بخش نهم – لوله های پلی اتیلنی دو جداره مورد مصرف در جمع آوری فاضلاب ها

فهرست

معرفی لوله های دو جداره پلی اتیلن و روش تولید آن ها ۳

مقدمه ۳

تکنولوژی لوله های کاروگیت (Corrugate Technology) ۳

تکنولوژی لوله های اسپیرال (Spiral Technology) ۹

اجزای مختلف خط تولید لوله های تیوب هسته داخلی (Cure tube) ۱۴

مقایسه لوله های مورد استفاده در جمع آوری فاضلاب ها ۱۷

مقدمه ۱۷

انواع لوله های مورد استفاده ۱۸

لوله های سفالی ۱۸

لوله های چدنی ۲۰

لوله های چدن نشکن ۲۱

لوله های فولادی ۲۲

لوله های آزبست سیمان ۲۳

لوله های بتنی ۲۴

لوله های پلی اتیلن تکجداره ۲۵

لوله های دو جدارۀ پلی اتیلن ۲۶

لوله های GRP (Glass Reinforcement Pipe) ۳۲

مقایسه فنی لوله ها ۳۴

مقایسه لوله های دو جداره پلی اتیلنی و پی وی سی برای انتقال فاضلاب ۳۶

عوامل مهم و موثر بر انتخاب نوع و جنس لوله های مورد مصرف در جمع آوری فاضلاب ۳۹

کنترل فنی و کیفی لوله های دوجداره پلی اتیلنی ۴۰

کنترل فنی در مرحله طراحی و عملیات کارگذاری و نصب ۴۱
کنترل کیفی در مرحله قبل، حین و بعد از تولید لوله (ماده اولیه و محصول).....۴۲
منابع و مراجع ۴۴

جهت مصارف مختلف از قبیل انتقال فاضلاب، زهکشی، فاضلاب‌های صنعتی و خانگی و به طور کلی جریان سیالات بدون فشار از لوله های دو جداره پلی اتیلنی استفاده می شود. تولید آسان، سبکی وزن، هزینه تمام شده پایین، عدم نشت و ... مهمترین دلایل استفاده از این لوله ها است.

معرفی لوله های دو جداره پلی اتیلن و روش تولید آن ها

مقدمه

از آنجایی که لوله های با جداره ساختمند (دو جداره) با سه روش مختلف تولید می گردند، بنابراین معیارها و روش های ارزیابی آنها نیز به صورت جداگانه ای می باشد. لذا ابتدا روش های مختلف تولید این گونه لوله ها تشریح می گردد. قابل توجه است که نمی توان در ابتدا یک تکنولوژی را نسبت به دیگری برتر دانست. آنچه باعث ارزش آوری و امتیازگیری یک تکنولوژی تولید می گردد، رعایت تمامی الزامات تولید و استانداردهای مربوطه می باشد.

به طورکلی روش های تولید لوله های دوجداره به سه دسته کلی زیر تقسیم می شود:

۱- تکنولوژی کاروگیت (Corrugate Technology)
۲- تکنولوژی اسپیرال (Spiral Technology)
۳- تکنولوژی تیوب هسته داخلی (Core tube Technology)

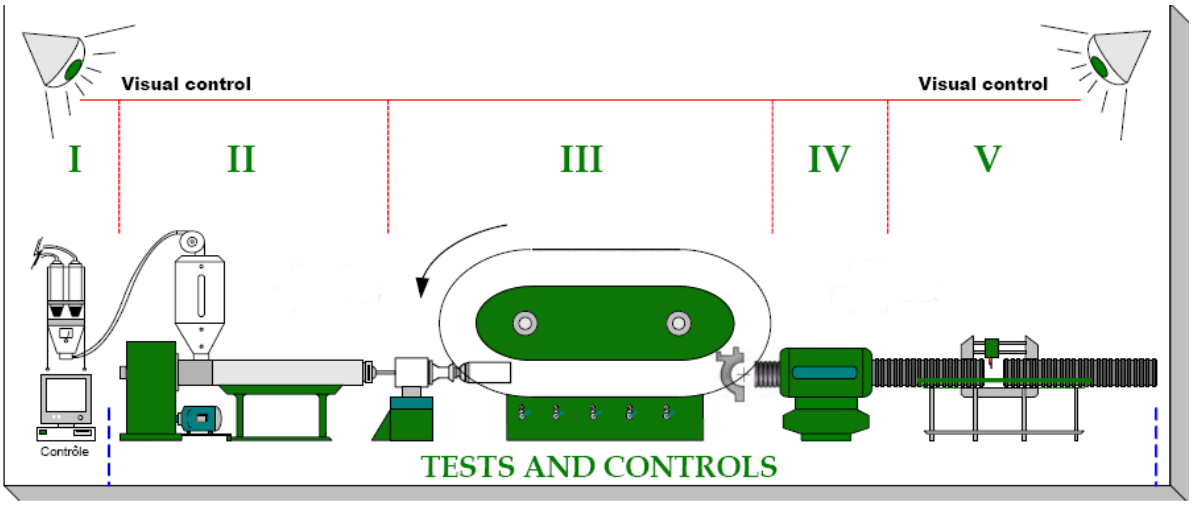
تاکید می گردد که مقایسه فقط بین خطوط با تکنولوژی همسان امکان پذیر است. در این مرحله نمی توان دو خط تولید با دو تکنولوژی مختلف را با هم مقایسه نمود.

تکنولوژی لوله های کاروگیت (Corrugate Technology)

شکل زیر چیدمان یک خط کاروگیت را بصورت شماتیک نشان می دهد. همه معیارهایی که راجع به بالادست تکنولوژی تولید لوله ها تک جداره وجود دارد در اینجا نیز صادق است. بنابراین شرح جزئیات پایین دست (از دای به بعد) خط تولید ارائه می گردد.

مراحل تولید لوله کاروگیت عبارتند از:

۱- فرمولاسیون و تهیه مواد اولیه
۲- اکستروژن، شکل دهی به صورت لوله
۳- شکل دهی دیواره
۴- خنک کاری و کالیبراسیون
۵- اندازه گیری و برش



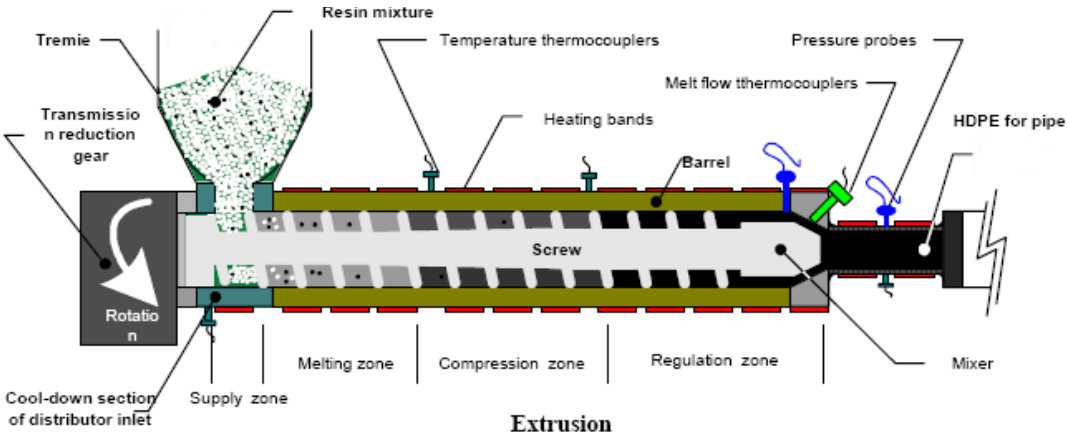
چیدمان یک خط کاروگیت و قسمت های مختلف آن

فرمولاسیون و تهیه مواد اولیه

در تولید لوله های کاروگیت انتخاب گونه مناسب HDPE و فرمولاسیون از اهمیت به سزایی برخوردار است. برای لایه داخلی و بیرونی بایستی از افزودنی مقاوم کننده در برابر فرابنفش مناسبی استفاده نمود.

اکستروژن

در این مرحله مواد اولیه از حالت جامد به شکل یک لوله مذاب تبدیل می گردد. الزامات اکسترودر و تجهیزات بالادست مشابه با خط تولید لوله های تک جداره می باشد. داشتن نمایانگر فشار قبل از دای و نواحی حرارتی مجزا برای کلگی و دای از الزامات تجهیزات تولید می باشد. با افزایش نسبت طول به قطر اکسترودر می بایست تعداد نواحی حرارت دهی روی سیلندر هم افزایش یابد. بدیهی است که هر چه نسبت L/D بیشتر باشد شرایط تولید مناسب تر خواهد بود.

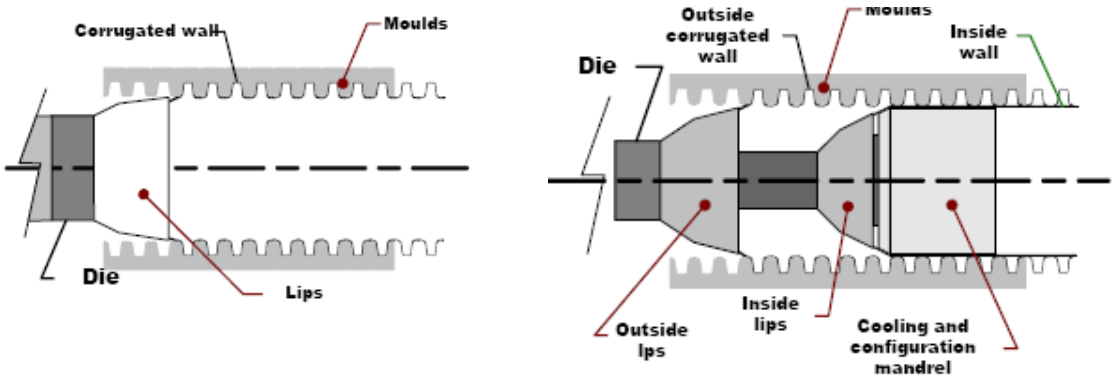


نمایی شماتیک از یک اکسترودر و قسمت های مختلف آن

معمولا از دو اکسترودر برای تولید جداره داخلی و خارجی استفاده می شود. قطر و دبی خروجی هر پیچ باید با سرعت تولید لوله در تعادل باشد. بطور نمونه برای تولید لوله هایی با قطر اسمی بین ۲۰۰ تا ۸۰۰ میلیمتر اکسترودری با قطر ۱۲۰ میلیمتر برای دیواره خارجی و ۹۰ میلیمتر برای جداره داخلی پیشنهاد می گردد.

کلگی و دای

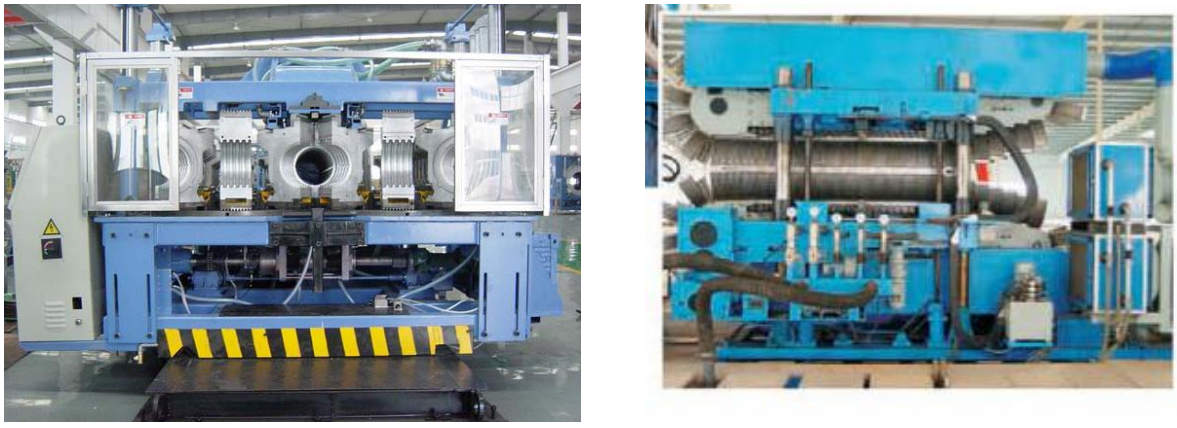
کلگی می تواند از نوع اسپیرال (spiral) یا سبدی (basket) باشد. در کلگی مذاب به شکل آنالوس در می آید. در تولید چنین لوله هایی کلگی به صورت کواکستروژن (Co-Extrusion) استفاده می گردد. بدین ترتیب دو مذاب ورودی وارد یک کلگی شده و شکل می گیرند. سپس مذاب پیش شکل گرفته وارد دو دای درون هم شده و به شکل دو لوله با قطر مشخص تبدیل می شود. برای شکل دهی درون دستگاه کاروگیتور دای دارای یک بخش اضافی به نام مندرل توسعه یافته (extended mandrel) می باشد که لایه داخلی به روی آن حرکت کرده تا جداره خارجی روی آن شکل بگیرد. طول و کنترل دمای این ناحیه جزء معیارهای اساسی تمایز خطوط کاروگیت می باشد. شکل زیر کلگی و دای را برای لوله های تک جداره و دو جداره کاروگیت نشان می دهد.



نمایی از کلگی و دای برای لوله های تک جداره و دو جداره کاروگیت

شکل دهی کاروگیت

دستگاه کاروگیتور متشکل از مجموعه ای از قالب های متحرک است که وظیفه شکل دهی جداره خارجی لوله را بر عهده دارند. قالب ها از سر دای، جداره بیرونی تشکیل شده را در بر گرفته و طی یک مسیر مشخص به آن شکل می دهند و سپس در انتها لوله را رها کرده و به ابتدای خط باز می گردند. جهت قرار گیری قالب های شکل دهنده می تواند عمودی یا افقی باشد که در حال حاضر نمی توان مزیتی برای یکی از آن دو قائل شد. جنس قالب ها به علت وزن سبک و انتقال حرارت خوب معمولاً از آلومینیوم می باشد. هرچه قطر لوله تولید شده بیشتر شود، تعداد قالب های متحرک کمتر می شود. شکل زیر نمای کلی واحد شکل دهی کاروگیت را نشان می دهد. لازم است که لوله بعد از خروج از کاروگیتور به اندازه کافی خنک شده باشد به طوری که بتواند شکل و ابعاد خود را حفظ کند..



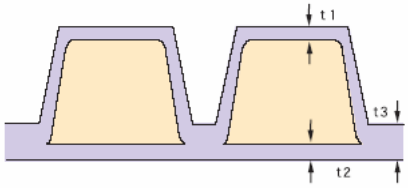
نمای کلی واحد شکل دهی کاروگیت

شکل دهی جداره خارجی

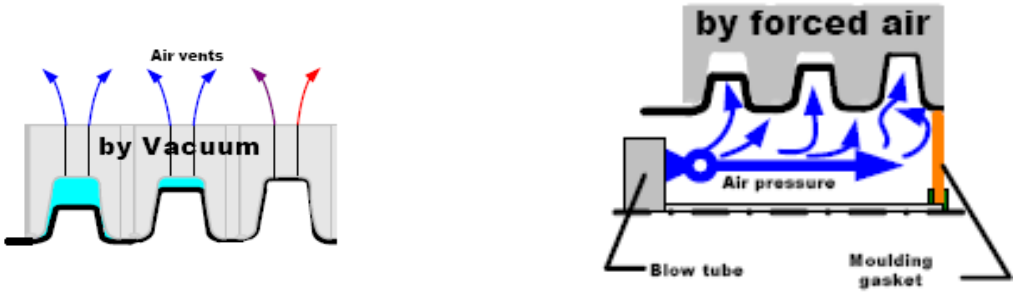
برای شکل دهی جداره خارجی می توان از دو روش استفاده نمود:

۱- فشار مثبت درون لوله و چسباندن جداره مذاب به دیواره قالب
۲- فشار منفی بیرون جداره مذاب و کشیدن آن به سمت قالب

لازم به ذکر است که هر تکنولوژی از روش خاص خود برای شکل دهی جداره خارجی لوله استفاده می کند. در هر صورت معیار تعیین کننده، کیفیت جداره خارجی شکل گرفته می باشد. لازم است که جداره خارجی دارای ضخامت مناسب و یکسان (t_1) در طول لوله باشد. اگر فشار مثبت یا منفی در طول لوله دارای تغییرات شدید باشد ضخامت جداره خارجی در طول لوله تغییر یافته و از این رو مقاومت حلقوی لوله هم تغییر می کند. خلاء زیاد هرچند باعث شکل گیری سریع تر می شود، و لی این خطر را دارد که جداره را بسیار نازک یا حتی سوراخ کند. بنابراین داشتن نمایانگر فشار در دستگاه کاروگیتور و نگهداری یک فشار ثابت در هنگام فرآیند تولید از عوامل مهم در افزایش کیفیت لوله های کاروگیت است.



ابعاد قابل اندازه گیری در لوله های کاروگیت



نحوه اعمال فشار مثبت و منفی جهت شکل دهی جداره خارجی لوله کاروگیت

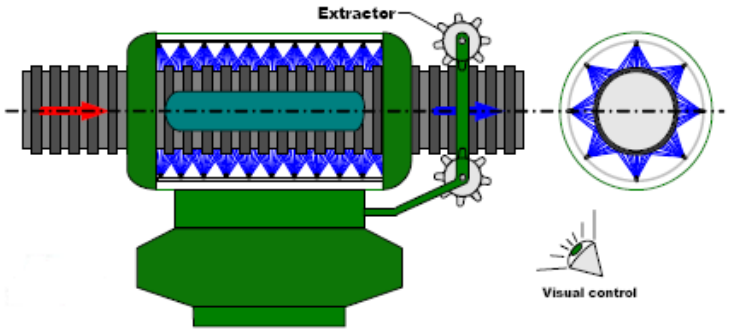
خنک کاری درون قالب ها

شکل دهی و خنک کاری به طور همزمان در قطعات قالب ها انجام می شود. معمولاً خنک کاری توسط هوای خنک یا جریان آب انجام می گیرد که بسته به شرکت سازنده دستگاه متفاوت می باشد. آنچه که به عنوان یک معیار از عملکرد مناسب خنک کاری در نظر گرفته می شود حفظ شکل لوله پس از خروج از قالب ها و همچنین اتصال کامل جداره خارجی و داخلی می

باشد. برای اینکه اتصال جداره خارجی و داخلی به نحو مناسبی صورت پذیرد، نباید اختلاف دمای شدیدی بین آنها وجود داشته باشد بنابراین دمای مندرل خنک کننده (cooling mandrel) که تعیین کننده دمای جداره داخلی لوله است و دمای قطعات قالب ها باید به گونه ای تنظیم شود که اختلاف شدیدی به وجود نیاید. هنگام اتصال دوجداره حداقل دما بالاتر از T_c پلی اتیلن سنگین باشد. در این شرایط بلورینگی همزمان هر دو لایه صورت پذیرفته و اتصالی همگن و محکم تشکیل می گردد. با توجه به اثر خنک کاری بر روی شکل و درصد بلورها و در نتیجه خواص مکانیکی، لازم است جریان هوا یا آب و همچنین دمای آنها به گونه ای تنظیم گردد که بلورینگی یکنواخت و همسانی در طول و محیط لوله تولید شده ایجاد گردد. برای این عمل لازم است که جریان هموا یا آب در نیمه بالایی و پایینی قالب یکسان باشد. این موضوع در خنک کاری با هوا باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

تانک خنک کننده و کالیبراسیون

بهتر است که کاروگیتور به گونه ای ساخته شود که لوله در هنگام خروج از آن کاملاً خنک شده باشد. اما چون این حالت برای لوله های بزرگ یا لوله های کوچک با سرعت تولید بالا بسیار سخت می باشد، یک تانک خنک کننده بعد از کاروگیتور تعبیه می گردد. در این تانک با پاشش شدید آب لوله از همه طرف توسط آب کاملا خنک شده، قطر داخلی و خارجی آن تثبیت می شود. الزامات مربوط به آب خنک کننده لوله های تک جداره در اینجا نیز باید رعایت گردد. بعد از خروج از تانک خنک کننده لوله باید به قدری خنک شده باشد که به آسانی بریده شده و قابل بسته بندی باشد. پاشش آب باید به صورت کاملاً متقارن روی لوله انجام گیرد. شکل زیر نمای تانک خنک کننده را نشان می دهد. کنترل چشمی در همه مراحل تولید الزامی می باشد.



نمای تانک خنک کننده در تولید لوله های کاروگیت

اندازه گیری و برش

کشنده

معمولاً برای لوله های بزرگ بعد از تانک خنک کننده کشنده قرار می گیرد. برخلاف لوله های تک جداره کشنده دارای فک ها متحرک طویل نیست بلکه دارای شکل ساده تر چرخ مانند است که با توجه با ساختار کنگره ای دیواره خارجی لوله را به سمت جلو هدایت می کند. لازم به ذکر است که برای لوله های کوچک خود کاروگیتور هم مثل یک کشنده عمل می کند چون لوله را از ابتدا گرفته و به سمت جلو می کشد. سرعت چرخش قالب ها در کاروگیتور بر ساختار و کیفیت محصول تولیدی اثر گذار است.

اره و برش

لازم است که لوله های فاضلابی در طول استاندارد (معمولا ۶ متری) بریده شوند. توصیه می گردد که لوله های فاضلابی به صورت شاخه ای بسته بندی شوند. با توجه به درجه سفتی حلقوی و ضخامت لوله نوع اره انتخاب می شود. یک برش عمود بر محور لوله بدون پلیسه زیاد معیار ارزیابی عملکرد واحد برش می باشد. معمولاً اگر اره با کاروگیتور تنظیم نباشد ممکن است برشی غیر متقارن ایجاد کند این حالت مخصوصا زمانی که لوله با نر و مادگی در دو انتها تولید شده باشد بسیار اهمیت می یابد.

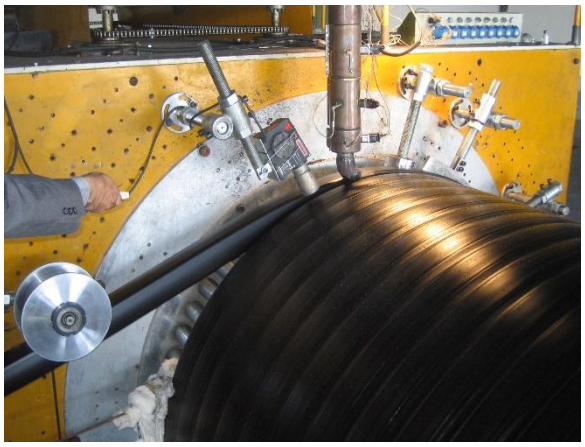
بسته بندی

در انتهای فرآیند تولید، لوله مورد آزمون های کنترل کیفی قرار گرفته و پس از تایید مجوز بسته بندی، حمل و استفاده را دریافت می کند. معمولاً لوله ها در طول استاندارد ۶ متری بسته بندی می شود

تکنولوژی لوله های اسپیرال (Spiral Technology)

این تکنولوژی یکی از ساده ترین روش های تولید لوله های دوجداره می باشد که در آن لوله دو جداره می تواند به صورت پیوسته تولید گردد. در این روش ابتدا یک پروفیل با سطح مقطع مشخص (معمولاً دایره یا بیضی) تهیه شده، سپس به دور یک مندرل سرد پیچیده می شود. هنگام پیچش از یک نوار مذاب جوش که در محل تولید می شود برای اتصال استفاده می شود. بنابراین اجزای تشکیل دهنده خط تولید عبارتند از :

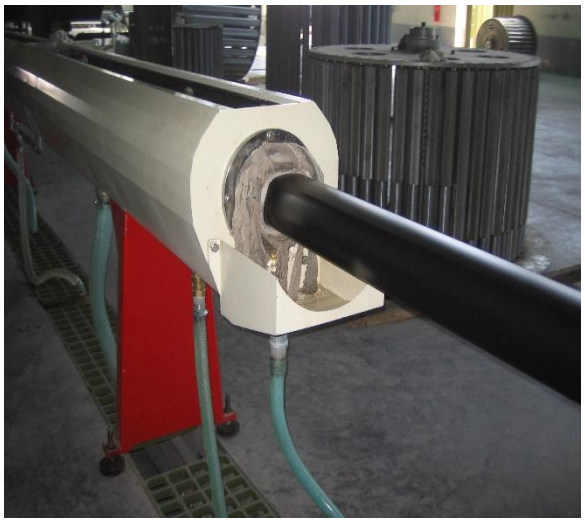
۱- خط تولید پروفیل
۲- مندرل و سیستم چرخش آن
۳- اکسترودر جوش



نمایی از خط تولید لوله های اسپیرال

خط تولید پروفیل

این خط شامل یک اکسترودر تک پیچه و کلیه ملحقات مربوط به تولید لوله های تک جداره می باشد. در این خط یک لوله (پروفیل) با سطح مقطع مشخص تولید شده و با عبور از حمام خنک کننده کاملا سرد شده در نهایت با پیچیدن دور مندرل، لوله دوجداره را شکل می دهد. معیارهای مربوط به تولید لوله های تک جداره در این جا نیز کاملاً صادق می باشد. از مهمترین معیارهایی که در اینجا می بایست کنترل شود، ضخامت مناسب پروفیل و عدم تغییرات شدید آن می باشد. اگر خط توان تولید پروفیلی با ضخامت ثابت در عرض و طول را نداشته باشد، لوله دو جداره نهایی دارای کیفیت نامناسب در نقاط مختلف خود خواهد بود. داشتن سیستم خوراک دهنده گراویمتری روی خط موجب تولید یک پروفیل یکنواخت خواهد شد. شکل پروفیل تولید شده نیز به طور مستقیم بر مقاومت حلقوی لوله نهایی تاثیر گذار می باشد. یکی از مهمترین معیارهای کنترلی در این مرحله دمای نهایی پروفیل است که اگر خیلی پایین باشد باعث عدم جوش خوردگی مناسب می شود و اگر دما بالا باشد لوله هنگام پیچیدن شکل خود را از دست داده و دو جداره بر روی هم می خوابد. از آنجاییکه تولید لوله دو جداره وابسته به تولید این پروفیل می باشد هرگونه نقصی که در هنگام تولید به وجود بیاید مستقیماً وارد لوله دو جداره خواهد شد. ظرفیت اکسترودر تولید پروفیل باید در تناسب با سرعت تولید لوله دو جداره باشد.



نمایی از خط تولید پروفیل

مندرل و سیستم چرخش آن

در این تکنولوژی، مندرل تعیین کننده قطر داخلی لوله دو جداره می باشد. هنگام پیچیدن پروفیل، مندرل باید با یک سرعت مناسب چرخش کند. طول مندرل در این تکنولوژی کوتاه بوده و دمای آن در حد دمای محیط می باشد. سیستم های حرکت دهنده باید به گونه ای باشند که اجازه جوش خوردن دو جداره را با لایه مذاب داده و باعث ایجاد آسیب دیدگی و خراش روی لوله و جداره نشوند. هرچه تعداد مندرل ها بیشتر باشد نشان دهنده تنوع تولید می باشد. هرچه تعداد مندرل های یک اندازه اسمی مشخص در کارخانه بیشتر باشد امتیاز بیشتری در نظر گرفته می شود.

اکسترودر جوش

گلوگاه تولید لوله های دو جداره اسپیرال نحوه جوش خوردن پروفیل تولید شده به هم می باشد. هنگام پیچیدن پروفیل دور مندرل فضای بین دو پروفیل با پلی اتیلن مذاب هم نوع پروفیل پر می شود. برای اینکه یک جوش مستحکم ایجاد شود لازم است که لایه مذاب و دیواره پروفیل با هم بلور شوند. برای این منظور هر دو باید به دمای T_c پلی اتیلن رسیده باشند. واضح است که در ابتدا دمای لایه مذاب کاهش و دمای جداره پروفیل افزایش می یابد. سپس با پاشش آب سرد هر دو با هم خنک می شوند. پس اختلاف دمای مذاب جوش و پروفیل جزء معیارهای مهم ارزیابی می باشد. دمای بسیار زیاد لایه جوش باعث تخریب آن و ایجاد نقاط داغ در لوله می شود در حالیکه دمای پایین آن موجب عدم جوش خوردگی مناسب و نقیصه در لوله می گردد. معمولاً برای تولید لوله هایی با اندازه اسمی بالا لازم است که پروفیل قبل از پیچیده شدن به دور مندرل تا حدی پیش گرم شود. این عمل می تواند با تابش یا جریان هوای گرم انجام پذیرد. داشتن امکانات حرارت دهی مناسب پروفیل نزدیک مندرل جز امتیازات یک خط محسوب می شود. فاصله نازل های پاشش آب خنک کننده روی مندرل از اکسترودر جوش باید به گونه ای باشد که اطمینان حاصل شود هم بلورینگی (Co-crystallinity) اتفاق می افتد. دمای آب خنک کننده باید در محدوده مناسب (۱۸ درجه سانتیگراد) باشد. لازم به ذکر است اکسترودر جوش باید مجهز به سیستم کنترل دما و نمایانگر

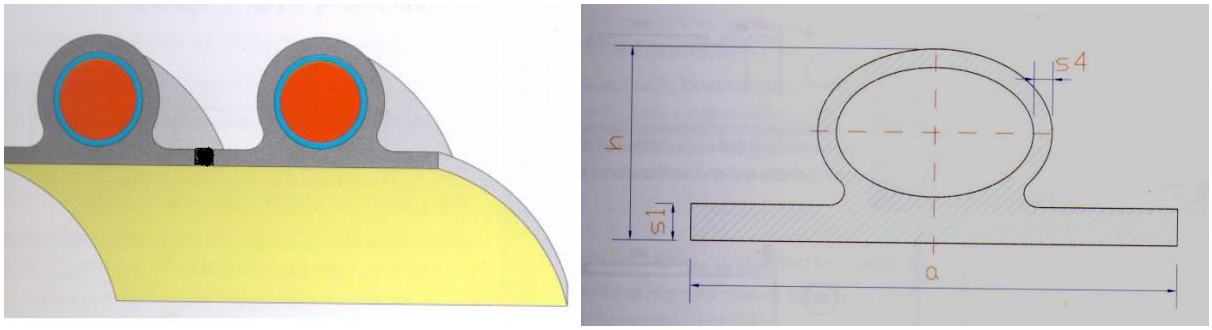
فشار باشد. همچنین توان تولید مقدار مناسب مذاب برای لوله های مختلف را داشته باشد. ضخامت جوش باید حتماً بیش از ضخامت جداره پروفیل تولید شده اولیه باشد.

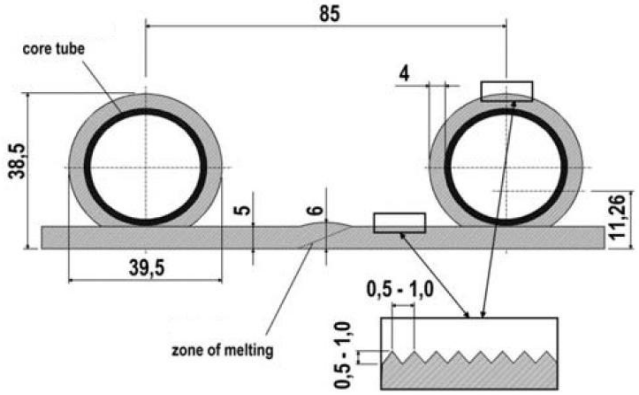
تکنولوژی لوله های تیوب هسته داخلی (Core tube Technology)

این روش یکی از کاراترین روش های تولید لوله های با دیواره ساختمند می باشد. این تکنولوژی خود به دو دسته تقسیم می شود:

۱- روش اول: تولید یک پروفایل اومگا شکل و پیچیدن آن در حالت مذاب به دور مندرل.
۲- روش دوم: تولید یک نوار و یک تیوب و پیچیدن همزمان آنها در حالت مذاب به دور مندرل.

الزامات و تجهیزات هر دو روش تا حد بسیاری مشابه با هم می باشد. در روش اول محل هایی که دو سر اومگا متصل می شوند خط جوش لوله را تشکیل می دهد که می تواند از نقاط آسیب پذیر آن باشد. شکل زیر ساختار اومگا را نشان می دهد.

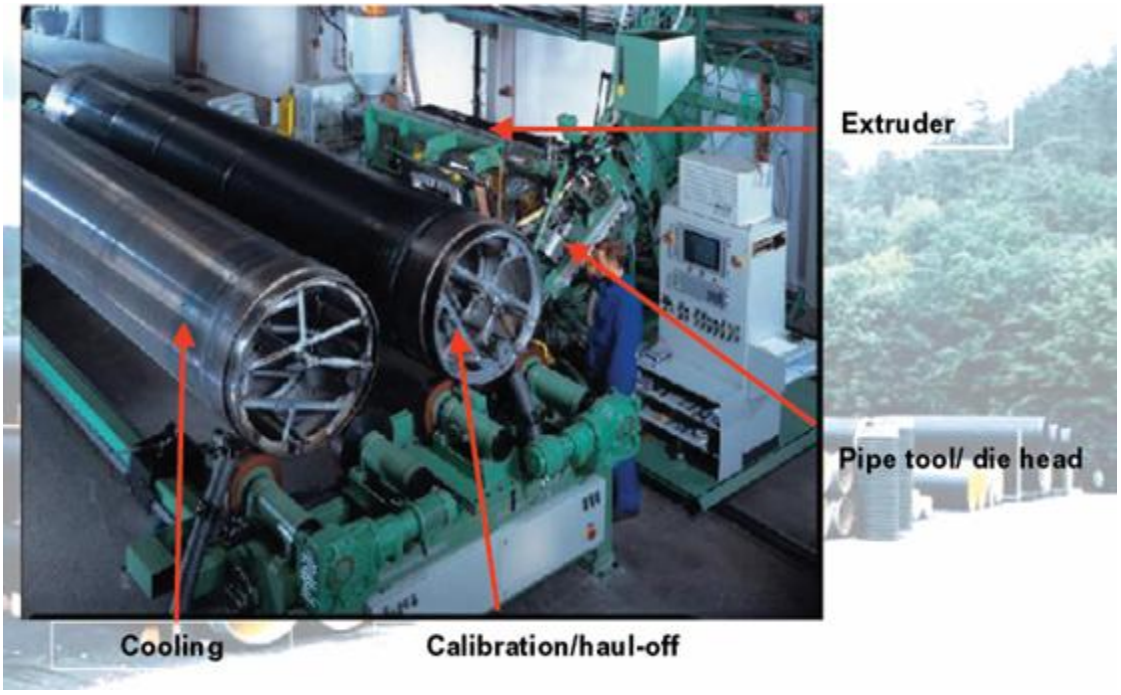




ساختار اومگا در لوله های Core tube

اما در روش دوم با استفاده از دو دای به طور همزمان یک نوار مذاب (تشکیل دهنده دیواره داخلی) و یک تیوب (تشکیل دهنده دیواره خارجی) ایجاد شده که هردو با هم به دور مندرل پیچیده می شوند. در این روش می توان تیوب را روی خط جوش نوارها پیچید و باعث تقویت این محل شد. با تغییرات زاویه پیچش و تغییر ابعاد تیوب تولید شده می توان ساختارهای متفاوتی را تولید نمود. با چند دور پیچیدن تیوب روی مندرل می توان لوله های چند جداره نیز تولید نمود. به طورکلی در این روش لوله به صورت نیمه پیوسته در ابعاد مشخص تولید می شود. شکل زیر نمایی کلی از اجزای خط تولید رانشان می دهد. اجزای یک خط تولید عبارتند از :

۱ – اکسترودر و اجزای پایین دست آن
۲ – دای شکل دهنده
۲-۱- دای نواری
۲-۲- دای تیوب
۲-۳- دای اومگا
۳ – مندرل
٤ – سیستم حرارت دهی مندرل
٥ – سیستم چرخش و حرکت مندرل و مجموعه اکسترودر
٦ – واحد خنک کاری
۷ – واحد جدایش مندرل و پلیسه گیری لوله
۸ – سیستم انتقال دهنده مندرل ها



اجزای مختلف خط تولید لوله های تیوب هسته داخلی (Cure tube)

اکسترودر و پایین دست

در این تکنولوژی مذاب لازم برای شکل دهی جداره داخلی و خارجی توسط یک اکسترودر تامین می گردد. بنابراین لازم است که دبی اکسترودر عاری از نوسان باشد. کلیه الزامات پایین دست و اکسترودر تولید لوله های تک جداره نیز در اینجا صادق است. داشتن سیستم گراویمتری باعث افزایش امتیاز خط می شود.

دای

روش اول: در این روش یک دای با طراحی ویژه یک پروفیل اومگا شکل را از مذاب پلی اتیلن تولید می کند. این اومگا می تواند حول یک تیوب که از قبل تولید شده تشکیل گردد. کیفیت تولید این پروفیل (عدم ناهمگونی سطح داخلی، عدم تغیرات شدید ضخامت، چسبندگی به تیوب داخلی، دمای مناسب، و عدم وجود هوای حبس شده) تعیین کننده مقاومت نهایی لوله با دیواره ساختمند می باشد. لازم است که ناحیه حرارتی دای مجزا از اکسترودر بوده و دای در فواصل زمانی مشخص تمیز شود.

روش دوم: در این روش مذاب خروجی از اکسترودر در انتها به دو بخش تقسیم می شود. بخش اول با عبور از یک دای نواری به شکل یک صفحه با ضخامت مشخص تولید می گردد که جداره داخلی را تشکیل می دهد. بخش دوم با عبور از یک دای لوله به شکل یک یک لوله با قطر مشخص تولید شده که با پیچیدن به روی دیواره داخلی ساختار خارجی لوله را شکل می دهد. اگر لوله به دور یک تیوب (یک لوله تک جداره کاروگیت) که از قبل تولید شده شکل بگیرد (همانند پوشش دهی سیم وکابل) لوله تولید شده اصطلاحاً Core tube نامیده می شود.

معمولا برای کنترل کیفی بهتر پیشنهاد می شود که لایه داخلی از یک رنگ روشن برخوردار باشد. برای این منظور معمولاً از یک اکسترودر کوچک که لایه رنگی داخلی را تولید می کند همراه با دای نواری استفاده می شود. در این حالت در دای نواری دو لایه رنگی و سیاه با هم کواکسترود می شوند. طراحی دای نواری باید به گونه ای باشد که امکان کنترل ضخامت جداره داخلی به آسانی میسر باشد. با افزایش قطر اسمی لوله و رده مقاومت حلقوی ضخامت جداره داخلی نیز افزایش می یابد.

ساختار یک لوله تیوب هسته داخلی (Cure tube)

مندرل

مندرل یک استوانه فلزی است که قابلیت جمع شدگی از یک قطاع را دارد که معمولاً از فلزات خاص و مقاوم در برار شوک حرارتی و خش ساخته می شود. در حین تولید، مندرل حرارت دیده و پروفیل مذاب به دور آن پیچیده می شود. قطر و طول مندرل تعیین کننده قطر داخلی و طول لوله می باشد. مندرل ها معمولاً در طول استاندارد ۶ متر ساخته می شوند. هرچه تعداد مندرل های مربوط به یک سایز بیشتر باشد، خط از امتیاز بالاتری برخوردار می باشد. مندرل به روی چرخنده های پوشش داده شده با پلی یورتان می چرخد. سرعت چرخش میزان کشیدگی مواد و آرایش یافتگی زنجیرها را حین پیچش به دور مندرل تعیین می کند. همچنین مندرل می بایست دارای یک حرکت محوری نسبت به اکسترودر باشد که این عمل با حرکت مجموعه اکسترودر بر یک ریل تامین می گردد.

لازم است که سطح مندرل در مقابل خوردگی و خش مقاوم باشد. از آنجا که کیفیت سطح مندرل به سطح داخلی لوله منتقل می شود لازم است که زبری نسبی سطح مندرل حداقل باشد. افزایش زبری باعث افزایش ضریب اصطکاک، افزایش افت فشار سیال، ته نشینی مواد جامد همراه و در نهایت انسداد مسیر حرکت می شود. بنابراین تعداد، جنس و کیفیت سطح مندرل ها معیارهای امتیاز آور یک خط در نظر گرفته می شود.

سیستم حرارت دهی مندرل

در فرایند تولید جداره داخلی بر سطح مندرل پیچیده می شود برای این عمل لازم است که مندرل دارای یک حداقل درجه حرارت باشد. مندرل سرد باعث جامد شدن سریع جداره داخلی و عدم جوش خوردگی مناسب با دیواره خارجی می گردد.

حرارت دهی سطح مندرل با دو مکانیسم متفاوت انجام می شود: انتقال حرارت همرفت (convection) با استفاده از شعله مستقیم گاز و انتقال حرارت تابش (radiation). با توجه به منابع عظیم گاز در داخل کشور استفاده از شعله مستقیم گاز اولویت دارد. در این شیوه سطح مندرل توسط ۲ تا ۴ مشعل حرارت می بیند. گرم شدن یکنواخت سطح و عدم ایجاد نقاط داغ بر سطح مندرل جزء نکات کلیدی تولید محسوب می شود. این موضوع با تنظیم فاصله مشعل ها با سطح مندرل، سرعت چرخش مندرل، تعداد مشعل ها با توجه به قطر مندرل و دبی گاز و هوای ورودی به مشعل تنظیم می گردد. در هر حال لازم است دمای سطح مندرل در یک محدوده مشخص به طور یکنواخت حین فرآیند تولید نگهداری شود. اگر در سطح مندرل نقاط داغ

ایجاد شود در حالت شدید باعث سوختن محلی لوله و کاهش شدید مقاومت و کیفیت محصول می گردد. دمای سطح مندرل حین تولید مرتباً می بایست با دماسنج مناسب (دماسنج تشعشعی) اندازه گرفته شده و در دفتر تولید ثبت گردد.

سیستم های حرکت دهنده

تولید چنین لوله هایی نیازمند دو نوع حرکت می باشد: اول حرکت چرخشی مندرل که باعث پیچیده شدن مذاب به دور آن می شود. دوم، حرکت نسبی محوری مندرل و اکسترودر که باعث پیچیده شدن مذاب در طول مندرل می شود. با تنظیم و تغییر این دو سرعت و زاویه پیچش شکل نهایی لوله دو جداره تغییر می کند بدون اینکه اندازه اسمی لوله تغییر یابد. سیستم های ایجاد کننده این دو نوع حرکت می بایست قابلیت ایجاد سرعت های متفاوت را داشته و در طول فرآیند یک سرعت یکنواخت ایجاد کنند.

واحد خنک کاری

بعد از اتمام پیچیدن مذاب به دور مندرل، لوله می بایست خنک شده تا شکل دائمی خود را به دست آورد. برای این منظور مندرل به همراه لوله دور آن، به واحد خنک کاری منتقل می شود. در این مرحله با استفاده از دمنده های هوای خنک، لوله تا دمای مناسب خنک می گردد. ایجاد جریان منظم هوا در طول مندرل و در نظر گرفتن خنک کاری جداره داخلی جز نکات ضروری تولید می باشد. هوای داغ برخواسته از سطح لوله باید به آسانی به سمت بالا جریان یافته و بتواند از محیط تولید خارج گردد. بیرون و درون لوله باید همزمان خنک شوند.

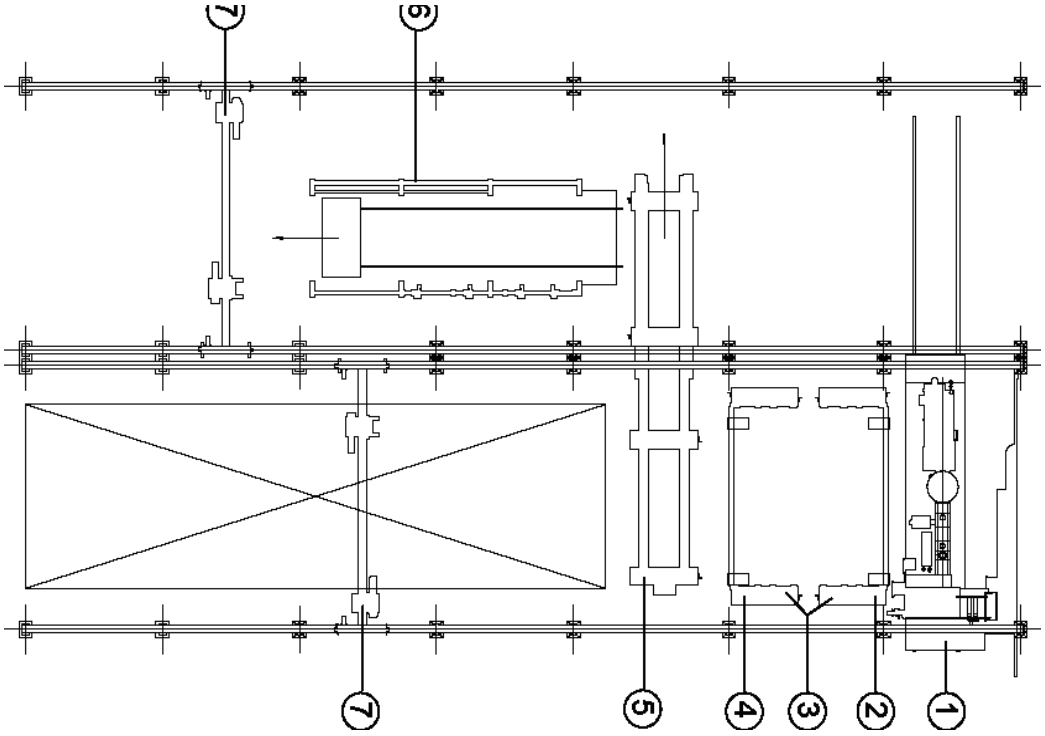
واحد جدایش مندرل و پلیسه گیری

بعد از خنک شدن، لوله به این واحد منتقل می شود. در این واحد مندرل از یک قطعاع به داخل جمع شده و لوله به صورت اتوماتیک از آن خارج می شود. در نهایت لوله توسط اپراتور مربوطه بازبینی شده و دو انتهای آن در صورت لزوم پلیسه گیری می شود. در هنگام کار با مندرل ها باید از وارد آمدن هرگونه آسیبی به آنها جلوگیری شود.

سیستم انتقال دهنده

با توجه به فرآیند نیمه پیوسته تولید در این تکنولوژی لازم است که مندرل و لوله مرتباً به واحدهای بعدی انتقال داده شوند. برای این منظور می بایست از یک سیستم انتقال دهنده سقفی استفاده شود که توان جابجایی همه اندازه های مندرل را داشته باشد. معمولا مندرل ها در انتهای فرآیند تولید به ابتدای خط منتقل می شوند.

شکل زیر نمای شماتیک چیدمان خط تولید را نشان می دهد.



۱- واحد اکسترودر (Extrusion Unit)

۲- واحد تولید (Production Station)

۳- واحد خنک کاری (Cooling Station)

۴- واحد غلطک و برش (Milling and Cutting Station)

۵- واحد جدایی (Dismantling Station)

۶- واحد پرداخت نهایی (Finishing Station)

۷- سیستم انتقال مندرل (Mandrel Transport System)

نمای شماتیک چیدمان خط تولید لوله تیوب هسته داخلی (Cure tube)

مقایسه لوله های مورد استفاده در جمع آوری فاضلاب ها

مقدمه

بخشی از فرایند جهانی حفاظت از محیط زیست و دستیابی به توسعه پایدار، در حفاظت از منابع آب و خاک با استفادهٔ بهینه از آنها و انتقال و تصفیه پسابهای شهری، روستایی و خصوصاً صنعتی تبلور مییابد و یکی از مهمترین چالشهای فراروی این فرایند، استفاده از مناسبترین خطوط انتقال به لحاظ فنی، تکنولوژیکی، اقتصادی و زیست محیطی است .گزینش نامناسب لوله علاوه بر اخلال در عملکرد صحیح سیستم و احیاناً آلودگی محیط زیست بار مالی هنگفتی را جهت تعمیر، جایگزینی و یا نگهداری خطوط لوله بر هزینههای جاری متداول،

تحمیل مینماید .عوامل متعددی در انتخاب و تعیین مشخصات لولهها و جنس آنها باید در نظر گرفته شود. یک سازۀ مهندسی به همان اندازه به جنس زمین بستگی دارد به مواد فرآورده شده نیز وابسته است

انواع لوله های مورد استفاده

لوله های سفالی

استفاده از لوله های رسی دارای یک تاریخ پنج هزار ساله است. البته تغییرات مهمی در روش تولید و همچنین نوع رس بکار رفته، بوجود آمده است که این تغییرات به نوبه خود بر ویژگیهای لوله تولید شده تأثیر میگذارد. در گذشته سطح لولۀ رسی را با لعاب می پوشاندند ولی امروزه لوله های مدرن اغلب بدون لعاب هستند. لوله های سفالی در مقایسه با دیگر لوله های فاضلابی از خصوصیات منحصر به فردی از لحاظ فنی و هیدرولیکی برخوردارند و یکی از بهترین لوله ها برای هدایت فاضلاب شناخته شده اند. ساختن آنها بدین صورت انجام میگیرد که مانند ظرفهای سفالی، گل بدست آمده از خاک رس را توسط دستگاههای اکسترودر به شکل لوله مورد نظر در میآورده و در کوره هایی حرارت میدهند. ذرات و جسم یکپارچه سنگ مانندی بوجود میآید. مقاومت فوق العادۀ این لوله ها در برابر مواد و اسیدهای خورنده فاضلاب، نفوذپذیری پایین این لوله ها در برابر آب، سطح صاف با ضریب زبری بسیار کم حتی کمتر از لوله های پلاستیکی، مقاومت استاتیکی خوب، سازگار

بودن با محیط زیست و ارزان و در دسترس بودن مواد اولیهٔ آن یعنی خاک رس را میتوان از مزایای ویژهٔ این نوع لوله ها برشمرد. یکی از عیوب این لوله ها، شکنندگی و سنگینی آنها در ترابری میباشد که از این حیث در ردهٔ لوله های بتنی و آزبست قرار میگیرد. در گذشته آسیب پذیری آنها در هنگام زلزله، دیگر ضعف این لوله ها محسوب میشد که امروزه با استفاده از اتصال های لاستیکی برای اقطار پایین توانسته اند حالتی منعطف را در طول این لوله ها ایجاد نمایند. در اقطار بالا، پیوند این لوله ها معمولاً به صورت نری و مادگی و با کمک حلقه های لاستیکی انجام میگیرد که این نوع اتصالات نیز از نظر قابلیت انعطافپذیری، شبکه را در برابر نیروهای جانبی محافظت می نماید. چنانچه نمونه ای از این لوله ها که در شبکه فاضلاب شهر تاکاساگو ایالت کوبه ژاپن بکار گرفته شده بود، پس از زلزلهٔ ۵/۶ریشتری سال ،۱۹۹۵هیچگونه شکست یا نشت پس از زلزله در آن گزارش نشد .در ایران علیرغم وجود منابع اصلی مواد اولیهٔ آن یعنی خاک رس مناسب و هزینهٔ بسیار پایین تهیه مواد اولیه بر خلاف دیگر لوله ها، به دلیل عدم تکنولوژی تولید در داخل کشور، نیاز به واردات آن از کشورهای دیگر بوده و به همین دلیل قیمت تمام شدهٔ آن در مقایسه با دیگر لوله های تولید شده در داخل، بیشتر میباشد و این امر استفاده از آنرا به لحاظ اقتصادی با تمام مزایای فنی ذکر شده، توجیه ناپذیر میکند.

لوله های چدنی

لوله های چدنی از قدیمیترین انواع لوله است که در صنعت آب و فاضلاب استفاده شده است. چدن آلیاژی از آهن است که دارای بیش از ۷/۱درصد کربن بوده و به علت داشتن گرافیت آزاد، به رنگ خاکستری است. ساخت آن به دو روش ریخته گری در قالب های ماسه ای و به روش گریز از مرکز انجام می گیرد که البته به دلیل مرغوبیت لوله های ساخته شده به روش گریز از مرکز از نظر مقاومت تنشی و صافی سطوح داخلی، بیشتر از این روش استفاده می شود. مقاومت زیاد آن به لحاظ استاتیکی و مقاومت آن در برابر عوامل خورنده را میتوان از مزایای این لوله ها برشمرد لیکن سنگینی و هزینهٔ حمل و نقل و قیمت بالای آن باعث شده است که برای لوله های فاضلاب شهری کمتر مورد توجه قرار گیرد و استفاده از آن فقط در شبکه درونی ساختمانها به علت مقاومت استاتیکی زیاد آن، محدود گردد. در شبکه فاضلاب شهری تنها در حالتهایی که بخواهند فاضلاب را با تحت فشار از جایی به جای دیگر انتقال دهند ممکن است کاربرد لوله های چدنی و حتی لوله های چدن نشکن توجیه پذیر باشد.

لوله های چدن نشکن

در این لوله ها با استفاده از مقداری منیزیم و کاهش گوگرد و فسفر و همچنین گرانول کردن آهن، تغییراتی در خواص چدن پدید میآید که معایب لوله های چدن معمولی را نداشته، و علاوه بر انعطاف بیشتر، در مقابل خوردگی مقاومتر هستند. لوله های چدن نشکن (داکتیل) حدوداً از سال ۱۹۴۰ تولید شده است و بر اساس استاندارد ملی امریکا، لوله های داکتیل در هفت کلاس ساخته میشود که برای شرایط مختلف فشارهای داخلی و خارجی مناسب میباشد .این لوله ها دارای سایزهای ۸۰ تا ۱۰۰۰ میلیمتر میباشند. این لوله ها در خاکهای نسبتاً خورنده نیاز به حفاظت خارجی دارد که به این منظور بیشتر از پوششهای قیری استفاده میشود. برای حفاظت داخلی آن نیز معمولاً ملات سیمان پرتلند بکار میرود. اتصالات لوله به لوله در لوله های چدن نشکن بسیار متنوع بوده و شامل فلنجی، پیچ و مهرهای، حلقوی و غیره میباشد.

برای استفاده از لوله های چدننشکن، به ویژه در ایستگاههای پمپاژ که در آنها سیستم لوله کشی در چاهک در معرض هوا قرار میگیرد، باید از پوششهای ضد خوردگی با کیفیت بالا استفاده گردد

لوله های فولادی

لوله های فولادی نیز در صنعت آب و فاضلاب کاربرد زیادی دارند. این لوله ها در سایزهای بزرگتر از شش اینچ ساخته میشوند. از مزایای مهم لوله های فولادی، تحمل فشار زیاد آنها میباشد. این لوله ها در سایزهای بالا دارای ضخامت زیادی نبوده و برای خطوط انتقال با قطرهای بزرگ، بسیار مناسب است .لوله های فولادی بدون پوشش خارجی در خاک مقاومت کمتری در برابر خوردگی دارند و به سرعت خورده میشوند. لذا استفاده از پوشش یا حفاظت کاتدی برای این لوله ها الزامی است. اتصالات بین لوله ها به وسیله جوش یا پرچ و یا اتصالات مخصوص مانند اتصال جانسون انجام میگیرد. عمر لوله های فولادی پوشش داده شده تا ۴۰ سال میرسد. برای پوشش خارجی و داخلی این لوله ها از ملات سیمان و پوشش های آلی استفاده میشود. لوله های فولادی ضد زنگ نوع دیگری از لوله های فولادی هستند که دارای پوششی بسیار با دوام و جدا نشدنی از اکسید کروم به ضخامت چند آنگستروم میباشند. این پوشش، فولاد را درمقابل عوامل خوردگی فاضلاب و هوا حفاظت میکند. همچنین زمانیکه این پوشش مورد آسیب و صدمه قرار میگیرد، قسمت صدمه دیده را میتوان سریعاً ترمیم نمود. به طور کلی، استفاده از لوله های فولادی در کارهای فاضلابی، به موارد ویژهای محدود میگردد.

لوله های آزبست سیمان

ساخت و مصرف این لوله ها تقریباً از سال ۱۹۱۳میلادی در ایتالیا شروع شد. این لوله ها از ۱۵-۱۰ درصد وزنی الیاف آزبست (پنبه کوهی) یا پنبه نسوز، ۹۰-۸۵ درصد سیمان و ماده هیدروکسی سیلیکات منیزیوم ساخته میشوند. لازم به ذکر است، مخلوط الیاف آزبست (که به صورت فیبر با رشتههای بسیار نازک بوده و ضخامت آنها در حدود میکرون میباشد) با سیمان پرتلند، مواد اصلی سازنده با تراکم زیاد را حاصل مینمایند. چگونگی ساخت آنها بدین ترتیب است که بدون استفاده از مواد چسبنده و با فشار زیاد، الیاف آزبست را با سیمان و آب مخلوط کرده و خمیر بدست آمده را با کمک نورد به لایه های نازک آزبست تبدیل میکنند. ضخامت قشر را که حدود ۲ میلیمتر است مرتباً زیاد کرده تا ضخامت لوله به حد استاندارد برسد. پس از آن قالبها را باز کرده و لوله ها را در حوضچه های آب قرار میدهند تا لوله ها محکم گردند. سپس آنها را در هوای آزاد میگذراند تا مقاومت لوله به حد کافی برسد. بدین ترتیب مدت زمان ساخت یک لوله آزبست سیمان، نزدیک به یک ماه میرسد. در لوله هائی با قطر ۵۰۰-۵۰ میلیمتر ضخامت دیواره درونی لوله های فوق، صاف و در نتیجه از نظر هیدرولیکی بر لوله های بتنی برتری دارند. در لوله های آزبست سیمان، تغییر درجه حرارت، مشکلی ایجاد ننموده و در برابر متورم شدن و پوسته پوسته شدن مقاوم میباشند .لوله های آزبست سیمانی همانند لوله های بتنی در معرض اسید، دچار خوردگی میگردند و بر خلاف لوله های بتنی، استفاده از پوششهای پلاستیکی در مورد لوله های آزبست سیمان، به سهولت امکانپذیر نمیباشد. چرا که وجود فیبرهای آزبست، اتصال مناسب ورقه های پلاستیکی را به دیوارۀ لوله، با دشواری روبرو میسازد. پوشش های اپوکسی نیز به عنوان ماده ضد خوردگی، مورد استفاده قرار گرفت هاند ولی به دلیل تولید حرارت در واکنشهای گرماز و انبساط حباب های هوای موجود در خلل و فرج سیمان

قسمتی از پوشش جدا شده و لوله در معرض اسید، قرار خواهد گرفت. جهت استفاده از این لوله ها در شبکهٔ فاضلاب، استفاده از سیمان ضدسولفات مانند لوله های بتنی لازم بوده که تنها بر عمر آنها می افزایند. برای جلوگیری از خورندگی آبهای زیرزمینی قیراندود کردن جدار این لوله ها کافیست.

لوله های بتنی

لوله های بتنی (مسلح و غیرمسلح) تنها در فاضلاب روهای ثقلی، مورد استفاده قرار میگیرند زیرا مقاومت آنها در تحمل فشارهای درونی کم میباشد. در ایران لوله های بتنی با قطر کمتر از ۶۰۰ میلیمتر بصورت غیر مسلح ساخته شده و لوله هایی با اقطار بالاتر مسلح میگردند. از محاسن و معایب این لوله ها میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

محاسن:

- فن آوری بالا و تثبیت شده
- مقاومت حلقوی بسیار بالا
- دسترسی آسان به مواد اولیه و تولید داخلی به میزان کافی
- قابلیت استفاده در عمق های زیاد و امکان استفاده از بسترسازی بتنی جهت بالا بردن مقدار باربری لوله ها.

معایب:

- وزن زیاد
- کم بودن مقاومت در برابر خوردگی شیمیایی فاضلاب ها (نیاز به پوشش داخلی)
- امکان شکستگی برشی و خمشی بویژه در صورت عدم بسترسازی صحیح و انتخاب عرض ترانشه نامناسب
- عدم انعطافپذیری در مقابل حرکتهای زمین
- امکان تولید در طوله ای محدود ۲,۵-۳(متر)
- غیر قابل باز یافت
- هزینه تعمیر بالا و تقریباً غیر ممکن لوله های بتنی بسیار سنگین بوده و هزینه حمل و نقل آنها نسبت به قیمت لوله بالاتر است. بنابراین حمل لوله های بتنی در مسافتهای طولانی (بیش از ۱۰۰تا ۱۵۰کیلومتر)غیر اقتصادی میباشد.

لوله های پلی اتیلن تکجداره

در سال های اخیر استفاده از لوله های پلیاتیلن در شبکه های آب و فاضلاب شهری و خطوط انتقال گاز معمول شده است. همچنین برای پوشش لوله های فاضلابی و نیز نوسازی جدار فاضلاب روهای فرسوده مورد استفاده قرار میگیرد.

بر خلاف لوله های تحت فشار که کلاس لوله بر اساس فشار کاری تعیین و ضخامت آن محاسبه میگردد برای لوله های فاضلابی، ضخامت جدار بر اساس ظرفیت باربری تعیین میگردد. ظرفیت باربری تمامی مجاری زیرزمینی ترکیبی از دو عامل زیر بستگی خواهد داشت :الف) مقاومت ذاتی که به مشخصات هندسی و مکانیکی مصالح بستگی دارد، ب) فشار جانبی موجود در جناحین لوله.

نکتهٔ قابل توجه دیگر آنست که با افزایش فشار کاری لولهٔ تکجداره به دلیل افزایش ضخامت لوله، میبایست از لوله های بزرگتر استفاده کرد. به عنوان مثال برای استفاده از لولهٔ تکجداره ۱۶ بار بجای لولهٔ دوجداره با قطر داخلی ۲۵۰، میبایست از لوله DN۳۵۵ استفاده کرد. زیرا ضخامت این لوله در حدود ۴۸,۵ میلیمتر بوده و قطر داخلی آن در حدود ۲۵۸میلیمتر خواهد شد. وزن این لوله معادل وزن این لوله معادل ۴۵کیلوگرم بر متر بوده که در مقایسه با لولهٔ دوجداره که وزن آن در این کلاس سختی حلقوی معادل ۵کیلوگرم است بسیار بیشتر و غیر قابل توجیه اقتصادی خواهد بود

لوله های دو جدارۀ پلی اتیلن

لوله های پلی اتیلن دوجداره در طبق استاندارد DIN۱۶۹۶۱ (و استاندارد ملی ۹۱۱۶) تولید می گردند که در این استاندارد لوله ها براساس سختی به هفت کلاس طبقه بندی شده اند:

کلاس لوله‌های تولید شده بر اساس سختی حلقوی

کلاس لوله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
حداقل سختی حلقوی S_{R24} KN/m	۲	۴	۸	۱۶	۳۱/۵	۶۳	۱۲۵

طبقه بندی فوق صرفاً بر اساس مقاومت و باربری لوله تحت اثر نیرو های وارده بر آن می باشد که با توجه به اینکه لوله مورد نظر در چه نوع خاک و چه عمقی کار گذاری شده باشد یکی از کلاس های مورد نظر را می تواند داشته باشد.

تکنولوژی تولید لوله های پلیاتیلن دوجداره باعث تحول شگرفی در صنعت این نوع لوله ها گردیده است. لوله های دوجداره به دلیل طرح خاص جداره خارجی و انعطافپذیری این لوله ها، در صورت بستر سازی مناسب و تراکم کافی خاک اطراف و بالای لوله در زمان خاکریزی، از مقاومت مکانیکی کافی در مقابل بارهای ترافیکی و وزن خاک روی آن برخوردار میباشند. به عبارت دیگر لوله های دوجداره در مقایسه با لوله های تک جدارۀ هم قطر خود (با سختی حلقوی یکسان)، وزن به مراتب کمتری دارند. این مسئله بویژه در اقطار بالا تأثیر بسزایی در هزینه های خرید و حمل و نقل خطوط لوله دارد و لذا تمایل به استفاده از لوله های دوجداره پلی اتیلن بسرعت در حال گسترش میباشد.

محاسن و معایب لوله های پلی اتیلن دوجداره را میتوان بصورت زیر خلاصه نمود:
محاسن:

- در مقابل خوردگی مقاوم بوده و به پوشش داخلی و روشهای حفاظتی نیازی ندارد
- در برابر تغییرات درجه حرارت مقاومت قابل ملاحظه ای دارند
- مقاومت جدارۀ داخلی لوله های پلیاتیلن در برابر فرسایش از سایر انواع لوله ها بیشتر است
- وزن سبک
- نصب آنها ساده تر از سایر لوله هاست و به ماشین آلات سنگین نیاز ندارد
- رسوبگذاری دراز مدت در داخل لوله ها، نسبت به سایر لوله ها کمتر است
- طول عمر زیاد (حداقل ۵۰سال)
- انعطافپذیری در جابجایی و رانش زمین و خم پذیری و قابلیت برش
- سیستم اتصال ارزان تر
- قابلیت جوش پلاستیک
- قابلیت تولید در طولهای بلند، ۶ و ۱۲ متر
- قابلیت بازیافت

- قیمت تمام شده کمتر در تحویل پای کار و همچنین هزینه لوله گذاری پایین، جدول زیر هزینه های اجرای لوله های مختلف را در قطرهای هیدرولیکی مختلف بصورت درصد نسبت به لوله های بتنی نشان می دهد:

لوله های فایبرگلاس		لوله های پی وی سی		لوله های پلی اتیلن		لوله های بتنی
درصد قیمت تمام شده نسبت به لوله بتنی	قطر داخلی متناظر	درصد قیمت تمام شده نسبت به لوله بتنی	قطر داخلی متناظر	درصد قیمت تمام شده نسبت به لوله بتنی	قطر داخلی متناظر	قطر داخلی میلیمتر
۴۲/۵۷	۹۰۰	-	۹۰۰	۳۸/۷۹	۹۰۰	۱۰۰۰
۳۶/۱۱	۷۱۰	-	۷۱۰	۳۳/۶۳	۷۱۰	۸۰۰
۴۲/۵۷	۳۵۵	۲۴/۸۸	۳۵۵	۲۸/۳۳	۳۵۵	۴۰۰
۴۹/۰۸	۲۵۰	۲۵/۳۸	۲۵۰	۳۰/۶۲	۲۵۰	۳۰۰

- سبکی وزن این لوله ها باعث می شود نصب و حمل آن ها به سهولت انجام شود و این امر در مواقعی که ضروریات آب و هوا و یا موقعیت محل اجرا نیاز به سرعت بالای نصب دارد از اهمیت بسزایی برخوردار می شود.

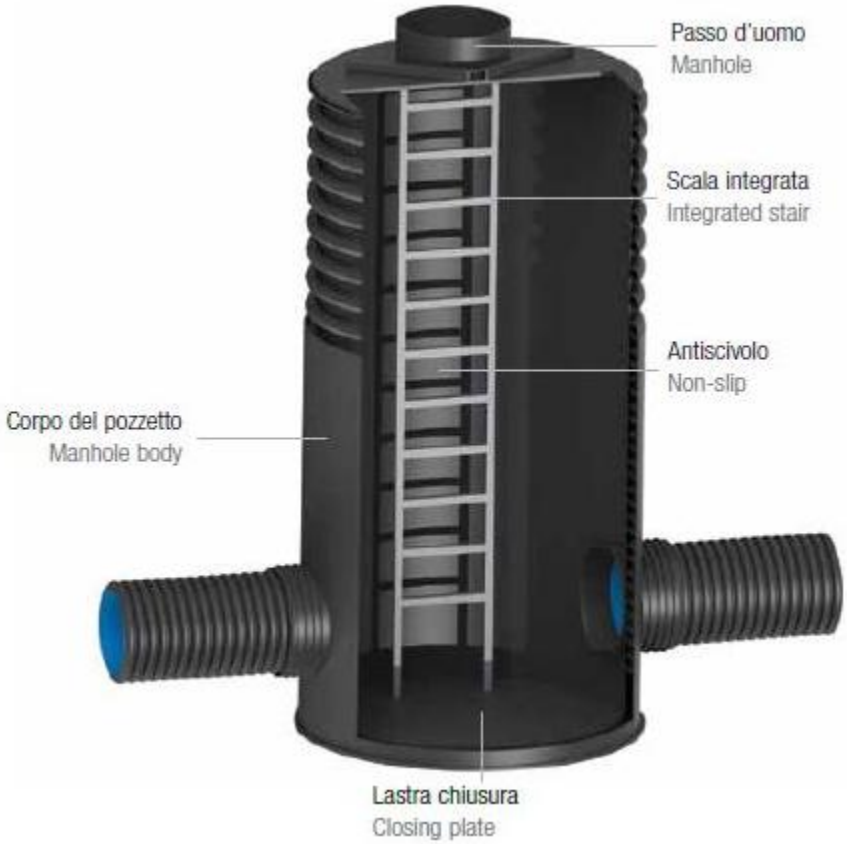
- امکان جوشکاری این لوله ها علاوه بر ایجاد سادگی در اتصال میزان نشت را به صفر می رساند. این امر به خصوص در کاربری جمع آوری فاضلاب ها در محل هایی که سطح تراز آب زیر زمینی پایین تر از سطح لوله است از نشت فاضلاب به آب های زیر زمینی جلوگیری می کند.

- عمر مفید لوله های پلی اتیلنی با توجه به مقاومت آن ها در برابر فاضلاب بسیار بالاتر از لوله های بتنی، آزبست سیمانی و فولادی است.
- انعطاف پذیری بالای این لوله ها موجب کاربری آسان آن ها در انواع بافت های خاکی و انواع کانال ها با استفاده از حداقل اتصالات می شود. این امر موجب برتری های اقتصادی و سهولت در کنترل شیب می شود.
- مقاومت مطلوب در برابر بارهای خارجی با رعایت بستر سازی مناسب و متناسب با مقاومت حلقوی لوله
- با توجه به سبکب و سهولت نصب این لوله ها عرض ترانشه به حداقل مقدار می رسد و هزینه های حفاری و حمل خاک های حفر حداقل می شود.
- اتصالات متنوع (کوپلر و واشر، لوله ساکت دار، کمربند و واشر، جوش اکستروژن و الکتروفیوژن،
- زبری کم این لوله ها و جداره صاف آن ها این نوع لوله ها قطرهای کمتری نسبت به لوله های بتنی، آزبست سیمانی و فولادی دارند و این امر قیمت تمام شده را کاهش داده و عملیات شستشو را سهل تر

می نماید. جدول زیر مقایسه بازده هیدرولیکی بین لوله های مختلف را در سایزهای متنوع نشان می دهد.

لوله های فایبر گلاس		لوله های پی وی سی		لوله های پلی اتیلن				لوله های بتنی	
				اسپیرال		کاروگیت			
دبی مقطع پر لیتر در ثانیه	طر داخلی میلی متر	دبی مقطع پر لیتر در ثانیه	طر داخلی میلی متر	دبی مقطع پر لیتر در ثانیه	طر داخلی میلی متر	دبی مقطع پر لیتر در ثانیه	طر داخلی میلی متر	دبی مقطع پر لیتر در ثانیه	طر داخلی میلی متر
۲/۲۷	۹۰۰	–	–	۲/۰۶	۹۰۰	۲/۵۲	۹۰۰	۲/۳۱	۱۰۰۰
۱/۱۶	۷۰۰	–	–	۱/۱۰	۷۱۰	۱/۳۴	۷۱۰	۱/۲۷	۸۰۰
۰/۱۸	۳۵۰	۰/۲۲	۳۵۵	۰/۱۷	۳۵۵	۰/۲۱	۳۵۵	۰/۲۰	۴۰۰
۰/۰۷	۲۵۰	۰/۰۹	۲۵۰	۰/۰۷	۲۵۰	۰/۰۸	۲۵۰	۰/۰۹	۳۰۰

- امکان ساخت آدم رو ها با استفاده از این لوله ها با هزینه کم و دوام بالا مهیا است.



- تحت تاثیر حرکات زمین شکسته نمی شوند.
- به جهت انعطاف و وزن پایین می توان عملیات اتصال لوله ها را در بیرون از ترانشه انجام داد و سپس لوله گذاری انجام داد. این امر موجب تسهیل در فرآیند اتصال دهی می شود.

معایب:

- در صورت عدم متجانس بودن دو لوله، اتصال آنها به روش جوش مشکل میباشد
- نیاز به دقت کافی جهت بستر سازی، پرکردن اطراف و بالای این لوله ها میباشد
- نگهداری لوله ها در فضای آزاد و زیر نور مستقیم آفتاب در دراز مدت امکانپذیر نیست
- ضمناً برای لوله های پلاستیکی بدلیل انعطافپذیری آنها بسترسازی بتنی توصیه نشده است.
- تخریب در اثر تابش نور فرابنفش است که ضروری است برای جلوگیری از این امر در فرمولاسیون آن ها افزودنی های ضد فرابنفش استفاده شود. همچنین امکان جویده شدن توسط حیوانات موذی وجود دارد که به ندرت اتفاق افتاده و با تمهیداتی چون پوشش اطراف لوله در این مقاطع با مصالح آهکی قابل پیشگیری است.

لوله های GRP (Glass Reinforcement Pipe)

تولید لوله های GRP که مبتنی بر استفاده از ترکیبات مختلف فیبر، شیشه، رزین و ماسه میباشد، از سال ۱۹۵۵ آغاز شده است. ساخت این لوله ها براساس فرایند پیشرفته الیاف پیچی به روش پیوسته می باشد. این فرایند امکان استفاده از الیاف پیوسته شیشه را در پیرامون لوله به همراه الیاف بریده شده ناپیوسته کهدر جهت مختلف در ترکیب لوله قرار میگیرند، فراهم می آورد.

بکارگیری الیاف پیوسته در این جهت باعث افزایش استحکام لوله وکاهش هزینه تولید آن میگردد لذا لوله های تحت فشار مدفون، فشار را در جهت محیط پیرامون به خوبی تحمل خواهند کرد. در این روش از سه نوع مواد اولیه اصلی جهت ایجاد لای های فشرده با حداکثر کارایی استفاده می شود. علاوه بر رزین، الیاف شیشهای پیوسته و الیاف بریده شده با هم برای ایجاد استحکام حلقوی بالا و تقویت استحکام محوری بکار میروند. سیلیس نیز برای افزایش سفتی لوله در نزدیکی محور خنثی بکار میرود. استفاده از دو محل ریزش رزین، امکان داشتن یک لایه داخلی رزین خاص با مقاومت بسیار بالا را برای مقابله با خوردگی شدید، فراهم میکند. در قطرهای زیر ۳۰۰ میلیمتر فرایند تولید مشابه، لیکن به روش ناپیوسته میباشد. محاسن و معایب لوله های GRP را میتوان بصورت زیر خلاصه کرد.

محاسن :

- امکان تولید لوله ها با استفاده از انواع رزینها مانند پلی استری، وینیل استری و ... جهت ساخت مادۀ مرکب مناسب به منظور رسیدن به خصوصیات مورد نظر در کاربرد های مختلف مانند مقاومت در برابر مواد شیمیائی و خورنده، درجه حرارت و شرایط کاری سیال
- تولید در اقطار ۱۰۰ تا ۲۴۰۰ میلیمتر تا فشار کاری ۳۲ بار
- مقاومت در برابر خلاء کامل
- حداقل طول عمر ۵۰ سال
- مقاومت در برابر خورندگی و عدم نیاز به پوشش داخلی و خارجی
- قابلیت تولید در طول های بلند ۶ تا ۱۲ متر
- مقاومت مکانیکی خوب و جذب نیروهای وارده در اثر ضربه به علت دارا بودن خاصیت ارتجاعی
- صافی سطحی داخلی لوله و در نتیجه افت فشار کمتر نسبت به برخی از لوله ها
- سبکی وزن و نصب سریعتر
- استفاده از کوپلینگ دو واشره جهت اتصال لوله ها به یکدیگر و امکان استفاده از فلنج فایبرگلاس جهت اتصال به انواع دیگر لوله ها
- امکان نصب زیرزمینی لوله ها تا حداکثر عمق ۱۶ متر

معایب:

- مقاومت ضربه ای آنها در مقایسه با لوله های صلب نظیر بتنی کمتر است
- در صورت بالا بودن سطح آب زیرزمینی و کم بودن وزن خاک روی آن امکان شناور شدن آنها در زمان تخلیه وجود دارد

- با توجه به محدود بودن تولید داخلی به دو شرکت امکان ایجاد رقابت اقتصادی بین تولید کنندگان و تهیه ارزانتر، وجود ندارد
- هزینه نصب بالا نسبت به لوله های دو جداره پلی اتیلنی

مقایسه فنی لوله ها

به لحاظ مقاومت لوله ها نسبت به عوامل خورندۀ موجود در فاضلاب، بجز لوله های بتنی بدون پوشش داخلی و لوله های آزبست، بقیه لوله ها از جمله لوله های سفالی، GRP و پلی اتیلن مقاومت خوبی در برابر خوردگی، اسیدهای فاضلابی، مواد شیمیائی و . . . داشته و از این حیث طول عمر این لوله ها به مراتب بیشتر از لوله های بتنی و آزبست خواهد بود. لازم به ذکر است استفاده از لوله های بتنی یا آزبست با پوشش داخلی میتواند مشکل این لوله ها را از این لحاظ حل نماید که این امکان نیز در اقطار بالای ۵۰۰ امکانپذیر است. همچنین در بحث مواد خورنده فاضلابی که در فاضلاب صنعتی بیشتر با عنوان مواد اسیدی یا بازی با آن روبرو هستیم، میبایست از لوله های مقاوم استفاده نمود.

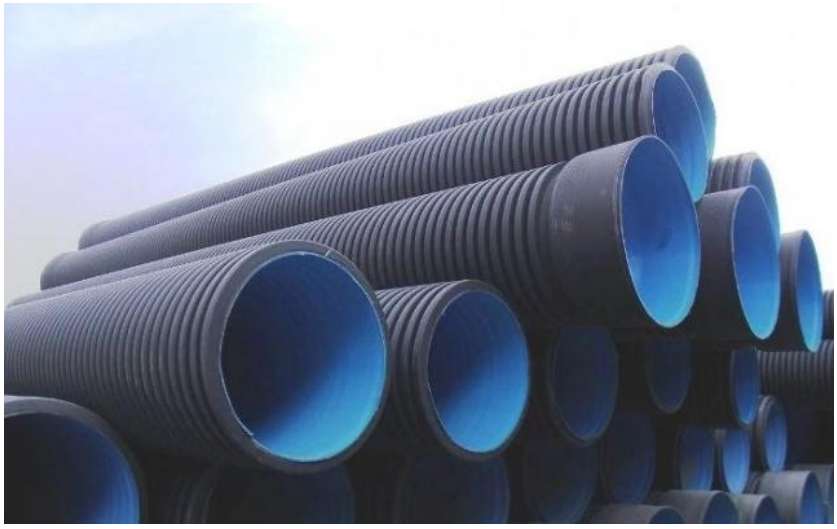
به لحاظ خصوصیات هیدرولیکی، با توجه به صاف بودن سطح داخلی لوله های GRP، پلی اتیلن، لوله های سفالی و تا حدی آزبست، ضریب n در معادلۀ مانینگ جهت محاسبه حجم سیال قابل انتقال به نسبت لوله های بتنی بدون پوشش کمتر میباشد. به لحاظ اقتصادی میتوان به مواردی همچون امکان کاهش قطر لولۀ مورد استفاده و امکان کاهش شیب طراحی در شرایط یکسان و به طبع کاهش هزینه های مربوط به حفاری و خاکریزی، اشاره نمود.

در لوله های پلی اتیلن در صورت استفاده از جوش به تنهایی و یا همراه با سایر روش های اتصال آببندی بطور کامل صورت می پذیرد. اتصالات کوپلینگی مورد استفاده در لولههای GRP از جنس خود لوله ها و در نواحی اتصالات، آببندی بطور کامل انجام می پذیرد. در صورتیکه لوله های بتنی آببندی مناسبی نداشته و نشت فاضلاب از آنها موجب زیان های اقتصادی و زیست محیطی میگردد. لوله های آزبست و سفالی نیز از روش کوپلینگ با واشرهای لاستیکی استفاده میکنند که از نظر آببندی شرایط مناسب را ایجاد میکنند.

لوله های بتنی و سفالی معمولاً در طول های ۲ تا ۳ متری تولید میگردند. طول لوله های آزبست از ۴ تا ۶ متر میباشد و لوله های پلی اتیلن و GRP در طول های ۶ تا ۱۲ متر تولید میگردند. از آنجا که هر چه اتصالات کمتری در طول لوله بکار رود هزینه ها و احتمال ایجاد نشت کاهش می یابد از این حیث، لوله های پلی اتیلن و GRP در ردۀ اول و به ترتیب لوله های آزبست، بتنی و سفالی قرار میگیرند. البته تکنولوژی اجرا عامل بسیار مهمی در آببندی لوله ها بوده و تعداد اتصالات، احتمال افزایش نشت را زیاد میکند. چه بسا لوله های با اتصال

زیاد به دلیل تکنولوژی خاص، کمتر از لوله های دیگر نشتی داشته باشند .لوله های GRP و پلی اتیلن چندین برابر از دیگر لوله ها، سبکتر میباشند. لذا در هنگام نصب جرثقیل های سبکتری مورد استفاده قرار میگیرد و جابجایی لوله ها آسانتر و هزینه عملیات نصب کمتر میباشد. نگهداری لوله های پلی اتیلن، GRP و سفالی با توجه به عدم نیاز آنها به پوشش داخلی و خارجی در صورت کارگذاری صحیح و مطابق با استانداردهای مربوطه و رعایت توصیه های کارخانه سازنده، به مراتب اقتصادی تر از لوله های بتنی و آزبست میباشد. هزینه نصب لوله های GRP، پلی اتیلن و سفالی فقط یکبار انجام میشود. درحالیکه لوله های بتنی نیاز به تعمیرات و بازبینی های مداوم دارند و عملاً در بسیاری موارد غیر قابل تعمیر میباشند.

نکاتی که در طراحی و خرید می بایستی مورد توجه قرار گیرد:



- برای اقطار زیر ۵۰۰ میلیمتر بهترین گزینه استفاده از لوله های پلیاتیلن میباشد.
- استفاده از لوله های سفالی با تمامی مزایای منحصر به فرد، به دلیل عدم تولید در داخل کشور و هزینهٔ واردات آن از خارج، مقرون به صرفه نیست.
- قیمت تمام شدهٔ اجرای لولهٔ پلی اتیلن اسپیرال، تقریباً دو برابر لوله های پلیاتیلن کاروگیت میباشد و این به سبب هزینهٔ اولیه خرید به دلیل سنگین بودن میباشد و لذا استفاده از لوله های پلیاتیلن اسپیرال به دلیل قیمت زیاد توجیه پذیر نمیباشد.

مقایسه لوله های دو جداره پلی اتیلنی و پی وی سی برای انتقال فاضلاب

- انعطافپذیری لوله های کاروگیت پلی اتیلنی بیشتر از لوله های PVC است. این امر مقاومت ضربه بالاتری را برای لوله های پلی اتیلن به ارمغان می آورد. که موجب تحمل ضربه بیشتر و عدم ترک خوردگی و همچنین آن ها را برای کانال های دارای انحنا مناسب می سازد.

HDPE Pipes subjected to extreme impact.

PVC Pipes subjected to extreme impact.

- مقایسه انعطافپذیری حلقه بین لوله های PVC و پلی اتیلن

- مقاومت در برابر سایش طولاتی مدت لوله های پلی اتیلنی حدودا دو برابر انواع PVC است.
- وزن کمتر لوله های پلی اتیلنی موجب می شود تا هزینه های حمل و نصب آن ها کاهش و این امر آسان تر انجام شود.

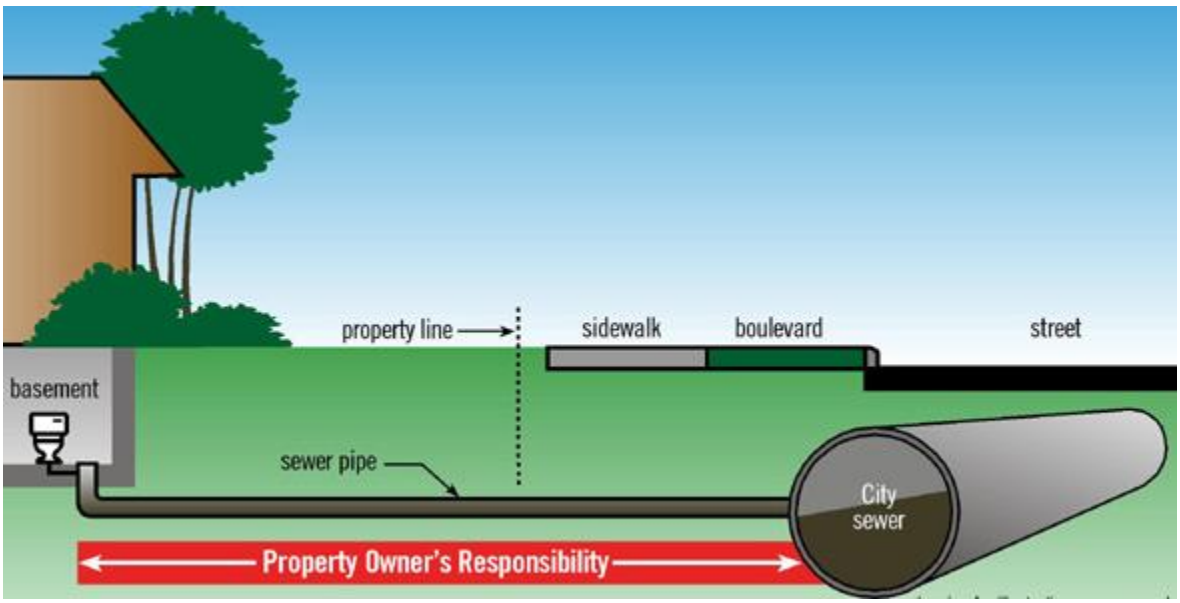
- بازده هیدرولیکی بالاتر لوله های پلی اتیلنی در مقایسه با انواع PVC به دلیل درجه زبری کمتر در قطر داخلی یکسان

این امر موجب می شود تا شیب لازم در کانال ها کمتر شود و همچنین حداکثر دبی به همراه حداقل قطر بدست آید. همچنین رسوب گیری را نیز کمتر و هزینه های نگهداری را می کاهد.

- لوله های پلی اتیلنی با محیط زیست سازگارتر هستند. لوله های PVC در حین تولید پلیمر اولیه، لوله و بازیافت گازهای سمی متصاعد می کنند.

عوامل مهم و موثر بر انتخاب نوع و جنس لوله های مورد مصرف در جمع آوری فاضلاب

طراح شبکه های جمع آوری فاضلاب بایستی پارامترهای زیر را در هنگام انتخاب نوع و جنس لوله جهت طارحی و تحلیل هیدرولیکی شبکه های فاضلابی مدنظر قرار دهد:



- کیفیت فاضلاب خام
- نوع و جنس زمین در محل نصب لوله
- عمق کارگذاری و نصب لوله
- بارهای ترافیکی وارده بر لوله
- درجه حرارت محیط
- حداقل بودن میزان نشت به داخل و یا خراج لوله
- سهولت کاربرد لوله در مراحل حمل و کارگذاری و بهره برداری
- طول عمر مفید لوله و اتصالات
- قابلیت تولید در داخل کشور لوله و اتصالات
- وجود استانداردهای داخلی و بین المللی برای کنترل کیفیت حین خرید لوله و اتصالات
- قیمت خرید و هزینه حمل و کارگذاری لوله و اتصالات
- مقاومت لوله در برابر بارهای خارجی وارده بر آن

- مقاومت لوله و اتصالات در برابر پدیده هایی مثل خوردگی در جداره های داخلی و خارجی (خوردگی های شیمیایی و بیولوژیکی)
- حداقل و حداکثر فشارهای داخلی و خارجی قابل تحمل توسط لوله
- زبری جداره داخلی لوله و چگونگی تغییرات آن در طول دوران عمر مفید
- قابلیت دوام و انعطاف پذیری لوله
- روش ها و نحوه اتصال دهی لوله
- طول قطعات مختلف لوله
- نیازمندی لوله به بستر سازی در حین کارگذاری

کنترل فنی و کیفی لوله های دوجداره پلی اتیلنی

به طور کلی مراحل کنترل فنی و کیفی لوله های دوجداره را می توان به شرح زیر تقسیم بندی نمود:

- کنترل فنی در مرحله طراحی و عملیات کارگذاری و نصب
- کنترل کیفی در مرحله قبل، حین و بعد از تولید لوله (ماده اولیه و محصول)
- کنترل در دوران بهره برداری

کنترل فنی در مرحله طراحی و عملیات کارگذاری و نصب

مهمترین نکات کنترلی در این بخش عبارتند از:

- اخذ مشخصات فنی لوله و اتصالات از سازندگان و تطبیق با خصوصیات طرح (مانند مقاومت حلقوی، قطر داخلی و خارجی، طول لوله، نوع اتصالات، مقاومت در برابر ضربه و رشد ترک و ...) و کنترل با استانداردها
- کنترل فنی در مرحله کارگذاری و نصب
- کنترل جزییات بستر سازی در زیر و اطراف لوله، نحوه اتصال و آب بندی و ...، برای مثال در مورد لوله های پلی اتیلنی نحوه بستر سازی این نوع لوله ها بسیار حائز اهمیت است. با توجه به ماهیت لوله های پلاستیکی به هیچ وجه نبایستی بستر این لوله ها صلب باشد. دلیل این امر خاصیت انعطاف پذیری لوله های پلی اتیلنی استکه در صورت استفاده از بسترهای صلب و سخت، پس از مدتی احتمال ایجاد ترک های عرضی در لوله وجود دارد. لذا الزاما بسترسازی مناسب برای این لوله ها استفاده از خاک متراکم است. همچنین بدیهی است قبل از نصب لوله ها عملیات کنترل شیب طراحی در طول مسیر اجرای کار صورت پذیرد.
- کنترل در خصوص نحوه حمل و نقل و نگهداری لوله و اتصالات
- کنترل آب بندی اتصالات

کنترل کیفی در مرحله قبل، حین و بعد از تولید لوله (ماده اولیه و محصول)

مهمترین کنترل های کیفی قبل از سفارش و تولید لوله ها می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- اخذ و کنترل مشخصات فنی محصولات مشابه تولید قبل
- کنترل کیفی مواد اولیه (مانند پایه پلی اتیلن، مستربچ مورد استفاده (دوده و پایه)، شاخص جریان مذاب، داسیته، پایداری حرارتی و ...)

- کنترل خطوط و فناوری تولید

کنترل کیفی در حین تولید

- کنترل ابعادی و کیفی در حین تولید (انجام آزمون های کنترل کیفی در حین تولید)

کنترل کیفی پس از تولید:

- اندازه گیری های ابعادی
- نحوه انبارداری، بارگیری و حمل
- کنترل نشانه گذاری
- نحوه تخلیه و نگهداری در انبار کارفرما

آزمون های مرتبط با کنترل کیفی لوله های پلی اتیلن دو جداره

این آزمون ها را می توان در دو بخش کنترل کیفی مواد اولیه و محصول نهایی به صورت زیر تقسیم بندی کرد:

- کنترل کیفی مواد اولیه:
  - شاخص جریان مذاب
  - تعیین درصد و پخش دوده

- پایداری حرارتی
- دانسیته
- مقاومت در برابر رشد ترک ناشی از ترکیب تنش و محیط مهاجم

- کنترل کیفی محصول نهایی

- مقاومت حلقوی
- انعطافپذیری
- مقاومت ضربه
- کنترل ابعادی جدار داخلی و خارجی و ظاهر
- پایداری در برابر اشعه فرابنفش برای سطح داخلی

مهمترین مشکلات و نواقصی که در صورت استفاده از لوله های بی کیفیت رخ می دهد عبارتند از:

- شکننده شدن جداره داخلی و ایجاد شکستگی در آن به دلیل عدم استفاده و یا کم بودن افزودنی های مقاوم کننده در برابر نور فرابنفش و یا به دلیل ناکافی بودن ضخامت جداره و کم بودن مقاومت حلقوی
- اعوجاج، دو پهن شدن لوله و اتصالات،
- پایین آمدن عمر مفید لوله و اتصالات
- ایجاد پارگی و سوراخ به دلیل حمل و انبارش نادرست

منابع و مراجع

CORRUGATED POLYETHYLENE PIPE DESIGN MANUAL & INSTALLATION GUIDE, Plastic Pipe Institute

Advantages of polyethylene pipe compared to PVC pipe, SPC company

" جمع آوری فاضلاب "، دانشگاه تهران، تهران، جلد اول، چاپ هشتم، .۱۳۷۶

دستورالعمل بهره برداری و نگهداری از شبکه های جمعآوری فاضلاب - نشریه شماره ۲۹۸ -الف وزارت نیرو

مقایسه فنی و اقتصادی انواع لوله های مورد استفاده در شبکه جمع آوری فاضلاب و انتخاب گزینه برتر، سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره برداری، میثم فرهودی