

## 4.2 دستگاه

### 4.2.1 آون هوای گرم

آزمون باید در یک آون انجام شود. آون باید از گردش طبیعی هوا استفاده کند.

یادداشت 1: گردش اجباری یا پیوسته هوا الزامی نیست. آونهای مجهز به سازوکارهای همزدن هوا احتمالاً باعث ارتعاش می‌شوند.

آون نباید دارای تجهیزاتی باشد که احتمال ایجاد ارتعاش داشته باشند و همچنین نباید شامل عناصر گرمایشی در معرض دید باشد. دمای هوا باید به‌طور پیوسته در مقدار مشخص‌شده در استاندارد مربوط به کابل حفظ شود. آون باید قادر به کارکرد

در محدوده  $K \pm 2$  نسبت به دمای آزمون مشخص‌شده باشد.

یادداشت 2: نیاز به کنترل دما در محدوده  $K \pm 2$  بسیار مهم است. این موضوع به‌ویژه زمانی اهمیت دارد که ماده مورد آزمون یک ترموپلاستیک با نقطه ذوب مشخص باشد (مانند برخی پلیمرهای اتیلن)، زیرا افزایش جزئی دما بیش از مقدار مشخص‌شده می‌تواند باعث افزایش زیادی در فرورفتگی شود.

در هنگام کار، آون باید در محلی عاری از ارتعاش قرار گیرد.

### 4.2.2 دستگاه ایجاد فرورفتگی

باید از دستگاهی مطابق شکل 1 استفاده شود. این دستگاه باید شامل یک تیغه مستطیلی با لبه‌ای به عرض  $(0,01 \pm 0,70)$  mm باشد که بتوان آن را تحت تأثیر نیروی اعمال‌شده به قطعه آزمون فشرد.

این نیرو باید به قطعه آزمون وارد شود.

### 4.3 عایق

#### 4.3.1 آماده‌سازی نمونه و قطعه آزمون

برای هر هسته‌ای که باید آزمون شود، سه قطعه مجاور باید از نمونه‌ای به طول 250 mm تا 500 mm برداشته شود. طول هر قطعه باید 50 mm تا 100 mm باشد.

از هر قطعه هسته برداشته‌شده، هرگونه پوشش – از جمله لایه نیمه‌رسانا، در صورت وجود – باید به‌صورت مکانیکی جدا شود. بسته به نوع کابل، قطعه آزمون می‌تواند دارای مقطع دایره‌ای،

تخت یا قطاعی با طول  $(5 \pm 45)$  mm باشد.

هسته‌های کابل‌های تخت دارای هسته‌های دوقلو یا چندگروهی، در صورت نداشتن غلاف، نباید به‌صورت جداگانه تفکیک شوند؛ مگر اینکه سطح مقطع هادی منفرد  $10 \text{ mm}^2 \leq$  باشد. در این صورت، باید قطعه آزمونی برداشته‌شده از عایق یک هسته منفرد آزمون شود.

حداقل ضخامت عایق مورد آزمون باید 0,7 mm باشد.

یادداشت: عایق با ضخامت تا 0,4 mm نیز ممکن است تحت شرایط خاص آزمون شود، اما این کار توصیه نمی‌شود. اگر آزمون‌ها با نمونه‌هایی با ضخامت کمتر از 0,7 mm انجام شوند، این موضوع باید در گزارش آزمون ثبت شود.

### 4.3.2 روش اجرا

#### 4.3.2.1 تثبیت قطعات آزمون

قطعه آزمون نهایی باید از یک قطعه نمونه مطابق 4.3.1 تشکیل شود.

هسته‌های دایره‌ای باید در موقعیت نشان‌داده‌شده در شکل 1 (3a) نصب شوند.

کابل تخت بدون غلاف باید روی سمت تخت/محور اصلی خود قرار داده شود.

هسته‌های قطاعی باید روی تکیه‌گاهی از نوع مناسب، مطابق شکل 1 (3b و 3c)، نصب شوند.

تمام قطعات آزمون باید به‌گونه‌ای روی تکیه‌گاه ثابت شوند که در طول آزمون تغییر وضعیت ندهند. در مورد قطعات آزمون باید دقت ویژه‌ای به عمل آید تا تحت فشار تیغه خم نشوند.

#### **4.3.2.2 اعمال نیرو**

نیرویی که مطابق پیوست A محاسبه شده است باید در جهتی عمود بر محور هسته اعمال شود.

تیغه نیز باید بر محور مربوطه عمود باشد.

#### **4.3.2.3 روش اجرا در آون هوای گرم**

تیغه باردار باید در دمای محیط روی قطعه آزمون ثابت‌شده قرار گیرد. سپس مجموعه کامل باید درون آون هوای گرمی قرار داده شود که در دمای آزمون مشخص‌شده قرار دارد.

دستگاه، همراه با قطعات آزمون باردار، باید در محلی عاری از ارتعاش قرار داده شود (رجوع کنید به

#### 4.2.1.

دمای هوا باید به طور پیوسته در مقدار مشخص شده در استاندارد مربوط به کابل حفظ شود. در صورت بروز اختلاف، دما باید با استفاده از دستگاه مناسب اندازه گیری دما بررسی شود؛ این دستگاه باید در همان سطح قطعه آزمون و تا حد امکان نزدیک به یکی از قطعات آزمون نصب شود و دما باید در طول آزمون به طور پیوسته پایش شود.

یادداشت 1: اطمینان از اینکه دما در هیچ زمانی از حد بالایی مشخص شده برای آزمون ماده خاص تجاوز نمی کند، حیاتی است. ممکن است دماهای کمتر از حد پایینی مشخص شده، بلافاصله پس از شروع آزمون برای مدت کوتاهی مشاهده شوند. می توان این دوره های کوتاه را نادیده گرفت.

مجموعه باید برای مدت مشخص شده در استاندارد مربوط به کابل، یا اگر مدت زمان در استاندارد کابل مشخص نشده باشد، برای زمان های زیر در وضعیت آزمون نگه داشته شود:

- 4 h برای قطعات آزمونی با مقدار  $D \leq 15 \text{ mm}$

- 6 h برای قطعات آزمونی با مقدار  $D \geq 15 \text{ mm}$ .

یادداشت 2: جزئیات تعیین  $D$  در پیوست A ارائه شده است.

#### 4.3.2.4 سرد کردن

در پایان مدت زمان مشخص شده، قطعه آزمون باید در حالی که تحت بار است، به سرعت سرد شود. این کار را می توان در داخل یا خارج از آون هوای گرم، با پاشیدن آب سرد روی قطعه آزمون در محل فشرده شدن آن توسط تیغه، انجام داد.

قطعه آزمون باید هنگامی از دستگاه خارج شود که تا دمایی سرد شده باشد که در آن دیگر بازیابی عایق رخ ندهد؛ سپس قطعه آزمون باید با غوطه ور کردن

در آب سرد، بیشتر سرد شود.

### 4.3.2.5 اندازه‌گیری

بلافاصله پس از سرد شدن، قطعه آزمون باید برای تعیین عمق فرورفتگی آماده شود.

هادی باید بیرون کشیده شود، به گونه‌ای که قطعه آزمون به شکل یک لوله باقی بماند.

یک نوار باریک باید در راستای محور هسته و عمود بر فرورفتگی، مطابق شکل 2، از قطعه آزمون بریده شود.

نوار باید زیر میکروسکوپ اندازه‌گیری یا پروژکتور اندازه‌گیری به صورت تخت قرار داده شود و تار متقاطع باید با کف فرورفتگی و سطح خارجی قطعه آزمون، مطابق شکل، تنظیم شود.

قطعات آزمون کوچک، با قطر خارجی تقریباً تا 6 mm، باید در محل فرورفتگی و مجاور آن، به صورت عرضی برش داده شوند؛ همان‌طور که در شکل 3 نشان داده شده است، و عمق فرورفتگی باید

به صورت اختلاف بین اندازه‌گیری‌های میکروسکوپی در نماهای مقطعی 1 و 2، مطابق شکل، تعیین شود.

تمام اندازه‌گیری‌ها باید برحسب میلی‌متر و با دقت دو رقم اعشار انجام شوند.

یادداشت: هنگام انجام اندازه‌گیری باید دقت شود، زیرا عواملی مانند نیروهای ترمومکانیکی ممکن است سطح بالایی نمونه را تغییر شکل داده و موقعیت ظاهری نادرستی برای قسمت بالایی فرورفتگی ایجاد کرده باشند؛ همچنین فرورفتگی واقعی ممکن است با مقدار اندازه‌گیری شده به‌طور مستقیم در محل فرورفتگی متفاوت باشد. بنابراین، استفاده از مقدار ضخامت اندازه‌گیری شده پیش از اعمال فرورفتگی سنج به‌عنوان مقدار مبنا ضروری است. اگر مشخص باشد که تغییر شکل رخ داده است، یا درباره نتیجه هرگونه عدم قطعیتی وجود داشته باشد، باید اصلاح مناسب در مقدار فرورفتگی اعمال شود؛

به صورت زیر:

- اگر ضخامت اولیه  $\delta$  باشد

، اما پس از آزمون ضخامت ظاهری به  $\delta_1$  تبدیل شده باشد، برای محاسبه باید مقدار فرورفتگی اندازه گیری شده (که آن را  $M$  می نامیم) با کسر مقداری برابر با

$\delta - \delta_1$  :

- سپس درصد صحیح فرورفتگی برابر می شود با

$$\frac{M - (\delta_1 - \delta)}{\delta} \times 100$$

#### 4.3.2.6 بیان نتایج

مقادیر فرورفتگی اندازه گیری شده روی سه قطعه آزمون برداشته شده از هر هسته یا نوار باید به صورت درصدی از ضخامت عایق محاسبه شوند (ضخامت عایق مطابق پیوست A اندازه گیری می شود). میانه سه مقدار باید ثبت شود. اگر در اثر آزمون تغییراتی در ضخامت ایجاد شود، باید از فرمول مندرج در یادداشت 4.3.2.5 استفاده شود.

برای کابل های تخت، مقدار میانه فرورفتگی برابر با میانگین مقادیر فرورفتگی همه هسته های هم اندازه در نمونه است.

یادداشت: در صورت نبود هرگونه الزام در استاندارد مربوط به کابل، توصیه ای در پیوست B ارائه شده است.

## 4.4 غلاف

### 4.4.1 آماده سازی نمونه و قطعه آزمون برای غلاف ها

برای هر غلافی که باید آزمون شود، سه قطعه مجاور باید از نمونه ای به طول 250 mm تا 500 mm برداشته شود که پوشش (در صورت وجود) و تمام اجزای داخلی آن (هسته ها، پرکننده ها، پوشش داخلی، زره و غیره، در صورت وجود) جدا شده باشند.

طول هر قطعه غلاف باید 50 mm تا 100 mm باشد.

از هر قطعه غلاف، در صورتی که غلاف دارای برجستگی نباشد، باید نواری با عرض تقریباً برابر با یک سوم محیط، اما حداکثر 20 mm، به صورت موازی با راستای محور کابل بریده شود.

اگر غلاف دارای برجستگی هایی باشد که در اثر پنج هسته یا کمتر ایجاد شده اند، نوار باید در راستای برجستگی ها بریده شود؛ به گونه ای که در تمام طول خود حداقل یک شیار، تقریباً در مرکز نوار، داشته باشد.

اگر غلاف دارای برجستگی هایی باشد که در اثر بیش از پنج هسته ایجاد شده اند، نوار باید به همین روش بریده شود و این برجستگی ها باید با سنگ زنی برداشته شوند.

یادداشت 1: دستگاهی از نوع مشخص شده در پیوست A استاندارد IEC 60811-501:2012 برای سنگ زنی یا برش برجستگی ها مناسب تشخیص داده شده است.

اگر غلاف مستقیماً روی هادی هم مرکز، زره یا صفحه فلزی اعمال شده باشد و در نتیجه دارای برجستگی هایی باشد که نمی توان آن ها را سنگ زنی یا برش داد (مگر اینکه قطر بزرگ باشد)، غلاف نباید جدا شود و کل قطعه کابل باید به عنوان قطعه آزمون استفاده شود.

اگر اضلاع کوچکتر کابل تخت کاملاً گرد باشند، این آزمون باید روی یکی از اضلاع کوچکتر انجام شود. برای محاسبه نیروی فشاری (رجوع کنید به پیوست A)، D بعد کوچکتر کابل و  $\delta$  میانگین ضخامت غلاف  $e_3$  مطابق شکل 4 است.

اگر اضلاع کوچکتر تخت یا تقریباً تخت باشند، همانطور که در شکل 4 نشان داده شده است، باید با بریدن نواری از سمت پهن کابل در راستای محور کابل، قطعه آزمون آماده شود. در سمت داخلی، فقط برجستگی‌ها باید با سنگ‌زنی یا برش برداشته شوند. عرض نوار مورد آزمون باید حداقل 10 mm و حداکثر 20 mm باشد. ضخامت نوار باید در محلی که نیروی فشاری،  $F$ ، اعمال می‌شود اندازه‌گیری شود.

یادداشت 2: عایق با ضخامت تا 0,4 mm ممکن است تحت شرایط خاص آزمون شود، اما این کار توصیه نمی‌شود. اگر آزمون‌ها با نمونه‌هایی با ضخامت کمتر از 0,7 mm انجام شوند، این موضوع باید در گزارش آزمون ثبت شود.

## 4.4.2 روش اجرا

### 4.4.2.1 تثبیت قطعات آزمون

نوارها باید توسط یک سنبه فلزی نگه داشته شوند. برای ایجاد تکیه‌گاهی پایدارتر، سنبه را می‌توان در راستای محور آن به دو نیم تقسیم کرد. یادداشت: یک پین فلزی یا لوله فلزی برای استفاده به عنوان سنبه مناسب است.

شعاع سنبه باید تقریباً برابر با نصف قطر داخلی قطعه آزمون باشد.

دستگاه، نوار و سنبه نگهدارنده باید به گونه‌ای قرار داده شوند که سنبه نوار را نگه دارد و تیغه به سطح خارجی قطعه آزمون فشرده شود. هنگامی که اضلاع کوچکتر کابل تخت صاف هستند، قطعات آزمون غلاف کابل تخت باید مطابق شکل 5 روی یک تکیه‌گاه قرار داده شوند.

نیرو باید در جهتی عمود بر محور سنبه (یا در صورت استفاده از قطعه کامل کابل، عمود بر محور کابل) اعمال شود و تیغه نیز باید بر محور سنبه، یا در صورت استفاده از کابل کامل بر محور کابل، عمود باشد.

اگر اضلاع کوچکتر کابل تخت، همانطور که در شکل 4 نشان داده شده است، تخت یا تقریباً تخت باشند، قطعه آزمون (نوار) باید حول سنبه‌ای با قطری تقریباً برابر با قطر هسته کابل خم شود؛ محور طولی نوار باید بر محور سنبه عمود باشد. باید تمهیداتی فراهم شود تا سطح داخلی نوار حداقل در  $120^\circ$  از محیط سنبه با آن در تماس باشد (رجوع کنید به شکل 5). تیغه فلزی دستگاه آزمون باید روی قسمت میانی قطعه آزمون قرار گیرد.

برای کابل‌های تختی که اضلاع کوچکتر آن‌ها تخت یا تقریباً تخت هستند،  $\delta$  (برحسب mm) ضخامت نوار در محل اعمال نیرو است.  $D$  (برحسب mm) قطر سنبه به علاوه دو برابر مقدار  $\delta$  است، همانطور که در شکل 5 نشان داده شده است.

#### 4.4.2.2 اعمال نیرو

نیرویی که مطابق پیوست A محاسبه شده است باید در جهتی عمود بر محور سنبه (یا در صورت استفاده از قطعه کامل کابل، عمود بر محور کابل) اعمال شود.

تیغه نیز باید بر محور مربوطه عمود باشد.

#### 4.4.2.3 روش اجرا در آون هوای گرم

به 4.3.2.3 مراجعه کنید.

#### 4.4.2.4 سردکردن

به 4.3.2.4 مراجعه کنید.

#### 4.4.2.5 اندازه‌گیری

فرورفتگی باید روی نوار باریکی که از قطعه آزمون بریده شده است، مطابق توضیحات

4.3.2.5 و شکل 2 اندازه‌گیری شود.

برای کابل‌های تختی که اضلاع کوچک‌تر آن‌ها تخت یا تقریباً تخت هستند، عمق فرورفتگی باید نسبت به مقدار اولیه  $\delta$ ، مطابق توضیحات 4.4.2.1 و شکل 5، تعیین شود.

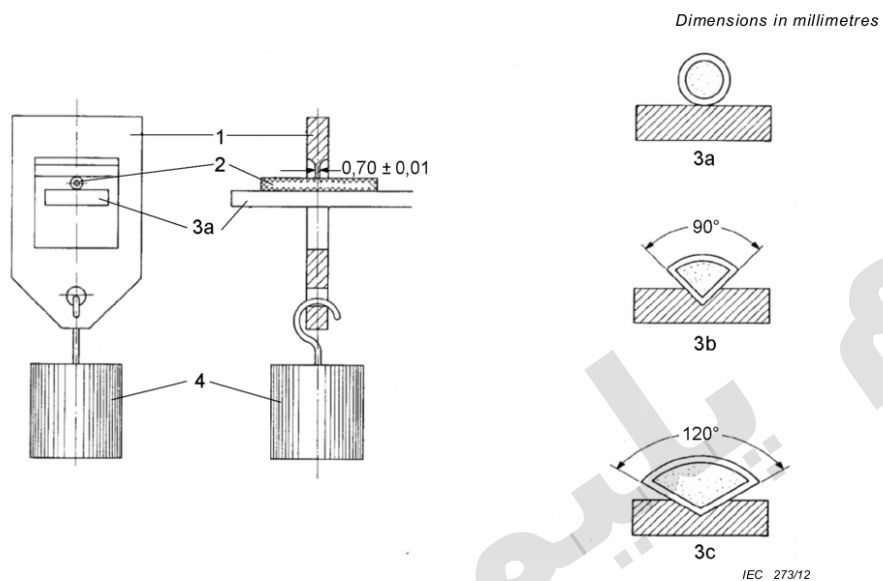
یادداشت: هنگام انجام اندازه‌گیری باید دقت شود، زیرا عواملی مانند نیروهای ترمومکانیکی ممکن است سطح بالایی نمونه را تغییر شکل داده و موقعیت ظاهری نادرستی برای قسمت بالایی فرورفتگی ایجاد کرده باشند؛ همچنین فرورفتگی واقعی ممکن است با مقدار اندازه‌گیری‌شده به‌طور مستقیم در محل فرورفتگی متفاوت باشد. بنابراین، استفاده از مقدار ضخامت اندازه‌گیری‌شده پیش از اعمال فرورفتگی سنج به‌عنوان مقدار مینا ضروری است. اگر مشخص باشد که تغییر شکل رخ داده است، یا درباره نتیجه هرگونه عدم قطعیتی وجود داشته باشد، باید اصلاح مناسب در مقدار فرورفتگی اعمال شود؛ به‌صورت زیر:

- اگر ضخامت اولیه  $\delta$  باشد، اما پس از آزمون ضخامت ظاهری به  $\delta_1$  تبدیل شده باشد، برای محاسبه باید مقدار فرورفتگی اندازه‌گیری‌شده (که آن را  $M$  می‌نامیم) با کسر مقداری برابر با  $\delta_1$

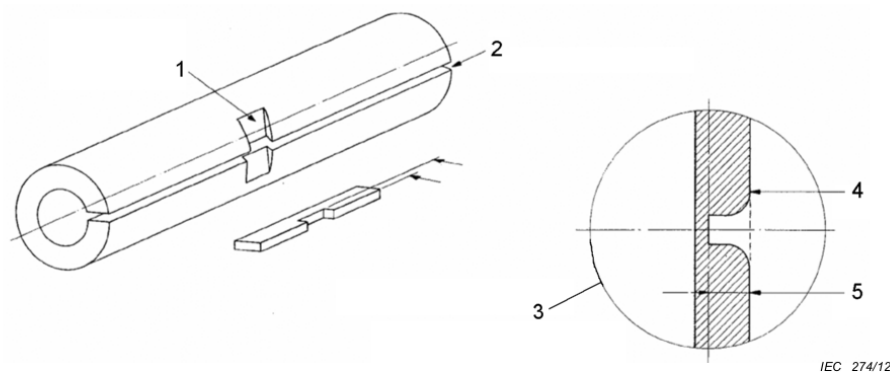
-  $\delta$ ؛

- سپس درصد صحیح فرورفتگی برابر می‌شود با:

$$\frac{M - (\delta_1 - \delta)}{\delta} \times 100$$



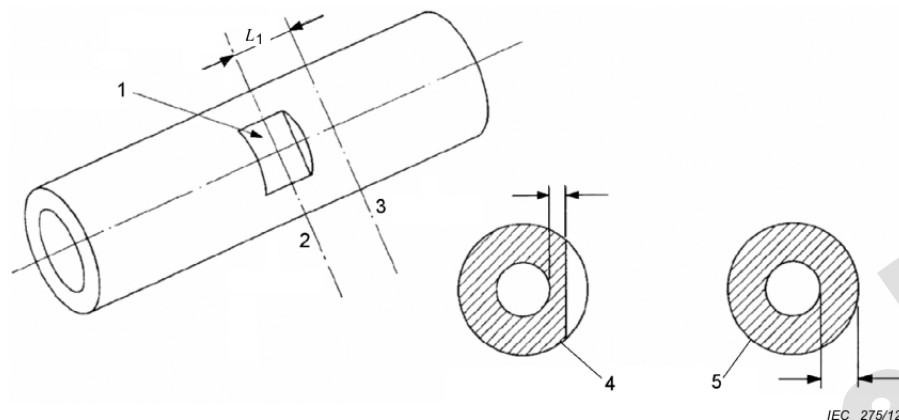
**Figure 1 – Indentation device**



**Key**

- 1 indentation
- 2 thin slice to be cut out
- 3 sectional view of indent under microscope
- 4 cross-wire of the microscope
- 5 depth of Indentation

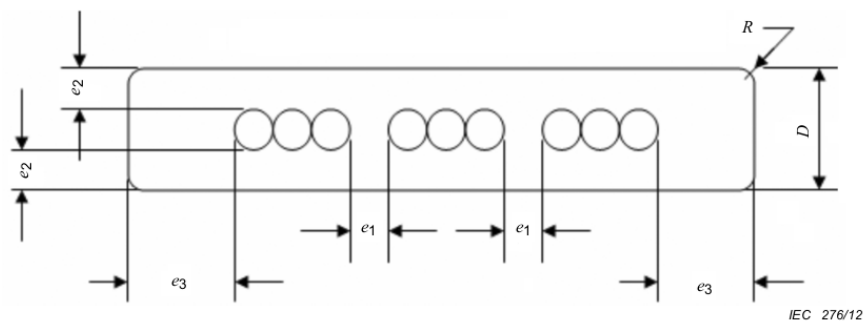
**Figure 2 – Measurement of indentation**



**Key**

- 1 indentation
- 2 section 1
- 3 section 2
- 4 sectional view 1 ("2") under measuring microscope
- 5 sectional view 2 ("3") under measuring microscope
- $L_1$  3 mm to 5 mm

**Figure 3 – Measurement of indentation for small test pieces**

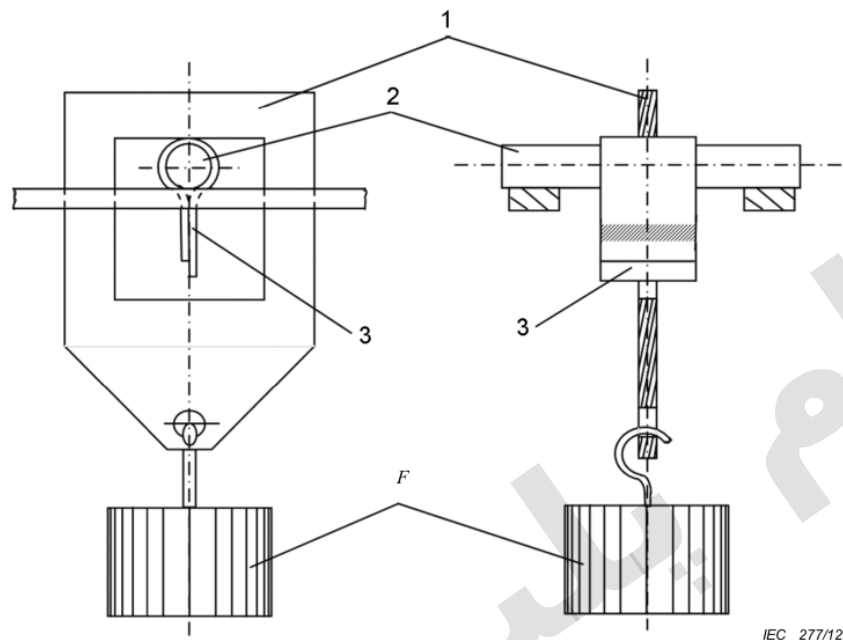


#### Key

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| $e_1$ | distance between core groups |
| $e_2$ | sheath thickness             |
| $e_3$ | mean sheath thickness        |
| $R$   | radius approximately $e_2$   |
| $D$   | minor dimension              |

NOTE Figure 4 shows where to take the samples from the sheath of a flat cable.

**Figure 4 – Flat cable with a flat smaller side**



**Key**

- 1 mandrel blade
- 2 mandrel
- 3 fixed test piece bent around mandrel
- $F$  force

**Figure 5 – Indentation device for flat cables with a flat smaller side**