



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۶۰۱۶

چاپ اول

فروردین ۱۳۹۲

INSO

16016

1st. Edition

Apr.2013

سنگ طبیعی - تعیین ضریب انبساط حرارتی  
خطی - روش آزمون

Dimension stone - Determination of linear  
thermal expansion coefficient -  
Test Method

ICS:91.100.15;73.020

## 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 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 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 پیشنهادات 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 استاندارد 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

« سنگ طبیعی - تعیین ضریب انبساط گرمایی خطی - روش آزمون »

### رئیس:

دانشکده فنی - مدرس گروه معدن دانشگاه  
لرستان

کولیوند، فرشاد  
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک سنگ)

### دبیر:

کارشناس مسئول - اداره کل استاندارد  
استان لرستان

شرفی، عنایت اله  
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

کارشناس فنی - معدن مس سونگون

اعظمی، محمدعلی  
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک سنگ)

کارشناس مسئول - اداره کل استاندارد  
استان لرستان

امیری دهنو، مجید  
(کارشناسی شیمی محض)

کارشناس مسئول - اداره کل استاندارد  
استان لرستان

دولت‌شاهی، رضا  
(کارشناسی ارشد شیمی)

سازمان ملی استاندارد ایران

فلاح، عباس  
(کارشناسی ارشد زمین‌شناسی)

سرپرست حفاری شرکت ارجان پی

منوچهریان، سید محمد امین  
(کارشناسی ارشد مکانیک سنگ)

عضو سازمان نظام مهندسی استان  
آذربایجان غربی

نقی‌پور، رسول  
(کارشناسی ارشد مکانیک سنگ)

مدیر کل استاندارد استان لرستان

واعظی پور، محمدرضا  
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
د	پیش گفتار
و	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ اصول آزمون
۳	۵ وسایل
۵	۶ آماده‌سازی آزمون‌ها
۷	۷ روش انجام آزمون
۸	۸ بیان نتایج
۹	۹ گزارش آزمون

## پیش گفتار

استاندارد " سنگ طبیعی - تعیین ضریب انبساط گرمایی خطی - روش آزمون " که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در چهارصدوشانزدهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۱/۱۲/۲۲ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان 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 تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

BS EN 14581: 2004, Natural stone test methods. Determination of linear thermal expansion coefficient

## سنگ طبیعی - تعیین ضریب انبساط گرمایی خطی - روش آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین دو روش برای تعیین ضریب انبساط حرارتی سنگ‌های طبیعی، به ترتیب بر اساس اندازه‌گیری‌های مکانیکی تغییر طول (روش الف) یا استفاده از کرنش‌سنج‌های الکتریکی نواری (روش ب) می‌باشد.

### 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 مورد نظر 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 مورد نظر است. استفاده از مرجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۲۲۸: سال ۱۳۸۴، سنگ‌های تزئینی و نما- واژه‌نامه.

### ۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها

#### ۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

اصطلاحات استفاده شده در این استاندارد شامل موارد زیر است:

۱-۱-۳

دیلاتومتر<sup>۱</sup>

ابزاری برای اندازه‌گیری ضریب انبساط حرارتی می‌باشد.

۲-۱-۳

ترموکوپل

وسیله‌ای برای اندازه‌گیری اختلاف درجه حرارت می‌باشد

**یادآوری ۱** - ضریب انبساط حرارتی نسبت به دما خطی نیست. گستره دما در این استاندارد °C (۲۰-۸۰) در نظر گرفته شده، و فرض خواهد شد که  $\alpha_i$  در این گستره دما خطی است. اگر خطی بودن ضریب انبساط حرارتی نیاز به ارزیابی داشته باشد، لازم است که اندازه‌گیری‌های میانی در دماهای مختلف انجام شده و بر روی نمودار رسم گردند.

**یادآوری ۲** - به علت ناهمسان گردی<sup>۱</sup> سنگ، ضریب انبساط حرارتی نسبت به جهتی که اندازه‌گیری انجام می‌گیرد، ممکن است تغییر کند. در بعضی موارد ضریب انبساط حرارتی، در بعضی جهات منفی و در بعضی جهات دیگر مثبت می‌باشد.

### ۲-۳ نمادها

نمادهای به کار رفته در این استاندارد در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۱- نمادهای به کار رفته در این استاندارد

نماد	تعریف	واحد
$\ell_{s20}$	طول اولیه آزمون در دمای °C (۲۰ ± ۰,۵)	میلی‌متر (mm)
$\ell_{s80}$	طول نهایی آزمون در دمای °C (۸۰ ± ۰,۵)	میلی‌متر (mm)
$\Delta \ell_s = (\ell_{s80} - \ell_{s20})$	تغییر طول آزمون. اگر $\Delta \ell_s$ مثبت باشد انبساط، و اگر منفی باشد انقباض را نشان می‌دهد (یادآوری ۱ را ببینید).	میلی‌متر (mm)
$\ell_{r20}$	طول اولیه نمونه مرجع در دمای °C (۲۰ ± ۰,۵)	میلی‌متر (mm)
$\ell_{r80}$	طول نهایی نمونه مرجع در دمای °C (۸۰ ± ۰,۵)	میلی‌متر (mm)
$\Delta \ell_r = (\ell_{r80} - \ell_{r20})$	تغییر طول نمونه مرجع	میلی‌متر (mm)
$\Delta T$	°C (۶۰ ± ۱)، تغییر دما از °C (۲۰ ± ۰,۵) تا °C (۸۰ ± ۰,۵)	
$\epsilon_r$	انبساط حرارتی خطی واحد نمونه مرجع	$10^{-6}$ (mm/mm)
$\epsilon_{si} = \Delta \ell_s / \ell_{s20}$	انبساط حرارتی خطی واحد آزمون در جهت (i)	$10^{-6}$ (mm/mm)
$\epsilon_{s1}, \epsilon_{s2}, \epsilon_{s3}$	انبساط حرارتی خطی واحد آزمون در سه جهت عمود بر هم	$10^{-6}$ (mm/mm)
$\alpha_r$	ضریب انبساط حرارتی خطی نمونه مرجع	°C <sup>-1</sup>
$\alpha_i$	ضریب انبساط حرارتی خطی آزمون در جهت (i)	°C <sup>-1</sup>
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$	ضریب انبساط حرارتی خطی آزمون در امتداد سه جهت عمود بر هم	°C <sup>-1</sup>

### ۴ اصول آزمون

پس از خشک کردن آزمون تا رسیدن به جرم ثابت، طول آزمون در جهت (i)، حداقل در دو درجه حرارت مختلف اندازه‌گیری شود. ضریب انبساط حرارتی خطی بین دماهای حدی (دماهای اولیه و ثانویه هنگام

اندازه‌گیری طول اولیه و ثانویه به منظور اندازه‌گیری تغییر طول ناشی از تغییر دما، به صورت تغییر واحد طول به ازای تغییر دمای  $1^{\circ}\text{C}$ ، بیان می‌شود.

## ۵ وسایل

### ۱-۵ گرم‌خانه تهویه‌دار

گرم‌خانه تهویه‌دار که توانایی افزایش دما از  $(20 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$  تا  $(80 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$  با نرخ  $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ، و نیز نگه‌داشتن دماها در این گستره در مدت حداقل ۲h با درستی حداقل  $0.5^{\circ}\text{C} \pm$  را داشته باشد.

### ۲-۵ (در روش الف)

ابزار اندازه‌گیری مکانیکی (دیلاتومتر)، با حداقل درستی ۱ بر روی  $100000$  طول اندازه‌گیری شده (شکل ۱ را ببینید)، هر ابزار دیگری که قادر باشد تغییرات طول را با درستی ارائه شده اندازه‌گیری نماید (مانند دیلاتومتر الکتریکی).

### ۳-۵ (در روش الف)

ابزار اندازه‌گیری کرنش‌سنج (شکل ۲ را ببینید)، که شامل قسمت‌های زیر باشد:

### ۱-۳-۵ کرنش‌سنج

کرنش‌سنج‌های مناسب برای استفاده در گستره دماهای پیش‌بینی شده.

**یادآوری** - کرنش‌سنج‌ها بهتر است مطابق با ویژگی‌های بیان شده توسط کارخانه سازنده‌شان و مطابق با کاربردهای آزمایشگاهی انتخاب گردند. طول کرنش‌سنج‌ها بهتر است حداقل ۸ برابر اندازه درشت‌ترین دانه سنگ مورد آزمون باشد. در سنگ‌های با دانه‌های فوق‌العاده بزرگ، طول کرنش‌سنج‌ها می‌تواند ۳ برابر اندازه بزرگ‌ترین دانه سنگ باشد.

### ۲-۳-۵

ابزار اندازه‌گیری دارای پل الکتریکی (پل واتسون) و تقویت‌کننده نشانک (سیگنال)، با حداقل ۴ کانال اندازه‌گیری. درستی این ابزار باید حداقل  $5 \times 10^{-6}$  (mm/mm) باشد.

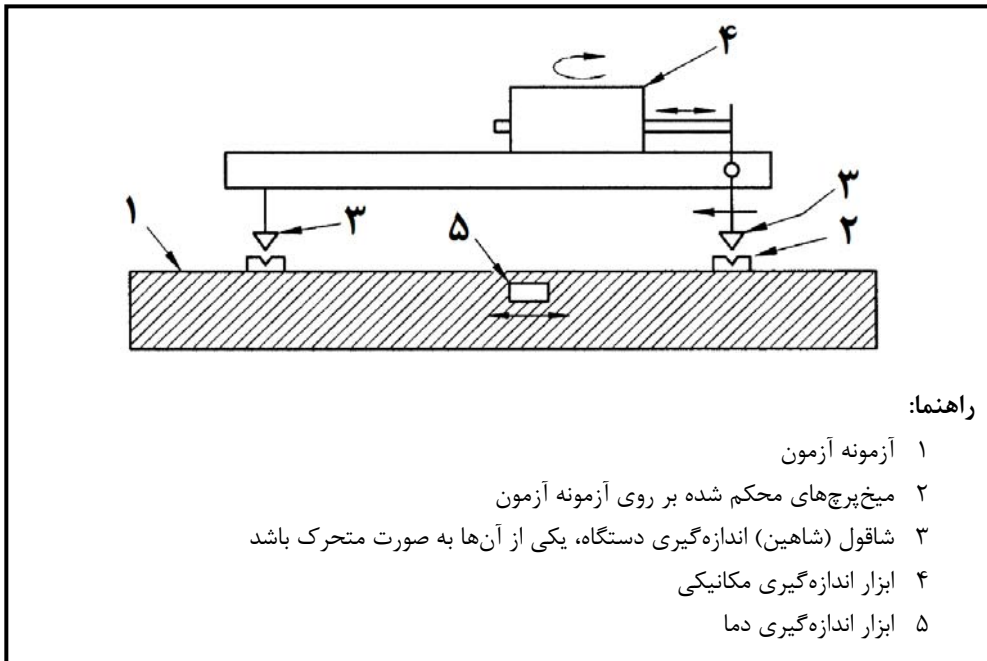
مقاومت داخلی پل الکتریکی برای سنگ گرانیات یا مشابه آن در دماهای اندازه‌گیری، باید ثابت باشد.

### ۴-۵ نمونه مرجع واسنجی شده

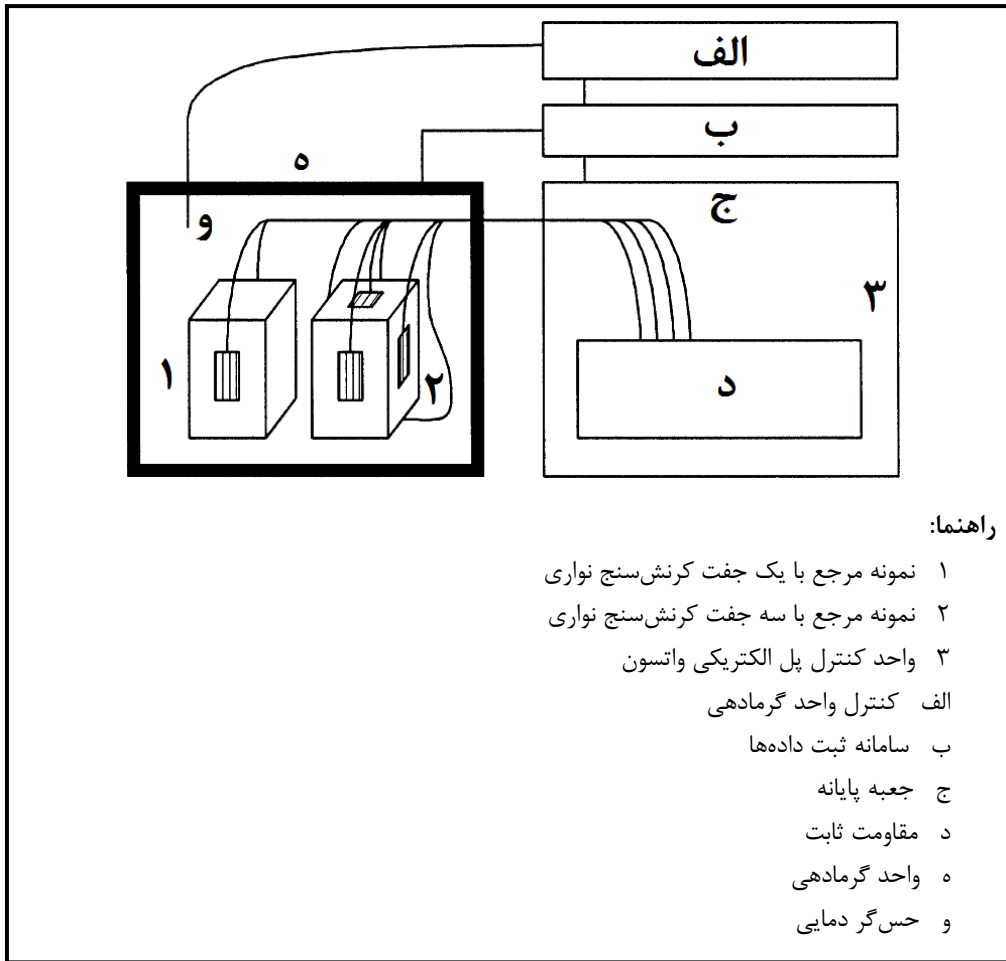
یک نمونه مرچه واسنجی شده با ضریب انبساط حرارتی معلوم در گستره دمای آزمون  $(20-80)^{\circ}\text{C}$ . نمونه مرجع ممکن است از مصالح مختلف با ضریب انبساط حرارتی پائین ساخته شده باشد (مانند آلیاژ فولاد و غیره). در این حالت باید طول آزمون دو برابر طول کرنش‌سنج بوده و حداقل مقطع عرضی  $(50\text{mm} \times 50\text{mm})$  داشته باشد.



۵-۵ ابزار اندازه‌گیری دما (مانند ترموکوپل)  
 ابزار اندازه‌گیری دما با درستی حداقل  $0.2^{\circ}\text{C}$ .



شکل ۱- نمونه‌ای از دستگاه اندازه‌گیری مکانیکی ضریب انبساط حرارتی



شکل ۲- طرح شماتیک چیدمان آزمون دستگاه اندازه‌گیری کرنش سنج

## ۶ آماده‌سازی آزمون‌ها

### ۱-۶ نمونه‌برداری

نمونه‌برداری بر عهده آزمایشگاه انجام دهنده آزمون نمی‌باشد، مگر در مواردی که به طور ویژه درخواست شده باشد. موقعیت هر صفحه لایه‌بندی یا ناهمسان گردی باید بر روی نمونه یا هر آزمون به وسیله حداقل دو خط موازی علامت‌گذاری شود.

باید در هر راستا، حداقل دو آزمون از یک محموله همگن انتخاب شود. اگر سنگ مورد آزمون ناهمگن باشد، ممکن است لازم باشد تعداد آزمون‌های آزمون، بیشتری انتخاب شود.

**یادآوری ۱** - ضریب انبساط حرارتی انواع زیادی از سنگ‌ها به جهت اندازه‌گیری وابسته است. بنابراین، برای ارزیابی درجه ناهمسان گردی سنگ، بهتر است انبساط حرارتی در چندین جهت اندازه‌گیری شود.

**یادآوری ۲** - ناپیوستگی‌های سنگ‌های طبیعی از قبیل درزه‌ها، شامل رگه‌ها، لایه‌بندی‌ها و غیره، ممکن است بر ضریب انبساط تاثیر بگذارند. هنگام نمونه‌برداری یا آماده‌سازی آزمون، بهتر است از تولید ریزترک‌ها اجتناب شود.

## ۲-۶ آزمون‌های آزمون

### ۱-۲-۶ کلیات

آزمون می‌تواند به عنوان آزمون شناسایی و یا آزمون فنی انجام شود. هنگامی که موقعیت کار گذاشتن سنگ نسبت به موقعیت صفحات ناهمسان گردی، ضخامت و پرداخت سطح سنگ مشخص نباشد، آزمون‌های شناسایی انجام می‌شود.

هنگامی که موقعیت کار گذاشتن سنگ نسبت به موقعیت صفحات ناهمسان گردی، ضخامت و پرداخت سطح سنگ مشخص باشد، آزمون‌های فنی انجام می‌شود. در این مورد، محور طول آزمون باید هم‌راستای جهت بزرگ‌ترین صفحات ناهمسان گردی سنگ باشد.

### ۲-۲-۶ ابعاد آزمون

ابعاد آزمون باید مطابق با حداقل اندازه طول اندازه‌گیری باشد، که به درستی ابزار اندازه‌گیری و حداکثر اندازه دانه‌های سنگ مرتبط می‌باشد.

هنگام استفاده از ابزار اندازه‌گیری مکانیکی، آزمون‌های آزمون شناسایی باید منشورهای مستطیلی با حداقل عرض ۵۰mm، ضخامت ۲۰mm و طول ۲۵۰mm باشد (طول آزمون باید حداقل ۱۰ برابر اندازه بزرگ‌ترین دانه سنگ باشد).

اگر از ابزار کرنش‌سنج استفاده می‌شود، آزمون‌های آزمون شناسایی باید مکعبی یا منشورهای مستطیلی با حداقل طول، ضخامت و عرض ۷۰mm باشد. هر یک از این ابعاد (طول، عرض و ضخامت) باید حداقل ۱۰ برابر اندازه بزرگ‌ترین دانه سنگ باشد

برای آزمون فنی، ضخامت آزمون باید برابر با یک‌های تجاری باشد، بنابراین آزمون ممکن است به اندازه کافی ضخامت نداشته باشد تا بتوان ضریب انبساط آن را مطابق با این ابعاد تعیین نمود. در این مورد، آزمون فقط در امتداد عرض و طول آزمون انجام می‌گیرد.

### ۳-۲-۶ نصب کردن میخ‌پرچ‌ها یا کرنش‌سنج‌ها

وجوه آزمون، جایی که میخ‌پرچ‌ها یا کرنش‌سنج‌ها نصب شده‌اند، باید با کاغذ سمباده با اندازه زبری ۶۰۰<sup>۱</sup> (FEPA) پرداخت شود.

مواد چسبنده مورد استفاده برای نصب، باید در گستره دمای آزمون °C (۸۰-۲۰) پایدار باشد.

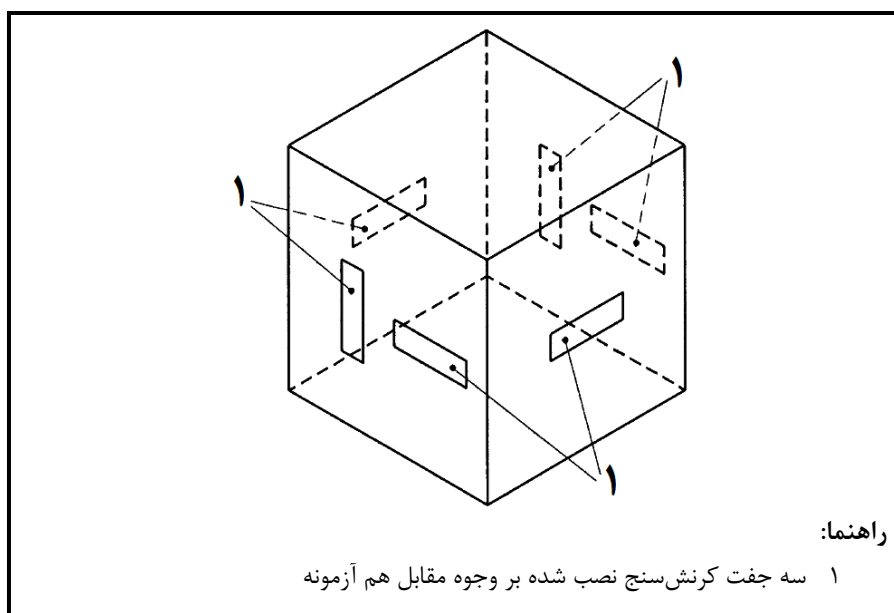
در آزمون‌های شناسایی با استفاده از ابزار مکانیکی، دو میخ‌پرچ با فاصله مناسب (حداقل ۲۰۰mm) در امتداد محور طولی هر آزمون نصب می‌شود.

در آزمون شناسایی با استفاده از کرنش‌سنج، باید سه جفت کرنش‌سنج در سه جهت عمود بر هم بر روی هر آزمون نصب شود. هر جفت کرنش‌سنج‌ها باید بر روی وجوه مقابل هم آزمون با چیدمان مشابهی نصب گردند (شکل ۳ را ببینید). سایر جفت کرنش‌سنج‌ها باید بر روی وجوه مقابل هم نمونه مرجع نصب شوند.

---

1 - Federation of European producers of abrasives

در آزمون‌های فنی، جهت میخ‌پرچ‌ها و کرنش‌سنج‌ها با جهات ساخت هم راستا خواهد بود.



شکل ۳- چیدمان جفت کرنش‌سنج‌ها در هر آزمون

#### ۶-۲-۴ خشک کردن آزمون‌ها

در آزمون‌های شناسایی قبل از نصب میخ‌پرچ‌ها یا کرنش‌سنج‌ها، آزمون‌ها تا رسیدن به یک جرم ثابت، باید در دمای  $(5 \pm 70)^\circ\text{C}$  خشک شوند. رسیدن آزمون‌ها به یک جرم ثابت زمانی حاصل می‌شود، که اختلاف بین دو توزین با فاصله زمانی  $(2 \pm 24)\text{h}$  از توزین اول، بیش‌تر از  $0.1\%$  توزین اول نباشد.

**یادآوری** - در شرایط واقعی، در انواع زیادی از سنگ، انبساط حرارتی تحت تاثیر و مداخله انبساط کنترل شده رطوبت قرار می‌گیرد. بنابراین، انجام آزمون‌های فنی برای آزمون‌های مورد کاربرد در شرایطی غیر از شرایط خشک، می‌تواند مفید باشد.

#### ۷ روش انجام آزمون

##### ۷-۱ روش الف

هر یک از آزمون‌ها و آزمون مرجع را به یک (ترموکوپل) جفت گرمایی و میخ‌پرچ‌های نواری برای اندازه‌گیری، مجهز نموده و در یک گرم‌خانه تهویه‌دار در دمای  $(1 \pm 20)^\circ\text{C}$  قرار دهید. پس از تثبیت دما در حداقل  $0.5^\circ\text{C} \pm$  به مدت حداقل  $30\text{min}$ ، هر چه سریع‌تر آزمون‌ها را از گرم‌خانه خارج نموده و طول آن‌ها اندازه‌گیری شود. طول و دمای متناظر هر آزمون ثبت گردد. این روند ادامه داده شود تا زمانی که دما به  $(1 \pm 80)^\circ\text{C}$  برسد و حداقل در  $0.5^\circ\text{C} \pm$  برای مدت حداقل  $30\text{min}$  ثابت بماند.

سپس روند مشابهی برای کاهش دما تا رسیدن به دمای اولیه  $(1 \pm 20)^\circ\text{C}$  استفاده شود. برای بررسی تغییرات ناشی از گرما، باید حداقل دو چرخه کامل گرمادهی و سردکردن متوالی بر روی هر آزمون انجام شود.

ممکن است بتوان آزمون‌های بیشتری را در زمان یکسانی مورد آزمون قرار داد.

**یادآوری ۱** - زمانی که لازم است خطی بوده ضریب انبساط حرارتی در گستره  $(20-80)^{\circ}\text{C}$  مورد ارزیابی قرار گیرد، اندازه-گیری‌های میانی در هر  $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$  با روند مشابهی برای هر دو چرخه گرمادهی و سردکردن انجام گیرد. سپس داده‌ها بر روی نمودار رسم شوند. این روند همچنین موجب تعیین ضرایب انبساط حرارتی در گستره دماهای مختلف می‌شود.

**یادآوری ۲** - زمانی که ثبت دما و طول به طور خودکار با استفاده از دیلاتومتر انجام می‌شود، بهتر است درستی اندازه‌گیری‌ها به صورتی باشد، که در بند ۳ بیان شد.

## ۲-۷ روش ب

آزمون و نمونه مرجع را در گرم‌خانه تهویه‌دار قرار دهید. گرم‌خانه باید قبل از آزمون به مدت ۲h در دمای  $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$  نگه داشته شود. چهار جفت کرنش‌سنج (سه جفت بر روی آزمون و یک جفت بر روی نمونه مرجع) را به ابزار اندازه‌گیری متصل نمایید.

اگر ابزار اندازه‌گیری بازدهی کافی داشته باشند، ممکن است بتوان آزمون‌های بیشتری را در زمان یکسانی مورد آزمون قرار داد.

دما را با نرخ  $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$  تا دمای  $(80 \pm 1)^{\circ}\text{C}$  بالا برده و به مدت حداقل ۲h در این دما نگه دارید. انبساط حرارتی خطی واحد آزمون در هر سه جهت عمود بر هم  $(\epsilon_{s1}, \epsilon_{s2}, \epsilon_{s3})$  و انبساط حرارتی خطی واحد نمونه مرجع  $(\epsilon_r)$  را ثبت نمایید.

## ۸ بیان نتایج

### ۱-۸ روش الف

در هر چرخه گرم کردن و سرد کردن، تغییر طول و انبساط حرارتی خطی واحد آزمون در راستای (i)  $(\Delta l_{si}, \epsilon_{si})$  و نمونه مرجع  $(\Delta l_r, \epsilon_r)$  را مطابق با معادله‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ محاسبه نمایید.

$$\Delta l_{si} = l_{si80} - l_{si20} \quad (1)$$

$$\Delta l_r = l_{r80} - l_{r20} \quad (2)$$

$$\epsilon_{si} = \frac{\Delta l_{si}}{l_{si20}} \quad (3)$$

$$\epsilon_r = \frac{\Delta l_r}{l_{r20}} \quad (4)$$

سپس برای هر چرخه گرم کردن و سرد کردن، ضریب انبساط حرارتی خطی آزمون را در راستای (i) با استفاده از معادله ۵ محاسبه نمایید.

$$\alpha_i = \frac{\epsilon_{si} - \epsilon_r}{\Delta t} + \alpha_r \quad (5)$$

که در آنها:

$$\begin{aligned} \Delta l_{si} & \text{ تغییر طول آزمون، بر حسب } \text{mm} \\ l_{si80} & \text{ طول نهایی آزمون در دمای } (80 \pm 0.5)^\circ\text{C} \text{، بر حسب } \text{mm} \\ l_{si20} & \text{ طول اولیه آزمون در دمای } (20 \pm 0.5)^\circ\text{C} \text{، بر حسب } \text{mm} \\ \Delta l_r & \text{ تغییر طول نمونه مرجع، بر حسب } \text{mm} \\ l_{r80} & \text{ طول نهایی نمونه مرجع در دمای } (80 \pm 0.5)^\circ\text{C} \text{، بر حسب } \text{mm} \\ l_{r20} & \text{ طول اولیه نمونه مرجع در دمای } (20 \pm 0.5)^\circ\text{C} \text{، بر حسب } \text{mm} \\ \varepsilon_{si} & \text{ انبساط حرارتی خطی واحد آزمون در جهت (i)، بر حسب } (\text{mm/mm}) \cdot 10^{-6} \\ \varepsilon_r & \text{ انبساط حرارتی خطی واحد نمونه مرجع، بر حسب } (\text{mm/mm}) \cdot 10^{-6} \\ \Delta t & = (60 \pm 1)^\circ\text{C} \\ \alpha_r & \text{ ضریب انبساط حرارتی خطی معلوم نمونه مرجع، بر حسب } ^\circ\text{C}^{-1} \end{aligned}$$

سپس میانگین مقادیر ضرایب خطی انبساط حرارتی ( $\alpha_i$ ) به دست آمده برای هر چرخه گرمادهی و سرد کردن را به دست آورید.

## ۸-۲ روش ب

ضریب انبساط حرارتی خطی واحد در هر سه جهت را با استفاده از معادله‌های ۶، ۷ و ۸ محاسبه نمائید.

$$\alpha_1 = \frac{\varepsilon_{s1} - \varepsilon_r}{\Delta t} + \alpha_r \quad (6)$$

$$\alpha_2 = \frac{\varepsilon_{s2} - \varepsilon_r}{\Delta t} + \alpha_r \quad (7)$$

$$\alpha_3 = \frac{\varepsilon_{s3} - \varepsilon_r}{\Delta t} + \alpha_r \quad (8)$$

که در آنها:

$$\begin{aligned} \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 & \text{ ضریب انبساط حرارتی خطی آزمون در امتداد سه جهت عمود بر هم، بر حسب } (\text{mm/mm}) \cdot 10^{-6} \\ \varepsilon_{s1}, \varepsilon_{s2}, \varepsilon_{s3} & \text{ انبساط حرارتی خطی واحد آزمون در سه جهت عمود بر هم، بر حسب } (\text{mm/mm}) \cdot 10^{-6} \\ \varepsilon_r & \text{ انبساط حرارتی خطی واحد نمونه مرجع، بر حسب } (\text{mm/mm}) \cdot 10^{-6} \\ \alpha_r & \text{ ضریب انبساط حرارتی خطی معلوم نمونه مرجع، بر حسب } ^\circ\text{C}^{-1} \\ \Delta t & = (60 \pm 1)^\circ\text{C} \end{aligned}$$

باید جهات جفت کرنش‌سنج‌های متناظر با  $\alpha_1$ ،  $\alpha_2$  و  $\alpha_3$  مشخص شده باشد.

## ۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- ۱-۹ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛
- ۲-۹ شماره شناسایی منحصر به فرد برای گزارش؛
- ۳-۹ شماره، عنوان و تاریخ انجام آزمون؛
- ۴-۹ نام و آدرس آزمایشگاه، یا محلی که آزمون در آنجا انجام شده است (اگر آزمون در جایی غیر از آزمایشگاه انجام شده است)؛
- ۵-۹ نام و آدرس مشتری درخواست کننده آزمون؛
- ۶-۹ درخواست کننده آزمون باید اطلاعات زیر را ارائه نماید:
- ۱-۶-۹ نام علمی سنگ؛
- ۲-۶-۹ نام تجاری سنگ؛
- ۳-۶-۹ کشور و منطقه‌ای که نمونه از آنجا استخراج شده است؛
- ۴-۶-۹ نام تامین کننده؛
- ۵-۶-۹ راستای هر صفحه ناهمسان گردی موجود، به وضوح بر روی نمونه یا بر روی هر نمونه آزمون به وسیله دو خط موازی مشخص شود.
- ۶-۶-۹ نام شخص یا سازمانی که نمونه برداری را انجام داده است؛
- ۷-۶-۹ پرداخت سطح نمونه‌ها (اگر وابسته به آزمون باشد)؛
- ۷-۹ تاریخ دریافت نمونه یا نمونه‌ها؛
- ۸-۹ تاریخ آماده شدن نمونه‌ها و تاریخ انجام آزمون؛
- ۹-۹ تعداد نمونه‌ها در نمونه؛
- ۱۰-۹ ابعاد نمونه‌ها؛
- ۱۱-۹ در روش الف:
- مقادیر منفرد ضریب انبساط حرارتی خطی  $\alpha_i$ ، مقدار متوسط و نمودار متناظر (اگر کاربردی باشد).
- ۱۲-۹ در روش ب :
- مقادیر ضریب انبساط حرارتی خطی ( $\alpha_1$ ،  $\alpha_2$  و  $\alpha_3$ ) به دست آمده در هر راستای مربوط.
- ۱۳-۹ بیان عدم قطعیت اندازه‌گیری‌ها؛
- ۱۴-۹ کلیه انحراف معیارها و مقادیر مجاز؛
- ۱۵-۹ اظهار نظرها.
- گزارش آزمون باید حاوی امضا(ها) و سمت مسئولان انجام آزمون و تاریخ ثبت گزارش باشد. هم چنین بیان این نکته ضروری است که گزارش آزمون نباید به صورت ناقص و بدون موافقت آزمایشگاه انجام دهنده آزمون، چاپ و منتشر شود.