



مقدمه

پلی اتیلن شبکه‌ای شده که معمولاً با نام **PE-X** شناخته می‌شود، به‌طور گسترده در سیستم‌های لوله‌کشی تحت فشار، تأسیسات آب گرم، گرمایش از کف و سایر کاربردهای demanding که در آن‌ها عملکرد حرارتی و مکانیکی بلندمدت بهبود یافته مورد نیاز است، استفاده می‌شود.

یکی از پارامترهای کلیدی کیفیت در PE-X، **درجه شبکه‌ای شدن** است.

استاندارد بین‌المللی **ISO 10147:2004** روشی را برای ارزیابی درجه شبکه‌ای شدن در **لوله‌ها و اتصالات PE-X**، از طریق تعیین مقدار ژل با **استخراج حلالی**، مشخص می‌کند.

در این روش، بخش محلول پلیمر در زایلن داغ استخراج می‌شود، درحالی‌که شبکه شبکه‌ای شده و نامحلول باقی می‌ماند. جرم این باقیمانده نامحلول برای محاسبه درجه شبکه‌ای شدن به کار می‌رود.

مقدار ژل چیست؟

شبکه‌ای شدن، بین زنجیره‌های پلی‌اتیلن پیوندهای شیمیایی ایجاد کرده و یک شبکه پلیمری سه‌بعدی تشکیل می‌دهد.

هنگامی که یک **نمونه آزمون** PE-X در حلال داغ مناسب غوطه‌ور می‌شود:

- بخش محلول یا دارای شبکه‌ای شدن ناکافی استخراج می‌شود،
- درحالی‌که شبکه پلیمری شبکه‌ای شده به صورت نامحلول باقی می‌ماند.

بنابراین، نتیجه آزمون به صورت **درصد جرمی ماده نامحلول** بیان می‌شود.

ISO 10147 اصل آزمون را با اندازه‌گیری جرم یک **نمونه آزمون** پیش و پس از غوطه‌وری در حلال برای مدت زمان مشخص تعریف می‌کند. سپس درجه شبکه‌ای شدن به صورت درصد جرمی بخش نامحلول بیان می‌شود.

اصل آزمون

روش ISO 10147 را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

1. یک **نمونه آزمون** نازک از لوله یا اتصال PE-X آماده کنید.
2. قفسه تمیز نمونه را وزن کنید.
3. نمونه آزمون را داخل قفسه قرار داده و دوباره وزن کنید.
4. نمونه آزمون را به طور کامل در زایلن غوطه‌ور کنید.
5. زایلن را برای مدت استخراج مشخص شده تحت رفلکس قرار دهید.
6. باقیمانده نامحلول را خارج کنید.
7. شست‌وشوی نهایی را با زایلن خالص در حال جوش انجام دهید.
8. باقیمانده را تحت شرایط مشخص شده کوره خشک کنید.
9. باقیمانده خشک شده را وزن کنید.
10. درصد ماده نامحلول را محاسبه کنید.

درصد محاسبه شده به عنوان **درجه شبکه‌ای شدن، G** گزارش می‌شود.

الزامات حلال

زایلن

حلال استخراج مشخص شده عبارت است از: **زایلن با خلوص تحلیلی**

زایلن باید حاوی موارد زیر باشد: **1% آنتی اکسیدان**

استاندارد، سامانه های آنتی اکسیدانی مناسب زیر را معرفی می کند:

- (methylene-bis(4-methyl-6-t-butylphenol-2,2
- di-t-butyl-4-hydroxyphenyl) propionate-3,5)-3
- یا ترکیبی از هر دو

آنتی اکسیدان برای به حداقل رساندن تخریب ناخواسته پلیمر در طول فرایند استخراج با دمای بالا افزوده می شود.

الزامات ایمنی

کار با زایلن به دقت نیاز دارد.

ISO 10147 به طور مشخص هشدار می دهد که زایلن:

- مضر است،

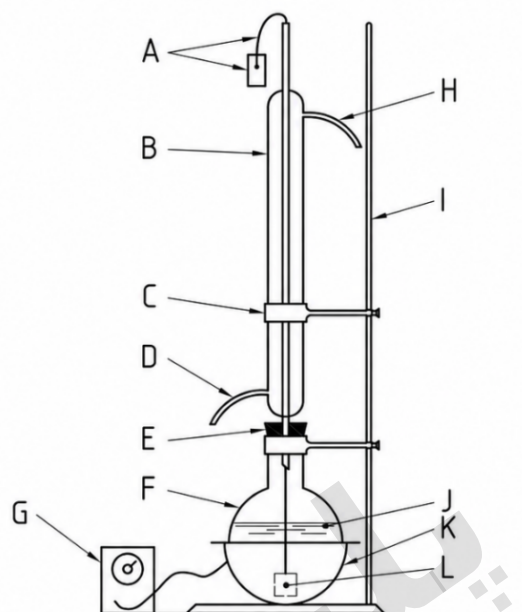
- قابل اشتعال است،
 - و قابلیت جذب از طریق پوست را دارد.
- آزمون باید فقط در **هود شیمیایی با تهویه مناسب** انجام شود.
- پیش از شروع آزمون، باید کارایی سامانه تهویه بررسی شود.
- از استنشاق بخارات زایلن باید اجتناب شود. تماس بیش از حد با بخارات ممکن است باعث سرگیجه، سردرد یا هر دو شود.

تجهیزات موردنیاز برای ISO 10147

1. کندانسور رفلاکس

یک کندانسور رفلاکس از نوع عمومی نشان داده شده در شکل 1 استاندارد موردنیاز است.

وظیفه آن چگالش بخار زایلن و بازگرداندن حلال به بالن در طول دوره استخراج 8 ساعته است.



Key

- | | | | |
|---|---|---|--------------------------------|
| A | identification tag and fine wire attached to cage | G | variable transformer |
| B | reflux condenser | H | water outlet |
| C | ring clamp | I | stand |
| D | water inlet | J | xylene |
| E | ground-glass joint or cork | K | wire cage enclosing test piece |
| F | wide-necked round-bottomed flask | L | heating mantle |

Figure 1 — Extraction apparatus

2. بالن ته گرد

بالن استخراج باید حداقل ظرفیت زیر را داشته باشد: **500 mL**

استاندارد اشاره می‌کند که یک: **بالن 2000 mL**

برای انجام هم‌زمان حداکثر شش اندازه‌گیری مناسب است. بالن باید اتصال مناسبی برای کندانسور رفلکس داشته باشد.

3. هیتر منتل

هیتر منتل باید:

- با بالن ته گرد مطابقت داشته باشد،
- گرمایش پایدار فراهم کند،
- و ظرفیت کافی برای به‌جوش‌آوردن زایلن داشته باشد.

محدوده جوش مشخص‌شده برای زایلن عبارت است از: **138°C تا 144°C**

سامانه گرمایش کنترل‌شده اهمیت دارد، زیرا حلال باید به‌اندازه‌ای شدید بجوشد که در سراسر دوره استخراج، هم‌زدن مؤثر ایجاد شود.

4. قفسه نمونه آزمون

نمونه آزمون باید در قفسه‌ای مجهز به درپوش نگهداری شود. قفسه باید به اندازه‌ای بزرگ باشد که نمونه آزمون کامل را در خود جای دهد.

جنس قفسه

قفسه را می‌توان از مواد زیر ساخت:

- پارچه یا توری سیمی آلومینیومی،
- یا پارچه یا توری سیمی فولاد زنگ‌نزن.

اندازه دهانه توری

اندازه منفذ مشخص شده عبارت است از: $25 \pm 125 \mu\text{m}$

این اندازه توری اجازه می‌دهد پلیمر حل شده از قفسه خارج شود، درحالی‌که بخش ژل نامحلول در آن باقی می‌ماند.

تمیزی قفسه

قفسه باید عاری از موارد زیر باشد:

- گریس،
- روغن،
- یا سایر آلاینده‌های محلول در زایلن.

در صورت وجود آلودگی، قفسه باید با استون شسته و پیش از استفاده خشک شود.
این موضوع یک الزام مهم کنترل کیفیت است، زیرا آلودگی می‌تواند مستقیماً بر جرم اندازه‌گیری شده اثر بگذارد.

5. تجهیزات آماده‌سازی نمونه آزمون

استاندارد تجهیزات زیر را مشخص می‌کند: تراش با پیشروی خودکار
برای ماشین‌کاری قطعات آزمون.
همچنین می‌توان از موارد زیر استفاده کرد:

- میکروتوم،
- یا ابزار برش مناسب دیگر

استاندارد استفاده از تراش را برای آماده‌سازی قطعات آزمون از لوله‌ها توصیه می‌کند.

برای اتصالات، که در آن‌ها هندسه نمونه آزمون ممکن است پیچیده‌تر باشد، استفاده از میکروتوم یا ابزار برش مناسب دیگر ضروری است.

6. آون خشک‌کن

ISO 10147 دو سامانه خشک‌کردن متفاوت را مجاز می‌داند: گزینه A – آون خلأ

آون خلأ باید قابلیت حفظ دمای زیر را داشته باشد: $2^{\circ}\text{C} \pm 90$

تحت خلأ حداقل: **0.85 bar فشار منفی، یا 85 kPa**

این مقدار تقریباً معادل است با: **0.15 bar فشار مطلق یا کمتر.**

نمونه آزمون باید حداقل به مدت زیر در این شرایط باقی بماند: **3 hours**

گزینه B – آون با تهویه اجباری

همچنین می‌توان از آون با تهویه اجباری استفاده کرد.

دمای موردنیاز: $2^{\circ}\text{C} \pm 140$

آون باید به سامانه استخراج مناسب برای خارج کردن بخارات حلال مجهز باشد.

7. ترازوی تحلیلی

ترازو باید قابلیت وزن کردن موارد زیر را داشته باشد:

- قفسه و درپوش خالی،
- قفسه به همراه نمونه آزمون اولیه،
- و باقیمانده خشک شده

با دقت: **1 mg**

این دقت توزین ضروری است، زیرا محاسبه مقدار ژل مستقیماً بر اختلاف‌های نسبتاً کوچک در جرم نمونه آزمون مبتنی است.

پیکربندی دستگاه استخراج

شکل 1 در صفحه 6 استاندارد، آرایش کامل استخراج را نشان می‌دهد.

سامانه نشان داده شده شامل موارد زیر است:

- برچسب شناسایی و سیم نازک متصل به قفسه،

- کندانسور رفلکس،
- گیره حلقه‌ای،
- ورودی آب،
- اتصال شیشه‌ای سمباده‌ای یا چوب‌پنبه،
- بالن ته‌گرد دهانه‌گشاد،
- ترانسفورمر متغیر،
- خروجی آب،
- پایه نگهدارنده،
- زایلن،
- هیتر منتل،
- و قفسه سیمی حاوی نمونه آزمون.

قفسه نمونه آزمون درون زایلن آویزان می‌شود و حلال تحت رفلکس گرم می‌گردد.

آماده‌سازی قطعات آزمون

آماده‌سازی صحیح نمونه آزمون یکی از مهم‌ترین بخش‌های ISO 10147 است.

برداشتن لایه‌های محافظ

پیش از آماده‌سازی نمونه آزمون اصلی: هرگونه لایه محافظ روی لوله یا نمونه آزمون باید برداشته شود.

این کار از تأثیر پوشش‌ها یا مواد محافظ بر نتیجه مقدار ژل جلوگیری می‌کند.

ضخامت نمونه آزمون

هر قطعه آزمون باید برشی یا تراشه‌ای با ضخامت زیر باشد: $0.02 \text{ mm} \pm 0.20$
کنترل دقیق ضخامت اهمیت دارد، زیرا هندسه نمونه آزمون بر بازده استخراج اثر می‌گذارد.

محل نمونه آزمون

نمونه آزمون باید از مقطع عرضی لوله یا اتصال برداشته شود و شامل **ضخامت کامل دیواره در حداقل یک محیط کامل** باشد
مگر آنکه استاندارد محصول مرجع طور دیگری مشخص کرده باشد. این روش نمونه‌ای نماینده از کل مقطع دیواره فراهم می‌کند.

حداقل جرم نمونه آزمون

استاندارد جرم قطعه آزمون را به میزان زیر الزامی می‌کند: **at least 0.2 g**

تغییرات شبکه‌ای شدن در ضخامت دیواره لوله

نکته‌ای بسیار مهم در آزمون PE-X این است که درجه شبکه‌ای شدن ممکن است در ضخامت دیواره لوله تغییر کند. ISO 10147 این امکان را به صراحت به رسمیت می‌شناسد.

بنابراین، اگر هدف تعیین شبکه‌ای شدن در موقعیتی خاص مانند موارد زیر باشد:

- سطح داخلی،
- سطح خارجی،
- یا بخش میانی دیواره لوله،

نمونه آزمون باید متناسب با آن برش داده شود. این الزام به‌ویژه در عیب‌یابی تولید و بهینه‌سازی فرایند اهمیت دارد.

روش اجرای آزمون تفصیلی ISO 10147

مرحله 1 – تمیزکردن و خشک کردن قفسه

پیش از شروع آزمون، مطمئن شوید که قفسه و درپوش آن:

- تمیز،
- خشک،
- و عاری از آلودگی محلول در زایلن باشند.

در صورت نیاز، قفسه را با استون تمیز کرده و کاملاً خشک کنید.

مرحله 2 – وزن کردن قفسه خالی

قفسه تمیز و خشک را به همراه درپوش آن با دقت زیر وزن کنید: **1 mg**

این جرم را به صورت زیر ثبت کنید: **m1**

بنابراین: **m1 = جرم قفسه + درپوش**

مرحله 3 – افزودن قطعه آزمون

قطعه آزمون آماده شده PE-X را داخل قفسه قرار دهید.

موارد زیر را وزن کنید: **قفسه + دریوش + قطعه آزمون**

با دقت 1 mg.

این جرم را به صورت زیر ثبت کنید: **m2**

بنابراین، جرم اولیه قطعه آزمون برابر است با: **m2 – m1**

مرحله 4 – قراردادن قفسه در بالن استخراج

قفسه حاوی قطعه آزمون را به بالن ته گرد منتقل کنید. مقدار کافی زایلن بیفزایید تا موارد زیر حفظ شود:

غوطه وری کامل نمونه آزمون در سراسر فرایند استخراج.

نمونه آزمون نباید در طول استخراج، بالاتر از سطح حلال قرار گیرد.

مرحله 5 – نسبت حلال به نمونه آزمون

نسبت جرمی حلال به نمونه آزمون باید حداقل برابر باشد با: **200:1**

برای مثال، اگر جرم نمونه آزمون برابر باشد با: **0.25 g**

حداقل جرم حلال برابر خواهد بود با: **50 g زایلن**

باین حال، باید حلال کافی نیز وجود داشته باشد تا غوطه‌وری کامل در سراسر دوره استخراج حفظ شود.

مرحله 6 – آغاز استخراج رفلاکس

زایلن را تا نقطه جوش گرم کنید.

حلال باید به اندازه‌ای بجوشد که **هم‌زدن مناسب را تضمین کند**.

زمان استخراج مشخص شده عبارت است از: **8 hours ± 30 minutes**

در این مرحله، بخش پلیمری شبکه‌ای نشده یا محلول به تدریج از نمونه آزمون خارج می‌شود. شبکه شبکه‌ای شده به صورت باقیمانده نامحلول باقی می‌ماند.

مرحله 7 – خارج کردن قفسه

پس از زمان استخراج مشخص شده، قفسه و باقیمانده باقی مانده را با دقت از خلال در حال جوش خارج کنید. احتیاط بیشتری لازم است، زیرا زایلن و دستگاه دمای بالایی دارند.

مرحله 8 – شست و شوی نهایی با زایلن خالص در حال جوش

این مرحله مهم است و نباید حذف شود. دو حالت ممکن وجود دارد.

حالت 1 – امکان خارج کردن باقیمانده از قفسه

اگر بتوان باقیمانده نامحلول را به آسانی از قفسه جدا کرد:

فقط باقیمانده را به مدت زیر در زایلن خالص در حال جوش قرار دهید: **5 minutes**

حالت 2 – امکان خارج کردن باقیمانده از قفسه وجود ندارد

اگر باقیمانده را نتوان از قفسه و درپوش جدا کرد:

مجموعه کامل قفسه + درپوش + باقیمانده

را به مدت زیر در زایلن خالص در حال جوش قرار دهید: **5 minutes**

این شست‌وشوی نهایی به حذف پلیمر محلول باقی‌مانده یا حلال استخراج آلوده کمک می‌کند.

مرحله 9 – خشک‌کردن باقیمانده

پس از شست‌وشو با زایلن در حال جوش، خشک‌کردن را با یکی از روش‌های تأییدشده کامل کنید. روش آون خلأ

حداقل به مدت: **3 hours**

در دمای: **2°C ± 90**

تحت: خلأ حداقل **0.85 bar**

روش آون با تهویه اجباری

در روش جایگزین، در آون با تهویه اجباری و دمای زیر خشک کنید: **2°C ± 140**

همراه با استخراج مناسب بخارات حلال.

مرحله 10 – خنک کردن

پس از خشک کردن، اجازه دهید نمونه آزمون یا مجموعه قفسه تا دمای محیط خنک شود و سپس وزن کشی نهایی را انجام دهید.

وزن کردن نمونه آزمون داغ می تواند به دلیل همرفت حرارتی و ناپایداری عدد نمایش داده شده ترازو خطا ایجاد کند.

مرحله 11 – وزن کشی نهایی

دو روش متفاوت برای وزن کشی مجاز است.

روش 1 – فقط باقیمانده

اگر باقیمانده نامحلول خشک شده از قفسه خارج شده است، آن را مستقیماً وزن کنید.

ثبت کنید: $m4 = \text{جرم باقیمانده خشک شده}$

روش 2 – قفسه + درپوش + باقیمانده

اگر باقیمانده به قفسه متصل باقی مانده است:

مجموعه کامل را وزن کنید.

ثبت کنید: $m_3 = \text{جرم قفسه} + \text{درپوش} + \text{باقیمانده خشک شده}$

تمام اندازه گیری های نهایی باید با دقت زیر انجام شوند: 1 mg

محاسبه درجه شبکه ای شدن

درجه شبکه ای شدن با نماد زیر مشخص می شود: G

و به صورت درصد جرمی ماده نامحلول بیان می شود.

محاسبه در صورت وزن کردن جداگانه باقیمانده

اگر فقط باقیمانده وزن شود: $G = [m4 / (m2 - m1)] \times 100$

که در آن:

$m1$ = جرم قفسه و درپوش

$m2$ = جرم قفسه، درپوش و نمونه آزمون اولیه

$m4$ = جرم باقیمانده نامحلول خشک شده

مخرج کسر: $m2 - m1$

نشان دهنده جرم اولیه نمونه آزمون است.

محاسبه در صورت وزن کردن همزمان قفسه و باقیمانده

اگر باقیمانده در قفسه باقی بماند: $G = [(m3 - m1) / (m2 - m1)] \times 100$

که در آن:

$m1$ = جرم قفسه و درپوش

m2 = جرم قفسه، درپوش و قطعه آزمون اولیه
m3 = جرم قفسه، درپوش و باقیمانده نامحلول خشک شده

بیان نتیجه

درجه نهایی شبکه‌ای شدن باید تا نزدیک‌ترین عدد صحیح بیان شود.

برای مثال:

نتیجه محاسبه شده برابر با: **74.6%**

معمولاً به صورت زیر گزارش می‌شود: **75%**

مطابق با دقت گزارش‌دهی مورد نیاز.

اصلاح بابت مقدار پرکننده

ISO 10147 مشخص می‌کند که: جرم هر پرکننده موجود در ماده باید در محاسبات لحاظ شود.

این موضوع برای ترکیبات PE-X پر شده ضروری است، زیرا پرکننده معدنی نامحلول ممکن است پس از استخراج با زایلن باقی بماند و در غیر این صورت به اشتباه بخشی از کسر ژل پلیمری محسوب شود.

مثال محاسبه

اندازه‌گیری‌های زیر را فرض کنید:

$$m1 = 15.250 \text{ g}$$

قفسه + درپوش

$$m2 = 15.500 \text{ g}$$

قفسه + درپوش + نمونه آزمون اولیه

بنابراین:

$$0.250 \text{ g} = 15.250 - 15.500$$

$$m3 = 15.435 \text{ g}$$

پس از استخراج و خشک کردن:

$$0.185 \text{ g} = 15.250 - 15.435$$

بنابراین، باقیمانده نامحلول خشک شده:

درجه شبکه‌ای شدن:

$$G = (0.185 / 0.250) \times 100$$

$$G = 74\%$$

این مقدار ژل، پیش از هرگونه اصلاح موردنیاز بابت مقدار پرکننده است.

پارامترهای بحرانی آزمون

برای دستیابی به آزمونی قابل‌اعتماد، پارامترهای زیر باید به‌دقت کنترل شوند:

ضخامت نمونه آزمون: $0.02 \text{ mm} \pm 0.20$

جرم نمونه آزمون: $0.2 \text{ g} \leq$

دقت ترازو: 1 mg

اندازه منفذ توری: $25 \pm 125 \text{ }\mu\text{m}$

حلال: زایلن با خلوص تحلیلی + 1% آنتی‌اکسیدان

حداقل نسبت حلال به نمونه: 1:200 به صورت جرمی

زمان استخراج: 8 h ± 30 min

شست و شوی نهایی با زایلن در حال جوش: 5 min

خشک کردن در خلأ: 90 ± 2°C، حداقل 3 h، خلأ $0.85 \text{ bar} \leq$

یا

خشک کردن با تهویه اجباری: 140 ± 2°C

این پارامترها برای دستیابی به نتایج مقدار ژل تکرارپذیر و قابل مقایسه، اساسی هستند.

منابع متداول خطا در آزمون

ضخامت نادرست نمونه آزمون

نمونه آزمونی خارج از محدوده مورد نیاز $0.02 \text{ mm} \pm 0.20$

ممکن است بازده استخراج را تغییر دهد.

حلال ناکافی

نمونه آزمون باید کاملاً غوطه‌ور باقی بماند و نسبت جرمی حلال به نمونه آزمون حداقل باید برابر باشد با: **200:1**
حلال ناکافی می‌تواند اثربخشی استخراج را کاهش دهد.

رفلاکس ناکافی

استاندارد برای ایجاد هم‌زدن مناسب، جوشیدن شدید را الزامی می‌کند. جوشیدن ضعیف یا ناپایدار ممکن است به استخراج ناقص منجر شود.

زمان استخراج نادرست

دوره استخراج مورد نیاز عبارت است از: **8 h ± 30 min**
تغییر زمان استخراج ممکن است بر مقدار ژل اندازه‌گیری شده اثر بگذارد.

قفسه آلوده

روغن، گریس یا آلودگی محلول در زایلن روی قفسه می تواند جرم اندازه گیری شده را تغییر دهد.

خشک کردن ناقص

زایلن باقی مانده جرم نهایی اندازه گیری شده را افزایش می دهد و در نتیجه می تواند باعث محاسبه مصنوعی بالاتر برای درجه شبکه ای شدن شود.

از دست رفتن باقیمانده

هرگونه از دست رفتن پلیمر نامحلول در حین انتقال، شست و شو یا خشک کردن، مقدار ژل محاسبه شده را به طور مصنوعی کاهش می دهد.

نادیده گرفتن مقدار پرکننده

اگر پرکننده نامحلول وجود داشته باشد و اصلاح لازم برای آن انجام نشود، نتیجه ظاهری مقدار ژل ممکن است از سطح واقعی شبکه‌ای شدن پلیمر بیشتر باشد.

چک لیست مشخصات تجهیزات آزمایشگاه

برای آزمایشگاهی که آزمون ISO 10147 را راه اندازی می‌کند، حداقل سامانه باید شامل موارد زیر باشد:

- کندانسور رفلکس
- بالن ته‌گرد $500 \text{ mL} \leq$
- هیتر منتل مناسب برای به جوش آوردن زایلن
- پایه و گیره‌های آزمایشگاهی
- قفسه توری فولاد زنگ‌نزن یا آلومینیومی
- دهانه توری: $25 \pm 125 \mu\text{m}$
- تراش با پیشروی خودکار و/یا میکروتوم
- ترازوی تحلیلی با دقت 1 mg
- آون خلأ با قابلیت $90 \pm 2^\circ\text{C}$ و خلأ $0.85 \text{ bar} \leq$

یا:

- آون با تهویه اجباری با قابلیت $2^{\circ}\text{C} \pm 140$
- هود شیمیایی مناسب برای کار با زایلن
- ظروف شیشه‌ای مناسب برای شست‌وشو با زایلن خالص
- تجهیزات حفاظت فردی و تجهیزات مناسب کار با حلال

الزامات گزارش آزمون

گزارش آزمون ISO 10147 باید شامل موارد زیر باشد:

1. ارجاع به **ISO 10147**
2. تمام جزئیات لازم برای شناسایی قطعه آزمون
3. درجه شبکه‌ای شدن اندازه‌گیری شده، **G**
4. جزئیات هرگونه انحراف از روش آزمون مشخص شده
5. جزئیات هرگونه رفتار غیرعادی مشاهده شده در طول آزمون
6. تاریخ آزمون

بنابراین، یک گزارش فنی کامل آزمایشگاه باید به آزمایشگاه دیگر یا مهندس کیفیت امکان دهد دقیقاً متوجه شود چه نمونه آزمونی آزمایش شده و آیا روش استاندارد بدون تغییر اجرا شده است یا خیر.

روند اجرای آزمون ISO 10147

آزمون کامل را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- آماده‌سازی نمونه آزمون
- وزن کردن قفسه خالی
- بارگذاری و وزن کردن نمونه آزمون
- غوطه‌وری در زایلن
- حفظ نسبت حلال به نمونه آزمون $200:1 \leq$
- رفلکس به مدت $8 \text{ h} \pm 30 \text{ min}$
- شست‌وشو در زایلن خالص در حال جوش به مدت 5 min
- خشک کردن تحت شرایط مشخص شده
- خنک کردن تا دمای محیط
- وزن‌کشی نهایی

→ اصلاح بابت پرکننده در صورت کاربرد

→ محاسبه درجه شبکه‌ای شدن

→ گزارش G تا نزدیک‌ترین عدد صحیح

جمع‌بندی

ISO 10147:2004 روشی کاملاً تعریف‌شده مبتنی بر استخراج حلالی برای برآورد درجه شبکه‌ای شدن در **لوله‌ها و اتصالات PE-X** ارائه می‌کند. اگرچه مفهوم اصلی ساده است، نتایج قابل‌اعتماد به کنترل دقیق چندین پارامتر وابسته‌اند:

- محل نمونه آزمون،
- ضخامت نمونه آزمون،
- خلوص حلال،
- غلظت آنتی‌اکسیدان،
- نسبت حلال به نمونه آزمون،
- شرایط رفلاکس،
- زمان استخراج،
- شست‌وشوی نهایی،
- شرایط خشک‌کردن،
- دقت وزن‌کشی،

• و اصلاح بابت پرکننده.

بنابراین، این آزمون صرفاً یک فرایند «جوشاندن و وزن کردن» نیست. این روش، استخراج گراویمتری کنترل شده‌ای است که در آن انحراف‌های کوچک در آماده‌سازی نمونه آزمون یا اندازه‌گیری جرم می‌توانند مستقیماً بر مقدار ژل گزارش شده اثر بگذارند.

به زبان ساده:

برش → وزن کردن → استخراج → شست و شو → خشک کردن → وزن کردن مجدد → محاسبه

این، روند اصلی ISO 10147 برای ارزیابی مقدار ژل لوله‌ها و اتصالات پلی‌اتیلن شبکه‌ای شده است.

[Gel Content Tester for PEX Products](#)