



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization



استاندارد ملی ایران

۶۸۹۲-۳

تجدیدنظر دوم

۱۴۰۲

INSO
6892-3
2nd Revision
2024

Identical with
IEC 60851-3:
2023

سیم‌های سیم‌پیچی - روش‌های آزمون -
قسمت ۳: ویژگی‌های مکانیکی

Winding wires- Test methods-
Part 3: Mechanical properties



دارای محتوای رنگی

ICS: 29.060.10

استاندارد ملی ایران شماره ۳-۶۸۹۲ (تجدیدنظر دوم): سال ۱۴۰۲

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج - شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.gov.ir

وبگاه: <http://www.inso.gov.ir>

Iran National Standards Organization (INSO)

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@inso.gov.ir

Website: <http://www.inso.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به روز رسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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 تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادهای سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود 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 می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین‌شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد ملی مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«سیم‌های سیم‌پیچی - روش‌های آزمون - قسمت ۳: ویژگی‌های مکانیکی»

رئیس:

نصیری، زهرا
(دکتری مهندسی برق - قدرت)

سمت و/یا محل اشتغال:

عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف

دبیر:

سلماسی، تورج
(کارشناسی فیزیک کاربردی)

مدیر کیفیت شرکت صنایع راما پارسیان

دبیر کمیته فنی متناظر سیم‌های سیم‌پیچی INEC TC 55

اعضا:

(اسامی به ترتیب حروف الفبا)

باباصفری، مریم
(دکتری مهندسی برق - الکترونیک)

کارشناس اداره امور آزمایشگاه اداره کل استاندارد استان البرز

برادران نویری، شهرام
(کارشناسی مهندسی کامپیوتر - نرم افزار)

مدیر کنترل کیفیت شرکت لاک سیم

دهقان‌پور، میلاد
(کارشناسی مهندسی صنایع)

مدیر تولید شرکت لاک سیم

رضایی، نرجس
(کارشناسی ارشد مهندسی فناوری مخابرات سیار)

مدیر کیفیت شرکت سیم لاک‌ی فارس

سردار، مرتضی
(کارشناسی مهندسی شیمی)

مدیر تولید شرکت صنایع راما پارسیان

طهرانچی، محمود
(کارشناسی اقتصاد)

رئیس هیئت مدیره شرکت سیم لاک‌ی پایش

کریمی، معصومه
(کارشناسی مهندسی برق - شبکه‌های انتقال)

مسئول کنترل کیفیت شرکت صنایع راما پارسیان

مهدوی، نسرين
(کارشناسی شیمی کاربردی)

مسئول آزمایشگاه شرکت الکتروژن

ویراستار:

شفیع زاده، ثمانه

(کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک)

سمت و/یا محل اشتغال:

کارشناس رسمی استاندارد

دبیر کمیته فنی متناظر جوشکاری برقی INEC TC 26

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ آزمون ۶: ازدیاد طول
۲	۱-۴ ازدیاد طول در حد گسیختگی
۲	۲-۴ استقامت کششی
۲	۵ آزمون ۷: حالت فنری (فنریت)
۲	۱-۵ کلیات
۳	۲-۵ سیم گرد با قطر نامی هادی از ۰/۰۸۰ mm تا و خود ۱/۶۰۰ mm
۶	۳-۵ سیم گرد با قطر نامی بیش از ۱/۶۰۰ mm و سیم تخت
۸	۶ آزمون ۸: انعطاف‌پذیری و چسبندگی
۸	۱-۶ کلیات
۸	۲-۶ آزمون پیچش به دور میله آزمون
۱۲	۳-۶ آزمون کشش (قابل اجرا برای سیم لاکی گرد با قطر نامی هادی بیش از ۱/۶۰۰ mm)
۱۲	۴-۶ آزمون کشش سریع (قابل اجرا برای سیم لاکی گرد با قطر نامی هادی تا و خود ۱/۰۰۰ mm)
۱۳	۵-۶ آزمون پوسته‌شدن لاک (قابل اجرا برای سیم لاکی گرد با قطر نامی هادی بیش از ۱/۰۰۰ mm)
۱۵	۶-۶ آزمون چسبندگی
۱۷	۷ آزمون ۱۱: مقاومت در برابر سایش (قابل اجرا برای سیم لاکی گرد)
۱۷	۱-۷ کلیات
۱۷	۲-۷ قاعده کلی
۱۷	۳-۷ تجهیزات
۱۸	۴-۷ روش آزمون
۱۹	۸ آزمون ۱۸: چسباندن با حرارت یا حلال (قابل اجرا برای سیم لاکی گرد با قطر نامی بیش از ۰/۰۵۰ mm تا و خود ۲/۰۰۰ mm و سیم‌های لاکی تخت)
۱۹	۱-۸ کلیات
۱۹	۲-۸ دوام چسبندگی سیم‌پیچ فنری شکل در حالت عمودی

صفحه	عنوان
۲۳	۳-۸ استحکام چسبندگی سیم‌پیچ تابیده‌شده
۲۷	۴-۸ چسباندن با حرارت در سیم تخت لاکی
۲۹	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) استحکام چسبندگی سیم‌های چسبیده‌شده با حرارت
۳۵	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) روش‌های آزمون اصطکاک
۴۷	کتابنامه

پیش‌گفتار

استاندارد «سیم‌های سیم‌پیچی - روش‌های آزمون - قسمت ۳: ویژگی‌های مکانیکی» که نخستین بار در سال ۱۳۸۲ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ برای دومین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در یک‌هزار و چهارصد و چهل و هشتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۱۴۰۲/۱۱/۰۳ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۳-۶۸۹۲: سال ۱۳۹۳ و اصلاحیه شماره ۱: سال ۱۴۰۰ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

IEC 60851-3:2023, Winding wires- Test methods - Part 3: Mechanical properties

مقدمه

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استاندارد ملی ایران شماره ۶۸۹۲ با عنوان کلی «سیم‌های سیم‌پیچی - روش‌های آزمون» است. سایر قسمت‌های این مجموعه به شرح زیر است:

- قسمت ۱: کلیات

- قسمت ۲: تعیین ابعاد

- قسمت ۴: ویژگی‌های شیمیایی

- قسمت ۵: ویژگی‌های الکتریکی

- قسمت ۶: ویژگی‌های حرارتی

سیم‌های سیم‌پیچی - روش‌های آزمون - قسمت ۳: ویژگی‌های مکانیکی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌های آزمون زیر برای سیم‌های سیم‌پیچی می‌باشد:

- آزمون ۶: ازدیاد طول؛

- آزمون ۷: حالت فنری (فنریت)؛

- آزمون ۸: انعطاف‌پذیری و چسبندگی؛

- آزمون ۱۱: مقاومت در برابر سایش؛

- آزمون ۱۸: چسباندن با حرارت.

تعاریف، نکات کلی در مورد روش‌های آزمون و فهرست کاملی از آزمون‌های سیم‌های سیم‌پیچی در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۶۸۹۲ داده شده است. همچنین در پیوست ب این استاندارد، روش‌های آزمون اصطکاک بیان شده است.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۶۸۹۲: سال ۱۳۹۸، سیم‌های سیم‌پیچی - روش‌های آزمون - قسمت ۲: تعیین ابعاد

2-2 ISO 178:2019, Plastics— Determination of flexural properties

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد هیچ اصطلاح و تعریفی وجود ندارد^۱.

۴ آزمون ۶: ازدیاد طول

۴-۱ ازدیاد طول در حد گسیختگی

ازدیاد طول عبارت است از افزایش طول به علت کشیده شدن که برحسب درصدی از طول اولیه بیان می شود. یک قطعه سیم صاف باید توسط یک آزمونگر افزایش دهنده طول یا یک تجهیز آزمون استقامت کششی^۲ که دارای طول آزاد اندازه گیری بین ۲۰۰ mm تا ۲۵۰ mm باشد با نرخ یکنواخت $(1 \pm 5) \text{ mm/s}$ تا نقطه گسیختگی هادی کشیده شود. مقدار افزایش طول خطی در نقطه گسیختگی باید برحسب درصدی از طول آزاد اندازه گیری محاسبه شود.

سه آزمون باید آزمون شوند. سه مقدار مجزا باید گزارش شود. میانگین این سه مقدار، بیانگر افزایش طول در حد گسیختگی است.

۴-۲ استقامت کششی

استقامت کششی عبارت از نسبت نیروی اعمال شده در نقطه گسیختگی به سطح مقطع اولیه هادی قبل از آزمون است.

یک قطعه سیم صاف باید توسط یک تجهیز آزمون استقامت کششی که دارای طول آزاد اندازه گیری بین ۲۰۰ mm تا ۲۵۰ mm است، با نرخ یکنواخت $(1 \pm 5) \text{ mm/s}$ تا نقطه گسیختگی هادی کشیده شده و مقدار نیرو در نقطه گسیختگی ثبت شود.

سه آزمون باید آزمون شود. سطح مقطع اولیه قبل از آزمون و سه مقدار مجزای نیرو در نقطه گسیختگی باید گزارش شوند. میانگین نسبت نیرو در نقطه گسیختگی و سطح مقطع اولیه قبل از آزمون بیانگر استقامت کششی است.

۵ آزمون ۷: حالت فنری (فنریت)

۵-۱ کلیات

حالت فنری عبارت است از میزان بازگشت به حالت اولیه برحسب درجه، پس از آنکه سیم بصورت فنری شکل پیچیده شود یا تحت زاویه ای خم شده باشد.

۱- اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه های www.iso.org/obg و www.electropedia.org/ قابل دسترس است.
2- Tensile Testing Equipment

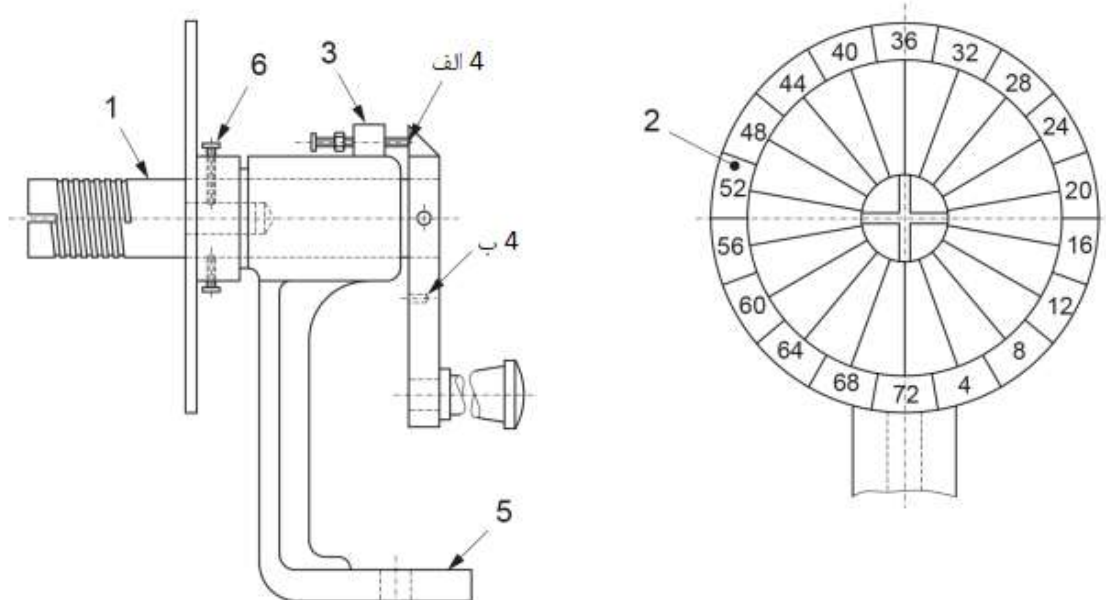
۲-۵ سیم گرد با قطر نامی هادی از ۰٫۸۰ mm تا و خود ۱٫۶۰۰ mm

۱-۲-۵ قاعده کلی

یک قطعه سیم صاف که تحت تأثیر نیروی کشش قرار داشته، به تعداد پنج دور به دور میله آزمون پیچیده می‌شود. قطر میله آزمون و همچنین نیروی اعمال شده به سیم در استاندارد ملی مربوط تعیین شده است. زاویه بازگشت انتهای سیم در پنجمین دور، میزان حالت فنری را نشان می‌دهد.

۲-۲-۵ تجهیزات

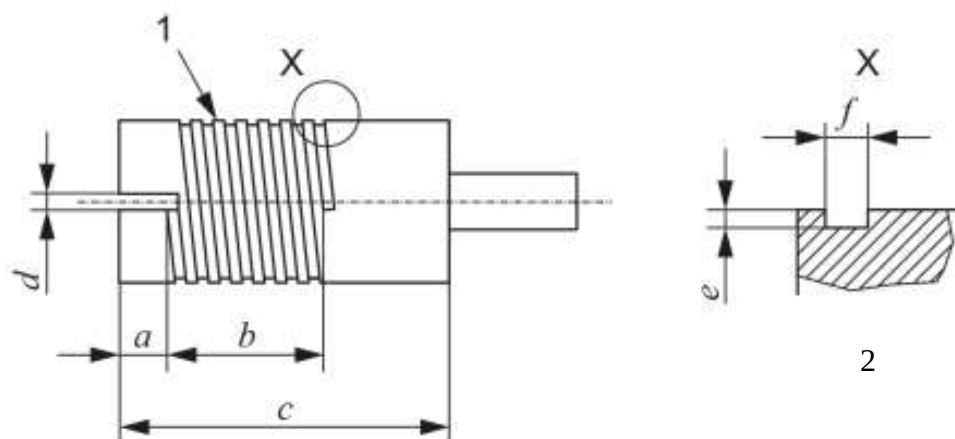
شکل ۱ مثالی از تجهیزات آزمون است که جزئیات میله آزمون مربوط به آن در شکل ۲ و جدول ۱ داده شده است. شکل ۲ یک شیار فنری شکل که از آن برای تسهیل در پیچیدن استفاده می‌شود را نشان می‌دهد. اگرچه وجود شیار بر روی میله آزمون الزامی نیست. صفحه مدرج به ۷۲ قسمت مساوی تقسیم شده است. با توجه به پنج دور پیچیدن سیم، آنچه که قرائت می‌شود زاویه بازگشت فنری در هر دور را نشان می‌دهد.



راهنما:

- ۱- میله آزمون
- ۲- صفحه مدرج
- ۳- افزاره قفل کردن
- ۴- افزاره قفل کردن
- ۵- صفحه پایه
- ۶- پیچ ثابت کننده میله آزمون

شکل ۱- تجهیزات آزمون برای تعیین حالت فنری



راهنما:

1- دندانه‌های ۷ تایی

2- قسمت X بزرگ شده است.

شکل ۲- ساختمان و شرح میله آزمون (به جدول ۱ مراجعه شود)

جدول ۱- میله‌های آزمون حالت فنری

ابعاد ^ب mm						قطر میله آزمون ^{الف} mm
f	e	d	c	b	a	
۰٫۱۳	۰٫۰۵	۰٫۳۰	۳۲	۷٫۵	۶٫۰	۵
۰٫۱۸	۰٫۰۷	۰٫۴۰	۳۴	۹٫۰	۶٫۰	۷
۰٫۲۵	۰٫۱۰	۰٫۶۰	۳۴	۹٫۰	۶٫۰	۱۰
۰٫۳۵	۰٫۱۴	۰٫۸۰	۴۰	۹٫۰	۶٫۰	۱۲٫۵
۰٫۵۰	۰٫۲۰	۱٫۲۰	۴۵	۱۱٫۰	۱۰٫۰	۱۹
۰٫۷۰	۰٫۲۸	۲٫۰۰	۴۵	۱۲٫۵	۱۲٫۵	۲۵
۱٫۰۰	۰٫۴۰	۲٫۴۰	۴۷	۱۴٫۵	۱۲٫۵	۳۷٫۵
۲٫۰۰	۰٫۸۰	۳٫۰۰	۵۰	۱۷٫۵	۱۲٫۵	۵۰
^{الف} اندازه ته شیار در صورت وجود. ^ب به شکل ۲ مراجعه شود.						

۵-۲-۳ روش آزمون

میله آزمون تعیین شده باید در وضعیتی نصب و قفل شود که محور آن در راستای افق باشد و شکاف یا سوراخ نگهدارنده سیم، مقابل نقطه صفر صفحه مدرج قرار گیرد. میله آزمون باید به پودر تالک (گچ فرانسوی) آغشته شود تا سیم به آن نچسبد.

یک نیروی کششی باید به یک قطعه سیم صاف به طول تقریبی ۱ m با بستن وزنه‌ای معین به انتهای آن اعمال شود. دسته گرداننده میله آزمون باید از حالت قفل خارج شود. سر دیگر سیم باید داخل شیار یا شکاف نگهدارنده میله آزمون، بصورت محکم متصل شود، به گونه‌ای که مقدار کافی از سیم در طرف دیگر میله آزمون وجود داشته باشد. وزنه باید به آهستگی پایین آورده شده تا سیم در زیر میله آزمون، بصورت عمودی معلق شود و نقطه صفر صفحه مدرج و شکاف یا سوراخ نگهدارنده سیم در یک امتداد و در جهت پایین باشد.

در حالیکه انتهای آزاد سیم و وزنه وصل شده به آن از هر حرکت اضافی باز ایستاده است، توسط دسته گرداننده، میله آزمون باید در جهت خلاف حرکت عقربه ساعت (وقتی که از روبرو، صفحه مدرج مشاهده می‌شود) چرخانده شود تا سیم، پنج دور کامل به دور میله آزمون پیچیده شود. سپس این چرخش باید به حدی ادامه پیدا کند تا نقطه صفر مدرج به طور عمودی و در بالا باشد. آنگاه در این وضعیت، دسته گرداننده باید قفل شود. وزنه باید به گونه‌ای برداشته شود که سیم در روی میله آزمون، در موقعیت خود باقی بماند و سپس سیم باید در فاصله ۲۵ mm بعد از انتهای پنجمین دور قطع شود. این قسمت از سیم باید در جهت عمودی در مقابل نقطه صفر صفحه مدرج خم شده تا بعنوان شاخص محسوب شود.

به منظور جلوگیری از برگشت ناگهانی، باید در سمت چپ سیم، یک مداد یا یک ابزار مشابه خم شده، قرار گیرد تا سیم پیچ به آهستگی و بدون حرکت تند باز شود.

یادآوری- اگر سیم، برگشت فتری ناگهانی داشته باشد، نتیجه می‌تواند همراه با خطا باشد.

میله آزمون و صفحه مدرج باید از حالت قفل خارج شده و به منظور بازگشت به عقب شاخص و قرار گرفتن در حالت عمودی، در جهت عقربه ساعت چرخانده شود. زاویه برگشت فتری برابر عددی است که روی صفحه مدرج و در مقابل شاخص قرار دارد. در مورد سیم‌های با حالت فتری زیاد، شاخص می‌تواند بیش از یک دور کامل برگردد، در آن صورت باید عدد ۷۲ را به ازای هر دور کامل بازگشت، به عدد خوانده شده در روی صفحه مدرج اضافه کرد.

سه آزمون باید انجام شوند. سه مقدار مجزا باید گزارش شود. میانگین این سه مقدار بیانگر میزان حالت فتری می‌باشد.

۳-۵ سیم گرد با قطر نامی هادی بیش از ۱/۶۰۰ mm و سیم تخت

۱-۳-۵ قاعده کلی

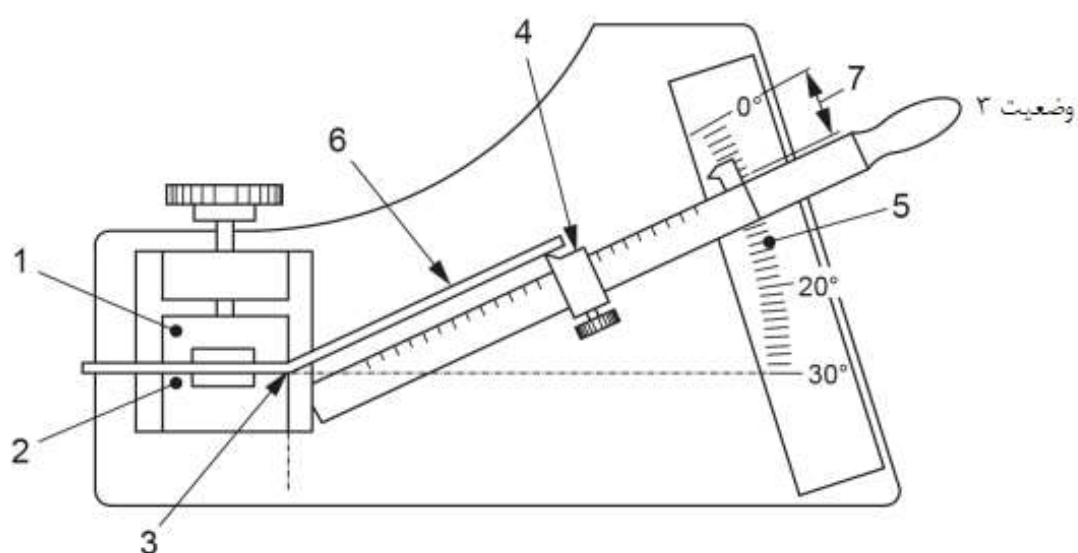
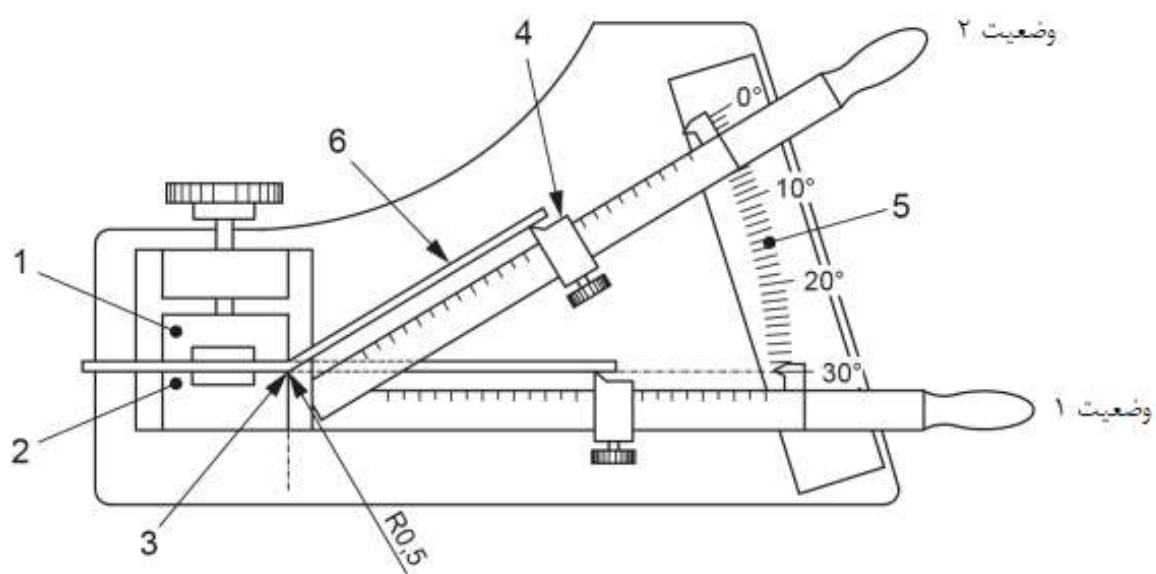
یک قطعه سیم صاف باید تحت زاویه 30° خم شود. پس از برداشتن نیرو، زاویه‌ای که از برگشت فنری سیم قرائت می‌شود، میزان حالت فنری را نشان می‌دهد.

۲-۳-۵ تجهیزات

شکل ۳ مثالی از تجهیزات آزمون که اساساً شامل دو فک که یکی ثابت (۲) و دیگری متحرک (۱) و یک قسمت مدرج شده برحسب درجه (۵) به طوری که صفر تا 10° با فاصله 0.5° تقسیم‌بندی شده است را نشان می‌دهد. قسمت مدرج، کمائی است که در یک صفحه تحت زاویه 90° نسبت به نگهدارنده، نصب شده و مرکز آن لبه خارجی فک ثابت (۳) می‌باشد. بازوی اهرم که به همراه تکیه‌گاه خود در مرکز کمان نصب شده است، می‌تواند بر روی قسمت مدرج بصورت عمودی حرکت کند.

این بازو باید به یک شاخص یا نشانگر برای نشان دادن دقیق زاویه برگشت فنری مجهز باشد. طول بازوی اهرم به‌طور تقریبی ۳۰۵ mm است و برحسب میلی‌متر از مرکز کمان درجه‌بندی شده و بر روی آن یک پایه لغزنده (۴) با لبه چاقویی نصب شده است.

ابعاد برحسب میلی‌متر



راهنما:

- ۱- فک متحرک
- ۲- فک ثابت
- ۳- مرکز قسمت مدرج
- ۴- قطعه لغزان
- ۵- قسمت مدرج
- ۶- آزمون
- ۷- برگشت فنری

شکل ۳- تجهیزات آزمون برای تعیین حالت فنری

۵-۳-۳ آزمون

یک نمونه سیم با طول دست کم ۱۲۰۰ mm باید با کمترین خمش ممکن، از روی قرقره باز شود و سپس با دست، صاف شده و به سه قسمت به طول ۴۰۰ mm بریده شود. ابزار نباید باعث افزایش طول آزمون شود. به منظور به حداقل رساندن سخت‌شدگی باید از خم‌کاری غیر ضروری اجتناب شود.

۵-۳-۴ روش آزمون

محل لغزنده بر روی بازوی اهرم با ضرب عدد ۴۰ در قطر هادی سیم‌های گرد و یا ضخامت هادی سیم‌های تخت تعیین می‌شود. به منظور جلوگیری از لغزش، آزمون باید با نیروی مناسب بین فک‌ها محکم شود. همچنین آزمون باید به گونه‌ای نصب شود که خم‌شدگی بر روی سیم در همان وضعیتی باشد که سیم بر روی قرقره پیچیده شده است. انتهای آزاد آزمون باید (12 ± 2) mm از لبه چاقویی لغزنده بیشتر باشد.

توسط بازوی اهرم، آزمون باید از وضعیت اولیه (وقتی که شاخص روی 30° قرار دارد- وضعیت ۱) به اندازه 30° خم شود (وقتی شاخص روی صفر درجه قرار دارد- وضعیت ۲). عمل خم کردن باید در مدت‌زمانی بین ۲ s تا ۵ s انجام شود. آزمون نباید در مدت‌زمانی بیش از ۲ s در این وضعیت نگهداشته شود. سپس آزمون در جهت عکس با همان زاویه‌ای که خم شده است، برگردانیده شود تا لبه چاقویی لغزنده از سیم آزمون دور شود. بازوی اهرم باید دوباره بالا آورده شده تا لبه چاقویی به سیم آزمون بدون آنکه آن را خم کند، تماس شود. در این وضعیت، زاویه برگشت فنری برابر مقیاس روی قسمت مدرج است که شاخص یا نشانگر روی بازوی اهرم نشان می‌دهد (وضعیت ۳).

سه آزمون باید آزمون شود. سه مقدار مجزا باید گزارش شود. میانگین این سه مقدار بیانگر میزان حالت فنری است.

۶ آزمون ۸: انعطاف‌پذیری و چسبندگی

۶-۱ کلیات

انعطاف‌پذیری و چسبندگی عبارت است از پایداری سیم در برابر کش‌آمدن، پیچیدن، خم کردن یا تابیدن بدون آن که نشانه‌ای از ترک یا از دست‌دادن چسبندگی عایق مشاهده شود.

۶-۲ آزمون پیچش به دور میله آزمون

۶-۲-۱ سیم گرد

۶-۲-۱-۱ کلیات

یک قطعه سیم صاف باید ۱۰ دور متوالی و نزدیک به هم به دور میله آزمون صیقلی که قطر آن در استاندارد ملی مربوط داده شده، پیچیده شود. میله آزمون باید با سرعت ۱ تا ۳ دور در ثانیه در حالیکه سیم روی آن

تحت نیروی کافی به منظور حفظ تماس با میله آزمون است، چرخانیده شود. از ازدیاد طول یا تابیدن سیم باید اجتناب شود. هر نوع تجهیزات مناسب دیگر باید استفاده شود.

۲-۱-۲-۶ سیم لاکی گرد با قطر نامی هادی تا و خود ۱/۶۰۰ mm

چنانچه مطابق استاندارد ملی مربوط، کشش اولیه قبل از پیچیدن سیم به دور میله آزمون لازم باشد، سیم باید مطابق بند ۴ به میزان تعیین شده افزایش طول یابد و سپس به دور میله آزمون پیچیده شود. بعد از پیچیده شدن، آزمون باید از نظر ترک خوردگی تحت بزرگ‌نمایی تعیین شده در جدول ۲ مورد بررسی قرار گیرد.

جدول ۲- میزان بزرگ‌نمایی برای مشاهده ترک

بزرگ‌نمایی الف	قطر نامی هادی mm	
	تا و خود	بیش از
۱۰ تا ۱۵ برابر	۰/۰۴۰	--
۶ تا ۱۰ برابر	۰/۵۰۰	۰/۰۴۰
۱ تا ۶ برابر	۱/۶۰۰	۰/۵۰۰
الف بزرگ‌نمایی ۱ برابر، معادل دید معمولی می‌باشد.		

سه آزمون باید مورد آزمون قرار گیرد. هر ترک مشاهده شده باید گزارش شود.

۳-۱-۲-۶ سیم گرد پوشیده شده با الیاف

بعد از پیچیده شدن، آزمون باید از نظر نمایان شدن هادی با دید معمولی یا بیشینه بزرگ‌نمایی شش برابر مورد بررسی قرار گیرد.

سه آزمون باید مورد آزمون قرار گیرد. نمایان شدن هادی باید گزارش شود.

۴-۱-۲-۶ سیم لاکی گرد پوشیده شده با الیاف

بعد از پیچیده شدن، آزمون باید از نظر نمایان شدن هادی یا عایق زیرین با دید معمولی یا بیشینه بزرگ‌نمایی شش برابر مورد بررسی قرار گیرد.

سه آزمون باید مورد آزمون قرار گیرد. نمایان شدن هادی یا عایق زیرین باید گزارش شود.

۵-۱-۲-۶ سیم گرد نوارپیچ شده

بعد از پیچیده شدن، آزمون باید از نظر نمایان شدن هادی یا عایق زیرین با دید معمولی یا بیشینه بزرگنمایی شش برابر مورد بررسی قرار گیرد.

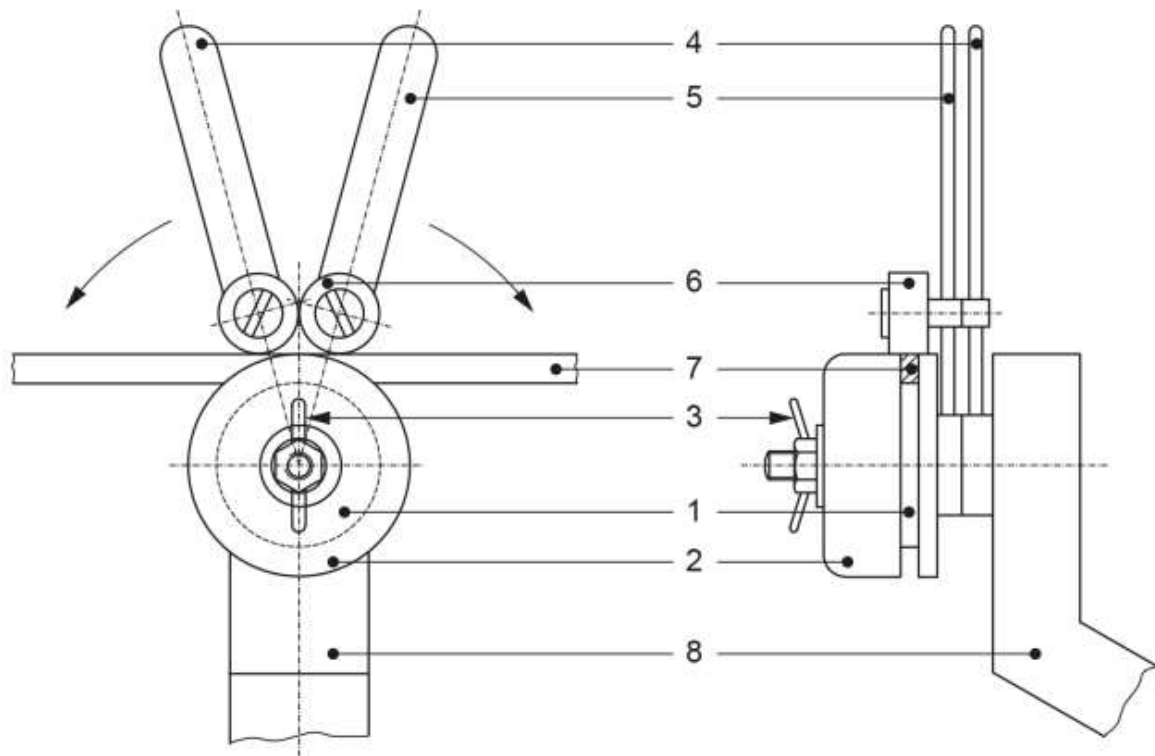
سه آزمون باید مورد آزمون قرار گیرد. نمایان شدن هادی یا هرگونه جداشدگی لایه های نوار عایق از یکدیگر باید گزارش شود.

۲-۲-۶ سیم تخت

یک قطعه سیم صاف با طول تقریبی ۴۰۰ mm باید در دو جهت به اندازه 180° به دور میله آزمون صیقلی که قطر آن در استاندارد ملی مربوط داده شده، خم شود تا به شکل S کشیده درآید. طول قسمت صاف بین دو خمیدگی (U شکل) کمتر از ۱۵۰ mm نباشد. باید اطمینان حاصل شود که آزمون، کج نشده یا از شکل خمیدگی یکنواخت، خارج نشود. دستگاه مناسب در شکل ۴ نشان داده شده است.

بعد از خم کردن سیم، عایق باید تحت بزرگنمایی شش تا ده برابر از نظر ترک خوردگی در مورد سیم لاک، نمایان شدن هادی یا عایق زیرین در مورد سیم پوشیده شده با الیاف، نمایان شدن هادی و جداشدگی لایه های نوار عایق از یکدیگر در مورد سیم نوارپیچ شده مورد بررسی قرار گیرد.

شش آزمون باید خم شوند، به طوری که سه آزمون بر روی وجه پهن (روی ضخامت) و سه آزمون بر روی لبه (روی پهن) خم شوند. اگر در سیم بر حسب مورد، ترک یا جداشدگی نوار عایق از یکدیگر، نمایان شدن هادی یا عایق زیرین دیده شود، باید گزارش شود.



راهنما:

۱- میله آزمون

۲- یراق گیر دادن میله آزمون

۳- مهره سیم پیچی

۴- اهرم

۵- اهرم

۶- بلبرینگ

۷- آزمون

۸- نگهدارنده

شکل ۴- تجهیز آزمون برای آزمون پیچش به دور میله

۳-۲-۶ سیم افشان پوشش دار

یک قطعه سیم صاف باید ۱۰ دور متوالی به دور میله آزمون صیقلی که قطر آن در استاندارد ملی مربوط داده شده، تحت نیروی تعیین شده در زیربند ۳-۲-۵-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۶۸۹۲: سال ۱۳۹۸ پیچیده شود. در هنگام پیچیدن سیم به دور میله آزمون باید دقت شود که در هر دور پیچش هیچ گونه تابیدگی در آزمون بوجود نیاید.

بعد از پیچیدن به دور میله آزمون، آزمون باید از نظر ایجاد شکاف در پوشش با دید معمولی مورد بررسی قرار گیرد.

یک آزمون باید مورد آزمون قرار گیرد. اگر سیم دارای درجه فشردگی لازم در پوشش نباشد، باید آن را گزارش کرد.

۳-۶ آزمون کشش (قابل اجرا برای سیم لاکه گرد با قطر نامی هادی بیش از ۱/۶۰۰ mm)

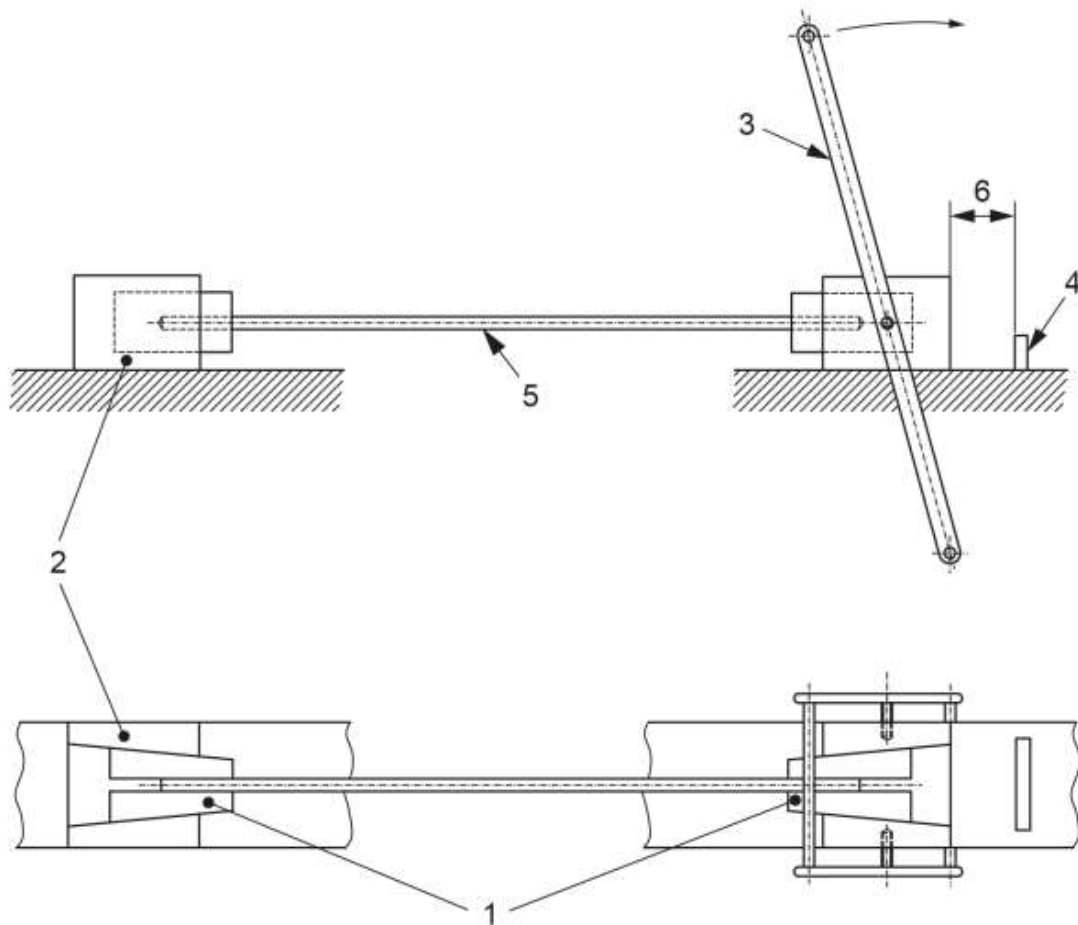
یک قطعه سیم صاف باید مطابق بند ۴، تا درصد تعیین شده در استاندارد ملی مربوط کشیده شود. پس از عمل کشش، آزمون باید از نظر ترک خوردگی یا از دست دادن چسبندگی لاک، با دید معمولی یا بیشینه بزرگنمایی شش برابر مورد بررسی قرار گیرد.

سه آزمون باید مورد آزمون قرار گرفته و اگر در سیم ترک خوردگی و/یا از دست دادن چسبندگی لاک مشاهده شد، باید آن را گزارش کرد.

۴-۶ آزمون کشش سریع (قابل اجرا برای سیم لاکه گرد با قطر نامی هادی تا و خود ۱/۰۰۰ mm)

یک قطعه سیم صاف باید به صورت ناگهانی تا نقطه گسیختگی یا درصد ازدیاد طول تعیین شده در استاندارد ملی مربوط، توسط تجهیز آزمون نشان داده شده در شکل ۵ که طول آزاد اندازه گیری آن بین ۲۰۰ mm تا ۲۵۰ است، کشیده شود. پس از عمل کشش، آزمون باید از نظر ترک خوردگی یا از دست دادن چسبندگی لاک تحت بزرگنمایی تعیین شده در جدول ۲ مورد بررسی قرار گیرد. در مورد سیم هایی که در هنگام کشش پاره شده اند، باید به اندازه ۲ mm از هر دو سر نقطه گسیختگی صرف نظر شود.

سه آزمون باید مورد آزمون قرار گرفته، اگر ترک خوردگی و/یا از دست دادن چسبندگی لاک مشاهده شد، باید آن را گزارش کرد.



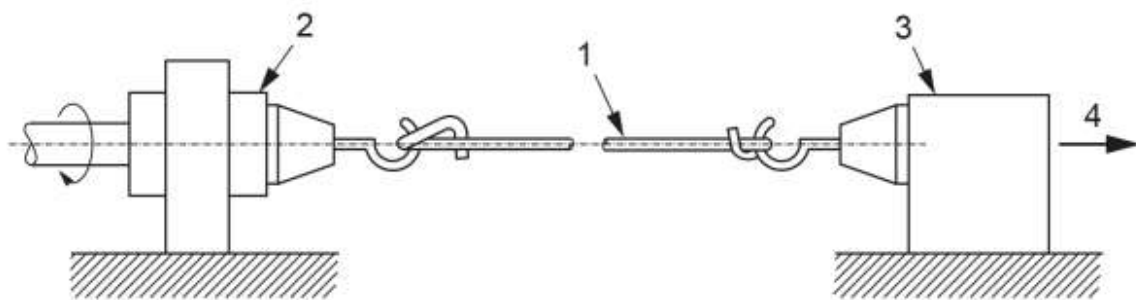
راهنما:

- 1- بست سه گوش (گیره‌ها)
- 2- مجموعه فک ثابت
- 3- بازوی اهرم
- 4- متوقف کننده قابل تنظیم
- 5- آزمون
- 6- ازدیاد طول تعیین شده

شکل ۵- تجهیزات برای آزمون کشش سریع

۵-۶ آزمون پوسته شدن لاک (قابل اجرا برای سیم لاک گرد با قطر نامی هادی بیش از ۱/۰۰۰ mm)

یک قطعه سیم صاف باید در تجهیزات آزمون نشان داده شده در شکل ۶ که دارای دو افزاره هم محور به فاصله ۵۰۰ mm از یکدیگر می باشند، قرار داده شود. یکی از این افزاره ها می تواند بچرخد و دیگری ثابت است، ولی می تواند در طول محور جابجا شود. افزاره ثابت باید به گونه ای باشد که بتواند برای اعمال کشش لازم به سیم در حال چرخش، به آن نیرویی مطابق جدول ۳ وارد کند.



راهنما:

1- آزمون

2- گیره قابل چرخش

3- گیره ثابت

4- نیرو (وزنه)

شکل ۶- تجهیزات برای آزمون پوسته شدن

جدول ۳- نیرو (وزنه) برای آزمون پوسته شدن لاک

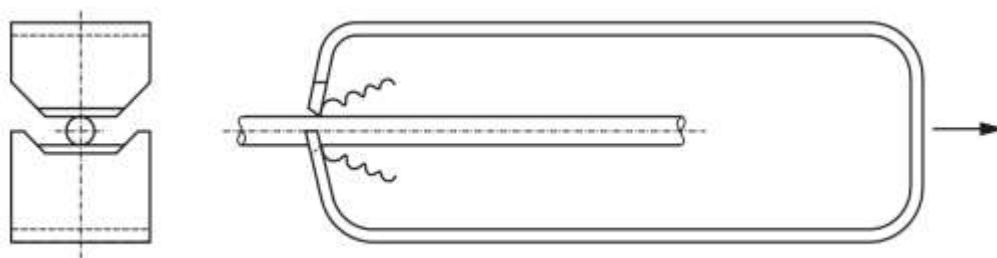
وزنه N	قطر نامی هادی mm	
	تا و خود	بیش از
۲۵	۱,۴۰۰	۱,۰۰۰
۴۰	۱,۸۰۰	۱,۴۰۰
۶۰	۲,۲۴۰	۱,۸۰۰
۱۰۰	۲,۸۰۰	۲,۲۴۰
۱۶۰	۳,۵۵۰	۲,۸۰۰
۲۵۰	۴,۵۰۰	۳,۵۵۰
۴۰۰	۵,۰۰۰	۴,۵۰۰

توسط یک خراش دهنده نشان داده شده در شکل ۷، باید لاک از دو طرف مقابل سیم تا رسیدن به هادی آن چنان که در شکل ۸ نشان داده شده است، برداشته شود. ضمن توجه به اینکه در هنگام برداشتن لاک، مقدار قابل توجهی از هادی برداشته نشود، باید فشار بر روی خراش دهنده جهت برداشتن لاک و داشتن یک سطح صاف و تمیز به ویژه در سطح مشترک هادی و لاک کافی باشد، برداشتن لاک باید از فاصله تقریبی

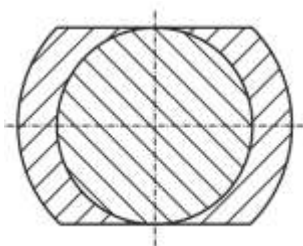
۱۰ mm از افزاره‌های ثابت کردن شروع شود. افزاره قابل چرخش، باید با سرعتی بین ۶۰ تا ۱۰۰ دور بر دقیقه تا رسیدن به تعداد دورهای لازم R ، آن چنان که در استاندارد ملی مربوط گفته شده، چرخانیده شود.

بعد از برداشتن لاک و چرخاندن سیم، آزمون باید از نظر از دست دادن چسبندگی لاک مورد بررسی قرار گیرد. لاک‌هایی که بتوان بدون هیچ مشکلی از سیم جدا کرد (مثلاً با ناخن انگشت شست)، باید بعنوان از دست دادن چسبندگی لاک تلقی شوند، حتی اگر لاک بطور کامل از سیم جدا نشود.

یک آزمون باید مورد آزمون قرار گیرد. اگر از دست دادن چسبندگی لاک مشاهده شد، باید آن را گزارش کرد.



شکل ۷- خراش دهنده



شکل ۸- سطح مقطع سیم بعد از برداشتن پوشش

۶-۶ آزمون چسبندگی

۱-۶-۶ کلیات

یک قطعه سیم صاف به طول تقریبی ۳۰۰ mm باید مطابق بند ۴ تا درصد ازدیاد طول تعیین شده در استاندارد ملی مربوط کشیده شود.

۲-۶-۶ سیم تخت لاکه

قبل از انجام کشش، عایق دور تا دور سیم باید در یک نقطه به فاصله تقریبی از مرکز طول آزمونه اندازه گیری شده، تا رسیدن به هادی بریده شود. بعد از انجام کشش، آزمونه باید از نظر از دست دادن چسبندگی عایق مورد بررسی قرار گیرد.

یک آزمونه باید مورد آزمون قرار گرفته و چنانچه از دست دادن چسبندگی مشاهده شد، اندازه طولی آن از محل برش باید گزارش شود. در آن صورت، طولی که لاک چسبندگی خود را از دست داده، باید در یک جهت از نقطه برش اندازه گیری شود. بعد از بررسی دور تا دور بریدگی، بیشینه اندازه مشاهده شده، تحت بزرگنمایی شش تا ده برابر باید گزارش شود.

۳-۶-۶ سیم گرد و تخت با پوشش الیافی اشباع شده

قبل از انجام کشش، عایق دور تا دور باید در دو نقطه در مرکز سیم که از هم ۱۰۰ mm فاصله دارند، تا رسیدن به هادی بریده شود. بعد از انجام کشش، آزمونه باید از نظر از دست دادن چسبندگی عایق تحت بزرگنمایی شش تا ده برابر مورد بررسی قرار گیرد.

یک آزمونه باید مورد آزمون قرار گیرد. چنانچه از دست دادن چسبندگی مطابق استاندارد ملی مربوط مشاهده شد، اندازه طولی آن در یک جهت از محل برش، باید گزارش شود. بعد از بررسی دور تا دور بریدگی، بیشینه اندازه مشاهده شده تحت بزرگنمایی شش تا ده برابر، باید گزارش شود.

۴-۶-۶ سیم گرد و تخت با پوشش الیافی

قبل از انجام کشش، عایق دور تا دور سیم باید در دو نقطه در مرکز سیم که از هم ۱۰۰ mm فاصله دارند، تا رسیدن به هادی بریده شود. بعد از انجام کشش، آزمونه باید از نظر از دست دادن چسبندگی عایق تحت بزرگنمایی شش تا ده برابر مورد بررسی قرار گیرد.

یک آزمونه باید مورد آزمون قرار گیرد. چنانچه از دست دادن چسبندگی مطابق استاندارد ملی مربوط مشاهده شد، اندازه طولی آن در یک جهت از محل برش، باید گزارش شود. بعد از بررسی دور تا دور بریدگی، بیشینه اندازه مشاهده شده تحت بزرگنمایی شش تا ده برابر، باید گزارش شود.

۵-۶-۶ سیم گرد و تخت نوارپیچ شده (فقط برای چسبندگی نوار)

قبل از انجام کشش، عایق دور تا دور سیم باید در یک نقطه به فاصله تقریبی از مرکز طول آزمونه اندازه گیری شده، تا رسیدن به هادی بریده شود. بعد از انجام کشش، آزمونه باید از نظر از دست دادن چسبندگی عایق تحت بزرگنمایی شش تا ده برابر مورد بررسی قرار گیرد. یک آزمونه باید مورد آزمون قرار گیرد. بعد از بررسی دور تا دور بریدگی، بیشینه اندازه مشاهده شده تحت بزرگنمایی شش تا ده برابر، باید گزارش شود. چنانچه از دست دادن چسبندگی مطابق استاندارد ملی مربوط مشاهده شد، اندازه طولی آن در یک جهت از محل برش، باید گزارش شود.

۷ آزمون ۱۱: مقاومت در برابر سایش (قابل اجرا برای سیم لاکه گرد)

۱-۷ کلیات

مقاوم بودن در برابر سایش عبارت است از بیشینه نیرویی که وقتی سوزن خراش دهنده در طول سیم و تحت نیروی افزایشی حرکت می کند، سیم می تواند آن را تحمل کند.

۲-۷ قاعده کلی

یک قطعه سیم صاف در معرض آزمون خراش تک جهتی قرار می گیرد، این کار توسط یک سوزن که تحت نیروی افزایشی تدریجی در طول سطح سیم حرکت کرده و آن را می خراشد، انجام می شود. به نیروی که باعث برقراری اتصال الکتریکی بین سوزن و هادی شود، نیروی سایش گفته می شود.

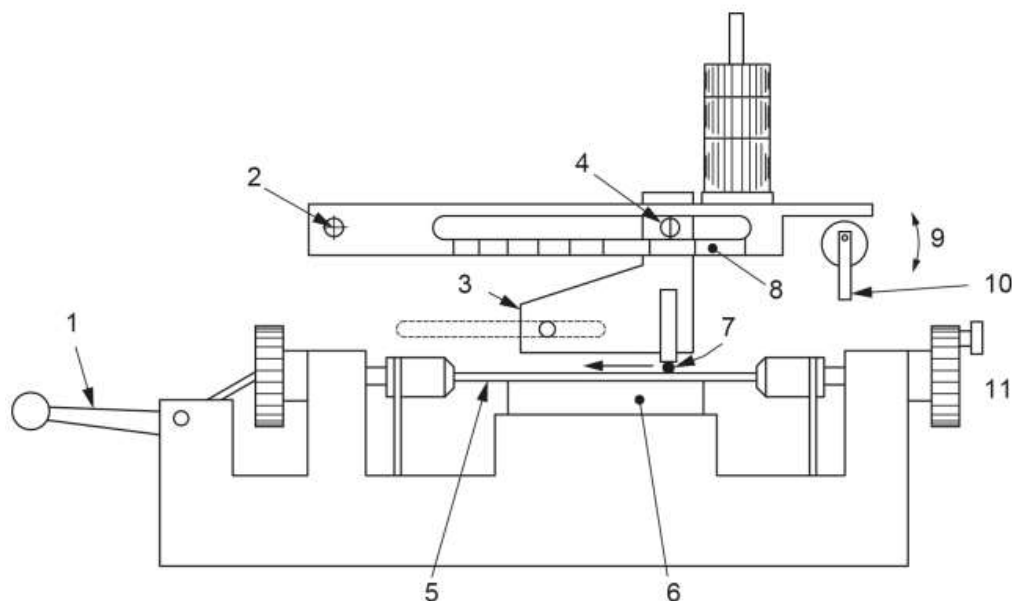
۳-۷ تجهیزات

تجهیزات آزمون مورد استفاده باید مطابق شکل ۹ باشد. این تجهیزات باید سازوکاری برای اعمال خراش تک جهتی با سرعت $(40 \pm 40) \text{ mm/min}$ داشته باشد. افزاره خراش دهنده باید شامل یک سیم پیانو صیقلی یا یک سوزن به قطر $(0.23 \pm 0.1) \text{ mm}$ باشد که بین دو فک به طور محکم نگه داشته می شود. افزار خراش دهنده باید به گونه ای نصب شود که فاقد شکم یا انحنای باشد و بر مسیر حرکت که همان راستای محور سیم تحت آزمون است، عمود باشد. برای نصب آزمونه، تجهیزات آزمون باید مجهز به دو فک گیر دادن در بالای سندان^۱ نگهدارنده باشد. این سندان باید قابلیت جابجایی به سمت پایین به منظور داخل کردن سیم به درون فک و صاف کردن سیم را داشته باشد.

تجهیزات آزمون باید مجهز به یک ولتاژ $V \text{ DC } (6.5 \pm 0.5)$ برای اعمال ولتاژ بین هادی و سیم پیانو یا سوزن خراش دهنده باشد. جریان اتصال کوتاه باید برای مثال توسط یک مقاومت سری یا رله تا حداکثر 20 mA محدود شده باشد. مدار باید طوری طراحی شده باشد که جریان اتصال کوتاه را تشخیص دهد و پس از آن که افزار خراش دهنده و هادی سیم به طول تقریبی 3 mm با هم در تماس شدند، منجر به متوقف شدن تجهیزات شود.

تجهیزات آزمون باید مجهز به یک مقیاس مدرج بر روی لبه پایینی اهرم باشد. این مقیاس مدرج، ضریبی را نشان می دهد که از حاصل ضرب آن در نیروی اعمال شده اولیه به سیم پیانو یا سوزن خراش دهنده، نیروی سایش تعیین می شود.

1- Anvil



برای افزایش اعمال نیرو به سیم، افزاره خراش دهنده از سمت راست به چپ حرکت می کند.

راهنما:

- 1- قرقره کشنده^۱ برای صاف کردن آزمون
- 2- نقطه محور^۲ ثابت
- 3- افزاره خراش دهنده با وزنه
- 4- شاخص
- 5- آزمون
- 6- سندان برای تنظیم ارتفاع سیم های با قطر متفاوت
- 7- سیم پیانو
- 8- مقیاس، نشان دهنده ضریب حاصل ضرب
- 9- تنظیم مجدد/ کار کردن
- 10- اهرم تنظیم مجدد
- 11- سه نظام با مقیاس درج بندی شده با زوایای افزایشی ۱۲۰°

شکل ۹- تجهیز آزمون برای آزمون خراش یک طرفه

۴-۷ روش آزمون

یک سیم صاف که کاملاً تمیز شده است، باید در دستگاه قرار گیرد و با کشش بیشینه ۱٪ صاف شود. سپس آزمون باید درون فک های گیر دادن محکم شده و سندان نگهدارنده طوری تنظیم شود که مماس با آزمون باشد. حداکثر نیروی اولیه اعمال شونده به افزاره خراش دهنده باید ۹۰٪ حداقل نیروی سایش تعیین شده در استاندارد ملی مربوط باشد و باید منجر به بروز اتصال کوتاه بین خراش دهنده و هادی در فاصله ای بین ۱۵۰ mm تا ۲۰۰ mm از نقطه محور ثابت شود. افزاره اعمال نیروی وزنه به خراش دهنده باید به آرامی روی سطح سیم پایین آورده شود و عمل خراشیدن آغاز شود.

1- Capstan
2- Pivot

پس از توقف خراش دهنده، عددی که توسط مقیاس مدرج موجود در لبه پایینی اهرم واردکننده فشار نشان داده می‌شود، قرائت می‌شود. حاصل ضرب این عدد در نیروی اولیه اعمالی باید گزارش شود.

این روش آزمون باید دو بار دیگر بر روی همین آزمونیه تحت زوایای محیطی 120° و 240° نسبت به وضعیت اولیه تکرار شده و اطلاعات مربوط ثبت شود.

یک آزمونیه باید آزمون شود. سه مقدار مجزا باید گزارش شود. میانگین این سه مقدار، بیانگر متوسط نیروی سایش می‌باشد.

۸ آزمون ۱۸: چسباندن با حرارت (قابل اجرا برای سیم لاکه گرد با قطر نامی بیش از ۰/۰۵۰ mm تا و خود ۲/۰۰۰ mm و سیم‌های لاکه تخت)

۱-۸ کلیات

چسباندن با حرارت عبارت است از قابلیت چسبیدن به هم دوره‌های سیم‌پیچ تحت تأثیر حرارت.

۲-۸ دوام چسبندگی سیم‌پیچ فنری شکل در حالت عمودی

۱-۲-۸ کلیات

دوام چسبندگی سیم‌پیچ فنری شکل در حالت عمودی عبارت است از قابلیت چسبندگی سیم‌پیچ در حفظ یکپارچگی خود، وقتی نیرو به انتهای پایینی سیم‌پیچ اعمال می‌شود.

۲-۲-۸ هادی با قطر نامی تا و خود ۰/۰۵۰ mm

روش آزمون براساس توافق بین خریدار و تامین‌کننده انجام می‌شود.

۳-۲-۸ هادی با قطر نامی بیش از ۰/۰۵۰ mm تا و خود ۲/۰۰۰ mm

۱-۳-۲-۸ قاعده کلی

یک سیم‌پیچ فنری شکل، به روش پیچیدن سیم به دور میله آزمون و اعمال نیرو برای فشردن دوره‌های آن به هم و سپس چسبیدن به وسیله حرارت یا حلال تهیه می‌شود. بعد از چسبیدن، آزمونیه از میله خارج شده، به صورت عمود آویزان می‌شود و با اعمال نیرو به انتهای پایینی آن، تعیین می‌شود که آیا نمونه، تحمل بار اعمالی معین را دارد یا خیر. این روش آزمون در دمای بالا تکرار می‌شود.

۲-۳-۲-۸ آزمونیه

یک قطعه سیم صاف باید به دور میله آزمون صیقلی که قطر آن در جدول ۴ داده شده است، پیچیده شود. طول سیم‌پیچ باید حداقل ۲۰ mm باشد. سرعت پیچیدن باید بین ۱ تا ۳ دور بر ثانیه و حداکثر نیروی اعمالی در هنگام پیچش، مطابق مقادیر ارائه شده در جدول ۴ باشد. به منظور فراهم کردن امکان شل شدن

آزادانه سیم‌پیچ، نباید دو انتهای سیم بسته شود. در سیم‌های با قطر بزرگتر، برای عملکرد مطلوب از میله آزمون فولادی استفاده می‌شود. در سیم‌های با قطر کوچکتر، میله‌های آزمون مسی، به خارج کردن سیم‌پیچ از میله آزمون، با کشیدن آن کمک می‌کنند.

سیم‌پیچ روی میله آزمون باید مطابق شکل ۱۰-الف بطور عمود قرار گیرد و نیرویی مطابق جدول ۴ به آن اعمال شود. وزنه نباید با میله آزمون در تماس باشد و باید یک فاصله هوایی مناسب بین وزنه و میله آزمون وجود داشته باشد. سپس این مجموعه باید درون یک محفظه حرارت مجهز به گردش اجباری هوا تحت دمای تعیین‌شده در استاندارد ملی مربوط برای مدت‌زمان زیر قرار گیرد:

– ۳۰ min برای سیم‌های با قطر نامی تا و خود ۰٫۷۱۰ mm؛

– ۱ h برای سیم‌های با قطر نامی بیش از ۰٫۷۱۰ mm تا و خود ۲٫۰۰۰ mm، مگر آنکه توافق دیگری بین خریدار و فروشنده انجام شده باشد.
بعد از خنک‌شدن تا دمای اتاق، سیم‌پیچ باید از میله آزمون خارج شود.

۳-۳-۲-۸ روش آزمون در دمای اتاق

آزمونه باید از یکی از سرها (به شکل ۱۰-ب مراجعه شود) آویزان شده، سپس نیرویی طبق استاندارد ملی مربوط به آن اعمال شود. اعمال نیرو باید طوری باشد که از ورود هرگونه ضربه اضافی جلوگیری بعمل آید.
سه آزمونه باید مورد آزمون قرارگیرد. اگر دوره‌های پیچیده‌شده، به غیر از دور اول و آخر از یکدیگر جدا شوند، باید گزارش شود. دمای اعمال‌شده برای چسباندن آزمونه باید گزارش شود.

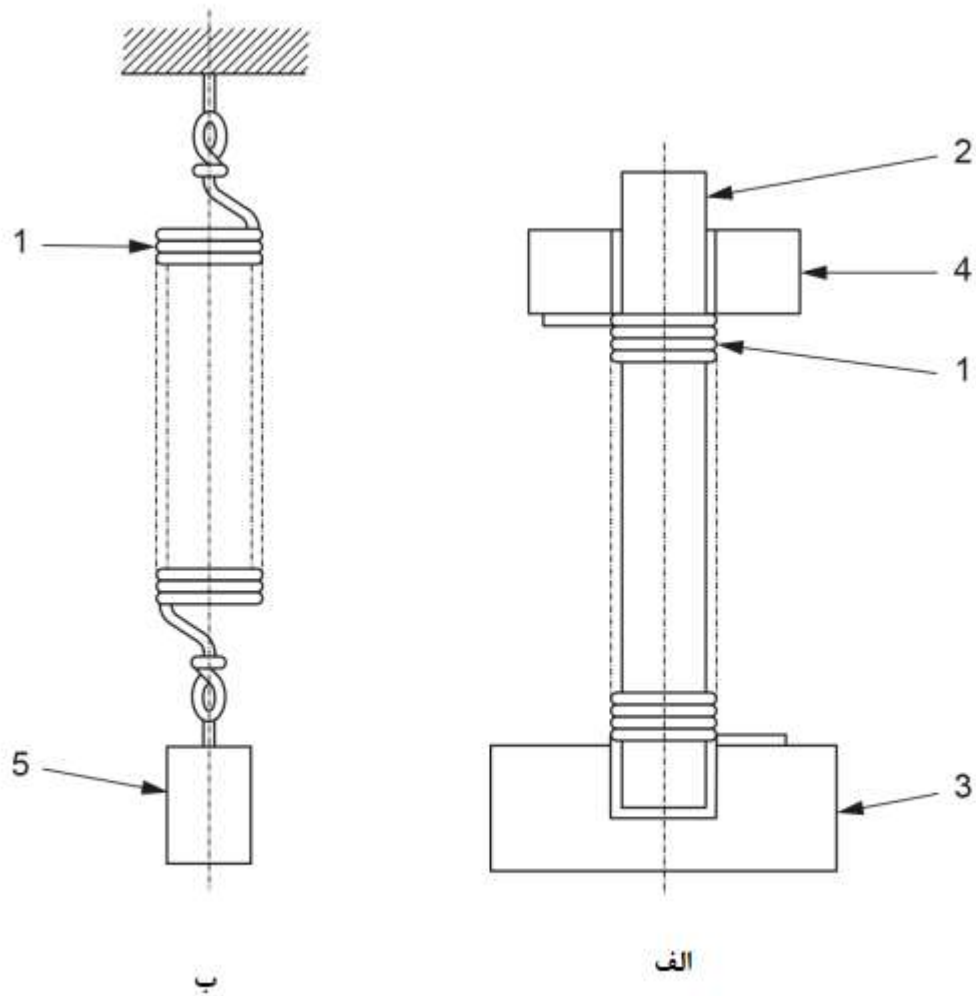
۴-۳-۲-۸ روش آزمون در دمای بالا

آزمونه باید از یکی از سرها (به شکل ۱۰-ب مراجعه شود) آویزان شده، سپس نیرویی مطابق جدول ۵ به آن اعمال شود. اعمال نیرو باید طوری باشد که از ورود هرگونه ضربه اضافی جلوگیری بعمل آید. آنگاه آزمونه به همراه وزنه اعمال‌کننده نیرو، باید بمدت ۱۵ min در یک محفظه حرارت که مجهز به گردش اجباری هوا تحت دمای تعیین‌شده در استاندارد ملی مربوط قرار داده شود.

سه آزمونه باید مورد آزمون قرارگیرد. اگر دوره‌های پیچیده‌شده، به غیر از دور اول و آخر، از یکدیگر جدا شوند، باید گزارش شود. دمای اعمال‌شده برای چسباندن آزمونه باید گزارش شود.

جدول ۴- آماده سازی سیم پیچ های فنری شکل

نیروی اعمال شده به سیم پیچ در مرحله چسبندگی N	بیشینه نیروی پیچش N	قطر میله آزمون mm	قطر نامی هادی mm	
			تا و خود	بیش از
۰٫۰۵	۰٫۰۵	۱	۰٫۰۷۱	۰٫۰۵۰
۰٫۰۵	۰٫۰۵	۱	۰٫۱۰۰	۰٫۰۷۱
۰٫۱۵	۰٫۱۲	۱	۰٫۱۶۰	۰٫۱۰۰
۰٫۲۵	۰٫۳۰	۱	۰٫۲۰۰	۰٫۱۶۰
۰٫۳۵	۰٫۸۰	۲	۰٫۳۱۵	۰٫۲۰۰
۰٫۵۰	۰٫۸۰	۳	۰٫۴۰۰	۰٫۳۱۵
۰٫۷۵	۲٫۰۰	۴	۰٫۵۰۰	۰٫۴۰۰
۱٫۲۵	۲٫۰۰	۵	۰٫۶۳۰	۰٫۵۰۰
۱٫۷۵	۵٫۰۰	۶	۰٫۷۱۰	۰٫۶۳۰
۲٫۰۰	۵٫۰۰	۷	۰٫۸۰۰	۰٫۷۱۰
۲٫۵۰	۵٫۰۰	۸	۰٫۹۰۰	۰٫۸۰۰
۳٫۲۵	۵٫۰۰	۹	۱٫۰۰۰	۰٫۹۰۰
۴٫۰۰	۱۲٫۰۰	۱۰	۱٫۱۲۰	۱٫۰۰۰
۴٫۵۰	۱۲٫۰۰	۱۱	۱٫۲۵۰	۱٫۱۲۰
۵٫۵۰	۱۲٫۰۰	۱۲	۱٫۴۰۰	۱٫۲۵۰
۶٫۵۰	۱۲٫۰۰	۱۴	۱٫۶۰۰	۱٫۴۰۰
۸٫۰۰	۳۰٫۰۰	۱۶	۱٫۸۰۰	۱٫۶۰۰
۱۰٫۰۰	۳۰٫۰۰	۱۸	۲٫۰۰۰	۱٫۸۰۰



راهنما:

- 1- سیم پیچ
- 2- میله آزمون
- 3- نگهدارنده میله آزمون
- 4- وزنه
- 5- نیروی جدا کردن

شکل ۱۰- تجهیزات آزمون برای استحکام چسبندگی سیم پیچ فنری شکل

جدول ۵- دوام چسبندگی در دمای بالا

نیروی اعمال شده N	قطر نامی هادی mm		نیروی اعمال شده N	قطر نامی هادی mm	
	تا و خود	بیش از		تا و خود	بیش از
۲۶۰	۰٫۹۰۰	۰٫۸۰۰	۰٫۰۴	۰٫۰۷۱	۰٫۰۵۰
۳۲۰	۱٫۰۰۰	۰٫۹۰۰	۰٫۰۶	۰٫۱۰۰	۰٫۰۷۱
۳۸۰	۱٫۱۲۰	۱٫۰۰۰	۰٫۰۹	۰٫۱۶۰	۰٫۱۰۰
۴۴۰	۱٫۲۵۰	۱٫۱۲۰	۰٫۱۹	۰٫۲۰۰	۰٫۱۶۰
۴۹۰	۱٫۴۰۰	۱٫۲۵۰	۰٫۲۵	۰٫۳۱۵	۰٫۲۰۰
۶۴۰	۱٫۶۰۰	۱٫۴۰۰	۰٫۵۵	۰٫۴۰۰	۰٫۳۱۵
۷۹۰	۱٫۸۰۰	۱٫۶۰۰	۰٫۸۰	۰٫۵۰۰	۰٫۴۰۰
۷۹۰	۲٫۰۰۰	۱٫۸۰۰	۱٫۲۰	۰٫۶۳۰	۰٫۵۰۰
			۱٫۷۰	۰٫۷۱۰	۰٫۶۳۰
			۲٫۱۰	۰٫۸۰۰	۰٫۷۱۰

۳-۸ استحکام چسبندگی سیم پیچ تابیده شده

۱-۳-۸ کلیات

استحکام چسبندگی عبارت از بیشینه نیروی لازم برای جدا کردن سیم پیچ تابیده شده است.

۲-۳-۸ قاعده کلی

سیم پیچی از سیم که به صورت نامنظم پیچیده شده، به صورت بیضی شکل داده، تابیده و سپس با اعمال جریان DC چسبانده می شود. با این روش یک آزمونه میله ای شکل ایجاد می شود که توسط یک تجهیز آزمون کشش در وضعیت افقی، بیشینه نیروی تغییر شکل دهنده منجر به جدا کردن دور سیم ها از هم تعیین می شود. این آزمون باید در دمای بالا تکرار شود.

یادآوری- این آزمون شبیه روش الف آزمون سیم پیچ تابیده شده که در بند ۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۰۱۲، سال: ۱۴۰۰ ارائه داده شده است، می باشد و از همان قاعده پیروی می کند. اختلاف این آزمون با روش الف استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۰۱۲ از لحاظ تابیدن و چسباندن آزمونه و اندازه سیم ها می باشد. در این روش، انجام آزمون روی اندازه های مختلف سیم مجاز است در حالیکه در روش الف استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۰۱۲ باید از سیمی با قطر نامی هادی mm ۰٫۳۱۵ استفاده شود.

۳-۳-۸ تجهیزات

تجهیزات زیر باید مورد استفاده قرار گیرند:

- پیچنده سیم پیچ^۱ مطابق شکل های ۱۱-الف و ۱۱-ب؛
- تابنده سیم پیچ^۲ مطابق شکل ۱۳؛
- تجهیزات آزمون کشش مطابق با استاندارد ISO 178 با یک نگهدارنده طبق شکل ۱۳؛
- منبع تغذیه جریان DC با حداقل خروجی ۵۰ V و ۱۵ A برای تامین یک جریان پایدار؛
- ملحقات تجهیزات آزمون کشش، یک محفظه حرارت با گردش اجباری هوا که بتواند دمای آزمون را با رواداری $\pm 2^\circ\text{C}$ حفظ کند و بتواند حداقل پنج آزمون را بطور همزمان در بازه زمانی ۵ min بین ۱۰ min کم کرده و به دمای آزمون برساند.

۴-۳-۸ آزمون

تجهیز زیر باید مورد استفاده قرار گیرند:

مطابق شکل های ۱۱-الف و ۱۱-ب با استفاده از یک تجهیز سیم پیچی، یک سیم پیچ متشکل از سیمی که بصورت نامنظم پیچیده شده است، آماده می شود. تعداد دورهای سیم پیچ مطابق رابطه زیر محاسبه می شود:

$$N = \frac{100 \times 0,315^2}{d^2}$$

که در آن d قطر نامی هادی سیم تحت آزمون است.

یادآوری- برای قطر نامی هادی ($d = 0,315 \text{ mm}$) ، N برابر ۱۰۰ دور می شود. برای مقادیر دیگر d ، تعداد N بدست آمده از رابطه فوق به گونه ای است که مجموع سطح مقطع های این N دور، معادل مجموع سطح مقطع ها با $d = 0,315$ و $N = 100$ می شود.

برای جلوگیری از باز شدن سیم پیچ بعد از خارج کردن از پیچنده سیم پیچ، هر دو انتهای سیم (یا قطعات کوچک سیم لاکه) باید دو یا سه مرتبه به دور سیم پیچ در عکس جهت هم تابیده شود. برای این منظور تجهیز سیم پیچی، دارای شکاف های مناسبی می باشد. (به شکل ۱۱ مراجعه شود).

برای سیم پیچی سیم، ابعاد زیر باید بکار گرفته شود.

- قطر سیم پیچ: $(57 \pm 0,1) \text{ mm}$

- عرض شیار: $(5 \pm 0,5) \text{ mm}$

بعد از خارج کردن سیم پیچ ایجاد شده از تجهیزات سیم پیچی، باید آن را مانند بیضی درآورده (به شکل ۱۲ مراجعه شود) و سپس باید آن را مطابق شکل ۱۳ توسط افزاره تابنده حول محور بزرگتر بیضی تاباند.

1- Coil winder

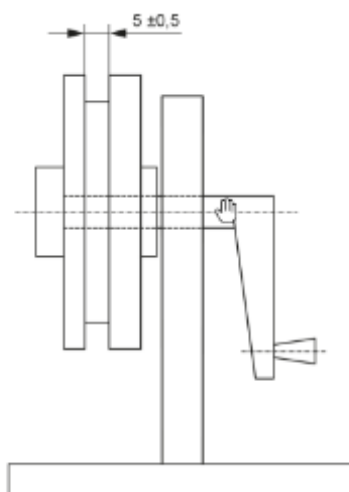
2- Coil twister

این افزاره باید همزمان با تابیدن و متعاقب آن چسباندن سیم پیچ، قابلیت اعمال بار مکانیکی به سیم پیچ را داشته باشد. مقدار این بار مکانیکی باید 100 N باشد. سیم پیچ باید دو دور و نیم در یک جهت و سپس نیم دور در جهت عکس آن تابیده شود. درحالی که آزمونه در افزاره تابنده، تحت بار مکانیکی قرار دارد باید با اعمال یک جریان پایدار DC به هم چسبانده شود. انتخاب مقدار جریان، باید به گونه ای باشد که آزمونه را در مدت زمان 30 s تا 60 s بچسبد.

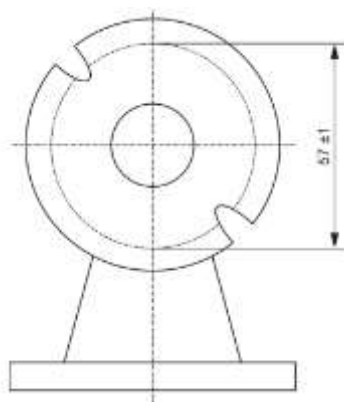
یادآوری- پس از اعمال جریان DC امکان تعیین دمای متوسط آزمونه در پایان دوره گرمایش به سهولت مسیر است. (به پیوست الف مراجعه شود).

آزمونه عبارت از یک قطعه میله ای شکل با طول 85 mm تا 90 mm و قطر تقریبی 7 mm است.

ابعاد برحسب میلی متر



الف - پیچنده سیم

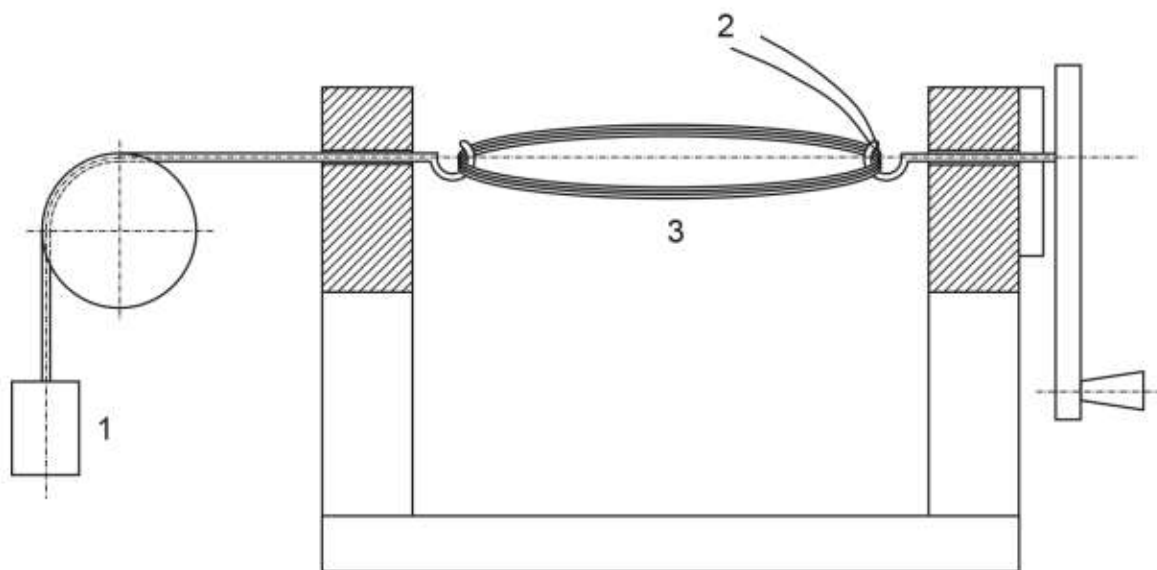


ب- پیچنده سیم، نمای روبرو

شکل ۱۱- پیچنده سیم



شکل ۱۲- سیم پیچ بیضی شکل



راهنما:

۱- نیروی ۱۰۰ N

۲- جریان DC

۳- سیم پیچ تابیده شده

شکل ۱۳- افزاره تابنده با اعمال نیرو به آزمونه تابیده شده

۸-۳-۵ روش آزمون

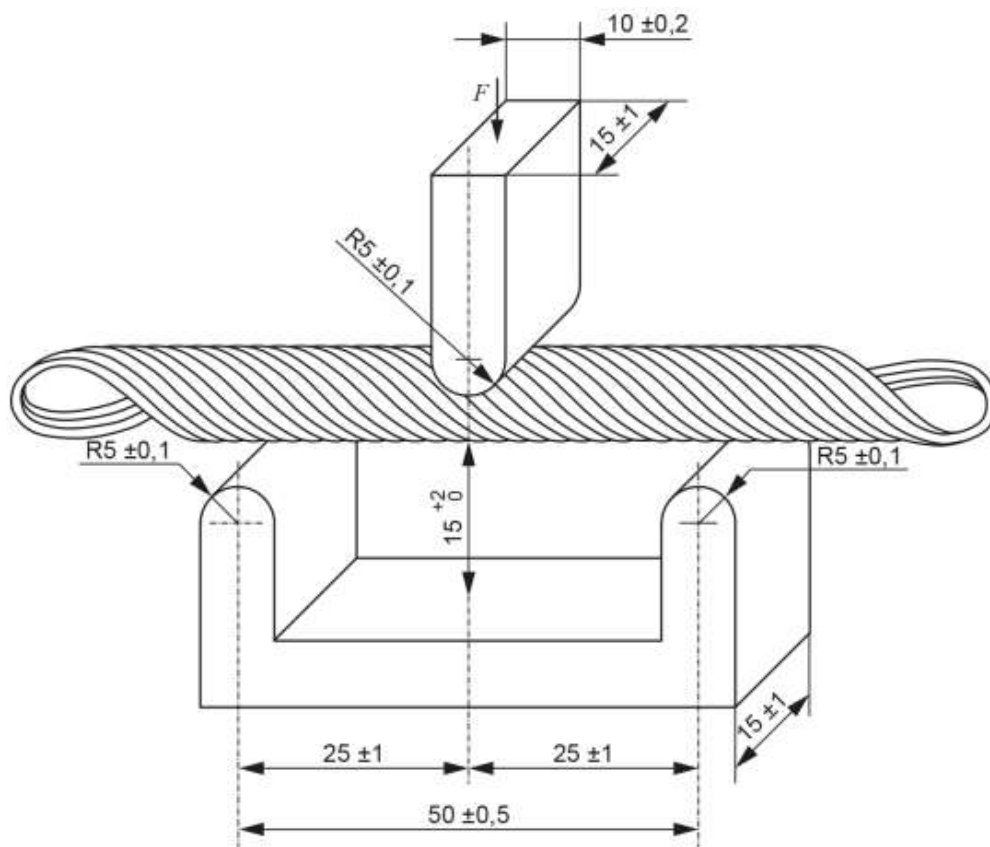
آزمونه مطابق شکل ۱۴ به طور مناسب روی نگهدارنده قرار داشته می شود. استحکام چسبندگی آزمونه با تنظیم سرعت وزنه فوقانی، باید به گونه ای که مدت زمان تقریبی رسیدن به بیشینه نیروی تغییر شکل دهنده، ۱ min باشد، تعیین شود.

برای انجام آزمون ها در دمای بالا، آزمونه باید در یک محفظه حرارت که از قبل تا دمای معین گرم شده باشد، قرار گیرد. آزمون باید وقتی انجام شود که دمای آزمونه به دمای محفظه رسیده باشد، اما زمان انجام آزمون از لحظه قراردادن آزمونه در محفظه، نباید بیشتر از ۱۵ min باشد.

۸-۳-۶ نتیجه

برای هر دما، پنج آزمون باید انجام شود. برای هر دما، باید پنج مقدار مجزا گزارش شود. میانگین پنج مقدار به دست آمده در هر دما بیان کننده استحکام چسبندگی در آن دما می باشد. همچنین قطر نامی هادی، تعداد دورهای سیم پیچ و شرایط چسبندگی آزمون ها باید گزارش شود.

ابعاد بر حسب میلی متر



شکل ۱۴- نحوه قرارگیری نگهدارنده ها

۸-۴ چسباندن با حرارت در سیم تخت لاکه

پنج آزمون که هر یک شامل دو قطعه صاف سیم با طول تقریبی ۱۰۰ mm هستند، مطابق شکل ۱۵ آماده می شوند و در یک افزاره گیر دادن با طول هم پوشانی (L) (25 ± 5) mm تحت فشار ۱۰۰ MPa قرار می گیرند. مطابق توافق تولید کننده و خریدار، می توان طول های هم پوشانی و فشارهای گیر دادن دیگری به کار برد.

طول کل هر آزمون که داخل فک ها قرار می گیرد، باید به طول تقریبی ۱۲۵ mm باشد.

نیروی لازم (P) برای اعمال فشار بصورت زیر محاسبه می شود:

$$P = 1,00 \times 25 \times (h - 2R)$$

که در آن:

R شعاع گوشه سیم (mm)؛

h پهنای سیم است.

آزمونه‌ها باید داخل محفظه حرارتی در دمای $^{\circ}\text{C}$ (120 ± 2) برای مدت زمان h (۲۴ تا ۲۴/۵) یا مطابق توافق بین تولیدکننده و خریدار عمل‌آوری شوند.

بعد از خنک‌شدن در دمای اتاق، آزمونه‌ها باید با افزایش تدریجی اعمال نیرو تحت آزمون برش عرضی^۱ تا جدا شدن قرار گیرند. بار اعمالی باید به گونه‌ای اعمال شود که مانع اعمال هرگونه شوک اضافی باشد.

تنش برشی^۲ (MPa) که باید برطبق توافق تولیدکننده با خریدار باشد، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T = \frac{F}{(h - 2 \times R) \times L}$$

که در آن:

F بیشینه نیروی اندازه‌گیری برحسب N؛

H پهنای سیم؛

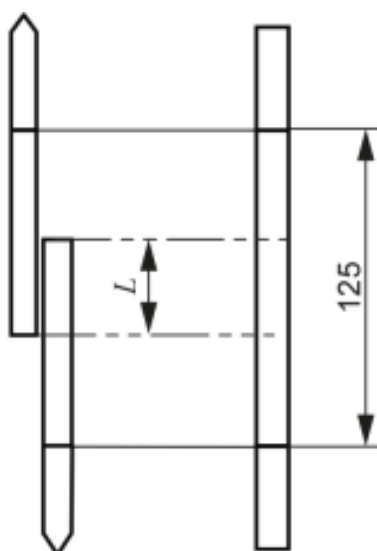
L طول همپوشانی تماسی بین سیم‌ها؛

R شعاع گوشه سیم (mm)؛

T تنش برشی است.

طول همپوشانی و دما برای چسباندن آزمونه باید گزارش شود.

ابعاد برحسب میلی‌متر



شکل ۱۵- نمونه‌های چسباندن با حرارت

1- Lap shear

2- Shearing stress

پیوست الف
(آگاهی‌دهنده)

استحکام چسبندگی سیم‌های چسبیده‌شده با حرارت

الف-۱ محاسبه دمای آزمونه سیم‌پیچ تابیده‌شده

الف-۱-۱ روش

وقتی که سیم‌پیچ تابیده‌شده با عبور جریان DC گرم می‌شود، می‌توان متوسط دمای آزمونه را از روی مقاومت الکتریکی DC سیم‌پیچ که همان نسبت ولتاژ و جریان ثابت اعمال‌شده به سیم‌پیچ است، محاسبه کرد. این نسبت‌ها می‌توانند در شروع و خاتمه هر دوره گرمادهی تعیین شوند و همچنین امکان محاسبه دما در پایان دوره گرمادهی را میسر سازند.

الف-۱-۲ ضریب دما

برای محاسبات زیر، از ضریب دمای مس برابر $\alpha = 0.004 \text{ K}^{-1}$ استفاده شده است.

الف-۱-۳ محاسبه

با توجه به ضریب دما، مقاومت الکتریکی آزمونه در پایان یک دوره گرمادهی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R_{Tt} = R_{To} + \alpha R_{To} \times (T_t - T_o)$$

که در آن:

R_{To} مقاومت الکتریکی در لحظه شروع (در دمای اتاق)؛

T_t دما در پایان دوره گرمادهی؛

T_o دما در شروع دوره گرمادهی (T_o به‌طور معمول همان دمای اتاق، یعنی 23°C است).

اندیس t نشان‌دهنده پایان دوره گرمادهی است.

اگر جریان ثابت باشد، رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$\frac{R_{Tt}}{R_{To}} = \frac{U_t}{U_o}$$

که در آن:

U_t ولتاژ در پایان دوره گرمادهی؛

U_o ولتاژ شروع دوره گرمادهی است.

نتایج دما برحسب درجه سلسیوس در پایان دوره گرمادهی عبارت است از:

$$T_t = T_o + \left[250 + \left(\frac{U_t}{U_o} - 1 \right) \right]^\circ\text{C}$$

الف-۲ تعیین دوره گرمادهی

الف-۲-۱ نمودارهای ولتاژ-زمان

در طول مدتی که سیم پیچ تابیده شده، با عبور جریان ثابت از آن گرم می شود، مقدار مقاومت الکتریکی سیم پیچ با دما افزایش می یابد. لذا به منظور ثابت ماندن جریان عبوری، باید ولتاژ خروجی ترانسفورماتور جریان ثابت، نیز مطابق آن افزایش یابد. این امر امکان رسم ولتاژ خروجی DC نسبت به زمان را فراهم کرده و اطلاعاتی درباره زمان (t) مربوط به دوره گرمادهی را ارائه می دهد. می توان نمودارهای متفاوتی را با توجه به جریان های الکتریکی مختلف رسم کرد و همگی را بر روی یک نمودار نشان داد.

الف-۲-۲ ولتاژ در دمای بیشینه

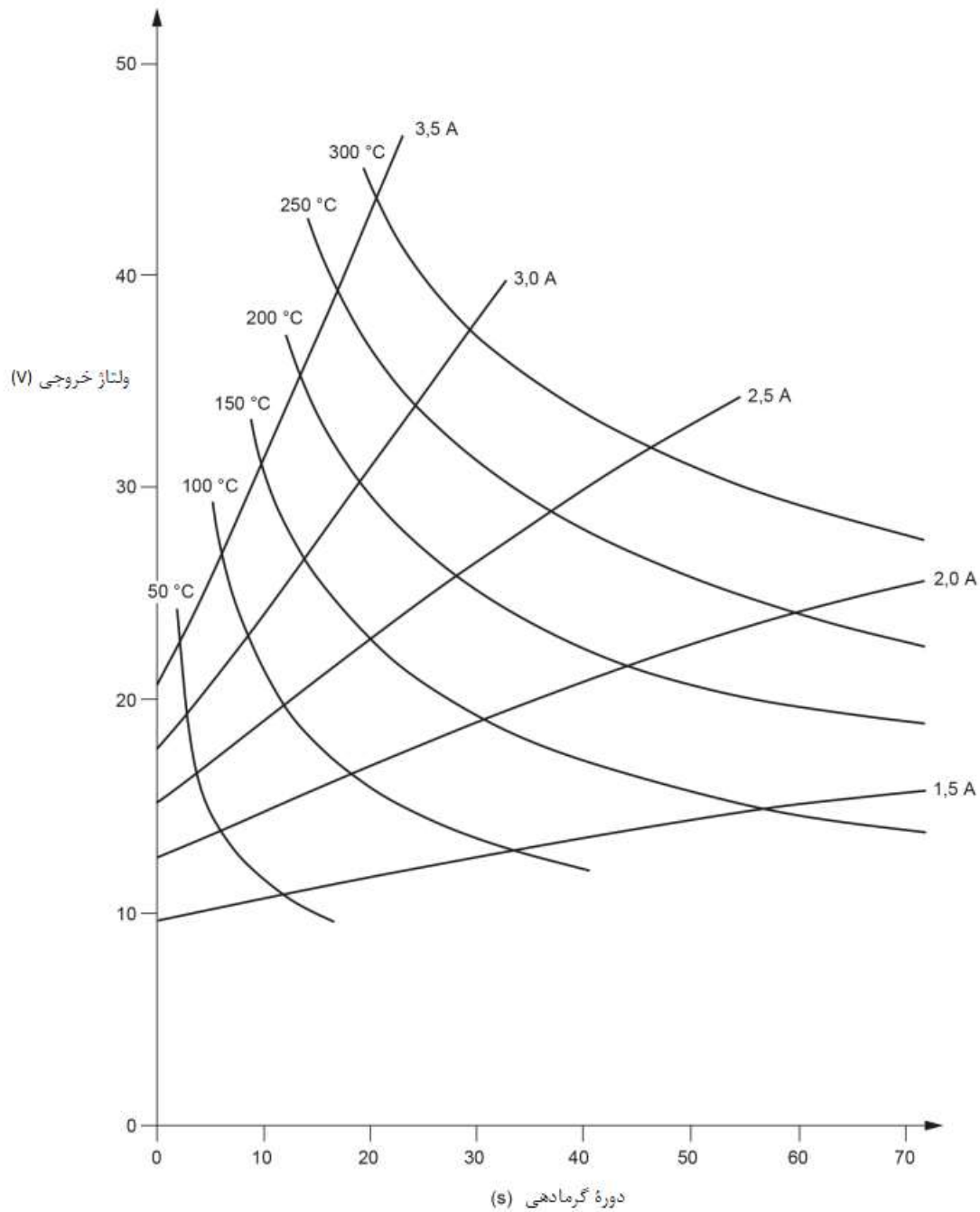
در موارد خاص، چسبندگی آزمونه تا یک دمای معین، ولی نه بیشتر از آن، می تواند درخواست شود. اگر بیشینه دمای درخواستی مشخص شده باشد، آنگاه با توجه به رابطه اخیر شرح داده شده در زیربند الف-۱-۳ می توان ولتاژ مورد نیاز برای رسیدن به آن دما با جریان گرمادهی مشخص را از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$U_t = U_0 + 0,004 \times (T_t - T_0)U_0$$

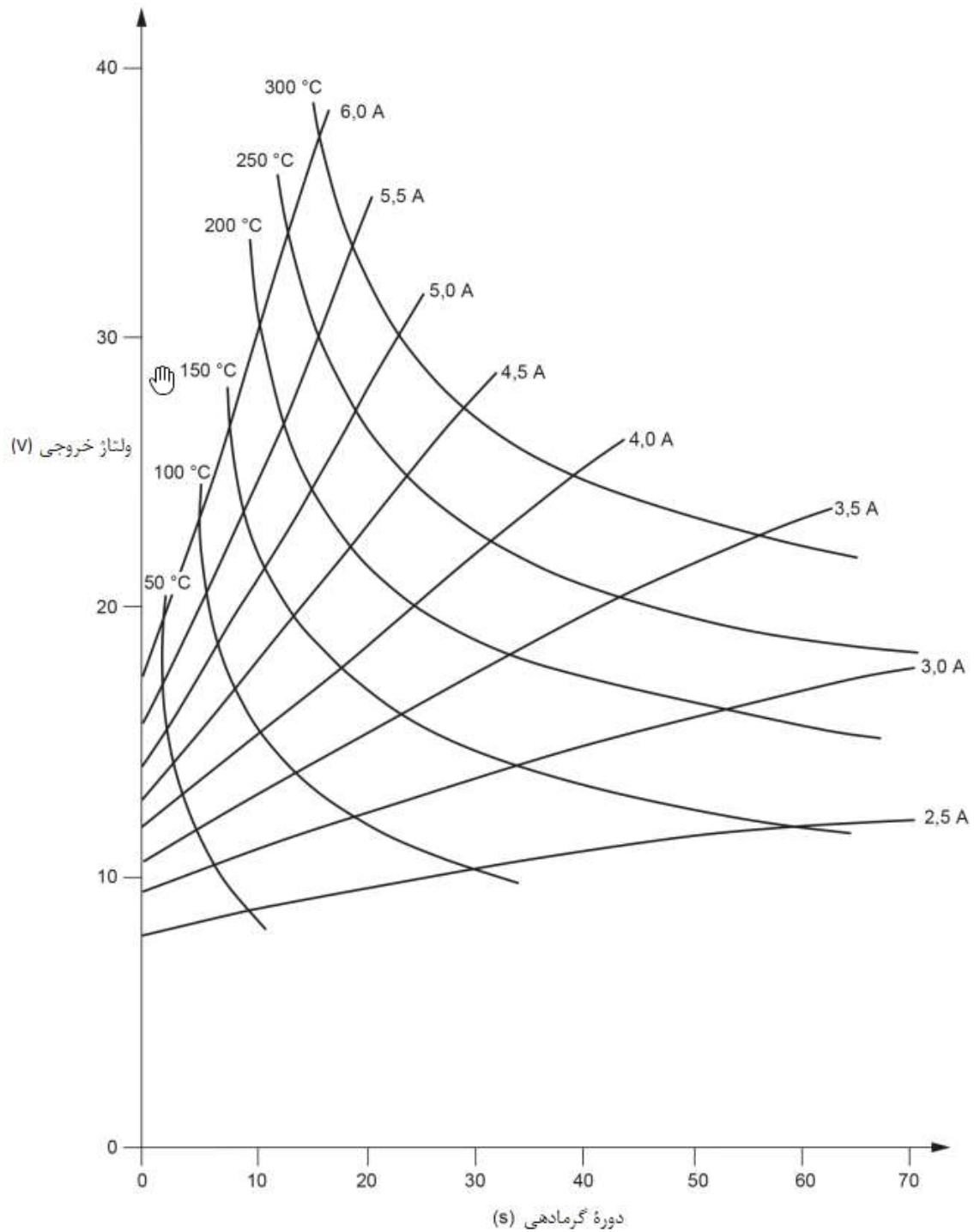
نقطه تقاطع نمودار ولتاژ-زمان با محور Y معادل مقدار U_0 می باشد. بعد از قرائت مقدار U_0 می توان با توجه به رابطه اخیر، ولتاژ مورد نیاز برای رسیدن دمای نمونه به دمای درخواستی در پایان دوره گرمادهی را محاسبه کرد. مقدار متناظر با محور X، معادل مدت زمان دوره گرمادهی مورد نیاز برای رسیدن به دمای T_t می باشد.

اگر در مورد یک دمای T_t یکسان، محاسبه مشابهی برای تمام نمودارهای ولتاژ-زمان انجام شود، این موضوع منجر به تولید یک نمودار هم دما می شود که نمودارهای ولتاژ-زمان را قطع می کند. چنانچه این محاسبه برای دماهای T_t مختلف تکرار شود، این کار منجر به تولید یک نمودار نهایی می شود که این نمودار برای انتخاب دو مقدار مناسب برای گرم کردن آزمونه تا دمای انتخاب شده T_t ، یعنی مقدار جریان گرمادهی بر حسب آمپر و مدت زمان گرمادهی بر حسب ثانیه بسیار مفید می باشد.

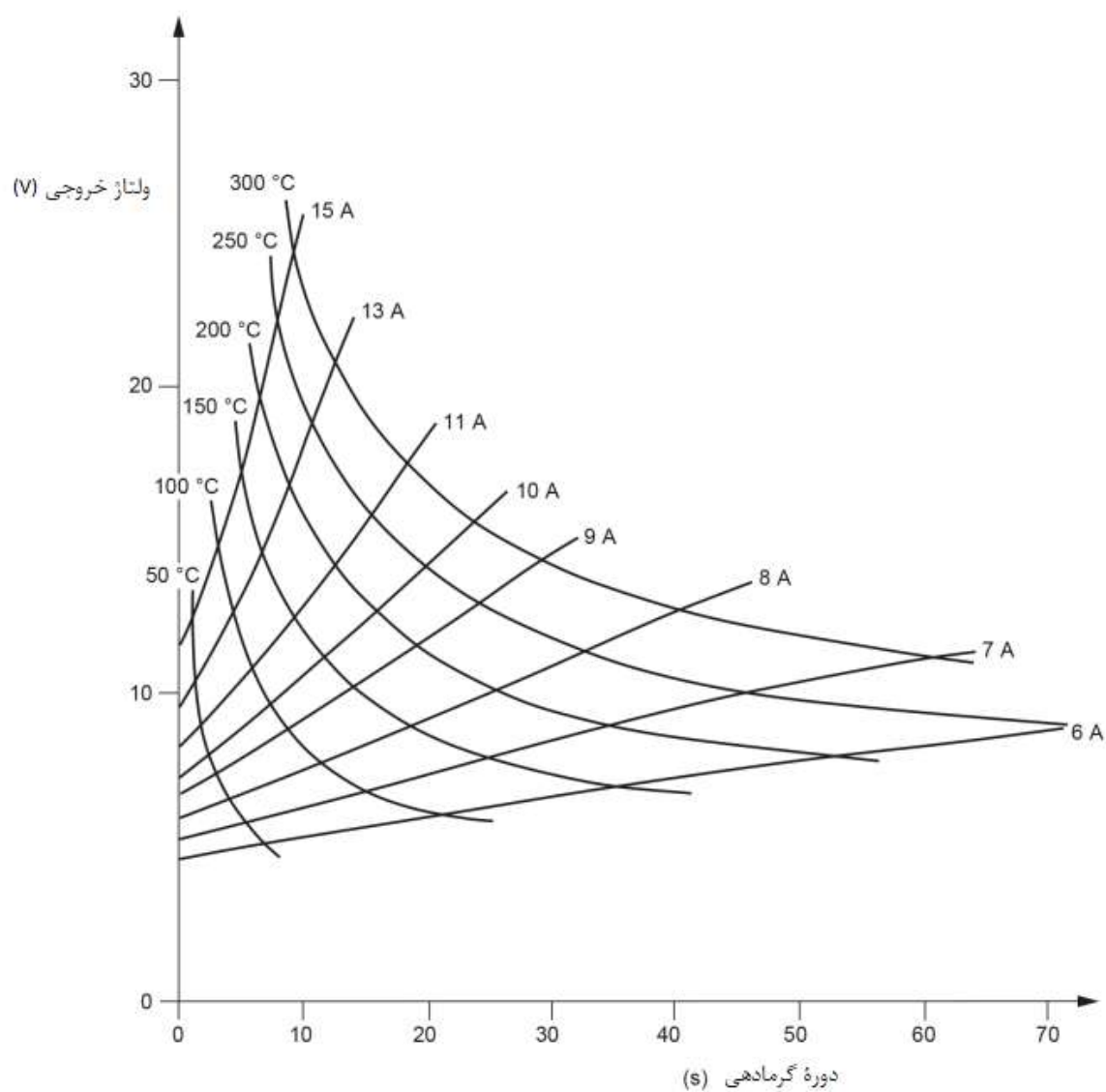
شکل های الف-۱ تا الف-۴ مثال هایی از چنین نمودارهای جامعی را بعنوان یک مرجع قابل دسترس نشان می دهند. این نمودارها بترتیب برای سیم های با قطر ۰/۳۰۰ mm، ۰/۳۱۵ mm، ۰/۳۵۵ mm و ۰/۵۰۰ mm تهیه شده اند.



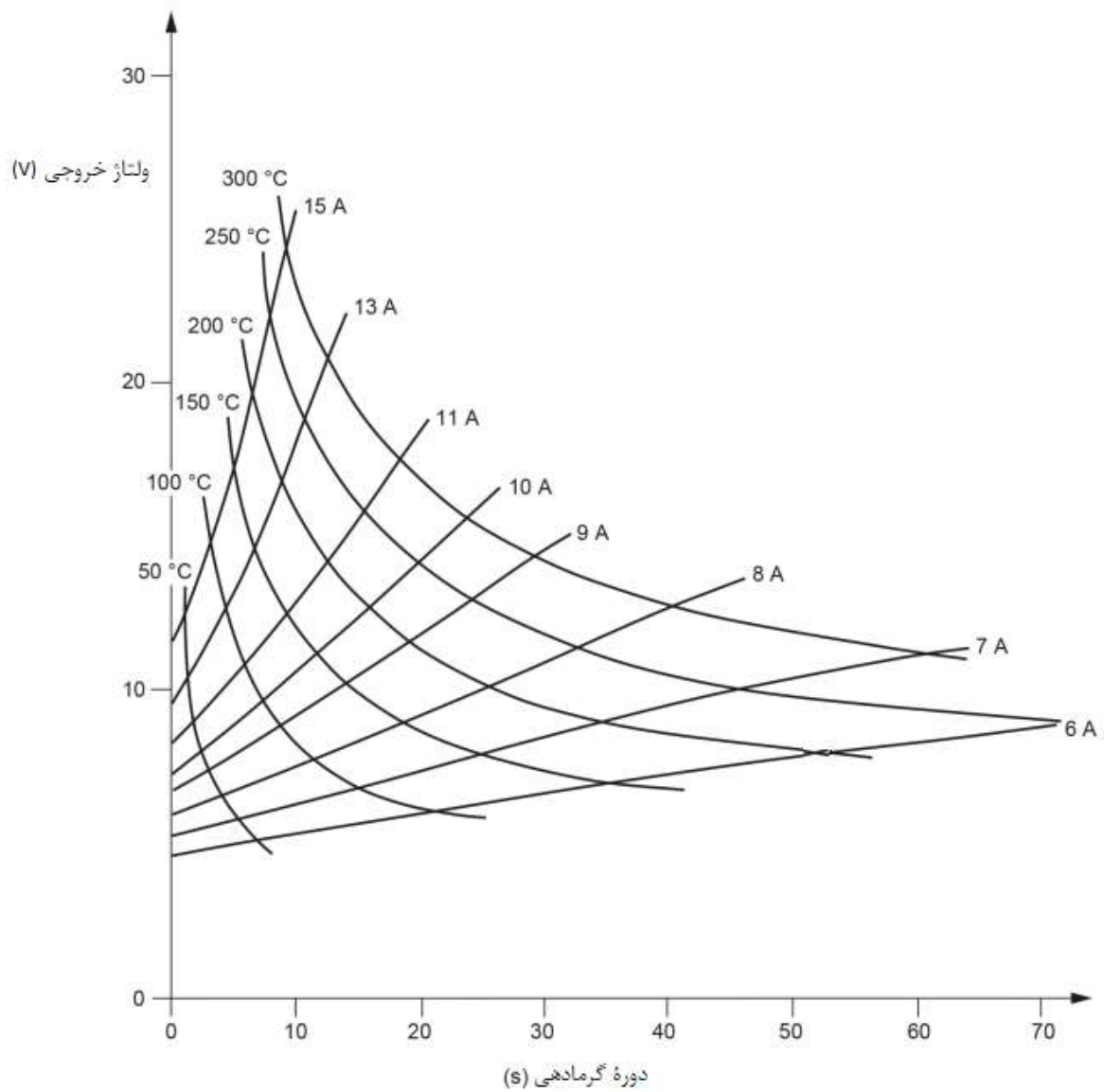
شکل الف-۱- مثال نمودارهای ولتاژ-زمان برای آزمون‌هایی از سیم‌پیچ تابیده‌شده با قطر نامی هادی ۰,۳۰۰ mm
به همراه نمودارهای هم‌دما



شکل الف-۲- مثال نمودارهای ولتاژ-زمان برای آزمونه‌هایی از سیم پیچ تابیده شده با قطر نامی هادی ۰/۳۱۵ mm به همراه نمودارهای هم‌دما



شکل الف-۳- مثال نمودارهای ولتاژ-زمان برای آزمونهایی از سیم پیچ تابیده شده با قطر نامی هادی ۰/۳۵۵ mm به همراه نمودارهای هم‌دما



شکل الف-۴- مثال نمودارهای ولتاژ-زمان برای آزمونه‌هایی از سیم‌پیچ تابیده‌شده با قطر نامی هادی ۰/۵۰۰ mm
به همراه نمودارهای هم‌دما

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

روش‌های آزمون اصطکاک

ب-۱ کلیات

این پیوست توصیه‌هایی را به خریدار و تامین‌کننده سیم‌های سیم‌پیچی در رابطه با روش‌های آزمون اصطکاک مورد استفاده برای سیم‌های سیم‌پیچی ارائه می‌کند. با توافق خریدار و تامین‌کننده می‌توان از روش‌های تکمیلی استفاده کرد.

ب-۲ آزمون الف: ضریب ایستا در روش آزمون اصطکاک

ب-۲-۱ روش آزمون (قابل انجام بر روی سیم‌های گرد لاک‌ی با قطر نامی هادی از ۰/۵۰ mm تا و خود ۱/۶۰۰ mm)

ضریب اصطکاک ایستا (μ_s) با اندازه‌گیری زاویه شیب (α) سطح در لحظه شروع حرکت بلوک در مسیر متشکل از آزمون، تعیین می‌شود. سیم آزمون باید از روی فلنج بالایی قرقره‌های تحویلی بازیچی شود. در صورتیکه سطح آن آغشته به گرد و غبار یا کشیفی باشد، ردیف‌های رویی سیم باید قبل از انجام آزمون، کنار گذاشته شوند. یک قطعه صاف‌شده از سیم آزمون توسط دو دیرک و دو گیره بر روی صفحه شیب‌دهنده نصب می‌شود تا مسیر لغزش بوجود آید. قطعه دیگر از سیم آزمون به همین شیوه بر روی بلوک لغزنده قرار می‌گیرد.

آنگاه بلوک لغزنده که سیم آزمون بر روی آن نصب شده روی صفحه شیب‌دهنده به گونه‌ای قرار می‌گیرد که سیم روی بلوک و سیم روی صفحه در نقطه تماس باهم زاویه ۹۰ درجه داشته باشند.

سپس صفحه به منظور ایجاد شیب به آرامی (به‌طور تقریبی ۱°/s) بالا برده می‌شود تا بلوک به سمت پایین شروع به لغزیدن کند. در این لحظه، زاویه شیب (α) از روی مقیاس قرائت می‌شود.

ضریب اصطکاک ایستا از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\mu_s = \tan \alpha$$

ب-۲-۲ دستگاه آزمون

چیدمان کلی دستگاه آزمون در شکل ب-۱ نشان داده شده است.

دستگاه شامل یک صفحه (۱) است که می‌تواند با چرخش حول محور (۸) تحت زاویه (α) شیب‌دار شود. پایه (۹)، مقیاس (۷) را که با زاویه شیب (α) یا ضریب اصطکاک ($\tan \alpha$) مدرج شده است، نگه می‌دارد.

صفحه شیب‌دار مجهز به اجزایی مانند دو دیرک (۵) و دو گیره (۶) برای نصب سیم آزمونه (۳) می‌باشد. قسمت‌های موازی از سیم باید ۱۱۰ mm از یکدیگر فاصله داشته باشند. این قسمت‌های موازی یک مسیر حرکت لغزشی برای حرکت بلوک از طرف مقیاس به سمت محور صفحه شکل‌دهنده می‌سازند.

گیره‌ها و دیرک‌های روی بلوک (۲)، امکان نصب سیم آزمونه دوم (۴) را فراهم می‌آورند. قسمت‌های موازی سیم آزمونه باید ۶۰ mm از یکدیگر فاصله داشته باشند. برای اجتناب از اعمال نیروی اصطکاک اضافی، ابعاد بلوک باید به گونه‌ای باشد که گیره‌ها و دیرک‌ها از صفحه (۱) فاصله داشته باشد. جرم بلوک باید:

- به‌طور تقریبی ۵۰ g برای سیم‌های با قطر نامی هادی تا و خود ۰/۱۵۰ mm؛

- به‌طور تقریبی ۵۰۰ g برای سیم‌های با قطر نامی هادی بیش از ۰/۱۵۰ mm باشد.

اعمال دقت در جرم‌های فوق اهمیت ندارد چون به هر حال بدلیل جرم سیم آزمونه دوم تغییر خواهد کرد.

زاویه شیب باید به آرامی توسط نخ و قرقره‌ای که با موتور حرکت می‌کند، تغییر یابد.

ب-۳ آزمون ب: اولین ضریب پویا در روش آزمون اصطکاک

ب-۳-۱ قاعده کلی

ضریب اصطکاک (μ_d) با اندازه‌گیری نیروی اصطکاک (C) وارد شده به سیم، وقتی سیم با فشار حاصل از وزنه معین (E) حرکت می‌کند، تعیین می‌شود.

$$\mu_d = \frac{C}{9,81 \times E}$$

ب-۳-۲ روش آزمون

چیدمان کلی دستگاه آزمون در شکل ب-۲ نشان داده شده است.

سیم لاکی با گذر از یک قرقره هدایت‌کننده و یک ترمز (۴) از روی صفحه فلزی (۲) عبور می‌کند. بواسطه قرقره هدایت‌کننده دیگری، سیم به زیر صفحه (۲) هدایت شده و باز می‌شود تا به طور موازی با مسیر عبور اول، دوباره از روی صفحه (B) عبور کند (به شکل ب-۲ مراجعه شود). به وسیله قرقره کشنده (۱) سیم با سرعت ۰/۲۵ m/s کشیده می‌شود. وزنه (۵) که به نشان‌دهنده نیرو (۳) متصل است، بر روی صفحه (۲) که در حال حرکت است، قرار می‌گیرد.

نشان‌دهنده نیرو می‌تواند به یک ثبات خطی (با گستره اندازه‌گیری ۱ mV تا ۲۵۰ mV) متصل شود. این ثبات خطی، گستردگی و سطح صافی سیم را در یک مسافت طولانی نشان می‌دهد.

ب-۴ آزمون پ: دومین ضریب پویا در روش آزمون اصطکاک (قابل اجرا بر روی سیم‌های گرد لاکی با قطر نامی هادی از ۰/۰۵۰ mm تا و خود ۱/۶۰۰ mm)

ب-۴-۱ تجهیزات آزمون

شکل ب-۳ طرحی از تجهیزات آزمون رایج را نشان می‌دهد. در شکل ب-۴ طرح جزئیات یاقوت‌های مصنوعی و در شکل ب-۵ تصویری از بلوک اعمال نیرو نشان داده شده است. آزمونگر، مجهز به سیستم هدایت‌کننده سیم و قرقره کشنده است که مطابق شکل ب-۶ سیم را با سرعت ۱۵ m/min روی بستر آزمون می‌کشد. بلوک آزمون به موازات بستر آزمون قرار گرفته و وزنه‌های آزمون، عمود بر سیم آزمون قرار می‌گیرند.

با کشیدن سیم از زیر بلوک آزمون (یاقوت‌های مصنوعی)، اصطکاک بین سطح سیم و سطح یاقوت باعث افزایش نیروی طولی می‌شود، این نیرو از طریق میله‌ای که توسط دو مجموعه بلبیرینگ خطی به سیستم اندازه‌گیری متصل است، به سیستم اندازه‌گیری منتقل می‌شود. ضریب اصطکاک پویا از حاصل تقسیم نیروی نشان‌داده‌شده توسط سیستم اندازه‌گیری بر نیروی اعمال‌شده روی سطح آزمون به دست می‌آید.

سیستم اندازه‌گیری شکل ب-۳، ضریب اصطکاک پویای آزمونگر و لودسل به کار رفته برای اندازه‌گیری نیرو را نشان می‌دهد. همچنین برای اندازه‌گیری نیرو می‌توان به جای لودسل از ترانسفورماتور دیفرانسیلی متغیر خطی (LVDT)^۱ استفاده کرد. خروجی الکتریکی افزاره اندازه‌گیری نیرو به یک رایانه یا ریزپردازنده‌ای که داده‌های اندازه‌گیری (به‌طور معمول ۱۰۰۰ داده) را جمع‌آوری می‌کند، انتقال می‌یابد. با انجام عملیات آماری روی این مجموعه داده‌ها می‌توان تفسیر مناسبی از نتایج به دست آورد.

یادآوری ۱- مقادیر ضریب اصطکاک پویا، مشخصه‌ای از نوع روانکاری و صافی سطح آزمون سیم لاکی می‌باشد. مقادیر ضریب اصطکاک پویا به طور کل به اندازه سیم بستگی ندارد.

یادآوری ۲- سیمی که با روغن معدنی روانکاری شده باشد، به‌طور معمول دارای میانگین ضریب اصطکاک پویا در گستره ۰/۹ تا ۰/۱۶ است. سیمی که با موم پارافین روانکاری شده باشد به‌طور معمول دارای میانگین ضریب اصطکاک پویا در گستره ۰/۰۳ تا ۰/۰۶ می‌باشد و به علت انحراف معیار استاندارد کمتر، دارای مقدار پایداری است. می‌توان از مقدار میانگین، مقدار حداکثر و مقدار انحراف معیار برای ارزیابی کاربرد روان‌کار سیم و صافی سطح سیم لاکی استفاده کرد.

روش انجام آزمون به‌گونه‌ای طراحی شده که اندازه روانکاری و صافی سطح سیم لاکی را به صورت یک مقدار مرکب ارائه می‌کند. فرض بر این است که سیم، به غیر از تماس‌هایی که با آزمونگر و بسته‌بندی دارد، با حداقل تماس از بسته‌بندی خود بازپچی شود.

اگر تردیدی بابت تحت تاثیر قرارگرفتن ضریب اصطکاک در اثر وجود آلودگی یا گرد و غبار وجود داشته باشد، می‌توان یک یا دو ردیف رویی سیم از بسته‌بندی آن کنار گذاشته شده و آزمون مجدداً آزمون شود.

۱- LVDT نوعی مبدل الکترومکانیکی است که کمک می‌کند حرکت خط مستقیم جسم به سیگنال الکتریکی تبدیل شود.

سطوحی که با سیم در تماس هستند، باید در ابتدای هر آزمون، تمیز و خشک شوند. توصیه می‌شود حلالی که برای تمیز کردن سطح اعمال نیرو به کار می‌رود، انواع مختلف روان‌کارهای استفاده‌شده را از بین برده و بدون باقی‌گذاشتن حتی یک لایه پسماند، خشک شود.

ب-۴-۲ آزمون

توصیه می‌شود سطح سیم از نظر وجود آسیب، درهم‌پیچیدگی، کثیفی یا گرد و غبار بیش از حد بررسی شود. درصوت وجود هریک از شرایط فوق، توصیه می‌شود قبل از آزمون، سیم‌های روی فلنج بالایی قرقره کنار گذاشته شوند. توصیه می‌شود سیم آزمون از بسته‌بندی مخصوص حمل بازپچی شود.

ب-۴-۳ آماده‌سازی آزمون

سیم آزمون تحت نیروی اعمالی (L) روی سطح بستر آزمون کشیده می‌شود. نیروی اصطکاک (F_d) بین سطوح سیم و بستر آزمون، افزایش یافته و به یک افزاره اندازه‌گیری مناسب منتقل می‌شود. برای تعیین ضریب اصطکاک پویا (μ_d) مقدار (F_d) قرائت شده برحسب نیرو-گرم بر نیروی اعمالی آزمون (L) برحسب نیرو-گرم تقسیم می‌شود:

$$\mu_d = \frac{F_d}{L}$$

توصیه می‌شود سیم آزمون توسط یک موتور با سرعت $(15 \pm 1) \text{ m/min}$ از میان یک سطح صاف با استفاده از قرقره موتور کشنده کشیده شود.

توصیه می‌شود وزنه‌های مختلف با قابلیت اعمال نیروی ۱۰۰ گرم-نیرو تا ۱۰۰۰ گرم-نیرو در دسترس باشد. توصیه می‌شود بلوک آزمون شامل دو قطعه یاقوت مصنوعی باشد و زبری سطح یاقوت‌ها از $2/4 \mu\text{m}$ بیشتر نباشد. شرح یاقوت‌ها در شکل ب-۴ و نحوه نصب آنها در شکل ب-۵ ارائه شده است.

توصیه می‌شود وسیله‌ای برای هدایت سیم و در صورت نیاز وسیله‌ای برای اعمال کشش جزئی موجود باشد. یک مبدل یا افزاره الکتریکی اندازه‌گیری نیرو، نیروی اصطکاک را اندازه‌گیری می‌کند. توصیه می‌شود از یک مبدل نیرو با گستره صفر گرم-نیرو تا ۵۰۰ گرم-نیرو، یک افزاره ذخیره اطلاعات و یک ریزپردازنده یا رایانه برای تحلیل آماری مجموعه داده‌ها استفاده شود.

می‌توان از سیستم تعدیل نیروی مکانیکی متشکل از یک دسته فرمان و محفظه محتوی روغن استفاده شود. همچنین می‌توان سیگنال‌های الکتریکی خروجی از لودسل یا LVDT را به صورت الکتریکی تعدیل کرد.

توصیه می‌شود برای تمیز کردن سطوح فلزی و یاقوت‌ها در فواصل آزمون، از حلال پاک‌کننده مناسب به منظور حل کردن روان‌کار آزمون‌شده استفاده شود.

ب-۴-۴ روش

توصیه می‌شود آزمونگر ضریب اصطکاک، به گونه‌ای تراز شود که نیرو فقط توسط یک مبدل فشار^۱ که عمود بر نیروی اعمالی است، اندازه‌گیری شود و عامل جاذبه تاثیرگذار نباشد.

مبدل فشار بدون حضور هرگونه بار و با تنظیم کردن صفر، کالیبره می‌شود و با آویزان کردن وزنه ۱۰۰ g یا ۲۰۰ g تنظیم می‌شود. وزنه، برداشته شده، توصیه می‌شود نشانگر مجدداً مقدار صفر را نشان دهد.

پارامترهای آزمون در ریزپردازنده یا رایانه شخصی وارد می‌شود.

سیم از بسته‌بندی بازپچی شده و با کشیدن آن را از روی فلنج، از میان افزاره کشش و از میان هدایت‌کننده‌ها، تا قرقره کشنده رسانده می‌شود.

پولی‌های هدایت‌کننده به گونه‌ای تنظیم می‌شوند که سیم با بستر آزمون موازی باشد. بستر آزمون، پولی‌های هدایت‌کننده و سطوح یاقوت با حلال مناسب تمیز می‌شود.

وزنه مناسب از جدول ب-۱ انتخاب شده و در بلوک اعمال بار قرار می‌گیرد.

جدول ب-۱- وزنه‌های بلوک اعمال نیرو برای آزمودن ضریب اصطکاک پویا

قطر هادی mm	وزنه g
۰٫۰۵۰ تا ۰٫۰۷۱	۱۰۰
۰٫۰۷۱ تا ۰٫۱۲۵	۲۰۰
۰٫۱۲۵ تا ۰٫۴۵۰	۶۰۰
۰٫۴۵۰ تا ۱٫۶۰۰	۱۰۰۰

بستر آزمون به گونه‌ای تنظیم می‌شود که نیروی اعمالی با سطح آزمون موازی باشد. موتور کشنده سیم روشن شده و بعد از پایدار و تراز شدن سیم، شروع به جمع‌آوری داده‌ها می‌شود و این کار تا ذخیره تعداد مناسب نقاط داده، ادامه می‌یابد.

داده‌ها برای دستیابی به حداقل مقدار قرائت‌شده، حداکثر مقدار قرائت‌شده، مقدار میانگین و انحراف معیار تحلیل می‌شوند.

ضریب اصطکاک پویا μ_d باید از رابطه زیر محاسبه شود:

$$\mu_d = \frac{F_d}{L}$$

که در آن:

F_d عبارت است از میانگین نیرو قرائت شده بر حسب گرم نیرو؛

L عبارت است از مقدار بار آزمون بر حسب گرم نیرو.

ب-۵ آزمون ت: نیروی اصطکاک به روش جفت تابیده

ب-۵-۱ سیم‌های لاک‌ی گرد با قطر نامی هادی از ۰/۱ mm تا و خود ۱/۵۰۰ mm

یک زوج تابیده شده از آزمونه سیم لاک‌ی، مطابق زیربند ۴-۳ استاندارد ۵-۶۸۹۲؛ سال: ۱۳۹۳ مربوط به آزمون ۱۳ (ولتاژ شکست) تهیه می‌شود. انتهای اولین سیم تابیده شده به فک ثابت وصل شده و به انتهای مخالف سیم دیگر، توسط نیروسنج، نیرو اعمال می‌شود تا امکان لغزش آزادانه سیم به واسطه کشش و بدون چرخش فراهم آید. نیروی لازم برای جداکردن دو سیم از یکدیگر، نیروی لغزش است.

ب-۵-۲ روش آزمون

یک آزمونه به طول تقریبی ۴۰۰ mm باید از وسط تا شده و توسط دستگاه مطابق شکل ب-۷، به طول ۱۲۵ mm برروی خودش تابانده شود. نیرو (وزنه) اعمال شده به زوج سیم در حین تابیدن و تعداد تاب‌ها در جدول ب-۲ داده شده است.

حلقه ایجاد شده در انتهای قسمت تابیده شده، از دو محل مجزا به گونه‌ای بریده می‌شود که حداکثر فاصله بین انتهای دو سر بریده شده ایجاد شود.

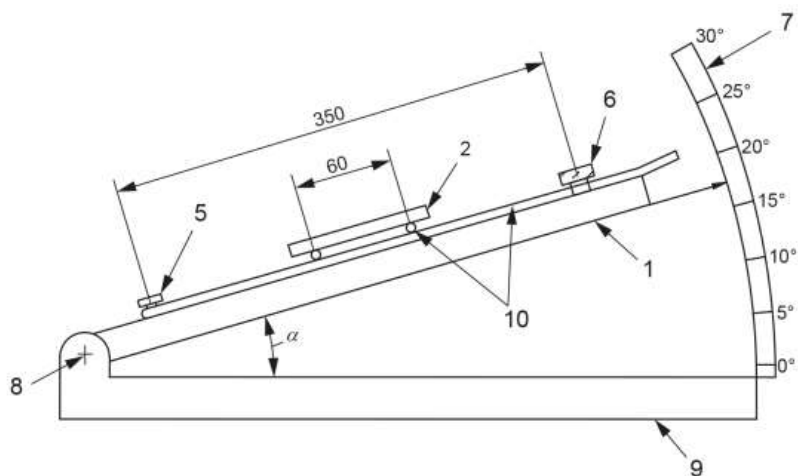
در صورتیکه برای ایجاد فاصله مناسب بین سر سیم‌ها نیاز به خم کردن آن‌ها باشد، دقت شود که این عمل سبب ایجاد خم‌های تند یا آسیب دیدن عایق نشود.

انتهای یکی از سیم‌ها باید توسط فک، محکم نگه داشته شده و به انتهای مخالف سیم دیگر، نیرو (وزنه) اعمال شود تا امکان لغزش سیم بدون چرخش فراهم آید. سه آزمونه باید مورد آزمون قرارگیرد.

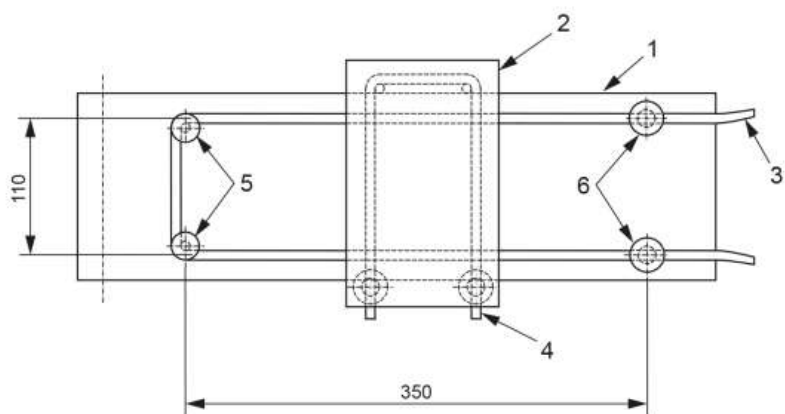
جدول ب-۲- روش جفت تابیده

تعداد تاب‌ها در هر mm ۱۲۵ از طول سیم	نیروی اعمال شده به جفت سیم N	قطر نامی هادی mm	
		تا و خودش	بیش از
۱۷	۰/۸۵	۰/۲۵	۰/۱۰
۱۵	۱/۴۰	۰/۳۱۵	۰/۲۵
۱۳	۲/۴۰	۰/۴۰	۰/۳۱۵
۱۲	۳/۴۰	۰/۵۰	۰/۴۰
۱۱	۶/۰۰	۰/۷۱	۰/۵۰
۱۰	۸/۵۰	۰/۸۰	۰/۷۱
۹	۱۰/۰۰	۰/۹۰	۰/۸۰
۸	۱۲/۵۰	۱/۰۰	۰/۹۰
۷	۱۵/۰۰	۱/۱۲	۱/۰۰
۶	۲۰/۰۰	۱/۲۵	۱/۱۲
۵	۲۷/۰۰	۱/۵۰	۱/۲۵

ابعاد بر حسب میلی متر



الف) نمای جانبی

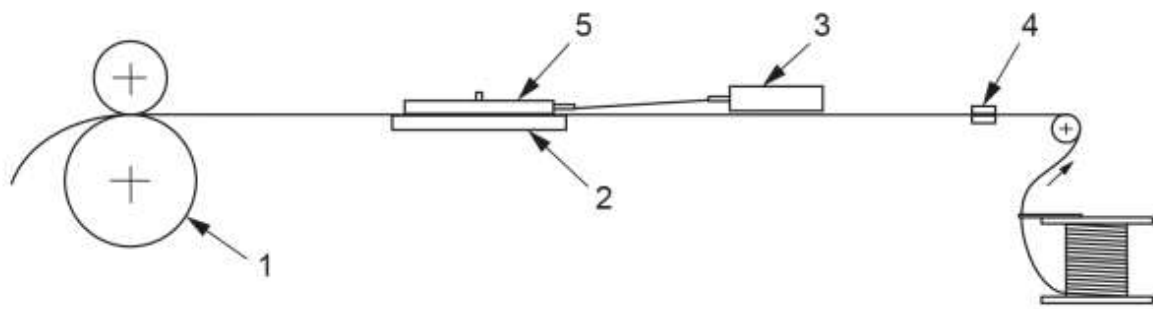


ب) نمای بالا

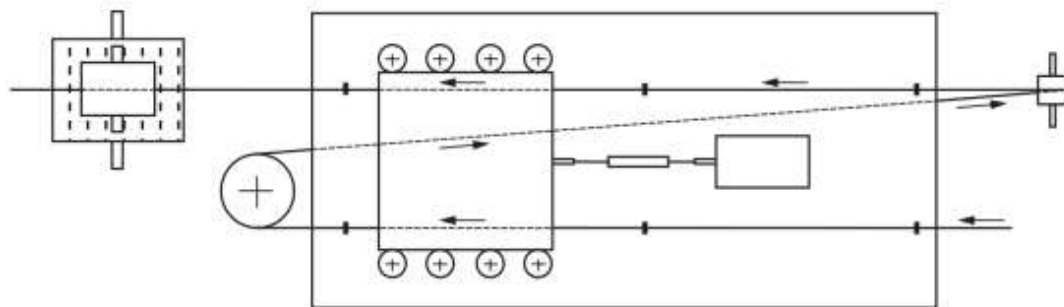
راهنما:

- 1- صفحه
- 2- بلوک
- 3- سیم آزمون
- 4- سیم
- 5- دیرکها
- 6- گیرهها
- 7- مقیاس
- 8- محور
- 9- پایه
- 10- آزمون سیم سیم پیچی

شکل ب-۱- دستگاه آزمون اصطکاک مربوط به ضریب ایستا



الف) نمای جانبی

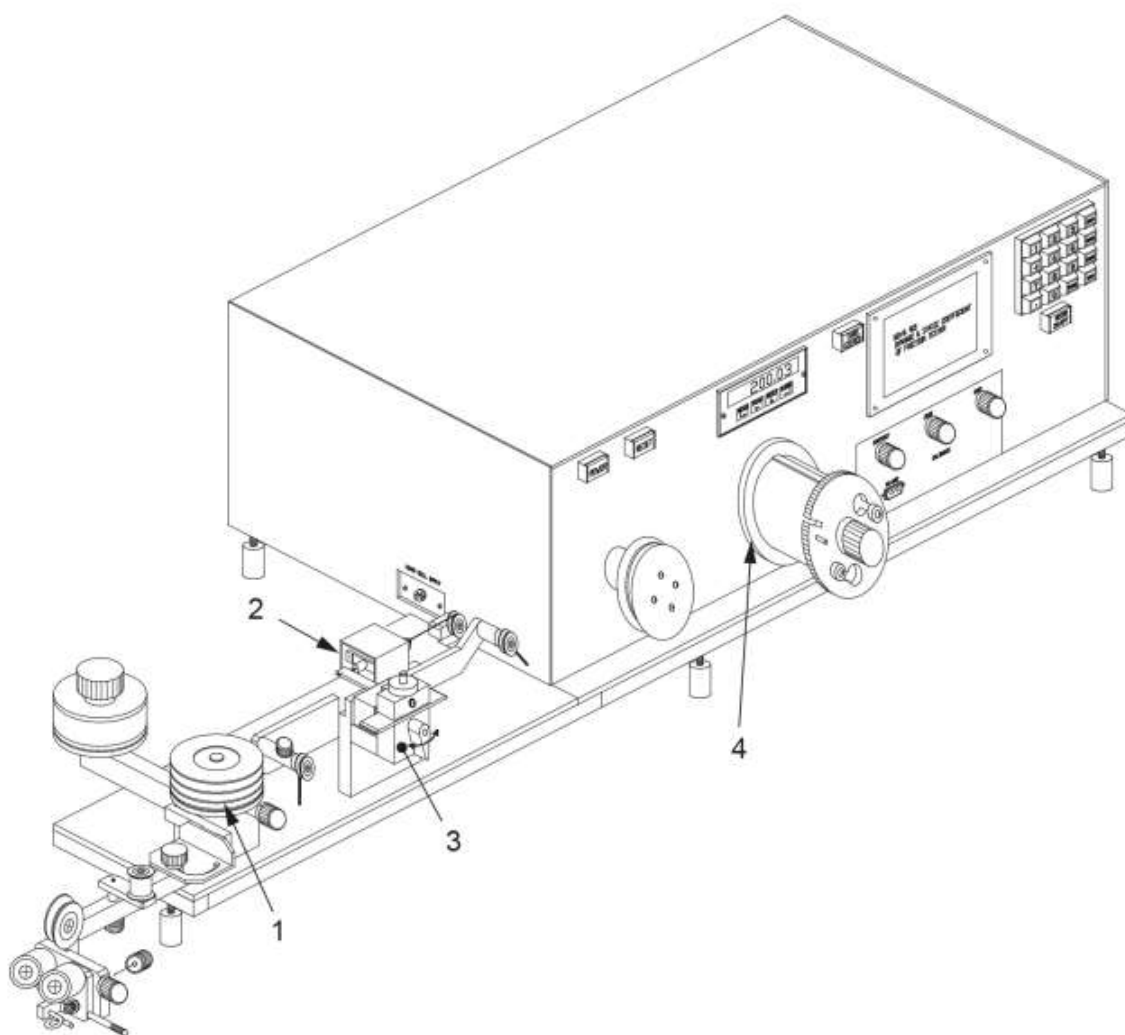


ب) نمای از بالا

اجزا:

- 1- قرقره کشنده
- 2- صفحه
- 3- نشان دهنده نیرو
- 4- ترمز
- 5- جرم

شکل ب-۲- دستگاه آزمون اصطکاک مربوط به ضریب پویا

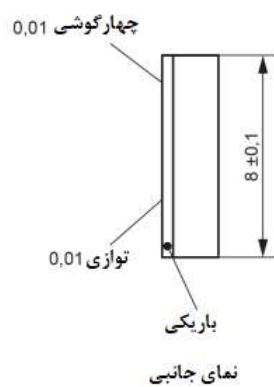
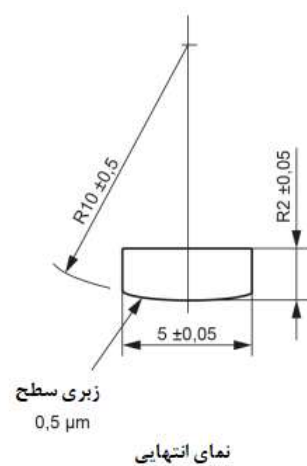


راهنما:

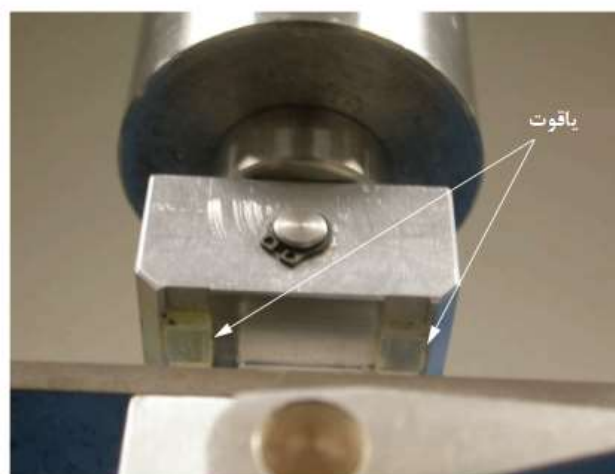
- 1- اعمال کننده نیرو به سیم
- 2- متعلقات لودسل
- 3- متعلقات بلوک نگهدارنده و سر آزمون یا قوت
- 4- میله موتور کشنده سیم

شکل ب-۳- نمای رایج برای آزمونگر اصطکاک مربوط به ضریب پویا

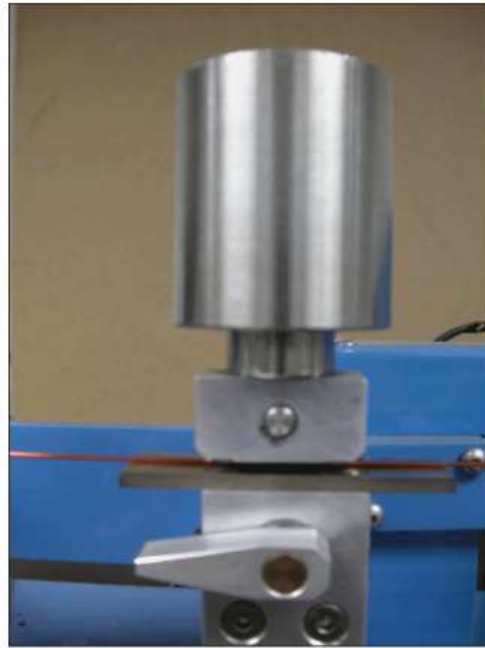
ابعاد برحسب میلی متر



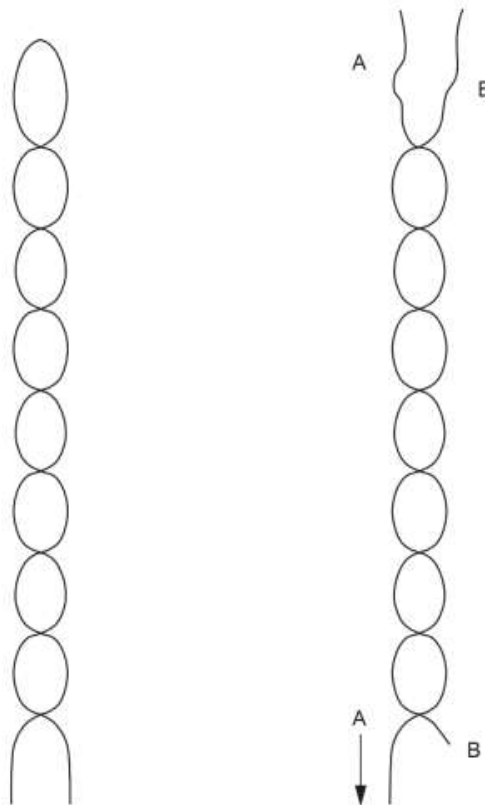
شکل ب-۴- ساختار- یاقوت مصنوعی



شکل ب-۵- یاقوت مصنوعی نصب شده روی بلوک اعمال بار



شکل ب-۶- بار عمودی اعمالی به مسیر عبور سیم



شکل ب-۷- آزمونۀ تابیده شده

کتابنامه

[1] IEC 60264 (all parts), Packing of winding wires

یادآوری - مجموعه استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۳۶، بسته‌بندی سیم‌های سیم‌پیچی، با استفاده از برخی قسمت‌های مجموعه استاندارد IEC60264، تدوین شده است.

[2] IEC 60851 (all parts), Winding wires- test methods

یادآوری - مجموعه استاندارد ملی ایران شماره ۶۸۹۲، سیم‌های سیم‌پیچی - روش‌های آزمون، با استفاده از برخی قسمت‌های مجموعه استاندارد IEC60851، تدوین شده است.

[۳] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۶۸۹۲: سال ۱۴۰۱، سیم‌های سیم‌پیچی - روش‌های آزمون - قسمت ۱:

کلیات

[۴] استاندارد ملی ایران شماره ۵-۶۸۹۲: سال ۱۳۹۳، سیم‌های سیم‌پیچی - روش‌های آزمون - قسمت ۵:

ویژگی‌های الکتریکی و اصلاحیه شماره ۱: سال ۱۴۰۰

[۵] استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۰۱۲: سال ۱۴۰۰، روش‌های آزمون تعیین استحکام چسبندگی عوامل

عمل‌آوری‌کننده بر روی بستری از سیم لاکه