



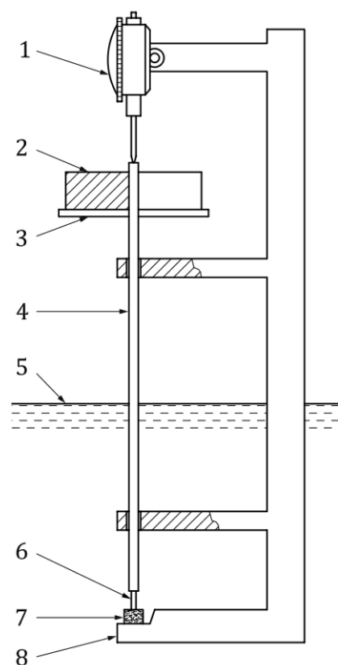
## 5 دستگاه

5.1 تجهیزات گرمایشی، متشکل از یکی از موارد زیر (5.1.1، 5.1.2 یا 5.1.3) که بتواند حداقل دو مجموعه قاب آزمون و یک دستگاه خنک کننده (5.1.4) را در خود جای دهد. تجهیزات گرمایشی باید مجهز به وسایل کنترل دما باشند و امکان افزایش دما با نرخ یکنواخت  $(5 \pm 50) \text{ K/h}$  یا  $(10 \pm 120) \text{ K/h}$  را فراهم کنند. نرخ گرمایش باید به یکی از روش های زیر تأیید شود:  
— یا با بررسی و ثبت خودکار در سراسر محدوده دما، یا  
— با بررسی و ثبت دستی تغییر دما در فواصل 6 دقیقه ای در سراسر محدوده دما مورد تأیید.

الزام مربوط به نرخ گرمایش زمانی برآورده شده تلقی می شود که در هر بازه 6 دقیقه ای طی آزمون، تغییر دما به ترتیب برابر با  $(0,5 \pm 5) \text{ C}^\circ$  یا  $(1 \pm 12) \text{ C}^\circ$  باشد. برای تجهیزات گرمایشی چندموقعیتی، نرخ گرمایش باید در هر ایستگاه آزمون تأیید شود. دستگاه را می توان به گونه ای طراحی کرد که با رسیدن به فرورفتگی مشخص شده، گرمایش را به طور خودکار قطع کرده و هشدار صوتی پخش کند.

- 5.1.1 حمام گرمایشی پر شده با مایع، حاوی مایعی که بتوان نمونه آزمون را تا عمق حداقل 35 mm در آن غوطه‌ور کرد. پارافین مایع، روغن ترانسفورماتور، گلیسرول و روغن سیلیکون، محیط‌های مناسب انتقال حرارت مایع هستند، اما می‌توان از مایعات دیگری نیز استفاده کرد. باید همزن کارآمدی فراهم شود. باید مشخص شود که مایع انتخاب شده در دمای مورد استفاده پایدار است و بر ماده مورد آزمون، برای مثال با ایجاد تورم یا ترک خوردگی، تأثیر نمی‌گذارد. حمام گرمایشی پر شده با مایع را بیش از نقطه اشتعال تعیین شده توسط سازنده محیط انتقال حرارت گرم نکنید.
- 5.1.2 واحد گرمایشی با تماس مستقیم، شامل گرم‌کن‌ها و بلوک‌هایی که با استفاده از گرمایش رسانشی، دمای نمونه آزمون را با نرخ کنترل شده افزایش می‌دهند تا زمانی که VST حاصل شود.
- 5.1.3 بستر سیال شده، حاوی بستری از پودر (برای مثال پودر اکسید آلومینیوم) که بتوان نمونه آزمون را تا عمق حداقل 35 mm در آن غوطه‌ور کرد. این نوع دستگاه از پودر میکرومتری اکسید آلومینیوم استفاده می‌کند که هنگام مخلوط شدن با جریان مناسب هوای گرم، محیط گرمایشی شبیه مایع ایجاد می‌کند. بنابراین، دماهای کاری بیشینه (و VST‌های قابل اندازه‌گیری) بسیار بالاتر از مقادیر قابل دستیابی با مایعات مطابق 5.1.1 هستند.
- برای دستیابی به یکنواختی دما در ناحیه نمونه آزمون، مشابه حمام گرمایشی پر شده با مایع، باید سازوکار هم‌زدن کارآمدی فراهم شود.
- 5.1.4 دستگاه خنک‌کننده، به عنوان وسیله‌ای اختیاری برای کاهش دمای دستگاه گرمایشی؛ می‌توان از آن برای کاهش زمان بین آزمون‌ها استفاده کرد.
- 5.2 مجموعه‌های قاب آزمون (مطابق شکل‌های 1 و 2)، متشکل از موارد زیر.
- 5.2.1 میله و قاب، مجهز به صفحه نگهدارنده یا وسیله مناسب دیگری برای اعمال بار، که در یک قاب فلزی صلب نگه داشته شده است. میله باید بتواند با حداقل اصطکاک، آزادانه در راستای عمودی حرکت کند. میله باید به گونه‌ای طراحی شود که وزنه‌های اعمال‌کننده بار آزمون را بپذیرد. پایه قاب، نمونه آزمون را در زیر نوک فرو رونده در انتهای میله نگه می‌دارد (مطابق شکل‌های 1 و 2). توصیه می‌شود میله و قاب(ها) از ماده‌ای با انبساط حرارتی کم ساخته شوند.
- 5.2.2 نوک فرو رونده، ترجیحاً از جنس فولاد سخت‌کاری شده، با طول 1,5 mm تا 3 mm، سطح مقطع دایره‌ای و مساحت  $(0,015 \pm 1,000) \text{ mm}^2$  (مطابق با قطر نوک فرو رونده  $(0,008 \pm 1,128) \text{ mm}$ )، که در قسمت پایین میله (5.2.1) ثابت شده است. سطح نوک فرو رونده در تماس با نمونه آزمون باید صاف و بر محور میله عمود باشد و هیچ‌گونه پلیسه‌ای نداشته باشد.
- 5.2.3 وزنه‌ها، که به صورت مرکزی روی میله (5.2.1) اعمال می‌شوند، به گونه‌ای که بار کل اعمال شده بر نمونه آزمون برای روش‌های A50 و A120 برابر با  $N (0,2 \pm 10)$  و برای روش‌های B50 و B120 برابر با  $N (1 \pm 50)$  باشد.

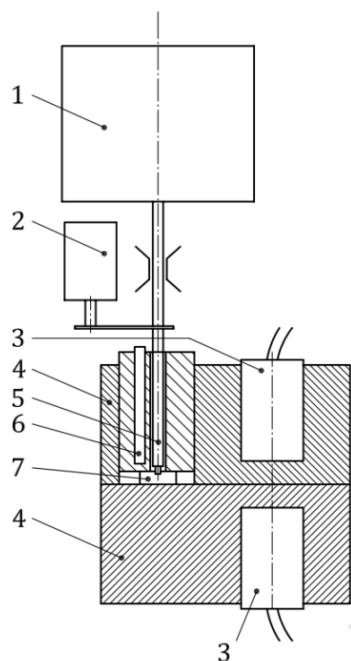
- 5.2.4 دستگاه اندازه‌گیری نفوذ، شامل ریزسنج عقربه‌ای کالیبره‌شده، LVDT (ترانسفورماتور تفاضلی متغیر خطی) یا ابزار اندازه‌گیری مناسب دیگری برای اندازه‌گیری نفوذ نوک فرورونده در نمونه آزمون با دقت  $\pm 0,01 \text{ mm}$ .
- 5.2.5 دستگاه اندازه‌گیری دما
- 5.2.5.1 برای حمام پرشده با مایع و بستر سیال‌شده، از ابزار اندازه‌گیری مناسب دما با محدوده مناسب و دقت  $\pm 0,5\text{K}$  استفاده کنید. دماسنج‌ها باید در عمق غوطه‌وری موردنیاز طبق 5.1.1 و 5.1.3 کالیبره شوند. دستگاه اندازه‌گیری دما باید تا حد امکان نزدیک به نوک فرورونده و نمونه آزمون قرار گیرد، اما از تماس مستقیم حسگر با نمونه آزمون جلوگیری شود.
- 5.2.5.2 برای واحد گرمایشی با تماس مستقیم، از ابزار اندازه‌گیری مناسب دما با محدوده مناسب و دقت  $\pm 0,5\text{K}$  استفاده کنید. حسگر باید تا حد امکان نزدیک به نوک فرورونده و نمونه آزمون قرار گیرد، اما از تماس مستقیم حسگر با نمونه آزمون جلوگیری شود.



**Key**

- 1 micrometer dial gauge
- 2 replaceable weight
- 3 support plate
- 4 rod with indenting tip
- 5 approximate level of liquid or fluidized powder bed
- 6 indenting tip
- 7 test specimen
- 8 test-specimen support

**Figure 1 — Schematic view of one type of testing apparatus with heating equipment filled with liquid or fluidized powder bed for determination of the VST**



**Key**

- 1 weight
- 2 displacement-measurement device
- 3 heater
- 4 heating block
- 5 rod with indenting tip
- 6 temperature-measurement unit
- 7 test specimen

**Figure 2 — Schematic view of testing apparatus with a direct-contact heating unit for determination of the VST**

## 6 کالیبراسیون مجموعه قاب آزمون

6.1 هنگام استفاده از گج‌های عقربه‌ای آنالوگ، نیروی رانش گج عقربه‌ای که در نیروی رانش وارد بر نمونه آزمون مؤثر است، باید ثبت شود. نیروی فنر گج عقربه‌ای رو به بالا است و از بار کم می‌شود؛ در انواع دیگر، این نیرو رو به پایین بوده و به بار افزوده می‌شود. از آنجا که نیروی وارد شده توسط فنر در برخی گج‌های عقربه‌ای در طول کورس حرکت به طور قابل توجهی تغییر می‌کند، این نیرو در موقعیتی اندازه‌گیری می‌شود که نوک فرورونده به اندازه 1 mm در نمونه آزمون نفوذ کرده باشد. نیروی رانش رو به پایین ترکیبی که در طول کالیبراسیون دستگاه تعیین می‌شود و ناشی از میله، نوک فرورونده و نیروی رو به بالا یا پایین اعمال شده توسط فنر گج عقربه‌ای در محدوده اندازه‌گیری مورد استفاده طی آزمون است، نباید از 1 N بیشتر باشد.

6.2 مگر آنکه ضریب انبساط حرارتی خطی میله با قاب فلزی صلب یکسان باشد، تغییر تفاضلی طول این قطعات باعث ایجاد خطا در قرائت‌های نفوذ می‌شود. بنابراین، باید روی هر مجموعه قاب آزمون، با استفاده از نمونه آزمون ساخته شده از ماده‌ای صلب با ضریب انبساط کم (برای مثال کوارتز یا شیشه بوروسیلیکات)، آزمونی انجام شود. این آزمون باید محدوده دمای معمول مربوط به نوع ماده مورد آزمون را پوشش دهد. برای هر میله و مجموعه قاب، باید برای دست‌کم هر تغییر  $10^{\circ}\text{C}$  در دما، یک تصحیح تعیین شود. اگر ضریب تصحیح در نزدیکی VST آن ماده برابر با 0,02 mm یا بیشتر باشد، علامت جبری آن باید ثبت شود و ضریب با افزودن جبری آن به قرائت ظاهری نفوذ، در هر نتیجه آزمون اعمال گردد.

## 7 نمونه‌های آزمون

7.1 برای آزمون هر نمونه، باید حداقل از دو نمونه آزمون استفاده شود. ضخامت نمونه آزمون‌ها باید بین 3 mm و 6,5 mm و ابعاد آن‌ها حداقل 10 mm مربع یا قطر آن‌ها 10 mm باشد. سطوح آن‌ها باید صاف، موازی و عاری از پلیسه باشند. نمونه آزمون‌ها باید مطابق مشخصات، در صورت وجود، مربوط به ماده مورد آزمون ساخته شوند. در نبود چنین مشخصاتی، می‌توان برای آماده‌سازی نمونه آزمون‌ها از هر روش مناسبی که مورد توافق طرف‌های ذی‌نفع باشد استفاده کرد.

7.2 اگر نمونه‌های ارائه شده برای آزمون به صورت مواد قالب‌گیری (برای مثال مواد پودری یا گرانول) باشند، باید مطابق مشخصات مربوط به ماده مورد آزمون، یا در صورت نبود مشخصات ماده، مطابق ISO 293، ISO 294-1، ISO 294-2، ISO 294-3 یا ISO 20753، به نمونه آزمون‌هایی با ضخامت 3 mm تا 6,5 mm قالب‌گیری شوند. اگر این استانداردها قابل اعمال نباشند، می‌توان طبق روش‌های دیگری که مورد توافق طرف‌های ذی‌نفع است عمل کرد.

7.3 برای مواد ورقه‌ای، ضخامت نمونه آزمون‌ها باید برابر با ضخامت ورق باشد، به جز موارد زیر.

(a) اگر ضخامت بیش از 6,5 mm باشد، باید با ماشین کاری یک سطح (مشخص شده در ISO 2818)، ضخامت نمونه آزمون‌ها به 3 mm تا 6,5 mm کاهش یابد و سطح دیگر دست نخورده باقی بماند. سطح آزمون باید همان سطح دست نخورده باشد.

(b) اگر ضخامت ورق کمتر از 3 mm باشد، حداکثر سه قطعه را می‌توان به صورت تماس مستقیم روی هم قرار داد تا ضخامت کل بین 3 mm و 6,5 mm به دست آید؛ ضخامت قطعه بالایی (اندازه‌گیری شده) باید حداقل 1,5 mm باشد. روی هم قرار دادن قطعات با ضخامت کمتر، همیشه نتیجه آزمون یکسانی ایجاد نمی‌کند.

7.4 نتایج آزمون به دست آمده می‌توانند به شرایط قالب‌گیری استفاده شده در آماده‌سازی نمونه آزمون‌های آزمون وابسته باشند، اگرچه چنین وابستگی‌ای معمول نیست. هنگام آزمون موادی که نتایج آن‌ها به شرایط قالب‌گیری وابسته است، می‌توان پیش از آزمون از روش‌های ویژه تاب‌دهی یا پیش‌شرطی‌سازی استفاده کرد، مشروط بر آنکه این روش‌ها مورد توافق طرف‌های ذی‌نفع باشند.

## 8 آماده‌سازی

مطابق ISO 291 یا مشخصات مناسب ماده، آماده‌سازی شرایطی را انجام دهید.

## 9 روش اجرا

9.1 در صورت استفاده از حمام گرمایشی پرشده با مایع (5.1.1) یا بستر سیال شده (5.1.3)، نمونه آزمون را به صورت افقی، زیر نوک فرورونده (5.2.2) میله بدون بار (5.2.1) و عمود بر نوک فرورونده نصب کنید. در صورت استفاده از واحد گرمایشی با تماس مستقیم (5.1.2)، نمونه آزمون را به صورت افقی و عمود بر جهت حرکت نوک فرورونده قرار دهید، بدون آنکه نوک فرورونده روی نمونه آزمون قرار گیرد. نوک فرورونده نباید در هیچ نقطه‌ای به لبه نمونه آزمون نزدیک‌تر از 3 mm باشد. سطح نمونه آزمون در تماس با پایه دستگاه باید صاف باشد.

9.2 در صورت استفاده از حمام گرمایشی پرشده با مایع یا بستر سیال شده، مجموعه میله/قاب را در تجهیزات گرمایشی قرار دهید. در صورت استفاده از واحد گرمایشی با تماس مستقیم، نمونه آزمون را بین دو بلوک قرار داده و نوک فرورونده را روی نمونه آزمون پایین بیاورید. دمای تجهیزات گرمایشی در شروع هر آزمون باید حداکثر 25 °C باشد، مگر آنکه آزمون‌های قبلی نشان داده باشند که برای ماده مورد آزمون، شروع از دمایی دیگر باعث ایجاد خطا نمی‌شود. هنگام استفاده از حمام گرمایشی پرشده با مایع یا بستر سیال شده، حباب دماسنج یا حسگر ابزار اندازه‌گیری دما (مطابق 5.2.5.1) باید در همان سطح نمونه آزمون و تا حد امکان نزدیک به آن قرار گیرد. در صورت استفاده از واحد گرمایشی با تماس مستقیم، حسگر باید در بلوک گرمایشی و مطابق 5.2.5.2 تا حد امکان نزدیک به نمونه آزمون قرار گیرد.

9.3 در حالی که نوک فرورونده همچنان در موقعیت خود قرار دارد، وزن کافی به صفحه نگهدارنده اضافه کنید (یا به روش مناسب دیگری به نوک فرورونده بار وارد کنید) تا نیروی رانش کل وارد بر نمونه آزمون برای روش‌های A50 و A120 برابر با  $N(0,2 \pm 10)$  و برای روش‌های B50 و B120 برابر با  $(50 \pm 1) N$  باشد. پس از 5 دقیقه اعمال بار، عدد دستگاه اندازه‌گیری نفوذ را یادداشت کنید (مطابق 5.2.4) یا دستگاه را روی صفر تنظیم کنید.

9.4 دما را با نرخ یکنواخت  $K/h(5 \pm 50)$  یا  $K/h(10 \pm 120)$  افزایش دهید. هنگام استفاده از حمام گرمایشی پرشده با مایع یا بستر سیال‌شده، محیط گرمایشی را در طول آزمون به‌خوبی هم بزنید. برای آزمون‌های داوری، باید از نرخ  $K/h 50$  استفاده شود.

یادداشت برای برخی مواد که با نرخ گرمایش بالاتر  $(K/h 120)$  آزمون می‌شوند، ممکن است دماهای نرمی و یکات مشاهده شوند که تا  $10^\circ C$  بالاتر از مقادیر به‌دست‌آمده در آزمون با نرخ  $K/h 50$  هستند.

9.5 هنگامی که نوک فرورونده از موقعیت اولیه خود، همان‌طور که در 9.3 تعریف شد، به اندازه  $mm(0,01 \pm 1)$  در نمونه آزمون نفوذ کرد، دمای محیط گرمایشی (مطابق 5.2.5.1) یا بلوک گرمایشی (مطابق 5.2.5.2) را یادداشت کرده و آن را به‌عنوان نمونه آزمون VST ثبت کنید.

9.6 VST ماده مورد آزمون را به‌صورت میانگین حسابی VST‌های نمونه آزمون‌های آزمون‌شده بیان کنید، مگر آنکه دامنه نتایج منفرد بیش از  $K 2$  باشد. اگر دامنه بیش از  $K 2$  باشد، نتایج منفرد را ثبت کنید [مطابق بند 11، مورد h)] و آزمون را برای بار دوم با استفاده از مجموعه دیگری شامل حداقل دو نمونه آزمون تکرار کنید (مطابق 6.1). در صورت تکرار آزمون، مقادیر منفرد حاصل از هر دو آزمون اول و دوم را گزارش کنید. VST را با سه رقم معنادار گزارش کنید.

### مقایسه مدل خودکار و مدل دستی

| پارامتر                                 | خودکار                               | دستگاه دستی |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| پایش داده‌ها توسط رایانه                | بله                                  | خیر         |
| تعیین خودکار نقطه نرمی و یکات           | بله                                  | خیر         |
| تعیین دمای جابه‌جایی $1\text{ mm}$ سوزن | توسط صفحه نمایش دما - اپراتور خودکار |             |
| عملکرد هشدار برای توقف آزمون            | بله                                  | بله         |



کنترل دمای PID  
مقاومت متغیر یا نرم افزار کنترل نرخ افزایش دما

بله  
مقاومت متغیر

آوا هونام پلیمر