

۴ روش آزمون

۴.۱ کلیات

این بخش از IEC 60811 باید همراه با IEC 60811-100 استفاده شود.
مگر آنکه خلاف آن مشخص شده باشد، آزمون‌ها باید در دمای اتاق انجام شوند.
بسته به شرایط و محیط‌های کاری سیستم کابل، می‌توان دو روش آزمون را برای مواد به کار برد؛ خلاصه شرایط آزمون در جدول ۱ ارائه شده است:
- برای شرایط کم‌تنش‌تر: روش A؛
- برای شرایط شدیدتر: روش B.
این روش‌های آزمون فقط برای گرانول‌های اولیه مورد استفاده به عنوان مواد روکش به کار می‌روند.

Table 1 – Summary of test conditions and requirements

Conditions and/or requirements	Method A	Method B
Preparation of the test sheets:		
– Temperature °C	165 to 170	
– Force kN	50 to 200	
– Time min	2	
Conditioning of test sheets:		
– Temperature range °C	See ^a	
– Cooling rate K/h	5 ± 2	
Test conditions:		
– Reagent ^b – Concentration %	100	10
– Temperature °C	50,0 ± 0,5	
– Duration (minimum) h	24	48
Requirements:		
– Failure rate Max.	5 test pieces (F 50)	0 test pieces (F 0)
^a Starting temperature varies according to polymer type: - (145 ± 2) °C for low-density polyethylene; - (155 ± 2) °C for medium-density polyethylene; - (165 ± 2) °C for high-density polyethylene. Final temperature (29 ± 1) °C.		
^b Igepal CO-630 or any other reagent having the same chemical composition.		

۴.۲.۲ دستگاه

دستگاه باید شامل اجزای زیر باشد:

(الف) قالب برش تمیز، تیز و بدون آسیب، به همراه پرس برش مناسب برای برش قطعات آزمون با ابعاد $(2,5 \pm 38,0) \text{ mm}$ $(13,0 \pm 0,8) \text{ mm}$ یا سایر تجهیزات مناسب.

(ب) ضخامت سنج عقربه‌ای با سطوح اندازه‌گیری تخت به قطر 4 mm تا 8 mm و فشار اندازه‌گیری 5 N/cm² تا 8 N/cm².
 (ج) تجهیزات ایجاد شیار مطابق شکل ۱، با تیغه‌هایی مطابق شکل ۲.

یادداشت: تیغه از نوع تیغه‌های «Gem» مطابق شکل ۲ ساخته شده است؛ همچنین به پیوست A مراجعه شود.

(د) مجموعه گیره خم‌کاری مطابق شکل ۳، به همراه گیره رومیزی یا وسیله مناسب دیگری که بسته‌شدن متقارن فک‌های گیره را تضمین کند.

(ه) مجموعه ابزار انتقال مطابق شکل ۴، برای انتقال قطعه یا قطعات آزمون خم‌شده از گیره خم‌کاری به کانال برنجی در یک مرحله.

(و) نگهدارنده قطعات آزمون کانال برنجی مطابق شکل ۵، برای جای دادن ده قطعه آزمون خم‌شده.

(ز) لوله‌های آزمایش شیشه‌ای سخت ($L = 200 \text{ mm}$, $\varnothing 32 \text{ mm}$) برای جای دادن نگهدارنده قطعات آزمون کانال برنجی به همراه قطعات آزمون خم‌شده.

لوله‌ها با چوب‌پنبه‌های پیچیده‌شده در فویل آلومینیومی مناسب مسدود می‌شوند (شکل ۶ را ببینید).

(ح) محفظه گرم‌شونده با اندازه و عمق کافی برای پذیرش رک‌هایی که لوله‌های آزمایش پرشده را نگه می‌دارند (شکل ۶ را ببینید). دما باید با استفاده از تجهیزات مناسب در $50 \pm 0,5^\circ \text{C}$ ثابت نگه داشته شود و ظرفیت حرارتی باید به اندازه‌ای زیاد باشد که حتی هنگام واردکردن لوله‌های آزمایش، دما از 49°C کمتر نشود.

۴.۲.۳ آماده‌سازی قطعات آزمون

با استفاده از قالب برش و پرس برش مطابق بند ۴.۲.۲ (الف) یا سایر تجهیزات مناسب، ده قطعه آزمون مطابق جدول ۲ و شکل ۷ باید از ورق آزمون، در فاصله بیش از 25 mm از لبه‌های ورق، بریده شوند. ورق باید مطابق پیوست A آماده شده باشد، به گونه‌ای که ناحیه بین سوراخ‌ها پس از جداکردن قطعات آزمون، هنگام جابه‌جایی آسیب نبیند.

ضخامت قطعات آزمون که با استفاده از ضخامت‌سنج عقربه‌ای مطابق بند ۴.۲.۲ (ب) تعیین می‌شود، باید مطابق جدول ۲ و شکل ۷ باشد. قطعات آزمون باید با لبه‌های گونیا بریده شوند. لبه‌های پخ‌دار ممکن است به نتایج نادرست منجر شوند.

Table 2 – Notched test pieces size according to polyethylene density

Density of PE-sheathing compounds ^a	<i>A</i> mm	<i>B</i> mm	<i>C</i> mm	<i>D</i> ^b mm
≤0,940 g/cm ³	38,0 ± 2,5	13,0 ± 0,8	3,00 to 3,30	0,50 to 0,65
>0,940 g/cm ³	38,0 ± 2,5	13,0 ± 0,8	1,75 to 2,0	0,30 to 0,40
^a The density is for the unfilled resin, according to Clause 5 of IEC 60811-100:2012.				
^b The depth <i>D</i> shall be uniform along its length.				

۴.۲.۴ روش آزمون
هر یک از قطعات آزمون باید اندکی پیش از قرارگرفتن در معرف، با استفاده از تجهیزات ایجاد شیار مطابق بند ۴.۲.۲ ج)، دارای یک شیار شود (شکل ۷ را ببینید). تیغه نباید کند یا آسیب دیده باشد و بنابراین باید در صورت نیاز تعویض شود. حتی در شرایط مطلوب، تیغه نباید برای ایجاد بیش از 100 شیار استفاده شود.

سپس ده قطعه آزمون، در حالی که شیار آن‌ها رو به بالا است، در گیره خم کاری مطابق بند ۴.۲.۲ د) قرار داده می‌شوند. گیره باید به وسیله گیره رومیزی یا پرس ستونی موتوردار، با سرعت ثابت، به مدت 30 s تا 35 s بسته بماند.

قطعات آزمون خم شده باید با استفاده از ابزار انتقال مطابق بند ۴.۲.۲ ه)، از گیره خم کاری برداشته و در کانال برنجی مطابق بند ۴.۲.۲ و) قرار داده شوند. اگر برخی قطعات آزمون بیش از حد بالا آمده باشند، باید با فشار دستی به سمت پایین رانده شوند.

نگهدارنده باید 5 min تا 10 min پس از خم شدن قطعات آزمون، درون لوله‌ای مطابق بند ۴.۲.۲ ز) قرار داده شود. لوله آزمایش باید با معرف مناسب مطابق بند ۴.۲.۱ پر شود تا تمام قطعات آزمون با مایع پوشانده شوند و سپس با چوب‌پنبه بسته شود. لوله آزمایش پر شده باید بلافاصله در رک داخل محفظه گرم‌شونده مطابق بند ۴.۲.۲ ح)، به مدت 24 h قرار داده شود. باید دقت شود که قطعات آزمون در طول آزمون با لوله آزمایش تماس پیدا نکنند. زمان قرارگرفتن در محفظه گرم‌شونده باید ثبت شود.

۴.۲.۵ ارزیابی نتایج

به طور کلی، ترک خوردگی تنشی از شیار آغاز شده و در راستای عمود بر آن پیشروی می کند. نخستین نشانه ترک، هنگام بررسی با دید عادی یا اصلاح شده و بدون بزرگ نمایی، به عنوان مردود شدن قطعه آزمون تلقی می شود.

پس از 24 h، در محفظه گرم شونده نباید بیش از پنج قطعه آزمون مردود شده باشند. اگر شش قطعه آزمون مردود شوند، آزمون باید ناموفق تلقی شود. آزمون را می توان یک بار با استفاده از ده قطعه آزمون از یک ورق آزمون جدید تکرار کرد؛ در این حالت نیز نباید بیش از پنج قطعه آزمون مردود شوند.

۴.۳ روش B

۴.۳.۱ معرف

معرف، محلول 10 % حجمی Igepal CO-630 (Antarox CO-630) در آب یا هر معرف دیگری با ترکیب شیمیایی یکسان است (یادداشت های ۱، ۲ و ۳ زیر و پیوست B را ببینید).

یادداشت ۱: معرف نباید بیش از یک بار استفاده شود.

یادداشت ۲: در صورت مشاهده زمان های شکست غیرمنتظره کوتاه، باید مقدار آب موجود در معرف بررسی شود؛ زیرا افزایش اندک مقدار آب فراتر از حداکثر مشخص شده 1 %، موجب افزایش قابل توجه فعالیت معرف خواهد شد.

یادداشت ۳: محلول آبی Igepal CO-630 یا ماده مشابه باید با هم زدن پارویی مخلوط در دمای 60 °C تا 70 °C، حداقل به مدت 1 h، تهیه شود. محلول باید حداکثر تا یک هفته پس از آماده سازی مصرف شود.

۴.۳.۲ دستگاه

به بند ۴.۲.۲ مراجعه شود.

۴.۳.۳ آماده سازی قطعات آزمون

به بند ۴.۲.۳ مراجعه شود.

۴.۳.۴ روش آزمون

روش آزمون شرح داده شده در بند ۴.۲.۴ را دنبال کنید؛ با این تفاوت که لوله آزمایش باید با معرف مطابق بند ۴.۳.۱ پر شود تا تمام قطعات آزمون با مایع پوشانده شوند و سپس با چوب پنبه بسته شود.

لوله آزمایش پر شده باید بلافاصله در رک داخل محفظه گرم‌شونده مطابق بند ۴.۲.۲ ح)، به مدت 48 h قرار داده شود. باید دقت شود که قطعات آزمون در طول آزمون با لوله آزمایش تماس پیدا نکنند. زمان قرارگرفتن در محفظه گرم‌شونده باید ثبت شود.

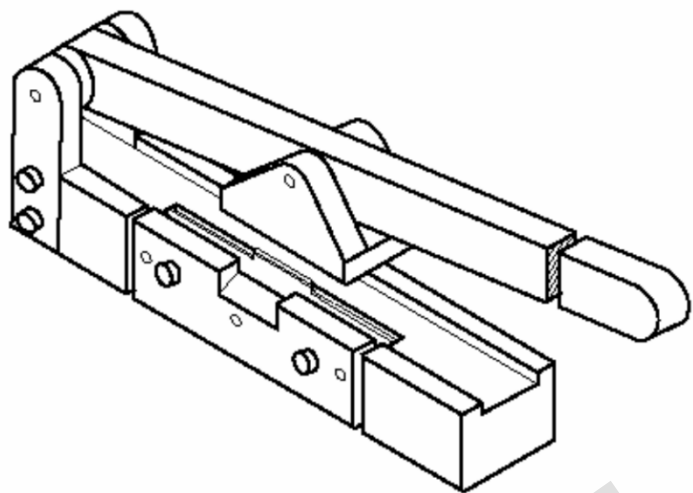
۴.۳.۵ ارزیابی نتایج

به‌طور کلی، ترک‌خوردگی تنش‌ی از شیار آغاز شده و در راستای عمود بر آن پیشروی می‌کند. نخستین نشانه ترک، هنگام بررسی با دید عادی یا اصلاح‌شده و بدون بزرگ‌نمایی، به‌عنوان مردودشدن قطعه آزمون تلقی می‌شود.

پس از 48 h در محفظه گرم‌شونده، هیچ‌یک از قطعات آزمون نباید مردود شده باشند. اگر یک قطعه آزمون مردود شود، آزمون باید ناموفق تلقی شود. آزمون را می‌توان یک‌بار با استفاده از ده قطعه آزمون از یک ورق جدید تکرار کرد و در این حالت نیز هیچ قطعه آزمونی نباید مردود شود.

۵ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید مطابق گزارش ارائه‌شده در IEC 60811-100 باشد.



IEC 621/04

Figure 1 – Notching device

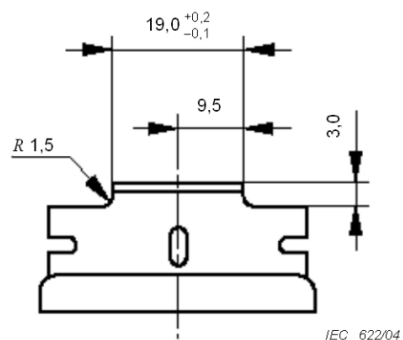
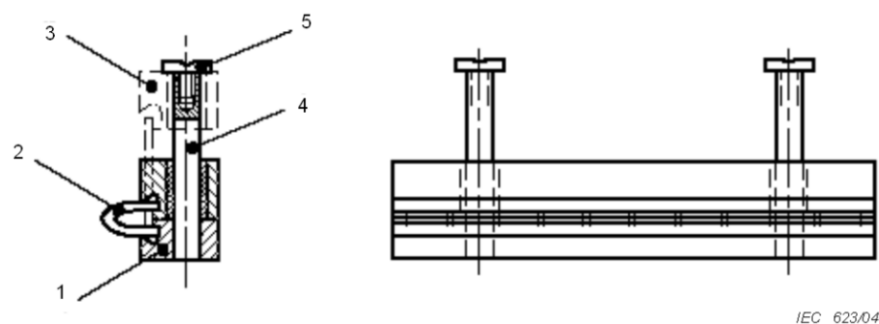


Figure 2 – Blade



Key

- | | |
|---------------------|-------------|
| 1 rear clamp | 4 guide bar |
| 2 insert test piece | 5 screw |
| 3 front clamp | |

Figure 3 – Bend clamp assembly

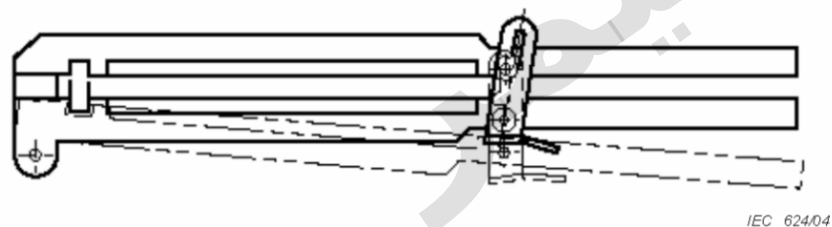
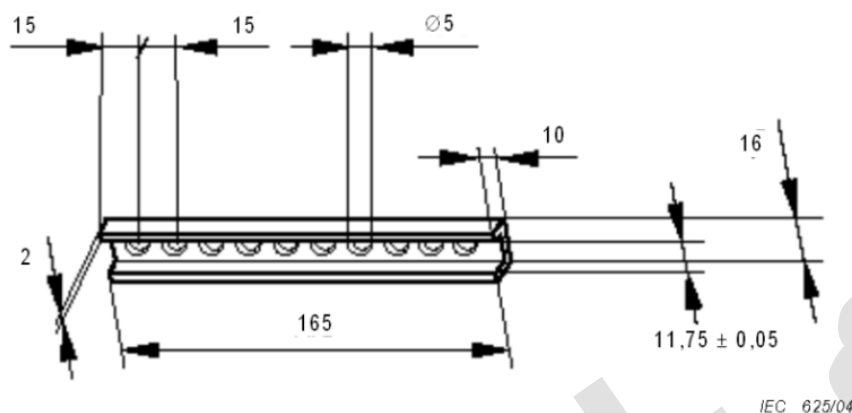


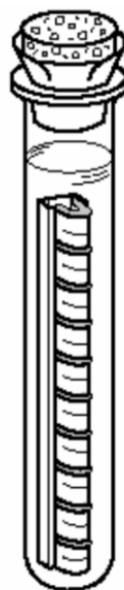
Figure 4 – Transfer tool assembly

Dimensions in millimetres



NOTE The dimension (11,75 ± 0,05) mm is the channel internal width.

Figure 5 – Brass channel test piece holder



IEC 626/04

Figure 6 – Test tube with inserted brass channel test piece holder as in 4.2.2 h)), containing ten test pieces

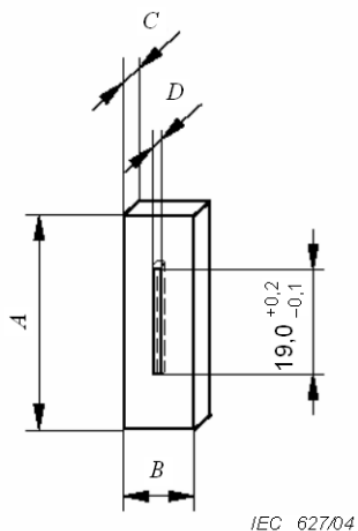


Figure 7 – Notched test pieces

پیوست A

آماده سازی ورق آزمون

A.1 دستگاه

دستگاه باید شامل اجزای زیر باشد:

(الف) پرس گرم شونده برای تولید ورق های آزمون قالب گیری شده، با صفحات پرس بزرگ تر از صفحات پشتیبان.

(ب) دو صفحه پشتیبان فلزی صلب با ضخامت $(0,5 \pm 6,0)$ mm و مساحت تقریبی $200 \text{ mm} \times 230 \text{ mm}$ ؛ در هر صفحه از یک لبه سوراخی ایجاد شده باشد تا حسگر دما در فاصله حداکثر 5 mm از مرکز صفحه قرار گیرد.

- (ج) دو ورق جداکننده با ابعاد تقریبی 200 mm × 230 mm، برای مثال فویل آلومینیومی با ضخامت 0,1 mm تا 0,2 mm.
(د) قالب‌های مناسب برای تولید ورق‌های آزمون با ابعاد (3,3 ± 0,1) mm × 150 mm × 180 mm و گوشه‌های داخلی گرد با شعاع 3 mm.
(ه) آون هوای گرم‌شونده الکتریکی با گردش هوای اجباری و دستگاه برنامه‌ریزی که دما را با نرخ (0,5 ± 5,0) K/h کاهش دهد.

A.2 آماده‌سازی ورق‌های آزمون

برای آماده‌سازی آزمون، یک فویل جداکننده تمیز مطابق بند A.1 (ج) باید روی صفحه پشتیبان مطابق بند A.1 (ب) و قالب مطابق بند A.1 (د) قرار داده شود. قالب باید با (90 ± 1) g گرانول یا ماده آسیاب‌شده پر شود تا لایه‌ای یکنواخت تشکیل دهد؛ سپس فویل جداکننده دوم و بعد صفحه پشتیبان دوم روی آن قرار داده شوند. نباید از عامل رهاساز استفاده شود. مجموعه قالب باید در پرس قالب‌گیری مطابق بند A.1 (الف) که از پیش تا 170 °C گرم شده است، قرار گیرد و پرس با نیروی ≥ 1 kN بسته شود. هنگامی که دما، طبق اندازه‌گیری حسگرهای موجود در صفحه پشتیبان، به 165 °C تا 170 °C رسید، نیروی کامل در محدوده 50 kN تا 200 kN باید به‌وسیله پرس به قالب اعمال شود و این نیرو به مدت 2 min حفظ گردد؛ در این مدت حسگرها باید همچنان مقادیر 165 °C تا 170 °C را نشان دهند. پس از پایان مرحله اعمال نیروی کامل، گرم‌کردن مجموعه قالب باید یا با خارج‌کردن آن از پرس یا با خنک‌کاری سریع درون پرس، تحت نیروی کامل، متوقف شود.

A.3 آماده‌سازی ورق‌های آزمون برای آزمون

شرایط آماده‌سازی ورق‌های آزمون باید بین طرف‌های ذی‌نفع توافق شود، زیرا این شرایط ممکن است تأثیر قابل‌توجهی بر نتایج آزمون داشته باشد. اگر چنین توافقی وجود نداشته باشد، عملیات ارائه‌شده در این بند باید به‌عنوان عملیات مرجع استفاده شود. پس از برداشتن صفحات پشتیبان، بدون جابه‌جا کردن فویل جداکننده، ورق آزمون قالب‌گیری‌شده باید در آون مطابق بند A.1 (ه) قرار داده شود، به‌گونه‌ای که گردش آزاد هوا در اطراف آن امکان‌پذیر باشد. قطعه قالب‌گیری‌شده باید به‌خوبی روی سطوح افقی رسانای حرارتی نگه داشته شود و تماس مناسبی بین فویل‌های جداکننده و پلی‌اتیلن حفظ گردد. سپس دما، که در فاصله‌ای حداکثر 5 mm بالاتر از مرکز سطح افقی ورق قالب‌گیری‌شده اندازه‌گیری می‌شود، باید به شرح زیر کنترل شود:

دمای آزمون آون باید به مدت 1 h برای پلی‌اتیلن با چگالی کم در 145 ± 2 °C، برای پلی‌اتیلن با چگالی متوسط در 155 ± 2 °C و برای پلی‌اتیلن

با چگالی زیاد در $165^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ حفظ شود. خنک کاری باید با نرخ $(2 \pm 5) \text{ K/h}$ تا رسیدن دما به $29^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ انجام شود. همچنین خنک کردن ورق های آزمون قالب گیری شده درون پرس مجاز است. نرخ واقعی خنک کاری باید به وسیله ثبت کننده نموداری ثبت شود.

A.4 بررسی چشمی ورق های آزمون
ورق باید سطحی صاف داشته باشد و نباید شامل هیچ گونه حباب، برآمدگی یا فرورفتگی ناشی از جمع شدگی باشد، مگر در فاصله 10 mm از لبه.



دستگاه آزمون ESCR مطابق IEC 60811-406

- مطابق ASTM IEC 60811-406
- تایمر دیجیتال
- کنترل کننده دمای PID
- سیستم گردش آب
- نگهدارنده نمونه برنجی (کانال های برنجی)، 10 عدد (طبق درخواست مشتری)
- لوله شیشه ای، 10 عدد (طبق درخواست مشتری)
- پانچ برش نمونه
- پرس ایجاد شیار نمونه
- گیره خم کاری نمونه
- ابزار انتقال
- سیستم گردش دما برای یکنواختی دما درون حمام
- تفکیک پذیری نمایشگر دما 0.1C

[ESCR Test Method According to ASTM D 1693](#)

<https://ahp-makina.com/shop/environmental-stress-cracking--tester-escr/>