



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۶۹۸۴ ۱

تجدید نظر اول

ISIRI
6984-1
1st. Revision

پلاستیک‌ها - تعیین رفتار خزشی قسمت ۱: خزش
کششی - روش آزمون

Plastics – Determination of creep behavior
Part 1: Tensile creep

ICS:83.080.01

به نام خدا

آشنایی با موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد. تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان موسسه* صاحب نظران مراکز و موسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولید کنندگان، مصرف کنندگان، صادر کنندگان وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. بیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظر خواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که موسسات و سازمانهای علاقمند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که براساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که موسسه استاندارد تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱ کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین امللی بهره گیری می شود.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و / یا اقدام وارداتی، با تصویب شواری عالی استاندارد، اجباری نماید. موسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمانها و موسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، موسسه استاندارد این گونه سازمان ها و موسسات را براساس ضوابط نظام تائید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تایید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این موسسه است.

* موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

- 1- International organization for standardization
- 2- International Electro technical Commission
- 3- International Organization for Lrgal Metrology (Organion International de Metrology Legal)
- 4- Contact point
- 5- Codex Alimentarius Commission

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با موسسه استاندارد
۵	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۳	۳ اصطلاحات و تعاریف
۶	۴ وسایل لازم
۷	۵ مشخصات آزمون
۷	۶ روش اجرای آزمون
۱۰	۷ بیان نتایج
۱۵	۸ گزارش آزمون
۱۷	پیوست الف (اطلاعاتی)

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

پلاستیک‌ها - تعیین رفتار خزشی قسمت 4 - خزش کششی - روش آزمون

(تجدید نظر اول)

رئیس:
سمت یا نمایندگی

عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیر کبیر

اکبریان ، ماسیس

(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

دبیر:

عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیر کبیر

جوادی، عزیزه

(دکترای مهندسی پلیمر)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

شرکت سازه گستر سایپا

اتحاد، مهدیه

(فوق لیسانس مهندسی شیمی)

دانشگاه صنعتی امیر کبیر

باستانی، مهشید

(لیسانس مهندسی شیمی)

عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیر کبیر

جلالی، اعظم

(دکترای مهندسی پلیمر)

کارشناس موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

طلوعی، شهره

(لیسانس مهندسی شیمی)

دانشگاه صنعتی امیر کبیر

مشایخی، ژیلا

(لیسانس مهندسی شیمی)

عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیر کبیر

میر محمد صادقی، گیتی

(دکترای مهندسی پلیمر)

پیش گفتار

استاندارد پلاستیک‌ها - تعیین رفتار خزشی قسمت ۱: خزش کششی - روش آزمون نخستین بار در سال ۱۳۸۲ تدوین شد. این استاندارد براساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط دانشگاه امیرکبیر و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در ششصد و چهل و یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد شیمیایی و پلیمر مورخ ۸۸/۱۱/۱۴ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین ومقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ، مصوب بهمن ماه ، ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهان در زمینه صنایع ، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط موردتوجه قرار خواهد گرفت . بنابراین ، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱-۶۹۸۴ : سال ۱۳۸۳ است.

منع و مابذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

ISO 899-1: 2003 Tensile creep Part 1: (E), Plastics – Determination of creep behaviour

پلاستیک‌ها - تعیین رفتار خزشی^۱

قسمت ۱: خزش کششی - روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱ - هدف از تدوین این استاندارد ارائه روشی برای تعیین رفتار خزش کششی پلاستیک‌ها به شکل آزمون‌های استاندارد تحت شرایط خاص مانند عمل‌آوری اولیه^۲، دما و رطوبت است.

۲ ۴ این روش برای مواد پلاستیکی تقویت نشده سخت و نیمه‌سخت، پر شده و تقویت شده با الیاف مناسب است.

(آزمون‌ها دمبلی شکل هستند که مستقیماً قالب‌گیری شده یا از ورق‌ها و قطعات قالب‌گیری شده بریده می‌شوند).

۳ ۴ هدف از این آزمون تهیه اطلاعات برای طراحی‌های مهندسی، تحقیق و توسعه است. به منظور استفاده از داده‌ها در طراحی‌های مهندسی، اندازه‌گیری طول مشخصه^۳ باید با استفاده از اکستنسومتر^۴ انجام شود. برای به کارگیری داده‌ها در تحقیقات و کنترل کیفی ممکن است از فاصله بین فک‌ها (افزایش طول اسمی^۵) استفاده شود.

یادآوری - خزش کششی ممکن است با تغییر در نحوه تهیه آزمون، ابعاد آن و شرایط محیطی آزمون به میزان قابل توجهی تغییر کند. پیشینه حرارتی^۶ آزمون نیز می‌تواند اثرات قابل توجهی بر نتایج آزمون بگذارد (مطابق پیوست الف). بنابراین در صورت نیاز به نتایج قابل مقایسه دقیق، این عوامل باید به دقت کنترل شوند.

¹ Creep

² Pretreatment

³ Gage length

⁴ Extensometer

⁵ Nominal extension

⁶ Thermal history

۴ - در صورت استفاده از خواص خزش کششی جهت مقاصد طراحی مهندسی مواد پلاستیکی باید در دامنه‌ای وسیع از تنش‌ها، زمان و شرایط محیطی مورد آزمون قرار گیرند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. در صورتی که به مدارکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۴ ۱ استاندارد ملی ۲۱۱۷: سال ۱۳۸۷ پلاستیک‌ها - شرایط محیطی استاندارد برای رسیدن به شرایط تثبیت و آزمون

۴ ۲ استاندارد ملی ۹۱۱ سال ۱۳۸۵ "پلاستیک‌ها - تعیین جذب آب روش آزمون"

2-3 ISO 527-1:1993, Plastics — Determination of tensile properties — Part 1: General principles

2-4 ISO 472:1999, Plastics – Vocabulary

2-5 ISO 527-2:1993, Plastics — Determination of tensile properties — Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics.

2-6 ISO 10350-1: 1998, Plastics – Acquisition and presentation of comparable single-point data – part 1: Moulding materials

2-7 ISO 11403-1: 1998, Plastics - Acquisition and presentation of comparable multipoint data – part 1: Mechanical properties

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ISO 472:1999 و تعاریف زیر به کار می رود.

۴ ۱ خزش

افزایش کرنش با زمان تحت نیروی ثابت.

یادآوری - در پلیمرها تحت بار ثابت، به مرور زمان تغییرات ابعادی ایجاد می شود که به آن خزش اطلاق می گردد.

۴ ۲ تنش اولیه،

نیروی کششی تقسیم بر واحد سطح مقطع اولیه که از رابطه زیر بدست می آید:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

که در آن:

: تنش بر حسب مگاپاسکال؛

F: نیرو بر حسب نیوتن؛

A: سطح مقطع متوسط اولیه آزمون در قسمت باریک آزمون بر حسب میلی متر مربع.

۴ ۳ افزایش طول، $(L)_t$

افزایش طول بین دو خط نشانه در زمان t بر حسب میلی متر که از رابطه زیر بدست می آید:

$$(\Delta L)_t = L_t - L_0$$

که در آن:

L_t : طول بین دو خط نشانه روی آزمون بر حسب میلی متر در زمان اندازه گیری t در حین آزمون؛

L: طول اولیه بین دو خط نشانه روی آزمون بر حسب میلی متر بعد از اعمال بار اولیه و قبل از اعمال بار آزمون.

۴۳ افزایش طول اسمی، $(L^*)_t$

افزایش طول بین گیره ها^۱ (افزایش در فاصله جدایی گیره ها) که از رابطه زیر بدست می آید:

$$(L^*)_t = L^*_t - L^*_0$$

که در آن:

L^*_t : فاصله گیره ها در هر زمان داده شده t در حین انجام آزمون بر حسب میلی متر؛

L^*_0 : فاصله اولیه گیره ها بر حسب میلی متر بعد از اعمال بار اولیه و قبل از اعمال بار آزمون.

۴۵ کرنش خزش کششی، ϵ_t

تغییر در فاصله بین خطوط نشانه، نسبت به فاصله اولیه، که با توجه به بار اعمالی در هر زمان داده شده t در طی یک آزمون خزش انجام می شود.
 t از روابط زیر بدست می آید:

$$\epsilon_t = \frac{(\Delta L)_t}{L_0}$$
$$\epsilon_t = \frac{(\Delta L)_t}{L_0} \times 100(\%)$$

یادآوری: این کمیت به صورت نسبت بدون بعد یا بر حسب درصد بیان می شود

- ۶ کرنش خزش کششی اسمی، ϵ^*_t

تغییر در فاصله بین گیره ها نسبت به فاصله اولیه، که با توجه به بار اعمالی در هر زمان داده شده t در طی یک آزمون خزش انجام شده و با معادله زیر بیان می شود:

$$\epsilon^*_t = \frac{(\Delta L^*)_t}{L^*_0}$$

یادآوری: این کمیت به صورت نسبت بدون بعد یا بر حسب درصد بیان می گردد.

¹ Grips

۷۴ مدول خزش- کششی، E_t

نسبت تنش اولیه به کرنش خزش- کششی که روش محاسبه آن در بند ۷ ۴ ۱ شرح داده شده است.

۸۴ مدول خزش- کششی اسمی، E_t^*

نسبت تنش اولیه به کرنش خزش- کششی اسمی که روش محاسبه آن در بند ۷ ۴ ۲ شرح داده شده است.

۹۴ نمودار تنش - کرنش هم‌زمان^۱

نمودار کارتزین تغییرات تنش بر حسب کرنش خزشی در مدت زمانی مشخص پس از بارگذاری.

۱۰۴ زمان شکست

مدت زمان بین بارگذاری کامل بر روی آزمون و شکست آزمون.

۱۱۴ حد استحکام خزشی^۲

تنش اولیه‌ای که سبب شکست می‌شود (B, t) یا کرنش معینی (ϵ, t) را در زمان مشخص t ، تحت دما و رطوبت نسبی مشخص ایجاد می‌کند.

۱۲۴ برگشت خزش^۳

کاهش کرنش در هر زمان پس از برداشتن کامل بار از روی آزمون که به صورت درصدی از کرنش قبل از برداشتن بار بیان می‌گردد.

۴ وسایل لازم

1 Isocronous

2 Creep-strength limit

3 Recovery from creep

۴ ۱ دستگاه

۴ ۱ ۴ گیره باید قادر باشد بار اعمالی بر آزمون را حتی الامکان در جهت محور طولی آن وارد کند. در این صورت آزمون تحت تنش ساده قرار داشته و می توان تنش های اعمالی بر آزمون را در تمامی مقاطع عرضی عمود بر جهت اعمال بار، یکنواخت فرض نمود.

یادآوری - بهتر است از گیره هایی استفاده شود که آزمون را قبل از اعمال بار به صورت ثابت و در جهت صحیح نگه دارند. گیره هایی که خود بخود قفل می شوند و با افزایش بار اعمالی، امکان حرکت آزمون در آنها وجود دارد برای این آزمون مناسب نمی باشند.

۴ ۱ ۲ سیستم بارگذاری، باید این قابلیت را داشته باشد که بار روی آزمون را با ملایمت و بدون ایجاد اضافه بار لحظه ای و با دقت $\pm 1\%$ درصد بار مورد نظر، اعمال کند. در آزمون های خزش تا شکست، جهت جلوگیری از وقوع هر گونه شوکی که در لحظه شکست به سیستم های بارگذاری مجاور منتقل می شود، باید راهکارهایی در نظر گرفته شود. همچنین ساز و کار به کار گرفته شده باید امکان بارگذاری سریع و تجدید پذیر را فراهم کند.

۴ ۲ وسیله اندازه گیری افزایش طول، شامل هر وسیله دارای تماس یا بدون تماس با آزمون می باشد که قادر است افزایش طول بین دو خط نشانه روی آزمون تحت بار را بدون تحت تأثیر قرار دادن رفتار آزمون توسط اثرات مکانیکی (نظیر تغییر شکل های نامطلوب و ایجاد شکاف)، اثرات فیزیکی (مانند حرارت دادن آزمون) یا اثرات شیمیایی اندازه گیری کند.

در صورت استفاده از اندازه گیری کرنش بدون تماس با آزمون (نوری)، محور طولی آزمون باید عمود بر محور نوری وسیله اندازه گیری باشد. دقت وسیله اندازه گیری افزایش طول باید $\pm 0.1\%$ میلی متر باشد.

در مورد آزمون های خزش تا شکست، توصیه می شود که افزایش طول به وسیله سیستم های نوری که بدون تماس با آزمون عمل می کنند اندازه گیری شود. نمایش اتوماتیک زمان شکست بسیار مطلوب می باشد. طول نشانه باید روی آزمون علامت زده شود. این کار می تواند با استفاده از ایجاد خراش توسط یک فلز و یا رنگ هایی که دارای پایداری حرارتی باشند انجام شود.

استفاده از اندازه‌گیرهای کرنش از نوع مقاومت الکتریکی فقط زمانی مناسب است که بتوان آن را به کمک چسب به آزمون متصل کرد، البته به نحوی که کیفیت چسبندگی در طول انجام آزمون تغییر نکند. مدول اندازه گیر کرنش وقتی که به آزمون متصل می شود، باید طوری باشد که باعث تقویت آزمون نشود.

۴ ۳ وسیله اندازه‌گیری زمان، با دقت $\pm 0/1$ در صد

۴ ۴ میکرومتر، با دقت $0/01$ میلی‌متر (یا بهتر) برای اندازه‌گیری ضخامت و عرض اولیه آزمون.

۵ مشخصات آزمون‌ها

از آزمون‌هایی با شکل و ابعاد ذکر شده در استاندارد ISO 527-1 یا استاندارد مناسب مواد که برای آزمون خواص کششی می باشد، استفاده کنید.

۶ روش اجرای آزمون

۶ ۱ شرایط تثبیت آزمون و شرایط محیطی آزمون

تثبیت آزمون‌ها را بر اساس استاندارد بین المللی مواد تحت آزمون انجام دهید. در صورت عدم وجود اطلاعات لازم در مورد نحوه تثبیت آزمون، از مناسب ترین شرایط مشخص شده در استاندارد ملی ۲۱۱۷ سال ۱۳۸۷ استفاده کنید، مگر شرایط دیگری مورد توافق قرار گیرد.

رفتار خزشی آزمون علاوه بر وابستگی به پیشینه حرارتی، تحت تأثیر دما و (در صورت استفاده) رطوبت محیط تثبیت آزمون نیز می باشد. اگر آزمون از نظر میزان رطوبت به تعادل نرسیده باشد، خزش از راه های زیر تحت تاثیر قرار خواهد گرفت: یک آزمون که خیلی خشک باشد، در طی آزمون جذب آب کرده و در آن کرنش های اضافی تولید خواهد شد. همچنین در صورتی که آزمون خیلی مرطوب باشد، امکان از دست دادن رطوبت

آن در طی آزمون وجود دارد. بنابراین یک زمان تثبیت آزمون $t_{90} <$ برای آزمون بر اساس استاندارد ISO 62 توصیه می شود.

آزمون را در شرایط محیطی مشابه با شرایط تثبیت آن مورد آزمون قرار دهید، مگر شرایط دیگری مانند انجام آزمون در دماهای بیشتر یا کمتر مورد توافق باشد. مطمئن شوید که تغییرات دما در طی انجام آزمون از مقدار ± 2 درجه سلسیوس تجاوز نکند.

۲۶ اندازه‌گیری ابعاد آزمون

ابعاد آزمون‌های آماده‌سازی شده را بر اساس استاندارد ISO 527-1 اندازه بگیرید.

۳۶ قرار دادن آزمون‌ها در گیره

آزمون‌های آماده‌سازی شده با ابعاد معین را در گیره قرار دهید و دستگاه اندازه‌گیری افزایش طول را به طور مناسب تنظیم کنید.

۴۶ انتخاب مقدار تنش

مقدار تنش را متناسب با کاربرد قطعه تحت تنش انتخاب کرده و با استفاده از رابطه ارائه شده در بند ۳ ۲ بار اعمالی بر آزمون را محاسبه کنید.

۵۶ روش بارگذاری

۱۵۶ بارگذاری اولیه^۱

در صورت نیاز به بارگذاری اولیه، قبل از افزایش بار آزمون به میزان اصلی، اطمینان حاصل کنید که این کار روی نتایج آزمون اثر نگذارد. بار اولیه را پیش از رسیدن شرایط محیطی (دما و رطوبت آزمون) به شرایط مورد

^۱ Preloading

نظر جهت آزمون، اعمال نکنید. طول بین خطوط نشانه روی آزمون را پس از اعمال بار اولیه بر آن اندازه‌گیری کنید. در تمام مدت انجام آزمون، بار اولیه باید بر روی آزمون قرار داشته باشد.

۶ ۵ ۶ بارگذاری

بارگذاری روی آزمون را به آرامی تا رسیدن به بار کامل در مدت زمان یک تا پنج ثانیه پس از شروع بارگذاری تکمیل کنید. برای انجام یک سری آزمون روی یک ماده، از نرخ بارگذاری یکسان استفاده کنید. بار کل (با احتساب بار اولیه) را به عنوان بار آزمون در نظر بگیرید.

۶ ۶ برنامه زمان‌بندی اندازه‌گیری افزایش طول

زمانی را که آزمون کاملاً بارگذاری شده است به عنوان $t = 0$ در نظر بگیرید. زمان‌های انجام اندازه‌گیری را بر مبنای نمودار خزش ماده تحت آزمون انتخاب کنید. در مواردی که اندازه‌گیری به صورت اتوماتیک یا پیوسته انجام می‌شود، بهتر است از برنامه زمان‌بندی زیر استفاده کنید:

۱ دقیقه، ۳ دقیقه، ۶ دقیقه، ۱۲ دقیقه، ۳۰ دقیقه؛

۱ ساعت، ۲ ساعت، ۵ ساعت، ۱۰ ساعت، ۲۰ ساعت، ۵۰ ساعت، ۱۰۰ ساعت، ۲۰۰ ساعت، ۵۰۰ ساعت، ۱۰۰۰ ساعت و ...

اگر در نمودار کرنش خزشی بر حسب زمان، ناپیوستگی مشاهده شود، اندازه‌گیری‌ها را در فواصل زمانی کوتاه‌تری نسبت به مقادیر توصیه شده فوق انجام دهید.

۶ ۷ اندازه‌گیری زمان

کل زمان سپری شده برای هر اندازه‌گیری خزش را با دقت $\pm 0.1\%$ درصد یا ± 2 ثانیه (هر کدام که رواداری^۱ کمتری نشان می‌دهد) اندازه‌گیری کنید.

^۱ Tolerance

۸۶ کنترل دما و رطوبت

دما و رطوبت نسبی (در صورت نیاز به اندازه‌گیری) را در ابتدای آزمون و سپس حداقل سه بار در روز ثبت کنید، مگر در مواردی که آنها به صورت اتوماتیک ثبت می‌شوند. پس از برقراری شرایط پایدار در محدوده تعیین شده می‌توان این بررسی را در فواصل زمانی طولانی‌تر انجام داد (لااقل یک بار در روز).

۹۶ اندازه‌گیری نرخ بازگشت (اختیاری)

به منظور تکمیل آزمون‌های بدون شکست، بار را به سرعت از روی آزمون‌ه برداشته و به عنوان مثال با استفاده از جدول زمانی مشابه اندازه‌گیری خزش، نرخ بازگشت را اندازه‌گیری کنید.

۷ بیان نتایج

۱۴ روش محاسبه

۱۴۷ مدول خزش کششی، E_t

مدول خزش کششی E_t ، را با تقسیم نمودن تنش اولیه بر کرنش ϵ_t در هر یک از زمان‌های اندازه‌گیری انتخاب شده بدست آورید.
 E_t با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$E_t = \frac{\sigma}{\epsilon_t} = \frac{F \cdot L_0}{A \cdot (\Delta L)_t}$$

که در آن:

E_t : مدول خزش کششی بر حسب مگاپاسکال؛

F : نیروی اعمالی بر حسب نیوتن؛

L : طول اولیه بین خطوط نشانه بر حسب میلی‌متر؛

A : سطح مقطع عرضی اولیه آزمون‌ه بر حسب میلی‌متر مربع؛

$(L)_t$: تغییر طول در زمان t بر حسب میلی متر است.

۲-۴-۷ مدول خزش کششی اسمی، E_t^*

مدول خزش کششی اسمی، E_t^* ، را با تقسیم نمودن تنش اولیه بر کرنش اسمی، ε_t^* ، در هر یک از زمان‌های اندازه‌گیری انتخاب شده بدست آورید.
 E_t^* بر حسب مگاپاسکال با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$E_t^* = \frac{\sigma}{\varepsilon_t^*} = \frac{F \cdot L_0^*}{A \cdot (\Delta L)_t}$$

که در آن:

F : نیروی اعمالی بر حسب نیوتن؛

L_0^* : فاصله بین گیره‌ها، بر حسب میلی متر؛

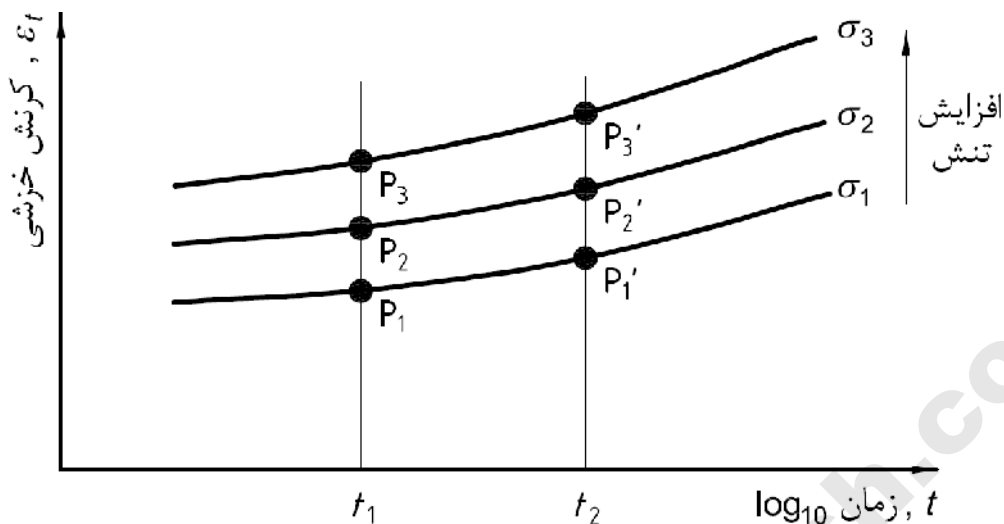
A : سطح مقطع عرضی اولیه آزمون، بر حسب میلی متر مربع؛

$(L^*)_t$: افزایش فاصله بین گیره‌ها در زمان t ، بر حسب میلی متر است.

۲-۴-۸ ارائه نتایج

۱-۴-۷ نمودارهای خزش

اگر آزمون در دماهای مختلف انجام شود، ترجیحاً باید داده‌های اولیه برای هر دما به صورت نمودارهای خزش نشان داده شوند که در آن تغییرات کرنش کششی بر حسب لگاریتم زمان ارائه می‌شود. به ازای هر تنش اولیه مورد استفاده، یک نمودار رسم می‌گردد (مطابق شکل ۱). همچنین ممکن است داده‌ها به صورت دیگری نیز ارائه شود. که به عنوان مثال در بندهای ۲-۴-۷ و ۳-۴-۷ برای کاربردهای خاص توضیح داده شده است.



شکل ۱ - نمودارهای خزش

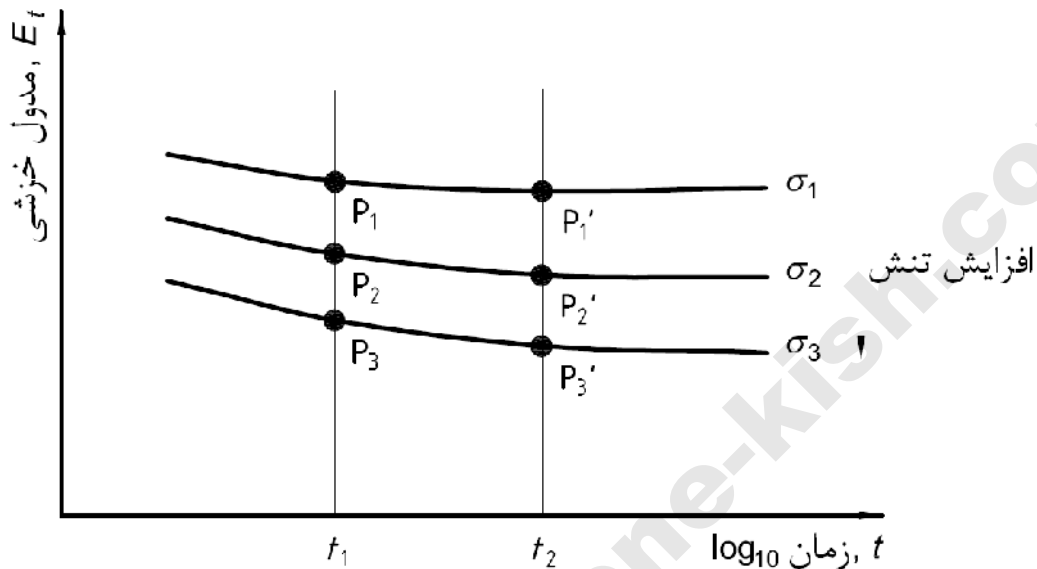
۲ ۴ ۷ نمودارهای مدول خزشی بر حسب زمان

برای هر تنش اولیه به کار رفته، مدول خزش کششی محاسبه شده مطابق بند ۱ ۷ می‌تواند برحسب لگاریتم مدت زمانی که آزمون تحت بار بوده رسم شود (مطابق شکل ۲). اگر آزمون در دماهای مختلفی انجام شود، برای هر دما یک سری نمودار رسم کنید.

۳ ۴ ۷ نمودارهای تنش - کرنش همزمان

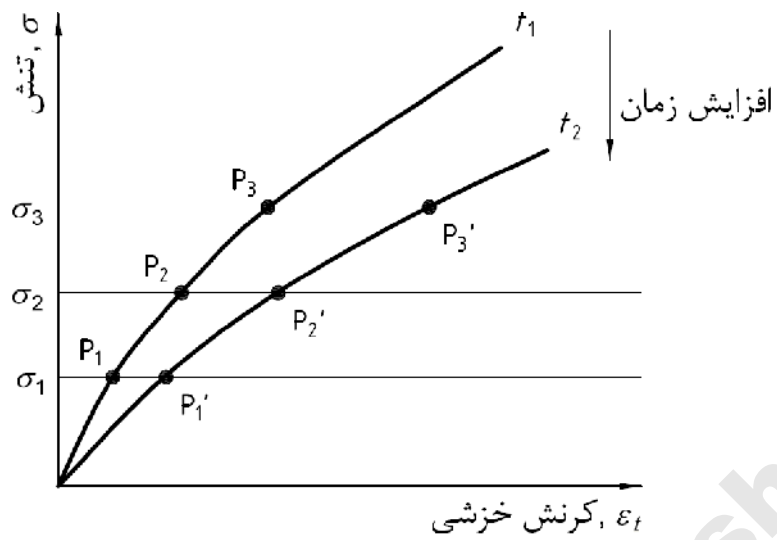
نمودار تنش - کرنش همزمان، نموداری کارترین است که چگونگی وابستگی کرنش به نیروی اعمالی را در زمان مشخصی پس از بارگذاری نشان می‌دهد. معمولاً با توجه به مدت زمان‌های مختلفی که آزمون تحت بار بوده است چند نمودار رسم می‌شود (مثلاً برای ۱، ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ ساعت). از آنجایی که آزمون خزش فقط یک نقطه از هر نمودار را بدست می‌دهد، لازم است که آزمون لاقط در سه تنش مختلف و ترجیحاً

بیشتر از آن انجام شود تا بتوان نمودار تنش - کرنش همزمان را بدست آورد (مطابق استاندارد -ISO 11403).



شکل ۲ - نمودارهای مدول خزش بر حسب زمان

برای تعیین نمودار تنش - کرنش همزمان برای یک زمان مشخص تحت بار (مثلاً ۱۰ ساعت)، از نمودارهای نشان داده شده در شکل ۱ استفاده کنید. از هر نمودار، مقدار کرنش در ۱۰ ساعت را بخوانید. سپس مقادیر کرنش را (در محور افقی یا محور X) بر حسب مقادیر تنش مربوطه (در محور عمودی یا محور Y) رسم کنید. این کار را برای زمان‌های دیگر نیز تکرار کنید تا یک سری نمودار هم‌زمان بدست آید (مطابق شکل ۳). اگر آزمون در دماهای مختلف انجام می‌شود، یک سری نمودار برای هر دما رسم کنید.



شکل ۳ - نمودارهای تنش - کرنش همزمان



شکل ۴ - نمودارهای خزش تا شکست

۴ ۴ ۷ ارائه نتایج به صورت سه بعدی

در انواع مختلف نمودارها که از داده‌های اولیه آزمون خزش بدست می‌آیند (مطابق شکل ۱ تا ۳) رابطه $\varepsilon = f(t, \sigma)$ برقرار است. این رابطه می‌تواند از داده‌های اولیه آزمون خزش بدست آید. این رابطه می‌تواند در فضای سه‌بعدی به صورت یک سطح نمایش داده شود.

همه نمودارهایی که از داده‌های اولیه آزمون خزش بدست می‌آیند، قسمتی از این سطح را تشکیل می‌دهند. از آنجایی که ذاتاً در هر اندازه‌گیری خطای آزمون وجود دارد، نقاط مربوط به نتایج واقعی دقیقاً روی نمودار قرار نمی‌گیرند.

بنابراین می‌توان با استفاده از نمودارهای فوق سطح $\varepsilon = f(t, \sigma)$ را ایجاد کرد. ولی برای هموارسازی نمودار معمولاً عملیات هموارسازی پیچیده‌ای ضروری می‌باشد. تکنیک‌های کامپیوتری به ما اجازه می‌دهد که این کار را با سرعت و صحت بالا انجام دهیم.

۵ ۴ ۷ نمودارهای خزش تا شکست

نمودارهای خزش تا شکست، امکان پیش‌بینی زمان شکست در هر تنش را فراهم می‌سازد. این نمودارها ممکن است به صورت تنش برحسب لگاریتم زمان (مطابق شکل ۴) یا لگاریتم تنش برحسب لگاریتم زمان رسم شوند.

۸ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف) شماره این استاندارد ملی ایران؛

ب) توصیف کاملی از مواد مورد آزمون مانند ترکیب، طرز تهیه، سازنده، نام تجاری، شماره کد، تاریخ ساخت، نوع قالب‌گیری و هرگونه عملیات حرارتی؛

پ) ابعاد هر آزمون؛

ت) روش تهیه آزمون‌ها؛

ث) جهت محورهای اصلی آزمون‌ها با توجه به ابعاد محصول یا جهت معین و منتج شده‌ای در ماده؛

ج) جزئیات شرایط استفاده شده برای تثبیت آزمون و آزمون؛

چ) تعیین اینکه کدامیک از مدول های خزش کششی E_t یا E_t^* محاسبه شده است؛

ح) ارائه نتایج مربوط به آزمون خزش در هر دما به صورت یک یا چند نمودار مطابق بند ۷ ۲ یا در یک جدول؛

خ) کرنش وابسته به زمان پس از برداشتن بار از روی آزمون، در صورتی که اندازه گیری نرخ بازگشت انجام شده

باشد (مطابق بند ۶ ۹)؛

د) تاریخ انجام آزمون.

«پیوست الف»

(اطلاعاتی)

اثرات زمانمندی^۱ فیزیکی بر روی خزش پلیمرها

الف ۱ اصول کلی

زمانمندی فیزیکی هنگامی روی می‌دهد که پلیمر از دمای بالایی که در آن تحرک مولکولی زیاد است به دمای پایین‌تری که در آن مدت زمان‌های آسودگی^۲ برای حرکات مولکولی (در مقایسه با مدت زمان نگهداری در آن دما) طولانی است، برسد. تحت این شرایط، تغییرات ساختاری در طی مدت زمان طولانی به وقوع می‌پیوندد. این تغییرات شامل نظم یافتن مجدد^۳، شکل و فشردگی^۴ مولکول‌ها می‌باشد، تا جایی که پلیمر به حالت تعادل ساختاری در دمای پایین‌تر برسد. به همراه این فرآیند زمانمندی، کاهش فزاینده در حرکت مولکولی پلیمر حتی زمانی که دما ثابت بماند ادامه می‌یابد. به عنوان نتیجه مستقیم این فرآیند، تغییر شکل خزشی بوجود آمده در اثر اعمال تنش بر پلیمر، به عمر پلیمر بستگی خواهد داشت، به طوری که نرخ خزش در مواد با عمر بالاتر کمتر می‌باشد.

این مسئله در شکل الف ۱ که مربوط به نمودارهای نرمش خزشی (عکس مدول خزشی)^۵ آزمون‌های PVC با عمرهای مختلف می‌باشد مشخص شده است. هر یک از این آزمون‌ها از دمای ۸۵ درجه سلسیوس (نزدیک T_g) سریع سرد شده و در دمای ۲۳ درجه سلسیوس که دمای آزمون می‌باشد برای زمان‌های مختلف (t_e) قبل از بارگذاری نگهداری شده‌اند. پس عمر فیزیکی یک آزمون با t_e تعریف می‌شود و مشاهده می‌گردد که هرچه عمر آزمون بیشتر باشد، نمودار خزش بیشتر به سمت محور زمان انتقال می‌یابد.

الف ۲ خزش در دماهای بالا

اثر زمانمندی فیزیکی بر روی رفتار خزش، هنگامی که اندازه‌گیری در دماهای بالاتر و بدنبال یک دوره زمانی نگهداری در دمای پائین‌تر، انجام گیرد به مراتب پیچیده‌تر می‌شود. تحت چنین شرایطی زمانمندی فیزیکی که در طی زمان نگهداری در دمای پایین‌تر بوجود آمده، هنگامی که آزمون تا رسیدن به دمای آزمون حرارت ببیند، موقتاً برگشت‌پذیر خواهد بود. نرخ این برگشت‌پذیری به میزان تغییرات دما و عمر آزمون در

1-Ageing

2- Relaxation times

3- Rearrangement

4- Packing

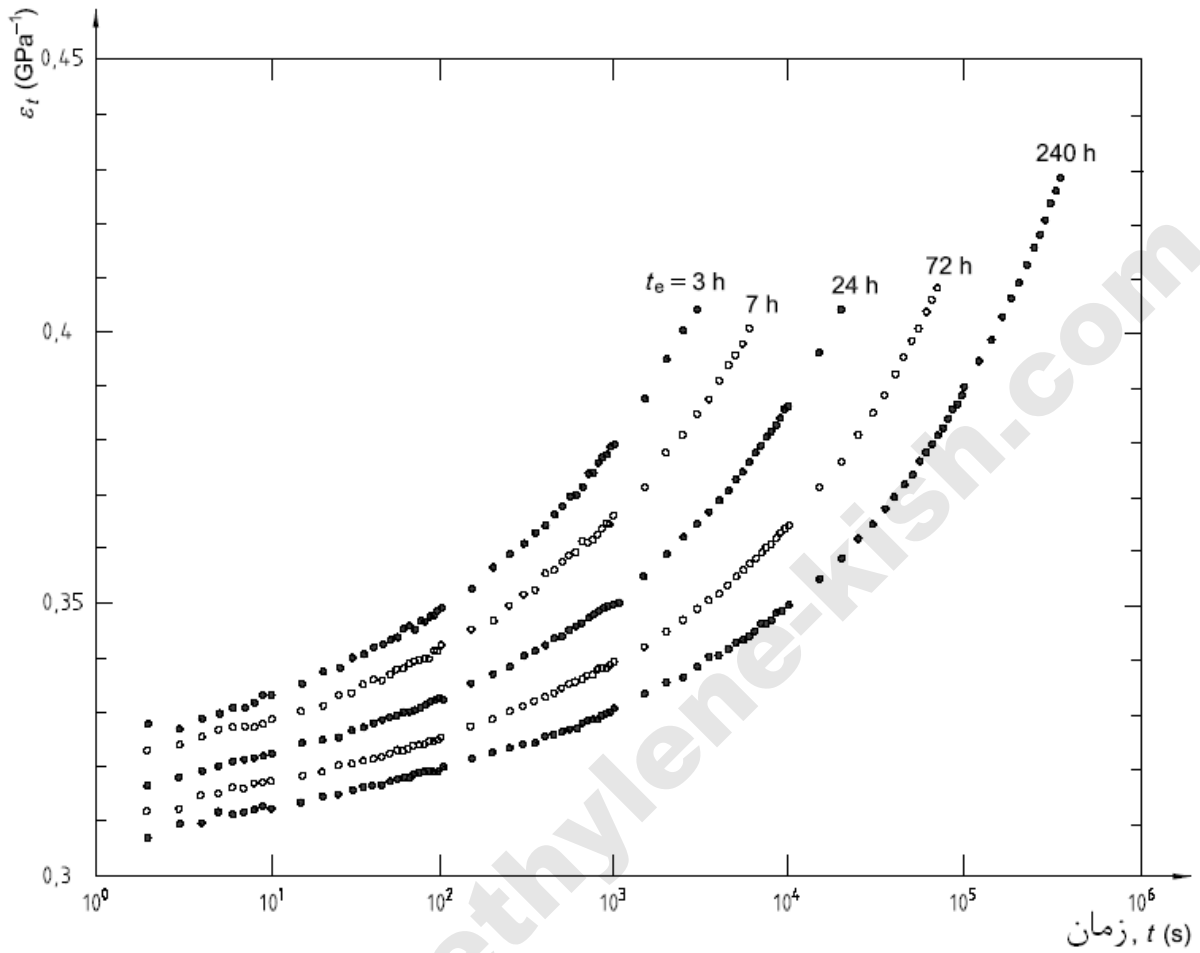
5- Creep compliance

هنگام افزایش دما بستگی دارد. به دنبال کاهش عمر ظاهری (یا مؤثر) آزمون، زمانمندی فیزیکی در دمای بالاتر، دوباره فعال می‌شود. ابعاد زمانی که در آن این امر اتفاق می‌افتد به شرایط آزمون بستگی دارد. یک نتیجه این تغییرات در حالت زمانمندی که در اثر افزایش دما صورت می‌گیرد، وابستگی رفتار خزش در دمای بالا به زمان نگهداری آزمون در آن دما (قبل از بارگذاری) می‌باشد.

در شکل الف ۲ نمونه‌ای از روش‌هایی که در آن‌ها این نوع پیشینه حرارتی بر عکس مدول خزشی اثر می‌گذارد نشان داده شده است. در اینجا آزمون‌ها به مدت ۲۰۰ ساعت (t_{e1}) در دمای ۲۳ درجه سلسیوس نگهداری شده و سپس در دمای ۴۴ درجه سلسیوس تحت آزمون خزش قرار گرفته‌اند. سپس نمودارهای خزش بعد از نگهداری در دمای ۴۴ درجه سلسیوس (t_{e2}) در مدت زمان‌های مختلف (قبل از بارگذاری) تعیین شده‌اند. علی‌رغم زمان نسبتاً طولانی قرارگیری آزمون‌ها در دمای محیط (t_{e1})، رفتار خزش آنها وابستگی شدید به زمان نگهداری t_{e2} را نشان می‌دهد.

در شکل الف ۳ نمودارهای آزمون خزش در شرایط مشابه، اما در زمان نگهداری t_{e1} بیش از یکسال (در دمای ۲۳ درجه سلسیوس قبل از حرارت دادن تا دمای آزمون) نشان داده شده است.

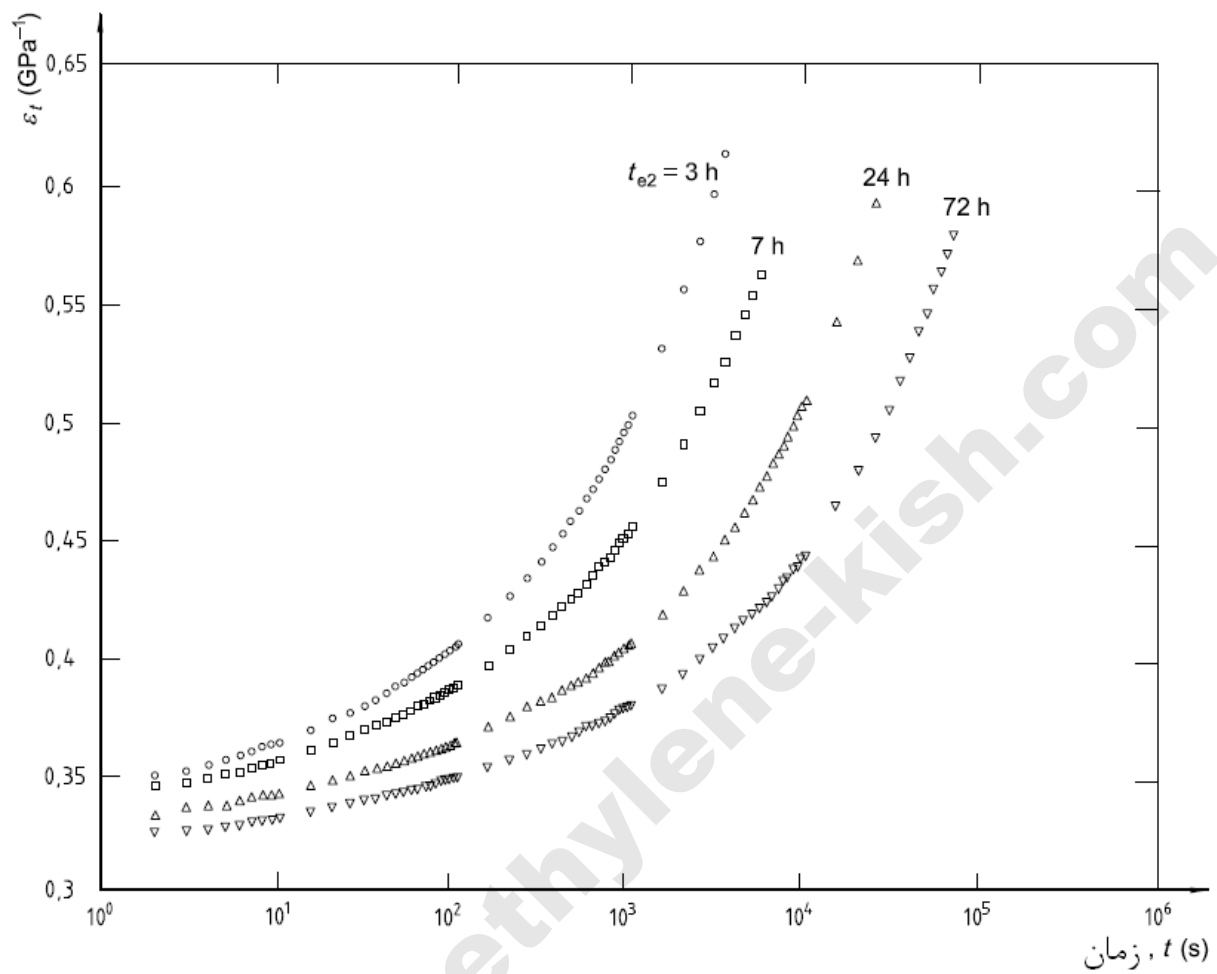
در اینجا کاهش فزاینده در عمر مؤثر آزمون‌ها، در حقیقت به صورت انتقال نمودار به زمان‌های خزش کوتاه‌تر مشاهده می‌شود. این امر بیانگر تغییرات ساختاری گسترده‌تر در آزمون‌ها بر اثر زمانمندی فیزیکی قبل از حرارت دیدن می‌باشد.



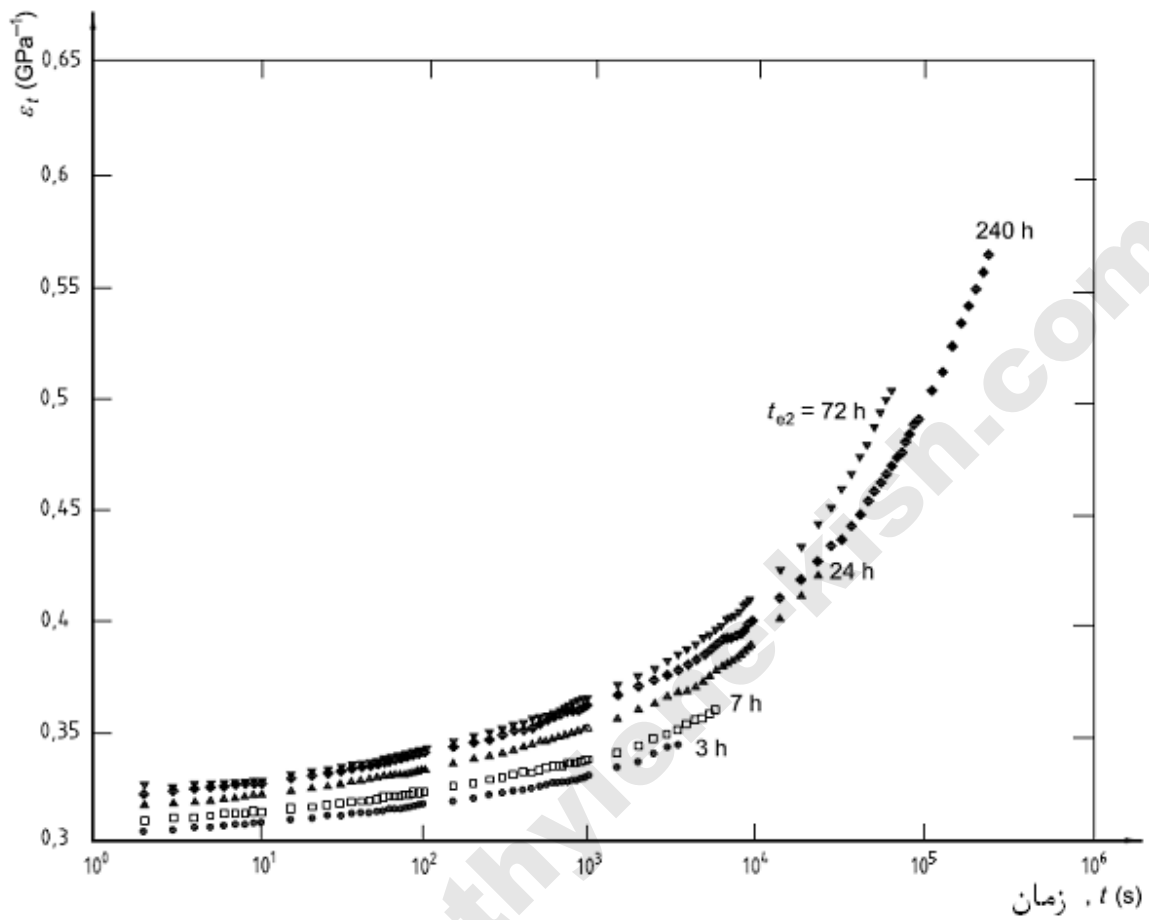
شکل الف ۱ نمودارهای خزش برای PVC در ۲۳ درجهٔ سلسیوس که در

زمان‌های مختلف (t_e) بعد از سرد شدن سریع آزمون از ۸۵ درجهٔ

به ۲۳ درجهٔ سلسیوس تعیین شده‌اند.



شکل الف ۲ نمودارهای خزش برای PVC در دمای ۴۴ درجه سلسیوس که توسط اعمال بار در زمان‌های مختلف (t_{e2}) بعد از گرمادهی از ۲۳ درجه سلسیوس تعیین شده است. (آزمون قبل از حرارت دیدن به مدت ۲۰۰ ساعت در دمای ۲۳ درجه سلسیوس قرار گرفته است).



شکل الف ۳ نمودار مشابه شکل الف ۲ مربوط به آزمونه ای که قبل از حرارت دیدن به مدت بیش از یک سال در دمای ۲۳ درجهٔ سلسیوس قرار گرفته است.

www.parsethylene-kish.com