



مزایای لوله پلی اتیلن بر لوله‌های فولادی کربن استیل

از مقایسه ویژگی‌های ساختاری و عملکرد کوتاه مدت و بلند مدت لوله پلی‌اتیلن فشرده (HDPE - High Density Poly Ethylene) نیز مقایسه استانداردهای ساخت و تولید در هر مورد (AWWA C906 برای لوله پلی‌اتیلن و استاندارد های AWWA C200 برای لوله فولادی) و همچنین آزمایشات عملی انجام شده انستیتو مواد مرکب ساختاری (SCI) Structural Composites Inc و آزمایشگاه مهندسی پلاستیک (Laboratory PEL Plastics Engineering)، و انیسیتو پلاستیک پایپ PPI و اداره استاندارد صنعتی ایران که همگی مراکز تحقیقاتی معتبر و صاحب نام می‌باشند، نتایجی استنباط گردیده که در زیر می‌آید. جهت مقایسه منطقی در آزمایشات از مطلوب‌ترین جنس پلی‌اتیلن فشرده یعنی نوع PE 100 به تصریح استاندارد AWWA C906 استفاده شده است.

این مقایسه بر اساس ویژگی‌های این دو نوع لوله گردآوری شده است و مقایسه بر اساس مشخصات ارائه شده سازندگان این نوع لوله‌ها می‌باشد که صرفنظر از استانداردهای موجود باید به عنوان مقایسه مورد توجه قرار گیرد .

مقدمه

لوله‌های پلی اتیلن سنگین (چگالی بالا HDPE) در حوزه وسیعی از خطوط لوله شهری، صنعتی، دریایی، حفاری، دفن زباله و کشاورزی به کار می‌روند. کاربرد مطلوب این دسته از لوله‌ها در موقعیت‌هایی چون سطح زمین، حالت مدفون، شناور و سطوح زیر دریا آزمایش و به اثبات رسیده است. این لوله‌ها قابلیت انتقال آب آشامیدنی، فاضلاب، موادشیمیایی، دوغاب، و پسماندهای خطرناک و گازهای فشرده را دارند.

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



مشخصات مکانیکی لوله و اتصالات پلی اتیلن شرکت پارس اتیلن کیش

واحد	مقدار	شرح
---	$N = 0.010$	ضریب زبری مانینگ
---	$C = 150$	هیزن ویلیامز
Mpa	1100	الاستیسیته پلی اتیلن کوتاه مدت
Mpa	800	الاستیسیته پلی اتیلن بلند مدت (50 سال)
Mpa	20	مقاومت کششی کوتاه مدت
Mpa	7	مقاومت کششی بلند مدت 50 ساله
C°	80	حداکثر دمای قابل تحمل (کوتاه مدت)
C°	45	حداکثر دمای قابل تحمل (بلند مدت)
$C^\circ \text{ mm/m}$	0.2	ضریب انبساط و انقباض
سال	100	طول عمر با مواد اولیه PE100 در $C^\circ 20$
سال	50	طول عمر با مواد اولیه PE 80 در $C^\circ 20$
PH	1.5 – 14	مقاومت شیمیایی
---	با شعاع 24 تا 30 برابر قطر لوله قابلیت خم دارد (تابع SDR لوله)	قابلیت انعطاف
$\lambda [w/m.k]$	0.4	ضریب انتقال حرارت
سانتی گراد	حرارت بیش از $C^\circ 340$	قابلیت آتش سوزی
---	$> 10^{14}$	مقاومت الکتریکی

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



کاربرد لوله ها

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

- استفاده در شبکه های آبرسانی شهری و روستایی
- 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

مزایای کلی 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
- 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

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



ویژگی های لوله

این لوله ها، به دلیل عدم امکان نشت، 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- خزش و استحکام کششی

هنگامیکه لوله های پلیمری تحت فشار بارهای خارجی و داخلی قرار می گیرند، پس از مدتی مشخصه های مکانیکی آنها تغییر شکل می یابد که این پدیده با نام خزش در لوله های پلیمری از اهمیت بالایی برخوردار می باشد.

لوله های فولادی اصولاً رفتار داکتیل دارند و مقاومت خزشی کمتری نسبت به گونه های دیگر لوله های مورد اشاره دارد برخلاف لوله فولادی، لوله های پلی اتیلن در مقادیر تنش کششی دچار خزش می شوند. در اینگونه موارد لوله فولادی از خود رفتار داکتیل نشان می دهد و می شکند.

هنگام کاهش سرعت بارگذاری روی لوله پلی اتیلن یا هنگامی که لوله تحت بار ثابت برای مدت طولانی قرار می گیرد، مولکولها فرصت جاداشدن و آزاد شدن از یکدیگر را دارند که این امر باعث تقلیل تنش مورد نیاز برای تغییر شکل و جلوگیری از عدم شکست می شود که دامنه کاربرد آن را برای اجرای پروژه های زیرزمینی با ریسک جابجائی زمین و یا ناصاف بودن آن ساده تر و کاربردی تر می نماید. هرچند تجارب سازندگان و پیمانکاران نشان می دهد لوله های پلی اتیلن در اینمورد از خود مقاومت بیشتری را نشان می دهد و با توجه به مولفه های شیمیائی مورد استفاده در مواد اولیه آن می تواند خزش بیشتری را قبل از پارگی تحمل نماید. رویه آزمون های استاندارد خزش در استاندارد انجمن امریکایی آزمون و مواد ASTM E139 آورده شده است.



Office Address:

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

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

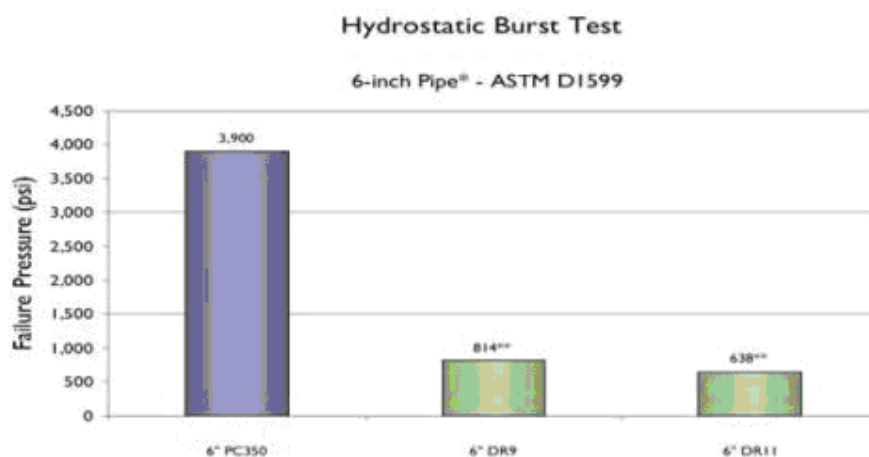
Fax: (+98 21) 88 20 20 81

www.parsethylene-kish.com



2- بارگذاری خمشی و مقاومت فشاری

مستقیم‌ترین روش جهت اندازه‌گیری مقاومت لوله مقابل فشار، تست هیدرواستاتیک است. تمامی لوله‌های پلی اتیلن که تا مرحله شکست تحت فشار قرار گرفتند فقط دچار ترک به طول ۳۷ تا ۱۰۰ سانتیمتر شدند.



افزایش دائمی قطر نمونه‌های پلی‌اتیلن پس از آزاد شدن فشار داخلی و پایان تست در جدول 1 آمده است. لوله‌های پلی اتیلن می‌تواند تا فشار 10mpa را تحمل نماید و در برابر تغییرات زمین شناسی و زلزله بسیار مقاوم می‌باشد. ولی لوله‌های فولادی در برابر این تغییرات بسیار شکننده هستند.

hdpe Specimens	Permanent Increase In Diameter
6-inch DR11	4.51% to 13.12%
6-inch DR9	1.06% to 8.87%
24-inch DR11	2.46% to 2.63%
24-inch DR9	2.09% to 11.60%

3- سازگاری با محیط زیست

تولید لوله‌های پلی اتیلن هیچگونه آثار زیست محیطی ندارد و لوله‌های پلی اتیلن نیز در مقابل حمله میکرو ارگانیسم‌ها مقاوم می‌باشند چراکه پلی اتیلن ماده تغذیه کننده‌ای برای آنها نمی‌باشد. با توجه به ترکیب اکسیژن با هوا و زنگ زدگی لوله‌های فولادی این نوع لوله‌ها می‌تواند به محیط زیست صدمه بزند ولی لوله‌های پلی اتیلن به عنوان لوله‌های دوستدار محیط زیست قلمداد می‌شوند.

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- مقاومت در برابر مواد شیمیائی

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 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 زیگلر 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. لوله های پلی اتیلن از مقاومت قابل توجهی در مقابل مواد شیمیائی آلی و غیرآلی برخوردار می باشد از این منظر لوله های در یک تحقیق که بوسیله آزمایشگاه تحقیقات مهندسی و محیط زیست دانشگاه برکلی کالیفرنیا انجام شده است گزارش شده که 15 درصد لوله های فولادی نفوذ پذیری داشته اند و اصولاً در برابر مواد شیمیائی مقاومت ندارند و نیاز به مقاوم سازی دارند. این در حالی است که پلی اتیلن در مقابل مواد شیمیائی مقاومت دارد.

5- شرایط بسترسازی

شرایط بستر در مورد لوله های فولادی بسیار مهمتر از لوله پلی اتیلن می باشد. بستر مناسب برای کنترل اعوجاج که تنها معیار طراحی لوله های فولادی در مقابل بارهای خارجی است مورد نیاز است. استاندارد کارگذاری لوله های فولادی بیان می دارد که بستر لوله آماده سازی گردد. بنابراین خاک اطراف لوله باید بقدری فشرده باشد که نیروهای جانبی را به صورت کاملاً یکنواخت به لوله اعمال نماید. همچنین خاک بایستی عاری از هرگونه مواد آلی باشد. کف بستر باید مسطح و عاری از سنگ های بزرگ و کلوخه باشد چون این سنگ ها باعث کاهش استحکام در اثر ایجاد سایش و خراش لوله می گردند. لازم به یادآوریست بسیاری از این تمهیدات در عمل فراهم نمی گردد. برعکس بدلیل استحکام ذاتی لوله های پلی اتیلن کف مسطح بدون خاکریزی یا کف مسطح با خاک ریزی سبک برای بسیاری از کاربردها در مورد لوله های پلی اتیلن کافی است. هرچند عدم رعایت این نوع تراشه گذاری نیز مشکلی برای لوله های پلی اتیلن فراهم نمی نماید.

استفاده از تکیه گاه (Saddle) برای نصب شیر

استاندارد های موجود استفاده از Saddle را برای شیرگذاری اجباری کرده است. برعکس استفاده از Saddle برای لوله های پلی اتیلن در مصارف معمولی غیرضروری است.

6- اتصالات و قطعات

اتصال پذیری لوله پلی اتیلن، ارزانتر و سریعتر از لوله فولادی است. چون سریعتر آب بندی می شود و نشستی ندارد و سرعت پروژه را افزایش می دهد با استفاده از مواد پلی اتیلن امکان ساخت انواع اتصالات وجود دارد که با استفاده از انواع روشهای جوشکاری می تواند خط لوله مطمئنی را طراحی و اجرا نمود.

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



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.

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

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



- شناوری و اجرای پروژه های دریائی

لوله پلی اتیلن روی آب شناور می شود. بنابراین هنگامی که احتمال آمدن سیل در بستر لوله می رود یا سطح آب های زیرزمینی در محل بالاست، تمهیدات خاصی بایستی اندیشیده شود. به این منظور لوله بایستی مهار شود. اما لوله های فولادی با توجه به ماهیت وزن بالا امکان شناوری را ندارند و عملا استفاده های در پروژه های دریائی ندارند. (بصورت غرقابی استفاده می شود).



7- اثر خراشیدگی

در مقایسه با لوله فولادی، پلی اتیلن ماده بسیار نرمتری است. بنابراین در مقابل خراش ها و سایر صدمات ایجاد شده در حین حمل و نقل کمتر آسیب پذیرتر می باشد.

8- سهولت حمل و نقل

با توجه به مقاومت در برابر ضربه و سهولت بارگذاری و سهولت در جابجائی لوله های پلی اتیلن حمل و نقل این نوع لوله ها بیشتر بوده و درصد از بین رفتن لوله در اثر حمل و نقل صفر بوده و این نوع لوله ها ضایعات حمل و نقل ندارد. ضمنا با توجه به وزن کمتر لوله های پلی اتیلنی هزینه حمل آن بسیار کمتر از نمونه های فولادی 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



بررسی رفتار لرزه ای لوله ها

لوله های فولادی: این لوله ها، به ویژه اگر در مسیرهای انحنادار یا دارای شکستگی استفاده شوند، در برابر زلزله مقاومند و آسیب پذیری آنها بیشتر در حالت برخورد عمود بر گسل اتفاق می افتد. این لوله ها در مقایسه با لوله های چدنی، بتنی و آریست کمتر آسیب می بینند. اگر از خوردگی این لوله ها ممانعت شود، کاربرد آنها در مناطق زلزله خیز با خطر کم و متوسط وحتى بدون اتصال انعطاف پذیر قابل قبول است. لازم به ذکر است که در صورت اتصال جوشی و به صورت یکپارچه در آوردن خطوط لوله می توان انتظار عملکرد لرزه ای بهتر و مناسب تری از این لوله ها داشت.

لوله های پلی اتیلن سنگین: این لوله ها با جوش های فیوژن رفتار لرزه ای خوبی دارند و برای مناطق زلزله خیز توصیه می شوند. دارای انعطاف پذیری مناسبی هستند و در زلزله های گذشته کمتر دچار آسیب شده اند. اما با گذشت زمان در برابر کلر موجود در آب لایه لایه شده و بایستی نسبت به عمر آنها دقت کافی داشت.

مقایسه میزان ترمیم ناشی از زلزله در لوله ها

میزان حرکت در گسل و جنس لوله دو پارامتر اساسی در برآورد میزان خرابی لوله هاست؛ اگرچه خصوصیات مقاومتی خاک، زاویه استقرار خط لوله نسبت به جهت گسل و عمق کارگذاری لوله نیز جزء پارامترهای مؤثر می باشند. در شکل 6 میزان ترمیم برای آسیب ناشی از حرکت گسل برای انواع لوله نمایش داده شده است.

Office Address:

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

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

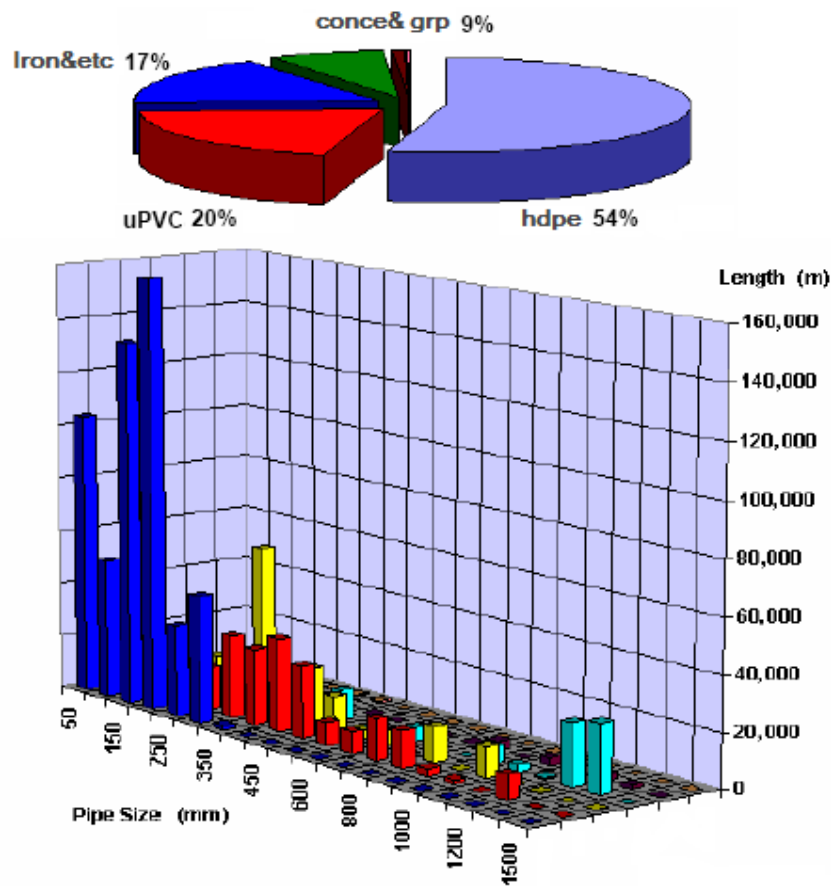
Fax: (+98 21) 88 20 20 81

www.parsethylene-kish.com



نتیجه گیری :

با توجه به آنچه عنوان شد صرفنظر از محدودیت ها و اشکالات هر کدام از لوله های مورد مقایسه به نظر می رسد لوله های پلی اتیلن مشخصات بهتری را نسبت به محصول دیگر دارد که استفاده از آن را در پروژه ای اجرائی سهل تر می نماید و ضرر کمتری را نیز به مجریان و طراحان تحمیل می نماید که آنرا اقتصادی تر و با استقبال بیشتری مواجه کرده است که در نمودار ذیل می توان آنرا بصورت مشهود دید .



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- **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.
- 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 نشست:** این لوله ها، به دلیل دارا بودن ویژگی عدم نشست، 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 فرا بنفش 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**

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