

5 دستگاه

5.1 دستگاه آزمون را می‌توان به روش‌های مختلفی ساخت. به‌طور کلی، این دستگاه از یک میز آزمون افقی، یک سورتمه و یک سازوکار محرک برای ایجاد حرکت نسبی بین سورتمه و میز آزمون تشکیل می‌شود؛ صرف‌نظر از اینکه کدامیک از آن‌ها بخش متحرک باشد.

شکل 1 نمونه‌ای از دستگاه را نشان می‌دهد که در آن میز به‌صورت افقی حرکت می‌کند. همچنین می‌توان از حرکت عمودی یک دستگاه کشش استفاده کرد؛ در این حالت، میز آزمون به کلگی متحرک دستگاه متصل شده و نیرو به‌وسیله یک قرقره به جهت افقی منحرف می‌شود.

نیرو توسط یک ثبت‌کننده نموداری یا یک واحد الکتریکی معادل برای پردازش داده‌ها ثبت می‌شود.

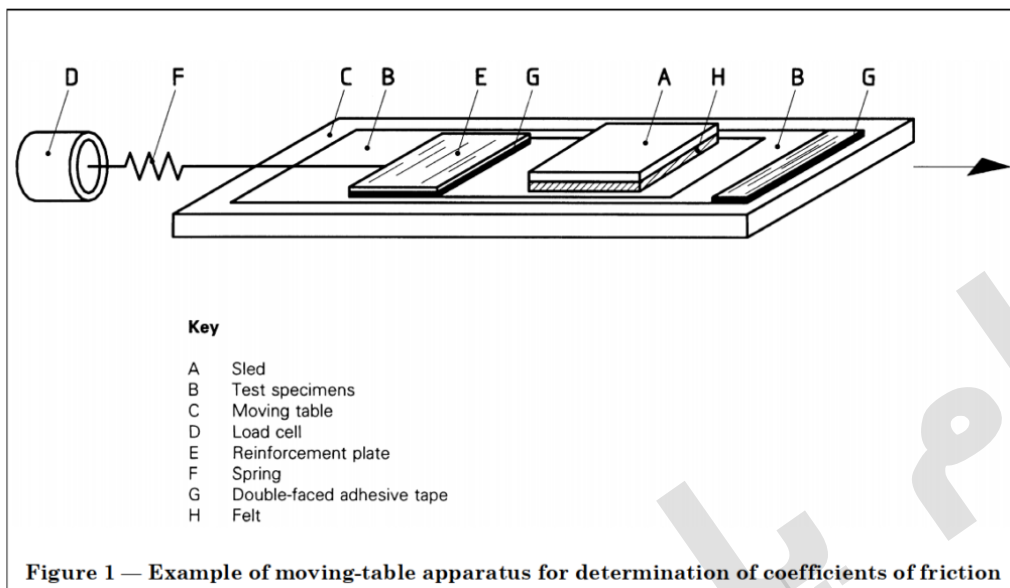


Figure 1 — Example of moving-table apparatus for determination of coefficients of friction

5.2 دستگاه آزمون باید با شرایط زیر مطابقت داشته باشد.

5.2.1 سطح میز آزمون باید صاف و هموار و از فلزی غیر فرومغناطیسی ساخته شده باشد.

5.2.2 نیروی عمودی باید توسط سورتمه‌ای با پایه تماس مربعی شکل به مساحت 40 cm^2 (طول ضلع 63 mm) ایجاد شود. برای اطمینان از توزیع یکنواخت فشار، پایه سورتمه باید با ماده‌ای الاستیک، برای مثال نمد، پوشانده شود. ساختار این ماده پوششی باید آن قدر ظریف باشد که از ایجاد نقش برجسته روی فیلم‌های نازک جلوگیری کند. جرم کل سورتمه باید $200 \text{ g} \pm 2 \text{ g}$ باشد (که نیروی عمودی $1,96 \text{ N} \pm 0,02 \text{ N}$ ایجاد می‌کند).

5.2.3 حرکتی که فرایند اصطکاک را ایجاد می‌کند باید بدون ارتعاش باشد و معمولاً سرعت آن باید $100 \text{ mm/min} \pm 10 \text{ mm/min}$ باشد.

در مورد فیلم‌های تخصصی یا در صورت بروز دشواری، می‌توان از سرعت $500 \text{ mm/min} \pm 10 \text{ mm/min}$ استفاده کرد. این موضوع باید در بند **11**، مورد f) گزارش شود.

5.2.4 خطای سیستم اندازه‌گیری نیرو، شامل ابزار ثبت، نباید از $\pm 2\%$ بیشتر باشد. زمان گذار آن $t_{99\%}$ نباید از 0,5 s بیشتر باشد. جهت کشش باید با صفحه اصطکاک هم‌راستای مستقیم داشته باشد.

اگر از سیستم اندازه‌گیری نیروی دستگاه کشش استفاده شود، زمان گذار $t_{99\%}$ باید به‌طور ویژه بررسی شود، زیرا سیستم‌های نشان‌دهنده این دستگاه‌ها اغلب نسبتاً کند و کم‌تحرك هستند.

5.2.5 برای اندازه‌گیری اصطکاک ایستایی، نیروی کششی اصطکاکی سیستم اندازه‌گیری نیرو باید روی $2 \text{ N/cm} \pm 1 \text{ N/cm}$ تنظیم شود. این کار را می‌توان با استفاده از یک فنر مناسب انجام داد. برای اندازه‌گیری اصطکاک جنبشی در حالت لغزش-چسبش، این فنر باید با یک اتصال صلب جایگزین شود.

یادداشت: اینرسی جرم سورتمه در شروع حرکت آن، نیروی اضافی ایجاد می‌کند؛ بنابراین ضریب اصطکاک به اندازه ¹ زیر با مقدار واقعی خود اختلاف دارد:

$$\Delta = \frac{v}{g} \sqrt{\frac{D}{m}}$$

where

- v is the speed of the sled relative to the table (= 100 mm/min);
- m is the mass of the sled (= 200 g);
- g is the acceleration due to gravity (= 9 810 mm/s²);
- D is the friction drag (2 N/cm = 2 × 10⁵ g/s²).

6 نمونه‌های آزمون

برای هر اندازه‌گیری، دو نمونه آزمون با ابعاد تقریبی 80 mm × 200 mm مورد نیاز است. حداقل سه جفت از این نمونه‌های آزمون که از نقاطی با توزیع یکنواخت در عرض نمونه یا، در مورد فیلم لوله‌ای، در محیط آن برداشته شده‌اند، باید آزمون شوند.

مگر آنکه طور دیگری مشخص شده باشد، محور طولی و در نتیجه جهت آزمون باید موازی با جهت دستگاه فیلم باشد.

هنگامی که انتظار می‌رود دو سطح دارای ویژگی‌های اصطکاکی متفاوتی باشند، باید سطح رویی (1) و زیرین (2) مشخص شده و طبق توافق طرف‌های ذی‌نفع، به صورت 1/1، 2/2 و/یا 1/2 آزمون شوند.

در جابجایی نمونه‌ها و نمونه‌های آزمون باید نهایت دقت به عمل آید. سطوح آزمون باید عاری از گردوغبار، اثر انگشت یا هر ماده خارجی دیگری باشند که ممکن است ویژگی‌های سطح را تغییر دهد.

یادداشت 1: آزمون سه جفت نمونه آزمون، حداقل لازم برای برآورد فاصله تحمل آماری است. بسته به دقت مورد نظر و همگنی ماده تحت آزمون، ممکن است لازم باشد تعداد نمونه‌های آزمون افزایش یابد. استاندارد ISO 2602:1980 با عنوان «تعیین ضریب تغییرات» — — — — —

□□□□□□ □□□□□□، در این زمینه راهنمایی ارائه می‌کند.

یادداشت 2: برای جلوگیری از آلودگی سطوح، می‌توان چندین نمونه آزمون را هم‌زمان برش داد و بلافاصله پیش از آزمون از یکدیگر جدا کرد.

7 شرطی‌سازی

مگر آنکه طور دیگری مشخص شده باشد، نمونه‌های آزمون باید پیش از آزمون، حداقل به مدت 16 h در جو استاندارد 23/50، مطابق تعریف ارائه‌شده در ISO 291، شرطی‌سازی شوند.

8 روش اجرا

دستورالعمل‌های زیر به دستگاهی مربوط می‌شوند که مطابق شکل 1 طراحی شده است. اگر از دستگاه معادل دیگری استفاده شود، باید روش مناسب آن دنبال شود. آزمون باید در همان جوی انجام شود که برای شرطی‌سازی استفاده شده است.

8.1 اندازه‌گیری فیلم در برابر فیلم

8.1.1 انتهای سمت راست نخستین نمونه آزمون را با نوار چسب دوطرفه (یا با یک گیره مناسب) روی میز آزمون ثابت کنید، به گونه‌ای که محور طولی نمونه آزمون بر محور میز منطبق باشد. انتهای سمت چپ نمونه آزمون دوم را با اتصال یک صفحه کوچک به وسیله نوار چسب دوطرفه، تقویت کنید. جرم این صفحه نباید از 5 g بیشتر باشد. این صفحه را از طریق یک فنر (به 5.2.5 مراجعه شود) به لودسل متصل کنید. نمونه آزمون دوم را روی نمونه اول قرار دهید و سورت‌مه را با ملایمت و بدون ضربه، در مرکز نمونه آزمون دوم قرار دهید (برای فیلم‌هایی که blocking شدید ایجاد می‌کنند یا نیروهایی غیر از نیروهای اصطکاکی تولید می‌کنند، سطح تماس، یعنی اندازه نمونه آزمون بالایی، باید تا حد امکان به سطح سورت‌مه نزدیک و کوچک شود). پیش از شروع آزمون، دستگاه باید بدون تنش باشد. پس از 15 s، حرکت میز آزمون و ثبت‌کننده را هم‌زمان آغاز کنید. نخستین قله نیرو ناشی از اصطکاک ایستایی است.

8.1.2 پس از قله نخست، ممکن است گاهی نوسان‌هایی در نیرو رخ دهد. در این حالت، بخش نوسانی نمودار را نمی‌توان برای تعیین ضریب اصطکاک

جنبشی به کار برد. ضریب اصطکاک جنبشی باید با یک اندازه‌گیری جداگانه تعیین شود؛ در این اندازه‌گیری، با جایگزین کردن فنر با یک اتصال صلب، رفتار لغزش-چسبش حذف می‌شود.

از این نوع تعیین نمی‌توان برای تعیین ضریب اصطکاک ایستایی استفاده کرد، زیرا خطای ناشی از اینرسی وجود دارد (به یادداشت مندرج در 5.2.5 مراجعه شود).

یادداشت: لودسل را می‌توان مستقیماً نیز به سورتمه متصل کرد. در این حالت، نمونه آزمون دوم با نوار چسب دوطرفه به لبه جلویی سورتمه متصل می‌شود. با این حال، این روش برای فیلم‌های سخت توصیه نمی‌شود، زیرا گشتاور خمشی ممکن است موجب توزیع نابرابر فشار شود.

8.2 اندازه‌گیری فیلم در تماس با فلز یا ماده‌ای دیگر

اگر قرار باشد رفتار اصطکاکی فیلم در تماس با سطح فلزی یا سطح ماده‌ای دیگر تعیین شود، نمونه آزمون پایینی (به شکل 1 مراجعه شود) باید با نمونه‌ای از ماده مورد نظر جایگزین شود. در غیر این صورت، همان روش باید به کار گرفته شود.

ضرایب اصطکاکی که به این روش تعیین می‌شوند، هم به نوع ماده و هم به پرداخت سطح آن وابسته‌اند.

اگر اندازه‌گیری‌های بعدی روی همان نمونه آزمون یک ماده انجام شوند، باید توجه داشت که ممکن است سایش رخ داده باشد و ویژگی‌های سطح را تغییر داده باشد. همچنین باید احتمال انتقال ماده لغزنده یا ضدلغزش را در نظر گرفت.

9 بیان نتایج

9.1 ضریب اصطکاک ایستایی

نیرو به صورت خطی افزایش می‌یابد تا به بیشینه‌ای برسد که نشان‌دهنده نیروی اصطکاک ایستایی F_s است. اندازه‌گیری‌هایی که با نیروی کششی

اصطکاکی زیاد انجام می‌شوند (یعنی بدون فنر)، امکان محاسبه ضریب اصطکاک جنبشی را فراهم می‌کنند، اما برای محاسبه ضریب اصطکاک ایستایی قابل استفاده نیستند (به 8.1.2 مراجعه شود).

ضریب اصطکاک ایستایی μ_s از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\mu_s = \frac{F_s}{F_p}$$

where

F_s is the static frictional force, expressed in newtons;

F_p is the normal force exerted by the mass of the sled, expressed in newtons (= 1,96 N).

9.2 ضریب اصطکاک جنبشی

نیروی اصطکاکی وارد شده در حین حرکت لغزشی، اغلب به دلیل اثرات ثانویه مرتبط با افزایش طول مسیر، با مقدار ثابتی که در شرایط ایده‌آل وجود خواهد داشت، تفاوت دارد.

نیروی اصطکاک جنبشی F_D میانگین نیرو در نخستین 6 cm حرکت پس از شروع حرکت نسبی بین سطوح در تماس است، که قله نیروی ایستایی F_s در آن لحاظ نمی‌شود. ضریب اصطکاک جنبشی μ_D با استفاده از نیروی اصطکاک جنبشی و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\mu_D = \frac{F_D}{F_p}$$

where

F_D is the dynamic frictional force, expressed in newtons;

F_p is the normal force exerted by the mass of the sled, expressed in newtons (= 1,96 N).