INSO
6621-1
1st. Revision
2015

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۶۶۲۱-۱
تجدید نظر اول
۱۳۹۳

پلاستیک‌ها– تعیین خواص کششی–
قسمت ۱: اصول کلی

Plastics – Determination of tensile properties- Part 1:General principles

ICS: 83.080.01

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (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 Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

" پلاستیک‌ها– تعیین خواص کششی- قسمت ۱: اصول کلی"

(تجدید نظر اول)

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
میرمحمدصادقی، گیتی (دکتری مهندسی پلیمر)	دانشگاه صنعتی امیرکبیر
دبیر:	
حساسی، بیتا (لیسانس مهندسی مواد)	اداره کل استاندارد زنجان
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسلامی، شهرام (فوق لیسانس طراحی رئاکتور)	شرکت مهندسین مشاور آریا پک
آهنی، حمیرا (فوق لیسانس شیمی آلی)	اداره کل استاندارد زنجان
حاجی‌داداشی، معصومه (لیسانس مهندسی شیمی)	آزمایشگاه دقت آزمون بسپار
رستمخانی، محمدرضا (لیسانس مهندسی شیمی)	اداره کل استاندارد زنجان
طلوعی، شهره (فوق لیسانس مهندسی پلیمر)	سازمان ملی استاندارد
کارگرزاده، داوود (فوق لیسانس مهندسی کشاورزی)	اداره کل استاندارد زنجان
محمدی، منصور (لیسانس مهندسی شیمی)	شرکت پوشینه پلاستیک

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد	أ
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ب
پیش‌گفتار	ث
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۲
۴ اساس کار و روش‌ها	۸
۵ تجهیزات	۹
۶ آزمونه‌ها	۱۳
۷ تعداد آزمونه‌ها	۱۵
۸ تثبیت شرایط آزمونه	۱۵
۹ روش انجام آزمون	۱۵
۱۰ محاسبات	۱۸
۱۱ دقت	۲۱
۱۲ گزارش آزمون	۲۱
پیوست الف (اطلاعاتی) تعیین کرنش در تسلیم	۲۳
پیوست ب (اطلاعاتی) درستی طول سنج برای تعیین نسبت پوواسون	۲۶
پیوست پ (الزامی) الزامات کالیبراسیون برای تعیین مدول کششی	۲۷
کتاب‌نامه	۲۹

پیش‌گفتار

استاندارد" پلاستیک‌ها– تعیین خواص کششی- قسمت ۱: اصول کلی" نخستین بار در سال ۱۳۸۲ تدوین شد. این استاندارد بر اساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط سازمان ملی استاندارد و تائید کمیسیون های مربوطه برای اولین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در یک هزار و سیصد و بیست و پنجمین کمیتهٔ ملی استاندارد شیمیایی و پلیمر مورخ ۹۳/۱۱/۲۸ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ ، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۶۶۲۱ : سال ۱۳۸۲ می‌شود.

منبع و ماخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 527-1 2012, Plastics – Determination of tensile properties- Part 1:General principles

پلاستیک‌ها– تعیین خواص کششی- قسمت ۱: اصول کلی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین اصول کلی برای ویژگی‌های کششی پلاستیک‌ها و کامپوزیت‌های (مواد مرکب) پلاستیکی تحت شرایط معین است. در این استاندارد چندین نوع متفاوت از آزمونه متناسب با انواع مختلف مواد مشخص شده که جزئیات آن در قسمت‌های بعدی این استاندار آورده شده است.

۱-۱ این استاندارد برای بررسی رفتار کششی آزمونه‌ها و تعیین استحکام و مدول[1] کششی و سایر مشخصه‌های مرتبط با خواص کششی پلاستیک‌ها تحت شرایط معین کاربرد دارد.

۱-۲ روش‌ها برای بررسی رفتار کششی آزمونه‌ها و برای تعیین استحکام کششی، مدول کششی و سایر جنبه‌های کششی ارتباط بین تنش/کرنش تحت شرایط مشخص به کار می‌رود.

۱-۳ روش‌های انتخابی برای مواد مشروحه زیرمناسب می‌باشند:

- پلاستیک‌های گرمانرم[2] سخت و نیمه سخت (به ترتیب به بندهای ۳-۱۲ و۳-۱۳ مراجعه نمایید) که از روش‌های قالب‌گیری، روزن‌رانی[3] و ریخته‌گری[4] ساخته‌شده‌اند شامل ترکیبات پرشده و تقویت شده به‌علاوه انواع پرنشده. ورق‌ها و فیلم‌های گرمانرم سخت و نیمه سخت؛
- پلاستیک‌های گرماسخت[5] قالب‌گیری شده سخت و نیمه سخت که، شامل ترکیبات پرشده و تقویت شده. ورق‌های گرماسخت، سخت و نیمه سخت به صورت چندلایه[6]؛
- ترکیبات گرماسخت و گرمانرم چند سازه‌ای که به صورت یک جهته یا غیر یک جهته با الیافی به شکل حصیری، بافت تار و پودی، بافته‌شده، الیاف رشته‌ای خرد شده، تقویت کننده‌های هیبریدی و ترکیبات آن، الیاف نیم‌تاب و آسیاب شده، ورقه‌های ساخته شده از مواد ازپیش آغشته شده،
- پلیمرهای کریستال مایع گرما نرم[7].

این روش‌ها معمولاً برای فوم‌های سخت یا فوم‌های مورد استفاده در ساختارهای ساندویچی کاربرد ندارد. برای فوم‌های سخت به استاندارد ملی ایران به شماره ۲۴۳۰ مراجعه نمایید.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود .

1 - Modulus
2 - Thermoplastic
3- Extrusion
4 - Cast materials
5- Thermoset
6- Laminate
7 - Liquid crystal polymers

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد ، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است ، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است .

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است :

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۱۷ : سال۱۳۸۷، پلاستیک ها-شرایط محیطی استاندارد برای رسیدن به شرایط تثبیت و آزمون

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۴۰: سال ۱۳۷۰، تعبیر آماری نتیجه‌های آزمون برآورد میانگین فاصله اطمینان

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۷۶۸ : سال ۱۳۸۵، هوا فضا-موادفلزی-تصدیق دستگاههای آزمون یک محوری ایستاء-قسمت اول-دستگاه‌های آزمون نیروهای کشش/فشار-تصدیق و کالیبراسیون سامانه اندازه گیری نیرو

۲-۴ استاندارد ملی ایران شماره ۹۳۸۴: سال ۱۳۸۶، پلاستیک‌ها-اندازه گیری ابعاد طولی نمونه های آزمون

۲-۵ استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۹۸۱: سال ۱۳۸۹، پلاستیک ها- آزمون ها

۲-۶ استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۴۵۷: سال ۱۳۹۰، لاستیک -روش کار عمومی آماده سازی و تثبیت شرایط آزمونه ها برای روشهای آزمون فیزیکی

2-7 ISO 9513, Metallic materials – Calibration of extensometers used in uniaxial testing

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر کاربرد دارد:

۳-۱

طول اولیه[1]

L_0

فاصله اولیه بین خطوط نشانه در بخش مرکزی آزمونه

یادآوری۱- مقادیر برحسب میلی‌متر بیان می‌شود.

یادآوری۲- مقادیر طول اولیه که برای انواع آزمونه در قسمت‌های مختلف این استاندارد مشخص شده، نشان دهنده حداکثر طول اولیه است.

۳-۲

ضخامت[2]

h

بعد اولیه کوچکتر از سطح مقطع مستطیل شکل در بخش مرکزی آزمونه

1 - Gauge lenghth
2 - Thickness

یادآوری- مقادیر برحسب میلی‌متر بیان می‌شود.

۳-۳

عرض[1]

b

بعد اولیه بزرگتر از سطح مقطع مستطیل در بخش مرکزی آزمونه

یادآوری- مقادیر برحسب میلی‌متر بیان می‌شود.

۴-۳

سطح مقطع[2]

A

حاصل‌ضرب ضخامت در عرض آزمونه $A=bh$ ،

یادآوری- مقادیر برحسب میلی‌متر مربع بیان می‌شود.

۵-۳

سرعت آزمون[3]

v

سرعت دورشدن فک‌های گیره

یادآوری- مقادیر برحسب میلی‌متر بر دقیقه بیان می‌شود.

۶-۳

تنش[4]

σ

نیروی عمود بر واحد سطح مقطع اصلی (اولیه) در طول اولیه

یادآوری۱- مقادیر برحسب مگا پاسکال بیان می‌شود.

یادآوری۲- به منظور تمایز با تنش حقیقی[5] که به سطح مقطع واقعی آزمونه اعمال می‌شود، این تنش را بیشتر اوقات "تنش مهندسی"[6] می‌نامند.

۱-۶-۳

تنش در تسلیم[7]

σ_y

تنش در کرنش تسلیم

---

1 - Width
2 - Cross section
3- Test speed
4 - stress
5- True stress
6- Engineering stress
7 - stress at yield

یادآوری۱- مقادیر برحسب مگا پاسکال بیان می‌شود.

یادآوری۲- ممکن است از بیشینه تنش قابل دست‌یابی در آزمونه کمتر باشد (منحنی‌های b وc در شکل ۱ را ببینید).

۳-۶-۲

استحکام[1]

σ_m

بیشترین تنش در اولین محل مشاهده شده در طی آزمون کشش

یادآوری۱- مقادیر برحسب مگا پاسکال بیان می‌شود.

یادآوری۲- همچنین ممکن است در جاییکه آزمونه تسلیم شود یا بشکند باشد (شکل ۱ را ببینید).

۳-۶-۳

تنش در x%از کرنش[2]

σ_x

تنشی که تحت آن، کرنش به مقدار مشخص x می‌رسد و بر حسب درصد بیان می‌شود.

یادآوری۱- مقادیر برحسب مگا پاسکال بیان می‌شود.

یادآوری۲- تنش درx% از کرنش، برای مثال در صورتی مفید است که منحنی تنش/کرنش نقطه تسلیم را نداشته باشد. (منحنی d در شکل ۱ را ببینید).

۳-۶-۴

تنش در پارگی[3]

σ_b

تنشی که در آن آزمونه پاره شود

یادآوری۱- مقادیر برحسب مگا پاسکال بیان می‌شود.

یادآوری۲- بالاترین مقدار تنش در منحنی تنش- کرنش درست قبل از پاره شدن آزمونه یعنی درست قبل از افت بار ناشی از شروع ایجاد یک ترک.

۳-۷

کرنش[4]

ε

افزایش طول بر واحد طول اولیه اصلی

یادآوری- مقادیر بدون بعد، یا برحسب درصد بیان می‌شود.

---

1 - strength

2- Stress at x% strain

3 - Stress at break

4 -Strain

۱-۷-۳

کرنش در تسلیم[1]

کرنش تسلیم[2]

ε_y

اولین افزایش کرنش بدون افزایش تنش که در آزمون کشش رخ می‌دهد

یادآوری۱- مقادیر بدون بعد، یا برحسب درصد بیان می‌شود.

یادآوری۲- منحنی‌های bوcدر شکل ۱ را ببینید.

یاداوری۳- پیوست اطلاعاتی الف برای کنترل کامپیوتری تعیین کرنش در تسلیم را ببینید.

۲-۷-۳

کرنش در پارگی[3]

ε_b

کرنش در آخرین نقطه ثبت شده قبل از اینکه تنش به مقدار کمتر یا مساوی ۱۰٪ از استحکام برسد در صورتی‌که پارگی پیش از تسلیم رخ دهد.

یادآوری۱- مقادیر بدون بعد، یا برحسب درصد بیان می‌شود.

یادآوری۲- منحنی‌های aو d را در شکل ۱ را ببینید.

۳-۷-۳

کرنش در استحکام[4]

ε_m

کرنشی که به تنش استحکام رسیده باشد

یادآوری- مقادیر بدون بعد، یا برحسب درصد بیان می‌شود.

۸-۳

بازوی صلیبی دستگاه[5]

قسمتی از دستگاه کشش است که فک‌ها و گیره‌ها بر روی آن نصب شده است.

۹-۳

کرنش اسمی[6]

ε_t

جابجایی بازوی صلیبی[1] تقسیم بر فاصله گیره‌ها[2]

---

1 - Strain at yield
2 - Yield strain
3 - Strain at break
4 - Strain at strength
5 - Crosshead
6 - Nominal strain

یادآوری۱- مقادیر بدون بعد، یا برحسب درصد بیان می‌شود.

یادآوری۲- این مشخصه برای کرنش‌های بعد از نقطه تسلیم (طبق بند ۳-۷-۱) به‌کار برده می‌شوند یا در جایی که وسیله سنجش ازدیاد طول موجود نباشد.

یادآوری۳- ممکن است بر اساس جابجایی بازوی صلیبی دستگاه از شروع آزمون محاسبه شود یا بر اساس افزایش جابجایی بازوی صلیبی دستگاه بعد از کرنش در تسلیم محاسبه شود. در این صورت از یک طول سنج استفاده شود. (این مورد برای آزمونه‌های چند منظوره ترجیح داده می‌شود.)

۱-۹-۳

کرنش اسمی در پارگی[3]

ε_{tb}

کرنش اسمی در آخرین نقطه ثبت شده قبل از اینکه تنش به مقدار کمتر یا مساوی ۱۰٪ از استحکام برسد در صورتی‌که پارگی بعد از تسلیم رخ دهد.

یادآوری۱- مقادیر بدون بعد، یا برحسب درصد بیان می‌شود.

یادآوری۲- منحنی‌های b و c را در شکل ۱ ببینید.

۱۰-۳

مدول[4]

E_t

شیب منحنی تنش/کرنش $\sigma(\varepsilon)$ در فاصله کرنش‌های بین ε_1=۰٫۰۵٪ و ε_2=۰٫۲۵٪

یادآوری۱- مقادیر برحسب مگا پاسکال بیان می‌شود.

یادآوری۲- ممکن است به عنوان مدول وتر یا به عنوان شیب خطی کوچکترین مربعات خط رگرسیون در این فاصله محاسبه شود.(منحنی d در شکل ۱ را ببینید.)

یادآوری۳- این تعریف برای فیلم‌ها کاربرد ندارد.

۱۱-۳

نسبت پوواسون[5]

μ

نسبت کرنش $\Delta\varepsilon_n$ در جهت عمود بر محور کشش، به کرنش $\Delta\varepsilon 1$ در جهت کشش با علامت منفی

یادآوری- مقادیر بدون بعد بیان می‌شود.

---

1 - Crosshead
2 - Gripping
3 - Nominal strain at break
4 - Modulus
5 - Poisson s ratio

۱۲-۳

فاصله گیره‌ها[1]

L

اولین طول قسمتی از آزمونه بین گیره‌ها

یادآوری- مقادیر برحسب میلی‌متر بیان می‌شود.

۱۳-۳

پلاستیک سخت[2]

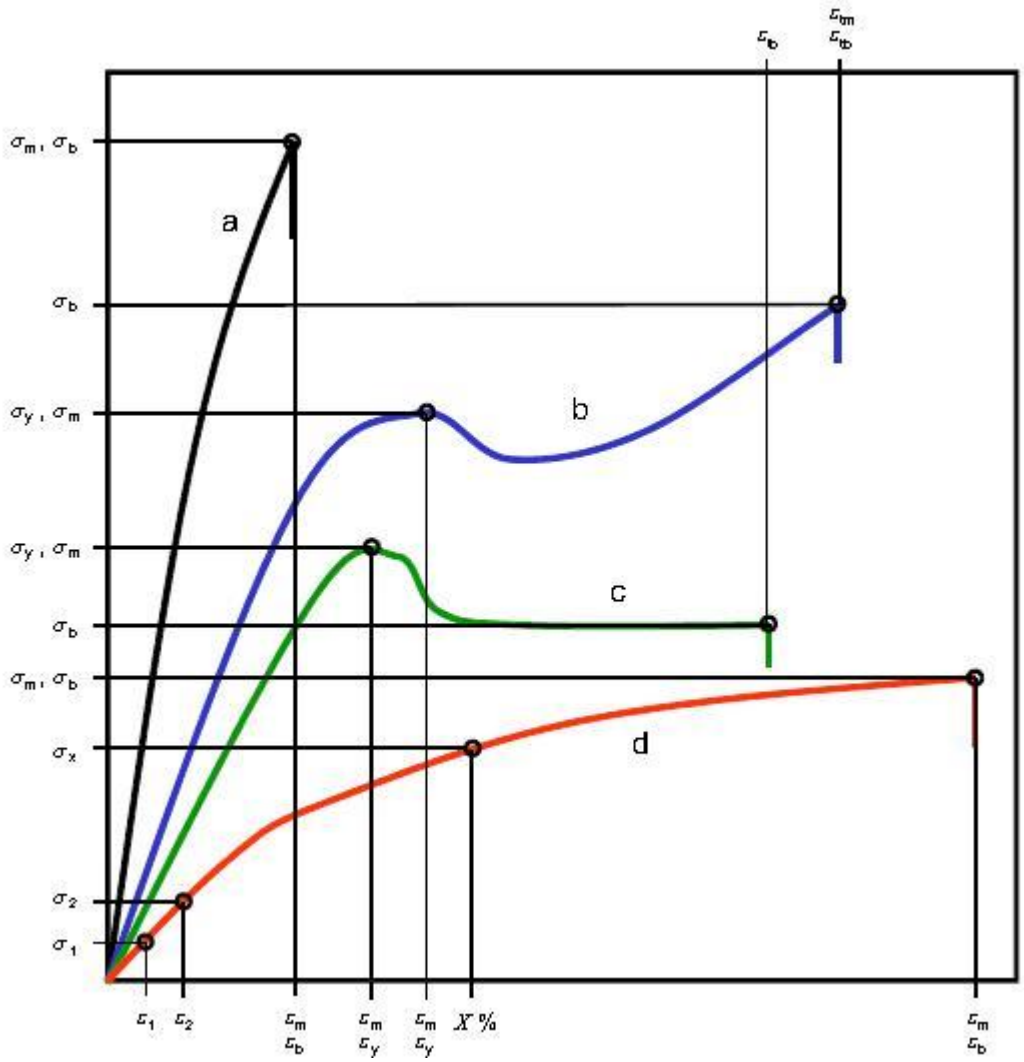
پلاستیکی که مدول الاستیسیته آن تحت مجموعه شرایط داده شده در خمش (یا اگر در خمش قابل کاربرد نباشد در کشش) بیش از ۷۰۰ مگاپاسکال باشد.

۱۴-۳

پلاستیک نیمه سخت[3]

پلاستیکی که مدول الاستیسیته آن تحت مجموعه شرایط داده شده در خمش (یا اگر در خمش قابل کاربرد نباشد در کشش) بین ۷۰مگاپاسکال تا ۷۰۰ مگاپاسکال باشد.

1 - Gripping distance
2 - Rigid plastic
3 - Semi-rigid plastic



یادآوری- منحنی (a) نماینده مواد ترد می‌باشد، بدون تسلیم در کرنش پایین می‌شکند. منحنی (d) نماینده مواد شبه لاستیک نرم است که در کرنش بالاتر (٪۵۰<) می‌شکند.

شکل۱- نمونه‌ای از منحنی‌های تنش کرنش

۴ اساس کار و روش‌ها

۴-۱ اساس کار

آزمونه در راستای محور طولی اصلی با سرعت ثابت کشیده می‌شود تا زمانیکه آزمونه پاره شود. یا تا زمانیکه تنش (بار) یا کرنش (افزایش طول) به مقادیر از پیش تعیین شده برسد. در طول عملیات بار تحمل شده به‌وسیله آزمونه و افزایش طول اندازه‌گیری می‌شود.

۴-۲ روش آزمون

۴-۲-۱ این روش‌ها برای آزمونه‌های گرفته شده از محصولات تکمیل یا نیمه ساخته، از قبیل قالب‌گیری، ورقه ورقه، فیلم‌ها و صفحات روزن‌رانی یا ریخته‌شده، که ممکن‌است در ابعاد تعیین شده از طریق قالب‌گیری

یا ماشین‌کاری، برش یا منگنه‌کاری[1] شوند به‌کار برده می‌شود. انواع آزمونه‌ها و نحوه آماده سازی آن‌ها در قسمت‌های مرتبط این استاندارد ملی برای انواع مواد توضیح داده شده‌است. در برخی مواقع ممکن است از آزمونه‌های چند منظوره استفاده شود. آزمونه‌های چند منظوره و کوچک شده در استاندارد ملی شماره ۱۳۹۸۱ تشریح شده‌است.

۴-۲-۲ روش‌ها، ابعاد ترجیحی آزمونه‌ها را مشخص می‌کنند. آزمون‌هایی که بر روی آزمونه‌های با ابعاد متفاوت انجام می‌شوند یا بر روی آزمونه‌هایی که تحت شرایط متفاوت تهیه می‌شوند، ممکن است نتایج غیرقابل مقایسه‌ای را ایجاد کنند. عوامل دیگری از قبیل سرعت آزمون و شرایط آزمونه، در نتایج آزمون تاثیرگذار است. در نتیجه هنگامیکه مقایسه داده‌ها انجام می‌شود، این عوامل باید با دقت کنترل و ثبت شوند.

۵ تجهیزات

۵-۱-۱ کلیات

دستگاه باید مطابق با استاندارد ملی شماره ۱-۸۷۶۸ و استاندارد ISO 9513 ، و مطابق با مشخصات داده شده در بندهای ۵-۱-۲ تا ۵-۱-۶ به شرح زیر باشد.

۵-۱-۲ سرعت آزمون

دستگاه آزمون کشش باید قابلیت باقی‌ماندن در سرعت‌های آزمون مشخص شده در جدول ۱ را داشته باشد.

جدول ۱- سرعت‌های پیشنهادی آزمون

سرعت آزمون v mm/min	رواداری ٪
۰٫۱۲۵	±۲۰
۰٫۲۵	
۰٫۵	
۱	
۲	
۵	
۱۰	
۲۰	±۱۰
۵۰	
۱۰۰	
۲۰۰	
۳۰۰	
۵۰۰	

1- Punch

۵-۱-۳ گیره‌ها

گیره‌های مورد استفاده برای نگهداری آزمونه‌ها، باید به نحوی به دستگاه متصل شوند که محورهای اصلی آزمونه با جهت کشش از خط مرکزی هر دو گیره منطبق شود. آزمونه باید به نحوی با فک‌های گیره نگهداری شود که تا حد امکان مانع از سرخوردن آزمونه شود. سیستم گیره‌ها نباید سبب پارگی پیش از موعد در محل اتصال با فک‌ها گردد و یا سبب له شدن آزمونه در گیره‌ها شود.

برای تعیین مدول کششی، ضروری است که سرعت کرنش ثابت باشد و تغییر نکند، به عنوان مثال، آزمونه داخل گیره‌ها حرکت نکند. این موضوع به ویژه هنگام فاصله گرفتن[1] گیره‌ها اهمیت دارد.

یادآوری- برای حصول هم محوری و قرارگیری صحیح آزمونه و برای جلوگیری از ایجاد ناحیه زبانه در شروع نمودار تنش/کرنش ممکن است نیاز به اعمال تنش اولیه (طبق بند ۹-۳) باشد، به بند ۹-۴ مراجعه شود.

۵-۱-۴ نیرو سنج

سیستم اندازه‌گیری نیرو باید مطابق با طبقه ۱ تعریف شده در استاندارد ملی ایران به شماره۱-۸۷۶۸ باشد.

۵-۱-۵ وسیله اندازه‌گیری کرنش

۵-۱-۵-۱ طول سنج

اتصال طول سنج باید مطابق با طبقه ۱ استاندارد ISO 9513 باشد. درستی این طبقه باید در محدوده کرنشی بالاتر از مقدار اندازه گیری شده احراز شود. همچنین ممکن است اندازه‌گیری با استفاده از یک طول سنج غیر تماسی انجام شود، درهر صورت باید همان درستی مورد نیاز را تامین کند.

طول سنج باید قابلیت تعیین تغییر طول اولیه آزمون را در هر لحظه از مدت زمان انجام آزمون داشته باشد. علی‌رغم اینکه ثبت اتوماتیک دستگاه یک الزام نیست بهتر است که دستگاه قابلیت ثبت اتوماتیک تغییرات را داشته باشد. دستگاه باید عاری از آزمون لختی (عقب افتادگی زمانی)[2] در سرعت آزمون مشخص شده، باشد.

برای تعیین دقت مدول کششی E_t ، باید وسیله‌ای با قابلیت اندازه‌گیری تغییرات طول اولیه با درستی ٪۱ یا بهتر استفاده شود. هنگام استفاده از آزمونه‌های نوع A این مطابقت‌ها با درستی کامل ۱٫۵± میکرومتر، برای طول اولیه ۷۵ میلی‌متر الزامی است. طول‌های اولیه کوچکتر منجر به الزامات درستی متفاوتی، بر طبق شکل ۲ می‌شوند.

یادآوری- بسته به طول اولیه‌ای که به‌کار می‌رود، درستی مطلق ٪۱ مورد نیاز، برای تعیین ازدیاد طول به کار می‌رود، به شکل ۲ مراجعه کنید. برای آزمونه‌های کوچک به دلیل فقدان طول سنج مناسب درستی‌های به این بالایی ممکن نیست حاصل شود.

به طور معمول طول سنج نوری تغییر شکل حاصل در یک سطح عریض از آزمونه را ثبت می‌کند، در چنین مواقعی که روش آزمون کرنش، تک جهته است اطمینان داشته باشید که کرنش‌های پایین، ناشی از خمش غیرواقعی[3] نیستند، که این ممکن است ناشی از غیر هم محوری جزئی و تاب برداشتگی اولیه آزمونه باشد،

1- Wedge action
2- Inertia lag
3- Falsified

این موضوع سبب ایجاد کرنش‌های متفاوت میان سطوح مخالف آزمونه می‌شود. توصیه می‌شود از روش‌هایی که میانگین کرنش‌ها را در جهت‌های مخالف آزمونه دارند برای اندازه‌گیری کرنش استفاده شود. این روش بیشتر برای تعیین مدول مناسب است تا برای تعیین کرنش‌های بزرگتر.

۵-۱-۵-۲ کرنش سنج

آزمونه‌ها ممکن است با وسیله سنجش کرنش طولی مجهز شوند، که درستی آن باید ۱٪ مقدار نسبی یا بهتر از آن باشد. این کرنش با دقت ۲۰ میکروکرنش (۲۰×۱۰^{-۶}) برای اندازه‌گیری مدول مناسب است. سنجه‌ها، آماده‌سازی سطوح و عوامل اتصال دهنده باید برای عملکرد مناسب بر روی ماده مورد آزمون انتخاب و اعمال شوند.

۵-۱-۶ ثبت داده‌ها

۵-۱-۶-۱ کلیات

به‌منظور حصول درستی لازم، تناوب به‌دست آوردن داده‌های ثبت شده (نیرو، کرنش، افزایش طول) باید به تعداد کافی بالا باشد.

۵-۶-۲ ثبت داده‌های کرنش

برای به‌دست آوردن داده‌ها تناوب ثبت داده‌های کرنش بستگی دارد به؛

- ۷سرعت آزمون برحسب میلی‌متربر دقیقه؛
- L_0/L نسبت بین طول اولیه و اولین فاصله ایجادشده بین گیره‌ها؛
- r کمترین تفکیک‌پذیری، بر حسب میلی‌متر از سیگنال[1] کرنش مورد نیاز جهت حصول درستی داده‌ها. به‌طور معمول نصف مقدار درستی یا بهتر از آن می‌باشد.

کسب حداقل فرکانس داده‌ها $f_{\min}$، برحسب هرتز، که برای انتقال پیوسته از حسگر به شاخص ضروری است و از طریق معادله زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$f_{\min} = \frac{\mathrm{v}}{60} \times \frac{L_0}{L.r} \qquad (۱)$$

فرکانس ثبت دستگاه آزمون باید حداقل با سرعت داده‌های $f_{\min}$ برابر باشد.

۵-۱-۶-۳ ثبت داده‌های نیرو

سرعت ثبت مورد نیاز، به سرعت آزمون، دامنه کرنش، درستی و فاصله گیره‌ها بستگی دارد. افزایش سرعت نیرو را مدول، سرعت آزمون و فاصله بین گیره‌ها تعیین می‌کند. نسبت افزایش سرعت نیرو به درستی مورد نیاز، فرکانس ثبت را تعیین می‌کند. به عنوان مثال نمونه زیر را ببینید.

افزایش سرعت نیرو از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$F = \frac{E.A.v}{60L} \qquad (۲)$$

که:

E مدول الاستیک است، که بر حسب مگاپاسکال بیان می‌شود؛

1- Signal

A سطح مقطع آزمونه است که بر حسب میلی‌متر مربع بیان می‌شود؛

ν سرعت آزمون است که بر حسب میلی‌متر بر دقیقه بیان می‌شود؛

L فاصله گیره‌ها است که بر حسب میلی‌متر بیان می‌شود.

با استفاده از اختلاف نیرو در محدوده مدول، برای تشخیص درستی مورد نیاز با همان روش طول سنجی، معادلات زیر به‌کار می‌رود، با فرض اینکه نیروی مربوطه تا ۱٪ تعیین شود:

اختلاف نیرو در محدوده مدول:

$$\Delta F = E.A.(\varepsilon_2 - \varepsilon_1) = E.A.\Delta\varepsilon \qquad (۳)$$

درستی (نصف ۱٪)

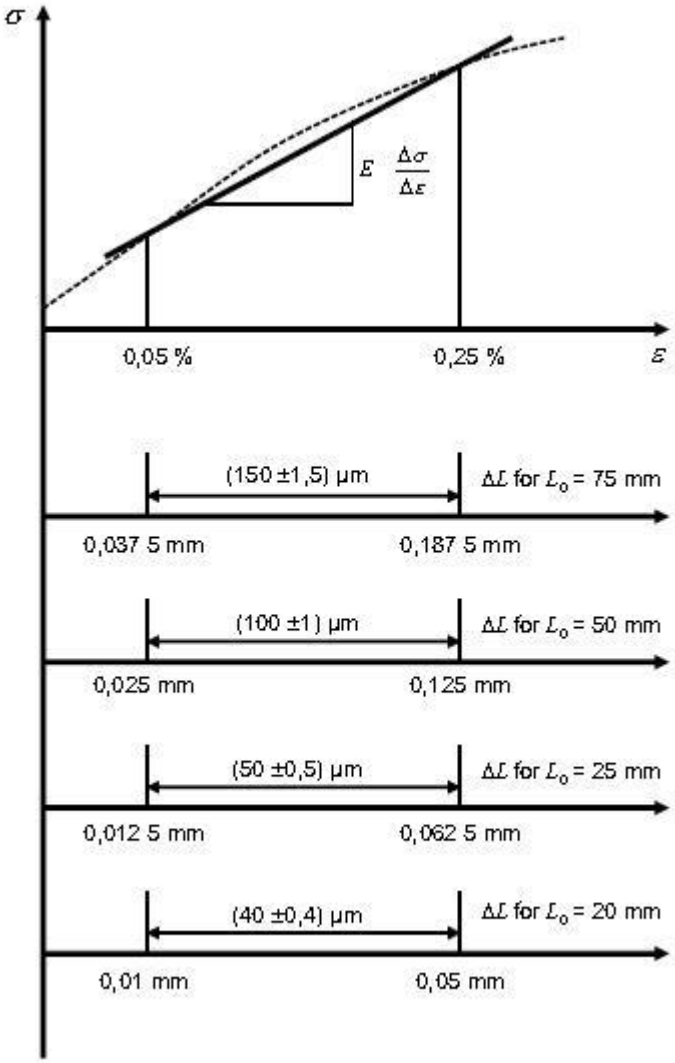
$$r = 5\times10^{-3}\times\Delta F = 5\times10^{-3}\times E.A.\Delta\varepsilon \qquad (۴)$$

فرکانس ثبت شده:

$$f_{force} = \frac{F}{r} = \frac{E.A.\nu}{E.A.\Delta\varepsilon\times60\times L\times5\times10^{-3}} \qquad (۵)$$

مثال:

با ν=1 mm/min, $\Delta\varepsilon$=2×10^{-3}, L=115mm فرکانسی معادل f_{force}=14.5Hz حاصل می‌شود.



شکل۲- درستی مورد نیاز برای ازدیاد طول سنج جهت تعیین مدول در طول‌های اولیه متفاوت، با فرض درستی ۱٪

۲-۵ وسایل برای اندازه‌گیری ضخامت و عرض آزمونه

در هنگام کار به استاندارد ملی شماره۹۳۸۴ و۱۴۴۵۷ مراجعه شود.

۶ آزمونه‌ها

۶-۱ شکل و ابعاد

بسته به ماده مورد آزمون به قسمت مربوط در این استاندارد مراجعه شود.

۶-۲ آماده سازی آزمونه

بسته به ماده مورد آزمون به قسمت مربوط در این استاندارد مراجعه شود.

۶-۳ خطوط نشانه

بسته به شرایط طول اولیه به قسمت مربوط در این استاندارد مراجعه شود.

در صورتی‌که طول سنج نوری به ویژه برای ورقه‌های ظریف و فیلم استفاده شود، ممکن است جهت تعیین طول اولیه وجود خطوط نشانه روی آزمونه ضروری باشد. این نشانگرها باید به یک فاصله از نقطه میانی ۱± میلی‌متر بوده و طول اولیه با درستی ۱٪ یا بهتر اندازه‌گیری شود.

نشانگرهای تعیین طول نباید روی آزمونه‌ها خراش، سوراخ یا خش ایجاد کنند، در هر صورت ممکن است که آزمونه در حال آزمون را آسیب بزند. باید اطمینان داشت که علامت وسط نمونه هیچ تاثیری بر روی آزمون نداشته باشد، در مورد خطوط موازی، تاحد امکان خطوط باید باریک باشند.

۶-۴ کنترل آزمونه‌ها

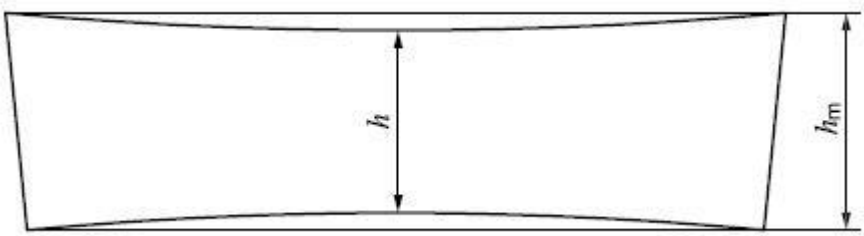
آزمونه‌ها باید عاری از هرگونه پیچ خوردگی بوده و دوبه‌دو عمود بر سطوح موازی باشند (طبق یادآوری زیر). سطوح و لبه‌ها باید عاری از هرگونه خراش، حفره‌ها، فرورفتگی نقطه مانند و علامت باشند.

آزمونه‌ها از نظر انطباق با این الزامات باید به‌وسیله مشاهدات چشمی، بر روی لبه‌های راست مربع و صفحات تخت توسط میکرومترکالیبره کنترل شوند.

وسیله اندازه‌گیری با لبه تیز را در اندازه و جهت مناسب به کار ببرید برای اینکه بتوانید دقت تعیین شده برای ابعاد را در محل مورد نظر داشته باشید.

اگر یک یا بیشتر الزامات در یک آزمونه خارج از مقادیر اندازه‌گیری یا مشاهده شده‌باشد باید برگشت داده-شوند. در صورتی‌که آزمونه‌ای تایید نشود، نباید آزمون روی آن انجام شود و دلایل عدم تایید آن باید ذکر شود.

برای سهولت خروج از قالب آزمونه‌های قالب‌گیری تزریقی قالب باید دارای شیب $^{\circ}$۱تا $^{\circ}$۲ باشد. همچنین آزمونه‌های قالب‌گیری باید تا حد امکان عاری از فرورفتگی میانی باشند. بر طبق تفاوت‌هایی که در تاریخچه خنک شدن وجود دارد، اغلب ضخامت مرکز آزمونه کمتر از لبه‌ها می‌گردد. اختلاف ضخامت تا مقدار $\Delta h \leq$ ۰٫۱mm قابل قبول می‌باشد (شکل ۳ را ببینید).



راهنما

h_m بزرگترین ضخامت آزمونه در این سطح مقطع

h کوچکترین ضخامت آزمونه در این سطح مقطع

$\Delta h = h_m - h \leq$ ۰٫۱mm

شکل۳- سطح مقطع آزمونه قالب‌گیری تزریقی با نشان فرورفتگی و زاویه انحراف (بزرگنمایی‌شده)

یادآوری- پیوست D از استاندارد ISO 294-1 راهنمایی‌های لازم جهت چگونگی کاهش نشانه‌های حفروی را در آزمونه‌های قالب‌گیری تزریقی ارائه می‌دهد.

۶-۵ ناهمسان‌گردی [1]

بسته به ماده مورد آزمون به قسمت مربوط در این استاندارد مراجعه شود.

۷ تعداد آزمونه‌ها

۷-۱ برای هر یک از جهت‌های آزمون، باید حداقل ۵ آزمونه تهیه و مورد آزمون واقع شود. درصورتی‌که دقتی بیش از مقدار میانگین مورد نیاز باشد، تعداد اندازه‌گیری‌ها ممکن است بیشتر از ۵ مورد باشد. این مورد به‌وسیله فاصله اطمینان (سطح اطمینان ٪۹۵ طبق استاندارد ملی شماره ۱۳۴۰) قابل ارزیابی است.

۷-۲ آزمونه‌های دمبلی که در گیره‌ها سرخورده‌اند یا پاره شده‌اند، باید حذف شوند و آزمونه‌های بیشتری باید آزمون شوند.

به هر حال داده‌ها متفاوت هستند، از آنجا که تفاوت در این قبیل داده‌ها از ماهیت عملکرد متفاوت این مواد آزمون شده است نباید آنها را به هیچ دلیل دیگری از نتایج آزمون حذف کرد.

۸ تثبیت شرایط آزمونه

آزمونه باید تحت شرایط استاندارد متناسب با جنس نمونه، مورد آزمون واقع شود. در صورت عدم وجود این اطلاعات شرایط مناسب بیشتر را می‌توان از استاندارد ملی شماره ۲۱۱۷ انتخاب نمود و مدت زمان قرار گرفتن در شرایط گفته شده حداقل ۱۶ ساعت می‌باشد، مگر اینکه توافق دیگری توسط اشخاص ذینفع حاصل شده‌باشد. برای مثال آزمون در دماهای بالا یا پایین.

شرایط محیطی ترجیحی، عبارت است از دمای ^{o}C(۲±۲۳) و رطوبت R.H٪(۱۰±۵۰) به استثنای مواقعی که ماده مورد نظر نسبت به رطوبت حساس نباشد در چنین مواقعی کنترل میزان رطوبت ضروری نمی‌باشد.

۹ روش انجام آزمون

۹-۱ شرایط انجام آزمون

آزمون را در همان شرایط محیطی که آزمونه در آن نگهداری می‌شود انجام دهید، مگر اینکه توافق دیگری توسط اشخاص ذینفع حاصل شده‌باشد. برای مثال آزمون در دماهای بالا یا پایین.

۹-۲ ابعاد آزمونه

ابعاد آزمونه‌ها را طبق استانداردهای ملی ایران شماره ۹۳۸۴یا ۱۴۴۵۷ همانگونه‌که قابل اجراست، تعیین کنید.

مقادیر بیشینه و کمینه عرض و ضخامت هر ازمونه را در مرکز هر نمونه و در فاصله ۵ میلی‌متر از هر انتهای طول اولیه ثبت کنید و از قرار داشتن این اعداد در رواداری‌های رایج بیان شده در استاندارد هر ماده، اطمینان حاصل کنید. برای محاسبه سطح مقطع هر آزمونه، میانگین عرض و ضخامت اندازه‌گیری شده را به‌کار ببرید.

---

1 - Anisotropy

برای آزمونه‌های قالب‌گیری تزریقی کافیست ضخامت و عرض هر آزمونه را در فاصله ۵ میلی‌متر از مرکز آزمونه اندازه‌گیری نمایید.

در مواقعی که آزمونه‌ها از نوع قالب‌گیری تزریقی هستند، اندازه‌گیری ابعاد تک‌تک آزمونه‌ها نیازی نیست. کافی است از هر بهر تنها یکی از آزمونه‌ها را به‌صورت انتخابی اندازه‌گیری نمایید، تا اینکه از مطابقت آزمونه با نوع ماده انتخاب شده اطمینان حاصل شود (به بخش مربوطه در این استاندارد مراجعه نمایید). با قالب-گیری از نوع چند حفره‌ای[1] از یکسان بودن ابعاد آزمون‌ها و عدم وجود رواداری بیش از ٪۰٫۲۵± میان قالب‌ها اطمینان حاصل کنید.

برای آزمونه‌هایی که از ورق یا فیلم، برش داده‌شده‌اند پذیرش میانگین عرض اندازه‌گیری شده از مرکز دو بخش موازی از قالب به عنوان عرض آزمونه مجاز است. پذیرش این قبیل عملیات باید بر اساس اندازه‌گیری قابل مقایسه در فواصل تکراری باشد.

به‌منظور اجرای این بخش از استاندارد، ابعاد آزمونه مورد استفاده جهت محاسبه ویژگی‌های کششی باید تنها در شرایط محیطی تعریف شده اندازه‌گیری شود. بنابراین برای اندازه گیری ویژگی‌ها در دماهای دیگر، تاثیر انبساط حرارتی در محاسبات نباید دخالت داده شود.

۹-۳ گیره‌ها

نمونه را در گیره‌ها قرار دهید و توجه داشته باشید که محور طولی نمونه با محور دستگاه در یک راستا قرار بگیرد. گیره‌ها را طوری محکم و صاف ببندید که از سر خوردن و حرکت آزمونه‌ها در طول آزمون جلوگیری شود. فشار گیره‌ها نباید سبب پارگی یا خراش آزمونه‌ها گردد (به یادآوری ۲ مراجعه کنید).

یادآوری۱- می‌توان برای تسهیل تراز محوری آزمونه از دکمه‌ی ایست[2] دستی دستگاه استفاده کرد. برای نگهداشتن آزمونه‌ها در دمای محفظه توصیه می‌شود، در ابتدا تنها یک گیره بسته شود و بستن گیره دوم پس از برقراری تعادل دمایی صورت پذیرد. مگر اینکه دستگاه قابلیت کاهش شوک حرارتی را در مواقعی که دما بالا می‌رود به‌صورت پیوسته داشته باشد.

یادآوری۲- ممکن است در محل گیره‌ها پارگی اتفاق بیافتد، برای مثال هنگام آزمون، پس از رسیدگی گرمایی[3] له شدگی آزمونه‌ها می‌تواند در آزمون‌های دما بالا اتفاق بیافتد.

۹-۴ تنش اولیه

اساساً آزمونه نباید قبل از آزمون تحت تنش قرار گیرد. بسیاری از این قبیل تنش‌ها در هنگام قرار دادن آزمونه فیلم در گیره و یا در اثر فشار گیره خصوصاً در مواد با سختی کمتر ایجاد می‌شود. به هر حال ضروری است تا از ایجاد زبانه[4] در منطقه آغازین نمودار تنش/ کرنش جلوگیری شود (به بند ۵-۱-۳ مراجعه نمایید). تنش اولیه در آغاز آزمون باید مثبت باشد اما نباید از مقدار زیر بیشتر باشد.

برای اندازه‌گیری مدول:

$$0<\sigma_0\leq E_t/2000 \qquad (۶)$$

که مطابق است با کرنش اولیه $\varepsilon_0 \leq$ ٪۰٫۰۵ و

1- Multiple-cavity
2- Stop
3- Heat aging
4 - Toe

برای اندازه‌گیری تنش‌های مربوطه σ^* یعنی σ_m یا $\sigma^* = \sigma_y$ داریم:

$$0<\sigma_0\leq\sigma^*/100 \qquad (۷)$$

اگر بعد از نگهداشتن آزمونه با گیره‌ها تنش خارج از محدوده معادلات (۶) و (۷) در آزمونه موجود باشد، این تنش‌ها را بوسیله حرکت آهسته در بازوی صلیبی متحرک با سرعت یک میلی‌متر بر دقیقه تا جایی‌که تنش اولیه در محدوده مجاز قرار گیرد برطرف کنید.

در صورتی‌که مقادیر مدول یا تنش برای تطابق تنش اولیه ناشناخته ضروری باشد، از قبل یک آزمون مقدماتی جهت تخمین این مقادیر در نظر بگیرید.

۹-۵ تنظیم وسیله اندازه‌گیری افزایش طول

پس از تنظیم تنش اولیه، یک وسیله اندازه گیری طول کالیبره شده در فاصله دو فک قرار داده و با طول اولیه آزمونه مطابقت دهید، یا با ایجاد کرنش طولی بر طبق بند ۵-۱-۵ فاصله اولیه بین دو فک را در صورت نیاز اندازه‌گیری کنید. برای اندازه‌گیری نسبت پوواسون، به وسیله دستگاه، باید ۲ مورد افزایش طول و یا کرنش اندازه‌گیری شده به‌منظور اندازه‌گیری افزایش طول در جهت محورهای نرمال به‌طور همزمان تهیه شود.

در صورت نیاز، برای اندازه‌گیری طول به روش نوری، توسط سیستم وسیله سنجش طول را، طبق بند ۶-۳ بر روی آزمونه قرار دهید.

وسیله سنجش طول باید به‌طور قرینه در محدوده خط مرکزی به موازات خط وسط آزمونه قرار داشته باشد. سنجه‌های کرنش باید در محدوده خط مرکزی به موازات خط وسط آزمونه قرار داشته باشد.

۹-۶ سرعت آزمون

سرعت آزمون را مطابق با استاندارد مرتبط با ماده مورد نظر تنظیم کنید و در صورت عدم وجود چنین اطلاعاتی توصیه می‌شود سرعت آزمون با توافق طرف‌های ذینفع و بر طبق جدول ۱ باشد.

برای اندازه‌گیری مدول کششی، سرعت آزمون انتخابی، باید سرعت کرنشی را که تا حد امکان نزدیک به ٪۱ از سرعت طول اولیه بر دقیقه می‌باشد، تامین کرده‌باشد. نتایج سرعت آزمون برای انواع مختلف آزمونه‌ها در بخش مربوطه از این استاندارد ملی بسته به ماده مورد نظری که مورد آزمون واقع می‌شود، آورده شده‌است.

برای تعیین سرعت‌های متفاوت جهت تعیین مدول کششی، نمودار تنش/کرنش تا نقطه تسلیم، و ویژگی‌های پس از نقطه تسلیم ممکن است لازم یا مطلوب باشد. پس از تعیین تنش‌ها برای اندازه‌گیری مدول کششی (تا کرنش ε_2=٪۰٫۲۵) همان آزمونه می‌تواندبرای ادامه آزمون استفاده شود.

قبل از آزمون در سرعت‌های متفاوت ترجیحاً بار را از آزمونه بردارید، اما تغییر سرعت بدون تخلیه بار نیز پس از تعیین مدول کششی قابل قبول است. زمانی‌که تغییرات سرعت در طول آزمون اتفاق می‌افتد اطمینان حاصل کنید که تغییر سرعت در کرنش‌های $\varepsilon\leq$٪۰٫۳ اتفاق می‌افتد.

به‌منظور انجام هر آزمون دیگر، سرعت‌های آزمون متفاوت، باید بر روی آزمونه‌های مجزا اعمال گردد.

۹-۷ ثبت داده‌ها

ترجیحاً نیرو، مقادیر متناظر از افزایش طول اولیه و فاصله بین گیره‌ها را در طول آزمون ثبت کنید. به این منظور سه کانال اطلاعاتی جهت کسب داده‌ها لازم است. در صورتی‌که تنها دو کانال در دسترس باشد، علائم نیرو و افزایش طول را یادداشت کنید. ترجیح این است که از یک سیستم ثبات اتوماتیک استفاده کنید.

۱۰ محاسبات

۱۰-۱ تنش

تمامی مقادیرتنش مشخص شده بر طبق بند ۶-۳ از معادله زیر پیروی می‌کنند:

$$\sigma = \frac{F}{A} \qquad (۸)$$

که:

σ مقدار تنش مورد بحث، که بر حسب مگا پاسکال بیان می‌شود؛

F نیروی مرتبط اندازه‌گیری شده که بر حسب نیوتن بیان می‌شود؛

A سطح مقطع اولیه آزمونه که بر حسب میلی‌متر مربع بیان می‌شود.

هنگام تعیین تنش در $x\%$ کرنش، x باید از استانداردهای محصول مربوطه و یا با توافق طرف‌های ذینفع حاصل شود.

۱۰-۲ کرنش

۱۰-۲-۱ تعیین کرنش با یک وسیله سنجش طول

برای مواد و/یا شرایط آزمونی که توزیع همگنی از کرنش در بخش‌های موازی از آزمونه برقرار است، یعنی برای کرنش‌های کمتر یا مساوی نقطه شکست، محاسبه تمامی مقادیر کرنش، بر طبق بند ۷-۳، از معادله زیر پیروی می‌کند:

$$\sigma = \frac{\Delta L_0}{L_0} \qquad (۹)$$

که:

ε مقدار کرنش مورد بحث، که بدون بعد یا برحسب درصد بیان می‌شود؛

L_0 طول اولیه آزمونه، که بر حسب میلی‌متر بیان می‌شود؛

ΔL_0 افزایش طول بین نشانگرهای آزمونه که بر حسب میلی‌متر بیان می‌شود.

برای بیان مقادیر کرنش طول سنجی که مقادیر میانگین کرنش‌های روی طول اولیه را می‌دهد به‌کار ببرید. به‌شرطی که تغییر شکل آزمونه با طول اولیه به‌صورت یکنواخت باشد این روش صحیح و مفید است. اگر مواد شروع به ایجاد گلویی[1] کند، توزیع کرنش غیریکنواخت می‌شود و کرنش‌ها به‌وسیله یک طول سنج که شدیداً

1 - Necking

با موقعیت و اندازه ناحیه گلویی تحت تاثیر قرار می‌گیرد تعیین می‌شود. در چنین حالت‌هایی کرنش اسمی برای تشریح تغییر شکل کرنش بعد از نقطه تسلیم به‌کار می‌رود.

۱۰-۲-۲ کرنش اسمی

۱۰-۲-۲-۱ کلیات

کرنش اسمی وقتی که طول سنج استفاده نشود به‌کار برده‌می‌شود، برای مثال، وقتی که آزمونه‌ها بسیار کوچک باشند یا هنگامی‌که تعیین کرنش به‌وسیله طول سنجی به‌دلیل کرنش متمرکز[1] (گلویی) پس از نقطه تسلیم بی‌معنی می‌شود. کرنش اسمی براساس افزایش فاصله گیره‌ها به نسبت فاصله اولیه گیره‌ها می‌باشد. به جای اندازه‌گیری جابجایی بین گیره‌ها، ثبت جابجایی بازوی صلیبی متحرک قابل قبول است. جابجایی بازوی صلیبی متحرک باید برای تاثیرات مطلوب دستگاه اصلاح گردد.

کرنش اسمی با استفاده از دو روش زیر ممکن است تعیین شود.

۱۰-۲-۲-۲ روش A

ثبت جابجایی بین گیره‌های دستگاه از آغاز آزمون. کرنش اسمی از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$\varepsilon_t = \frac{L_t}{L} \qquad (۱۰)$$

که:

ε_t مقدار کرنش اسمی است، که بدون بعد یا برحسب درصد بیان می‌شود؛

L فاصله بین گیره‌ها، که بر حسب میلی‌متر بیان می‌شود؛ فاصله بین گیره‌ها در بخش‌های مربوطه در این استاندارد ملی مشخص شده است.

L_t افزایش طول بین نشانگرهای آزمونه که بر حسب میلی‌متر بیان می‌شود.

۱۰-۲-۲-۳ روش B

روش B برای استفاده در آزمونه‌های چند منظوره اولویت دارد چرا که نقطه تسلیم و گلویی شدن را نشان می‌دهد، جایی‌که کرنش در تسلیم با دقت به‌وسیله یک طول سنج تعیین شده‌باشد. جابجایی گیره‌ها را در دستگاه از آغاز آزمون ثبت نمایید. کرنش اسمی از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_y + \frac{\Delta L_t}{L} \qquad (۱۱)$$

که:

ε_t کرنش اسمی است،که بدون بعد یا برحسب درصد بیان می‌شود؛

ε_y کرنش تسلیم است، که بدون بعد یا برحسب درصد بیان می‌شود؛

L فاصله بین گیره‌ها است که بر حسب میلی‌متر بیان می‌شود؛ فاصله بین گیره‌ها در بخش‌های مربوطه در این استاندارد ملی مشخص شده است.

ΔL_t افزایش فاصله بین گیره‌ها از نقطه تسلیم به سمت جلو، که بر حسب میلی‌متر بیان می‌شود.

---

1 - Strain localisation

۱۰-۳ مدول کششی

۱۰-۳-۱ کلیات

برای محاسبه مدول کششی، طبق تعریف بند ۳-۹ یکی از موارد زیر را انتخاب و به‌کار ببرید.

۱۰-۳-۲ شیب وتر

$$E_t = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \qquad (۱۲)$$

که:

E_t مدول کششی است، که بر حسب مگا پاسکال بیان می‌شود؛

σ_1 تنشی است که بر حسب مگا پاسکال بیان می‌شود، و در مقدار کرنش (۰/۰۵٪) ε_1 =۰/۰۰۰۵ اندازه‌گیری می‌شود.

σ_2 تنشی است که بر حسب مگا پاسکال بیان می‌شود، و در مقدار کرنش (۰/۲۵٪) ε_1 =۰/۰۰۲۵ اندازه‌گیری می‌شود.

۱۰-۳-۳ شیب رگرسیون[1]

با کمک تجهیزات کامپیوتری، با استفاده از دو نقطه تنش/کرنش مشخص که می‌تواند با یک پروسه برگشت خطی بر روی قسمتی از منحنی بین این نقاط بیان شده جهت تعیین مدول کششی E_t استفاده شود.

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \qquad (۱۳)$$

که:

$\frac{d\sigma}{d\varepsilon}$ کوچکترین مربعات رگرسیون خطی منطبق بر بخشی از منحنی تنش/کرنش در محدوده ۰/۰۰۰۵ ≤ε≤۰/۰۰۲۵ که بر حسب مگا پاسکال بیان می‌شود.

۱۰-۴ نسبت پوواسون

ضخامت و پهنای آزمونه را به‌صورت تابعی از طول از مقطع سنجه قبل از شکست برای بخشی از منحنی تنش/کرنش اندازه‌گیری کنید، به استثنای مواردی که ممکن است به‌وسیله تغییرات سرعت آزمون تحت تاثیر قرار گرفته باشند.

شیب $\frac{\Delta n}{\Delta L_0}$ را از تغییرات عرض (ضخامت) در مقابل منحنی تغییر طول اولیه تعیین کنید. این شیب باید با استفاده از تحلیل کوچکترین مربعات خطی رگرسیون بین دو محدوده محاسبه شود، ترجیحاً بعد از ناحیه مدول و تغییر سرعت بعدی، در صورتی‌که قابل استفاده باشد. در این‌صورت در بخش خطی این منحنی قرار می‌گیرد.

نسبت پوواسون از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$\mu = -\frac{\Delta\varepsilon_n}{\Delta\varepsilon_1} = -\frac{L_0}{n_0}\frac{\Delta n}{L_0} \qquad (۱۴)$$

1 - Regression slope

که:

μ نسبت پوواسون است،که بدون بعد بیان می‌شود؛

$\Delta\varepsilon_n$ کاهش کرنش در جهت عرضی، هنگامی‌که کرنش طولی به‌وسیله $\Delta\varepsilon_1$ افزایش می‌یابد، که بدون بعد یا برحسب درصد افزایش، بیان می‌شود؛

$\Delta\varepsilon_1$ کرنش افزایش یافته در جهت طولی است که بدون بعد یا برحسب درصد بیان می‌شود؛

n_0 و L_0 طول اولیه به ترتیب در جهت‌های طولی و عرضی است که بر حسب میلی‌متر بیان می‌شود؛

Δn کاهش طول اولیه آزمونه در جهت عرضی (عرض) n=b یا (ضخامت) n=h است که برحسب میلی‌متر بیان می‌شود؛

ΔL_0 افزایش طول اولیه متناظر در جهت طولی است که بر حسب میلی‌متر بیان می‌شود.

نسبت پوواسون بر طبق محورهای مربوطه به عنوان (جهت عرضی)μ_b یا (جهت ضخامت)μ_n بیان می‌شود.

توصیه می‌شود نسبت پوواسون در کرنش‌های بالاتر و در محدوده کرنش$\varepsilon_y > \varepsilon \geq$ ٪۰٫۰۳ تعیین شود، (به پیوست ب مراجعه کنید). درستی ارزیابی این ناحیه می‌تواند با نمودار کامپیوتری برحسب Δn، تعیین شود. ΔL_0 (تغییر ابعاد در جهت عرضی بر حسب ازدیاد طول در جهت طولی) نسبت پوواسون از شیب ناحیه خطی این نمودار تعیین می‌شود.

یادآوری- پلاستیک‌ها مواد ویسکوالاستیک هستند، همچنین نسبت پوواسون به محدوده تنش آزمون بستگی دارد. بنابراین منحنی عرض (ضخامت) برحسب طول می‌تواند خط مستقیم نباشد.

۱۰-۵ پارامترهای آماری

میانگین حسابی نتایج آزمون را حساب کنید و در صورت لزوم انحراف معیار و ٪۹۵ اطمینان میانگین فواصل مقادیر بر طبق روش داده‌شده در استاندارد ملی شماره ۱۳۴۰می‌باشد.

۱۰-۶ ارقام معنی دار

تنش و مدول کششی را تا سه رقم معنی دار محاسبه کنید. کرنش‌ها و نسبت پوواسون را تا دو رقم معنی دار محاسبه کنید.

۱۱ دقت

بسته به ماده‌ای که مورد آزمون واقع می‌شود به قسمت مرتبط در این استاندارد ملی مراجعه نمایید.

۱۲ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید حاوی اطلاعات مندرج در بندهای ۱۲-۱ تا ۱۲-۱۷ باشد؛

۱۲-۱ قسمت مربوطه در این استاندارد ملی؛

۱۲-۲ تمامی اطلاعات مورد نیاز برای تشخیص مواد مورد آزمون، مشتمل بر نوع، منبع، شماره کد و تاریخچه تولیدکننده در جایی‌که مشخص باشند؛

۱۲-۳ توضیح ماهیت و فرم مواد برحسب اینکه چگونه تولید شده است، محصول نیمه ساخته، پنل آزمون یا آزمونه باید شامل ابعاد اصلی، شکل، روش تولید، توالی لایه‌ها و هرگونه پیش عملیات باشد؛

۱۲-۴ نوع آزمونه، پهنا و ضخامت بخش موازی، مشتمل بر مقادیر میانگین، کمینه و بیشینه باشد؛

۱۲-۵ روش آماده سازی آزمونه و هرگونه جزئیات دیگری که در روش تولید به‌کار می‌رود؛

۱۲-۶ در صورتی‌که مواد به‌صورت محصول تکمیل شده یا نیمه ساخته باشد، جهت گیری آزمونه در ارتباط با محصول تکمیل شده یا نیمه ساخته از جائی است که برش داده‌شده‌است؛

۱۲-۷ تعداد آزمونه آزمون شده؛

۱۲-۸ شرایط محیطی استاندارد و آزمون، به‌علاوه هر رفتار و شرایط ویژه که به توافق طرفین ذینع رسیده-است، در صورت لزوم به‌وسیله استاندارد مربوطه برای ماده یا محصول مربوطه؛

۱۲-۹ نوع دستگاه آزمون و طول‌سنج (به استاندارد ملی شماره ۱-۸۷۶۸ و ISO 9513 بند ۵-۱-۵ مراجعه نمایید)؛

۱۲-۱۰ جهت ازدیاد طول، نشانگر کرنش، و طول اولیه L_0؛

۱۲-۱۱ نوع گیره‌های دستگاه، و فاصله گیره‌ها L؛

۱۲-۱۲ سرعت آزمون

۱۲-۱۳ نتایج آزمون انحصاری از ویژگی‌های مشخص شده در بند۳؛

۱۲-۱۴ مقادیر میانگین از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، که به عنوان مقادیر انحصاری برای آزمون مواد آزمون شده بیان شده‌است؛

۱۲-۱۵ انحراف معیار، و/یا ضریب تغییر پذیری و/یا میانگین محدوده اطمینان در صورت لزوم؛

۱۲-۱۶ بیانیه‌ای مبنی بر این‌که آزمونه‌ای برگشت داده‌شده و جایگزین شده‌است و اگر چنین است دلایل آن و دلایل عدم پذیرش آزمونه؛

۱۲-۱۷ تاریخ انجام آزمون.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

تعیین کرنش در تسلیم

تاریخچه، کرنش در تسلیم، به‌وسیله کشیدن خط مماس افقی به منحنی پیوسته تنش/کرنش ثبت شده تعیین می‌شود. با ورود دستگاه‌های کنترل کامپیوتری برای ارزیابی منحنی تنش/کرنش برطبق ویژگی‌های الکترونیکی ثبت شده، اجباراً از مجموعه نقاط داده‌های گسسته انتخاب شده، استفاده می‌شود. در حین آزمون همیشه اغتشاش در سیگنال‌ها[1] (الکترونیکی و همچنین مکانیکی)، برخی پراکندگی‌ها را در مجموعه داده‌ها به‌وجود می‌آورند و اینها باید در هنگام صدور گزارش ویژگی‌ها مدنظر قرارگرفته شده‌باشند.

برای تعیین نقطه تسلیم موارد زیر مهم هستند.

- مواد پلاستیکی محدوده وسیعی از رفتارهای متفاوت تنش/کرنش را نشان می‌دهند. ناحیه تنش تسلیم ممکن است به‌صورت قله باریک (مانند ASA) و یا پهن و مسطح (مانند POM، PA_6 آب‌دار) باشند.
- تنش در تسلیم در بالاترین نقطه‌ی ناحیه تسلیم شناسایی شده تعیین می‌شود (شرایط لازم).
- به هر حال نقطه انتخاب شده باید به لحاظ فیزیکی معنی‌دار باشد: اغتشاش در سیگنال‌ها ممکن است سبب انتخاب نقاط نامناسب گردد.
- نقطه‌ای معنی‌دار است که تصمیمات موقع طراحی را مخدوش نکند. برای مثال در ماده‌ای که نقطه تسلیم طولانی دارد حد طراحی مفید باید نزدیک به نقطه شروع درنظر گرفته شود، نه نزدیک به مرکز آن.

این چنین نقاطی که از روش‌های متفاوتی به‌دست می‌آیند، حاصل اطلاعات الکترونیکی می‌باشند.

- روش مقایسه نقطه به نقطه برای بدست آوردن بیشینه مقدار. این یک روش ساده است، اما ضروری است کنترل‌های اضافی جهت جلوگیری از انتخاب سهوی مقادیر بیشینه مربوط به اغتشاش در سیگنال صورت پذیرد. به عنوان مثال، ممکن است شامل یک بازه ارزیابی موثر باشد که عرض آن وابسته به سیستم خواهد بود. این‌طور به نظر می‌رسد که این سیستم، ترکیبی از اثر مجموعه رفتار مواد و تنظیمات تجربی است.
- روش شیب: در این روش محاسبات بیشتری مورد نیاز است، اما با استفاده از رایانه (پروسس کنترلرهای)[2] رایج امکان‌پذیر است. در این روش شیب رگرسیون منحنی تنش/کرنش محاسبه می‌شود که این امر با استفاده از فاصله ارزیابی مختلف انجام می‌گردد. این روش باعث صاف کردن منحنی و کاهش اثر نویزمی-گردد. همچنین باید یک ناحیه روی منحنی تعریف شود که شیب آن، نشان دهنده یک نقطه تسلیم باشد، برای مثال:
- نقطه وسط فاصله‌ای که در آن ناحیه، شیب برای اولین بار منفی می‌شود.
- نقطه وسط فاصله‌ای که در آن ناحیه، شیب برای اولین بار مثبت می‌شود. ویرایش قبلی این قسمت از استاندارد معیار زیر را پیشنهاد کرد.

نقطه مرکزی یک ناحیه که در آن شیب مساوی یا کوچکتر از تنش در این نقطه است:

1- Noise

2 - PCs

$$\varepsilon_y = \varepsilon\left[\frac{d_\sigma}{d_\varepsilon} \le \sigma\right] \qquad \text{(الف۱)}$$

-مزیت این روش این است که فقط کرنش تسلیم‌های نزدیک به اولین تغییر اساسی در منحنی تنش/کرنش را مشخص می‌کند. اگرچه مقادیر کرنش تسلیم در این روش کوچکتر خواهد بود. از این روش برای قله‌های تسلیم پهن کمتر استفاده می‌شود.

-همچنین برای روش شیب، عرض صحیح برای ارزیابی فاصله یک متغیر وابسته به سیستم است و مشخص کردن آن برای کاربر الزامی است.

این مثال‌ها نشان می‌دهند که چند روش برای تعیین تنش در نقطه تسلیم وجود دارد و اساساً انتخاب یکی از آنها به‌دلیل قابل مقایسه بودن نتایج آزمون امکان‌پذیر است. اما با توجه به وجود دستگاه‌ها و نرم‌افزارهای متفاوت می‌تواند یک تلاش باشد.

یک راه می‌تواند، سیستم ارزیابی باشد. این سیستم ارزیابی حاوی مجموعه اطلاعات مرجع (در منحنی‌های تنش/کرنش) است که با خواص محاسبه شده (پس از چند بار آزمون) انطباق دارند. این مجموعه اطلاعات می‌توانند به عنوان داده‌های ورودی به نرم‌افزار داده شوند و کنترل گردد که چه پارامترهایی در نرم‌افزار مقدار صحیح را ایجاد می‌کند. این سیستم تکرارپذیری نتایج آزمون را تضمین می‌کند.

یک سیستم مشابه برای آزمون کشش فلزات وجود دارد. برای اطلاعات بیشتر به سایت زیر مراجعه نمایید:
http://www.npl.co.uk/server.pho?show=ConWebDoc.2886.

برای تخمین پهنای فواصل کرنش معادلات زیر به‌کار می‌روند:

$$n = f\Delta t = f\frac{\Delta\varepsilon}{\dot{\varepsilon}}$$

$$\Delta\varepsilon = \dot{\varepsilon}\frac{n}{f} = \frac{v}{60L}\frac{n60Lr}{vL_0} = \frac{nr}{L_0} \qquad \text{(الف۲)}$$

که:

n تعداد نقاط داده‌شده؛

f اطلاعات مربوط به سرعت دستگاه می‌باشد، معادله (۱) را برحسب s^{-1} ببینند؛

$\Delta\varepsilon$ فاصله کرنش ؛

$\dot{\varepsilon}$ سرعت کرنش برحسب s^{-1} ؛

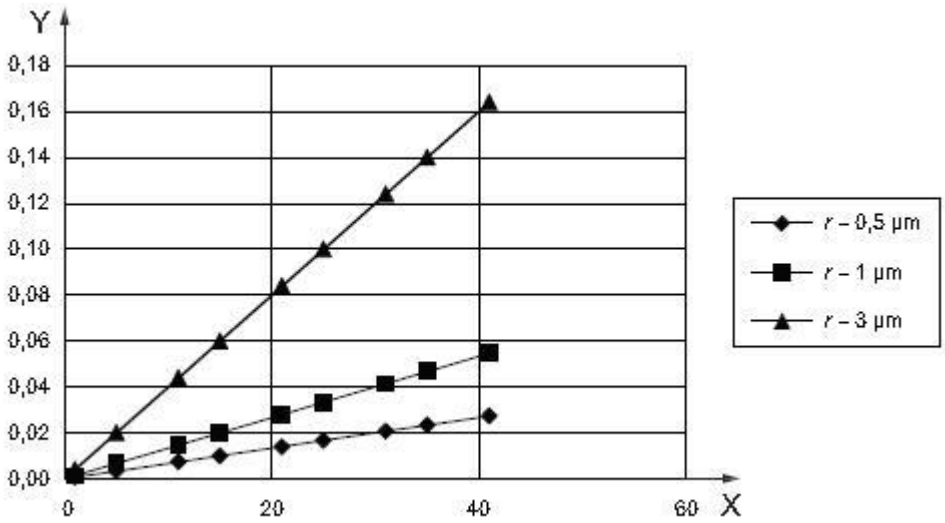
v سرعت در قسمت بالای دستگاه برحسب میلی‌متر بر دقیقه؛

L فاصله گیره‌ها بر حسب میلی‌متر؛

L_0 طول اولیه بر حسب میلی‌متر؛

r تکرارپذیری بر حسب میلی‌متر؛

فاصله کرنش برطبق معادله (الف۲) در شکل (الف۱) به عنوان تابعی از تعداد نقاط داده با عنوان عوامل تفکیک‌پذیری r می‌باشد.



راهنما:

X تعداد داده‌ها

Y فاصله کرنش،٪

شکل الف۱- فاصله کرنش برطبق معادله (الف۲)

پیوست ب

(اطلاعاتی)

درستی طول سنج برای تعیین نسبت پوواسون

توصیه می‌شود که هنگام تعیین مدول، از کرنشی که برای تعیین نسبت پوواسون استفاده شده، استفاده نکنید.

در ناحیه مدول، افزایش طول اولیه با درستی ٪۱ تعیین می‌شود. مثلا برای یک آزمونه چند منظوره، هنگامی‌که طول اولیه ۷۵ میلی‌متر مورد استفاده است، طول سنج باید قابلیت اندازه‌گیری افزایش طول تا مقدار ۱/۵ میکرومتر را داشته باشد (به بند ۵-۱-۵ و شکل ۲ مراجعه نمایید). با فرض نسبت پوواسون ۰/۴ و طول اولیه ۷۵ میلی‌متر که به نوعی برای بیشتر ترموپلاستیک‌ها مناسب است، افزایش طول تا ۱۵۰ میکرومتر و کاهش عرض تا ۸ میکرومتر می-باشد. به منظور حصول درستی نسبی ٪۱ در جهت طولی میسر، قابلیت اندازه‌گیری سیستم برای تعیین تغییر شکل در جهت عرضی نیز باید با دقت ۰/۱ میکرومتر امکان‌پذیر باشد که شرایط دشواری است.

با فرض این‌که نسبت پوواسون در محدوده ٪۱٫۵> ε > ٪۰٫۳ باشد کاهش عرضی ۵۰ میکرومتر خواهد بود، تفکیک پذیری ۰٫۵ میکرومتر با درستی ٪۱ در انقباض عرضی لازم است.

پیوست پ
(الزامی)
الزامات کالیبراسیون برای تعیین مدول کششی

پ-۱ کلیات

الزامات کلی برای تایید طول سنج در بند ۵-۱-۵ تشریح شده است. در صورتی‌که تجهیزات در نظر گرفته شده جهت اندازه‌گیری مدول کششی E_t، از قبل مشخص شده باشد، طول سنج باید دقیق‌تر و بیشتر الزامات درستی را برآورده سازد. این پیوست ویژگی‌های روش‌های به‌کار رفته و اجرا برای کالیبراسیون تجهیزات مورد نیاز جهت صحه گذاری طول سنج را مشخص می‌کند این الزامات اضافی برای صحه گذاری را ببینید.

یادآوری- تمامی پاراگراف‌هایی که به‌طور ویژه به استاندارد ISO 9513 ارجاع داده‌شده‌اند با بازنگری استاندارد تغییر خواهند کرد.

پ-۲ مراحل کالیبراسیون

پ-۲-۱ کلیات

در صورتی‌که تاییدیه با استاندارد ISO9513 انجام شود، انتظار می‌رود صحه‌گذاری بیشتری جایگزین تاییده‌های انجام شده در همان لحظه صورت پذیرد. در هر صورت صحه‌گذاری می‌تواند به‌طور مستقل انجام شود. مگر در مواردی غیر از این حالت که شرایط کالیبراسیون باید طبق همان مواردی باشد که در استاندارد ISO9513 شرح داده‌شده‌است.

روش توضیح داده‌شده در بند ۵-۵-۱ از استاندارد ISO9513 را برای آماده سازی سیستم جهت صحه گذاری انجام دهید.

به‌دنبال روش توضیح داده‌شده در بند ۵-۵-۲ از استاندارد ISO9513 دو اندازه‌گیری اضافی در جهت حرکت افزایشی مطابق با ٪۰/۰۵ و ٪۰/۲۵ از طول اولیه مورد نیاز انجام دهید (به جدول B.1 از استاندارد ISO9513 مراجعه نمایید). میانگین مقدار تفاوت میان دو عدد خوانده شده از دو اندازه‌گیری باید با تفاوت جابجایی‌های به‌کار رفته مقایسه شود. به‌منظور برآوردن الزامات این بخش از استاندارد ملی به دو مورد باید توجه نمود:

الف- برای نمونه های با طول اولیه ۵۰ میلی‌متر یا بزرگتر بایستی خطاهای مربوط به جابجایی بکار رفته و جابجایی مشاهده شده باید کوچکتر یا مساوی ٪۱± جابجایی، باشد.

ب-برای نمونه های با طول اولیه کمتر از ۵۰ میلی‌متر یا کوچکتر یا مساوی ، باید ۱± میکرومتر باشد.

جدول پ۱- الزامات درستی طول سنج

طول اولیه mm	جابجایی اولیه µm	جابجایی ثانویه µm	تغییر در جابجایی µm	الزامات درستی (به بند۵-۱-۵ مراجعه نمایید.) ± µm
۷۵	۳۷/۵	۱۸۷/۵	۱۵۰	۱/۵
۵۰	۲۵	۱۲۵	۱۰۰	۱
۲۵	۱۲/۵	۶۲/۵	۵۰	۱
۲۰	۱۰	۵۰	۴۰	۱

یادآوری- محدوده‌های خطای طول سنج در تغییر جابجایی اولیه و ثانویه خوانده شده به‌کار می‌رود.
به‌دلیل مشکلات طول سنج در برآوردن الزامات اجرا شده، طول اولیه زیر ۵۰ میلی‌متر توصیه می‌شود که اندازه‌گیری مدول بر روی آزمونه‌های با طول اولیه ۵۰ میلی‌متر و بیشتر انجام می‌شود.

پ-۲-۲ الزامات درستی تجهیزات کالیبراسیون

تجهیزات کالیبراسیون باید باید با الزامات مندرج در جدول ۲ استاندارد ISO9513 برای کلاس ۰٫۲ مطابقت داشته باشد.

پ-۲-۳ گزارش کالیبراسیون

گزارش کالیبراسیون باید حاوی اطلاعات زیر باشد:

پ-۲-۳-۱ شماره این استاندارد ملی و پیوست مربوطه؛

پ-۲-۳-۲ نام و آدرس سازنده طول سنج؛

پ-۲-۳-۳ تمامی اطلاعات دیگری که در گزارش استاندارد ISO9513 الزام شده است؛

پ-۲-۳-۴ نتایج حاصل از کالیبراسیون.

کتاب‌نامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۰۹۱ : سال۱۳۹۱، پلاستیک‌ها - قالب‌ریزی تزریقی نمونه‌های مورد آزمون مواد گرمانرم - قسمت۱ :اصول کلی و قالب‌ریزی نمونه‌های مورد آزمون چند منظوره و شمشی

[۲] استاندارد ملی ایران شماره ۲۴۳۰ : سال۱۳۹۰، پلاستیکهای اسفنجی سخت - تعیین خواص کششی

[3] ASTM D638, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics