

## آزمونها و آزمایشگاه کنترل کیفیت کارخانه

### ۱- آزمون کشش:

هر محصول بسته به نوع کاربردش تنش هایی بر آن وارد می شود این تنش ها می توانند از جنس فشاری، کششی، خمشی، پیچشی و ... باشند. برای تعیین خواص مکانیکی ماده و همچنین مقایسه مواد مختلف تحت تنش، مهمترین تست، تست کشش است. در این آزمون نمونه دمبلی شکل با ابعاد استاندارد از دو طرف با سرعت ثابت کشیده می شود تا نمونه پاره شده یا بشکند و با ثبت لحظه به لحظه نیرو بر حسب تغییر طول نمونه، خصوصیات مکانیکی مهم ماده تعیین می شود.

### ۲- آزمون شاخص جریان مذاب:

مقدار MFI به صورت مقدار ماده مذابی که در مدت ۱۰ دقیقه از دستگاه استاندارد، تحت بار معین و درجه حرارت مشخص خارج میگردد، تعریف میشود. MFI برای تعیین میزان سهولت قالب گیری مواد پلیمری به طریق تزریق و اکستروژن، مفید بوده و با وزن مولکولی پلیمر نسبت عکس دارد. یعنی هر چه پلیمر دارای وزن مولکولی بیشتر (زنجیر بلندتر) باشد به دلیل گره خوردگی بیشتر زنجیره های پلیمری دارای MFI کمتری خواهد بود (مقدار ماده مذاب کمتری از دای خارج می شود). آزمایش تعیین MFI برای تشخیص گریدهای مختلف یک پلیمر، کنترل کیفیت ترموپلاستیکها دارای ویسکوزیته نسبتاً پایین و طبقه بندی آنها به کار می رود. درجه حرارت و بار استاندارد برای انجام آزمایش MFI، برای هر پلیمر فرق می کند. درجه حرارت آزمایش پلی اتیلن، ۱۹۰ درجه سانتیگراد می باشد. بار استاندارد برای HDPE، پنج کیلوگرم است. همچنین نمونه مورد استفاده میتواند به صورت گرانول باشد.

اگر مقدار MFI مواد انتخابی از لوله تفاوت زیادی با مواد اولیه داشته باشد می توان مطالب زیر را استنباط نمود:

الف) دمای فرایند خیلی بالا بوده و باعث سوختن و شبکه ای شدن PE شده است.

ب) مستریج خراب بوده است.

ج) در اکسترودر نواحی مردابی وجود داشته و زمان اقامت مواد در سیلندر افزایش یافته است.

عدد MFR قابل قبول برای لوله های گاز بین ۰/۲ تا ۰/۷ گرم بر ده دقیقه است.

### ۳- آزمون تعیین درصد دوده :

پلیمرها به ویژه پلی الفین ها مانند پلی اتیلن در اثر قرار گرفتن در معرض اشعه ماوراء بنفش خورشید و در حضور اکسیژن تخریب می شوند. زنجیرهای پلیمر طی یک واکنش رادیکالی، تخریب شده و ساختار آن تغییر میکند. در اثر تخریب صورت گرفته، خواص فیزیکی مکانیکی قطعه افت چشمگیری خواهد داشت. در مورد محصولات که امکان قرارگیری آنها در معرض نور خورشید به هنگام انبارش یا کاربرد، وجود دارد (مانند لوله) استفاده از مواد ضد اشعه ماوراء بنفش (Anti UV) توسط یک فرایند اختلاط مناسب به مواد اولیه ضروریست. دوده به دلیل داشتن خواص بسیار مناسب در جذب اشعه ماوراء بنفش معمولاً یکی از گزینه های مورد استفاده می باشد. در لوله های پلی اتیلن بطور معمول از این افزودنی بنا به دلیل ذیل استفاده می کنند:

الف) خواص مناسب دوده در جذب اشعه ماوراء بنفش و محافظت پلی اتیلن در برابر هوازدگی.

ب) قیمت مناسب.

ج) قابلیت شناسایی و اندازه گیری نسبتاً آسان مقدار دوده.

د) رنگ دهی لوله.

در صورتی که مقدار دوده در محصول نهایی کمتر از حد لازم باشد پلیمر مقاومت کافی در برابر اشعه UV را نخواهد داشت و در صورتی که مقدار دوده بیشتر از حد مورد نیاز باشد فرایند پذیری مخلوط نهایی چون ویسکوزیته مخلوط را افزایش می دهد کاهش می یابد. شرط لازم جهت محافظت پلیمر در برابر اشعه UV مناسب بودن مقدار دوده می باشد اما کافی نیست. ذرات دوده به دلیل ساختار شیمیایی خاص خود، تمایل به خوشه ای شدن و بهم چسبیدن دارند. لذا فرایند اختلاط باید به گونه ای صورت گیرد که ذرات علاوه بر خرد و پخش شدن (Dispersion)، به نحوی مناسب در زمینه پلی اتیلن توزیع (Distribution) گردند تا بتواند اثر بخشی مطلوبی در محافظت کامل از پلیمر داشته باشد.

با توجه به موارد فوق به منظور ارزیابی یک محصول در خصوص مقاومت به اشعه ماوراء بنفش، دو شاخص باید اندازه گیری شود، یکی میزان افزودنی و دیگری چگونگی پراکنش آن.

روش پیرولیز مطابق استاندارد ISO 6964 برای تعیین میزان دوده در ترکیبات پلی اتیلنی می باشد که به روش وزنی پس از اینکه آزمونه در محیط بی اثرات پیرولیز شد انجام می شود نتیجه قابل قبول برای دوده عدد ۲ تا ۲/۵ درصد است.

#### ۴- آزمون بررسی پراکنش دوده :

همان طور که در آزمون اندازه گیری مقدار دوده عنوان شد چگونگی پراکنش دوده در پلیمر جهت مقاومت در برابر اشعه ماوراء بنفش بسیار حائز اهمیت است. ذرات دوده اگر در اثر فرایند اختلاط خرد نشوند (*Dispersion*) می توانند به عنوان مرکز تمرکز تنش عمل کرده و باعث شکست شوند. همچنین توزیع (*Distribution*) ذرات دوده در سر تا سر زمینه پلیمری جهت محافظت کامل از محصول در برابر اشعه UV ضروریست. روش آزمون بر اساس استاندارد **ISO 18553** می باشد. نتیجه قابل قبول بر اساس این استاندارد گرید کوچکتر یا مساوی ۳ می باشد.

#### ۵- آزمون پایداری حرارتی :

زمان پایداری اکسیداتیو، تعیین مقاومت یک ماده در برابر اکسایش می باشد که توسط آنالیز حرارتی، فاصله زمانی شروع اکسایش گرمایی در یک ماده در یک درجه حرارت مشخص در اتمسفر اکسیژن تا شروع واکنش تخریب ماده میباشد. آزمون بر اساس استاندارد **ISO 11357-6** توسط دستگاه **DSC** قابل انجام می باشد. در واقع هر چه میزان افزودنی پایدارکننده حرارتی پلیمر بیشتر باشد این شاخص افزایش می یابد یا به عبارتی مدت زمانی که طول می کشد تا تخریب حرارتی ماده شروع شود افزایش می یابد.

در زمان تولید به دلیل اینکه مواد مدت زمانی در داخل اکسترودر باقی می ماند لذا باید مواد پلیمری دارای پایداری حرارتی مناسب باشند تا تخریب نگردند. مواد پلی الفینی مانند PE دارای پایداری حرارتی پایینی می باشند لذا پس از سنتز در پتروشیمی افزودنی هایی جهت پایداری حرارتی به آن اضافه می کنند تا در فرایندهای تولیدی قابلیت مقاومت حرارت را داشته باشد و تخریب نگردد.

این آزمون برای بررسی مواد اولیه و همچنین برای بررسی کیفیت محصول نهایی به کار می رود به نحوی که اگر میزان **OIT** مواد اولیه پایین باشد نشان دهنده پایین بودن مقاومت حرارتی مواد بوده و نمی توان مواد را فراورش نمود. برای محصول نهایی نیز اگر میزان این شاخص پایین باشد نشان می دهد که مواد به هنگام فراورش پایداری خود را از دست داده و این احتمال وجود دارد که مواد تخریب شده باشد. شایان ذکر است این آزمون برای مواردی که نیاز است اتصالات و یا لوله پس از تولید، جوشکاری گردند ضروری است چرا که مواد در مواجهه با دماهای بالا باید از لحاظ حرارتی پایدار باشد.

نتیجه این آزمون جهت مواد اولیه و لوله گاز تولیدی در دمای ۲۰۰ درجه حداقل ۵۰ دقیقه و در دمای ۲۱۰ درجه حداقل ۲۵ دقیقه می باشد.

## ۶- کنترل ظاهری لوله :

بررسی وضعیت ظاهری لوله های پلی اتیلن در عین حال که ساده ترین آزمون کنترل کیفیت می باشد اما از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد بسیاری از عیوب ظاهری بر عملکرد لوله در درازمدت تاثیر گذاشته و عمر مفید لوله را کاهش می دهند. در بررسی وضعیت ظاهری لوله ها تشریح کامل عیب و اثرات ناشی از آن به شناسایی و تعیین وضعیت نمونه های انتخاب شده، کمک شایانی می نماید.

## ۷- کنترل ابعادی :

یکی از مهمترین فاکتورهای طراحی لوله ها، مشخصات ابعادی است. مشخصات ابعادی بر اساس میزان تنش های وارده بر لوله، شرایط نصب، ضرایب اطمینان و غیره محاسبه می شود. اولین مشخصه ابعادی ضخامت لوله می باشد. در طراحی ها، ضخامت لوله در تعیین میزان سفتی لوله و حداکثر میزان تنش که لوله می تواند تحمل کند لحاظ می شود. همچنین ضخامت لوله بر میزان دبی خروجی تاثیر گذار است. پایین بودن مشخصه مذکور باعث کاهش استحکام مورد نیاز گشته و بالا بودن آن منجر به کاهش قطر داخلی لوله و در نتیجه کاهش دبی موثر خروجی می گردد. از دیگر پارامترهای مهم در طراحی لوله ها اندازه قطر داخلی / خارجی می باشد. بالا بودن این پارامتر می تواند نصب لوله و اتصالات را با مشکل مواجه سازد از طرفی پایین بودن آن علاوه بر مشکل اخیر، موجب کاهش دبی موثر خروجی لوله می گردد. همچنین تغییرات ابعادی قطر لوله ها، باعث می شود آب بندی اتصالات به خوبی انجام نشود. پارامتر دو پهنی لوله نیز بر نحوه نصب لوله و اتصالات و آب بندی آنها تاثیر دارد. همچنین دو پهنی لوله بر پروفیل سرعت سیال و سرعت آن درون لوله تاثیر گذار است که در لوله های ثقلی این تغییر سرعت بروز مشکلاتی حاد در انتقال سیال می شود.

پارامترهای این آزمون بر اساس اعداد داده شده در جدول ۳ کنترل می شوند و نتایج باید الزامات جدول ۳ را برآورده کند.

## ۸- آزمون بازگشت حرارتی :

از آنجایی که ثابت ماندن ابعاد محصولات پلیمری در طول زمان سرویس دهی مورد نظر می باشد، یافتن اطلاعاتی در مورد علل و مقدار تغییر شکل یک پلیمر در اثر حرارت حائز اهمیت است. قطعات پلیمری در طی فرایندهای اکستروژن، کلند رینگ و یا قالب گیری تزریقی کشیده شده و زنجیرهای پلیمر در جهت جریان آرایش یافته (Orientation) و منظم می گردند. در اثر سریع سرد کردن، قطعه آرایش یافته و تنش های داخلی در آن باقی می ماند. حال اگر این قطعه مجدداً در معرض حرارت قرار گیرد، زنجیره های کشیده شده دوباره آزادی یافته و به صورت کلاف (Coil) در می آیند و در نتیجه قطعه مورد نظر در جهت جریان (جهت آرایش یافتگی) انقباض پیدا می کند. مطابق استاندارد EN ISO 2505 برای تعیین تغییرات ابعاد در اثر تنش های داخلی، قطعه را در آون با جریان هوای گرم (درجه حرارت مشخص) برای مدت زمان خاصی

(بسته به نوع ماده و سرویس دهی) قرار می دهند و سپس آن را خارج کرده و تا درجه حرارت محیط سرد می کنند و در نتیجه تنش های داخلی حذف شده و تغییر ابعاد مشاهده می گردد. تغییر ابعاد زیاد، بیانگر بالا بودن میزان تنش های داخلی است. نتیجه قابل قبول کمتر یا مساوی ۳ درصد می باشد.

#### ۹- آزمون هیدرواستاتیک و ترکیدگی:

بطور کلی وقتی پلیمرها تحت تنش مکانیکی قرار می گیرند بسته به ساختار ملکولی و شرایط کاربرد دو نوع رفتار از خود نشان می دهند (رفتار چقرمه و رفتار شکننده). با توجه به آنکه نوع رفتار لوله های پلی اتیلن بطور قابل ملاحظه ای تحت تاثیر:

الف) نوع و گونه پلی اتیلن مورد استفاده.

ب) عوامل موثر فرایندی شامل طرح هندسی اجزای فرایند مانند ماردون، دای، ...

ج) شرایط فرایند تولید مانند سرعت تولید، دمای مذاب، نحوه و سرعت خنک کاری، سرعت کشش قرار می گیرد، بنابراین نتایج این آزمون می تواند به عنوان یک معیار مهم و ارزشمند از جهت کنترل کیفی مواد اولیه، مناسب بودن طراحی و شرایط فرایندی مورد استفاده قرار داد.

آزمون فشار ترکیدگی یک نوع آزمون کنترل کیفی و بازرسی است که به منظور تعیین نوع رفتار لوله های پلی اتیلن انجام می شود (استاندارد ISO 1167). با انجام این آزمون نوع رفتار نمونه هنگامیکه در کوتاه مدت تحت فشار هیدرواستاتیک بالا، قرار می گیرد مشخص می شود و در صورتی نتیجه آزمون قابل قبول است که رفتار از نوع چقرمه (ترجیحاً نوک قناری) باشد. برخی از مزیت های این رفتار به شرح ذیل می باشد:

- چقرمه بودن رفتار نشان از بالا بودن استحکام محصول می باشد.
- در صورت افزایش ناگهانی فشار در خط لوله، تمام لوله دچار شکست نشده و منطقه محدودی آسیب می بیند.
- مناطق آسیب دیده به راحتی به وسیله بازرسی چشمی قابل تشخیص می باشد.

آزمون فشار هیدرواستاتیک جهت بررسی کیفیت لوله و استاندارد بودن محصول و مواد اولیه مورد استفاده در تهیه لوله ها به کار می رود. با افزایش دما در این آزمون می توان دو هدف را دنبال کرد: یکی مقاومت لوله در دراز مدت را می توان ارزیابی نمود (مطابق اصل انطباق دما - زمان جهت بررسی خواص ماده در بلند مدت، می توان دما را افزایش داده و در کوتاه مدت خواص را اندازه گرفت، عکس این مطلب نیز صادق است) و دیگری ارزیابی مقاومت لوله در برابر فشار داخلی در دماهای بالا.

## ۱۰ - رشد سریع ترک :

رشد سریع ترک نیز نقص بسیار مهمی است که به کرات در خطوط لوله دیده می شود و بایستی مقاومت لوله در برابر آن سنجیده می شود. وجود ترک هایی با طول زیاد روی لوله گاز منجر به فاجعه و در لوله های آب منجر به اتلاف می شود. مقاومت در برابر رشد سریع ترک اصطلاحی دیگر برای بررسی استحکام ضربه ای است. برای بررسی مقاومت در برابر رشد سریع ترک سازمان بین المللی استانداردها، استاندارد ISO 13477 را تدوین کرده است. این آزمون در یک دمای مشخص برای تعیین فشاری که در بیش از آن رشد سریع ترک رخ می دهد، استفاده می شود. به این فشار، فشار بحرانی می گویند. این آزمون برای لوله هایی که ضخامت جداره آنها بیش از ۱۵ میلیمتر باشد بکار می رود.

## ۱۱ - رشد آهسته ترک :

ویژگی رشد آهسته ترک، مقاومت دراز مدت و محیطی لوله را نشان می دهد. آغاز رشد ترک وابسته به فشار درونی، تنش باقیمانده از زمان فرآورش در لوله و ... می باشد. آزمون شکاف که تحت ISO DIS 13479 انجام می شود ویژگی های خزشی و دراز مدت ماده را بررسی می کند. اگر ترک رشد کند و شکاف در لوله ایجاد شود، اصطلاحاً می گویند لوله زانو زده است.

## ۱۲ - تست لهیدگی روی لوله ها :

این شاخص معیاری است برای اندازه گیری میزان مقاومت لوله در مقابل بار خارجی ناشی از نگهداری و انبارش و برگشت پذیری مناسب در اثر فشار داخلی یا اعمال فشار لهیدگی در جهت مقابل بدون ایجاد نقیصه در لوله.