



مقایسه لوله GRP با لوله PVC

مقایسه لوله‌های چدن نشکن با لوله‌های PVC

از مقایسه اطلاعات بدست آمده از آزمایشات فیزیکی بین لوله‌های چدن نشکن و لوله‌های Poly Vinyl Chloride (PVC) و نیز مقایسه استانداردهای AWWA در هر مورد (AWWA C150 برای لوله چدن نشکن و AWWA C900 و AWWA C905 برای لوله PVC) نتایج استخراج شده است که در زیر می‌آید. این اطلاعات از منابع متنوع شامل استانداردهای AWWA، اطلاعات منتشر شده از طرف شرکت‌های تولید کننده لوله، آزمایش‌های فیزیکی انجام شده توسط مهندسین DIPRA و کارخانه Robert W Hunt بدست آمده است.

نتایج مقایسه لوله چدن نشکن و PVC:

1- چرا برای یک جنس مشخص استانداردهای متفاوتی وجود دارد؟

برای لوله‌های PVC با اقطار متفاوت دو استاندارد کاملاً مجزا AWWA C900 و AWWA C905 برای طراحی و تست وجود دارد. برای مثال در استاندارد AWWA C905 فاکتور اطمینان ۲ برای فشار داخلی در نظر گرفته شده است درحالیکه در استاندارد AWWA C900 فاکتور اطمینان برای لوله‌های قطر کوچک PVC معادل 2/5 ذکر شده است. به همین دلیل تغییرات ناگهانی فشار جریان سیال در استاندارد C900 مجاز است در حالیکه استاندارد C905 برای لوله‌های با قطر بیشتر از همین جنس اجازه هیچگونه نوسانی را نمی‌دهد. به عبارت دیگر فشار هیدرواستاتیک در نظر گرفته شده در طراحی لوله‌های کوچک PVC برابر با نوسانات فشار بعلاوه فشار کاری است ولی برای لوله‌های بزرگ PVC فقط برابر با فشار کاری در نظر گرفته شده است و لذا فاکتور اطمینان نیز کاهش داده شده است.

2- مقایسه ضخامت لوله‌های PVC در دو استاندارد C905 و C900

در یک فشار طراحی مشخص و با افزایش قطر بایستی ضخامت نیز افزایش یابد. در حالیکه در لوله‌های PVC برعکس می‌باشد. چرا؟ جهت روشن شدن موضوع معادله ارتباط ضخامت و فشار داخلی را بررسی می‌کنیم:

$$t = PD/2S$$

t : ضخامت

p: فشار داخلی

D: قطر لوله

S: تنش مجاز

همانطور که در این رابطه مشخص است ضخامت با فشار و قطر نسبت مستقیم دارد. از طرفی ضخامت با تنش مجاز نسبت عکس دارد. پس در چه صورتی مجاز هستیم در یک فشار ثابت با افزایش قطر، ضخامت را کاهش دهیم؟ فقط وقتی که تنش

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



مجاز را کاهش دهیم، به همین دلیل است که در لوله‌های PVC نه تنها با افزایش قطر، ضخامت کاهش می‌یابد بلکه با افزایش قطر تنش مجاز نیز کاهش می‌یابد. مثال‌های زیر در این مورد از استاندارد AWWA آورده می‌شود:

الف- در کلاس فشار Psi100:

لوله DN 300 با ضخامت 13/4 میلیمتر مطابق استاندارد (AWWA C900)

لوله DN 350 با ضخامت 9/5 میلیمتر مطابق استاندارد (AWWA C905)

ب- در کلاس فشار Psi200:

لوله DN 600 با ضخامت 46/8 میلیمتر مطابق استاندارد (AWWA C905)

لوله DN 600 با ضخامت 31/2 میلیمتر مطابق استاندارد (AWWA C905)

3- مقایسه شرایط تست‌های فیزیکی لوله PVC در دو استاندارد C900 و C905

نه تنها شرایط طراحی، بلکه شرایط تست‌های فیزیکی نیز در استاندارد C905 نسبت به استاندارد C900 سهل‌تر می‌باشد. فشار انجام تست هیدرواستاتیک در استاندارد C905 معادل نصف این مقدار در استاندارد C900 می‌باشد بطوریکه در C900 فشار تست بایستی 4 برابر فشارکاری طراحی شده باشد و در استاندارد C905 فقط دو برابر می‌باشد.

در فصل شرایط اضافی تست که در تجدید نظر سال 1977 به استانداردهای مذکور اضافه شده است نه تنها تست‌های اضافی و جدید اضافه نشده است بلکه به تولیدکنندگان اجازه داده شده است که تست هیدرواستاتیک بر روی لوله‌ها را در پرودهایی کمتر از استاندارد نیز، بسته به شرایط، تست کند. یعنی تولید کننده می‌تواند اعلام کند فقط یک‌دهم یا یک‌صدم لوله‌ها تست شده‌اند. همچنین هر تکه تصادفی از لوله با هرطولی می‌تواند تحت تست هیدرواستاتیک قرار گیرد و به نتایج آن استناد شود. در حالی که تمامی لوله‌های تولید شده چدن نشکن بایستی مطابق استاندارد مربوطه تحت تست هیدرواستاتیک قرار گیرند.

4- استحکام کششی

استحکام کششی لوله چدن نشکن بیش از ۸ برابر لوله PVC می‌باشد. مقاومت استحکام کششی یکی از مهم‌ترین خواص لوله‌ها است. چراکه مقاومت در مقابل فشار هیدرواستاتیک داخلی و فشار ضربه‌ای سیال را تعیین می‌کند. شکل 6 استحکام کششی این دو جنس را مقایسه می‌کند.



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



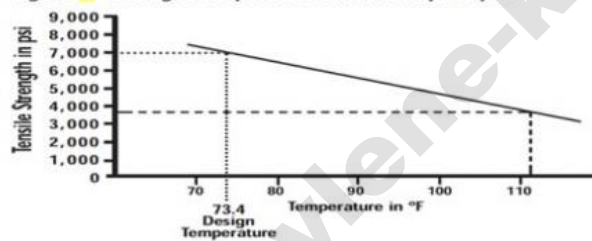
5- تاثیر دما بر استحکام

دمای نصب و دمای کاری لوله چدن نشکن، برخلاف لوله PVC، تاثیری بر استحکام آن ندارد. از آنجا که ضریب انبساط حرارتی چدن نشکن متعادل و قابل اطمینان می‌باشد، در صورت تغییرات در دمای سرویس، مشکلات کمی در آن ایجاد می‌شود. از طرف دیگر در رنج دمایی کارهای آبرسانی (از یک تا ۳۵ درجه سانتیگراد) یا حتی در دماهای نصب غیر معمول و غیر عادی مثل ۲۳- تا ۴۳+ درجه سانتیگراد هیچ تغییر اساسی در استحکام لوله‌های چدن نشکن ایجاد نمی‌شود. برعکس بدلیل بالا بودن ضریب انبساط حرارتی PVC، که ۵ برابر چدن می‌باشد، این لوله‌ها عملکردی بشدت وابسته به دما دارند. PVC در دمای بالاتر از ۲۳ درجه سانتیگراد، استحکام خود را از دست می‌دهد و در دمای کمتر از ۲۳ درجه سانتیگراد، داکتیلیته‌اش کاهش می‌یابد.

بالا بودن ضریب انبساط حرارتی PVC موجب می‌شود در برابر تغییرات شدید و ناگهانی دما، لوله دچار تغییر شکل و اعوجاج شدید شده و اتصالات آن جدا گردند.

استحکام PVC در ۴۳ درجه سانتیگراد، نصف استحکام آن در ۲۳ درجه می‌باشد. (شکل ۷)

Figure 7 - Strength-Temperature Relationship for pvc

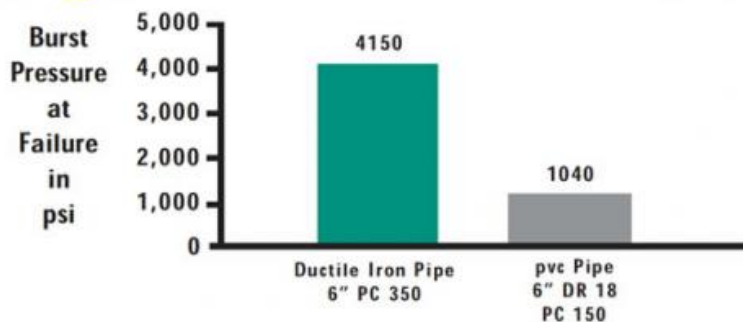


6- مقاومت فشاری

مقاومت در مقابل فشار هیدرواستاتیک لوله‌های چدن نشکن ۴ برابر PVC می‌باشد.

در شکل ۸ فشار ترکیبگی لوله چدن نشکن سایز DN 150 در کلاس فشار Psi350 و لوله هم‌سایز PVC مقایسه شده است که لوله چدن نشکن ۴ برابر مقاومتر است. توجه شود که هرچند لوله‌های PVC در فشار Psi350 در همه سایزهای ۷۵ تا ۱۶۰۰ میلیمتر موجود می‌باشد، لیکن هیچ لوله PVC (استاندارد C905 و C900) تولید نشده است که در فشاری به بزرگی فشار کاری لوله‌های چدن نشکن قادر به کارکردن باشد.

Figure 8- Hydrostatic Burst Pressure-6-inch Ductile Iron and pvc Pipe



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

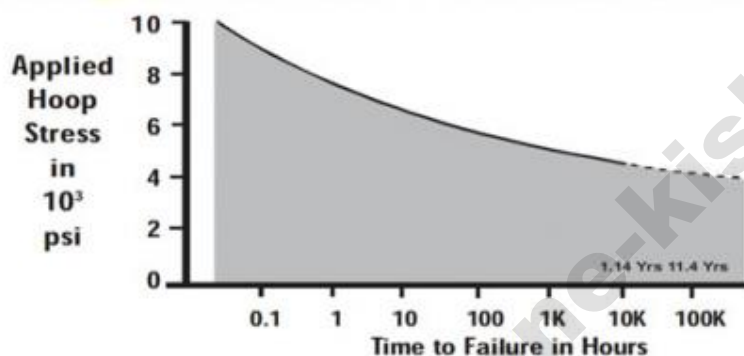


7- رابطه استحکام با زمان

استحکام لوله چدن نشکن با گذشت زمان کاهش نمی یابد.

برای چدن نشکن هیچ ارتباطی بین استحکام و زمان شکست وجود ندارد. اما لوله های PVC پس از گذشت زمانی متناسب با تنش اعمالی می شکنند. بنابراین استحکام تسلیم در نظر گرفته شده جهت طراحی لوله های PVC کمتر از استحکام تسلیم آنها در زمان کوتاه تست می باشد. استحکام لوله های PVC با گذشت زمان کاهش می یابد. شکل 9 نشان می دهد که با افزایش زمان، حد تحمل تنش لوله های PVC کاهش می یابد.

Figure 9 - Typical Stress Regression Curve for pvc Pressure Pipe²⁰

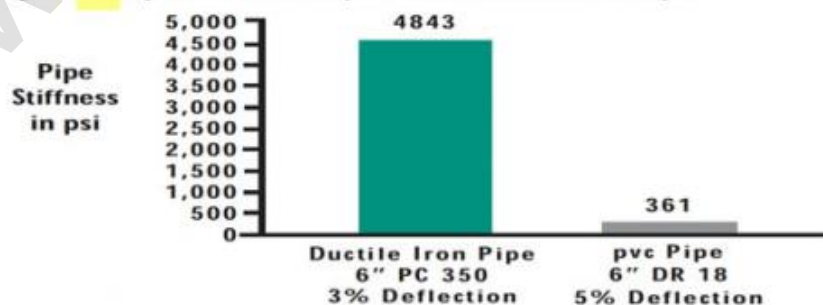


8- مقاومت در برابر بارهای له کننده

لوله چدن نشکن ۸ برابر مقاومتر از PVC در مقابل بارهای له کننده می باشد.

فرایند طراحی لوله چدن نشکن و نیز PVC، هر دو از فرمول Lowa برای پیش بینی اعوجاج لوله استفاده می کنند. در این فرمول هم سفتی (Stiffness) لوله و هم سختی ماده پرکننده اطراف لوله در نظر گرفته می شود. بدلیل سفتی کمتر لوله های PVC نسبت به چدن نشکن، سفتی خاک برای PVC خیلی مهمتر است. این به این معنی است که در مورد لوله های PVC شرایط محلی، خاک و محیط قرار گرفتن و نصب لوله، بسیار مهم و بحرانی می باشد. در شکل 10 مقایسه ای بین سفتی لوله های DN 150 در کلاس فشار Psi350 برای هر دو نوع انجام شده است.

Figure 10 Pipe Stiffness Comparison of 6-inch DIP and pvc



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

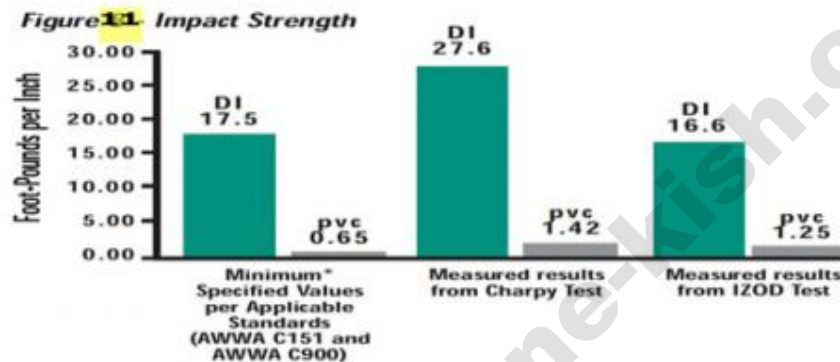
www.parsethylene-kish.com



9- استحکام ضربه

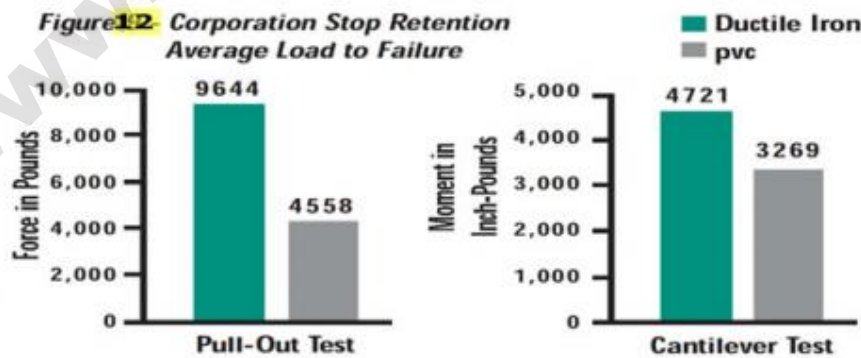
استحکام ضربه لوله چدن نشکن ۱۳ برابر بیشتر از PVC است.

شرایط کاربردی لوله به این ویژگی بسیار حساس است. همانند استحکام کششی در لوله‌های نشکن، مقاومت به ضربه هیچ وابستگی به دما ندارد. اما لوله‌های PVC در دمای کمتر از 23 درجه سانتیگراد یک کاهش قابل ملاحظه در مقاومت ضربه از خود نشان می‌دهند. همچنین مقاومت به ضربه لوله‌های PVC وقتی برای مدت زمان طولانی در معرض نور خورشید قرار می‌گیرند کاهش می‌یابد. شکل 11 مقایسه این ویژگی در دو نوع لوله را نشان می‌دهد. این آزمایش‌ها در 23 درجه سانتیگراد انجام شده است.



10- شیردار کردن

شش‌بند کردن لوله‌های چدن نشکن آسانتر، ارزانتر، سریعتر و با تخریب کمتر از PVC همراه است. آزمایشی توسط DIPRA بر روی هر دو جنس چدن نشکن و PVC انجام گرفته است. پس از نصب شیری با فشار داخلی 50 Psi بر روی لوله‌های فوق، برای چدن نشکن فشار تا 350 Psi و برای لوله PVC فشار تا 200 Psi افزایش داده شد. از 8 شیر سه چهارم اینچ بر روی لوله PVC، 5 تای آن قبل از رسیدن به فشار نهایی 200 Psi سوراخ شد و همه نشستی‌ها در محل اتصال به PVC روی داد ولی در آزمایش بر روی لوله چدن نشکن حتی تا فشار 500 Psi نیز در هیچکدام از نمونه‌ها نشستی رخ نداد. نکته مهم دیگر آسیب‌پذیری اتصالات در هنگام خطر می‌باشد. شکل 12 نیروی شکست لوله چدن نشکن و PVC را با هم مقایسه کرده 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



تفاوت اصلی در محل شکست حتی از مقادیر ارائه شده نیز مهم‌تر است. چون شکست شیرها در چدن نشکن در دریچه‌های برنجی شیرها روی داد و لوله‌ها هیچ آسیب ندیدند لیکن در لوله‌های PVC، شکست‌ها در خود دیواره لوله رخ دادند. این تفاوت در زمان و هزینه تعمیرات قابل تامل است.

دستورالعمل شیردار کردن لوله PVC بسیار پیچیده‌تر و پرهزینه‌تر از چدن نشکن است و علاوه بر تجهیزات و افراد آموزش دیده خطرات بیشتری نیز دارد. در محلی از لوله که دچار سوختگی آفتاب شده نایستی شیر بست همچنین در محل‌های خم و اعوجاج یافته نایستی شیر بست علاوه بر اجبار به استفاده از لباس، کلاه و تجهیزات ایمنی نیاز به زردبان اضطراری نیز می‌باشد زیرا در هنگام شکست ناگهانی لوله، جریان شدید آب جاری می‌گردد. طبق گزارشات جمع‌آوری شده با وجود این دستورالعمل نیز کارگران زیادی حین نصب لوله‌های PVC آسیب دیده‌اند.

11- استفاده از تکیه‌گاه زینی (Saddle) برای نصب شیر

استاندارد 900 C لوله PVC، استفاده از Saddle را برای شیرگذاری اجباری کرده است. این امر برای PVC با هر نوع ضخامتی صادق است. در استاندارد C905 لوله PVC نیز وضع به همین منوال است، برعکس استفاده از Saddle برای لوله‌های چدن نشکن در مصارف معمولی غیرضروری است.

12- صرفه‌جویی انرژی

قطر داخلی لوله چدن نشکن از اندازه اسمی آن بزرگتر است.

به عنوان مثال یک لوله سایز 600 میلیمتری چدنی با فشار Psi200 به طول 10 کیلومتر می‌تواند در هر دقیقه 1500 لیتر آب را انتقال دهد که معادل لوله 760 میلیمتری PVC با فشار Psi165 می‌باشد.

13- حمل و نقل لوله

تولیدکنندگان لوله PVC ادعا می‌کنند که حمل این لوله‌ها آسانتر از حمل لوله‌های چدنی می‌باشد، چون سبکتر می‌باشند. ولی بدلیل زیر در این گفته اغراق شده است.

- وقتی لوله PVC به محل سایت منتقل می‌شود بایستی کاملاً کنترل شود که در حین حمل آسیب ندیده باشد ولی در مورد لوله چدنی دستورالعمل‌های مشخصی طبق استاندارد برای حمل وجود دارد که رعایت آنها کنترل در سایت را کاهش می‌دهد.
- در مقایسه با لوله‌های نشکن، PVC ماده‌ای بسیار نرم و در نتیجه بسیار حساس به خراش و سایب می‌باشد. در هر دو استاندارد C905 و C900 تاکید شده که سطح لوله بایستی عاری از خراش قابل توجه سطحی باشد. حمل نادرست و غیراصولی لوله PVC باعث آسیب‌های ضربه‌ای، خراش و قلیوکن شدن دیواره لوله می‌گردد. اگر این آسیب‌ها بیشتر از 10 درصد ضخامت لوله باشد استاندارد می‌گوید که بایستی لوله تعویض گردد و قابل استفاده نیست. برعکس لوله نشکن ماده‌ای سخت است که در حین حمل و نقل عملاً مشکلی مانند PVC بوجود نمی‌آورد.

- هر چند PVC سبکتر از چدن می‌باشد ولی لوله سایز 200 میلیمتری آن 110 کیلوگرم و لوله سایز 300 میلیمتری آن 200 کیلوگرم وزن دارند که حتی دو مرد نیز نایستی سعی کنند چنین باری را جابجا نمایند. بنابراین هم برای PVC و هم برای چدن نیاز به تجهیزات جابجایی می‌باشد.

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



14- نفوذپذیری

جداره لوله‌های پلاستیکی در مقابل مواد شیمیایی و هیدروکربن‌ها مثل گازوئیل نفوذپذیر بوده که این امر باعث آلودگی آب درون لوله‌های PVC می‌گردد. در یک تحقیق که بوسیله آزمایشگاه تحقیقات مهندسی و محیط زیست دانشگاه برکلی کالیفرنیا انجام شده است گزارش شده که 15 درصد لوله‌های PVC نفوذ پذیری داشته‌اند. این در حالی است که چدن نشکن بخوبی در مقابل مواد شیمیایی مقاومت دارد.

15- شرایط بستر

با توجه به ضعف ذاتی لوله‌های PVC شرایط کار گذاشتن این لوله‌ها بسیار بحرانی‌تر از لوله‌های چدن نشکن می‌باشد. کار گذاشتن مناسب نیاز به کنترل اعوجاج و تغییر شکل دارد که معیاری برای طراحی لوله‌های PVC در برابر بارهای خارجی است. استانداردهای PVC تصریح دارد که لوله بایستی در بستری قرار گیرد که خاک تا حد امکان ریزدانه باشد که تنش‌ها و نیروها به طور یکنواخت تر و همگن‌تر به لوله وارد شود. بنابراین بستر باید کاملاً صاف و نرم باشد. نوع بستر مورد نیاز برای لوله بستگی به استحکام و توانایی مقاومت در برابر فشارهای بستر دارد. چنین تمهیداتی برای لوله‌های نشکن لازم نیست.

16- سیم‌های ردیاب

محل‌های دسترسی خاص در خطوط لوله مثل سوپاپ‌ها، شیر آتش‌نشانی و غیره بایستی در هر زمان امکان دسترسی داشته‌باشند. از طرف دیگر محدوده گسترش خطوط لوله و تاسیسات بایستی مشخص باشد تا در اجرای سایر طرح‌های حفاری و زیرزمینی در نزدیکی این خطوط، آسیبی به خطوط نرساند.

از آنجا که PVC یک ماده غیرفلزی است به وسیله ردیاب‌های فلزیاب نمی‌توان محل آنرا پیدا نمود. بنابراین پیدا کردن محل استقرار لوله‌های PVC بسیار مشکل است. در چنین مواقعی یک راه آن است که با صرف وقت زیاد سوراخ‌هایی برای پیدا کردن لوله حفر نمود. راه حل دیگر استفاده از سیم‌ها یا نوارهای فلزی است که در کنار خط لوله بایستی نصب شود. وقتی از این سیم‌ها استفاده می‌شود بایستی آنها را تست کرد تا از نظر الکتریکی پیوستگی داشته باشند و اتصال کامل باشد.

17- حفاری‌های مجاور

لوله‌های PVC نسبت به چدن نشکن در هنگام عملیات و حفاری‌های مجاور بسیار حساستر و آسیب پذیرتر می باشد.

18- شناوری

لوله‌های PVC سبک‌بوده و در نتیجه روی آب شناور می‌شوند. به همین منظور در مکان‌هایی که سطح آب زیرزمینی آنها بالاست یا مکان‌های پست یا مکان‌های گودی که در معرض سیل قرار دارند بایستی با دقت عمل کرد. برای جلوگیری از کنده شدن کل خط لوله از محل خود و بستر آن بایستی لوله‌ها را گیردار کرد و ثابت نگه داشت. درمورد چدن نشکن این نقطه ضعف دیده نمی‌شود و نیازی به تمهیدات اضافی که باعث افزایش هزینه می‌شود، وجود ندارد.

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



19- اثر UV

نور خورشید و اشعه UV سبب آسیب‌هایی بر روی PVC گشته و موجب تحلیل رفتن آن می‌گردد. PVC در معرض نور خورشید دچار کلرزدایی و در نتیجه کاهش استحکام پلی‌وینیل کلراید می‌گردد. مطابق دستورالعمل AWWA C605 اگر لوله‌های PVC در محیط باز استفاده گردند بایستی تدابیر پیشگیرانه‌ای در مقابل آسیب‌های محیطی بر روی آنها اعمال گردد. همچنین پوشش روی لوله باید بصورتی باشد که اجازه گردش جریان هوا در اطراف لوله را بدهد.

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