



INSO  
11453  
1 st Revision  
2020  
  
Identical with  
ISO 15733:  
2015

جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران  
۱۱۴۵۳  
تجدید نظر اول  
۱۳۹۹

سرامیک‌های ظریف (سرامیک‌های پیشرفته  
– سرامیک‌های صنعتی پیشرفته) خواص  
مکانیکی کامپوزیت‌های سرامیکی در دمای  
محیط در فشار اتمسفر – تعیین خواص  
کششی

Fine ceramics (advanced ceramics,  
advanced technical ceramics) —  
Mechanical properties of ceramic  
composites at ambient temperature in air  
atmospheric pressure — Determination of  
tensile properties

ICS:81.060.30

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۸۸۸۷۹۴۶۱-۵

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: (۰۲۶) ۳۲۸۰۶۰۳۱-۸

دورنگار: (۰۲۶) ۳۲۸۰۸۱۱۴

ایمیل: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

**Iranian National Standardization 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@isiri.gov.ir](mailto:standard@isiri.gov.ir)

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

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه 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.

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، نهادها، 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 پیشنهادها 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 علاقمند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استانداردمی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استانداردمی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته‌ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکترونیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> 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 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 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 استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرگانی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسائل 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 یکاه، واسنجی وسائل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبهای 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Métrologie Legale)

4-Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

### «سرامیک‌های ظریف (سرامیک‌های پیشرفته - سرامیک‌های صنعتی پیشرفته) خواص مکانیکی کامپوزیت‌های سرامیکی در دمای محیط در فشار اتمسفر - تعیین خواص کششی»

#### سمت و / یا محل اشتغال:

عضو هیات علمی دانشگاه بین المللی  
امام خمینی قزوین

#### رئیس:

میرهادی، بهمن  
(دکتری - مهندسی مواد)

#### دبیر:

مدیر گروه پژوهشی ساختمانی و معدنی،  
پژوهشگاه استاندارد

مهندی خانی، بهزاد  
(دکتری مهندسی مواد)

#### اعضا : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

مدیر کنترل کیفی شرکت کاشی فیروز

پور حمتکش، حمید  
(کارشناسی شیمی)

مدیر تولید شرکت کاشی پارس

حسینی، سید مجتبی  
(کارشناسی ارشد شیمی)

کارشناس گروه پژوهشی ساختمان و  
معدن، پژوهشگاه استاندارد

حیدری، احمد  
(کارشناسی مکانیک)

عضو هیات مدیره سازمان نظام مهندسی  
ساختمان

زنوز زاده، سید اکبر  
(کارشناسی ارشد معماری)

رئیس آزمایشگاه مرجع گروه پژوهشی  
ساختمانی و معدنی، پژوهشگاه استاندارد

سامانیان، حمید  
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

عضو هیات علمی پژوهشگاه مواد و  
انرژی

صادق آهنگری، علی  
(دکتری مهندسی مواد)

عضو جامعه کنترل کیفیت استان یزد

طالبی، احسان  
(کارشناسی مهندسی صنایع)

سمت و / یا محل اشتغال:

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

کارشناس اداره کل نظارت بر صنایع غیر  
فلزی، سازمان ملی استاندارد ایران

عباسی، محمد حسین  
(کارشناسی مهندسی مواد)

مدیر کنترل کیفی شرکت شیمی  
ساختمان

عیسایی، مهین  
(کارشناسی ارشد شیمی)

کارشناس پژوهشگاه استاندارد  
گروه پژوهشی ساختمانی و معدنی

قاسمی، امیر هوشنگ  
(کارشناسی ارشد شیمی)

کارشناس پژوهشگاه استاندارد  
گروه پژوهشی ساختمانی و معدنی

قرعی، هما  
(کارشناسی ارشد شیمی)

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد واحد  
تهران شمال

کارگر راضی، مریم  
(دکتری شیمی معدنی)

عضو انجمن صنفی کاشی و سرامیک

کریمی، مجید  
(کارشناسی مهندسی مواد- سرامیک)

مدیر کنترل کیفی شرکت کاشی  
گلدیس

کیانفر، حسن  
(کارشناسی مهندسی مواد)

کارشناس پژوهشگاه استاندارد  
گروه پژوهشی ساختمانی و معدنی

مهرآکبری، مرتضی  
(کارشناسی شیمی)

مدیر کنترل کیفی شرکت آزمون سرام  
بزد

میرزا زاده، فرزانه  
(کارشناسی مهندسی صنایع)

مدیر فنی آزمایشگاه شرکت ایفا سرام

نورمحمدی، سعید  
(کارشناسی مهندسی مواد)

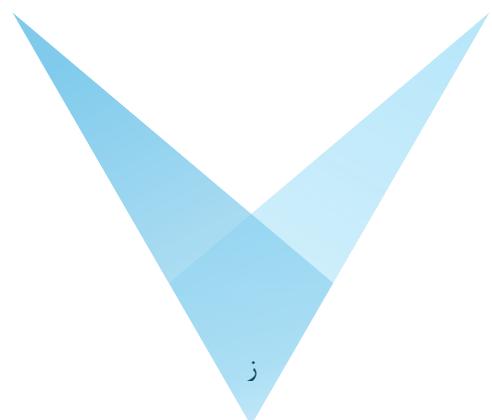
رئیس آزمایشگاه مرجع گروه پژوهشی  
ساختمانی و معدنی، پژوهشگاه استاندارد

ویراستار:  
سامانیان، حمید  
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۵	۴ اساس
۵	۵ تجهیزات
۵	۱-۵ دستگاه آزمون
۵	۲-۵ بارگذاری آزمایشی
۶	۳-۵ کرنش سنج
۶	۴-۵ سامانه ثبت داده‌ها
۶	۵-۵ ریزسنج‌ها
۷	۶ آزمونه‌ها
۱۱	۷ آماده سازی آزمون
۱۱	۱-۷ ماشین‌کاری و آماده سازی
۱۱	۲-۷ تعداد آزمونه‌ها
۱۲	۸ روش آزمون
۱۲	۱-۸ تنظیم آزمون- دیگر شرایط
۱۲	۱-۱-۸ نرخ جابجایی
۱۲	۲-۱-۸ اندازه‌گیری ابعاد آزمونه‌ها
۱۲	۲-۸ روش آزمون
۱۲	۱-۲-۸ مانت کردن نمونه
۱۲	۲-۲-۸ تنظیم کرنش سنج
۱۲	۳-۲-۸ اندازه‌گیری‌ها
۱۳	۳-۸ آزمون تایید
۱۳	۹ محاسبه نتایج
۱۳	۱-۹ آزمون نمونه اصلی
۱۳	۲-۹ استحکام کششی
۱۴	۳-۹ کرنش در ماقزیم نیرو

- ۱۴ ۴-۹ ضریب تناسب یا مدول‌های شبه الاستیک، مدول‌های الاستیک
- ۱۵ ۱۰ گزارش آزمون
- ۱۷ کتابنامه



## پیش‌گفتار

استاندارد «سرامیک‌های ظریف (سرامیک‌های پیشرفته – سرامیک‌های صنعتی پیشرفته) خواص مکانیکی کامپوزیت‌های سرامیکی در دمای محیط در فشار اتمسفر – تعیین خواص کششی» که نخستین بار در سال ۱۳۸۷ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در سیصدو پنجاه و ششمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد مواد معدنی مورخ ۹۹/۵/۲۸ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، 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 ۱۱۴۵۳ : سال ۱۳۸۷ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی/منطقه‌ای 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/منطقه‌ای مزبور است:

ISO 15733: 2015, Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) - Mechanical properties of ceramic composites at ambient temperature in air atmospheric pressure - Determination of tensile properties.

## سرامیک‌های ظریف (سرامیک‌های پیشرفته – سرامیک‌های صنعتی پیشرفته) خواص مکانیکی کامپوزیت‌های سرامیکی در دمای محیط در فشار اتمسفر – تعیین خواص کششی

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین خواص کششی کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی تقویت شده با الیاف یکپارچه در دمای اتاق است. این استاندارد برای کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی تقویت شده با الیاف یکپارچه تک جهته (D-1)، دو جهته (D-2)، سه جهته ( $x \leq D, 2 < x < 3$ ) با بارگذاری در امتداد محور اصلی تقویت شده کاربرد دارد.

یادآوری - در بیشتر موارد، کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در معرض هوا و در دمای بالا با پوشش‌های ضد اکسیداسیونی پوشش داده می‌شوند.

### ۲ مراجع الزامی

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

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها موردنظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

- 2-1 ISO 3611, Geometrical product specifications (GPS) — Dimensional measuring equipment: Micrometers for external measurements — Design and metrological characteristics.
- 2-2 ISO 7500-1:2004, Metallic materials — Verification of static uniaxial testing machines — Part 1: Tension/compression testing machines — Verification and calibration of the force-measuring system.

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌روند:

۱-۳

طول واسنجی شده

**calibrated length**

۱

بخشی از آزمونه که دارای سطح مقطع یکنواخت و حداقل سطح مقطع است.

۲-۳

طول سنجه

$L_0$

**gauge length**

فاصله اولیه بین نقاط مرجع بر روی آزمونه در طول واسنجی شده است.

۳-۳

سطح مقطع اولیه

**initial cross-section area**

$S_0$

سطح مقطع اولیه آزمونه با طول واسنجی شده است.

۴-۳

سطح مقطع موثر

**effective cross-section area**

$S_{0\text{off}}$

مساحت کل تصحیح شده به وسیله یک فاکتور به دلیل وجود پوشش است.

۵-۳

تغییر شکل طولی

**longitudinal deformation**

$A$

افزایش طول اندازه‌گیری بین نقاط مرجع تحت نیروی کششی است.

۶-۳

تغییر شکل طولی تحت نیروی ماکزیمم کششی

**longitudinal deformation under maximum tensile force**

$A_m$

افزایش طول اندازه‌گیری بین نقاط مرجع تحت نیروی ماکزیمم کششی است.

۷-۳

کرنش کششی

**tensile strain**

□

تغییر نسبی در طول سنجه که به صورت نسبت  $A/L_0$  تعریف می‌شود.

۸-۳

تنش کششی تحت نیروی ماکزیمم

$\epsilon_m$

**tensile strain under maximum force**

تغییر نسبی در طول سنجه به صورت نسبت  $A_m/L_0$  تعریف می‌شود.

۹-۳

تنش کششی

$\sigma$

**tensile stress**

نیروی کششی اعمالی بر آزمونه تقسیم بر مساحت سطح مقطع اولیه است.

۱۰-۳

تنش کششی موثر

$\sigma_{eff}$

**effective tensile stress**

نیروی کششی اعمالی بر آزمونه تقسیم بر مساحت سطح مقطع موثر است.

۱۱-۳

### نیروی کششی ماکزیمم

$F_m$

#### maximum tensile force

ماکزیمم نیروی کششی ثبت شده در آزمون کشش بر روی آزمونه در زمان وقوع شکست است.

۱۲-۳

### مقاومت کششی

$\sigma_m$

#### tensile strength

نسبت ماکزیمم نیروی کششی بر سطح مقطع اولیه است.

۱۳-۳

### مقاومت کششی موثر

$\sigma_{m\ eff}$

#### effective tensile strength

نسبت ماکزیمم نیروی کششی بر سطح مقطع موثر است.

۱۴-۳

### ضریب تناسب یا مدول شبہ الاستیک

$EP$

#### proportionality ratio or pseudo-elastic modulus

شیب بخش خطی منحنی تنش - کرنش در صورت وجود است.

یادآوری - بررسی منحنی های تنش - کرنش برای کامپوزیت های زمینه سرامیکی امکان تعریف موارد زیر را فراهم می کند:

الف - مواد با یک دامنه خطی اولیه در منحنی تنش - کرنش.

برای کامپوزیت های زمینه سرامیکی که دارای رفتاری مکانیکی هستند که مشخصه آن یک مقطع خطی ابتدایی است، نسبت تناسب به صورت معادله زیر است:

$$EP(\sigma_1, \sigma_2) = \frac{(\sigma_2 - \sigma_1)}{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)} \quad (1)$$

که در آن  $(\sigma_1, \sigma_2)$  نزدیک حد پایینی و بالای بخش خطی منحنی تنش - کرنش قرار می‌گیرند. ضریب تناسب یا مدول شبیه الاستیک، مدول الاستیک، E، تنها در ناحیه نزدیک مبدأ به صورت خطی شروع می‌شود.

ب- مواد با منحنی تنش-کرنش غیر خطی تنها در این مورد تنش و کرنش می‌تواند ثابت باشد.

### ۱۵-۳

#### نسبت تناسب موثر (مدول الاستیک موثر)

$$EP_{eff}$$

##### effective proportionality ratio

شیب بخش خطی منحنی تنش - کرنش در صورتی که تنش کشنی موثر مورد استفاده قرار گیرد.

### ۱۶-۴ اساس

آزمون، آزمونه با ابعاد مشخص تحت بارگذاری قرار می‌گیرد. آزمون با سرعت جابجایی ثابت و یا سرعت تغییر شکل ثابت (یا نرخ بارگذاری ثابت) انجام می‌شود. نیرو و تغییر شکل‌های طولی به صورت همزمان اندازه‌گیری و ثبت می‌شوند.

یادآوری - استفاده از نرخ بارگذاری ثابت تنها زمانی که شکست ماده به طور خطی است، تنها یک منحنی کشنی معتبر ایجاد می‌کند.

### ۱۷-۵ تجهیزات

#### ۱-۵ دستگاه آزمون

دستگاه آزمون باید مجهز به یک سامانه برای اندازه‌گیری نیروی اعمال شده بر روی آزمونه مطابق با نوع ۱ یا بهتر بر اساس استاندارد ISO 17004:2004 باشد.

#### ۲-۵ بارگذاری آزمایشی

باید اطمینان حاصل شود که بار اعمالی توسط لود سل<sup>۱</sup> و باری که به نمونه وارد می‌شود یکسان باشد. بارگذاری باید در راستای مستقیم محور نمونه بدون ایجاد خمش یا پیچش باشد. نتایج باید با روش شرح داده شده در استاندارد ISO17161 (بند [۲] کتابنامه) تایید و مستند شوند.

1 -Load cell

بیشترین درصد خمی نباید بیشتر از ۵ درصد میانگین  $10^{\circ} \times 500$  کرنش باشد. طراحی گیره باید طوری باشد که از لغزش نمونه جلوگیری کند.

یادآوری - انتخاب سامانه گیره به مواد، طراحی آزمونه و شرایط بستگی دارد.

### ۳-۵ کرنش سنج

کرنش سنج باید قادر به ثبت مداوم تغییر شکل طولی در دمای آزمایش و تطبیق با تغییر شکل کوچک باشد. برای کرنش سنج مکانیکی، رده کرنش سنج باید کمتر یا مساوی ۲ باشد (به استاندارد ISO 9513 بند [۳] کتابنامه مراجعه کنید).

استفاده از کرنش سنج با طول سنجه بزرگ‌تر پیشنهاد می‌شود.

طول سنجه باید فاصله طولی بین دو مکان باشد که در آن میله‌های کرنش سنج با آزمونه تماس پیدا می‌کنند.

طول اندازه‌گیری باید فاصله طولی بین دو نقطه‌ای باشد که میله‌های کرنش سنج با آزمونه تماس دارند. بهتر است دقیق شود تا تغییرات در واسنجی کرنش سنج که ممکن است در نتیجه انجام تحت شرایط متفاوت از واسنجی رخ دهد، اصلاح شود.

اگر از یک کرنش سنج نوری الکترو-اپتیکی استفاده شود، اندازه‌گیری‌های نوری الکتریکی در انتقال، به علامت‌های مرجع روی نمونه آزمایش نیاز دارند. برای این منظور، میله‌ها یا نشان‌گرها باید به صورت عمود بر محور خود به سطح متصل شوند. طول سنجه باید فاصله بین دو علامت مرجع باشد. مواد مورد استفاده برای علامت‌گذاری (و چسب در صورتی که مورد استفاده قرار گیرند) باید با مواد آزمونه سازگار باشند و میدان تنش در آزمونه را اصلاح نکنند.

استفاده از نشان‌گر جدانشدنی به عنوان قسمت‌هایی از آزمونه به دلیل تمرکز تنش ناشی از چنین ویژگی‌هایی توصیه نمی‌شود.

کرنش سنج الکتریکی-نوری در حالتی که امکان تشخیص رنگ علامت مرجع و نمونه آزمایش وجود ندارد توصیه نمی‌شود.

### ۴-۵ سامانه ثبت داده‌ها

ثبت کننده واسنجی شده برای ثبت منحنی تغییر شکل نیرو ممکن است استفاده شود. استفاده از یک سیستم ثبت داده دیجیتالی توصیه می‌شود.

### ۵-۵ ریزسنج‌ها

ریزسنج‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری ابعاد آزمونه باید با استاندارد ISO 3611 مطابقت داشته باشد.

## ۶ نمونه‌های آزمون

۱-۶ انتخاب شکل آزمونه به متغیرهای زیر بستگی دارد:

- ماهیت مواد و ساختار تقویت شده؛

- نوع سامانه گیره.

طول کلی  $l_t$  به نوع دستگاه، نوع گیره و نوع کرنش سنج دارد. توصیه می‌شود طول کلی مورد استفاده، حداقل  $100\text{ mm}$  باشد.

مقدار طول سنجه باید معرف ماده باشد.

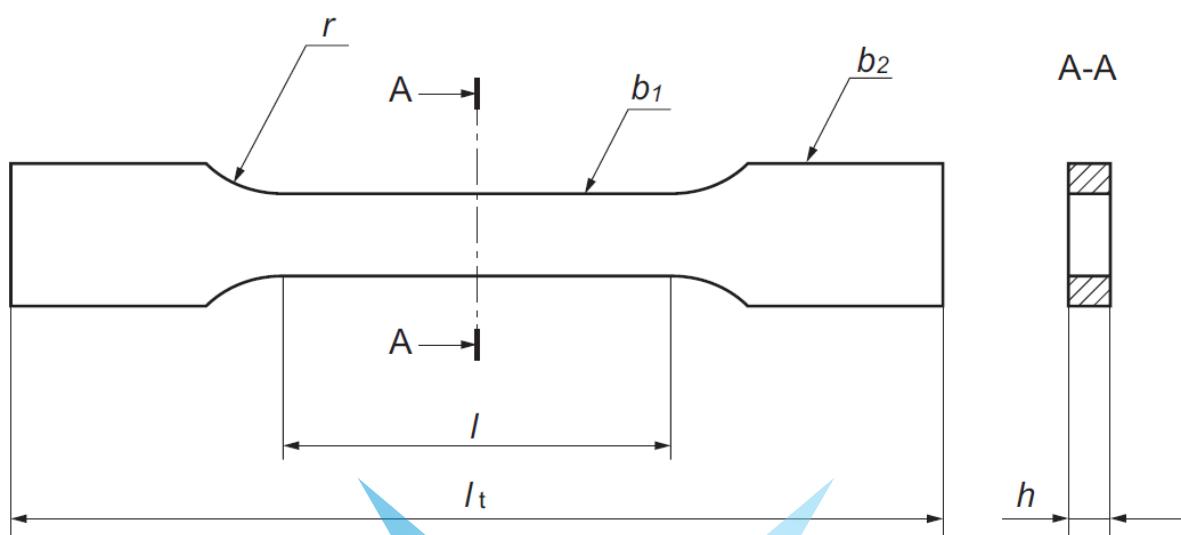
دونوع نمونه می‌تواند متمایز شود:

- آزمونهای ساخته شده، که در آن فقط طول و عرض ماشین‌کاری شده تا به اندازه مناسب برسند، در صورتی که دو صورت نمونه یک سطح نامنظم داشته باشند؛

- که در آن طول و عرض و همچنین دو طرف نمونه ماشین‌کاری شده‌اند.

رواداری ضخامت فقط برای آزمونهای ماشین‌کاری شده است. برای آزمونهای ساخته شده با ضخامت‌های مختلف، اندازه‌گیری (مرکز و انتهای هر طول سنجه) نباید بیشتر از ۵ درصد میانگین سه اندازه‌گیری باشد.

۲-۶ آزمونه نوع ۱ در شکل ۱ و ابعاد آن در جدول ۱ ارایه شده است.



شکل ۱- شکل هندسی آزمونه نوع ۱

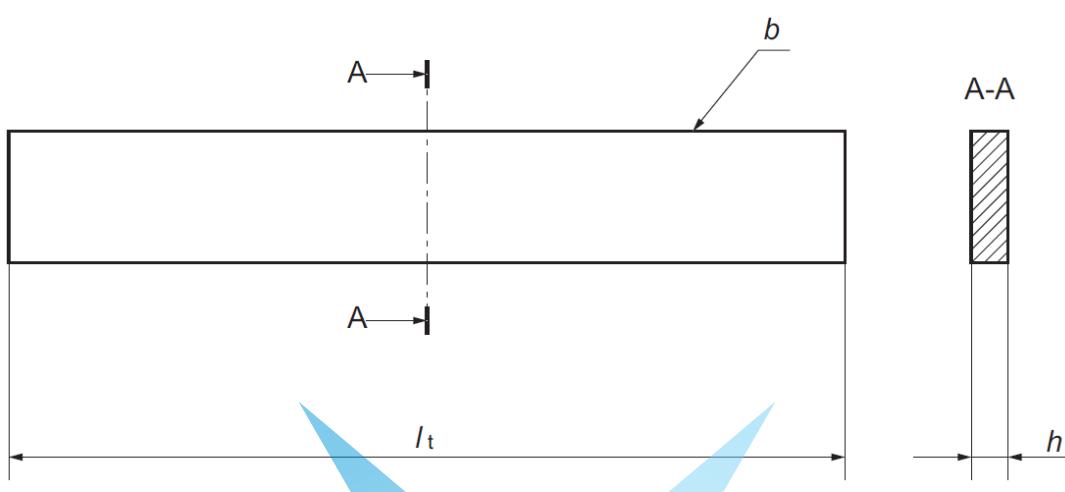
جدول ۱- ابعاد آزمونه نوع ۱

ابعاد mm		متغیر
$\pm 0.5$	۱۰۰ ≤	$l_t$ , طول کلی
$\pm 0.2$	۴۰ ≤	$l$ , طول واسنجی شده
$\pm 0.2$	۳ ≤	$h$ , ضخامت
$\pm 0.2$	۸ ≤	$b_1$ , پهنا در طول واسنجی شده
$\pm 0.2$	۱۰ ≤	$b_2$ , پهنا
$\pm 2$	۳۰ ≤	$r$ , شعاع خمیدگی
-	۰.۰۵	میزان توازن اجزاء ماشین کاری شده

نوع ۲، آزمونه یک طرفه است که در شکل ۲ نشان داده شده و ابعاد آن در جدول ۲ ارایه شده است.

یادآوری- این آزمونه برای دستگاه راحت و برای تعیین مدول‌ها از آن استفاده می‌شود.

۳-۶ آزمونه ۲ نباید برای اندازه‌گیری مقاومت مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۲- شکل هندسی آزمونه نوع ۲

جدول ۲- ابعاد آزمونه نوع ۲

ابعاد mm		متغیر
$\pm 0.2$	$3 \leq$	$h$ , ضخامت
$\pm 0.2$	$10 \leq$	$b$ , پهنای
-	$0.05$	میزان توازن اجزاء ماشین کاری شده

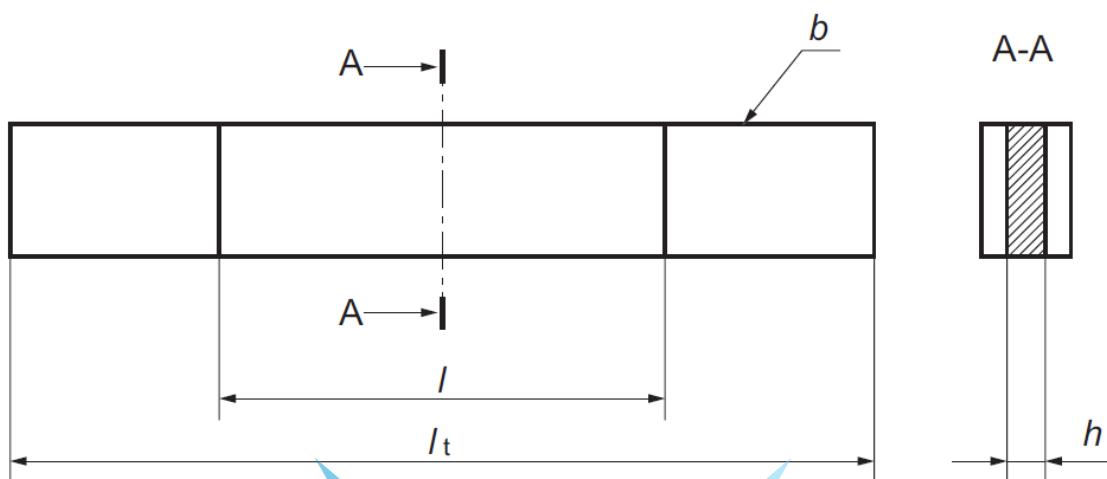
۴-۶ نوع ۳ یک نمونه یک طرفه مجهز به زبانه است.

دو نوع زبانه که طول گیره را پوشش می دهند می توانند مورد استفاده قرار گیرد.

الف- زبانه های فلزی یا کامپوزیتی که به آزمونه پیوند داده شده باشد. ابعاد در جدول ۳ و شکل هندسی آزمونه در شکل ۳ نشان داده است.

این نوع آزمونه اصولا برای مواد به صورت یک ، دو و چند بعدی ( $3 \leq x \leq 2$ ) استفاده می شود.

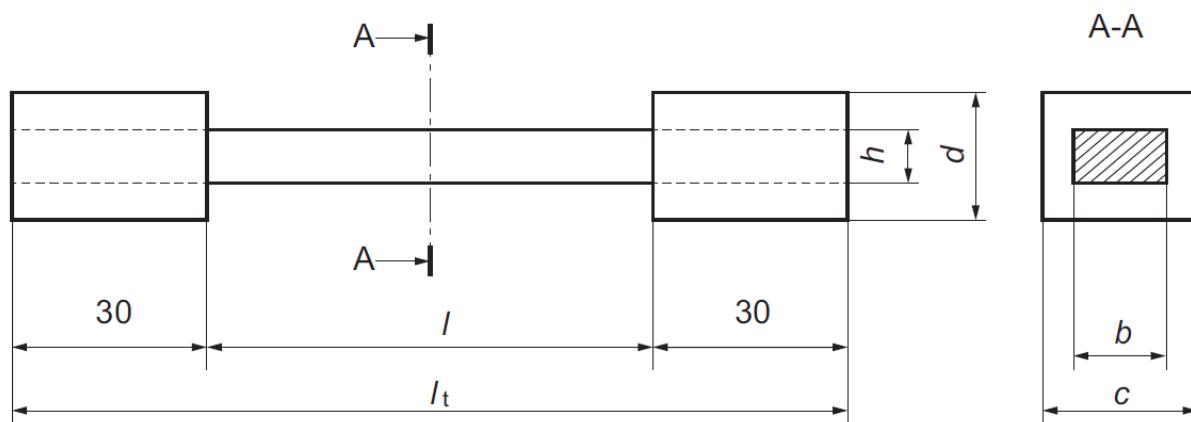
ب- زبانه های پلیمری برای روی قالب نمونه. ابعاد در جدول ۴ و شکل هندسی آزمونه در شکل ۴ نشان داده شده است. این نوع از آزمونه ها برای مواد ۳ بعدی مورد استفاده قرار می گیرند.



شکل ۳- شکل هندسی آزمونه نوع ۳

جدول ۳ - ابعاد آزمونه نوع ۳

ابعاد mm		متغیر
$\pm 0.5$	$100 \leq$	$l_t$ , طول کلی
$\pm 0.2$	$40 \leq$	$l$ , طول واسنجی شده
$\pm 0.2$	$30 \leq$	طول زبانه
$\pm 0.2$	$3 \leq$	$h$ , ضخامت
$\pm 0.2$	$10 \leq$	$a$ , پهنای زبانه
-	$0.05$	میزان توازن اجزاء ماشین کاری شده
یادآوری - عموماً ضخامت زبانه‌ها بین ۱mm تا ۳mm است.		



شکل ۴ - شکل هندسی آزمونه نوع ۴



## جدول ۴- ابعاد آزمونه نوع ۴

متنغير		ابعاد mm
$l_t$ , طول کلی	$100 \leq$	$\pm 0,5$
$l$ , طول واسنجی شده	$40 \leq$	$\pm 0,2$
زبانه ها	$c \times d \times 30$	$\pm 0,2$
$h$ , ضخامت	$3 \leq$	$\pm 0,2$
$b$ , پهنا	$10 \leq$	$\pm 0,2$
میزان توازن قسمتهای ماشین کاری شده	$0,05$	-
یادآوری - c و d تعیین شده ضخامت پلیمر در هر طرف آزمونه حداقل ۳mm می باشد.		

۵-۶ آزمونه نوع ۴: تمام آزمونهای طراحی شده برای آزمون دمای بالا (به استاندارد ISO 14574 بند [۱] کتابنامه مراجعه شود) را می توان برای آزمون دمای محیط استفاده کرد.

یادآوری - مرسوم است که در هنگام آزمون مواد در دمای بالا و انجام این کار، نتایج در دمای اتاق بدست آید. با این حال هزینه آزمون برای آزمونهای دمای بالا به طور کلی بسیار بالاتر است، و این نوع آزمون زمانی که تنها خواص دمایی محیطی مورد نیاز باشد مورد استفاده قرار نمی گیرند.

## ۷ آماده سازی آزمونه

## ۱-۷ ماشین کاری و آماده سازی

در حین برش، محور آزمونه با محور بارگیری با دقت تطبیق داده شود.

پارامترهای ماشین کاری که از آسیب رساندن به مواد جلوگیری می کنند باید تعیین و مستند شوند. این پارامترها باید در طول آماده سازی آزمونه رعایت شوند.

## ۲-۷ تعداد آزمونه ها

حداکثر پنج نتیجه آزمون معتبر، همانطور که در زیر بند ۸-۳ مشخص شده است، برای هر شرط لازم است

## ۸ روش انجام آزمون

### ۱-۸ تنظیم آزمون- دیگر شرایط

#### ۱-۱-۸ نرخ جابجایی

نرخ جابجایی که اجازه قطع آزمونه در ۱ دقیقه را می‌دهد مورد استفاده قرار می‌گیرد. نرخ جابجایی و حالت بارگذاری باید گزارش شود.

#### ۲-۱-۸ اندازه‌گیری ابعاد آزمونه

سطح مقطع در مرکز نمونه و در هر انتهای درجه اندازه‌گیری می‌شود.

ابعاد باید با دقت  $1mm \pm 0.01$  اندازه‌گیری شوند. این اندازه‌گیری‌ها باید برای محاسبات مورد استفاده قرار گیرند.

اگر آزمونه دارای نشان‌گر بود، طول سنجه مورد استفاده در دمای اتاق باید دارای دقت  $\pm 1\%$  باشد.

## ۲-۸ روش آزمون

### ۱-۲-۸ مانت کردن نمونه

آزمونه باید در سامانه گیره که محور طولی آن منطبق با دستگاه آزمون باشد، نصب شود. باید مراقبت به عمل آید تا باز به صورت خمشی یا پیچشی القا نشود.

### ۲-۲-۸ نصب کرنش سنج

نصب کرنش سنج را در طول مرکز با محور نمونه آزمایش نصب کرده و با صفر تنظیم کنید.

### ۳-۲-۸ اندازه‌گیری

- صفر کردن لود سل؛

- صفر کردن کرنش سنج؛

- ثبت نیرو در اثر تغییر شکل طولی؛

- اعمال بار بر آزمونه.

### ۳-۸ آزمون تایید

الزمات زیر یک آزمون را تایید نمی کند:

- شکست نمونه و ثبت شرایط آزمون؛

- لغزش نمونه؛

- لغزش کرنش سنج.

در مورد لغزش کرنش سنج، آزمون به جز برای حداکثر نیروی کششی ( $F_m$ ) بی اعتبار می گردد.

### ۹ محاسبه نتایج

#### ۱-۹ آزمون نمونه اصلی

نموداری که جهت تقویت مواد را با توجه به محور طولی نمونه نشان می دهد، باید نتایج آزمون داشته باشد.

#### ۲-۹ استحکام کششی

محاسبات استحکام کششی با استفاده از معادله های (۱) و (۲) به دست می آید:

$$\sigma_m = \frac{F_m}{S_o} \quad (1)$$

$$\sigma_{m\text{eff}} = \frac{F_m}{S_{o\text{eff}}} \quad (2)$$

که در آن ها:

$\sigma_m$  استحکام کششی در دمای اتاق از سطح مقطع اولیه  $S_o$ ، بر حسب MPa

$\sigma_{m\text{eff}}$  استحکام کششی در دمای اتاق از سطح مقطع موثر  $S_{o\text{eff}}$ ، بر حسب MPa

$F_m$  ماكزيمم نیروی کششی اعمالی بر حسب نيوتن؛

$S_o$  سطح مقطع اولیه نمونه بر حسب mm<sup>2</sup>؛

$S_{o\text{eff}}$  سطح مقطع موثر آزمونه که لایه محافظتی اکسیداسیونی آن تصحیح شده است، بر حسب mm<sup>2</sup> می باشد.

هنگامی که از ناحیه سطح مقطع موثر استفاده می شود، ضریب تصحیح کاربردی باید در گزارش آزمون مورد تایید قرار گیرد.

#### ۳-۹ کرنش در ماكزيمم نیروی کششی

$$\varepsilon_m = \frac{A_m}{L_0} \quad (3)$$

که در آن:

$\square_m$  کرنش در ماکریم نیروی کششی؛

$A_m$  تغییر شکل طولی در ماکریم نیروی کششی بر حسب mm که توسط کرنش سنج اندازه‌گیری می‌شود؛  
 $L_0$  طول سنجه بر حسب mm

#### ۴-۹ نسبت تناسب یا مدول شبیه الاستیک، مدول الاستیک

۴-۹-۱ ضریب تناسب یا مدول شبیه الاستیک  $EP$  بین دو نقطه  $(A_1, F_1)$  و  $(A_2, F_2)$  در نزدیکی محدوده پایین تر و بالایی بخش خطی شکل تغییر شکل نیرو اندازه‌گیری می‌شود:

$$EP(\sigma_1, \sigma_2) = \frac{L_0}{S_0} \left( \frac{F_2 - F_1}{A_2 - A_1} \right) \times 10^{-3} \quad (4)$$

$$EP_{eff}(\sigma_1, \sigma_2) = \frac{L_0}{S_{0\ eff}} \left( \frac{F_2 - F_1}{A_2 - A_1} \right) \times 10^{-3} \quad (5)$$

که در آن :

مدول شبیه الاستیک بر حسب GPa است؛  $EP$

مدول شبیه الاستیک موثر بر حسب GPa است؛  $EP_{eff}$

نیروی کششی اعمالی بر آزمونه بر حسب N؛  $F$

سطح مقطع اولیه آزمونه بر حسب mm<sup>2</sup>؛  $S_0$

سطح مقطع موثر آزمونه که لایه محافظتی اکسیداسیونی آن تصحیح شده است، بر حسب mm<sup>2</sup>؛  $S_{0\ eff}$

طول سنجه در دمای اتاق بر حسب mm؛  $L_0$

تغییر شکل طولی در اثر اعمال نیروی F بر حسب mm؛  $A$

۴-۹-۲ در جایی که ماده یک رفتار خطی در مبدأ دارد، مدول الاستیک مطابق با بیان زیر را محاسبه می-  
کند:

$$E = \frac{FL_0}{S_0 A} \times 10^{-3} \quad (6)$$

$$E_{eff} = \frac{FL_0}{S_{0\ eff} A} \times 10^{-3} \quad (7)$$

که در آن‌ها:

مدول الاستیک بر حسب GPa است؛  $E$

مدول الاستیک موثر بر حسب GPa است؛  $E_{eff}$

نیروی کششی اعمالی بر آزمونه بر حسب N؛  $F$

سطح مقطع اولیه آزمونه بر حسب mm<sup>2</sup>؛  $S_o$

سطح مقطع موثر آزمونه که لایه محافظتی اکسیداسیونی آن تصحیح شده است، بر حسب mm<sup>2</sup>؛  $S_{o\ eff}$

طول سنجه در دمای اتاق بر حسب mm؛  $L_o$

تغییر شکل طولی در اثر اعمال نیروی F بر حسب mm.  $A$

هر نقطه (A, F) در بخش خطی از تغییر شکل نیرو می‌تواند برای تعیین آن استفاده شود.

۴-۳-۶ برای مواد با مقطع غیر خطی در منحنی تنش-کرنش، توصیه می‌شود که از زوج‌های دارای مقدار کرنش فشاری متناظر با تنش‌های  $\sigma_m / 1$  و  $\sigma_m / 5$  استفاده شود، مگر اینکه زوج‌های دیگر با توافق بین طرفین ثابت شوند.

## ۱۰ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- نام و آدرس موسسه آزمون کننده:

ب- تاریخ آزمون، کارت شناسایی منحصر به فرد گزارش و از هر صفحه، نام و آدرس مشتری و امضا کننده آن؛

پ- ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

ت- طراحی قطعه آزمون یا مرجع؛

ث- شرح مواد آزمون (نوع ماده، کد تولید، شماره بچ)؛

ج- نرخ اعمال بار، نرخ جابجایی؛

چ- تعداد آزمون‌های انجام شده و تعداد نتایج معتبر بدست آمده است؛

ح- ثبت تغییر شکل طولی در اثر نیرو؛

خ- نتایج معتبر، مقادیر میانگین و انحراف استاندارد مقاومت کششی، کرنش کششی در حداقل نیروی کششی؛ مدول الاستیک (شبه) مدول الاستیک؛

- د- مقدار ضریب تصحیح در زمانی به کار گرفته می‌شود که سطح مقطع عرضی موثر مورد استفاده قرار می- گیرد و روش آن به دست می‌آید؛
- ذ- موقعیت شکست همه نمونه‌ها برای به دست آوردن نتایج بالا .

## کتابنامه

- [1] ISO14574, Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) - Mechanical properties of ceramic composites at high temperature - Determination of tensile properties
- [2] ISO 17161, Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) — Ceramic composites — Determination of the degree of misalignment in uniaxial mechanical tests
- [3] ISO 9513, Metallic materials — Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing
- [4] BRESSERS. J. (ed) HTMTC. A code of practice for the measurement of misalignment induced bending in uniaxially loaded tension-compression test pieces. JRC institute for Advanced Materials, ISBN 92- 826-9681-2, EUR 16138 EN. (1995). pieces. JRC institute for Advanced Materials, ISBN 92-826- 9681-2, EUR 16138 EN. ( 1995)