

آزمون کشش چرخه‌ای با دامنه بار ثابت، در شرایط آزمون مناسب و در محدوده تنش‌ی که در آن SCG حاصل می‌شود، بر روی یک نمونه آزمون استوانه‌ای اعمال می‌گردد. برای ایجاد شروع ترک و پیشروی ترک آهسته (SCG) تا شکست نهایی نمونه آزمون، یک شیار محیطی در مرکز نمونه آزمون ایجاد می‌شود. تعداد چرخه‌ها تا شکست نهایی، N_f ، به عنوان تابعی از دامنه تنش، $\Delta\sigma_0$ ، در طول اولیه ترک، a_{ini} ، ثبت می‌شود. هندسه نمونه آزمون به دلیل قیدشدگی زیاد و تغییر شکل‌های پلاستیک کم در امتداد نوک ترک، موجب شروع سریع ترک و کوتاه شدن زمان آزمون می‌شود.

سیستم اعمال بار باید قادر باشد بار چرخه‌ای را که با زمان بین حدود دقیقاً تعریف شده تغییر می‌کند، با یک شکل موج مشخص اعمال و ثبت کند (حالت کنترل بار). دستگاه‌های آزمون سروو هیدرولیکی

با کنترل الکترونیکی عموماً برای این منظور مناسب هستند. باین حال، دستگاه‌های دارای محرک مکانیکی نیز در صورت برآورده کردن الزامات، قابل استفاده هستند.

بار چرخه‌ای باید از یک شکل موج سینوسی پیروی کند که با بیشینه بار، F_{max} ، و نسبت بار، R ، مشخص می‌شود. مقادیر بیشینه و کمینه بارگذاری باید در تمام مدت آزمون با دقت $\pm 1\%$ ثابت بمانند.

5.1.2 فرکانس چرخه بار

-فرکانس چرخه بار (فرکانس آزمون)، f ، نباید از 10 Hz با دقت 1 % بیشتر باشد. گرم شدن هیستریزیسی در فرکانس 10 Hz معمولاً تأثیر قابل توجهی بر N_f ندارد. [2] در صورت مشکوک بودن به گرم شدن هیستریزیسی غیرعادی در نوک ترک، فرکانس باید با دقت 1 % به 5 Hz یا 1 Hz کاهش یابد.

5.1.3 گیره ها

دستگاه باید به گیره های مناسب برای بستن نمونه های آزمون استوانه ای مجهز باشد. باید اطمینان حاصل شود که توزیع بار با محور نمونه آزمون هم راستا است.

5.1.4 محفظه دما

برای آزمون در دماهایی غیر از $(23 \pm 2)^\circ C$ ، دستگاه آزمون باید به محفظه مناسبی مجهز باشد که محیط را دربرگیرد و غوطه وری کامل نمونه آزمون را تضمین کند. محفظه باید از موادی ساخته شود که بر محیط تأثیر نگذارند و تحت تأثیر آن نیز قرار نگیرند. دمای محیط باید به گونه ای کنترل شود که دمای نمونه های آزمون در محدوده $\pm 2^\circ C$ دمای مشخص شده حفظ شود.

5.2 میکروسکوپ

برای اندازه گیری طول اولیه ترک پس از پایان آزمون های چرخه ای، باید از میکروسکوپ یا دستگاه معادل آن با دقت 0,01 mm استفاده شود.

5.3 تجهیزات ایجاد شیار

دستگاه مورد استفاده باید قادر باشد شیاری بسیار تیز، با عمق دقیقاً تعریف شده، در محیط نمونه آزمون استوانه ای ایجاد کند. شعاع نوک شیار ایجاد شده باید کمتر از 10 μm باشد. تیغ های ریش تراشی معمولاً این الزام را برآورده می کنند. برای این منظور می توان از دستگاه تراش معمولی و ابزار تیغ

ریش تراشی استفاده کرد. باید از خم شدن تیغ جلوگیری شود و ایجاد شیار عمود بر محور نمونه آزمون تضمین گردد.

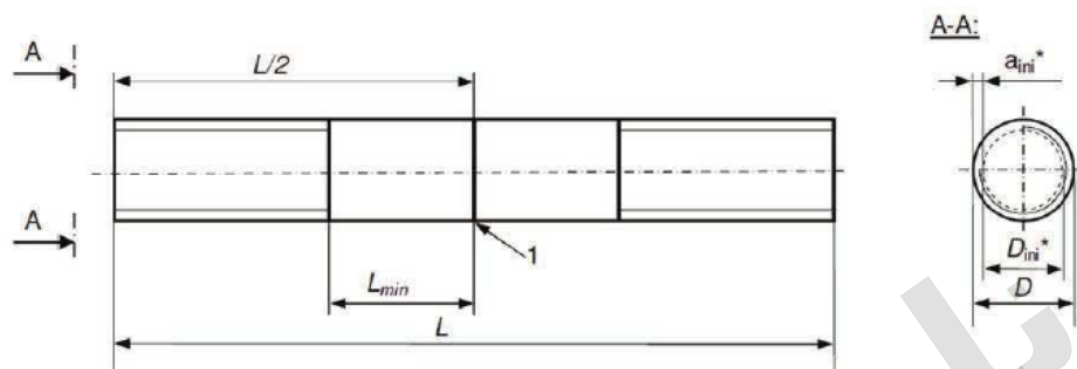
6. نمونه آزمون

5.1 هندسه و ابعاد نمونه آزمون

پیکربندی نمونه آزمون میله گرد ترک دار (CRB) در شکل 1 نشان داده شده است. یک میله استوانه‌ای با طول L و قطر D ، با یک شیار محیطی بسیار تیز حاصل از تیغ ریش تراشی، به عمق a_{ini} (طول هدف ترک اولیه)، در وسط نمونه آزمون آماده می‌شود؛ به این ترتیب قطر هدف لیگامان اولیه، D_{ini} ، ایجاد می‌گردد.

ابعاد ترجیحی نمونه آزمون شامل L از 80 mm تا 100 mm و D برابر 14 mm است. ترک اولیه باید عمود بر محور نمونه آزمون و با طول هدف a_{ini} برابر (0,0- / 0,15 + 1,50) mm باشد. برای جلوگیری از اثرات گیره در نوک ترک، فاصله شیار، L_{min} ، باید حداقل 20 mm از گیره‌ها باشد. برای تسهیل بستن نمونه آزمون، می‌توان آن را، برای مثال، با رزوه ریز متریک $M 14 \times 1,0$ ساخت.

یادداشت: می‌توان از ابعاد جایگزین استفاده کرد، اما نتایج باید به جای دامنه تنش، بر اساس دامنه ضریب شدت تنش مقایسه شوند (پیوست A را ببینید).



Key

- L specimen length
- L_{min} minimum distance between notch and clamping system
- a_{ini}^* target initial crack length
- D_{ini}^* target initial ligament diameter
- D specimen diameter
- 1 razor-sharp notch

Figure 1 — Principal configuration of CRB test specimen with optional metric fine thread

5.2 آماده سازی نمونه آزمون

نمونه‌های آزمون را می‌توان از ورق‌های قالب‌گیری شده به روش فشاری یا از لوله‌ها یا اتصالات تهیه کرد. شرایط قالب‌گیری فشاری نمونه‌های آزمون در جدول 1 ارائه شده است. استفاده از شرایط قالب‌گیری متفاوت ممکن است بر نتایج تأثیر بگذارد. نمونه‌های آزمون باید مطابق ISO 2818 ماشین‌کاری شوند.

Table 1 — Conditions for compression moulding of test specimens

Thickness mm	Moulding temperature °C	Average cooling rate ^a °C/min	Preheating time ^b Min	Full pressure MPa	Full- pressure time Min
<10	180	15 ± 2	20	5	10
10 to 16	180	2 ± 0,5	45	10	25
^a Demoulding temperature, <40 °C.					
^b Preheating pressure contact pressure.					

6.3؛ ایجاد شیار در نمونه آزمون

نمونه‌های آزمون باید در دمای محیط (23 ± 2) °C و با استفاده از تجهیزات ایجاد شیار مطابق 5.3 شیاردار شوند. برای جلوگیری از گرم شدن اصطکاکی که ممکن است به آسیب نوک شیار، مانند کندشدگی و ایجاد تنش‌های پسماند، منجر شود، سرعت محرک و پیشروی به اندازه کافی کم انتخاب شود. مقادیر مناسب برای ایجاد شیار در نمونه آزمون، سرعت محرک 80 rpm تا 100 rpm و پیشروی تیغ ریش‌تراشی تقریباً

0,03 mm/rotation است. باید به عمود بودن شیار نسبت به محور نمونه آزمون توجه ویژه‌ای شود. هر تیغ ریش‌تراشی نباید برای بیش از 10 شیار استفاده شود.

7؛ روش آزمون

6.1؛ اندازه‌گیری ابعاد نمونه آزمون

پیش از آزمون، قطر D باید در هر دو طرف شیار، در فاصله 1 mm تا 2 mm از شیار، با دقت حداقل 0,1 mm ثبت شود. باید میانگین دو اندازه‌گیری

محاسبه شود. از اندازه‌گیری مستقیم قطر در محل شیار باید اجتناب شود.

7.2; نصب نمونه آزمون

7.3; اتمسفر آزمون

نمونه آزمون، بسته به سیستم گیره‌بندی، باید بدون ایجاد نیروهای اضافی در دستگاه آزمون نصب شود. باید از خم شدن یا پیچش نمونه آزمون جلوگیری شود. فاصله گیره‌ها تا شیار باید دارای طول کافی، (L_{min} مطابق شکل 1)، باشد تا از هرگونه اثر گیره در نوک ترک جلوگیری شود.

آزمون ترجیحاً در شرایط 23/50، کلاس 2، مطابق ISO 291 انجام می‌شود؛ مگر آنکه در استاندارد ارجاع شده به گونه دیگری مشخص شده باشد. در صورت آزمون در دماهای بالا، نمونه آزمون بدون بار باید پس از نصب در دستگاه آزمون، حداقل به مدت 2 h در دمای آزمون شرطی‌سازی شود.

7.4; محاسبه بار آزمون

- بارهای آزمون باید موجب شکست ترد بر اثر رشد آهسته ترک شوند و نمونه‌هایی که عمدتاً به صورت شکل‌پذیر شکست می‌خورند باید حذف شوند (شکل 3 را ببینید). نمونه‌ها باید با نسبت بار R برابر 0,1 و در سطوح مختلف دامنه تنش هدف $\Delta\sigma_0^*$ ، بین 10,5 MPa و 13,5 MPa، بسته به چگالی پلی‌اتیلن پایه و مطابق جدول 2[3]، آزمون شوند؛ مگر آنکه در استاندارد ارجاع شده به گونه دیگری مشخص شده باشد. باید از دامنه تنش هدف $\Delta\sigma_0^*$ بالاتر از 13,5 MPa اجتناب شود، زیرا ممکن است به شکست شکل‌پذیر منجر شود.

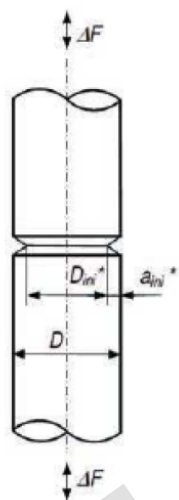
Table 2 — Typical stress ranges for cyclic CRB tests

Density of base polymer	Target stress range
ρ kg/m ³	$\Delta\sigma_0^*$ MPa
≤ 945	10,5 to 12,5
> 945	11,5 to 13,5

مقایسه مواد مختلف فقط برای هندسه نمونه آزمون و پارامترهای آزمون یکسان مجاز است. اگر نمونه‌های CRB با قطرهای متفاوت از 14 mm آزمون شوند، مقایسه نتایج باید با استفاده از دامنه ضریب شدت تنش (ΔKI) مطابق شرح پیوست A انجام شود.

برای هر یک از دامنه‌های تنش هدف اعمال شده $\Delta\sigma_0^*$ ، باید حداقل چهار نمونه آزمون شود؛ این دامنه‌ها باید به‌طور منظم در محدوده بار مشخص‌شده فوق توزیع شوند. در صورت آزمون یک ماده ناشناخته، انجام آزمون‌های مقدماتی برای اطمینان از وقوع شکست بر اثر رشد آهسته ترک و عدم بروز رفتار شکل‌پذیر توصیه می‌شود. محاسبه بیشینه بار F_{max} و کمینه بار F_{min} باید مطابق شکل 2 و فرمول‌های (1) تا (3) انجام شود.

برای مشخصات محصول، باید امکان تعیین یک الزام آزمون تک‌نقطه‌ای با استفاده از یک دامنه بار وجود داشته باشد.



Key

- ΔF load range
- a_{ini}^* target initial crack length
- D_{ini}^* target initial ligament diameter
- D specimen diameter

Figure 2 — Calculation of F_{max} and F_{min} for cyclic CRB test

$$\Delta F = F_{\max} - F_{\min} \quad (1)$$

$$F_{\max} = \frac{D_{ini}^2 \cdot \pi \cdot \Delta \sigma^*}{4 - (1 - R)} \quad (2)$$

$$F_{\min} = F_{\max} \cdot R \quad (3)$$

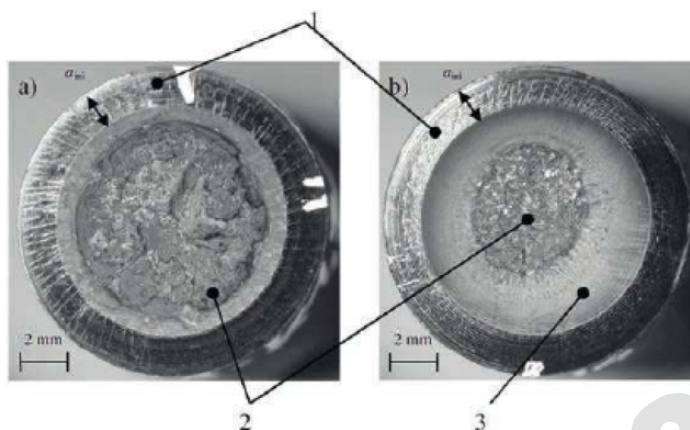
6.5 اعمال بار

پس از نصب و شرطی‌سازی نمونه آزمون، بار چرخه‌ای باید بلافاصله با فرکانس چرخه بار تعریف‌شده اعمال شود، بدون آنکه از بیشینه بار $F_{\max}$ تجاوز کند. باید از بارگذاری استاتیکی پیش از آزمون اجتناب شود، زیرا ممکن است در نوک شیار قطعه آزمون موجب خزش شود. هم‌زمان با اعمال بار، شمارنده چرخه بار باید برای گردآوری داده‌ها فعال شود. بار چرخه‌ای باید به‌صورت پیوسته اعمال و ثبت شود تا زمانی که قطعه آزمون دچار شکست شود.

7.6 اندازه‌گیری عمق شیار

تعیین دقیق عمق شیار تیغ ریش‌تراشی در نمونه‌های آزمون بدون بار، پیش از آزمون دشوار است؛ بنابراین طول اولیه ترک، a_{ini} ، باید پس از پایان آزمون چرخه‌ای و با تحلیل سطح شکست ایجادشده اندازه‌گیری شود. بافت‌های متفاوت سطح معمولاً امکان تشخیص واضح میان شیار ایجادشده با تیغ ریش‌تراشی و ترک خستگی آغازشده از شیار را فراهم می‌کنند (شکل 3 را ببینید). برای این منظور، باید از میکروسکوپ مطابق 5.2 یا دستگاهی معادل استفاده شود.

برای ارزیابی نتایج، فقط نمونه‌هایی با شکست عمدتاً ترد باید در نظر گرفته شوند. شکل 3 تصاویر میکروسکوپی معمول از سطوح شکست نمونه‌های CRB را پس از آزمون نشان می‌دهد. در هر دو تصویر، سطح نسبتاً صاف و حلقه‌ای ناشی از شیار اولیه، aini، که حاصل ایجاد شیار در نمونه آزمون با تیغ ریش‌تراشی است، قابل تشخیص است. ساختار زیر سطح ناحیه شکست شکل‌پذیر [شکل 3 الف)] با ناحیه شکست ترد [شکل 3 ب)] تفاوت چشمگیری دارد. در حالت دوم، سطحی نسبتاً صاف و معمول شکست ترد، بر اثر رشد آهسته ترک ایجاد شده است که در قطر کوچک لیگامان به شکست شکل‌پذیر تبدیل می‌شود. نمونه‌ای که فقط شکست شکل‌پذیر داشته است [شکل 3 الف)] در سطوح تنش بیش‌ازحد بالا آزمون شده و باید از ارزیابی داده‌ها حذف شود.



Key

- 1 razor blade notch
- 2 area with ductile failure
- 3 area with brittle failure

Figure 3 — Typical fracture surfaces of CRB specimens after testing

برای تعیین دامنه تنش $\Delta\sigma_0$ ، باید با استفاده از فرمول (4)، محاسبه‌ای برای تصحیح دامنه تنش هدف $\Delta\sigma_0^*$ با طول a_{ini} که در سطح شکست اندازه‌گیری شده است، انجام شود.

$$\Delta\sigma_0 = \frac{4 \cdot \Delta F}{(D - 2a_{ini})^2 \cdot \pi} \quad (4)$$

تعداد چرخه‌های شکست N_f ، به عنوان تابعی از دامنه تنش اعمال شده $\Delta\sigma_0$ ، باید در یک نمودار دو لگاریتمی (log-log) نمایش داده شود. در این نمودار، منحنی شکست باید با دقتی در محدوده حداقل 98% فاصله اطمینان، دارای همبستگی خطی باشد. اگر همبستگی خطی واضحی مشاهده نشود، باید آزمون‌های اضافی با $\Delta\sigma_0$ مناسب انجام شوند. نمودار همچنین باید شامل اطلاعات مربوط به پیکربندی نمونه آزمون، دمای آزمون، فرکانس چرخه بار و نسبت R باشد. نمونه‌ای از نمودار $\Delta\sigma_0$ در برابر N_f در شکل 4 ارائه شده است.

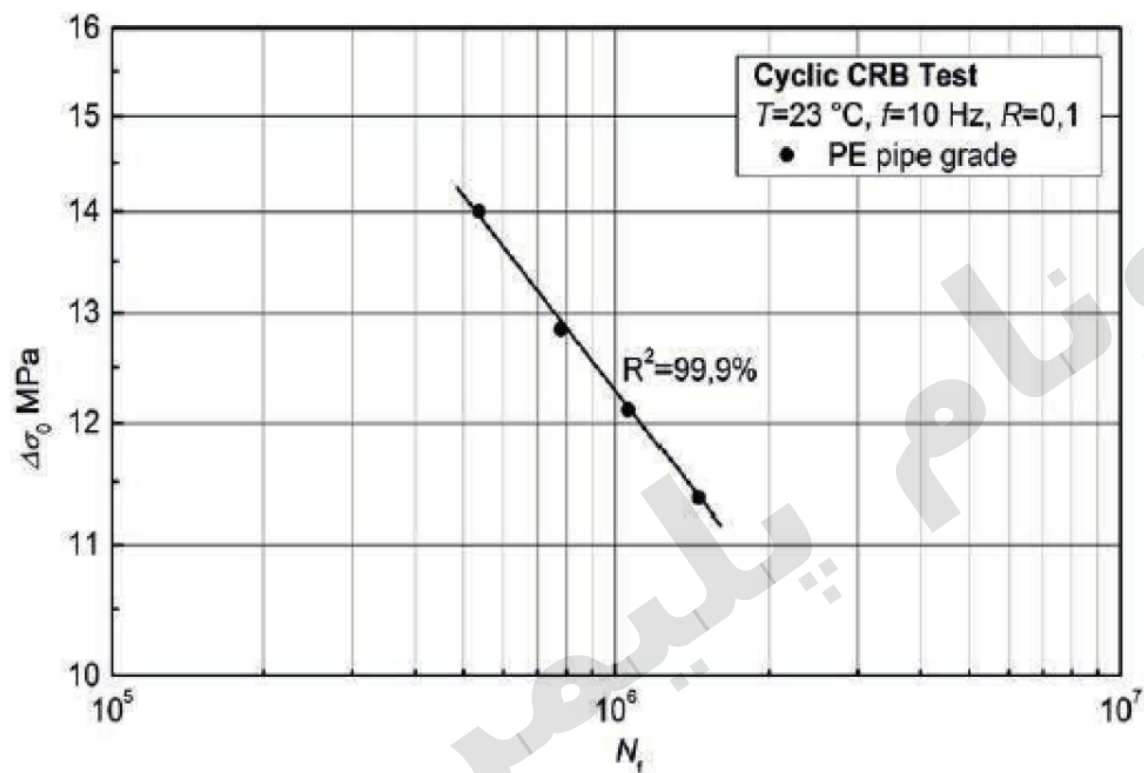


Figure 4 — Example of a diagram of $\Delta\sigma_0$ versus N_f

9 گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

a) ارجاع به این استاندارد بین‌المللی، یعنی ISO 18489:2015؛

b) نام آزمایشگاه آزمون و شخص یا اشخاص انجام‌دهنده؛

c) جزئیات مرتبط برای شناسایی کامل ماده یا محصول مورد آزمون (برای مثال، پلیمر پایه PE یا

ترکیب، نوع محصول، سازنده، تاریخ تولید) و هر نمونه آزمون؛

d) جزئیات آماده‌سازی نمونه آزمون (برای مثال، برش و ابعاد)؛

e) جزئیات روش ایجاد شیار و شرطی‌سازی نمونه آزمون؛

f) جزئیات تجهیزات آزمون؛

g) اتمسفر آزمون؛

h) متغیرهای بارگذاری نمونه آزمون، شامل $\Delta\sigma_0$ ، σ_{max} ، R، Nf، f و شکل موج چرخه؛

i) عمق شیار، a_{ini} ، اندازه‌گیری‌شده در سطح شکست؛

z) تصویر سطوح شکست نمونه CRB پس از آزمون؛

k) نمودار $\Delta\sigma_0$ در برابر N_f ؛

l) جزئیات هرگونه انحراف از روش مشخص شده در این دستورالعمل آزمون که ممکن است بر نتایج تأثیر بگذارد، مانند رخدادهای یا هر عملیات مشخص نشده؛

m) تاریخ شروع و پایان آزمون.

بایید محاسبه نمونه را مطابق استاندارد فوق بررسی کنیم:

deltasigma(MPa)	R	Dini(mm)	aini(mm)	D(mm)	Fmax(N)	Fmin(N)
13.5	0.1	11	1.5	14	1654.6	165.5
10.5	0.1	11	1.5	14	1286.9	128.7

$$\Delta F = F_{\max} - F_{\min}$$

$$F_{\max} = \frac{D_{\text{ini}}^2 \cdot \pi \cdot \Delta \sigma^*}{4 \cdot (1 - R)}$$

$$F_{\min} = F_{\max} \cdot R$$

Table 2 — Typical stress ranges for cyclic CRB tests

Density of base polymer	Target stress range
ρ kg/m ³	$\Delta \sigma_0^*$ MPa
≤ 945	10,5 to 12,5
> 945	11,5 to 13,5

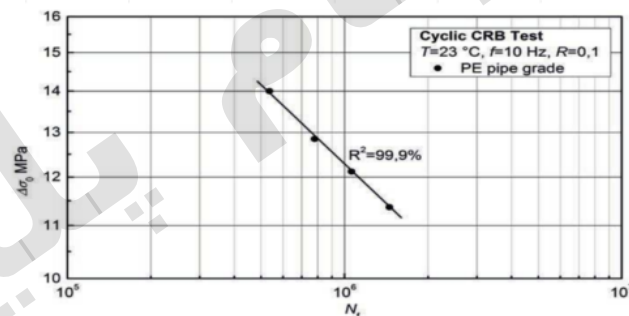
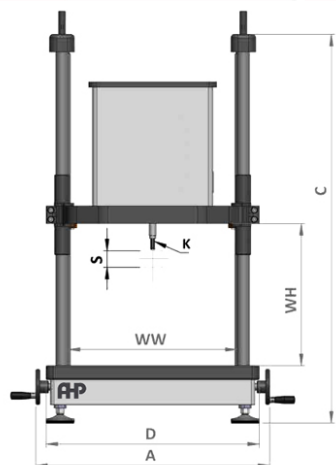
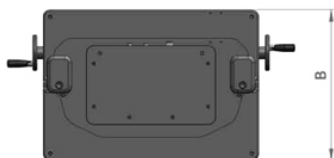


Figure 4 — Example of a diagram of $\Delta \sigma_0$ versus N_f





دستگاه آزمون کشش دینامیکی برای ISO 18489

- با استفاده از عملگر پنیوماتیکی
- نیروی استاتیکی [2500 N: 6 bar]
- نیروی دینامیکی [2000N: 5 bar]
- حداکثر کورس عملگر 50 mm
- روش‌های کنترل: کنترل نیرو
- حرکت عضو عرضی: دستی
- گیره رزوه‌ای نمونه آزمون (برای نمونه با رزوه M14*1 mm)
- طول نمونه 100 mm
- قطر نمونه 14 mm
- ظرفیت نیرو 250 Kgf
- اتصال USB به رایانه
- فرکانس بارگذاری تا 10 Hz
- نرم‌افزار پایش داده‌ها برای نیرو، تعداد چرخه و زمان
- نرم‌افزار همراه دستگاه است (مبتنی بر Windows)
- گزارش در قالب MS Excel
- ابعاد تقریبی (640 x 415 x 1100 mm)

- فضای کاری [WH - WW]: 480 x 795 (mm)
- رایانه بر عهده مشتری است (در صورت درخواست مشتری، قیمت ارائه خواهد شد)

آوا هونام پلیمر