



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۰۵۷

چاپ اول

بهمن ۱۳۹۲

INSO

17057

1st. Edition

Feb.2013

دیرگدازها - اندازه‌گیری انبساط حرارتی و
خزش دیرگدازهای تحت بار در دمای اتاق -
روش آزمون

**Refractories - Measuring Thermal
Expansion and Creep of Refractories
Under Load – Test Method**

ICS:81.080

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)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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) و 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) و وسایل سنجش، تعیین عبارات 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

«دیرگذازها- اندازه‌گیری انبساط حرارتی و خزش دیرگذازهای تحت بار در دمای اتاق- روش آزمون»

سمت و/ یا نمایندگی

معاونت ارزیابی انطباق اداره کل استاندارد خراسان شمالی

رییس:

فرجی، احمدرضا

(کارشناس ارشد زمین‌شناسی)

دبیر:

ضرابی راد، راحله

(کارشناس ارشد زمین‌شناسی)

مدیر فنی آزمایشگاه همکار شرکت پیشرو مصالح شرق،
مدیرعامل شرکت کیفیت گستر بجنورد، دبیر تدوین
پژوهشکده کیمیاگران ارتیان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آذر، رضا

(کارشناس شیمی)

مدیر کنترل کیفیت شرکت فرآورده‌های نسوز ایران

ابوالحسنی، عباس

(کارشناس مهندسی عمران)

مدیرعامل شرکت پیشرو مصالح شرق، عضو هیات مدیره
شرکت فرآورده‌های نسوز شمال شرق ایران

ارجمندزاده، رضا

(دکتری زمین‌شناسی اقتصادی)

عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور بجنورد

اسداللهی یزدی، مهدی

(کارشناس مهندسی کشاورزی)

کارشناس شرکت پژوهشکده کیمیاگران ارتیان

توکلی، مهدی

(کارشناس مهندسی معدن)

کارشناس امور معادن سازمان صنعت، معدن و تجارت

خدام کهکی، محبوبه

(کارشناس فیزیک هسته‌ای)

کارشناس فیزیک

درتومی، صفیه

(کارشناس شیمی)

مدیر کنترل کیفیت شرکت فرآورده‌های قیری پارت
پاسارگاد

صمدی شادلو، مهرداد

(کارشناس مهندسی مواد- سرامیک)

کارشناس واحد تحقیق و توسعه شرکت پیشرو مصالح
شرق

فیاض، نرگس

(کارشناس شیمی)

مسئول آزمایشگاه شیمی مجتمع لوله‌گستر اسفراین

رییس هیات مدیره شرکت کیفیت گستر بجنورد، مدیر
کنترل کیفیت شرکت لوله پلی اتیلن بجنورد

گرایلی، علیرضا
(کارشناس شیمی)

عضو هیات مدیره جامعه مدیران کیفیت صنایع خراسان
شمالی

کمالی، منصوره
(کارشناس مهندسی شیمی)

مدیرعامل شرکت پژوهشکده کیمیاگران ارتیان

گریوانی، زکیه
(کارشناس ارشد شیمی کاربردی)

کارشناس نظارت سازمان ملی استاندارد ایران

عباسی رزگله، محمدحسین
(کارشناس مهندسی مواد، سرامیک)

مدیر آزمایشگاه و کارشناس واحد تحقیق و توسعه شرکت
نسوز تبریز، مسئول نسوزکاری شرکت ذوب شاهین بناب

عباسی قراجه ملک، محمدرضا
(کارشناس مهندسی مواد، سرامیک)

مدیر کنترل کیفیت شرکت آجر بیمکر

منفرد، حوا
(کارشناس شیمی)

مدرس دانشگاه دولتی بجنورد، دبیر آموزش و پرورش
شهرستان اسفراین

یوسف نژاد، هادی
(کارشناس ارشد فیزیک هسته‌ای)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ خلاصه روش آزمون
۲	۵ تداخلها
۳	۶ دستگاه آزمون
۶	۷ آماده سازی آزمون
۶	۸ محاسبات
۷	۹ روش انجام آزمون
۸	۱۰ گزارش آزمون
۸	۱۱ دقت و اریبی

پیش‌گفتار

استاندارد «دیرگدازها- اندازه‌گیری انبساط حرارتی و خزش دیرگدازهای تحت بار در دمای اتاق- روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت پژوهشکده کیمیاگران ارتیان بجنورد تهیه و تدوین شده و در دویستمین اجلاس هیئت کمیته ملی استاندارد مواد معدنی مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۰۷ مورد تصویب قرار گرفته است، 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 تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ASTM C832,2010, Standard Test Method of Measuring Thermal Expansion and Creep of Refractorie Under Load

دیرگدازها - اندازه‌گیری انبساط حرارتی و خزش دیرگدازهای تحت بار در دمای اتاق - روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روشی برای اندازه‌گیری تغییرات خطی آزمون‌هایی از دیرگدازها است که در حالی که گرم شده‌اند و در دماهای بالا نگه داشته شده‌اند تحت تنش فشاری قرار گرفته‌اند. این استاندارد برای موادی که استحکام آن‌ها به قیر یا پیوندهای کربنی وابسته است به کار نمی‌رود مگر این که از کنترل اتمسفری مناسبی استفاده شود (به بند ۶-۳ این استاندارد مراجعه شود). انبساط حرارتی تحت بار و ویژگی‌های خزش ۲۰ ساعت تا ۵۰ ساعت مواد دیرگداز در مشخص کردن ظرفیت تحمل بار مواد دیرگداز که به طور یکنواختی گرم شده‌اند، مفید است. مثال‌های قابل کاربرد مستقیم، چکرهای^۱ کوره‌های شیشه و اجاق کوره‌های بلند هستند.

هشدار - این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند، بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص کند.

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 می‌شوند. 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 تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مرجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 E 691, Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

ماکسیمم تورم

درصد انبساط در جایی که سرعت انبساط گرمایی برابر با سرعت خزش - تغییر شکل باشد. هنگام استفاده، در پیوستگی با دما در ماکسیمم تورم می‌تواند در تخمین میزان انبساط حرارتی مورد استفاده قرار گیرد.

خزش (۲۰ تا ۵۰) ساعت

درصد تغییر شکل بین ۲۰ ساعت و ۵۰ ساعت می‌تواند در رتبه‌بندی محصولات در رابطه با ظرفیت تحمل بار مربوط به یک دمای خاص مورد استفاده قرار گیرد. رتبه‌بندی محصولات می‌تواند در دماهای مختلف متفاوت باشد.

دمای ماکسیمم تورم

علاوه بر تخمین برجستگی میزان انبساط حرارتی، می‌تواند در رتبه‌بندی محصولات در رابطه با مقاومت نسبی مورد استفاده قرار گیرد. به طور کلی، دمای بالاتر در ماکسیمم تورم، بیشتر محصولات دیرگداز بهتر است که قادر به مقاومت در برابر تغییر شکل در دماهای بالا باشند.

۴ خلاصه روش آزمون

۱-۴ آزمون‌ها را از نمونه‌های آجر دیرگداز یا از نمونه‌های پیش‌ساخته از مواد دیرگداز یکپارچه را ببرید و در یک کوره قرار داده و در معرض یک تنش فشاری مشخص قرار دهید. حس‌گرها برای اندازه‌گیری پیوسته تغییرات خطی آزمون موازی با جهت تنش فشاری در موقعیت هستند. در حالی که گرمای کوره در یک نرخ کنترل شده برای انبساط حرارتی تحت بار آزمون می‌شود، دما و تغییرات خطی آزمون به طور پیوسته ثبت می‌شوند. در حالی که در دمای غوطه‌وری برای ۲۰ ساعت تا ۵۰ ساعت آزمون خزش انجام می‌شود زمان و تغییرات خطی آزمون نیز به طور پیوسته ثبت می‌شوند.

۲-۴ کاربر باید آگاه باشد که سایر سازوکارهایی که مربوط به خزش هستند نیز ممکن است فعال باشند. این امر به خصوص هنگامی که دما به 1650°C می‌رسد، صادق است. هنگامی که سایر واکنش‌های مواد همانند خوردگی، اکسیدشدن، تفجوشی^۱ و همانند این‌ها فعال هستند، باید هنگام تفسیر و شناسایی سازوکارهای خزش توجه زیادی به کار برده شود.

۳-۴ از آن‌جا که مواد تمایل به نمایش سریع‌تر نرخ‌های خزش در هنگام مرحله اولیه تغییرشکل هستند، کاربر باید هنگام پیش‌بینی سرعت‌های اندازه‌گیری شده خزش خارج از زمان ۵۰ ساعت عادی آزمون هوشیار باشد. باید در دومین مرحله، خزش مواد در زمان‌های طولانی‌تر پیش‌بینی شوند.

۵ تداخل‌ها

۱-۵ واکنش شیمیایی با محیط آزمون، محیط آزمون (خلا، گاز بی‌اثر، هوای محدودشده و همانند این‌ها) شامل محتوای رطوبت (درصد رطوبت نسبی) ممکن است تاثیر شدیدی بر سرعت کشش خزش و زمان گسیختگی خزش داشته باشد. به طور خاص، دیرگدازها به رشد آهسته ترک یا اکسید شدن به حساس

بوده و به شدت تحت تاثیر محیط آزمون قرار می‌گیرند. آزمون باید در محیطی که نمایانگر شرایط خاص یا بی‌اثر به فرآورده‌های نسوز با توجه به عملکرد در حال ارزیابی انجام شود.

۲-۵ آماده‌سازی سطح آزمون، آماده‌سازی سطح آزمون می‌تواند عیوب ماشین‌کاری که ممکن است بر سرعت کرنش خزش و زمان گسیختگی خزش موثر باشد را نشان می‌دهد. آسیب تحمیلی ناشی از ماشین‌کاری در هنگام آماده‌سازی آزمون به احتمال زیاد منجر به شکست زود هنگام آزمون خواهد شد اما می‌تواند عیوبی را که توسط رشد آهسته ترک‌ها توسعه پیدا کنند، معرفی کند. همچنین سطح آماده‌سازی شده می‌تواند هادی تنش‌های باقیمانده باشد که در طی آزمون کاهش پیدا کنند.

۳-۵ انفعالات شیمیایی آزمون یا انبساط‌سنج^۲، اگر روش اندازه‌گیری کرنش مبتنی بر تماس فیزیکی میان اجزا انبساط‌سنج (میله‌های کاوش‌گر^۳ تماسی یا روش میله‌های نوری) و آزمون باشد روش‌های اتصال میله‌های و انبساط‌سنج در تماس با مواد باید با دقت و با اطمینان از این موضوع که هیچ واکنش نامطلوب

1- Sintering
2- Extensometer
3- Probes

شیمیایی در طول آزمون رخ نمی‌دهد، انتخاب شود. اگر میله‌های کاوش‌گر و مواد آزمون هر دو از نظر شیمیایی بی‌اثر انتخاب شوند، این مسئله نباید مشکلی داشته باشد. همچنین کاربر باید آگاه باشد که ناخالصی‌ها یا فازهای بعدی در میله‌های کاوشگر یا آزمون ممکن است به‌طور متقابل واکنش شیمیایی داشته و می‌توانند در نتایج تاثیرگذار باشند.

۴-۵ تغییرات دمایی، کرنش خزش از طریق یک تابع دمایی به درجه حرارت وابسته است. بنابراین، نوسانات در دمای آزمون یا تغییرات در مشخصه دمایی در سراسر طول نمونه می‌تواند باعث نوسانات در اندازه‌گیری کرنش یا تغییرات در سرعت خزش شود (به بند ۱-۶ و ۲-۶ مراجعه شود).

۶ وسایل آزمون

۱-۶ کوره الکتریکی، با تنظیم فضای کافی برای قرار دادن یک یا چند آزمون با اندازه مشخص شده در بند ۷ است. آزمون‌ها باید به طور مساوی حداقل از دو سمت مخالف حرارت ببینند و اختلاف دمای بین آزمون‌ها در یک کوره در چند موقعیت و بین بالا و پایین انتهای هر آزمون منفرد نباید بیشتر از 10°C باشد. برای طرح‌های آرایش‌های پنج نوع کوره معمولی به شکل‌های ۱ تا ۴ مراجعه کنید.

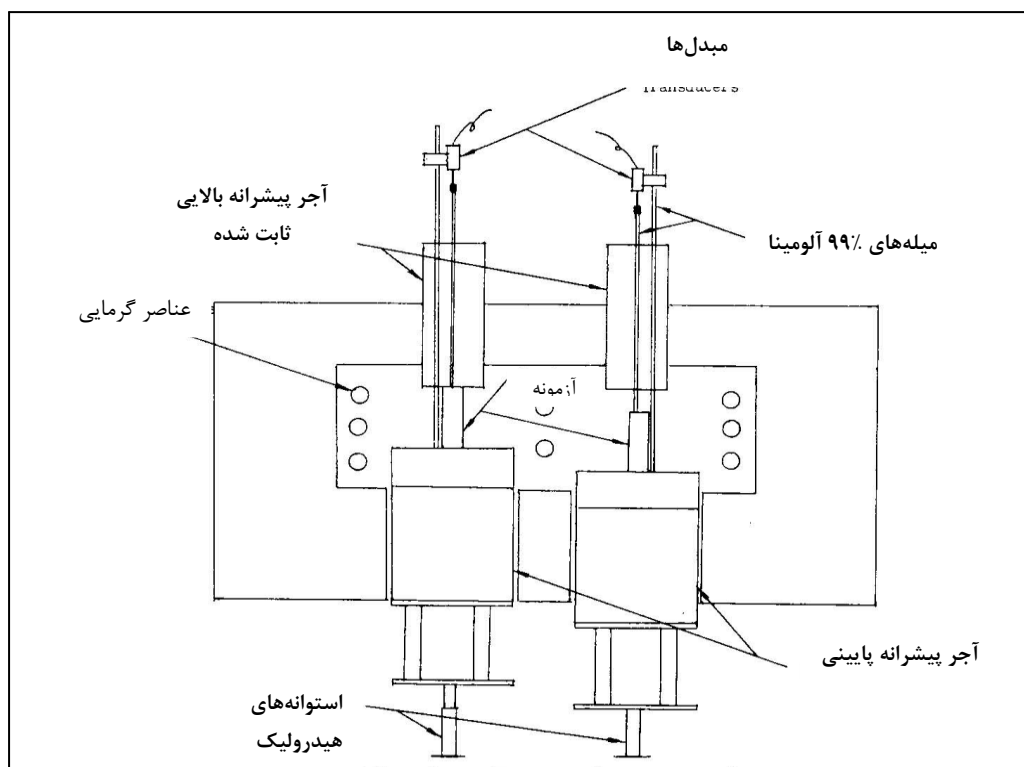
۲-۶ کنترل‌کننده دما، که دما در سرعت $(55 \pm 5)^{\circ}\text{C/h}$ در بالای محدوده دمایی از 260°C تا 1650°C کنترل کند و بتواند دمای غوطه‌وری را با دقت $\pm 5^{\circ}\text{C}$ کنترل نماید.

۳-۶ اتمسفر هوا، مگر این که طور دیگری مشخص شده باشد. اگر مواد دارای قیر یا پیوندهای کربنی آزمون شوند، اتمسفر مورد استفاده باید در نتایج آزمون مشخص شود.

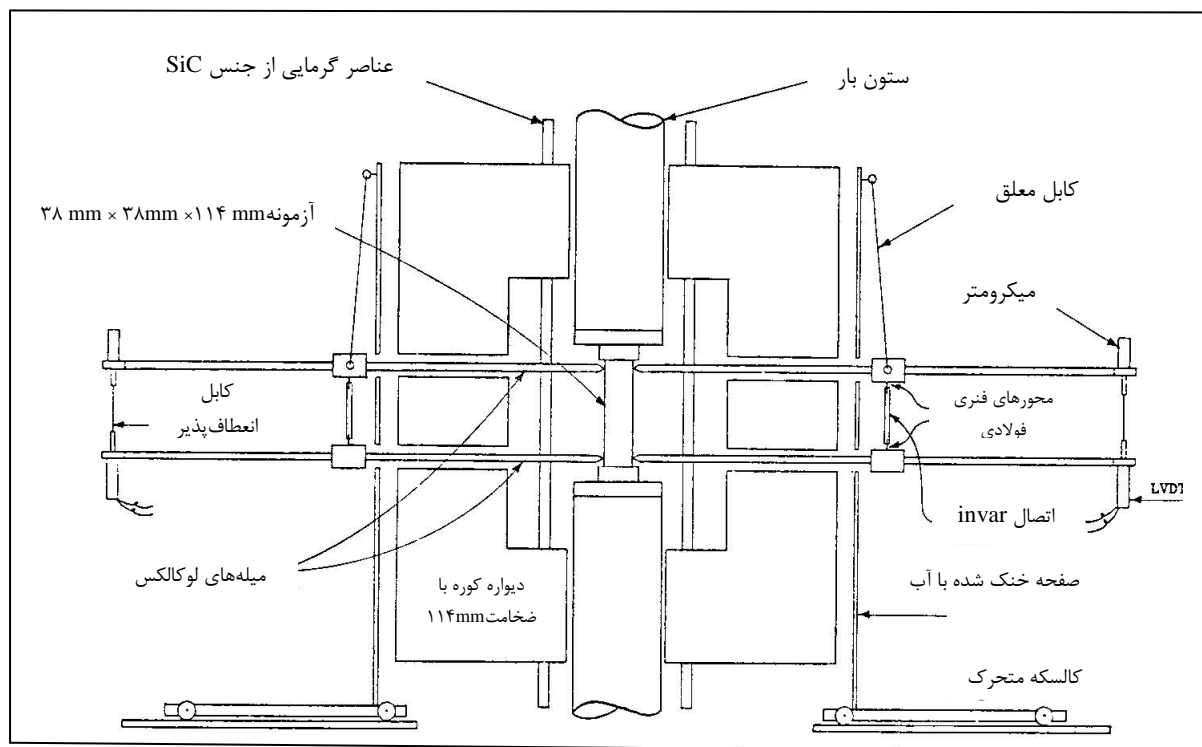
۴-۶ وسیله اندازه‌گیری خطی، که اختلاف ابعاد طولی هر آزمون را موازی با جهت تنش ثبت کند و نتایج دقت مطلوب و تکرارپذیر باشد.

۵-۶ ثبت‌کننده‌ها، که تغییرات خوانش شده را با دقت 0.13mm نشان دهد.

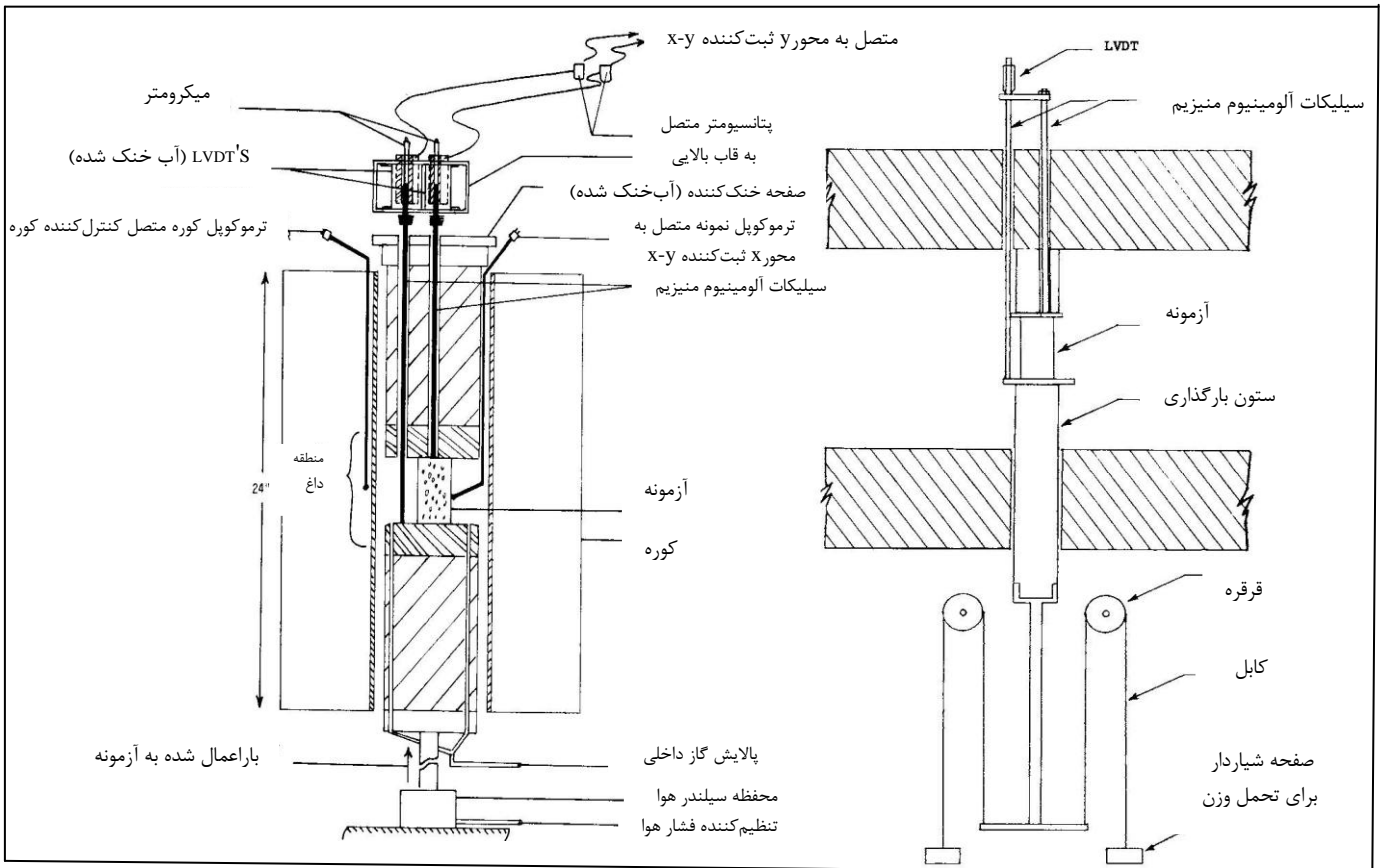
۶-۶ وسایل بارگذاری، که بتواند تنش فشاری حداقل 689KPa را با دقت $\pm 1\%$ بر روی سطح مقطع $38\text{mm} \times 38\text{mm}$ اعمال کند.



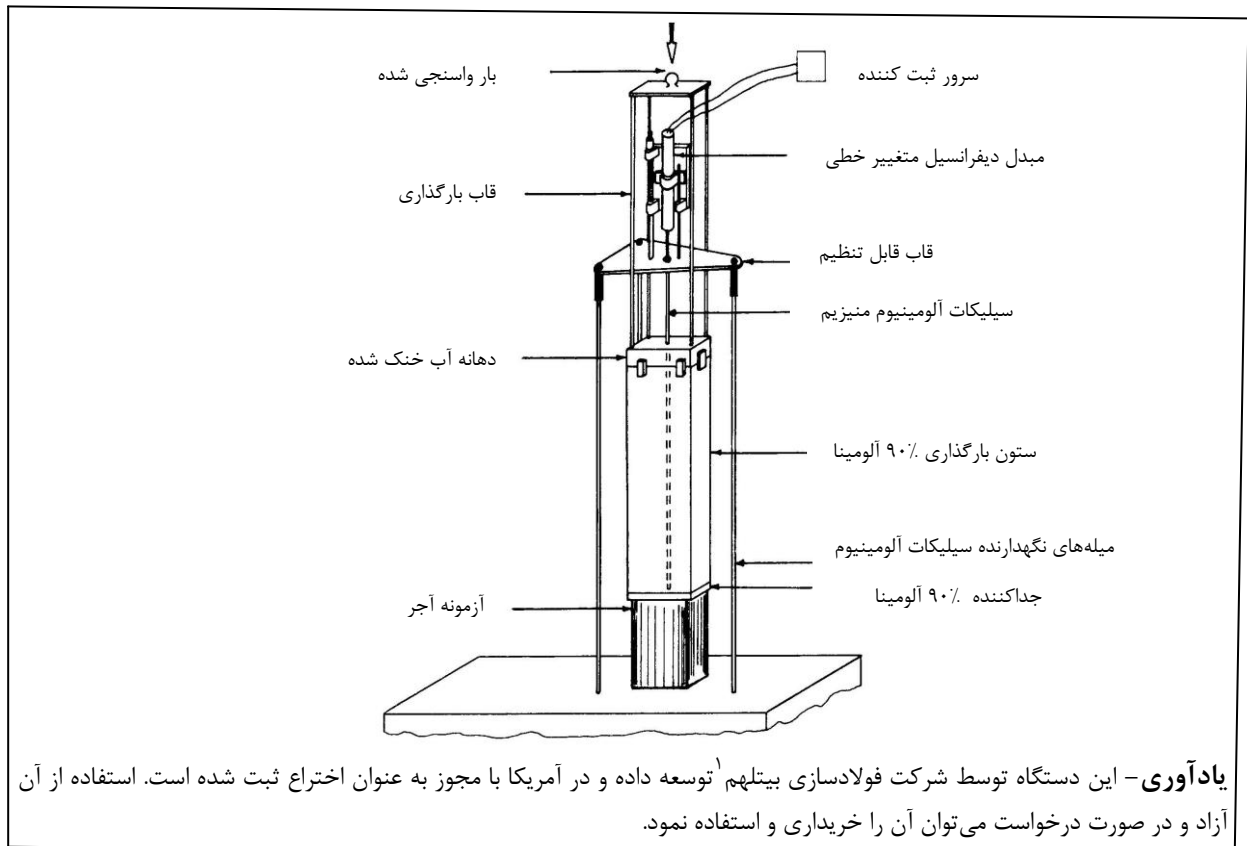
شکل ۱- ترتیب اجزای کوره آزمونه



شکل ۲- ترتیب اجزای کوره آزمونه



شکل ۳- ترتیب اجزای کوره آزمونه



شکل ۴- ترتیب اجزای کوره آزمونه

۷ آماده‌سازی آزمون

۱-۷ آزمون‌های با ابعاد $38 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} \times 114 \text{ mm}$ را ببرید یا قلبگیری کنید (به یادآوری این بخش مراجعه شود) به طوری که طول 114 mm عمود به جهت^۱ فشردن آجر، در جهت جلوراندن پلاستیک یا وسیله لرزاننده^۲ مورد استفاده برای شکل‌دادن جرم ریختنی باشد. طول 114 mm می‌تواند موازی با طول یا عرض شکل اصلی باشد.

یادآوری- بر اساس توافق طرفین آزمون‌هایی با شکل‌های مختلف (به عنوان مثال استوانه‌ای) می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

1- Direction
2- Vibrator

۲-۷ سطوح $38 \text{ mm} \times 38 \text{ mm}$ سمباده بزئید به طوری که آن‌ها ابعادی صاف و عمود به بعد طولی باشند. توصیه می‌شود رواداری موازی بودن سطوح بارگذاری آزمونه میان 0.3 mm باشد. فقط سطح $38 \text{ mm} \times 38 \text{ mm}$ و یک سطح $114 \text{ mm} \times 38 \text{ mm}$ می‌توانند اصلی باشند.

۳-۷ همه ابعاد را با دقت 0.3 mm همان‌طور که در ادامه آمده، اندازه‌گیری کنید:

۱-۳-۷ طول، میانگین پنج اندازه‌گیری که شامل چهار اندازه‌گیری در 6 mm از روی قطر هر گوشه و یک اندازه‌گیری از مرکز سطح رویی است.

۲-۳-۷ عرض و ارتفاع، میانگین سه اندازه‌گیری که شامل یک اندازه‌گیری در مرکز سطح رویی دو اندازه‌گیری از نقاط یک-چهارم است.

۳-۳-۷ سطح مقطع عرضی هر آزمونه را محاسبه کرده و از آن برای بارگذاری دقیق هر آزمونه استفاده کنید.

۸ محاسبات

۱-۸ مکان اندازه‌گیری و بارگذاری را جداگانه واسنجی کنید. روش ذکر شده در بند ۹ را انجام داده و منحنی‌های خروجی دستگاه را برای هر مکان با استفاده از آزمونه انبساط حرارتی تعیین کنید. واسنجی باید برای هر کوره جدید و پس از تعویض هر بخش اندازه‌گیری یا تجهیز بارگذاری انجام شود. برای این استانداردسازی اکسید منیزیم (MgO) ذوبی^۱ یا با فشار ایزواستاتیکی و اکسید منیزیم 99% با حداقل خلوص و حداقل چگالی توده g/cm^3 توصیه می‌شود. اکسید آلومینیوم (Al_2O_3) با حجم پایدار، سیلیکای گداخته (SiO_2) یا سیلیکات آلومینیوم و منیزیم^۲ نیز اگر داده‌های اطلاعاتی قابل اطمینانی در دسترس داشته باشند، می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. این راه‌اندازی‌ها را با روش بارگذاری مسدود شده انجام دهید به طوری که آزمونه در اصل تحت تنش صفر قرار گرفته است.

۲-۸ حداقل سه راه‌اندازی انجام دهید و تغییرات خطی را به طور پیوسته با یک رایانه یا سامانه جمع‌آوری اطلاعات یا در نوار نمودار یا ثبت‌کننده X-Y ثبت کنید و یا اگر دستی انجام می‌شود در فاصله‌های 55°C تا دمای بالای 1095°C و در فواصل دمایی 28°C تا دمای بالای 1095°C را در حالی که مطابق با بند ۹-۵ گرم می‌شوند، اندازه‌گیری کنید. با اطمینان از این که همه خطاهای اتفاقی مربوط به لمس نمونه در هر زمان تکرار می‌شوند مکان هر آزمونه را بعد از راه‌اندازی تغییر دهید. با اطمینان از این که خطا برای هر راه‌اندازی از $\pm 0.05\%$ انبساط در یک سطح اطمینان 0.95 بزرگ‌تر نیست، انحراف از معیار استاندارد خروجی دستگاه نمی‌تواند بیش از 0.2% درصد نقاط باشد.

1-Fused
2- Sapphire

۸-۳ اگر اکسیدمنیزیم به عنوان استاندارد واسنجی انتخاب شود از اطلاعات مربوط به انبساط اکسیدمنیزیم در جدول ۱ استفاده کنید.

۸-۴ عوامل تصحیح سطوح دمایی انتخاب شده را از اختلاف جبری میان میانگین خروجی دستگاه بر حسب درصد و درصد انبساط صحیح برای استاندارد واسنجی کننده به دست آورید. جمع جبری عوامل تصحیح و خروجی دستگاه برای نتایج مجهول برای اطلاعات انبساط مجهول بر حسب درصد است.

۹ روش انجام آزمون

۹-۱ پس از تراز کردن گذارنده^۱ کف کوره، هر آزمون را با محور طولی در تراز با خط مرکزی وسیله بارگذاری در کوره قرار دهید. برای محافظت از پایه پیستون بارگذاری، یک قطعه باریک^۲ از آلومینا یا سیلیکون کارباید با ضخامت ۶mm در بالای آزمون قرار دهید. اگر این قطعه بزرگتر از آزمون باشد به طوری که تقریباً برابر با طول و عرض سطح مقطع پیستون انتخاب شود، بهتر عمل عمل می کند. اگر واکنش شیمیایی بین آزمون و قسمت های بارگذاری کوره پیش بینی می شود، از یک تکه ورق پلاتینی به ضخامت $25/4\mu\text{m}$ بین بالا و پایین آزمون و قسمت های کوره استفاده کنید (به یادآوری ۱ مراجعه شود). از مواد پودری استفاده نکنید. بالای هر آزمون باید تراز و موازی با کف گذارنده کوره باشد.

یادآوری- همان طور که دمای آزمون به 1650°C نزدیک می شود، جداکننده های آلومینیومی یا سیلیکون کارباید یا پلاتین نمی توانند برای جلوگیری از واکنش شیمیایی با آزمون یا خزش جداکننده مناسب باشند. تحت این شرایط اندازه گیری انبساط ممکن است به طور قابل توجهی تحت تاثیر قرار گیرد.

۹-۲ وسایل اندازه گیری خطی را در مکان قرار داده و آنها را برای آزادی حرکت میله های حس گر، صفحه مدرج، پیستون ها، مبدل های تغییرات دیفرانسیل خطی (LVDTs) و عملکرد وسایل ثبت کننده بررسی کنید.

۹-۳ بارها را بر روی هر آزمون به میزان لازم برای ارایه تنش مطلوب، که توسط سطح مقطع عرضی تعیین شده، اعمال نمایید. سطح تنش استفاده شده باید نتایج آزمون را همراهی کند. از یک تنش 172kPa استفاده کنید مگر این که طور دیگری مشخص شده باشد. با توافق میان طرفین، سایر سطوح تنش به غیر از 172kPa نیز می توانند استفاده شوند.

۹-۴ از یک ترموکوپل واسنجی شده ترجیحاً متصل به یک برنامه کنترل کننده، برای اندازه گیری و کنترل دمای کوره استفاده کنید. توصیه می شود برای دقت در اندازه گیری دمای آزمون، یک ترموکوپل ثابت شده، عایق کاری شده و واسنجی شده طوری قرار گیرد که اتصال گرم با فاصله ۶mm از نقطه میانی هر آزمون باشد.

یادآوری - کنترل دما مبنایی برای دقت نتایج است. توصیه می شود که درگاه های^۳ دسترسی تهیه شوند تا به صورت دوره ای دمای هر آزمون با ترموکوپل واسنجی شده بررسی شود و با اطمینان از دمای دقیق در طول آزمون به دست آید.

1- Setters
2- Slab
3- Ports

۵-۹ کنترل گرما می‌تواند دستی باشد، اما کنترل‌کننده الکتریکی برنامه‌نویسی شده ارجحیت دارد. کوره را با سرعت $(5 \pm 5)^\circ\text{C/h}$ با دمای مطلوب غوطه‌وری گرم کنید.

۶-۹ برای آزمون انبساط حرارتی تحت بار، به طور پیوسته اندازه‌گیری‌های تغییرات خطی را با یک رایانه یا سامانه جمع‌آوری اطلاعات یا در نوار نمودار یا ثبت‌کننده X-Y یا به طور دستی در فاصله‌های 55°C در هنگام گرم کردن ثبت کنید. در حرارت‌های بالای 190.5°C خوانش‌هایی با فاصله 28°C داشته باشید.

۷-۹ گرما دادن را تا زمانی که یکی از اتفاقات زیر رخ دهد ادامه دهید:

۱-۷-۹ انبساط حرارتی خطی متوقف شده و سطح ماکسیمم تورم قابل تشخیص است و آزمون ۲۰ تا ۵۰ ساعت آزمون خزش مطلوب نیست؛

۲-۷-۹ آزمون مردود می‌شود.

۸-۹ برای آزمون خزش (۲۰ تا ۵۰) ساعت، آزمون را در دمای غوطه‌وری مطلوب به مدت ۵۰ ساعت نگه دارید. به طور پیوسته اندازه‌گیری تغییرات خطی را با یک رایانه یا سامانه جمع‌آوری اطلاعات یا در نوار نمودار یا ثبت‌کننده X-Y یا به طور دستی در فاصله‌های پنج ساعت ثبت کنید.

۱۰-۹ اندازه‌گیری‌های خطی را به درصد تبدیل کرده و با دقت 0.001% ثبت کنید. حداقل دو آزمون را آزمون کنید. هر آزمون با یک نتیجه در نظر گرفته شده و تکرار کردن باید در کوره مشابه انجام شود.

۱۰ گزارش آزمون

۱-۱۰ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۲-۱۰ برای آزمون انبساط حرارتی تحت بار، میانگین و انحراف از معیار را برای درجه حرارت و تغییرات خطی در ماکسیمم سطح انبساط، جایی که سرعت خزش برابر با سرعت انبساط است، گزارش کنید. این نقطه، نقطه ماکسیمم تورم نامیده می‌شود. درجه حرارت را با دقت 5°C و انبساط را با دقت 0.001% گزارش کنید. نتایج بر اساس حداقل دو آزمون گزارش شود؛

۳-۱۰ برای آزمون خزش (۲۰ تا ۵۰) ساعت، میانگین و انحراف استاندارد برای خزش میان ۲۰ ساعت و ۵۰ ساعت را گزارش کنید. نتایج بر اساس حداقل دو آزمون گزارش شود.

۱۱ دقت و اریبی

۱-۱۱ داده‌های بین‌آزمایشگاهی، درخواست کتبی برای نمونه‌های بین‌آزمایشگاهی در سال ۱۹۸۳ برای چهار آزمایشگاه که هرکدام دو آزمون از پنج نوع مختلف از مواد دیرگداز را آزمون کردند، اجرا شد. هر آزمایشگاه ماکسیمم تورم را به عنوان درصد انبساط، دمای ماکسیمم تورم و درصد خزش (۲۰ تا ۵۰) ساعت را تعیین کرد. هر آزمایشگاه هر آزمون را در بار 197kPa آزمون کرد. واریانس برای مولفه‌های این مطالعه

جدول ۱- انبساط حرارتی برای اکسیدمنیزیوم (MgO) استاندارد

انبساط خطی %	میانگین درجه حرارت °C
۰٫۰۶	۲۰۰
۰٫۱۳	۳۰۰
۰٫۲۰	۴۰۰
۰٫۲۷	۵۰۰
۰٫۳۵	۶۰۰
۰٫۴۳	۷۰۰
۰٫۵۱	۸۰۰
۰٫۵۸	۹۰۰
۰٫۶۶	۱۰۰۰
۰٫۷۴	۱۱۰۰
۰٫۸۲	۱۲۰۰
۰٫۹۱	۱۳۰۰
۰٫۹۹	۱۴۰۰
۱٫۰۷	۱۵۰۰
۱٫۱۶	۱۶۰۰
۱٫۲۴	۱۷۰۰
۱٫۳۳	۱۸۰۰
۱٫۴۱	۱۹۰۰
۱٫۵۰	۲۰۰۰
۱٫۵۹	۲۱۰۰
۱٫۶۷	۲۲۰۰
۱٫۷۶	۲۳۰۰
۱٫۸۵	۲۴۰۰
۱٫۹۳	۲۵۰۰
۲٫۰۱	۲۶۰۰

در جدول ۲ ذکر شده است. برای محاسبه واریانس مولفه‌ها به استاندارد بند ۲-۱ مراجعه شود.

۲-۱۱ دقت، بر اساس اختلاف^۱ مولفه‌های داده شده در جدول ۲، دقت در جدول ۳ و دقت مربوط به هر ماده در سطح اطمینان ۹۵٪ برای هر سه ویژگی داده شده است.

۳-۱۱ اریبی، هیچ مدرک قابل قبولی از اریبی که بتواند از مقادیر درست برای نقطه ماکسیمم تورم و خزش (۲۰ تا ۵۰) ساعت مواد دیرگداز مختلف توسط روش آزمون قابل قبولی به دست آید، وجود ندارد.

جدول ۲- نتایج آزمون مقایسه بین آزمایشگاهی

انحراف استاندارد نسبی		انحراف استاندارد		میانگین (\bar{x})	دمای آزمون °C	نوع آجر
$V_R\%$	$V_F\%$	S_R	S_F			
خزش (۲۰ تا ۵۰) ساعت در نیروی ۱۹۷kPa						
۲۷٫۹	۲۳٫۶	۰٫۱۹	۰٫۱۶۰	۰٫۰۶۸	۱۲۵۰	نمونه ویژه
۳۱٫۲	۹٫۹	۰٫۰۵۹	۰٫۱۸۷	۰٫۱۸۹	۱۳۵۰	۶۰٪ آلومینا
۳۳٫۰	۱۲٫۲	۰٫۲۳۵	۰٫۰۸۶۷	۰٫۷۱۳	۱۳۵۰	۹۰٪ آلومینا
۳۱٫۵	۱۹٫۱	۰٫۳۹	۰٫۲۳۶	۰٫۱۲۴	۱۵۰۰	سیلیکا
۱۸٫۸	۱۶٫۳	۰٫۱۲	۰٫۱۰۳	۰٫۰۶۴	۱۵۰۰	۹۸٪ منیزیا
ماکسیمم تورم- درصد انبساط						
۱۰٫۶	۸٫۵	۰٫۰۶۷	۰٫۰۵۴	۰٫۶۶۳	۱۲۵۰	نمونه ویژه
۱۳٫۰	۱۲٫۵	۰٫۰۸۱	۰٫۰۷۸	۰٫۶۲۵	۱۳۵۰	۶۰٪ آلومینا
۱۵٫۰	۵٫۷	۰٫۲۶۰	۰٫۰۹۹	۱٫۷۳۳	۱۳۵۰	۹۰٪ آلومینا
۸٫۵	۸٫۴	۰٫۱۰۳	۰٫۱۰۳	۱٫۲۱۵	۱۵۰۰	سیلیکا
۱۲٫۵	۹٫۰	۰٫۲۵۶	۰٫۱۸۴	۲٫۰۴۳	۱۵۰۰	۹۸٪ منیزیا
ماکسیمم تورم- درجه حرارت °C						
۴٫۹	۱٫۷	۵۹٫۱	۲۰٫۲	۱۲۰۵	۱۲۵۰	نمونه ویژه
۲٫۸	۲٫۸	۳۵٫۶	۳۵٫۶	۱۲۹۲	۱۳۵۰	۶۰٪ آلومینا
					۱۳۵۰	۹۰٪ آلومینا
۱۲٫۷	۵٫۴	۱۱۴٫۲	۴۸٫۹	۹۰۰٫۵	۱۵۰۰	سیلیکا
					۱۵۰۰	۹۸٪ منیزیا

جدول ۳- داده‌های دقت

دقت نسبی		دقت		نوع آجر
R/%	r/%	قابلیت تولید مجدد (R)	تکرارپذیری (r)	
۲۰ تا ۵۰ ساعت خزش				
۷۸٫۹	۶۶٫۸	۰٫۰۵۴	۰٫۰۴۵	نمونه ویژه
۸۸٫۶	۲۷٫۹	۰٫۱۶۷	۰٫۰۵۳	۶۰٪ آلومینا
۹۳٫۳	۳۴٫۴	۰٫۶۶۶	۰٫۲۴۵	۹۰٪ آلومینا
۹۰٫۰	۵۴٫۱	۰٫۱۱۱	۰٫۰۶۷	سیلیکا
۵۴٫۹	۴۶٫۰	۰٫۰۳۵	۰٫۰۲۹	۹۸٪ منیزیا
ماکسیمم تورم- درصد انبساط				
۳۰٫۲	۲۴٫۰	۰٫۱۹۱	۰٫۱۵۲	نمونه ویژه
۳۶٫۵	۳۵٫۴	۰٫۲۲۸	۰٫۲۲۱	۶۰٪ آلومینا
۴۲٫۴	۱۶٫۱	۰٫۷۳۵	۰٫۲۷۹	۹۰٪ آلومینا
۲۳٫۹	۲۳٫۹	۰٫۲۹۰	۰٫۲۹۰	سیلیکا
۳۵٫۵	۲۵٫۵	۰٫۷۲۵	۰٫۵۲۰	۹۸٪ منیزیا
ماکسیمم تورم- درجه حرارت °C				
۱۳٫۹	۱٫۷	۱۶۷٫۲	۵۷٫۰	نمونه ویژه
۷٫۸	۲٫۸	۱۰۰٫۸	۱۰۰٫۸	۶۰٪ آلومینا
				۹۰٪ آلومینا
۳۵٫۹	۵٫۴	۳۲۲٫۹	۱۳۸٫۵	سیلیکا
				۹۸٪ منیزیا