

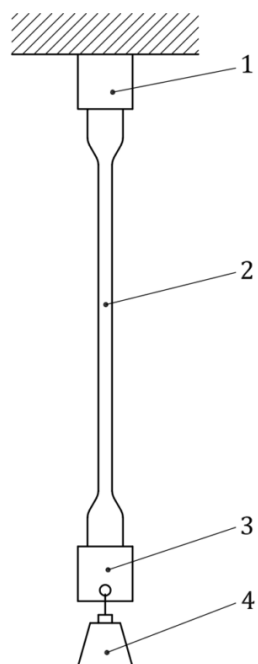
4 تجهیزات

4.1 اندازه‌گیری‌های ازدیاد طول ثابت
4.1.1 دستگاه کشش، متشکل از یک میله فلزی یا راهنمای مناسب دیگر که به جفت نگهدارنده‌ها مجهز شده است؛ یکی ثابت و دیگری متحرک، برای نگه‌داشتن دو انتهای قطعه آزمون. نگهدارنده‌ها باید برای قطعات آزمون نواری، به شکل گیره‌های خودسفت‌شونده، برای نگه‌داشتن انتهای زبانه‌ای (بزرگ‌شده)، به شکل فک و برای قطعات آزمون حلقه‌ای، به شکل قرقره‌های تخت با عرض تقریبی 5 mm و قطر 10 mm باشند. در صورت تمایل، می‌توان وسیله‌ای برای حرکت دادن نگهدارنده متحرک، به جای حرکت دستی، مانند یک میله رزوه‌دار، در نظر گرفت. همچنین می‌توان برای جلوگیری از کشش بیش از حد در مرحله اولیه کشش قطعه آزمون، از توقفگاه‌ها یا مدرج‌سازی مناسب استفاده کرد. دستگاه کشش باید به گونه‌ای طراحی شود که هنگام استفاده در دماهای بالا درون آن، بتوان آن را طوری قرار داد که طول مرجع قطعه آزمون بر جهت جریان هوا عمود باشد. همچنین جرم دستگاه باید حداقل باشد تا پس از قرار دادن آن در آن، از تأخیر بیش از حد در رسیدن به تعادل دمایی جلوگیری شود. می‌توان از دستگاه کشش چندواحدی استفاده کرد، مشروط بر اینکه الزامات فوق را برآورده کند.

4.1.2 آون، مطابق با الزامات (ISO 188) چنانچه آزمون قرار است در دمایی بالاتر از دمای استاندارد آزمایشگاه انجام شود). برای زمان‌های گرمایش کوتاه، کنترل جریان هوا ضروری نیست.
4.1.3 وسیله اندازه‌گیری طول، با قابلیت اندازه‌گیری طول مرجع قطعه آزمون با دقت 0,1 mm. برای قطعات آزمون نواری، باید علامت‌گذاری برای مشخص کردن طول مورد استفاده به عنوان طول مرجع فراهم شود. برای قطعات آزمون حلقه‌ای، طول مرجع می‌تواند قطر داخلی حلقه باشد؛ در این صورت باید از مخروط مدرجی استفاده شود که امکان اندازه‌گیری با دقت 0,1mm را فراهم کند. به عنوان گزینه جایگزین، چنانچه اندازه‌گیری‌ها قرار است روی یک طول مرجع مستقیم انجام شوند، باید کانالی صلب با عمق 3,5 mm و عرض 20 mm برای قطعات آزمون حلقه‌ای بزرگ و عمق 1,75 mm و عرض 10 mm برای قطعات آزمون حلقه‌ای کوچک فراهم شود تا بخش‌هایی از این قطعات آزمون هنگام علامت‌گذاری و اندازه‌گیری طول مرجع صاف شوند.

4.2 اندازه‌گیری‌های بار ثابت

4.2.1 دستگاه کشش، شامل گیره‌ها و وزنه‌ها یا تجهیزات معادل، برای اعمال بار به قطعات آزمون (شکل 1 را ببینید).



- Key**
- 1 fixed clamp
 - 2 test piece
 - 3 clamp for holding weight
 - 4 weight

Figure 1 — Straining device

4.2.2 وسیله اندازه‌گیری ضخامت و عرض، شامل یک گیج برای اندازه‌گیری ضخامت و، در صورت لزوم، عرض قطعه آزمون مطابق با ISO 23529:2010، روش A.

عرض قطعات آزمون برش خورده باید به عنوان فاصله بین لبه‌های برش قالب در قسمت باریک در نظر گرفته شود؛ در این صورت باید وسیله‌ای با قابلیت اندازه‌گیری عرض با دقت 0,05 mm مطابق با ISO 23529 فراهم شود.

4.2.3 وسیله اندازه‌گیری طول، با قابلیت اندازه‌گیری طول مرجع با دقت 0,1 mm.

5 کالیبراسیون

دستگاه آزمون باید مطابق برنامه ارائه شده در پیوست A کالیبره شود.

6 قطعات آزمون

6.1 آماده‌سازی

قطعات آزمون باید مطابق با ISO 23529 آماده شوند. این قطعات باید از ورق تخت با ضخامت $2 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ به جز قطعات آزمون حلقه‌ای بزرگ که باید از ورق با ضخامت $4 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ بریده شوند؛ ورق‌ها نیز باید مطابق با ISO 23529، از طریق قالب‌گیری یا برش و پرداخت آماده شده باشند.

قطعات آزمون نواری و قطعات آزمون نواری با انتهای بزرگ شده باید با استفاده از قالب برش تیز و تیغه‌ای مطابق مشخصات ISO 23529 بریده شوند. قطعات آزمون حلقه‌ای باید با استفاده از یک جفت قالب دایره‌ای متحدالمرکز یا تیغه‌های برش چرخان از ورق بریده شوند. فاصله بین دو لبه برش نباید بیش از 0,05 mm با مقدار میانگین اختلاف داشته باشد.

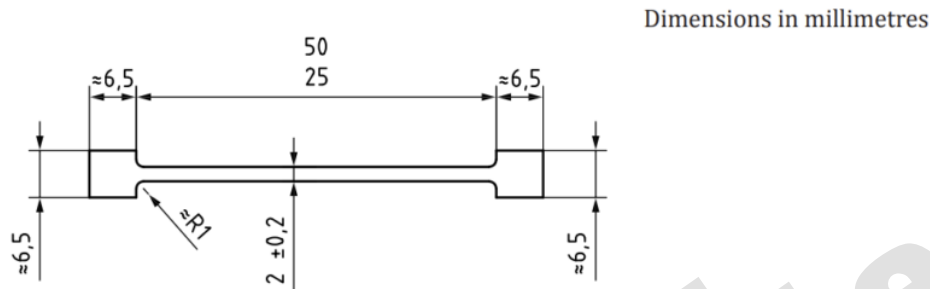
6.2 قطعات آزمون برای آزمون با ازدیاد طول ثابت

6.2.1 قطعات آزمون نواری

عرض قطعات آزمون نواری باید بین 2 mm و 10 mm باشد. عرض 6 mm ترجیح داده می‌شود. طول هر نوار به طول مرجع انتخاب شده و نوع دستگاه کشش بستگی دارد.

6.2.2 قطعات آزمون نواری با انتهای بزرگ شده

قطعات آزمون با انتهای بزرگ شده باید مطابق شکل 2 باشند و دارای بخش باریکی به طول بین 25 mm و 50 mm باشند که به عنوان طول مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرد.



Thickness 2 mm ± 0,2 mm

Figure 2 — Test piece with enlarged ends

6.2.3 قطعات آزمون حلقه‌ای
قطعات آزمون حلقه‌ای باید یکی از اندازه‌های زیر را داشته باشند:
قطعه آزمون حلقه‌ای بزرگ:

- ضخامت: 4 mm ± 0,2 mm
- قطر خارجی: 52,6 mm ± 0,2 mm
- قطر داخلی: 44,6 mm ± 0,2 mm

قطعه آزمون حلقه‌ای کوچک:

- ضخامت: 2 mm ± 0,2 mm
- قطر خارجی: 33,5 mm ± 0,2 mm
- قطر داخلی: 29,5 mm ± 0,2 mm

6.3 قطعات آزمون برای آزمون با بار ثابت
قطعات آزمون باید شکل و ابعاد نشان داده شده در شکل 3 را داشته باشند.

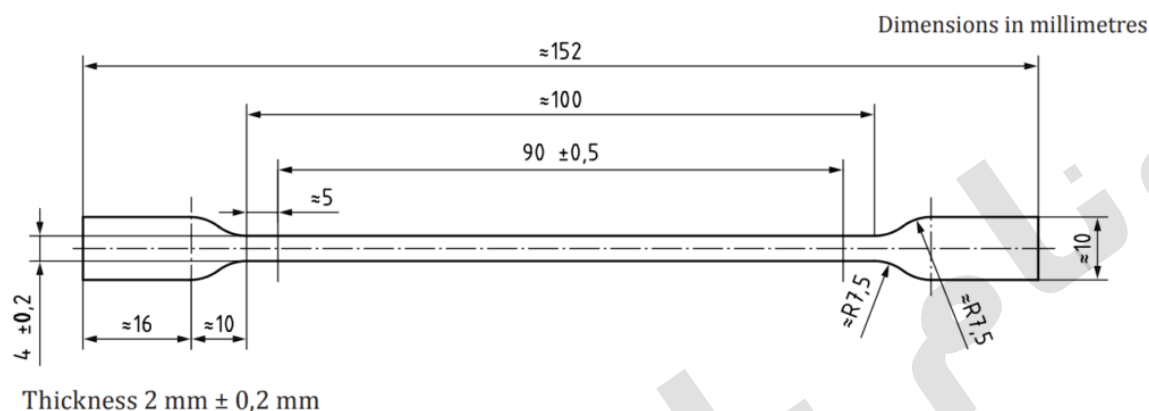


Figure 3 — Test piece for constant loading

7 روش اجرا

7.1 آزمون با ازدیاد طول ثابت

7.1.1 اندازه گیری قطعات آزمون

طول مرجع بدون کشش (L₁) هر قطعه آزمون را در دمای استاندارد آزمایشگاه، با دقت 0,1 mm اندازه گیری کنید. قطعات آزمون را به روش مناسب در دستگاه کشش قرار دهید.

7.1.2 کشش قطعات آزمون

قطعات آزمون را تا کرنش مورد نیاز بکشید. هنگام آزمون قطعات آزمون حلقه ای، قرقره ها را با دست کمی بچرخانید تا کرنش در دو نیمه حلقه یکسان

شود. اطمینان حاصل کنید که طول مرجع بین دو قرقره در مرکز قرار داشته باشد.

بین 10 min و 20 min پس از رسیدن به کرنش مشخص شده، طول مرجع کشیده شده (L2) را با دقت 0,1 mm اندازه گیری کنید. هنگامی که قطر داخلی قطعات آزمون حلقه ای به عنوان طول مرجع استفاده می شود، این مقدار را می توان از قطر قرقره ها و فاصله بین آن ها، که با دقت 0,1 mm اندازه گیری شده است، محاسبه کرد. اگر کرنش محاسبه شده مطابق با 7.1.4.1، با در نظر گرفتن تolerانس ها، با مقدار استاندارد مناسب مطابقت نداشته باشد، قطعه آزمون را کنار بگذارید و قطعه آزمون جایگزینی را با کرنش اعمالی اصلاح شده آماده و آزمایش کنید.

7.1.3 قرارگیری در معرض دمای آزمون

7.1.3.1 آزمون ها در دمای استاندارد آزمایشگاه

قطعات آزمون کشیده شده را در دمای استاندارد آزمایشگاه نگه دارید.

بلافاصله پس از پایان دوره آزمون، کشش را آزاد کنید، قطعات آزمون را از گیره ها یا قرقره ها خارج کرده و آزادانه روی سطح چوبی تخت و نجسب قرار دهید. پس از 30 min+3، طول مرجع را با دقت 0,1 mm (L5) اندازه گیری کنید.

7.1.3.2 آزمون ها در دماهایی غیر از دمای استاندارد آزمایشگاه

بین 20 min و 30 min پس از رسیدن به کرنش مشخص شده، قطعات آزمون کشیده شده را در آونی که در دمای آزمون کار می کند قرار دهید و آن ها را برای مدت مشخص شده در آون نگه دارید.

برای خنک کردن قطعات آزمون و آزاد کردن کشش، سه روش وجود دارد که روش A ترجیح داده می شود.

روش A

در پایان دوره آزمون، دستگاه کشش را از آون خارج کرده و بلافاصله کشش را آزاد کنید؛ سپس قطعات آزمون را از گیره ها یا قرقره ها خارج کرده و روی سطح چوبی تخت و نجسب قرار دهید. پس از 30 min+3، طول مرجع را با دقت 0,1 mm اندازه گیری کنید.

روش B

در پایان دوره آزمون، دستگاه کشش را از آون خارج کنید، اما قطعات آزمون را در حالت کشیده شده باقی بگذارید. پس از 30 min+3، کشش را آزاد کرده، قطعات آزمون را از گیره ها یا قرقه ها خارج کنید و روی سطح چوبی تخت و نجسب قرار دهید. پس از 30 min+3 دیگر، طول مرجع را با دقت 0,1 mm اندازه گیری کنید.

روش C

در پایان دوره آزمون، درحالی که قطعات آزمون همچنان در آون و در دمای آزمون قرار دارند، کشش را آزاد کنید. پس از 30 min+3، دستگاه کشش را از آون خارج کرده، قطعات آزمون را از گیره ها یا قرقه ها خارج کنید و روی سطح چوبی تخت و نجسب قرار دهید. پس از 30 min+3 دیگر، طول مرجع را با دقت 0,1 mm اندازه گیری کنید.

7.1.4 شرایط آزمون

7.1.4.1 کرنش

کرنش λ را برحسب %، با استفاده از معادله زیر محاسبه کنید:

$$\lambda = (L_2 - L_1) \times \frac{100}{L_1}$$

where

L_1 is the original, unstrained, reference length;

L_2 is the strained reference length.

کرنش باید یکی از مقادیر زیر باشد:

15 % $\pm$ 1,5 %

20 ± 2 %
25 ± 2,5 %
50 ± 5 %
75 ± 7,5 %
100 ± 10 %
200 ± 10 %
300 ± 10 %

مقادیر کرنش باید بر اساس نوع لاستیک (ولکانیزه یا ترموپلاستیک) و کاربرد نهایی انتخاب شوند. برای لاستیک‌های ولکانیزه، توصیه می‌شود ازدیاد طول‌های بیشتر از یک سوم ازدیاد طول در نقطه شکست در دمای آزمون استفاده نشود. مقدار کرنش 100 %، مگر آنکه ملاحظات فوق خلاف آن را ایجاب کنند، مقدار ترجیحی است. برای لاستیک‌های ترموپلاستیک که نقطه تسلیم دارند، فقط نتایج محاسبه شده در مقادیر کرنش کمتر از نقطه تسلیم معتبر هستند. در صورت امکان، مقدار 20 ± 2 % برای لاستیک‌های ترموپلاستیک ترجیح داده می‌شود.

7.1.4.2 دوره آزمون

قطعات آزمون معمولاً باید به مدت 2 h، 72-2h-24 یا 2h-168 تحت کشش باشند؛ این دوره از 30 min پس از اعمال کرنش آغاز می‌شود. چنانچه دوره آزمون طولانی‌تری مورد نیاز باشد، باید از میان دوره‌های ارائه شده در ISO 23529 انتخاب شود.

7.1.4.3 دمای آزمون

دمای آزمون باید از میان دماهای ارائه شده در ISO 23529 انتخاب شود. چنانچه در مشخصات محصول مربوطه دمایی تعیین نشده باشد، دمای $70^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ توصیه می‌شود.

7.2 آزمون با بار ثابت

7.2.1 کلیات

طول قطعه آزمون بین علائم مرجع (L1)، ضخامت و عرض آن را در دمای استاندارد آزمایشگاه اندازه‌گیری کنید.
قطعات آزمون را در دستگاه کشش گیره کنید و بر اساس سطح مقطع اولیه قطعه آزمون، باری معادل تنش $2,5 \text{ MPa} \pm 0,1 \text{ MPa}$ به آن‌ها اعمال کنید.
بار باید بدون ضربه اعمال شود.
اگر در طول آزمون، تنش $2,5 \text{ MPa}$ بیش از حد زیاد باشد، می‌توان از تنش $1,0 \text{ MPa}$ استفاده کرد.
7.2.2 ازدیاد طول
 $30 \text{ s} \pm 2 \text{ s}$ پس از اعمال بار به قطعه آزمون، فاصله بین علائم مرجع (L2) را اندازه‌گیری کنید.
7.2.3 خزش
 $60 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$ پس از اعمال بار به قطعه آزمون، فاصله بین علائم مرجع (L3) را اندازه‌گیری کنید.
7.2.4 تغییر شکل کششی دائمی
پس از اندازه‌گیری خزش، بار قطعه آزمون را بردارید، آن را از دستگاه کشش خارج کنید و اجازه دهید به مدت $10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$ روی سطح چوبی تخت و نجسب قرار گیرد. فاصله بین علائم مرجع را دوباره اندازه‌گیری کنید (L4).

8 بیان نتایج

8.1 کلیات

نتایج هر قطعه آزمون را مطابق 8.2 یا 8.3 محاسبه کنید. در هر حالت، مقدار میانگین نتایج سه قطعه آزمون را محاسبه کنید. مقادیر منفرد سه قطعه آزمون باید در محدوده 10 % مقدار میانگین باشند. در غیر این صورت، آزمون را با استفاده از سه قطعه آزمون دیگر تکرار کرده و میانگین هر شش نتیجه را در گزارش آزمون درج کنید.

8.2 ازدیاد طول ثابت

تغییر شکل کششی دائمی E4، برحسب %، از معادله زیر به دست می‌آید:

$$E_4 = 100(L_5 - L_1) / (L_2 - L_1)$$

where

L_1 is the original, unstrained, reference length;

L_2 is the strained reference length;

L_5 is the reference length after recovery.

8.3 بار ثابت
از دیاد طول E_1 ، بر حسب %، از معادله زیر به دست می آید:

$$E_1 = 100(L_2 - L_1) / L_1$$

The creep E_2 is given, in %, by the equation:

$$E_2 = 100(L_3 - L_2) / (L_2 - L_1)$$

The tension set E_3 is given, in %, by the equation:

$$E_3 = 100(L_4 - L_1) / L_1$$

where

L_1 is the reference length, in mm, before loading;

L_2 is the reference length, in mm, 30 s after loading;

L_3 is the reference length, in mm, 60 min after loading;

L_4 is the reference length, in mm, after 10 min rest following the measurement of length L_3 .

آزمون تغییر شکل کششی دائمی در مواد الاستومری

تغییر شکل کششی دائمی را می‌توان با کرنش ثابت (که در اینجا روش A نامیده می‌شود) یا بار ثابت (روش B) انجام داد؛ یعنی یا نمونه را برای مدت مشخصی در یک ازدیاد طول معین نگه می‌دارید یا از یک وزن مشخص استفاده می‌کنید.

استانداردهای مرتبط

ISO 2285

مقدمه

آزمون تغییر شکل کششی دائمی با بار ثابت، در سوئد مدت‌ها پیش از آنکه آزمون‌های استاندارد بین‌المللی مواد لاستیکی رواج پیدا کنند، مورد استفاده بوده است. تغییر شکل کششی دائمی را می‌توان با کرنش ثابت (که در اینجا روش A نامیده می‌شود) یا بار ثابت (روش B) انجام داد؛ یعنی یا نمونه را برای مدت مشخصی در یک ازدیاد طول معین نگه می‌دارید یا از یک وزن مشخص استفاده می‌کنید. روش نخست مشابه تغییر شکل فشاری دائمی است؛ زیرا ازدیاد طول مشخصی اعمال می‌شود و سپس میزان بازگشت ماده بررسی می‌گردد. این آزمون یا در دمای آزمایشگاه یا در دماهای بالا انجام می‌شود. آزمون تغییر شکل کششی دائمی با بار ثابت معمولاً در دمای آزمایشگاه انجام می‌شود و اطلاعاتی درباره ازدیاد طول، خزش و تغییر شکل کششی دائمی در بار مذکور پس از مدت مشخص ارائه می‌دهد.

روش A به تجهیزاتی نیاز دارد که بتواند نمونه‌ها را در کرنش تعیین‌شده نگه دارد، اما از نظر اجرا بسیار ساده و در دسترس است. روش B را می‌توان حتی در دسترس‌تر دانست، زیرا تنها به وزنه‌های قابل تنظیم، گیره‌هایی برای آویزان کردن بدنه نمونه‌ها و روشی برای اندازه‌گیری ازدیاد طول نیاز دارد. این کار به‌سادگی با کولیس انجام می‌شود. جدول مقایسه در زیر ارائه شده است.

روش A	روش B
کرنش ثابت	بار ثابت
نیازمند دستگاه نگهدارنده	نیازمند وزنه‌های قابل تنظیم
تغییر شکل کششی دائمی و خزش	تغییر شکل کششی دائمی
قابل آزمون در دماهای بالا یا پایین	آزمون در دمای اتاق

نحوه عملکرد

برای هر دو روش، شکل نمونه‌ها استاندارد است و می‌توان آن‌ها را با استفاده از قالب برش، از ورق لاستیک پانچ کرد. در روش A می‌توان از نوار تختی با عرض 2 تا 10 mm، و ترجیحاً 6 mm، استفاده کرد. با این حال، شکل دمبلی با نواحی گیرش پهن‌تر که در دو طرف یک ناحیه مرجع باریک به ابعاد 2×2 mm و طول 50 mm قرار دارد، متداول‌تر است. استفاده از شکل حلقه‌ای نیز امکان‌پذیر است. برای روش B، استفاده از نمونه‌ای بلندتر ترجیح داده می‌شود که دارای ناحیه مرجع باریک با ابعاد $2 \text{ mm} \times 4$ و طول 100 mm باشد. این شکل، اندازه‌گیری اختلاف‌های کوچک مربوط به خزش را آسان‌تر می‌کند.

برای انجام اندازه‌گیری‌های تغییر شکل کششی دائمی مطابق روش A، روی نمونه‌ها در فاصله 25 تا 50 mm علامت‌گذاری کرده و آن‌ها را تا کرنش موردنظر بکشید. این کرنش می‌تواند بسته به ماده متفاوت باشد، اما در حالت ایده‌آل باید یکی از مقادیر استاندارد 15، 20، 25، 50، 75، 100، 200 یا 300% طول اولیه باشد. طول اولیه با L1 مشخص می‌شود و 10 تا 20 دقیقه پس از اعمال کشش، L2 نمونه اندازه‌گیری می‌شود. این مقدار، طول مرجع کشیده‌شده است. اگر قرار است نمونه در دماهای بالا آزمون شود، اکنون آن را درون آون (یا فریزر) قرار دهید. برای اندازه‌گیری نهایی تغییر شکل کششی دائمی، اگر از دمای آزمایشگاه استفاده شده باشد، کشش آزاد می‌شود و نمونه به مدت 20 تا 30 دقیقه برای بازیابی باقی می‌ماند؛ سپس L3 اندازه‌گیری می‌شود. اگر از دمایی غیر از دمای آزمایشگاه استفاده شده باشد، ترتیب برداشتن کشش و خارج کردن از دما می‌تواند به چند شکل انجام شود. در روش A، دستگاه کشش را از آون خارج کرده و کشش را آزاد کنید. در روش B، دستگاه از آون خارج می‌شود، اما 30 دقیقه پیش از آزادکردن کشش نمونه‌ها صبر می‌شود. سپس 30 دقیقه دیگر پیش از اندازه‌گیری طول تغییر شکل کششی دائمی سپری می‌شود. در روش نهایی C، نمونه‌ها به مدت 30 دقیقه درون آون از کشش آزاد می‌شوند و سپس برای 30 دقیقه دیگر جهت بازیابی از محیط گرم خارج می‌گردند.

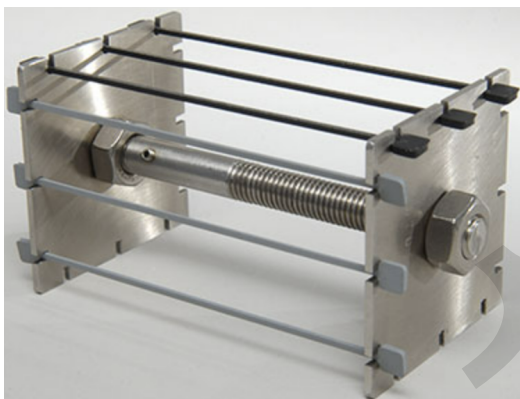
هنگام آماده‌سازی نمونه‌ها برای روش B، روی بخش باریک نمونه‌ها در فاصله 90 mm علامت‌گذاری می‌شود؛ سپس نمونه‌ها تحت بار آویزان شده و پس از 30 s دوباره اندازه‌گیری می‌شوند. این ازدیاد طول اولیه E1 نام دارد و به صورت درصد افزایش طول بیان می‌شود. پس از 60 دقیقه تحت بار، اندازه‌گیری دیگری انجام می‌شود که مقدار خزش، E2، را به دست می‌دهد. پس از برداشتن بار از نمونه و اجازه دادن به بازیابی آن به مدت 10 دقیقه، اندازه‌گیری نهایی انجام می‌شود و تغییر شکل کششی دائمی، E3، به دست می‌آید.

ملاحظات تکمیلی

مطابق استاندارد ISO 2285، زمان‌های آزمون مورد استفاده باید 24، 72 یا 168 ساعت باشند که می‌توانند اطلاعات متنوعی ارائه دهند. مشابه آزمون تغییر شکل فشاری دائمی، آزمون تغییر شکل کششی دائمی در زمان‌های کوتاه (24 h) و دماهای بالا می‌تواند اطلاعاتی درباره میزان ولکانیزه شدن ماده ارائه کند.

نتیجه‌گیری

تغییر شکل کششی دائمی روشی بسیار مشابه تغییر شکل فشاری دائمی است، با این تفاوت که نمونه بیشتر در معرض اکسیژن قرار می‌گیرد. تفاوت مهم دیگر، شکل نمونه‌هاست که به تفاوت در نتایج منجر می‌شود. همان‌طور که تغییر شکل فشاری دائمی اطلاعات مناسبی برای مواد آب‌بندی ارائه می‌دهد، تغییر شکل کششی دائمی نیز اطلاعات مرتبط‌تری درباره موادی فراهم می‌کند که در شرایط کششی مورد استفاده قرار می‌گیرند.



مجموعه آزمون ازدیاد طول ثابت