



# مقدمه ای بر فرایند افزایش و بهبود کیفیت لوله (upvc) پلی وینیل کلراید سخت)

( متن مقاله علمی ارائه شده در سمینار تخصصی شیمی دانشگاه آزاد زنجان مهر سال ۱۳۸۹ )

**The process of increasing the quality of  
U-PVC pipes to the above the National  
Standard**





باتوجه به نیاز کشور به کالاهای با کیفیت بالا و مناسب ، سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران اقدام به تدوین ، ترجمه و نشر استاندارد هایی جهت تست و آزمایش فرآورده های تولیدی و خدماتی نموده است، برخی از کالاها مشمول استاندارد اجباری می باشد و از آن جمله لوله های uPVC مورد استفاده در آبرسانی و فاضلاب شهری و فاضلاب ساختمانی می باشد . شماره ملی استاندارد های مدون این محصولات به ترتیب ۱۳۳۶۱-۱ الی ۵ و ۹۱۱۸ و ۹۱۱۹ می باشد، همزمان با بروز سازی استانداردهای فوق تست های مورد اشاره در آن ها بهبود یافت و محصول تولیدی نیز باید از کیفیت بالاتری برخوردار می شد تا بتواند کلیه آزمون ها را با موفقیت سپری کند ، با توجه به اینکه پروسه آب رسانی مهمتر و با ارزش تر از سایر پروسه ها می باشد لذا استاندارد ۹۱۱۷ شامل تست های بیشتر و سخت گیرانه تری می باشد و این استاندارد با استانداردهای جهانی مطابقت دارد.

باتوجه به فراوانی مطالب ، نمودارها و موضوعات موثر بر فرایند تولید ، از توضیحات اختصاصی جز به جز معذوریم و فقط جهت اطلاع کافی مطالعه کنندگان محترم مراحل مقاله به شرح ذیل اعلام می گردد؛ که در هر مرحله توضیحات موثر و مفید اشاره شده است:

۲-۱ روش تولید لوله پلی وینیل کلراید سخت (u-pvc)

۳-۱ مواد اولیه مورد مصرف در تولید لوله پلی وینیل کلراید (u-pvc)

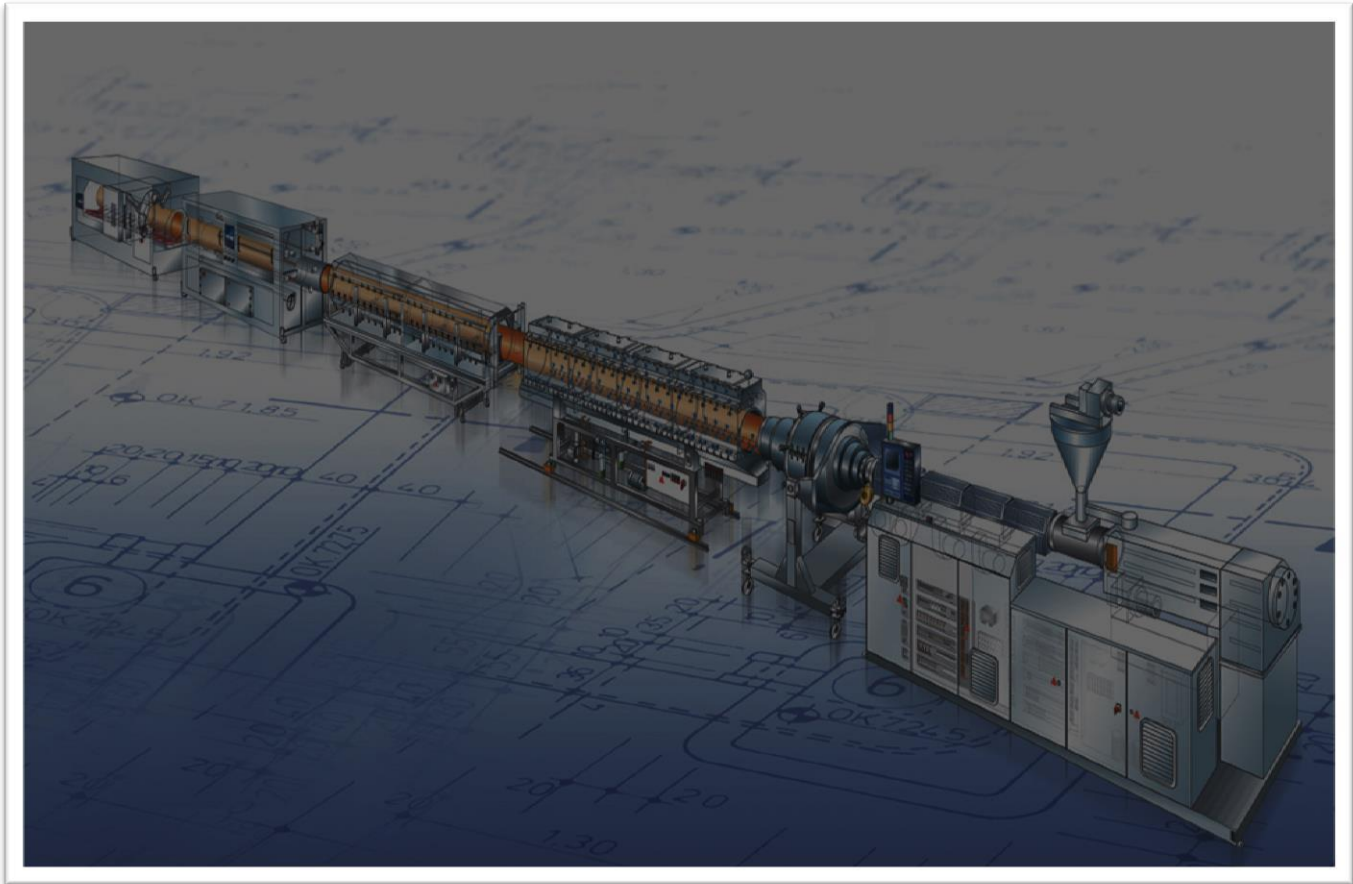
۴-۱ تست های مورد اشاره در استاندارد ملی به شماره 13361-2

۵-۱ تحقیقات عملی ، آزمون ها ، موارد موثر تغییر یافته ونتایج آزمون

۶-۱ نتیجه کلی ، پیشنهادات و اثر استفاده از مواد نانو در تولید لوله پلی وینیل کلراید (u-pvc)



نکته : لوله پلی وینیل کلراید سخت به اختصار (U-PVC) آورده شده است.



نمای فنی یک اکسترودر برای تولید لوله U-PVC

۱-۲ روش تولید لوله پلی وینیل کلراید (u-pvc)

لوله (u-pvc) به روش پیوسته continous تولید می شود که شامل:



۱- توزین مواد اولیه و ارسال به میکسر پیش گرم .

۲- میکس مواد اولیه با سرعت ثابت تا زمان رسیدن به دمای معین (پخت اولیه ) و ارسال به میکسر سرد.

۳- خنک نمودن مواد پس از پخت اولیه در میکسر سرد (باگردش آب به دور مخزن میکسر ) . نکته : چرخش مواد نیمه پخته

در میکسر سرد، با سرعت کمتر از میکسر گرم می باشد تا از چسبندگی مواد به هم جلوگیری شود.

۴- انتقال مواد نیمه پخته سرد به دستگاه اکسترودر (Extruder) جهت پخت کامل.

۵- انتقال لوله نیمه جامد (خمیری شکل) به استخر خنک کاری جهت سرد شدن.

۶- مراحل نهایی شامل : انتقال به کشنده ، اژه برش ، کوپله نمودن و انبارش لوله.



**یک دستگاه میکسر سرد و گرم مواد اولیه U-PVC**



## ۱-۳ مواد اولیه مورد مصرف در تولید لوله پلی وینیل کلراید (u-pvc)

۱- **U-PVC Powder** : پودر upvc مهمترین کاربرد را دارد ولی در برخی موارد گرانول پی وی سی نیز استفاده

می شود)، U مخفف unplasticized نشانگر گرید سخت PVC می

باشد) مهمترین روشهای پلیمریزاسیون PVC به لحاظ کاربردی:

- پلیمریزاسیون امولسیون (E) - پلیمریزاسیون سوسپانسیونی (S)

در ایران دو پتروشیمی بندر امام خمینی و آبادان عمده ترین تولید کنندگان پودر upvc هستند .

۲- **FILLER** : مهمترین پرکننده مورد استفاده در تولید محصول ، کربنات کلسیم  $CaCO_3$  می باشد که مقدار کم آن

موجب

استحکام لوله می شود ، اما مقدار زیاد آن هر چند قیمت تمام شده محصول را پائین می آورد ولی موجب افت کیفیت شدید

محصول می شود . Filler coated با مش بالا جهت تولید محصول بهترین گزینه است.

۳- **LUBRICANT** : روانکنندهها دسته‌ی بزرگی از مواد شیمیایی هستند که مقاومت و اصطکاک بین قسمتهای مختلف

را

کاهش میدهند . و به دو دسته ی عمده : روان کننده های داخلی و خارجی تقسیم می شوند . مهمترین روان کننده های

داخلی در تولید لوله u-pvc: الکل های چرب ، اسید های استر چرب ، استارات کلسیم و مهمترین روان کننده های خارجی

در تولید لوله u-pvc: پلی اتیلن واکس وپارافین وکس (Pwax) می باشد.

۴- **STABILIZER** : پایدار کننده های حرارتی یکی از مهمترین نقش ها را در صنعت تولید لوله دارند . دمای تخریب و



فرآیند PVC بسیار به یکدیگر نزدیک است. مونومر PVC شامل یون کلر Cl می باشد در صورت افزایش دما بیش از حد دما در زمان پلیمریزاسیون یون کلر به صورت فعال خارج شده و موجب ایجاد پیوند های دوگانه در پلیمر می شود اگر تعداد این پیوند ها از ۷الی ۱۰ عدد بگذرد رنگ لوله تولیدی ، قهوه ای و در صورت افزایش از ۱۰ عدد رنگ لوله سیاه می شود . Stabilizerها که اکثرا در ایران بر پایه سرب است ، از تشکیل یون فعال کلر جلو گیری می کنند . البته مقدار بیش از حد

آن کیفیت پخت را کاهش می دهد : واکنش زیر مطلب را بیشتر روشن می کند)

۵- **PROCESSING AID** : کمک فرایند ها متشکل از کوپلیمر متیل متاکریلات و آلکیل آکریلات هستند که خاصیت

های فراوانی دارند ، موجب کاهش ضایعات ، یکنواختی ابعاد ، براقیت سطوح ، یکنواختی و استحکام مذاب و... می شوند .

۶- **IMPACT MODIFIER** : اصلاح کننده های ضربه ، برای کمک به استحکام محصول در برابر ضربه استفاده می

شود

انواع متفاوتی دارد ولی پر کاربرد ترین آنها پلی اتیلن کلرینه شده CPE می باشد که حاوی ۳۰-۴۰ درصد کلر میباشد

مزایای گسترده ای دارد :مقاومت شیمیایی بالا،خواص ضربه بالا در دماهای پایین ،سازگاری مناسب با محدوده وسیعی از

افزودنی های دیگر ،مقاومت بالا در برابر عوامل جوی و...

۷- **PIGMENT** : رنگدانه های معدنی و آلی که جهت دادن رنگ مناسب به لوله استفاده می شود برای نمونه ماده معدنی

تیتانیوم دی اکسید توانایی سفید کردن رنگ لوله را دارد و علاوه بر آن خاصیت میکروب زدایی نیز دارد.

۴-۱ تست های مورد اشاره در استاندارد ملی به شماره ۱۳۳۶۱-۲:

(منبع اصلی استاندارد تدوین شده عبارت است از)



## DIN EN 1452-2: 1999 – Plastics piping systems for water supply –Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), Part 2 : Pipes.

برای آشنایی با تست های مورد اشاره استاندارد ، شرح مختصری از تست ها ارائه شده است:

۱- **آزمون ابعاد** : در این استاندارد ابعادی ذکر شده است که محصول باید با آن مطابقت داشته باشد. با استفاده از ابزار های

کولیس و سیرکومتر می توان ضخامت دیواره ، قطر خارجی و حداکثر میزان دوپهنی را اندازه گیری کرد.

۲- **آزمون استحکام ضربه** : در این آزمون طبق استاندارد پس از قرار دادن لوله UPVC در دمای صفر درجه سانتیگراد ،

بسته به ابعاد لوله ،وزنه ای از ارتفاع مشخص و با تعداد معلوم به لوله ضربه وارد می کنند که برای قبولی نتیجه تست ،فقط تا

۱۰٪ درصد آزمون ها مجاز به شکستن می باشند.

۳- **مقاومت در برابر فشار داخلی در دمای  $1 \pm 20^{\circ}C$**  (تست هیدرواستاتیک) : یکی از سخت ترین تست های لوله

آبرسانی است که در آن لوله در استخر آب قرار گرفته و فشار مشخصی به آن وارد می شود که طی یک ساعت فشار نباید

نشتی یا ترکیدگی در لوله مشاهده شود ، تولید چنین لوله ای نیازمند دما ، ترکیب مواد و تنظیمات دستگاهی دقیقی می

باشد و یکی از دلایل تولید کم اینگونه لوله ها می باشد.

۴- **حداکثر برگشت طولی** : پلیمر UPVC تمایل دارد به صورت پیچ خورده باشد در زمان تولید این پلیمر مقداری کشیده

می شود و سپس سرد می گردد ، با دریافت حرارت در آون لوله u-pvc تولیدی مقداری کوتاه تر می شود اگر در تولید لوله

از مواد نرم کننده (جهت جلوگیری از شکستن لوله در تست ضربه- مانند: روغن DOP) استفاده شود ، این برگشت طولی



بیش از حد مجاز استاندارد) ۵٪ ( خواهد بود .

۵- چگالی نمونه بر حسب کیلو گرم بر متر مکعب: طبق استاندارد در دمای  $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$  چگالی لوله باید در محدوده

$1350 \text{ kg/m}^3 \leq \rho \leq 1460 \text{ kg/m}^3$  قرار بگیرد. با توجه به اینکه چگالی فیلر تقریبا دو برابر مقدار مجاز می باشد باید حتما

کمتر از 5% فیلر مصرف نمود و این نیز یکی از دلایلی است که اینگونه لوله ها کمتر تولید می شوند.

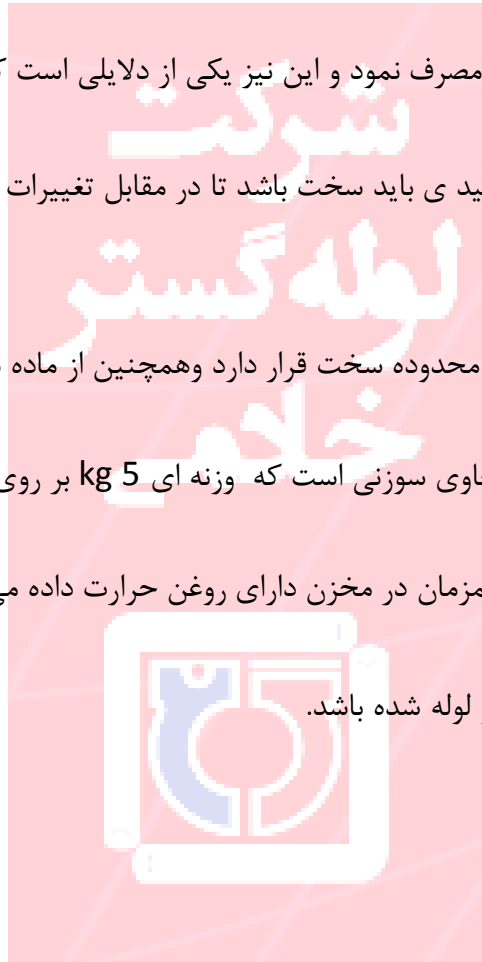
۶- دمای نرمی ویکات : لوله upvc تولیدی باید سخت باشد تا در مقابل تغییرات دمایی خاصیت خود را از دست ندهد

لذا جهت آزمون اینکه گرید ماده pvc در محدوده سخت قرار دارد و همچنین از ماده نرم کننده استفاده نشده باشد از این

تست استفاده می شود . دستگاه ویکات حاوی سوزنی است که وزنه ای 5 kg بر روی آن قرار دارد . و بر روی ابعاد مشخصی

از لوله 8×2cm) قرار می گیرد و لوله همزمان در مخزن دارای روغن حرارت داده می شود . سوزن دستگاه نباید در کمتر

از  $80^{\circ}\text{C}$  به اندازه یک میلیمتر داخل جدار لوله شده باشد.







دستگاه تست ویکات

۷- مقاومت در برابر در کلرو متان در دمای  $00\text{ C}$  : فرایند پلیمریزاسیون لوله در صورتی کامل نباشد(اصطلاحاً پخت لوله

خوب نباشد) لوله به مرور زمان یا در اثر مواد شیمیایی از بین می رود ، لذا برای اندازه گیری اینکه پخت لوله کامل است یا

نه، از مایعی به نام دی کلرومتان ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) استفاده می شود. دی کلرومتان ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) به علت اینکه دارای کلر می باشد و

نیز به صورت مایع است می تواند داخل لایه های پلیمر شده و اگر پلیمریزاسیون کامل نباشد لایه سطحی پودر های

upvc پلیمر نشده را تخریب کند و باعث تخریب سطحی و عمقی لوله شود ، لذا فرایند پخت و ترکیبات و نحوه کار دستگاه

پخت لوله) Extruder ( در این تست بسیار مهم است.

۸- آزمون کشش: که مطابق استاندارد مرجع ارائه شده در استاندارد ۱۳۳۶۱-۲ در صورت لزوم انجام می شود و نشان دهنده

استحکام پیوند و ژله شدن کامل مواد لوله می باشد.



۹- سایر تست ها مانند: اثر بر آب آشامیدنی ، ظاهر لوله ، رنگ لوله و نشانه گذاری .

۵-۱ تحقیقات عملی ، آزمون ها ، موارد موثر تغییر یافته و نتایج آزمون

بیش از ۳۰ عامل در تولید لوله UPVC نقش دارند مهمترین آنها عبارتند از :

۱- نیروی انسانی و مهارت اپراتوری که با مواد و دستگاه اکسترودر در ارتباط است.

۲- دماهای دستگاه جهت پخت : ۱۰۰ مورد دما باید کنترل شود.

۳- مواد اولیه مورد استفاده و میزان آنها ، که از ابتدای تحقیق مقدار این مواد از ۵ مورد به ۹ مورد افزایش پیدا کرد.

۴- دما ، سرعت و شرایط میکسر پیش گرم و سرد.

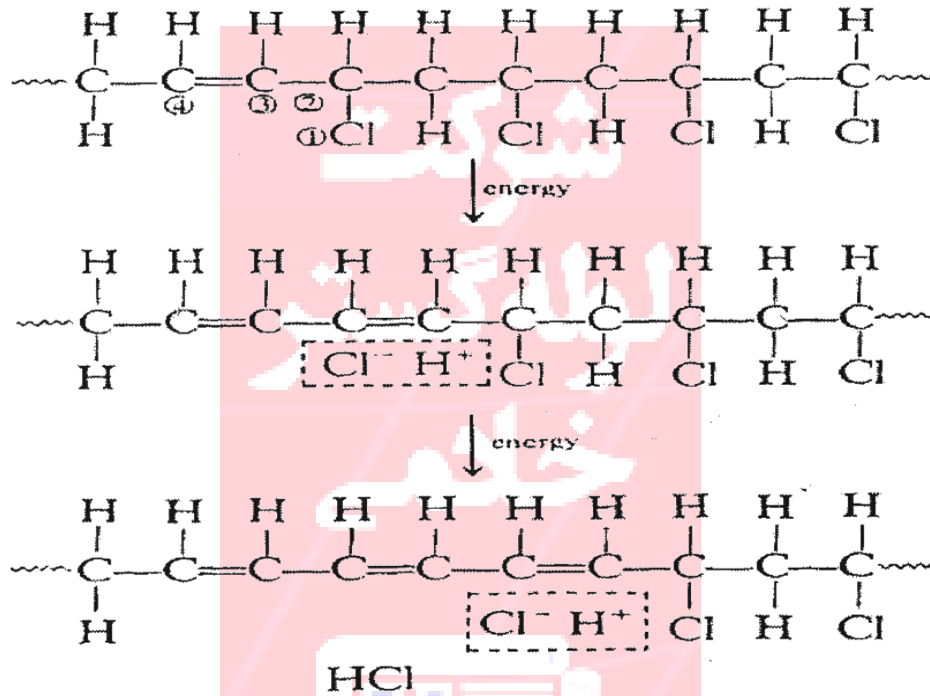
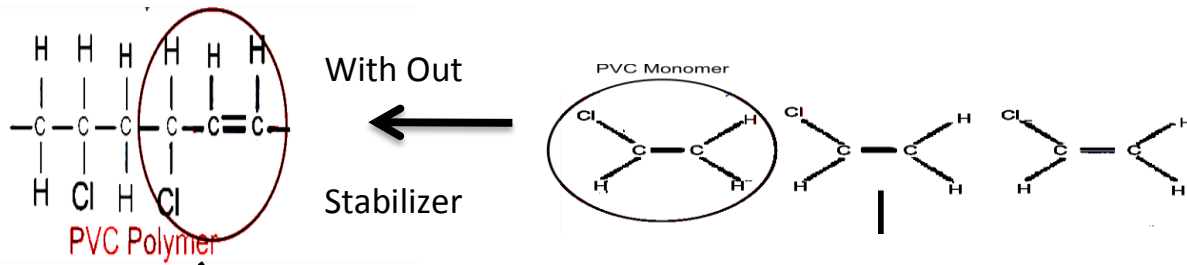
۵- دمای آب استخر خنک کننده و شرایط خود دستگاه تولید مانند : میزان ورود مواد ، دور موتور ، میزان آمپر و....

لوله u-pvc در فرایند پلیمر شدن محدودیت دمایی دارد بالاتر و پایین تر از این محدوده محصول کیفیت کافی

ندارد . جهت تولید نمونه منطبق با استاندارد، بیش از ۱۸۰ مورد تست و آزمون به عمل آمد (البته در کارخانه محصول

تولیدی روزانه مورد بازرسی و آزمایش قرار می گیرد) جهت تسهیل در کار فرم مخصوصی تهیه گردید .

مراحل پلیمر شدن لوله UPVC با حضور ماده پایدارکننده



البته با توجه به گستردگی عوامل و شرایط موثر در تولید در هر دستگاه و حتی در سایز متفاوت محصول، شرایط تولید می

تواند مقداری متفاوت باشد ولی در کل از قانون تقریبا مشابهی پیروی می کند.

### ۶- نتیجه کلی، پیشنهادات و اثر استفاده از مواد نانو در تولید لوله پلی وینیل کلراید (u-pvc)

تولید لوله uPVC به علت عوامل موثر زیاد، مقداری مشکل می باشد به همین دلیل شرکت های محدودی وارد این صنعت

شده اند، علاوه بر شرایط دشوار تولید نیازمند کارگران وارد و متخصصان با تجربه نیز می باشد.



واحد تحقیق از زمان شروع تحقیقات خود مقدار و ترکیبات مواد اولیه و شرایط پلیمریزاسیون را به دقت مورد بررسی

قرار داده است و علاوه بر تولید محصول استاندارد به نتایجی رسیده است که برخی به شرح ذیل می باشد:

در حال حاضر استفاده از فیلر کربنات کلسیم  $CaCO_3$  (بامش بالا) ۲۵۰۰ (به صورت پوشش دار) coated (جهت استحکام

لوله مناسب ترین گزینه می باشد. طی پروژه تحقیقی دیگری، از فیلرهای دیگر مانند پرلیت جهت تولید لوله استفاده شد ،

پرلیت به علت چگالی کم لوله UPVC را سبک تر و حجیم تر می نماید و این باعث کاهش هزینه تمام شده می شود اما مشکلی

که وجود داشت این بود که پرلیت به صورت خالص یافت نمی شود و در ضمن لوله را بسیار شکننده می کند و افزودن

بیش از حد آن باعث سوراخی لوله و خرابی آن می شود ، ماده دیگر تالک می باشد باین که شرایط بسیار مطلوبتری از

پرلیت دارد ولی این ماده نیز سبب خشکی و شکنندگی لوله می شود.

با توجه به گسترش علم در حوزه نانو و استفاده از نانو مواد ها در تولید محصولات ، استفاده از نانو کربنات کلسیم پوشش

دار) coated (اصلاح شده با تیتانات باعث بهبود خواص مکانیکی محصول شده و بر نتایج آزمون استحکام کششی و

ضربه اثر موثرتری از کربنات کلسیم پوشش دار معمولی دارد . در ایران فعلا شرکتی وارد حوزه استفاده از نانو مواد در

تولید لوله UPVC نشده است و جای تحقیق و کار زیادی را دارد.

”امید است با استفاده از مطالب فوق که تقریبا در هیچ مقاله مدون دیگری ارائه نشده است بتوانیم گامی در

پیشرفت صنعت کشور برداریم ”

۱-۷ مراجع :



1-DIN EN 1452-2: 1999 – Plastics piping systems for water supply –Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), Part 2 : Pipes

2-Institute of Standards and Industrial Research of Iran(ISIRI)13361-2-1st . Edition

۳- کتاب لوله های پلیمری تألیف دکتر قاسم حیدری نژاد وهمکاران ، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان ومسکن

۴- کتاب سمینار آموزشی واحد تحقیق و توسعه شرکت کیمیاران و وینو پلاستیک .



لیخ