

۵ روش پاندولی

۵.۱ دستگاه

۵.۱.۱ کلیات

مقاومت بازگشتی باید به وسیله دستگاهی اندازه گیری شود که از یک وسیله مکانیکی نوسانی تک درجه آزادی با ساختار پاندولی و یک نگهدارنده سنگین و محکم برای نمونه آزمون تشکیل شده باشد. این دو بخش باید به طور مناسب برای اندازه گیری مقاومت بازگشتی به یکدیگر متصل شوند و هر یک از آنها باید برای تنظیم یا بررسی وسیله نوسانی قابل جداسازی باشد. باید تمهیداتی برای اندازه گیری بازگشت پاندول، با استفاده از یک مقیاس کالیبره شده یا سیگنال الکتریکی، فراهم شود. طرح های عملی گوناگونی از دستگاه که با این مشخصات مطابقت دارند، موجود است (به پیوست های B و C مراجعه شود). یادداشت ۱ انواع دستگاه هایی که برای کار در محدوده های مشخص شده پارامترهای مختلف (در ادامه آمده است) طراحی و به درستی کالیبره شده اند، مقادیر تقریباً یکسانی از مقاومت بازگشتی ارائه می کنند. ویژگی های دستگاه و نمونه آزمون مورد ضربه باید در محدوده های مشخص شده زیر قرار داشته باشند:

- قطر فرورونده (D): از 12,45 mm تا 15,05 mm؛
- ضخامت نمونه آزمون (d): $(12,5 \pm 0,5)$ mm؛
- جرم ضربه زننده (m): از 0,34 kg تا 0,35 kg؛
- سرعت ضربه (v): از 1,4 m/s تا 2,0 m/s؛
- چگالی ظاهری انرژی کرنش (mv^2/Dd^2) : از 324 kJ/m³ تا 463 kJ/m³؛

یادداشت ۲ شرایط و دستگاه مشخص شده در این استاندارد بین المللی شامل انتخاب یک فرورونده کروی و یک نمونه آزمون تخت است و فرض می شود که اساساً به پارامترهای بنیادی D، d، m و v فهرست شده در بالا وابسته باشند. علاوه بر این، نسبت انرژی ضربه به حجم معادل، یا «چگالی ظاهری انرژی کرنش» (mv^2/Dd^2) ، که تحت فرضیات ساده کننده با کرنش ضربه مرتبط است، باید در محدوده باریک

مشخص شده حفظ شود.
یادداشت ۳ این محدوده‌ها به گونه‌ای هستند که الزامات روش پاندولی (Lüpke (12,5 mm, 12,5 mm, 0,35 kg, 1,4 m/s, 351 kJ/m³) و روش اصلاح شده پاندولی (Schob (15,0 mm, 12,5 mm, 0,25 kg, 2 m/s, 427 kJ/m³) را پوشش می‌دهند.

In addition, allowance has been made for

- a) a small tolerance ($\pm 0,05$ mm) to allow for mechanical imperfections of spheres of 12,5 mm and 15 mm nominal diameter;
- b) an additional tolerance ($^{+112}_{-27}$ kJ/m³) on mv^2/Dd^2 to allow for the effect of variation in test piece thickness ($\pm 0,5$ mm).

۵.۱.۲ وسیله نوسانی

وسیله نوسانی باید از یک جسم صلب یا چکش تشکیل شده باشد که به یک سطح کروی فرورونده ختم می‌شود و به گونه‌ای نگه داشته می‌شود که تحت اثر نیروی بازگرداننده، که می‌تواند ناشی از گرانش باشد یا توسط واکنش الاستیک فنرها یا یک سیم تحت پیچش ایجاد شود، به صورت خطی یا دایره‌ای نوسان کند. سرعت سطح کروی فرورونده در نقطه ضربه باید در راستای افقی و عمود بر سطح نمونه آزمون باشد.

۵.۱.۳ سیستم ردیابی حرکت چکش

حرکت چکش باید به وسیله سیستمی شامل یک عقربه و مقیاس ثابت، یا سیستمی که موقعیت یا سرعت چکش را اندازه‌گیری و سیگنال‌های الکتریکی تولید می‌کند، ردیابی شود.
برای پاندول‌هایی که نیروی بازگرداننده آن‌ها ناشی از گرانش است، مقاومت بازگشتی R از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R = \frac{h}{H}$$

where

h is the height of rebound;

H is the drop height.

It is usually convenient for the scale to measure either the horizontal rebound distance or, for rigid-arm pendulums in particular, the angle of rebound. For pendulums in which the restoring force is due to a torsion wire or to the elastic reaction of springs, the rebound resilience is given by

$$R = \frac{\alpha_R^2}{\alpha_I^2}$$

where

α_R is the angle of rebound;

α_I is the angle of impact.

در این نوع دستگاه، استفاده از مقیاس برای اندازه‌گیری زاویه بازگشت مناسب است. مقیاس می‌تواند به صورت یکنواخت درجه‌بندی شود یا مستقیماً برحسب واحدهای مقاومت کالیبره شود. برای مقیاس‌های یکنواخت درجه‌بندی‌شده، برای تعیین مقاومت بازگشتی، به معادلات تبدیل، نمودارها یا جدول‌ها نیز نیاز است.

۵.۱.۴ نگهدارنده نمونه آزمون

نمونه آزمون دیسکی شکل باید در طول آماده سازی مکانیکی و اندازه گیری مقاومت بازگشتی به طور محکم نگه داشته شود. سطحی که پشت نمونه آزمون روی آن قرار می گیرد باید فلزی، تخت، صاف و پرداخت شده، عمودی و عمود بر جهت سرعت ضربه باشد. این صفحه پشتی بخشی از یک سندان است که باید یا آزاد باشد؛ در این صورت جرم آن باید حداقل ۲۰۰ برابر جرم ضربه زننده باشد، یا به صورت صلب به سامانه ای بسیار محکم، مانند سازه بنایی، متصل شده باشد.

هر نوع وسیله نگهدارنده مناسب را می توان به کار برد، مشروط بر آنکه مقادیر مقاومت بازگشتی حاصل، بیش از 0,02 (مقاومت بازگشتی مطلق) با مقادیر به دست آمده از نمونه های آزمونی که به یک صفحه پشتی صلب چسبانده شده اند، اختلاف نداشته باشند. این موضوع باید با استفاده از یک ترکیب با مقاومت بازگشتی زیاد (تقریباً 0,90) و یک ترکیب با سختی زیاد (تقریباً IRHD 85) بررسی شود. نباید هیچ گونه مهار جانبی بر نمونه آزمون اعمال شود. باید در اطراف آن حداقل 2 mm فاصله خالی وجود داشته باشد تا هنگام وارد شدن ضربه، امکان برآمده شدن آزادانه آن فراهم شود.

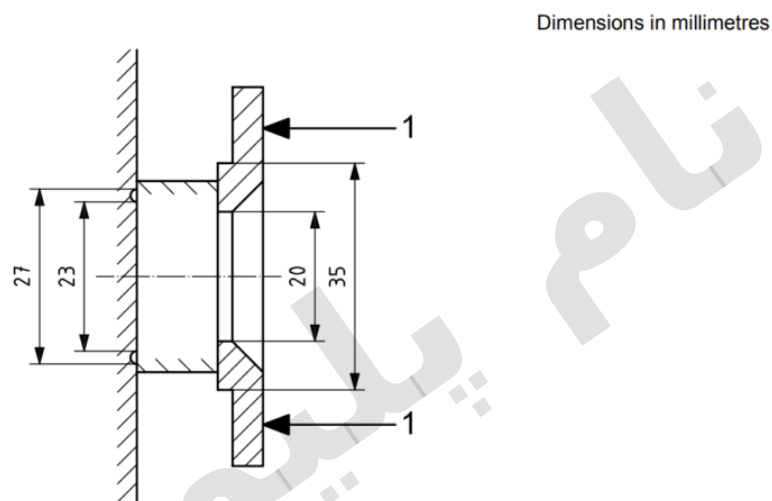
نمونه هایی از وسایل نگهدارنده مناسب شامل وسایل نگهدارنده مکشی (با خلأ)، وسایل گیره ای مکانیکی و ترکیبی از این دو هستند. در هر یک از این حالت ها، وسیله نگهدارنده نباید موجب تغییر شکل بیش از حد سطح مورد ضربه شود و نباید اجازه جابه جایی یا لغزش را بدهد. یک وسیله گیره ای مکانیکی پیشنهادی از یک حلقه فلزی (به شکل ۱ مراجعه شود) با قطر داخلی 20 mm و قطر خارجی 35 mm تشکیل شده است که می تواند نیرویی برابر با 200 ± 20 N، برای مثال به وسیله فنرها، بر سطح جلویی نمونه آزمون وارد کند. در این حالت، گوی فرورونده باید در وضعیت استراحت خود وارد مرکز حلقه نگهدارنده شود.

روش پیشنهادی دیگر برای نگهداری نمونه آزمون، مکش از پشت آن است. این روش را می توان از طریق یک شیار دایره ای با قطر 25 mm و عرض 2 mm اجرا کرد که به وسیله پمپی تخلیه می شود و فشار مطلق را در حدی بیش از 10 kPa حفظ نمی کند. در این حالت، نیروی اعمال شده توسط حلقه نگهدارنده را می توان به 150 ± 15 N کاهش داد.

۵.۱.۵ کنترل دما

اگر قرار باشد اندازه گیری ها در مجموعه ای از دماهای متفاوت از دمای استاندارد آزمایشگاه انجام شوند، می توان پاندول را در یک آون یا محفظه سرمایش مناسب قرار داد و راه اندازی کرد که مطابق با ISO 23529 کار می کند. در این حالت، عملکرد صحیح دستگاه (به ۵.۱.۶ مراجعه شود) باید در کل محدوده دماهای مورد استفاده بررسی شود.

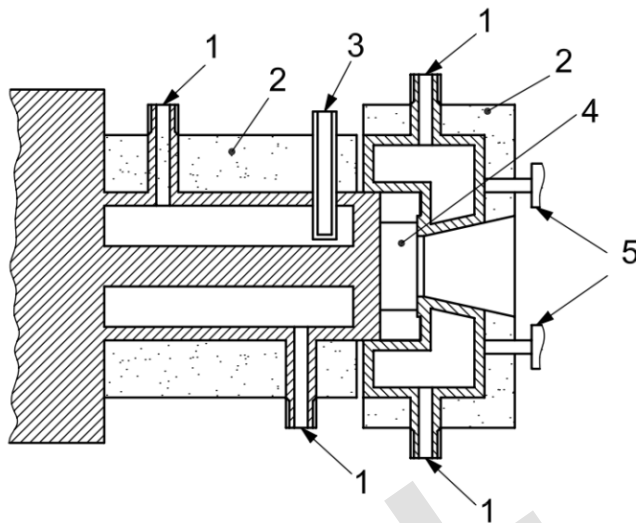
به عنوان جایگزین، باید تمهیدات مناسبی برای گرم کردن یا سرد کردن نگهدارنده نمونه آزمون با استفاده از سیالات در گردش فراهم شود (به شکل ۲ مراجعه شود). برای اطمینان از احاطه کامل نمونه آزمون با محیط کنترل شده از نظر دما، استفاده از پرده گاز گرم یا سرد روی دهانه جلویی نگهدارنده توصیه می شود.
باید از ترموکوپل ها یا ابزارهای دیگر برای اندازه گیری دمای نگهدارنده در موقعیتی تا حد امکان نزدیک به نمونه آزمون استفاده شود.



Key

1 holding force: (150 ± 15) N with suction or (200 ± 20) N without suction

Figure 1 — Mechanical clamping device (optional)



Key

- 1 inlet/outlet for fluid
- 2 insulation
- 3 thermometer pocket
- 4 test piece
- 5 spring-loaded levers

Figure 2 — Example of temperature-controlled test piece holder

۵.۱.۶ تنظیم وسیله نوسانی

دستگاه کامل باید به طور مکرر و با وارد کردن ضربه به نمونه های لاستیکی در محدوده های حدی سختی (IRHD 30 و IRHD 85) راه اندازی شود. حرکت دستگاه باید نرم باشد و به دلیل صلیبیت ناکافی قطعات صلب یا نقص در سیستم هدایت، هیچ گونه حالت نوسانی کاذب، مانند شلاق زدن یا ارتعاش، در اثر ضربه ایجاد نشود.

برای تنظیم اولیه یا بررسی دوره ای، نگهدارنده نمونه آزمون باید از وسیله نوسانی جدا شده و روش زیر اجرا شود (اندازه گیری کاهش لگاریتمی پاندول Lüpke را می توان حذف کرد، زیرا مشخص است که کاهش لگاریتمی آن کمتر از 0,01 است).

چکش متحرک را وزن کرده و ابعاد آن را اندازه گیری کنید. همچنین فاصله آن از محورهای راهنما یا تکیه گاه ها را اندازه گیری کنید تا محاسبات پارامترهای اینرسی انجام شود. بر اساس این اطلاعات، بررسی کنید که جرم ضربه زننده معادل با مشخصات مندرج در ۵.۱.۱ مطابقت داشته باشد و خط اثر ضربه به گونه ای باشد که واکنش های قابل توجهی بر محورهای راهنما یا تکیه گاه ها ایجاد نکند.

اطمینان حاصل کنید که قطر سطح کروی فرو رونده با مشخصات ۵.۱.۱ مطابقت دارد و مساحت سطح کروی فرو رونده در همه حالت ها از مساحت سطح فرو رفته لاستیک در هنگام ضربه بیشتر است. ترجیحاً سطح ضربه زننده باید یک نیم کره کامل باشد.

وسيلة نوسانی کامل را آزاد بگذارید تا به وضعیت استراحت خود برسد. اگر از عقربه و مقیاس ثابت استفاده می کنید (به

۵.۱.۳ مراجعه شود)، بررسی کنید که عقربه روی نقطه صفر مقیاس قرار داشته باشد و این نقطه همان موقعیتی باشد که ضربه در آن رخ می دهد. در این نقطه، گوی فرو رونده باید به صورت افقی حرکت کند.

در صورت لزوم، روش زیر باید برای اصلاح تلفات اصطکاکی اجرا شود. این کار در صورتی که از روش مشاهده سرعت های ضربه و بازگشت استفاده شود یا بتوان نشان داد که کاهش لگاریتمی کمتر از 0,01 است، ضروری نیست.

۵.۲ نمونه های آزمون

۵.۲.۱ آماده سازی

نمونه های آزمون باید دارای سطوح تخت، صاف و موازی باشند. این نمونه ها باید یا با قالب گیری یا با برش و پرداخت آماده شوند. اگر نمونه های آزمون با برش و پرداخت آماده می شوند، این کار باید مطابق با ISO 23529 انجام شود. نمونه ها باید فاقد پارچه و هرگونه تقویت کننده دیگری باشند.

۵.۲.۲ ابعاد

نمونه آزمون استاندارد، دیسکی با ضخامت $mm (0,5 \pm 12,5)$ و قطر $mm (0,5 \pm 29)$ است. نمونه های آزمون دیگری با ابعاد غیر استاندارد را می توان برای اندازه گیری های مقایسه ای، با تمهیدات ویژه، به کار برد (به پیوست A مراجعه شود).

۵.۲.۳ اندازه‌گیری ابعاد

با استفاده از روش مناسب اندازه‌گیری که در ISO 23529 شرح داده شده است، بررسی کنید که نمونه‌های آزمون الزامات ۵.۲.۲ را برآورده می‌کنند.

۵.۲.۴ تعداد نمونه‌های آزمون

برای هر ماده، باید دو نمونه آزمون مورد آزمون قرار گیرند.

۵.۲.۵ فاصله زمانی بین شکل‌دهی و آزمون

نمونه‌ها و نمونه‌های آزمون باید در فاصله زمانی بین شکل‌دهی (ولکانش یا قالب‌گیری) و آزمون، تا حد امکان از نور و گرما محافظت شوند. برای آزمون‌های معمول، حداقل زمان بین شکل‌دهی و آزمون باید 16 h باشد. در موارد داوری، حداقل زمان باید 72 h باشد. برای آزمون‌های غیرمحصولی، حداکثر زمان بین شکل‌دهی و آزمون باید چهار هفته باشد و برای ارزیابی‌هایی که با هدف قابل‌مقایسه‌بودن انجام می‌شوند، آزمون‌ها باید تا حد امکان پس از سپری‌شدن فاصله زمانی یکسان انجام شوند. برای آزمون‌های محصول، هر زمان که امکان‌پذیر باشد، زمان بین شکل‌دهی و آزمون نباید از سه ماه بیشتر شود. در سایر موارد، آزمون‌ها باید حداکثر ظرف دو ماه از تاریخ دریافت محصول توسط خریدار انجام شوند (به ISO 23529 مراجعه شود). اگر آماده‌سازی نمونه آزمون شامل پرداخت باشد، فاصله زمانی بین پرداخت و آزمون نباید کمتر از 3 h و بیشتر از 72 h باشد.

۵.۲.۶ آماده‌سازی شرایطی

نمونه‌های آزمون آماده‌شده باید بلافاصله پیش از آزمون، حداقل به مدت 3 h در یکی از دماهای استاندارد آزمایشگاه مشخص‌شده در ISO 23529، تحت شرایطی قرار گیرند. در هر آزمون یا مجموعه آزمون‌هایی که با هدف مقایسه انجام می‌شوند، باید در تمام مدت از یک دمای یکسان استفاده شود.

۵.۳ دمای آزمون

دما یا محدوده دمایی آزمون باید بر اساس ماده مورد آزمون و اطلاعات مورد نیاز انتخاب شود. اولویت باید به دماهای فهرست‌شده در ISO 23529 داده شود. حدود رواداری دما نباید بیش از $\pm 1^{\circ}\text{C}$ باشد. هنگامی که دمایی مشخص نشده است، باید یک دمای استاندارد آزمایشگاه انتخاب شود. هرگاه مقاومت بازگشتی با تغییر دما به سرعت تغییر کند، استفاده از دماهای بیشتر در فواصل نزدیک‌تر توصیه می‌شود.



دستگاه آزمون مقاومت بازگشتی | دستگاه آزمون لاستیک

استانداردها

- DIN 53 512
- ISO 4662
- BS 903 Part A8 Method B
- ASTM D7121, Method B
- DIN 13 014

دستگاه آزمون مقاومت بازگشتی:

- برای آزمون الاستومرها و لاستیک مطابق (DIN 53512 الاستومرها و لاستیک)؛ (ISO 4662 الاستیک)؛ (BS 903 Part A8 Method B لاستیک)؛
- ASTM D7121 Method B (Schob)
- برای آزمون مواد فومی مطابق (DIN 13014 فوم پلی اتر تشک های بیمارستانی).

شرح عملکرد

هدف از آزمون الاستومرها و فومها، اندازه‌گیری ساده و سریع کشسانی ماده است. ماده‌ای که تا 100% کشسان باشد، انرژی اعمال‌شده را ذخیره کرده و در لحظه‌ای که نیرو دیگر اعمال نمی‌شود، آن را آزاد می‌کند. در مقابل، ماده‌ای که تا 100% پلاستیک باشد، انرژی اعمال‌شده را به‌طور کامل جذب می‌کند. از این ویژگی‌ها برای اندازه‌گیری مقاومت بازگشتی استفاده می‌شود.

مزایا

تجهیزات و جزئیات دستگاه:

- تفکیک‌پذیری 0.06 درجه.
- نیاز بسیار کم به تعمیر و نگهداری؛ توالی کاملاً خودکار.
- رمزگذار پاندولی بدون اصطکاک.
- مکانیزم بدون سایش؛ ایده‌آل برای کارکرد پیوسته.
- صفحه‌نمایش لمسی.

عملکرد

- کاربری هدایت‌شده توسط منو.
- ارتفاع پاندول به‌سادگی از طریق یک بادامک قابل تنظیم است.
- امکان خروجی‌گرفتن از داده‌ها به MS Excel.

اختیاری نمونه آزمون برای عمل‌آوری دمایی

نمونه آزمون به همراه فیکسچر گیره‌ای قابل تعویض را می‌توان به صورت خارجی، در یک محفظه گرم، تحت شرایط دمایی قرار داد.

فیکسچر گیره‌ای نمونه آزمون به وسیله یک اتصال دوشاخه‌ای به پایه دستگاه متصل می‌شود و امکان تعویض سریع را فراهم می‌کند. این امر اتلاف دما را از نمونه آزمون تحت شرایط دمایی، هنگام قرار دادن آن در دستگاه آزمون، کاهش می‌دهد.

برای آزمون در دماهای بالا، نگهدارنده نمونه آزمون مجهز به واحد کنترل دما، برای محدوده دمایی تا 100°C، که قابلیت گرم‌شدن الکتریکی دارد، موجود است.

	3802	3804
شماره کالا		
ابعاد نمونه آزمون		
قطر نمونه آزمون	Ø 28 ... 50	- mm
طول نمونه آزمون	50 ... 28	80 mm
عرض نمونه آزمون	50 ... 28	80 mm
ضخامت نمونه آزمون	15 ... 0	50 mm
فاصله نگهدارنده نمونه آزمون تا ضربه‌زن	60 ... 0 (قابل تنظیم به صورت پیوسته)	60 ... 0 mm (قابل تنظیم به صورت پیوسته)
انرژی پاندول	0.5	0.2 (پاندول 1)، 0.196 (پاندول 2)
ضربه‌زن پاندول، گنبدی شکل	Ø 15	- mm (پاندول 1)، Ø 30 (پاندول 2)
انتهای گرد	-	R _K = 40، Cyl. Ø = 40 (پاندول 1)
طول پاندول	L _{red} = 200	L _{red} = 200 mm

جرم پاندول	0.252	-	kg
چگالی ظاهری انرژی کرنش	426.5	-	kJ/m^3
زاویه سقوط	90	90	°
سرعت ضربه	1.98	1.98	m/s
نمایشگر	3" صفحه نمایش لمسی	3" صفحه نمایش لمسی	
ابعاد			
ارتفاع	380	380	mm
عرض	500	500	mm
عمق	280	280	mm
وزن، تقریباً	60	60	kg
محدوده تأمین	1 کابل اتصال، 1 لبه ضربه زن کروی، 1 گیره نمونه آزمون	1 کابل اتصال، 1 لبه ضربه زن کروی، 1 گیره نمونه آزمون	