



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۲۳۹۶

تجدید نظر اول

۱۳۹۴

**INSO**

**12396**

**1st. Revision**

**2016**

دندانپزشکی - مواد سرامیکی -  
ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

**Dentistry — Ceramic materials  
Specifications and Test Methods**

**ICS:11.060.10**

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۱۳۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر یافته و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۱۳۹۰/۷/۲۴ 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 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، مصرف کنندگان، 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 می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته 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 در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت 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 شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> 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 بین المللی بهره گیری می شود.

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 استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، 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، گواهینامه 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  
«دندانپزشکی - مواد سرامیکی - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون»

**رئیس:**

حسن حقیقی فرد، مریم  
(دکترای دندانپزشکی)

**دبیر:**

ذاکر حمیدی، محمد صادق  
(دکترای شیمی فیزیک)

**اعضاء:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

بهروزیان، احمد  
(دکترای دندانپزشکی، ارتودنسی)

پدرام، حامد  
(دکترای دندانپزشکی)

عضو هیأت مدیره انجمن دندانپزشکان  
عمومی ایران

جلالی، امید  
(دکترای دندانپزشکی، ایمپلنت)

عضو انجمن دندانپزشکان ایران

زارعی، محمود  
(دکترای شیمی کاربردی)

عضو هیأت علمی دانشکده شیمی دانشگاه  
تبریز

زمان، جمشید  
(دکترای دندانپزشکی)

عضو هیأت مدیره انجمن دندانپزشکان  
عمومی ایران

شهنی زاده، باقر  
(دکترای دندانپزشکی)

رئیس هیأت مدیره انجمن دندانپزشکان  
عمومی ایران

صدقی، لیلا  
(دکترای دندانپزشکی)

عضو هیأت مدیره انجمن دندانپزشکان  
عمومی ایران

عضو هیأت مدیره انجمن دندانپزشکان عمومی ایران	عطایی، لیلا (دکترای دندانپزشکی)
عضو انجمن دندانپزشکان ایران	عظیمی، شهرام (دکترای دندانپزشکی، اندودونسی)
کارشناس مسئول اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی	قدیمی کلجاهی، فریده (کارشناسی ارشد شیمی)
مدیر عامل شرکت خدمات مهندسی سرمد تبریز	قیصری، تقی (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)
پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ	قاسمی، ابراهیم (دکترای مواد-سرامیک)
مسئول آزمایشگاه NMR دانشکده شیمی دانشگاه تبریز	کبیری، رویا (دکترای شیمی)
مدیر آزمایشگاه شرکت آسیاناما	منافیان، فاطمه (کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی)
عضو هیات علمی دانشکده شیمی دانشگاه تبریز	نجار، رضا (دکترای شیمی)
سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران	نیک‌آیین، زیبا (دکترای بیومکانیک مهندسی پزشکی)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۶	۴ انواع، طبقه‌ها و شناسایی آن‌ها
۸	۵ الزامات
۹	۶ نمونه‌برداری
۹	۷ روش‌های آزمون
۲۱	۸ اطلاعات و دستورالعمل‌ها
۲۱	۹ بسته‌بندی، نشانه‌گذاری و برچسب‌زنی
۲۳	پیوست الف (اطلاعاتی) چقرمگی شکست
۳۱	پیوست ب (اطلاعاتی) آماره‌های ویبول
۳۳	پیوست پ (اطلاعاتی) کتاب‌نامه

## پیش‌گفتار

استاندارد «دندانپزشکی - مواد سرامیکی - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون» نخستین بار در سال ۱۳۸۸ تدوین شد. این استاندارد بر اساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط شرکت کیفیت آفرینان آذر و تایید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در پانصد و بیست و نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۹۴/۱۱/۲۷ تصویب شد. اینک 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.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه 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 تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۳۹۶: سال ۱۳۸۸ است.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 6872: 2015, Dentistry — Ceramic materials

## مقدمه

این استاندارد ملی شامل الزامات ویژه کمی و کیفی برای رهایی از خطرات بیولوژیکی نمی‌باشد و توصیه می‌شود برای ارزیابی خطرات بیولوژیکی یا مسمومیت‌زای احتمالی، به استاندارد ملی شماره ۴۳۰۰ و ISO 7405 مراجعه شود.

## دندانپزشکی - مواد سرامیکی - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین الزامات و روش‌های آزمون مواد سرامیکی دندان‌ی مورد استفاده در ترمیم‌ها و پروتزهای ثابت تمام‌سرامیکی و سرامیکی-فلزی است.

### ۲ مراجع الزامی

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

در مورد مراجع دارای تاریخ چاپ و یا تجدید نظر، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی این مدارک مورد نظر نیست. معیذا بهتر است کاربران ذی‌نفع این استاندارد، امکان کاربرد آخرین اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای مدارک الزامی زیر را مورد بررسی قرار دهند. در مورد مراجع بدون چاپ و / یا تجدید نظر، آخرین چاپ و / یا تجدید نظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸، آب مورد مصرف در آزمایشگاه تجزیه-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۱۸، واژه‌ها و اصطلاحات دندانپزشکی-قسمت ۱: اصطلاحات پایه

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۹۲، واژه‌ها و اصطلاحات دندانپزشکی-قسمت ۲: مواد دندان‌ی

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف به‌کار رفته در استانداردهای ملی ایران شماره ۲۸۱۸ و ۲۸۹۲، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود:

۱-۳ مواد

۱-۱-۳

**addition ceramic**

سرامیک افزایشی

**add-on ceramic**

سرامیک افزودنی

**correction ceramic**

سرامیک اصلاحی

ماده سرامیکی دندان‌ی که در دمای کمتری پخت می‌شود و معمولا برای ترمیم سطوح تماس روی یک ترمیم یا پروتز دندان‌ی به‌کار می‌رود.



۲-۱-۳

**aesthetic ceramic**

**سرامیک زیبایی**

پرسنل دندانی<sup>۱</sup> (طبق بند ۳-۱-۵) یا سرامیک شیشه‌ای<sup>۲</sup> (طبق بند ۳-۱-۱۰) با شفافیت و رنگ مناسب که به منظور شبیه‌سازی خواص نوری دندان طبیعی استفاده می‌شود.

۳-۱-۳

**chromatic dentin ceramic**

**سرامیک عاج رنگی**

سرامیک عاجی که دارای استحکام یا خلوص رنگی بالا می‌باشد.

۴-۱-۳

**dental ceramic**

**سرامیک دندانی**

ماده غیرفلزی و غیرآلی که به طور خاص فرمول‌بندی شده است تا طبق دستورالعمل سازنده در شکل‌دهی بخش یا تمام پروتز یا ترمیم دندانی به کار رود.

۵-۱-۳

**dental porcelain**

**پرسنل دندانی**

ماده‌ای است که اساساً سرامیک دندانی شیشه‌ای (طبق بند ۳-۱-۴) بوده و بیشتر برای زیبایی در پروتز یا ترمیم دندانی به کار می‌رود.

۶-۱-۳

**dentine ceramic**

**سرامیک عاجی**

ماده سرامیک دندانی (طبق بند ۳-۱-۴) که برای شکل‌دهی کلی و رنگ پایه ترمیم یا پروتز دندانی با شبیه‌سازی عاج دندان طبیعی به کار می‌رود.

۷-۱-۳

**enamel ceramic**

**سرامیک مینایی**

ماده سرامیک دندانی (طبق بند ۳-۱-۴) که برای پوشش بخش یا تمام‌سرامیک عاجی (طبق بند ۳-۱-۶) و همچنین ایجاد شفافیت بیشتر در یک‌سوم لبه دندانی<sup>۳</sup> ترمیم یا پروتز دندانی با شبیه‌سازی مینای دندان طبیعی به کار می‌رود.

۸-۱-۳

**flame-sprayed dental ceramic**

**سرامیک دندانی شعله‌پاشی شده**

هسته سرامیکی یا لایه زیرساختاری دندانی که از طریق روش شعله‌پاشی ایجاد شده است.

---

1 - Dental porcelain

2 - Glass ceramic

3 - Incisal

۹-۱-۳

### fluorescent ceramic

### سرامیک فلئوروسانس

ماده سرامیک دندان (طبق بند ۳-۱-۴) که انرژی تابشی را جذب کرده، و آن را به شکل انرژی تابشی با پهنای باند با طول موج متفاوت منتشر می‌کند، که همه یا قسمت بیشتر طول موج ساطع شده از طول موج جذب شده بیشتر است.

مثال: جذب نور ماورای بنفش و نشر نور آبی.

۱۰-۱-۳

### glass ceramic (dental)

### سرامیک شیشه‌ای (دندانی)

ماده سرامیک دندان (طبق بند ۳-۱-۴) که به وسیله عملیات حرارتی روی شیشه به منظور آغاز و رشد یک زیرسازی کریستالی به صورت گسترده یا کلی شکل می‌گیرد.

۱۱-۱-۳

### glass-infiltrated dental ceramic

### سرامیک دندان اشباع شده با شیشه

هسته سرامیک دندان یا لایه زیرسازی متخلخلی که چگالی آن از طریق پر کردن تخلخل‌ها با نوعی شیشه خاص در دمای بالا افزایش داده می‌شود.

۱۲-۱-۳

### glaze ceramic

### سرامیک لعابی

ماده سرامیک دندان (طبق بند ۳-۱-۴) که پوشش داده شده و در مقایسه با سرامیک‌های عاجی (طبق بند ۳-۱-۶) یا سرامیک مینایی (طبق بند ۳-۱-۷) برای ایجاد سطح درزبندی شده منسجم نازکی، در دمای کمتری پخت می‌شود و درجه جلای آن با شرایط پخت تعیین می‌شود.

۱۳-۱-۳

### liner

### آستر

ماده سرامیک دندان (طبق بند ۳-۱-۴) که بر روی تمام زیرسازی‌های سرامیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد و زمینه رنگی ایجاد می‌کند که به کمک آن می‌توان با افزودن عاج یا عاج مات به یک زیبایی کلی دست یافت.

۱۴-۱-۳

### modelling fluid

### مایع مدل‌سازی

مایعی است که به منظور شکل‌دادن یا مدل‌سازی حالت مورد نیاز قبل از پخته شدن، با پودر سرامیکی دندان مخلوط می‌شود.

۱۵-۱-۳

### modifying enamel ceramic

### سرامیک مینایی اصلاح‌کننده

سرامیک مینایی (طبق بند ۷-۱-۳) که برای اصلاح یا در واقع محو کردن خط مرزی ترمیم، برای مثال، خط تماسی که پس از ترمیم باقی می‌ماند، به کار می‌رود و غالباً در دمای پایین‌تر از دمای سرامیک مینایی یا سرامیک عاجی پخته می‌شود.

۱۶-۱-۳

### سرامیک تک‌سنگی

### monolithic ceramic

سرامیک دندان‌دانی (طبق بند ۳-۱-۴) که بخش عمده آن از ماده‌ای همگن ساخته شده است. یادآوری ۱- اعمال لایه نازکی از لعاب (بند ۳-۳-۴) با روش رنگ‌آمیزی مجاز است.

۱۷-۱-۳

### سرامیک عاجی شبه‌مات

### opaque dentine ceramic

ماده سرامیک دندان‌دانی (طبق بند ۳-۱-۴) با کدوری بیشتر از ماده سرامیک عاجی (طبق بند ۳-۱-۶) که هنوز می‌تواند برای کمک به شکل‌دهی کلی و رنگ پایه یک ترمیم یا پروتز دندان‌دانی شبیه‌سازی شده به عاج دندان طبیعی مورد استفاده قرار گیرد.

۱۸-۱-۳

### سرامیک مینایی صدفی

### opalescent enamel ceramic

ماده سرامیک مینایی (طبق بند ۳-۱-۷) که طول‌موج‌های کوتاه نور (مانند آبی) را پراکنده و طول‌موج‌های بلند نور (به عنوان مثال قرمز) را عبور می‌دهد.

۱۹-۱-۳

### سرامیک دندان‌دانی مات

### opaque dental ceramic

ماده سرامیک دندان‌دانی (طبق بند ۳-۱-۴) که هنگامی که مطابق دستورالعمل سازنده بر روی زیرسازی فلزی، اعمال می‌شود، برای چسباندن به سطح فلزی عمل می‌کند. این سرامیک، لایه پس‌زمینه و سطح مشترکی را تشکیل می‌دهد که سرامیک‌های دندان‌دانی دیگر به منظور رسیدن به زیبایی کلی، می‌تواند روی آن افزوده شود.

۲۰-۱-۳

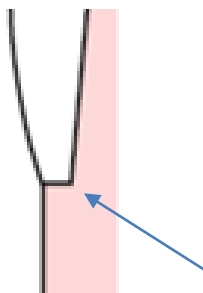
### سرامیک پله دندان

### shoulder ceramic

### سرامیک لبه دندان

### margin ceramic

ماده سرامیک دندان‌دانی (طبق بند ۳-۱-۴) که برای رنگ و شکل‌دهی لبه‌های ترمیم دندان‌دانی یا پروتز برای شبیه‌سازی عاج دندان طبیعی در این نواحی به کار می‌رود.



شکل ۱ - لبه یا پله ایجاد شده روی دندان برای نصب روکش (پروتز یا لامینت)

۲۱-۱-۳

**stain ceramic**

**سرامیک رنگینه‌ای**

پودر یا خمیر سرامیک دندانی که معمولاً دارای شدت رنگی بالایی است و برای استفاده داخلی یا خارجی در حین ساخت ترمیم یا پروتز دندان برای شبیه‌سازی جزئیات درون، یا روی سطحی که در دندان طبیعی یافت می‌شود، فرموله شده است.

۲۲-۱-۳

**substructure (core) dental ceramic**

**سرامیک دندانی زیرسازی (مغزی)**

عمدتاً، مواد سرامیک دندانی چندبلوری که زیرسازی نگهدارنده را روی یک یا چند لایه سرامیک دندانی (طبق بند ۳-۱-۴) یا مواد پلیمر دندانی شکل داده، برای شکل‌دادن موضعی یا کلی ترمیم یا پروتز دندانی به کار می‌رود.

**Processing**

**۲-۳ عمل‌آوری**

۱-۲-۳

**air firing dental ceramic**

**پخت سرامیک دندانی در هوا**

پخت سرامیک‌های دندانی (طبق بند ۳-۱-۴) در فشار اتمسفری محیط است.

۲-۲-۳

**dental CAD/CAM**

**CAD/CAM دندانی**

روش‌های طراحی به کمک کامپیوتر/ ساخت به کمک کامپیوتر (CAD / CAM)<sup>۱</sup> برای ساخت پروتز یا ترمیم دندانی که معمولاً شامل مراحل زیر است:

الف- روبش دیجیتالی مدل، موم‌تشخیصی یا داخل‌دهانی برای ایجاد داده‌های سه‌بعدی از مختصات سطوح داخلی دهان؛

ب- استفاده از داده‌های سه‌بعدی برای طراحی پروتز؛

پ- استفاده از ماشین‌افزار با فرمان کامپیوتری برای انجام فرآیند ساخت.

۳-۲-۳

**condensation of dental ceramic**

**متراکم‌سازی سرامیک دندانی**

عمل‌آوری پودر که به وسیله آن دوغاب پودر سرامیک دندانی برای خارج کردن حباب‌های هوا و فشرده‌سازی پودر قبل از زینتر شدن ارتعاش داده می‌شود.

۴-۲-۳

**سرامیک دندانی قابل تزریق، قابل ریخته‌گری یا قابل پرس‌کاری**

**injectable, castable, or pressable dental ceramic**

---

1 -Computer-aided design/computer-aided manufacture

مادهٔ سرامیک دندان (طبق بند ۳-۱-۴) معمولاً به شکل یک قرص یا شمش کوچک (اغلب از قبل زینتر شده)، که برای استفاده در کورهٔ مخصوص طراحی شده است و امکان تزریق/ریخته‌گری/یا پرس کردن شمش را به درون قالب دقیقی که به روش موم ذوب شونده تهیه شده است، فراهم می‌کند.

۵-۲-۳

**sintering of a dental ceramic**

**زینتر کردن سرامیک دندان**

فرآیندی که در آن سرامیک به شکل پودر فله یا با اندکی فشردگی اولیه تحت فشار مکانیکی یا فشار گاز، و اعمال گرما به شدت فشرده شده و به شکل مورد نیاز درمی‌آید.

یادآوری- در این استاندارد «پختن» و «زینتر کردن» به جای هم به کار می‌رود («پختن» به معنی اعمال حرارت برای زینتر کردن است).

۶-۲-۳

**vacuum firing dental ceramic**

**پخت سرامیک دندان در خلأ**

پخت سرامیک‌های دندان (طبق بند ۳-۱-۴) در فشار کم (یعنی در خلأ) برای دستیابی به چگالی مورد نیاز و ویژگی‌های ظاهری لازم، به‌ویژه درجهٔ ماتی است.

یادآوری- برای جلوگیری از احتباس حباب، سرامیک‌های دندان، برای پخت در خلأ، دارای توزیع دانه‌بندی خاصی هستند.

۳-۳-۳ خواص

۱-۳-۳

**class of dental ceramic**

**ردهٔ سرامیک دندان**

رده‌بندی مادهٔ سرامیک دندان (طبق بند ۳-۱-۴)، بر حسب کارکرد مورد نظر آن است.

۲-۳-۳

**fracture toughness**

**چقرمگی شکست**

پارامتر مکانیکی متداول شکست که بیانگر مقاومت یک ماده در برابر گسترش ترک (انتشار ترک) است.

۳-۳-۳

**glass transition temperature**

**دمای انتقال شیشه**

نقطهٔ میانی تقریبی که در دمای بیشتر از آن، رفتار شیشه‌ها مابین رفتار الاستیک و ویسکوالاستیک تغییر کرده و این نقطه با تغییر ناگهانی ضریب انبساط حرارتی قابل تشخیص است.

۴-۳-۳

**glaze**

**براق بودن**

ظاهر سطحی به دست آمده هنگامی که جلا از نظر بالینی و زیبایی قابل قبول است.

#### ۴ انواع، رده‌ها و شناسه‌های آن‌ها

برای اهداف این استاندارد، سرامیک‌های دندان به دو نوع کدگذاری می‌شوند.

الف- نوع ۱: محصولات سرامیکی که به صورت پودر، خمیر یا گرد تهیه می‌شوند.

ب- نوع ۲: تمامی اشکال دیگر محصولات سرامیکی.

سرامیک‌ها بر اساس مصرف بالینی مورد نظر، طبق توضیحات ارائه شده در جدول ۱ به پنج رده تقسیم می‌شوند. در صورتی که برای مشخص کردن نوع سرامیک، به آن رنگ افزودنی اضافه شود، کدگذاری رنگی ارائه شده در جدول ۲ توصیه می‌شود.

جدول ۱- رده‌بندی سرامیک‌ها برای پروتزهای ثابت بر اساس استفاده بالینی مورد نظر با خواص مکانیکی و شیمیایی مورد نیاز

رده	موارد کاربرد بالینی توصیه شده	خواص مکانیکی و شیمیایی	
		مقدار حداقل استحکام خمشی میانگین (MPa) (به بند ۷-۳-۱-۴ مراجعه کنید).	حلالیت شیمیایی ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )
۱	الف- سرامیک تک‌سنگی برای پروتزهای قدامی تکی، روکش‌ها، روکاشت‌ها <sup>۱</sup> ، یا توکاشت‌های <sup>۲</sup> چسبانده شده با سیمان ب- سرامیک برای پوشاندن قاب فلزی یا زیرسازی سرامیکی	۵۰	<input type="checkbox"/> ۱۰۰
		۵۰	<input type="checkbox"/> ۱۰۰
۲	الف- سرامیک تک‌سنگی برای پروتزهای قدامی یا خلفی تکی چسبانده شده با سیمان ب- سرامیک زیرسازی پوشش‌داده شده کلی یا جزئی برای پروتزهای قدامی یا خلفی تکی چسبانده شده با سیمان	۱۰۰	<input type="checkbox"/> ۱۰۰
		۱۰۰	<input type="checkbox"/> ۲۰۰۰
۳	الف- سرامیک تک‌سنگی برای پروتزهای جلویی یا عقبی تکی و برای پروتزهای سه‌تایی بدون ترمیم مولر (آسیا) سیمانی چسبی یا بدون چسب ب- سرامیک زیرسازی به طور کامل یا جزئی پوشش‌داده شده برای پروتزهای جلویی یا عقبی تک‌واحدی و برای پروتزهای سه‌تایی بدون ترمیم مولر (آسیا) سیمانی چسبی یا بدون چسب	۳۰۰	<input type="checkbox"/> ۱۰۰
		۳۰۰	<input type="checkbox"/> ۲۰۰۰
۴	الف- سرامیک تک‌سنگی برای پروتزهای سه‌تایی شامل ترمیم مولر (آسیا) ب- سرامیک زیرسازی پوشش‌داده شده برای پروتزهای سه‌واحدی شامل ترمیم مولر (آسیا)	۵۰۰	<input type="checkbox"/> ۱۰۰
		۵۰۰	<input type="checkbox"/> ۲۰۰۰
۵	سرامیک تک‌سنگی برای پروتزهای شامل زیرسازی به طور کامل یا جزئی پوشش‌داده کلی یا جزئی برای ۴ واحد یا بیشتر یا زیرسازی پوشش‌داده شده به طور کامل برای پروتزهای شامل چهار واحد یا بیشتر	۸۰۰	<input type="checkbox"/> ۱۰۰

<sup>۱</sup> Onlay  
(آن‌لی) ترمیم پیش‌ساخته در لابراتوار که روی سطح جونده چسبانده می‌شود

<sup>۲</sup> Inlay  
(این‌لی) ترمیم پیش‌ساخته از فلز یا پوسلن که در داخل حفره دندان قرار می‌گیرد و با سیمان چسبانده می‌شود.

جدول ۲- کدگذاری رنگی توصیه شده برای شناسایی پودرهای سرامیکی دندانانی نوع ۱

کدگذاری رنگی	ماده
صورتی	سرامیک عاجی
آبی	سرامیک مینایی
زرد	سرامیک فلئورسنت
نارنجی	سرامیک عاجی پررنگ
آبی-سبز	سرامیک عاجی مات
بنفش	سرامیک عاجی اصلاح کننده (مانند مات، شفاف)

## ۵ الزامات

### ۱-۵ یکنواختی

رنگدانه(های) غیرآلی مورد استفاده برای ایجاد رنگ سرامیک‌های دندانانی پخت شده و هر رنگزای آلی دیگر (برای کدگذاری رنگ) باید به طور یکنواخت در سراسر ماده سرامیکی دندانانی پخش شده باشد و در محصولات سرامیکی پودری، هنگامی که پودر بر اساس روش توصیف شده در بند ۷-۱-۳ مخلوط شده و به صورت چشمی بازرسی می‌شود، هیچ‌گونه جداشدگی نباید در رنگدانه(ها) روی دهد.

### ۲-۵ عاری بودن از مواد خارجی

۱-۲-۵ مواد سرامیکی دندانانی هنگامی که به صورت چشمی ارزیابی می‌شوند، باید از هرگونه مواد خارجی عاری باشند.

۲-۲-۵ مواد سرامیکی دندانانی نباید شدت اکتیویته‌ای بیش از  $1,0 \text{ Bq.g}^{-1}$  اورانیوم ( $^{238}\text{U}$ ) داشته باشند. آزمون را مطابق بند ۷-۲-۲ انجام دهید.

۳-۲-۵ توصیه می‌شود مواد رنگزای مورد استفاده برای کدگذاری رنگ پودر سرامیکی، مطابق جدول ۲، از مواد آلی با کیفیت خوراکی باشد.

### ۳-۵ خواص مخلوط شدن و تغلیظ سرامیک‌های نوع ۱

هنگامی که پودر سرامیکی دندانانی بر اساس بند ۷-۱-۳ با آب یا سیال مدلسازی مطابق توصیه سازنده، مخلوط می‌شود، به هنگام بازرسی چشمی نباید هیچ‌گونه کلوخه یا دانه تشکیل شود.

خمیر آماده شده برای ساخت ترمیم‌ها و پروتزهای تعیین شده، باید برای سفت شدن لایه‌های متوالی مناسب باشد. هنگام سفت شدن خمیر بر اساس بند ۷-۱-۴، و بازرسی چشمی در حین خشک شدن، نباید دچار هیچ‌گونه ترک یا ریزش باشد.

### ۴-۵ خواص فیزیکی و شیمیایی

خواص فیزیکی و شیمیایی آزمونه‌های سرامیکی مورد آزمون بر اساس روش‌های مربوط که در بند ۷ برای سرامیک‌های نوع ۱ و ۲ با جزئیات توصیف شده، باید با الزامات مشخص شده در جدول ۱ مطابقت داشته باشد. ضریب انبساط حرارتی سرامیک‌ها نباید از مقدار اعلام شده توسط سازنده بیش از  $10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 0,5$  انحراف داشته

باشد. دمای انتقال شیشه‌ای سرامیک‌ها نباید از مقدار اعلام شده توسط سازنده بیش از  $20^{\circ}\text{C}$  انحراف داشته باشد (به بند ۸-۲-۲ مراجعه کنید).

#### ۵-۵ زیست‌سازگاری

برای راهنمایی در مورد زیست‌سازگاری به مقدمه مراجعه کنید.

#### ۵-۶ ضریب انقباض (جمع‌شدگی)<sup>۱</sup>

قدر مطلقِ درستی ضریب انقباض که ابعاد ماده تا حدی زینتر شده، طبق بند ۹-۲-۲-پ، به آن تقسیم می‌شود باید برابر  $\pm 0.002$  باشد.

### ۶ نمونه‌برداری

#### ۱-۶ سرامیک‌های نوع ۱

از بسته‌های موجود در یک بچ حاوی ماده کافی برای انجام آزمون‌های مشخص شده و در صورت لزوم، مقداری بیشتر برای آزمون‌های تکرار استفاده کنید. در مواقعی که بیش از یک رنگ در یک رده سرامیک دندان‌ی وجود دارد، آزمون را با معمول‌ترین طیف فرعی رنگی<sup>۲</sup> مورد استفاده انجام دهید.

اگر سازندگان، استفاده از مایعات مدل‌سازی معینی را توصیه کرده باشند، مقادیر مناسبی از این مایعات اصلی باید تهیه شود. نسبت اختلاط مواد باید بر اساس مقادیر توصیه شده توسط سازندگان باشد.

#### ۲-۶ سرامیک‌های نوع ۲

تمام مواد تهیه شده برای آزمون بر اساس این استاندارد باید از بهر یکسانی انتخاب شوند.

### ۷ روش‌های آزمون

#### ۱-۷ آماده‌سازی آزمون‌ها

برای جزئیات دستورالعمل‌ها به هریک از روش‌های آزمون مربوط مراجعه کنید.

برای آزمون‌های نوع ۱، در تمام شرایط مخلوط‌سازی، سفت شدن و پخت، (بندهای ۷-۱-۳، ۷-۱-۴ و ۷-۱-۵) تجهیزات توصیف شده در بند ۷-۱-۲ برای تمام روش‌های آزمون به کار می‌رود، مگر این که طور دیگری بیان شده باشد، یا با متن متناقض باشد.

#### ۱-۱-۷ اجزای آزمون‌ها (سرامیک‌های نوع ۱)

مایع مورد استفاده در آماده‌سازی آزمون‌ها باید آب درجه ۳ مطابق استاندارد ملی ۱۷۲۸، یا در صورت کاربرد، سیال مدل‌سازی توصیه شده توسط سازنده پودر سرامیک دندان‌ی باشد. مقدار مورد نیاز پودر باید از مخزن مناسب پودر که بر اساس بند ۶-۱ فراهم شده است، برداشته شود.

1 - Shrinkage factor

2 - Colour/shade

در اینجا shade، به معنی تغییرات جزئی رنگ به کار می‌رود



## ۲-۱-۷ تجهیزات مخلوط‌سازی

تمام تجهیزات مخلوط‌سازی باید تمیز و خشک باشد.

### ۱-۲-۱-۷ قطعه شیشه‌ای یا صفحه مخلوط‌سازی

۲-۲-۱-۷ قاشقک، ساخته شده از ماده‌ای که به راحتی توسط پودر سرامیک دندان‌ساز ساییده نمی‌شود (با جنس شیشه پیشنهاد می‌شود). ابزار مورد استفاده برای روش مخلوط‌سازی باید از موادی باشد که ماده سرامیکی را آلوده نکند.

۳-۲-۱-۷ قالب چندقطعه‌ای باز، که آزمون‌ها تغلیظ شده می‌تواند بدون تغییر شکل از آن بیرون بیاید.

۴-۲-۱-۷ سیستم ارتعاش (میز ارتعاش یا برس مکانیکی)، با قابلیت ارتعاش در فرکانس ۵۰ Hz تا ۶۰ Hz یا مطابق دستورالعمل سازنده.

### ۳-۱-۷ روش مخلوط‌سازی

آب یا مایع مدل‌سازی و پودر سرامیک را با نسبت توصیه شده توسط سازنده ترکیب کنید. از مخلوط کردن شدید که باعث آمیختگی حباب‌های هوا با خمیر می‌شود، خودداری کرده و مطابقت با بندهای ۱-۵ و ۱-۲-۵ در حین و پس از مخلوط کردن، بررسی کنید.

### ۴-۱-۷ روش کار ساخت آزمون

قالب را با خمیر سرامیک دندان‌ساز پر و مرتعش کنید. هنگامی که مایع اضافی بر سطح آزاد آزمون ظاهر شد، ورق کاغذی (یا ماده جاذب مشابه) را بر سطح آزمون قرار دهید و مایع اضافی را به محض اشباع شدن کاغذ از مایع، با جایگزین کردن مداوم کاغذ خارج کنید. کاغذهای خیس شده را با کاغذهای جدید جایگزین کنید تا مایع اضافی به طور مداوم زدوده شود. ارتعاش و آب‌زدایی را تا زمانی ادامه دهید که دیگر مایعی خارج نشود و سپس سطح آزاد آزمون سفت شده را با استفاده از ابزار مناسب تراز کنید (برای این کار یک شیشه میکروسکوپ مورب مناسب است). پس از برداشتن نمونه از قالب، آن را درون یک سینی پخت قرار داده و خشک کنید. مطابقت با الزامات بند ۳-۵ را بررسی کنید.

یادآوری - روش‌های شکل‌دهی دیگر مانند پرسکاری خشک برای ساخت آزمون، قابل قبول است.

### ۵-۱-۷ پخت

آزمون‌ها را به گونه‌ای در کوره قرار دهید که به طور یکنواختی روی یک زیرلایه در معرض حرارت قرار گیرند و هنگام برداشتن آزمون‌ها به آنها نچسبند. راهنمایی‌های مربوط به پخت آزمون‌ها را از سازنده تهیه کنید. از آنجایی که ممکن است چگالی نهایی و شرایط حرارتی پروتوزها یا ترمیم‌های خاص برای آزمون داده شده متفاوت از دستورالعمل‌های مورد استفاده باشد، بهتر است آزمون‌ها مطابق دستورالعمل سازنده پخت شوند.

## ۲-۷ رادیواکتیویته سرامیک دندان‌ساز

### ۱-۲-۷ آماده‌سازی نمونه‌ها

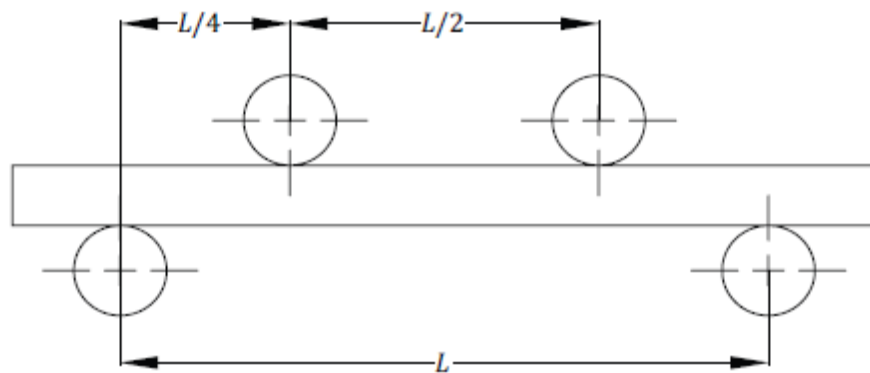
#### ۱-۱-۲-۷ سرامیک‌های نوع ۱

یک نمونه ۵۰ g، همان‌گونه که ساخته شده، و در شرایطی که مطابق بند ۱-۶ جمع‌آوری شده است، مناسب است.



۷-۳-۱-۱-۲-۲ قیدوبست برای خمش چهارنقطه‌ای، شامل پیکربندی آزمون نقطه یک‌چهارم که آزمون با دو غلتک داخلی که در فاصله یک‌چهارم طول کلی ( $L$ ) از غلتک‌های تکیه‌گاه بیرونی قرار گرفته‌اند بارگذاری می‌شود (به شکل ۱ مراجعه کنید).

تکیه‌گاه‌های غلتکی (به قطر  $1.5 \text{ mm}$  تا  $0.2 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$ ) باید طوری قرار گیرند که فاصله مراکز آن‌ها،  $L$ ،  $16.0 \text{ mm}$  تا  $40.0 \text{ mm}$  باشند. غلتک‌ها باید از جنس فولاد سخت شده یا ماده سخت دیگری با سختی بیش از  $40 \text{ HRC}$  (مقیاس راکول) ساخته شود و دارای سطحی صاف با زبری کمتر از  $0.5 \mu\text{m R}_a$  باشد. دو غلتک بارگذاری با جنس و اندازه مشابه غلتک‌های تکیه‌گاه باید در فاصله یک‌چهارم نقاط فاصله داخلی  $8.0 \text{ mm}$  تا  $20.0 \text{ mm}$  (در شکل ۱ برابر  $L/2$ ) واقع شوند. چیدمان بارگذاری باید به گونه‌ای باشد که از برابر بودن نیروهای اعمال شده به غلتک‌های بارگذاری اطمینان حاصل شود و بارگذاری پیچشی به کمترین مقدار برسد. توصیه می‌شود که فاصله واقعی بین مراکز غلتک ( $L$ ) برای غلتک تکیه‌گاه و  $L/2$  برای غلتک‌های داخلی در محدوده  $0.1 \text{ mm}$  اندازه‌گیری شود. همچنین توصیه می‌شود که فاصله داخلی در مرکز تکیه‌گاه در محدوده  $0.1 \text{ mm}$  باشد.



شکل ۲- نمای پیکربندی قیدوبست چهار نقطه‌ای یک‌چهارم (یادآوری- بازوی ممان برابر  $L/4$  است)

### ۷-۳-۱-۲-۲ آماده‌سازی آزمون‌ها

### ۷-۳-۱-۲-۱ ابعاد آزمون و پارامترهای آزمون

#### ابعاد:

آزمون‌ها برای آزمون خمشی سه‌نقطه‌ای و چهارنقطه‌ای دارای سطح مقطع مستطیلی و ترجیحاً با لبه‌های پخ مطابق شکل ۳ و با ابعاد زیر هستند. گردی یا پخ لبه باید در امتداد محور طولی آزمون سنگ‌زنی شود تا امکان آسیب سنگ‌زنی و پلیسه دادن به حداقل برسد. اگر بتوان مقدار پخ را پس از زینتر کردن در حداقل مقادیر بیان شده حفظ کرد، سنگ‌زنی پخ قبل از زینتر کردن مجاز است.

۱ - در صنعت معمولاً از پله‌های عددی ... ۰.۲، ۰.۴، ۰.۸، ۱.۶، ۳.۲، ... استفاده می‌شود. بنابراین در شرایط عملیاتی برای سفارش ساخت یا خرید می‌توان از مقدار  $0.4R_a$  استفاده کرد.

ابعاد آزمون:

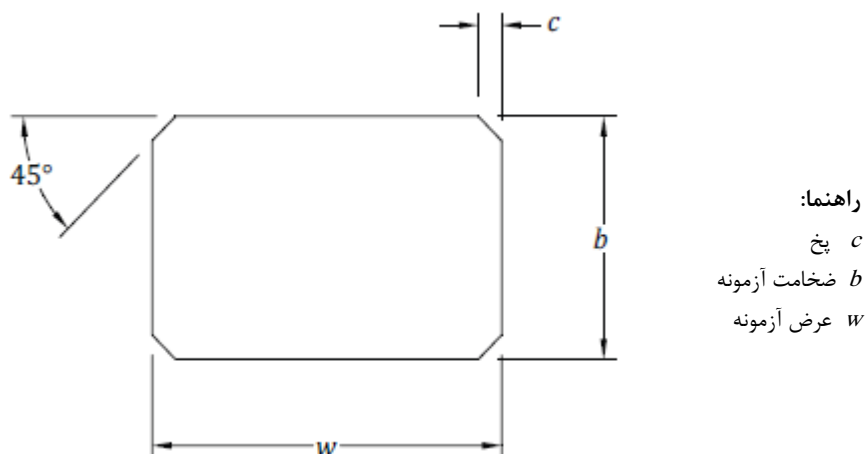
عرض  $w = (4 \pm 0.2) \text{ mm}$  (اندازه وجه دارای زاویه‌های قائم با راستای نیروی اعمال شده)،  
ضخامت  $b = (2.1 \pm 1.1) \text{ mm}$ ،  $b = 3.0 \text{ mm}$  توصیه می‌شود، اندازه وجه موازی با راستای نیروی اعمال شده)  
پخ  $c = (0.12 \pm 0.3) \text{ mm}$  (بیشینه  $0.10 \text{ mm}$  توصیه شده برای آزمون‌های با ضخامت کم  
( $b \square 2.0 \text{ mm}$ ))

پارامترهای آزمون:

فاصله تکیه‌گاه‌ها:

برای خمش چهارنقطه‌ای،  $L$  بر حسب میلی‌متر (فاصله مرکز تا مرکز بین غلتک‌های تکیه‌گاه بیرونی، به شکل ۱ مراجعه کنید. در پیکربندی چهارنقطه‌ای یک‌چهارم مشخص شده، بازوی ممان برابر  $L/4$  است).  
برای خمش سه‌نقطه‌ای،  $l$  بر حسب میلی‌متر (فاصله مرکز تا مرکز بین غلتک‌های تکیه‌گاه).  
بار گسیختگی:  $P$  بر حسب نیوتن.

طول‌های آزمون باید حداقل  $2 \text{ mm}$  بیشتر از فاصله تکیه‌گاه‌ها ( $L$  یا  $l$ ) و نسبت ضخامت به طول ( $b/L$  یا  $b/l$ ) باید کوچک‌تر یا مساوی  $0.1$  باشد.



شکل ۳- ویژگی‌های ابعاد اشاره شده

### ۷-۳-۱-۲-۲-۲-۱-۳-۷-۲-۲-۱-۳-۷-۱ نوع ۱

حداقل  $10$  و ترجیحاً  $30$  آزمون با ابعاد مشخص شده در بند ۷-۳-۱-۲-۲-۱-۳-۷-۱ آماده کنید. از قالبی با ابعاد مناسب استفاده کنید که امکان تغییرات ابعادی ناشی از زینتر کردن و عملیات نهایی (پرداخت) آزمون را فراهم کند. آزمون‌ها را بر اساس دستورالعمل سازنده که بر اساس ابعاد آزمون بهینه شده است، پخت کنید. هر آزمون را به منظور ایجاد نمونه مستطیل مطابق بند ۷-۳-۱-۲-۲-۱-۳-۷-۱ سنگ‌زنی کنید. سنگ‌زنی نهایی با سنگ الماسه با دانه‌بندی اسمی  $30 \mu\text{m}$  تا  $40 \mu\text{m}$  و پرداخت نهایی با سنگ صیقل (پولیش) با دانه‌بندی ذرات ساینده  $15 \mu\text{m}$  تا  $20 \mu\text{m}$  انجام می‌شود. در صورت ممکن برای به حداقل رساندن آسیب سنگ‌زنی که می‌تواند استحکام را



### ۲-۴-۱-۳-۷ خمشی چهارنقطه‌ای

استحکام خمشی،  $\sigma$ ، را بر حسب مگاپاسکال از فرمول (۲) محاسبه کنید و میانگین و انحراف استاندارد داده‌های استحکام را گزارش کنید. میانگین باید مساوی یا بیش از الزامات بیان شده در جدول ۱ باشد. علاوه بر این، اگر حداقل ۱۵ آزمون شود، استحکام مشخصه ویبول و مدول ویبول می‌تواند مانند پیوست ب گزارش شود.

$$\sigma = \frac{3PL}{4wb^2} \quad (2)$$

که در آن:

$P$  بار وامانی<sup>۱</sup>، بر حسب نیوتن؛

$L$  فاصله تکیه‌گاه‌ها (فاصله مرکز تا مرکز غلتک‌های تکیه‌گاه‌ها)، بر حسب میلی‌متر؛

$w$  عرض آزمون، یعنی اندازه وجهی از آزمون با زاویه قائم نسبت به راستای بار اعمال شده، بر حسب میلی‌متر؛

$b$  ضخامت آزمون، یعنی اندازه وجهی از آزمون موازی با راستای بار اعمال شده، بر حسب میلی‌متر.

یادآوری - اگر فاصله تکیه‌گاه‌ها به گونه‌ای باشد که نقاط بارگذاری دقیقاً در  $L/4$  نباشد، می‌توان از فرمول (۳) استفاده کرد.

$$\sigma = \frac{3P(L_0 - L_i)}{2wb^2} \quad (3)$$

که در آن:

$L_0$  فاصله غلتک‌های بیرونی تکیه‌گاه؛

$L_i$  فاصله غلتک‌های درونی تکیه‌گاه.

### ۲-۳-۷ آزمون خمشی دومحوری (آزمون پیستون و سه گوی)

#### ۱-۲-۳-۷ تجهیزات

۱-۱-۲-۳-۷ دستگاه آزمون مکانیکی یونیورسال، با قابلیت اعمال سرعت  $(0.5 \pm 1) \text{ mm/min}$  و قابلیت

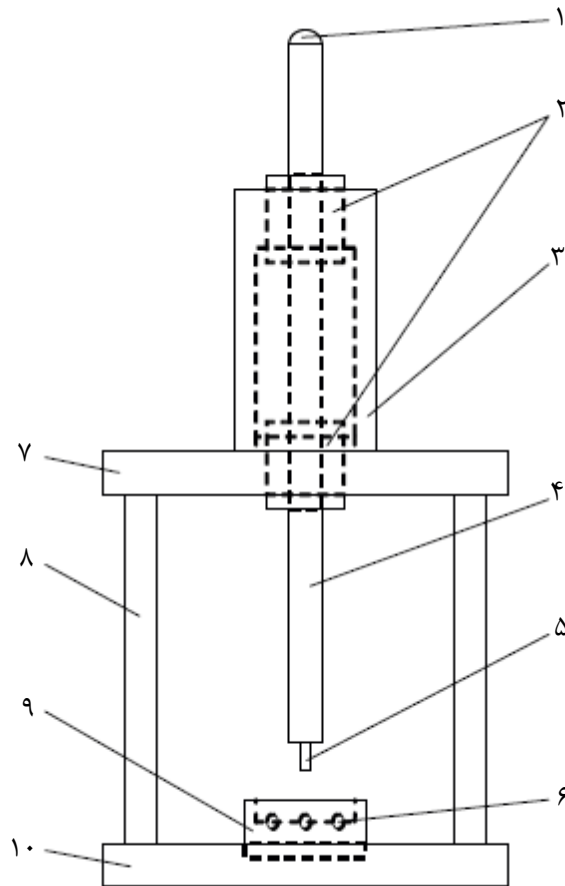
اندازه‌گیری بار اعمالی مابین  $10 \text{ N}$  و  $(\pm 1) 2500 \text{ N}$ .

۲-۱-۲-۳-۷ قیدوبست آزمون استحکام خمشی دومحوری، برای تکیه‌گاه آزمون، سه گوی فولاد سخت‌کاری

شده به قطر  $4.5 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$  که با زاویه  $120^\circ$  نسبت به هم بر روی دایره‌ای به قطر  $11 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$

واقع شده‌اند، باید فراهم شود. نمونه باید به صورت هم‌مرکز بر روی تکیه‌گاه‌ها قرار گرفته و بار باید از طریق یک

سنبله سرتخت به قطر  $1.4 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$  در مرکز آزمون اعمال شود (به شکل ۴ مراجعه کنید).



#### راهنما:

- |                                              |                                                                                                                                |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱ گوی فولادی ۱۲٫۵ mm                         | ۶ سه گوی فولادی به قطر $(4.5 \pm 0.2)$ mm با زاویه $120^\circ$ نسبت به هم که بر روی دایره با قطر $(11 \pm 1)$ mm واقع شده‌اند. |
| ۲ بوش ساچمه‌ای دقیق                          | ۷ صفحه بالایی                                                                                                                  |
| ۳ نگهدارنده بوش بالایی                       | ۸ سه میله فاصله‌دهنده                                                                                                          |
| ۴ میله سخت کاری شده سنگ‌زنی شده دقیق، سنبه   | ۹ نگهدارنده نمونه                                                                                                              |
| ۵ پین سخت کاری شده به قطر $(1.4 \pm 0.2)$ mm | ۱ صفحه زیر                                                                                                                     |

شکل ۴- نمایی از قیدوبست آزمون خمش برای روش پیستون و سه گوی

#### ۲-۲-۳-۷ آماده‌سازی آزمون‌ها

#### ۱-۲-۲-۳-۷ سرامیک‌های نوع ۱

حداقل ۱۰ و ترجیحا ۳۰ دیسک به ضخامت  $(1.2 \pm 0.2)$  mm و قطر  $(14 \pm 2)$  mm آماده کنید. از قالبی با ابعاد مناسب استفاده کنید که امکان تغییرات ابعادی ناشی از زینتر کردن و عملیات نهایی (پرداخت) آزمون را فراهم آورد. سنگ‌زنی نهایی هر یک از آزمون‌ها با سنگ الماسی با دانه‌بندی اسمی  $30 \mu\text{m}$  تا  $40 \mu\text{m}$  و پرداخت نهایی با سنگ صیقل به دانه‌بندی  $15 \mu\text{m}$  تا  $20 \mu\text{m}$  انجام می‌شود. اطمینان حاصل کنید که سطوح مقابل آزمون، مسطح و در بازه  $0.05$  mm موازی باشد. آزمون را به طور کامل پاک کرده و اطمینان حاصل کنید که تمام اثرات





- $r_1$  شعاع دایره تکیه‌گاه، بر حسب میلی‌متر؛
- $r_2$  شعاع ناحیه بارگذاری، بر حسب میلی‌متر؛
- $r_3$  شعاع آزمون، بر حسب میلی‌متر؛
- $b$  ضخامت آزمون در ناحیه گسیختگی، بر حسب میلی‌متر.

#### ۴-۷ ضریب انبساط حرارتی خطی

##### ۱-۴-۷ تجهیزات

۱-۴-۷-۱ وسیله‌ای، برای نشانه‌گذاری آزمون‌های میله‌ای سرامیک‌های نوع ۱ و ۲.  
 ۱-۴-۷-۲ آون سرامیک دندان‌ی برای پخت سرامیک‌های نوع ۱ و کنترل شرایط حرارتی سرامیک‌های نوع ۱ و ۲.

۱-۴-۷-۳ دیلاتومتر<sup>۱</sup> کالیبره شده.

##### ۲-۴-۷ آماده‌سازی آزمون‌ها (سرامیک‌های نوع ۱ و ۲)

چهار آزمون به شکل میله‌ای یا مفتولی به طول ۵ mm تا ۵۰ mm با حداکثر سطح مقطع  $30 \text{ mm}^2$  آماده کنید. دو آزمون را یک بار در خلأ و یک بار در فشار جو در هوا، و دو آزمون دیگر را سه بار در خلأ و یک بار در فشار جو در هوا پخت کنید. پخت‌های متعدد برای موادی که ضریب انبساط حرارتی خطی تحت تاثیر پخت قرار نمی‌گیرد، الزامی نیست. انتهای آزمون‌ها را به گونه‌ای سنگ‌زنی کنید که تخت، موازی و عمود بر محور آزمون‌ها باشد.

##### ۳-۴-۷ اندازه‌گیری دیلاتومتری

هر یک از آزمون‌ها را در آون دیلاتومتر در دمای اتاق قرار دهید و ۱۵ دقیقه صبر کنید تا آزمون با دمای آون هم‌دم شود.

پیش‌بارهای نمونه را بر روی مقادیر مشخص شده توسط سازنده وسیله، برای سرامیک‌های در حال اندازه‌گیری تنظیم کنید.

اندازه‌گیری انبساط آزمون را در  $5^\circ\text{C}/\text{min}$  تا  $10^\circ\text{C}/\text{min}$  مابین دمای  $25^\circ\text{C}$  یا  $50^\circ\text{C}$  و تقریباً  $500^\circ\text{C}$  (یا تقریباً  $30^\circ\text{C}$  بیشتر از  $T_g$ ، در صورت لزوم کمتر یا بیشتر از  $500^\circ\text{C}$ ) که برای اندازه‌گیری گرافیکی  $T_g$  مناسب باشد انجام دهید (به شکل ۵ مراجعه کنید). برای هر آزمون، ضریب انبساط حرارتی خطی را مابین دمای  $25^\circ\text{C}$  یا  $50^\circ\text{C}$  و  $500^\circ\text{C}$  (یا  $T_g$ ) با ارجاع به نمودارهای رسم شده یا مقادیر ثبت شده که بیانگر انبساط نسبت به دماست، تعیین کنید.

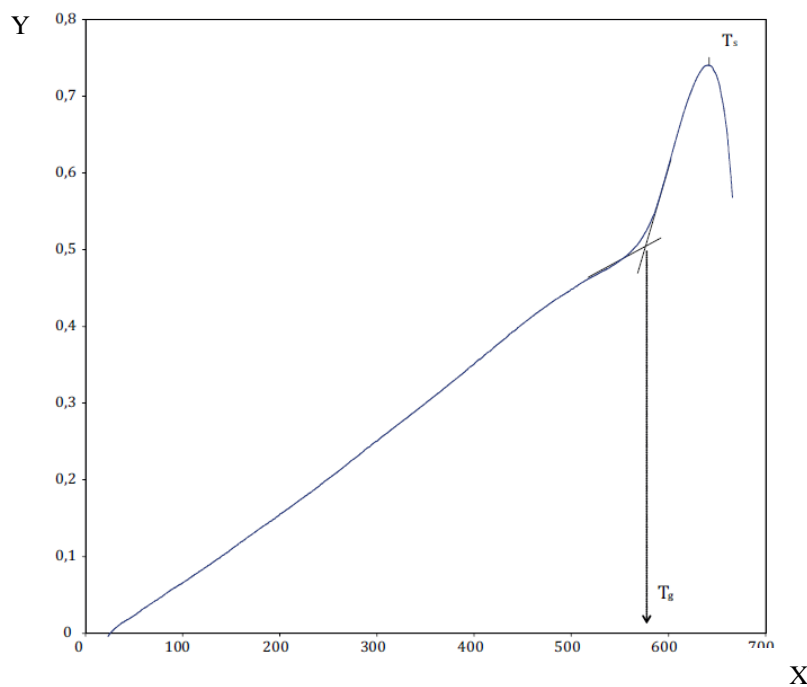
#### ۴-۴-۷ ارزیابی نتایج

مقدار میانگین و انحراف استاندارد ضریب انبساط حرارتی خطی را برای چهار آزمون (دوبار و چهار بار پخت شده) مابین دمای  $25^{\circ}\text{C}$  یا  $50^{\circ}\text{C}$  و  $500^{\circ}\text{C}$  ( $T_g$ ) گزارش کنید. میانگین ضریب انبساط حرارتی گرد شده را با تقریب  $10^{-6} \text{K}^{-1}$ ، گزارش کنید.

#### ۵-۷ دمای انتقال شیشه

#### ۱-۵-۷ روش کار عملیاتی

با مراجعه به نمودارهای میزان انبساط به دست آمده مطابق بند ۳-۴-۷ (که در شکل ۵ نشان داده شده است)، به طور گرافیکی دمای انتقال شیشه،  $T_g$  را برای هر آزمون (در مواردی که کاربرد دارد) تعیین کنید.



راهنما:

X دما بر حسب  $^{\circ}\text{C}$

Y تغییرات در طول بر حسب  $\mu\text{m}$

یادآوری -  $T_s$  دمای نرم شدن دینامیکی سرامیک تحت بار دیلاتومتر و آهنگ گرمایش مورد استفاده است.

شکل ۵- مثالی از نمودار دیلاتومتری که نمایش دهنده روش گرافیکی تعیین دمای انتقال شیشه ( $T_g$ ) است

#### ۲-۵-۷ ارزیابی نتایج

مقادیر میانگین و انحراف از استاندارد دمای انتقال شیشه اندازه گیری شده در بند ۱-۵-۷ را بر حسب درجه سلسیوس گزارش کنید.

## ۶-۷ حلالیت شیمیایی

### ۱-۶-۷ واکنشگر

استیک اسید (درجه تجزیه‌ای)، محلول ۴٪ (V/V) در آب درجه ۳ مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸.

### ۲-۶-۷ تجهیزات

۱-۲-۶-۷ ترازو، با درستی ۰٫۱ mg.

۲-۲-۶-۷ آون برای خشک کردن، با قابلیت کنترل در دمای  $(150 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

### ۳-۶-۷ آماده‌سازی آزمون‌ها

#### ۱-۳-۶-۷ سرامیک‌های نوع ۱

آزمون‌ها را با استفاده از پودر جمع‌آوری شده مطابق روش توصیف شده در بند ۶-۱ آماده کنید و سپس بر اساس دستورالعمل سازنده که بر اساس ابعاد نمونه بهینه شده است، پخت کنید. آزمون‌های تهیه شده باید طوری آماده‌سازی شوند که حداقل  $30\text{ cm}^2$  از سطح آن‌ها آزادانه در معرض محلول آزمون قرار گیرد.

#### ۲-۳-۶-۷ سرامیک‌های نوع ۲

آزمون‌ها را مطابق دستورالعمل سازنده طوری آماده‌سازی کنید که حداقل  $30\text{ cm}^2$  از سطح آن‌ها آزادانه در معرض محلول آزمون قرار گیرد. در صورت کاربرد، آزمون‌ها را برای دستیابی به براقیت یا برای ایجاد سطح پرداخت شده مناسب، با استفاده از روش‌های پرداخت طبق دستورالعمل سازنده پخت کنید تا شبیه سطح پرداخت شده مورد استفاده در کاربردهای بالینی شود.

#### ۴-۶-۷ روش کار

آزمون‌ها را با آب درجه ۳ مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸ شسته و با قرار دادن در دمای  $(150 \pm 5)^\circ\text{C}$  به مدت ۴ ساعت خشک و سپس با دقت ۰٫۱ mg وزن کنید. سطح کل را با دقت  $0.5\text{ cm}^2$  اندازه‌گیری کنید. باید از ۲۵۰ ml آب شست‌وشو حاوی ۱۰۰ ml محلول استیک اسید (درجه تجزیه‌ای) رقیق شده با نسبت ۴٪ (V/V) در آب درجه ۳ مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸ استفاده شود. برای این کار می‌توانید از بطری‌های شیشه‌ای پیرکس یا پلاستیکی ۲۵۰ ml یا چندین بار پر و خالی کردن بطری‌های کوچک‌تر مثلاً ۱۰۰ ml استفاده کنید. آزمون‌ها را تا دمای  $(80 \pm 3)^\circ\text{C}$  گرم کرده و در بطری قرار دهید. درب بطری را بسته و آن را به مدت ۱۶ ساعت در آون با دمای  $(80 \pm 3)^\circ\text{C}$  قرار دهید. آزمون‌ها را با آب درجه ۳ مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸ شسته و با قرار دادن در دمای  $(150 \pm 5)^\circ\text{C}$  تا رسیدن به جرم ثابت، خشک و مجدداً وزن کنید.

#### ۵-۶-۷ محاسبه و ارزیابی نتایج

کاهش جرم آزمون‌ها را بر حسب میکروگرم بر سانتی‌متر مربع محاسبه کنید. بررسی کنید که با الزامات بیان شده در جدول ۱ مطابقت داشته باشد.



## ۹-۲ نشانه‌گذاری و برچسب‌زنی

۹-۲-۱ اطلاعات زیر باید به صورت واضح بر روی هر بسته نشانه‌گذاری شود یا با استفاده از یک برچسب به صورت مطمئنی چسبانده شود:

الف- شماره بهر یا ترکیب حروف و شماره‌هایی که مربوط به سوابق سازنده برای بهر یا بیج خاصی از سرامیک باشد؛

ب- نام سازنده و/یا نماینده (یا نام توزیع کننده در صورتی که به صورت جداگانه برچسب زده شده باشد)؛

پ- طیف فرعی رنگ مشخص شده در راهنمای سازنده (در مواردی که کاربرد دارد)؛

ت- نام تجاری محصول؛

ث- حداقل جرم خالص پودر سرامیکی درون بسته بر حسب گرم، حجم خالص بر حسب میلی‌لیتر یا تعداد واحدهای دوز مانند بلوک‌های سرامیکی یا قرص‌های سرامیکی عمل‌آوری شده؛

ج- هشدار کلی در مورد خطرات بالقوه تهدید کننده سلامت (در صورت وجود) مانند موارد مربوط به استنشاق ذرات سرامیک.

۹-۲-۲ اطلاعات زیر باید به صورت واضح بر روی بلوک‌های سرامیکی CAD/CAM نشانه‌گذاری شود:

الف- شماره بهر یا ترکیب حروف و شماره‌هایی که مربوط به سوابق سازنده برای بهر یا بیج خاصی از سرامیک باشد؛

ب- نام تجاری محصول؛

پ- برای مواد سرامیکی تا حدی زینتر شده، ضریب انقباض که از تقسیم ابعاد ماده تا حدی زینتر شده حاصل می‌شود، باید به صورت ضریب تا سه رقم اعشار بیان شود.

۹-۲-۳ اطلاعات زیر باید به صورت واضح بر روی شمش‌های متراکم پذیر نشانه‌گذاری شود:

الف- طیف فرعی رنگ مشخص شده در راهنمای سازنده (در مواردی که کاربرد دارد).

**پیوست الف**  
**(اطلاعاتی)**  
**چقرمگی شکست**

**الف-۱ چقرمگی شکست**

**الف-۱-۱ کلیات**

چقرمگی شکست، خاصیت مهمی از سرامیک‌های دندانی است که غالباً «ذاتی» جنس ماده بوده و می‌توان از آن برای پیش‌بینی سایر خواص مانند استحکام (که به اندازه عیب و تعداد آن حساس است) استفاده کرد. از این رو، مقادیر چقرمگی شکست، امکان مقایسه‌های معنی‌دار را بین سرامیک‌های مورد استفاده برای مقاصد ساختاری فراهم می‌کند. روش‌های گوناگونی برای فراهم کردن تخمین‌های مناسب از چقرمگی شکست وجود دارد که از نظر دشواری اجرا با هم متفاوتند.

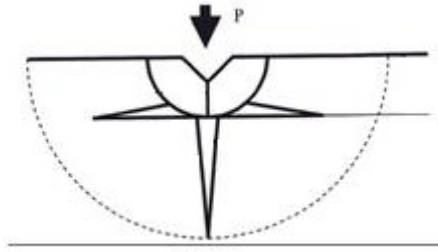
این استاندارد، استفاده از روش تیرک با فاق V شکل (SEVNB) مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۲۵۱ یا نسخه ساده‌شده‌ای را که در بند الف-۱-۲ بیان شده است، توصیه می‌کند. ارزیابی‌های بین‌المللی برای استاندارد کردن روش SEVNB صورت گرفته و کاربرپسندی، آسانی، قابلیت اعتماد، و درستی استفاده از آن مشخص شده است (به مراجع [۸] و [۱۲] مراجعه کنید). مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۲۵۱ روش SEVNB بیان می‌کند که نباید از آن برای اندازه‌گیری چقرمگی شکست مواد دانه‌ریز با اندازه دانه‌هایی کمتر از  $1 \mu\text{m}$  استفاده کرد، زیرا آزمون‌های بین‌آزمایشگاهی [۱۲] اثبات کرده است که اغلب شرکت‌کننده‌ها قادر به دستیابی به تیزی شعاع نوک فاق با استفاده از روش تیزکاری تیغ نشده‌اند. اکثر داده‌های مربوط به این پارامتر، چقرمگی شکست ناشی از آسیب لبه فاق را دست‌بالا گرفته‌اند [۱۲]. همچنین استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۲۵۱ در بند ۱ می‌گوید که این روش به دلیل دشواری شکل‌دهی تیزی قوس نوک فاق نباید برای زیرکونیای چندبلوری ایتريم تترراگونال به کار برده شود.

در روش دیگر، چقرمگی شکست را می‌توان با استفاده از روش‌های زیر مطابق با توصیه ISO TC 206 ارزیابی کرد: تیرک تک‌لبه پیش‌ترک‌دار شده (SEPB) (استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۴۵۴)، ترک سطحی حین خمش (CNB) (استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۶۵۷)، یا تیرک فاق‌دار معکوس (SCF) (استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۶۵۵). می‌توان از روش‌های SEPB، CNB و SCF برای زیرکونیای چندبلوری ایتريم تترراگونال استفاده کرد و امکان دستیابی به نتایج مطلوب با اندکی تجربه امکان‌پذیر است.

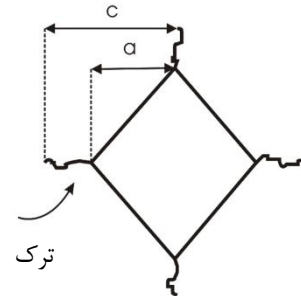
چقرمگی شکست نباید با روش‌های متکی بر ترک ناشی از تورفتگی<sup>۱</sup> ارزیابی شود (مثلاً هنگامی که چقرمگی بر مبنای طول ترک سطحی متصل به گوشه‌های تورفتگی ویکرز<sup>۲</sup> طبق شکل الف-۱ تخمین زده می‌شود).

1 - Indentation crack

۲- ترک‌هایی که بر اثر فرورفتن نوک ابزار سختی‌سنجی به صورت مرئی و در جهت سطح آزمون پدید می‌آید.



ب- جهت اعمال نیرو برای ایجاد فرورفتگی



الف- موقعیت و اندازه ترک

راهنما:

□ فاصله قائم نقطه شروع ترک از نقطه مرجع

c فاصله قائم انتهای ترک از نقطه مرجع

□ طول ترک برابر است با فاصله c منهای فاصله

شکل الف ۱- نمایش گرافیکی محل ترک و موقعیت آن نسبت به تورفتگی ابزار سختی سنجی و بکرز

الف-۱-۲ تجهیزات روش تیرک با فاق V شکل تک لبه

الف-۱-۲-۱ دستگاه، برای ایجاد تیرهای با وجوه موازی، از طریق پخت یا ماشین کاری و سپس سنگ زنی و پرداخت.

الف-۱-۲-۲ اره الماسه، برای ایجاد فاق در یک سطح تیرکها.

الف-۱-۲-۳ شابر یا تیغ یک لبه<sup>۱</sup> طبق شکل الف-۲، و خمیر پرداخت الماسه، برای صیقلی کردن سطح فاق.



شکل الف ۲- تیغ تک لبه برای صیقلی کردن لبه و سطح فاق

الف-۱-۲-۴ قیدوبست آزمون سه و چهار نقطه ای، مطابق بند ۷-۳-۱-۲

الف-۱-۳ آماده سازی آزمونها

الف-۱-۳-۱ آزمونهای پنج تیرکی، برای اندازه گیری چقرمگی شکست بر اساس این روش به کار می رود. آزمونها سطح مقطع مستطیلی داشته و ابعاد آن به شرح زیر و نیز شکل الف-۲ است. پخ خوردگی لبه که برای آزمونهای استحکام مشخص شده بود، بهتر است مورد استفاده قرار نگیرد. ابعاد آزمونها:

$$w = (4,0 \pm 0,2) \text{ mm}$$

عرض:  $b = (3,0 \pm 0,2) \text{ mm}$

طول آزمون‌ها بهتر است حداقل ۲ mm بلندتر از فاصله بین تکیه‌گاه‌های مورد استفاده برای آزمون باشد. توجه داشته باشید که در این آزمون، آزمون با زاویه  $90^\circ$  نسبت به آزمون‌های استحکام مورد آزمون قرار می‌گیرد.

### الف-۱-۳-۲ شکل‌دهی فاق آغازگر و صیقل دادن آن

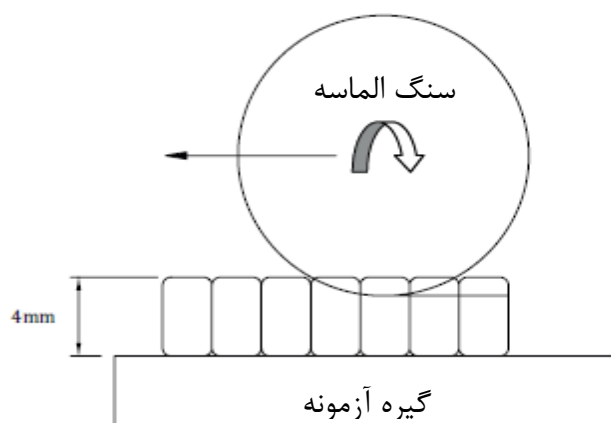
پنج آزمون اصلی و دو آزمون پشت‌بند (که برای محافظت آزمون‌ها در حین برش آره و پرداخت فاق آغازگر به کار می‌رود) را بر روی یک گیره تخت تا حد امکان نزدیک به هم ببندید تا امکان برشی یکنواخت توسط آره الماسه فراهم شود. سطح اول با عرض ۳ mm، سطحی است که رو به بالا قرار می‌گیرد تا روی آن فاق ایجاد شود (و در حین آزمون تحت تنش خواهد بود). برای مشخص کردن مسیر برش آره، با استفاده از مداد، خطی رسم کنید که از وسط تیرک‌ها بگذرد.



شکل الف ۳- شکل‌دهی فاق آغازگر

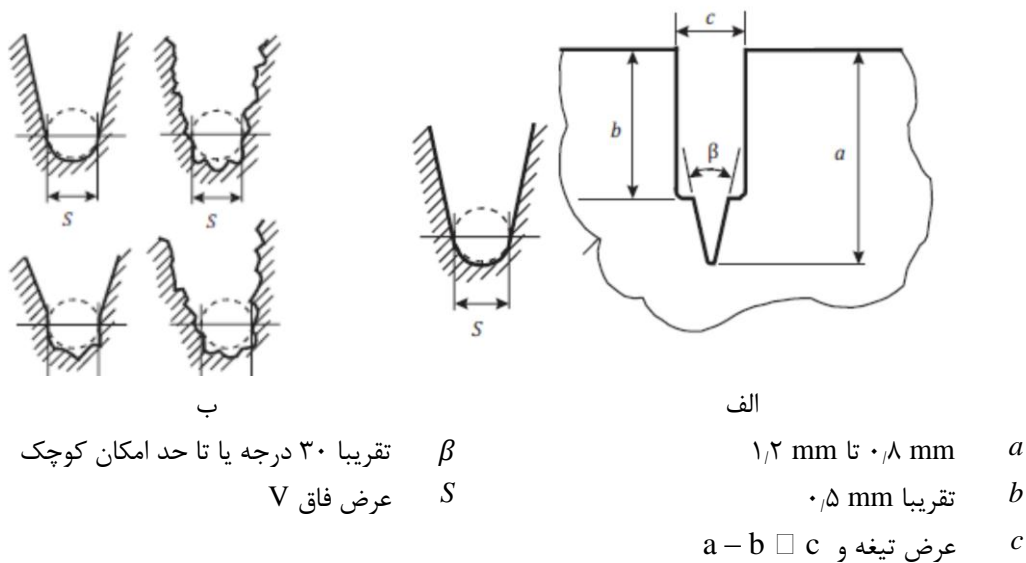
گیره را همراه با قطعات در کارگیر آره الماسه نصب کنید. از تیغه‌ای به ضخامت برابر یا کمی بیشتر از ضخامت تیغ تراش برای هدایت مناسب تیغه در حین پرداخت فاق (که در زیر توضیح داده شده است) استفاده کنید. فاقی در امتداد طول خط مداد با عمق یکنواخت در حدود ۰,۵ mm در سرتاسر آزمون‌ها ایجاد کنید. پس از برش برای زدودن پلیسه‌های برش، آزمون‌ها و به‌ویژه فاق را قبل از پرداخت قطعه پاک کنید.





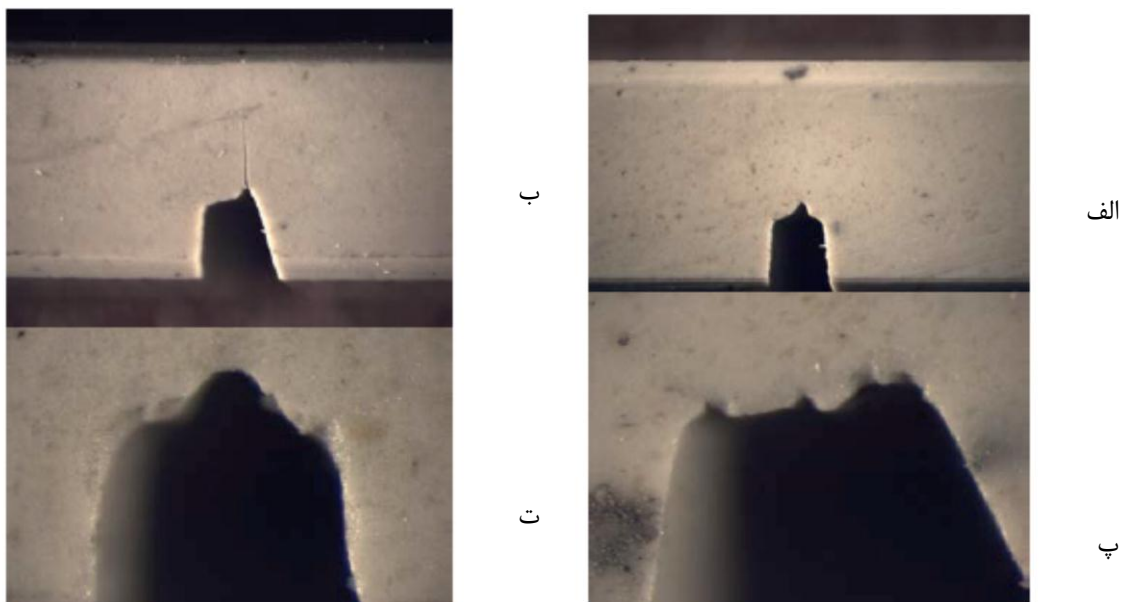
شکل الف ۴- شکل دهی با چرخ الماسه

در ادامه پاک‌سازی، فاق را با خمیر صیقل (پولیش) الماسه که بزرگترین ابعاد دانه‌های آن بین  $3 \mu\text{m}$  تا  $6 \mu\text{m}$  است، پر کنید. تیغ تراش را درون فاق آغازگر قرار داده و نیروی کمی ( $5 \text{ N}$  تا  $10 \text{ N}$ ) به آن اعمال کنید و با استفاده از یک حرکت رفت و برگشتی آرام و تا حد ممکن مستقیم، فاق را پرداخت کنید. با استفاده از یک میکروسکوپ نوری، هر دو انتهای فاق V شکل را از نظر همواری عمق بررسی کنید. عمق نهایی فاق V شکل باید یکنواخت و در حدود  $0.8 \text{ mm}$  تا  $1.2 \text{ mm}$  باشد. طبق شکل، عمق نهایی فاق V شکل باید عمیق‌تر از عمق فاق آغازگر باشد، به طوری که  $a - c \square b$ . آزمون‌ها را از گیره جدا کرده و در یک حمام فراصوتی با استون پاک کنید. آزمون‌ها را به خوبی خشک کنید (به عنوان مثال با پخت تا  $110^\circ \text{C}$  به مدت یک ساعت).



شکل الف ۵- نمایی از شکل هندسی فاق V شکل: الف-اندازه‌گیری عرض و زاویه فاق ب- تفسیر شکل ریشه فاق از

استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۱۴۶



شکل الف-۶- مثال‌هایی از شکل هندسی قابل قبول و غیرقابل قبول فاق  
الف: یک فاق قابل قبول، ب: فاق نامناسب از نظر محور، پ: توسعه ضعیف فاق، ت: فاق به اندازه کافی تیز

#### روش SEVNB از استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۲۵۱

دو قطعه آزمون از مجموعه پنج تایی برای آزمون انتخاب کنید. از فاق V شکل در یک طرف هر یک از قطعات انتخاب شده با بزرگ‌نمایی ۵۰ برابر و اگر نوک فاق در این بزرگ‌نمایی تعیین نشود، با بزرگ‌نمایی بیشتر، عکس‌برداری کنید. شکل هندسی فاق V شکل را به کمک عکس کنترل کنید. هر گونه انحراف از هندسه نشان داده شده در شکل الف-۵ را گزارش کنید.

نوک فاق V شکل در همان دو آزمون را با بزرگ‌نمایی تقریباً ۳۰۰ برابر عکس‌برداری کنید. زاویه فاق V شکل و عرض را مطابق با شکل الف-۵ اندازه بگیرید. زاویه  $\beta$  فاق V شکل و عرض  $S$  را گزارش کنید.

عرض فاق  $S$ ، بهتر است برابر یا کوچکتر از دو برابر میانگین اندازه دانه ماده آزمون باشد. فاق‌هایی با عرض بیش از  $20 \mu\text{m}$  در هر ماده آزمون، صرف نظر از اندازه دانه، قابل قبول نیست.

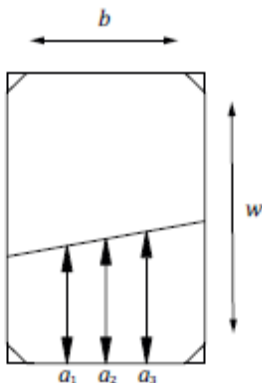
یادآوری ۱- اندازه متوسط دانه را می‌توان با یک روش برون‌یابی خطی مانند آنچه در مراجع [۴] و [۱۱] مشخص شده است، تعیین کرد.

یادآوری ۲- مفید است قابل قبول بودن عرض فاق را در بیرونی‌ترین آزمون، قبل از برداشتن آنها از صفحه نصب تعیین کنید. این عمل اجازه می‌دهد تا روند صاف کردن فاق، در صورتی که عرض فاق خیلی بزرگ باشد، ادامه یابد.

### الف-۱-۳-۳ آزمون مکانیکی

آزمونه‌ها باید برای چقرمگی شکست در خمش چهار نقطه‌ای (ترجیحا) یا خمش سه نقطه‌ای با استفاده از قیدوبست توصیف شده در بند ۷-۳-۱-۱-۲ مورد آزمون قرار گیرند.

سطح عرض ۳ mm را با فاق V شکل، رو به پایین قرار دهید. آزمونه‌ها را با سرعت ۰٫۵ mm/min در هوا و در دمای اتاق بارگذاری کنید. نیروی شکست را تا سه رقم اصلی ثبت کنید. ضخامت ( $w$ ) و عرض ( $b$ ) هر یک را با استفاده از میکرومتر که قادر به اندازه‌گیری تا سه رقم اعشار است، اندازه‌گیری کنید. عمق فاق‌های V شکل را با استفاده از میکروسکوپ کالیبره شده با بزرگ‌نمایی ۵۰ یا بیشتر اندازه‌گیری کنید. عمق‌های  $a_1$ ،  $a_2$  و  $a_3$  را تا سه رقم اصلی اندازه‌گیری کنید. برای اطمینان از شروع شکست از انتهای فاق V شکل و ادامه آن در طول، آزمونه را بررسی کنید (اگر این حالت وجود ندارد، آزمون مورد تایید نیست). بر روی سطوح شکستگی، ریشه فاق را از نظر وجود هر گونه شواهدی دال بر گسترش ترک پایدار قبل از شکست بررسی کنید. اگر گسترش ترک پایدار روی دهد و قابل اندازه‌گیری باشد، گسترش پایدار را در محاسبه زیر دخالت دهید. از روی آزمون شکست، سابقه بار-جابجایی یا بار-زمان را برای کنترل این که آیا غیرخطی شدن درست قبل از شکست روی داده است یا خیر، بازرسی کنید. اگر غیر خطی شدنی شناسایی شده است، ممکن است نشانه‌ای از گسترش رشد ترک آهسته از پیش ترک فاق باشد.



شکل الف ۷- اندازه‌گیری عمق فاق V شکل

### الف-۱-۳-۴ محاسبات

الف-۱-۳-۴-۱ میانگین ( $a$ ) و عمق‌های نسبی فاق V شکل ( $\alpha$ )، را برای هر یک از آزمونه‌ها از فرمول زیر محاسبه کنید. عمق نسبی فاق V شکل ( $\alpha$ )، بهتر است بین ۰٫۲ و ۰٫۳ باشد و روابط شامل تغییر در عمق فاق باید رضایت‌بخش باشد.

$$a = (a_1 + a_2 + a_3) / 3 \quad (\text{الف-۱})$$

$$(a_{\max} - a_{\min}) / a \leq 0.1 \quad (\text{تصور می‌شود این فرمول رضایت‌بخش باشد})$$

$$\alpha = a/w$$

که در آن:

- $a$  میانگین عمق شکاف، بر حسب متر؛
- $a_{\max}$  حداکثر مقدار بین  $a_1$ ،  $a_2$  و  $a_3$  بر حسب متر؛
- $a_{\min}$  حداقل مقدار بین  $a_1$ ،  $a_2$  و  $a_3$  بر حسب متر؛
- $a$  عمق نسبی فاق V شکل است.

الف-۱-۳-۴-۲ چقرمگی شکست،  $K_{Ic}$ ، برای هر یک از نمونه‌ها به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$K_{Ic} = \frac{F}{b\sqrt{w}} \cdot \frac{S_1 - S_2}{w} \cdot \frac{3\sqrt{a}}{2(1-a)^{1.5}} Y \quad (\text{الف-۲})$$

یادآوری- در آزمون سه نقطه‌ای،  $S_2$  برابر صفر است.

برای خمش چهار نقطه‌ای، از مراجع [۲]، [۸] و [۱۱] استفاده کنید.

$$Y = 1.9887 - 1.326a - \frac{(3.49 - 0.68a + 1.35a^2)\alpha(1-a)}{(1+a)^2} \quad (\text{الف-۳})$$

برای خمش سه نقطه‌ای، فرمول به نسبت فاصله تکیه‌گاه،  $S_1$ ، بر ضخامت تیرک بستگی دارد.

برای حالتی که  $S_1/w = 10$ ، به مراجع [۲]، [۸] و [۱۱] مراجعه کنید.

$$Y = 1.9472 - 5.0247a + 11.8954a^2 - 18.0635a^3 + 14.5986a^4 - 4.6896a^5 \quad (\text{الف-۴})$$

برای حالتی که  $S_1/w = 7.5$  (به عنوان مثال  $S_1 = 30$  mm و  $w = 4$ )، به مراجع [۲] و [۸] مراجعه کنید.

$$Y = 1.964 - 2.837a + 13.7714a^2 - 23.250a^3 + 24.129a^4 \quad (\text{الف-۵})$$

یادآوری- در این حالت، جمله  $a^5$  وجود ندارد.

برای حالتی که  $S_1/w = 8$ ، به مرجع [۱۱] مراجعه کنید.

$$Y = 1.9381 - 5.0947a + 12.3861a^2 - 19.2142a^3 + 15.7747a^4 - 5.1270a^5 \quad (\text{الف-۶})$$

برای حالتی که  $S_1/w = 7$ ، از مرجع [۱۱] استفاده کنید.

$$Y = 1.9322 - 5.1007a + 12.3621a^2 - 19.5510a^3 + 15.9841a^4 - 5.1736a^5 \quad (\text{الف-۷})$$

برای حالتی که  $S_1/w = 6$ ، از مرجع [۱۱] استفاده کنید.

$$Y = 1.9230 - 5.1389a + 12.6194a^2 - 19.5510a^3 + 15.9841a^4 - 5.1736a^5 \quad (\text{الف-۸})$$

برای حالتی که  $S_1/w = 5$ ، از مرجع [۱۱] استفاده کنید.

$$Y = 1.9109 - 5.1552a + 12.6880a^2 - 19.5736a^3 + 15.9377a^4 - 5.1454a^5 \quad (\text{الف-۹})$$

که در آن:

- $K_{Ic}$  چقرمگی شکست، بر حسب (MPa√m)؛
- $F$  بار شکست، بر حسب (MN)؛
- $b$  عرض نمونه، بر حسب (m)؛
- $w$  ضخامت نمونه، بر حسب (m)؛
- $S_1$  فاصله تکیه‌گاه، سه نقطه‌ای و چهار نقطه‌ای، بر حسب (m)؛

$S_2$  فاصله تکیه‌گاه داخلی، چهار نقطه‌ای، بر حسب (m)؛

$Y$  ضریب شکل شدت تنش.

یادآوری- این معادلات مربوط به سه نقطه، با معادلات قید شده در مراجع [۲]، [۸] و [۱۱] سازگار هستند. در اصل، چندین معادله محدود به بازه  $0.6 \leq a \leq 0.35$  هستند، اما به ازای اندکی کاهش صحت این بازه را تا  $0.6 \leq a \leq 0.2$  می‌توان افزایش داد.

تمام محاسبات را برای سه رقم اصلی انجام دهید. مقدار میانگین و انحراف استاندارد  $K_{Ic}$  را محاسبه کرده و نتایج را به صورت رند شده تا دو رقم اصلی گزارش کنید.

#### الف-۱-۳-۴-۳ کنترل مقادیر محاسبه

برای خمش چهار نقطه‌ای،  $K_{Ic} = 7.42 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ ، وقتی:

$$S_2 = 20 \times 10^{-3} \text{ m}, S_1 = 4 \times 10^{-3} \text{ m}, a = 2 \times 10^{-3} \text{ m}, w = 4 \times 10^{-3} \text{ m}, b = 3 \times 10^{-3} \text{ m}, F = 100 \times 10^{-6} \text{ MN}$$

برای خمش سه نقطه‌ای،  $K_{Ic} = 7.07 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ ، وقتی:

$$S_1 = 20 \times 10^{-3} \text{ m}, a = 2 \times 10^{-3} \text{ m}, w = 4 \times 10^{-3} \text{ m}, b = 3 \times 10^{-3} \text{ m}, F = 100 \times 10^{-6} \text{ MN}$$

جدول الف-۱- طبقه‌بندی سرامیک‌ها برای پروتزه‌های ثابت بر اساس استفاده بالینی مورد نظر با چقرمگی شکست توصیه شده

طبقة	موارد کاربرد بالینی توصیه شده	حداقل چقرمگی شکست $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$
۱	الف- سرامیک تک‌سنگی برای پروتزه‌های قدامی تکی، روکش‌ها، روکاشته‌ها، یا توکاشته‌های چسبانده شده با سیمان ب- سرامیک برای پوشاندن قاب فلزی یا زیرسازی سرامیکی	۰.۷
۲	الف- سرامیک تک‌سنگی برای پروتزه‌های قدامی یا خلفی تکی چسبانده شده با سیمان ب- سرامیک زیرسازی به طور کامل پوشش داده شده برای پروتزه‌های قدامی یا خلفی تکی چسبانده شده با سیمان	۱.۰
۳	الف- سرامیک تک‌سنگی برای پروتزه‌های جلویی یا عقبی تکی و برای پروتزه‌های سه‌تایی بدون ترمیم مولر (آسیا) سیمانی چسبی یا بدون چسب ب- سرامیک زیرسازی به طور کامل یا جزئی پوشش داده شده برای پروتزه‌های جلویی یا عقبی تک‌واحدی و برای پروتزه‌های سه‌تایی بدون ترمیم مولر (آسیا) سیمانی چسبی یا بدون چسب	۲.۰
۴	الف- سرامیک تک‌سنگی برای پروتزه‌های سه‌تایی شامل ترمیم مولر (آسیا) ب- سرامیک زیرسازی پوشش داده شده برای پروتزه‌های سه‌واحدی شامل ترمیم مولر (آسیا)	۳.۵
۵	سرامیک تک‌سنگی برای پروتزه‌های شامل زیرسازی به طور کامل پوشش داده شده برای ۴ واحد یا بیشتر یا زیرسازی به طور کامل پوشش داده شده برای پروتزه‌های شامل چهار واحد یا بیشتر	۵.۰

**پیوست ب**  
**(اطلاعاتی)**  
**آماره‌های ویبول<sup>۱</sup>**

**ب-۱ آماره‌های ویبول**

ب-۱-۱ **توزیع ویبول**، داده‌های استحکام سرامیک معمولاً با توزیع نرمال حول مقدار میانگین پراکنده نیستند، اما اغلب به سمت استحکام بالا چولگی<sup>۲</sup> دارند. بیشتر توزیع‌های عمومی، مانند توزیع دوپارامتری ویبول، می‌تواند برای داده‌های توزیع شده به شکل نرمال و نامتقارن مناسب باشد.

تابع توزیع دوپارامتری ویبول بر اساس رابطه زیر، احتمال تجمعی وامانی،  $P_f$ ، یک سطح (یا حجم) تحت تنش کششی را به دو پارامتر تخمین مربوط می‌کند: الف- مدول ویبول،  $m$  (به بند ب-۱-۲ مراجعه کنید)، و ب- استحکام مشخصه ویبول،  $\sigma_0$  (به بند ب-۱-۳ مراجعه کنید):

$$P_f = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^m \right] \quad \text{ب-۱) (1)}$$

ب-۱-۲ **مدول ویبول**، مدول ویبول پارامتری برای توصیف شکل (شامل عرض) توزیع استحکام به عنوان تابعی از احتمال وامانی است. اگر  $m$  شبیه اما به صورت عکس با انحراف استاندارد در یک توزیع معمولی مرتبط باشد، با در نظر گرفتن  $\sigma_0$  مشابه، مدول ویبول کوچکتر، پراکندگی داده وسیع‌تری دارد.

ب-۱-۳ **استحکام مشخصه ویبول**، استحکام مشخصه ویبول ( $\sigma_0$ ) استحکامی است که در احتمال شکست  $63/2\%$  برای یک نمونه و پیکربندی بارگذاری خاص روی می‌دهد.

**ب-۲ محاسبه پارامترهای استحکام ویبول**

مدول ویبول و استحکام مشخصه از روی داده‌های استحکام خمشی با رده‌بندی آماری تخمین زده می‌شوند.  
ب-۲-۱ با رده‌بندی استحکام از یک بیج آزمونه‌ها (حداقل پانزده و ترجیحاً سی عدد) با ترتیب صعودی شروع کنید و به هر آزمونه یک احتمال شکست بر اساس رده‌بندی آن نسبت دهید.

$$P_f = \frac{i-0.5}{N} \quad \text{ب-۲) (2)}$$

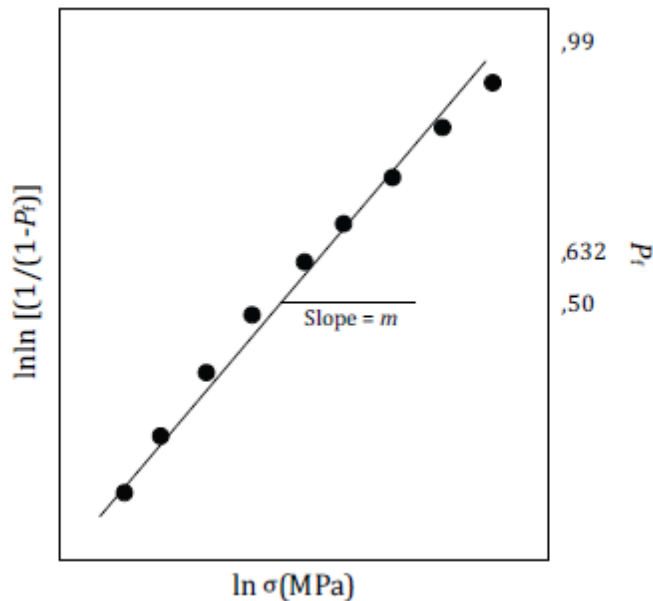
که در آن:

$i$  برابر ۱، ۲، ۳، ۴... تا  $i$  ام،

$N$  تعداد آزمونه‌ها در بیج.

ب-۲-۲ متغیرهای  $P_f$  و  $\sigma$  را به ترتیب به  $\ln \ln[(1/1-P_f)]$  و  $\ln \sigma$  تبدیل کنید که برابر دوبار لگاریتم طبیعی  $[(1/1-P_f)]$  و لگاریتم طبیعی  $\sigma$  است. نمودار  $\ln \ln[(1/1-P_f)]$  را بر روی محور عمودی (محور  $y$ ) نسبت به  $\ln \sigma$  بر روی محور افقی (محور  $x$ ) مانند شکل ب-۱ رسم کنید.

1 - Weibull statistics  
2 - Skewness



شکل ب-۱- تعیین مدول ویبول

ب-۲-۳ رگرسیون<sup>۱</sup> خطی را متناسب با خط مستقیم بند ب-۲-۲ محاسبه کنید، یعنی:

$$Y = mx + \text{مقدار ثابت}$$

رگرسیون بهتر است به گونه‌ای انجام شود که مربع انحرافات قائم نقاط داده‌های حاصل از خط به حداقل برسد. به عبارت دیگر، رگرسیون تابع لگاریتم لگاریتم احتمالات را بر روی لگاریتم تنش اعمال کنید.

ب-۲-۴ مدول ویبول ( $m$ ) برابر شیب برازش رگرسیون خطی است (یعنی  $m$  در بند ب-۲-۳).

ب-۲-۵ استحکام مشخصه ویبول ( $\sigma_0$ ) با قرار دادن  $y=0$  در بند ب-۲-۳ محاسبه می‌شود.  $y$  را برابر صفر قرار داده و  $x$  را محاسبه کنید. چون در  $y = 0$ ،  $x$  برابر لگاریتم طبیعی استحکام مشخصه است و با انتخاب توان  $x$  محاسبه می‌شود، یعنی  $\sigma_0 = e^x$  (در  $\sigma = \sigma_0$ ،  $P_f = 63,2\%$  است).

ب-۲-۶ پارامترهای ویبول همچنین می‌تواند مطابق با استاندارد ISO 20501 محاسبه شود [۸]، که از روش حداکثر تخمین احتمالی (MLE) استفاده می‌کند. روش MLE که مورد علاقه بسیاری از کارشناسان آمار است، بازه اطمینان تنگ‌تری برای تخمین پارامترهای ویبول ایجاد می‌کند. تخمین MLE برای  $\sigma_0$  تقریباً با رگرسیون خطی یکسان است، اما مدول ویبول می‌تواند کمی متفاوت باشد. اگر در روش MLE از استاندارد ISO 20501 استفاده شود، باید به‌وضوح در این گزارش بیان شود.

پیوست پ  
(اطلاعاتی)  
کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران شماره ۴۳۰۰، راهنمای گزینش آزمون جهت ارزیابی بیولوژیک یا زیست‌شناسی وسایل پزشکی
- [۲] استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۴۵۴، سرامیک‌های ظریف (سرامیک‌های پیشرفته، سرامیک‌های صنعتی پیشرفته) - اندازه‌گیری چقرمگی شکست سرامیک‌های یکپارچه با روش تیغه تک لبه ترک‌دار (SEPB) دردمای اتاق
- [۳] استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۳۸۸، سرامیک‌های ظریف (سرامیک‌های پیشرفته، سرامیک‌های صنعتی پیشرفته) - تحلیل ویبول برای داده‌های استحکام
- [۴] استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۶۵۵، سرامیک‌های ظریف (سرامیک‌های پیشرفته، سرامیک‌های صنعتی پیشرفته) - چقرمگی شکست سرامیک‌های یکپارچه در دمای اتاق توسط روش تیغه شیاردار با شکل هفت - روش آزمون
- [۵] استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۶۵۷، سرامیک‌های ظریف (سرامیک‌های پیشرفته، سرامیک‌های صنعتی پیشرفته) - چقرمگی شکست سرامیک‌های یکپارچه در دمای اتاق توسط روش ترک سطحی با خمش به روش (scf) - روش آزمون
- [۶] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۷۷۷۵، ظروف سرامیکی، ظروف شیشه سرامیک و ظروف شیشه‌ای غذاخوری - آزاد شدن سرب و کادمیوم - قسمت ۱: روش آزمون
- [۷] استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۱۵۱، دندانپزشکی - کوره دندانپزشکی - روش آزمون برای اندازه‌گیری دما با ترموکوپل مجزا
- [۸] استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۲۵۱، سرامیک‌های ظریف (سرامیک‌های پیشرفته، سرامیک‌های صنعتی پیشرفته) - روش آزمون چقرمگی شکست سرامیک‌های یکپارچه - روش تیغه تک‌لبه شکاف‌دار V شکل
- [9] ISO 7405, Dentistry — Evaluation of biocompatibility of medical devices used in dentistry
- [10] ISO 10993-14, Biological evaluation of medical devices — Part 14: Identification and quantification of degradation products from ceramics
- [11] ASTM C1421-01b, Standard test methods for determination of fracture toughness of advanced ceramics at ambient temperature
- [12] Kubler J.J. Round Robin on fracture toughness of ceramics using the SEVNB method,” VAMAS Report #37, ESIS #D2-99, EMPA, Dubendorf, CH, 1999