتیلن سنگین (چگالی بالا) در حوزه وسیعی از خطوط لوله شهری، صنعتی، دریایی، حفاری، دفن زباله و کشاورزی به کار می روند. کاربرد مطلوب این دسته از لوله ها در موقعیت هایی چون سطح زمین، حالت مدفون، شناور و سطوح زیر دریا آزمایش و به اثبات رسیده است. این لوله ها قابلیت انتقال آب آشامیدنی، فاضلاب، مواد شیمیایی، دوغاب، و پسماندهای خطرناک و گازهای فشرده را دارند. استفاده از لوله های پلی اتیلن در صنایع نفت و گاز سابقه ای طولانی دارد و در مقایسه با سایر لوله ها کمترین میزان تعمیر و نگهداری را برای توزیع گاز شهری دارند. در گذشته به دلیل مسائل مربوط به نگهداری آنها در برابر خوردگی و آثاری که به مرور در نتیجه خوردگی ناشی از کلر موجود در آب در لوله های پلی اتیلن به وجود می آمد از این لوله ها در شبکه های آبرسانی استفاده چندانی نمی شد؛ اما امروزه این نقیصه ها در لوله های پلی اتیلن سنگین برطرف شده است و استفاده از این لوله ها در شبکه های آبرسانی رو به رشد است.

بررسی ساختار شیمیایی

پلی اتیلن ها خانواده ای از گرمانرم ها (ترموپلاستیک ها) هستند که از طریق پلیمریزاسیون گاز اتیلن به دست می آیند. این پلیمریزاسیون تحت فشار و دمای بالا و در حضور کاتالیست های فلزی انجام می شود. تحت این شرایط، مولکول های اتیلن به زنجیره هایی به طول 50 تا 50000 واحد تبدیل می شوند و گاز اتیلن به یک ماده جامد سفید کریستالی تغییر حالت می دهد. پلی اتیلن شامل ساختار بسیار ساده ای است، به طوری که ساده تر از تمام پلیمرهای تجاری است. یک مولکول پلی اتیلن زنجیر بلندی از اتم های کربن می باشد که به هر اتم کربن آن دو اتم هیدروژن چسبیده است. پلی اتیلنی که تعداد زنجیره های جانبی آن کم و طول آنها کوتاه باشد، پلی اتیلن سنگین (پلی اتیلن خطی) نامیده می شود. در این حالت هیچ شاخه ای در مولکول وجود ندارد. پلی اتیلن خطی

Office Address:

No.18 , Mina blv, Africa St., Tehran/IRAN

Tel.: (+98 21) 88 20 20 60 - 50 lines

Fax: (+98 21) 88 20 20 81

www.parsethylene-kish.com

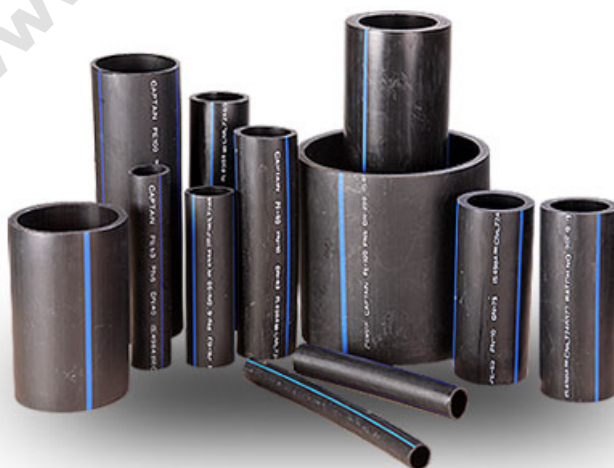


سخت تر از پلی اتیلن شاخه ای است، اما پلی اتیلن شاخه ای آسانتر و ارزانتر ساخته می شود. شکل این پلیمر کریستالی است. پلی اتیلن خطی محصول نرمالی با وزن مولکولی 200000 تا 500000 گرم است که آن را تحت فشار و دماهای نسبتاً پایین پلیمریزه می کنند. چگالی آن بین 0/941 تا 0/965 گرم بر سانتی متر مکعب است و آن را بیشتر به وسیله فرایند پلیمریزاسیون، که زیگنر ناتا نامیده می شود، تهیه می کنند. تفاوت های خواص پلی اتیلن نوع سبک و سنگین به اندازه ای زیاد است که کاربردهای آنها را کاملاً متفاوت می کند و می توان آنها را از دو خانواده گوناگون فرض کرد.

ویژگی لوله

این لوله ها، به دلیل عدم امکان نشست، فاسد شدن، نصب آسان و مقاومت در برابر حرکت خاک و فشار، حدود نیم قرن است که مورد مصرف قرار می گیرند. از طرفی چون پلی اتیلن ماده ای ویسکوالاستیک است و مثل تمامی ترموپلاستیک ها رفتار خزش از خود نشان می دهد، بر اثر مرور زمان دچار تغییر شکل می شود. چنین پدیده ای حتی در دمای معمولی و فشار نسبتاً کم نیز صورت می پذیرد و همانند دیگر پلاستیک ها، خواص مکانیکی پلی اتیلن به سه پارامتر زمان، حرارت و فشار وابسته است. بنابراین در محاسبات مربوط به طراحی لوله ها، همواره مقادیر خواص مکانیکی توسط آزمایشات طولانی مدت تعیین و الزاماً در یک فاکتور به نام فاکتور ایمنی تقسیم می شود. در ادامه به بیان ویژگی های این لوله ها می پردازیم.

- 1- مقاومت در برابر مواد شیمیایی: این لوله ها در برابر محیط های اسیدی و بازی، همچنین بسیاری از محلول ها و مواد شیمیایی مقاوم اند.
- 2- وزن کم: این لوله ها دارای وزن کمتری نسبت به انواع لوله های فولادی، چدنی و بتنی اند که باعث سهولت حمل، بارگیری و نصب آسان لوله و اتصالات می شود.



Office Address:

No.18 , Mina blv, Africa St., Tehran/IRAN

Tel.: (+98 21) 88 20 20 60 - 50 lines

Fax: (+98 21) 88 20 20 81

www.parsethylene-kish.com



- 3- استحکام و انعطاف پذیری بالا و قابلیت تحمل تنش: استحکام و قابلیت تحمل تنش های کششی و فشاری و انعطاف پذیری بالای این لوله ها به کاربر امکان حمل و نصب لوله و اتصالات را در اجرای انواع پروژه های صنعتی می دهد.
- 4- عدم نشت: این لوله ها، به دلیل دارا بودن ویژگی عدم نشت، گزینه مناسبی برای انتقال گاز هستند و از طرفی باعث کاهش تلفات و هزینه ها در پروژه های آبرسانی می شوند.
- 5- مقاوم بودن در برابر ضربه: مقاومت بسیار بالای این لوله ها در مقابل ضربه نیاز به کارگیری فشارهای بالاتر لوله و اتصالات و خریداری تجهیزات ضد ضربه را منتفی می کند. این خاصیت در پروژه های بزرگ صنعتی باعث سهولت اجرا و کاهش بسیار زیاد هزینه های اجرا می شود، ضمن آنکه ضایعات اجرا را به میزان صفر کاهش می دهد. این عامل می تواند دلیل بسیارز موجهی برای جایگزینی لوله و اتصالات پلی اتیلن سنگین با انواع لوله های بتنی باشد.
- 6- رسوب ناپذیری: به دلیل صیقلی و صاف بودن و داشتن زبری بسیار پایین سطح داخلی لوله، سیالات درون آن جریان سریعی دارند.
- 7- مقاوم بودن در برابر سایش: این لوله مقاومت بالایی در مقابل ساییدگی دارد. بنابراین انتخابی خوب برای انتقال مایعات دارای مواد جامد غیر محلول است.
- 8- مقاوم در برابر حمله جوندگان و ریز جاندارها: به دلیل فقدان ارزش غذایی و سختی سطح لوله و اتصالات، جوندگان نمی توانند به آنها آسیبی برسانند.
- 9- عدم نیاز به پوشش و حفاظت کاتدی: این لوله ها به علت مقاومت در برابر زنگ زدگی و خوردگی نیازی به پوشش و حفاظت کاتدی ندارد.
- 10- داشتن عمر طولانی: این لوله دارای دوره مصرف طولانی است. نکته ای که باید همواره در مباحث عمر مفید بدان توجه کرد، کیفیت و نحوه نصب و کارگذاری لوله است. تمامی سازه های مدفون به نوعی بخشی از ساختار خاک محسوب شده، لذا نیروهای وارده را با برهمکنشی که با یکدیگر دارند، تحمل می نمایند. در نتیجه نصب بی دقت لوله، می تواند باعث عملکرد ضعیف آن در بستر خاک شود.
- 11- مقاوم در برابر حلال های آلی
- 12- مقاوم در برابر اشعه فریبنش آفتاب
- 13- مقاوم در برابر سرما و گرمای شدید
- 14- سهولت در نصب و اجرای سریع و حمل و نقل آسان
- 15- امکان استفاده از انواع اتصالات

کاربرد لوله ها

موارد استفاده از لوله های پلی اتیلن سنگین بدین شرح است:

- استفاده در شبکه های آبرسانی شهری و روستایی

Office Address:

No.18 , Mina blv, Africa St., Tehran/IRAN

Tel.: (+98 21) 88 20 20 60 - 50 lines

Fax: (+98 21) 88 20 20 81

www.parsethylene-kish.com



- استفاده در شبکه های فاضلاب شهری و روستایی
- استفاده در شبکه های گازرسانی و زهکشی
- سیستم های مایعات و فاضلاب صنعتی
- شبکه های آبیاری تحت فشار (قطره ای و بارانی)
- سیستم های آبیاری متحرک
- پوشش کابل های مخابراتی و فیبر نوری
- پوشش کابل برق
- پوشش لوله های فلزی
- به عنوان کانال های تهویه

بررسی اتصالات لوله ها

اتصالات این دسته از لوله ها با توجه به کاربردهای گوناگون شان متفاوت است. اتصالات الکتوفیوژن برای پروژه های گازرسانی و اتصالات پیچی برای پروژه های آبرسانی تا فشار 10 اتمسفر استفاده می شود. برای بقیه پروژه ها از اتصالات جوشی پلی اتیلن طبق استاندارد DIN 16963 آلمان استفاده می شود. فاضلاب خانگی از قوانین اشاره شده تبعیت نمی کنند[5].

ویژگی اتصالات این لوله ها بدین شرح است:

- مقاومت بسیار خوب اتصالات پلی اتیلن در برابر شکستگی و ترک خوردگی ناشی از فشارهای خارجی
- مقاومت بالا در مقابل فشار و ضربه
- مقاوم در برابر مواد شیمیایی
- مقاوم در برابر خوردگی و ساییدگی
- مقاومت عالی در برابر ارتعاشات ناشی از زلزله
- مقاوم در برابر زنگ زدگی
- صاف و صیقلی بودن جداره داخلی و خارجی
- عدم رسوب گیری و افت فشار بسیار کم ناشی از اصطکاک سطح داخلی
- انعطاف پذیری بالا، هزینه بسیار پایین نصب و اجرا، سرعت اجرا و عدم نیاز به ماشین آلات سنگین در زمان اجرای خطوط لوله های پلی اتیلن

مقایسه این دسته از لوله ها با سایر لوله ها

در این بخش به مقایسه لوله های پلی اتیلن سنگین با چهار نوع دیگر لوله، که دارای مصرف زیادی هستند، می پردازیم.

Office Address:

No.18 , Mina blv, Africa St., Tehran/IRAN

Tel.: (+98 21) 88 20 20 60 - 50 lines

Fax: (+98 21) 88 20 20 81

www.parsethylene-kish.com



لوله پلی اتیلن سنگین و لوله بتنی مسلح

این دو لوله در موارد زیر با هم مقایسه شده اند:

الف) فنی و اجرایی:

- لوله پلی اتیلن سنگین به دلیل داشتن وزن کمتر نسبت به لوله بتنی دارای حمل و نصب آسانی است و سرعت لوله گذاری با آن بیشتر می باشد.
- عمر مفید بسیار بالاتر لوله پلی اتیلن سنگین نسبت به لوله بتنی با توجه به مقاومت بالای آن به فاضلاب
- روش های متنوع اتصال
- عمر انبارداری بالا و اشغال فضای کم انبار
- عدم نشت
- انعطاف پذیری
- روش های متنوع اتصال

ب) اقتصادی:

- قیمت لوله های بتنی در قطرهای مساوی یا بالاتر 600 میلی متر بیشتر از لوله های پلی اتیلن سنگین است.
- هزینه حمل به دلیل سبکی و هزینه انبارداری به علت اشغال فضای کم برای لوله پلی اتیلن سنگین کمتر است.
- هزینه های تأمین سیمان، میلگرد و شن و ماسه، که از عوامل تولید لوله های بتنی اند، باعث بالا بودن هزینه تولید لوله های بتنی نسبت به لوله های پلی اتیلن سنگین می شود.
- هزینه لوله گذاری برای قطرهای معادل در لوله های پلی اتیلنی سنگین بین 25 تا 40 درصد لوله های بتنی است.

ج) دوام:

- لوله های پلی اتیلن سنگین در برابر سلیش مقاومت بالایی دارند.

د) بهره برداری:

- لوله های پلی اتیلن سنگین از نظر انجام عملیات ترمیمی و مقاومت در برابر جابجایی های زمین نسبت به لوله های بتنی دارای مزایای بسیاری هستند. این عوامل، عمر مفید شبکه های اجرا شده و دوره طرح را افزایش می دهد و نیاز به اصلاح شبکه را به تأخیر می اندازد.
- در لوله های پلی اتیلن سنگین، امکان ایجاد انشعابات و اتصالات پس از اجرا و در طول بهره برداری بیشتر، ارزانتر و آسانتر است.

لوله پلی اتیلن سنگین و لوله پی وی سی

در بررسی های انجام شده میان چند جنبه فنی و اقتصادی این دو نوع لوله، مزایای آنها نسبت به هم به صورت زیر بیان شده است:

Office Address:

No.18 , Mina blv, Africa St., Tehran/IRAN

Tel.: (+98 21) 88 20 20 60 - 50 lines

Fax: (+98 21) 88 20 20 81

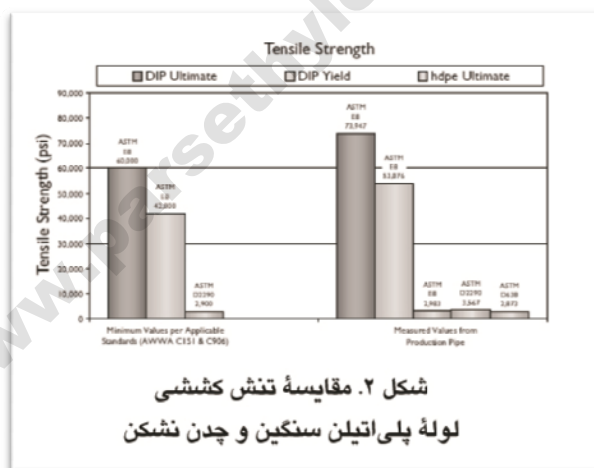
www.parsethylene-kish.com



1. لوله های پی وی سی سبک تر است و به ازای مقاومت مساوی به حجم مواد اولیه کمتری نیاز دارد. یک لوله پی وی سی در حدود 0/6 تا 0/7 برابر لوله پلی اتیلن هم قطر خود وزن دارد.
2. مواد اولیه لوله پی وی سی ارزاتر است. نیاز به انرژی در مراحل ساخت آن نیز به ازای واحد طول لوله کمتر است.
3. قیمت تمام شده لوله پی وی سی تقریباً 50 تا 60 درصد لوله های مشابه از نوع پلی اتیلن سنگین باشد.
4. لوله های پی وی سی سخت ترند و در مقابل فشار و دما تغییر شکل می دهند.
5. لوله های پلی اتیلن سنگین از نظر زیست - محیطی کم خطرتر از لوله های پی وی سی هستند.
6. قابلیت بازیافت مواد پلی اتیلنی بیشتر است.
7. لوله پلی اتیلن سنگین در برابر اشعه فرابنفش مقاوم تر است.
8. لوله پلی اتیلن سنگین به دلیل نرمی بیشتر در برابر ضربه مقاوم تر است.

لوله پلی اتیلن سنگین و لوله چدن نشکن

- در بررسی های انجام شده بین این دو لوله، مزایای لوله چدن نشکن به لوله پلی اتیلن سنگین اینگونه بیان شده است:
- 1- استحکام کششی: استحکام کششی لوله چدن نشکن 24 برابر بیشتر است و برخلاف آن لوله های پلی اتیلن سنگین حتی در مقادیر پایین تنش کششی دچار خزش می شوند.



- 2- عملکرد در شرایط دمایی: تغییرات و نوسانات معمول در دمای نصب و عملکرد لوله چدن نشکن تأثیری روی استحکام آنها ندارد [8]. در دمای سرویس کاری لوله نشکن هیچ تغییر محسوسی، حتی در محدوده دمایی بالاتر از 60 درجه سانتی گراد، در استحکام کششی ایجاد نمی شود، اما به دلیل طبیعت پلیمری و ترموپلاستیکی لوله پلی اتیلن، عملکرد آن به شدت به دمای سرویس و کارکرد آن بستگی دارد. چون ضریب انبساط حرارتی پلی اتیلن 18 برابر چدن نشکن است، این احتمال وجود دارد که در حین قرار گرفتن در معرض تغییرات دمایی شدید دستخوش جابجایی سراسری خط لوله گردد. شکل 3 نشان می دهد که در دمای 43 درجه سانتی گراد (110 درجه فارنهایت) استحکام کششی پلی اتیلن

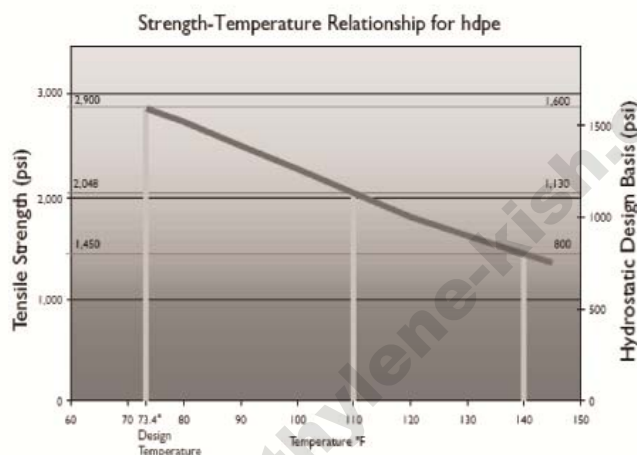
Office Address:

No.18 , Mina blv, Africa St., Tehran/IRAN

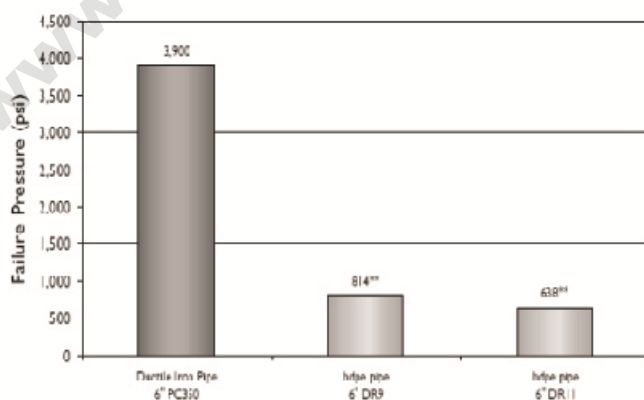


سنگین تقریباً 70 درصد استحکام آن در دمای 23 درجه سانتی گراد (73/4 درجه فارنهایت) است. این کاهش استحکام در دمای 60 درجه سانتی گراد (140 درجه فارنهایت) به 50 درصد می رسد.

3- مقاومت فشاری: مقاومت در برابر فشار هیدرواستاتیک ترکیب لوله چدن داکتیل 6/1 برابر لوله پلی اتیلن سنگین است. مستقیم ترین روش برای اندازه گیری مقاومت لوله در برابر فشار، تست هیدرواستاتیک است. تمامی لوله های چدن نشکن که تا مرحله شکست تحت فشار قرار گرفتند فقط دچار ترک شدند، در حالیکه تمامی لوله های پلی اتیلن سنگین پس از شکست دچار بادکردگی، انحناء، پیچش و اعوجاج گردیدند.



شکل ۳. بررسی استحکام کششی لوله پلی اتیلن سنگین در رابطه با دما



شکل ۴. مقایسه مقاومت در برابر فشار هیدرواستاتیک لوله پلی اتیلن سنگین و چدن نشکن

Office Address:

No.18 , Mina blv, Africa St., Tehran/IRAN

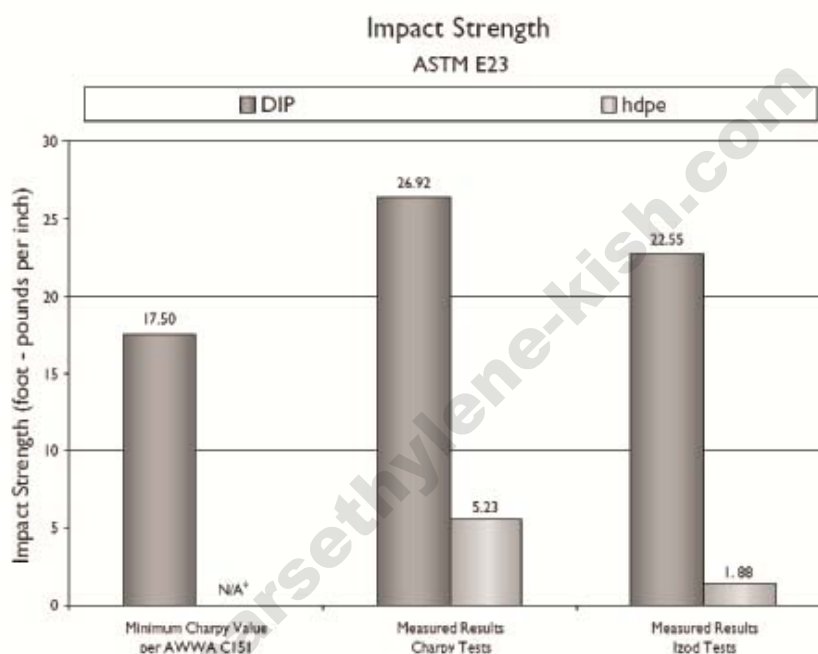
Tel.: (+98 21) 88 20 20 60 - 50 lines

Fax: (+98 21) 88 20 20 81

www.parsethylene-kish.com



4- استحکام در برابر ضربه: استحکام در برابر ضربه لوله چدن نشکن 12 برابر لوله پلی اتیلن سنگین است. این ویژگی به خصوص در شرایط حمل و نقل و نصب مؤثر است. آزمایشات به هر دو روش شارپی و ایزود در دمای 21 ± 2 درجه سانتی گراد انجام شده است. همانند استحکام کششی، استحکام ضربه نیز در لوله چدن نشکن از دمای نصب تأثیر نمی پذیرد.



شکل ۵. مقایسه استحکام در برابر ضربه لوله پلی اتیلن سنگین و چدن نشکن

لوله پلی اتیلن سنگین و لوله فولادی

مزایای لوله پلی اتیلن سنگین نسبت به لوله فولادی بدین قرار است.

- ارزانی قیمت
- حمل و نقل آسان به علت سبکی
- عدم خوردگی و زنگ زدگی
- یکنواختی ضخامت جداره لوله ها
- صاف و صیقلی بودن جداره داخلی و در نتیجه حداقل ته نشین شدن رسوبات
- قابلیت انعطاف حتی در سرمای زیر صفر

Office Address:

No.18 , Mina blv, Africa St., Tehran/IRAN

Tel.: (+98 21) 88 20 20 60 - 50 lines

Fax: (+98 21) 88 20 20 81

www.parsethylene-kish.com



- نشکن و ترک برداشتن در اثر و فشار خارجی
- تولید در سیستم متریک و غیره با قطرهای متنوع و به طول های مورد نظر به صورت حلقه ای شکل
- عایق بودن در برابر حرارت
- سهولت طریقه اتصال آنها به هم؛ یعنی نصب سریع و نیاز کمتر به وسایل اتصال
- عدم لزوم ماشین آلات سنگین و حجیم جهت نصب و جوشکاری

www.parsethylene-kish.com

Office Address:

No.18 , Mina blv, Africa St., Tehran/IRAN

Tel.: (+98 21) 88 20 20 60 - 50 lines

Fax: (+98 21) 88 20 20 81

www.parsethylene-kish.com