



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۱۰۷

چاپ اول

اسفند ۱۳۹۲

INSO

17107

1st.Edition

Feb.2014

ملات - تغییر طول ملات‌های سیمان
هیدرولیکی قرار گرفته در محلول سولفات -
روش آزمون

**Mortar- Length Change of Hydraulic-
Cement Mortars Exposed to a Sulfate
Solution- Test Method**

ICS:91.100.10

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه 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 موسسات 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 پیشنهادها 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 موسسات 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 استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و موسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمونگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و موسسات را بر اساس ضوابط نظام تایید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تایید صلاحیت به آنها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گران بها 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

«ملات - تغییر طول ملات‌های سیمان هیدرولیکی قرار گرفته در محلول سولفات - روش آزمون»

رئیس:

رمضانپور، علی اکبر
(دکترای مهندسی عمران)

دبیر:

حداد کلور، حسین
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

سمت و/یا نمایندگی

عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

کارشناس رسمی استاندارد و عضو هیات
مدیره انجمن ایرانی مهندسان محاسب
ساختمان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

افتخار، محمد حسین
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

مدیر فنی انستیتو مصالح ساختمانی دانشکده
فنی دانشگاه تهران

خزاعی، فریدون
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

قائم مقام دبیر انجمن شرکتهای ساختمانی
ایران

خطیبی طالقانی، جاوید
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

نماینده انجمن بتن ایران

رامین فر، ابوالحسن
(دکترای مهندسی شیمی)

رئیس هیات مدیره انجمن تولیدکنندگان
مواد شیمیایی صنعت ساختمان

رمضانپور، امیر محمد
(دکترای مهندسی عمران)

عضو هیات علمی دانشگاه تهران

رئیس قاسمی، امیر مازیار
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

پژوهش گر ارشد مرکز تحقیقات راه، مسکن
وشهرسازی

عزیزی، حجت الله
(کارشناس مهندسی عمران)

عضو هیات مدیره نظام مهندسی ساختمان
استان تهران

فروتن مهر، حسین
(کارشناس مهندسی عمران)

هنربخش، تیمور
(کارشناس ارشد مهندسی سازه)

رییس هیات مدیره انجمن صنفی
تولیدکنندگان بتن آماده و قطعات بتنی
ایران

نماینده و دبیر انجمن ایرانی مهندسان
محاسب ساختمان

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ وسایل
۳	۴ شناساگرها و مواد
۴	۵ آماده‌سازی ملات
۴	۶ قالب‌های آزمون و محفظه عمل‌آوری اولیه
۴	۷ روش انجام آزمون
۷	۸ محاسبات
۸	۹ گزارش آزمون
۹	۱۰ دقت و انحراف
۱۰	پیوست الف (الزامی) تعیین میزان آب سولفات سدیم

پیش گفتار

استاندارد «ملات- تغییر طول ملات‌های سیمان هیدرولیکی قرار گرفته در محلول سولفات - روش آزمون» که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در چهارصد و هفتاد و یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده های ساختمانی مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۲۷ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می-شود.

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 ارایه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ASTM C1012/C1012M: 2013, Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution

ملات - تغییر طول ملات‌های سیمان هیدرولیکی قرار گرفته در محلول سولفات -

روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین تغییر طول منشور ملات‌های سیمان هیدرولیکی قرار گرفته در معرض محلول سولفات می‌باشد. منشورهای ملات با استفاده از ملات تشریح شده در روش آزمون استاندارد بند ۲-۳ ساخته می‌شوند که تا رسیدن به مقاومت فشاری (1.0 ± 2.0) مگاپاسکال عمل‌آوری خواهند شد. پیش از قراردادن منشورها در محلول، مقاومت فشاری با استفاده از مکعب‌های ساخته شده از همان ملات اندازه‌گیری خواهند شد.

۱-۲ این روش آزمون، جهت تعیین مقاومت در برابر سولفات برای ملات‌های ساخته شده از سیمان پرتلند، مخلوط‌های سیمان پرتلند با پوزولان‌ها یا سرباره‌ها، و سیمان‌های هیدرولیکی آمیخته کاربرد دارد. روش‌های آزمون استاندارد بند ۲-۱ یا ۲-۸ برای ارزیابی سیمان‌های پرتلند مناسب است اما برای سیمان‌های آمیخته یا مخلوط‌های سیمان پرتلند با پوزولان‌ها یا سرباره‌ها کاربرد ندارد.

۱-۳ محلول استاندارد مورد استفاده در این روش آزمون، شامل ۳۵۲ مول Na_2SO_4 در یک متر مکعب می‌باشد (مگر این که محلول دیگری ذکر شود). سایر غلظت‌های سولفات یا سایر سولفات‌ها مانند MgSO_4 را می‌توان به منظور شبیه سازی شرایط محیطی دلخواه مورد استفاده قرار داد.

هشدار ۱- 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 کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص کند.

هشدار ۲- مخلوط‌های سیمان هیدرولیکی تازه، سوزانده است و در صورت تماس طولانی مدت ممکن است باعث سوختگی‌های شیمیایی پوست و بافت آن گردد.

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 تجدید نظرهای 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 مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۷۹۰: سال ۱۳۸۷، سیمان هیدرولیکی - تعیین پتانسیل انبساط ملات‌های سیمان پرتلند در معرض سولفات - روش آزمون

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۸۱۹: سال ۱۳۸۹، ماسه مرجع برای استفاده در آزمون سیمانهای هیدرولیکی - ویژگی‌ها

- 2-3 ASTM C109/C109M, Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)
- 2-4 ASTM C114, Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement
- 2-5 ASTM C150, Standard Specification for Portland Cement
- 2-6 ASTM C157/C157M, Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete
- 2-7 ASTM C305, Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency
- 2-8 ASTM C452/C452M, Standard Test Method for Potential Expansion of Portland-Cement Mortars Exposed to Sulfate
- 2-9 ASTM C490/C490M, Standard Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete
- 2-10 ASTM C511, Standard Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes
- 2-11 ASTM C595/C595M, Standard Specification for Blended Hydraulic Cements
- 2-12 ASTM C684, Standard Test Method for Making, Accelerated Curing, and Testing Concrete Compression Test Specimens (Withdrawn 2012)
- 2-13 ASTM C917, Standard Test Method for Evaluation of Cement Strength Uniformity from a Single Source
- 2-14 ASTM D1193, Standard Specification for Reagent Water

۳ وسایل

- ۱-۳ مخلوط کن مطابق با الزامات استاندارد بند ۲-۷.
- ۲-۳ قالب‌های مکعبی، مطابق با الزامات استاندارد بند ۲-۳.
- ۳-۳ قالب‌های منشوری، مطابق با الزامات استاندارد بند ۲-۹.
- ۴-۳ قالب‌ها و دستگاه اندازه‌گیر تغییرات طول^۱ (یادآوری)، مطابق با الزامات استاندارد بند ۲-۹. یادآوری - از این پس در این استاندارد، «دستگاه اندازه‌گیر تغییرات طول» به اختصار «دستگاه» نامیده می‌شود.
- ۵-۳ محفظه‌ها، محفظه‌هایی که منشورها در آن در محلول سولفات مستغرق می‌شوند باید در برابر خوردگی مقاوم باشند. این محفظه‌ها می‌توانند از موادی مانند پلاستیک، شیشه یا سرامیک ساخته شوند. منشورها باید در محلول و روی تکیه‌گاه‌هایی قرار داده شوند، به گونه‌ای که انتها و اطراف منشور با بدنه محفظه در تماس نباشند و محلول اطراف منشورها را کاملاً در برگیرد. محفظه را با یک درپوش طوری آب‌بند نمایید که امکان تبخیر محلول سولفات وجود نداشته باشد.
- ۶-۳ محفظه عمل‌آوری اولیه، محفظه و پایه‌هایی که آزمون‌ها در آن عمل‌آوری می‌شوند باید از موادی مانند پلاستیک، شیشه یا سرامیک ساخته شده و در برابر خوردگی و حرارت مقاوم باشند. محفظه باید در اندازه‌ای

1- Comparator

ساخته شود که امکان نگهداری آزمونه‌ها در آن مقدور باشد به گونه‌ای که انتها و اطراف یک منشور یا مکعب با بدنه محفظه در تماس نباشد و محلول اطراف آزمونه‌ها را کاملاً در برگیرد. درپوش روی محفظه باید به گونه‌ای هوابندی شود که امکان تبخیر آب وجود نداشته باشد. ممکن است بیش از یک محفظه به منظور عمل‌آوری اولیه یک مجموعه کامل از منشورها و آزمونه‌های مکعبی مورد نیاز باشد.

۷-۳ گرم خانه، یک گرم خانه دارای تهویه با کنترل دما برای ثابت نگه‌داشتن دما در محدوده دمایی (3 ± 35) درجه سلسیوس.

۴ شناساگرها و مواد

۱-۴ خلوص شناساگرها: می‌توان از شناساگر با رده دارویی^۱ یا رده صنعتی^۲ استفاده نمود. توصیه می‌شود که شناساگرهای مصرفی از خلوص به اندازه کافی بالایی برخوردار باشند تا باعث کاهش دقت شناسایی نشوند. در هنگام انجام آزمون‌هایی که پیش‌بینی می‌شود نتایج آن در مرز قبول - رد قرار دارد، توصیه می‌شود که از مواد شیمیایی با رده شناساگر^۳ استفاده گردد.

۲-۴ خلوص آب: منظور از آب در این استاندارد، آب مطابق نوع IV استاندارد بند ۲-۱۴ است، جز این که به نوع دیگری از آب اشاره شده باشد.

۳-۴ سولفات سدیم (Na_2SO_4): مقدار آب موجود در هر محلول آماده شده را با افت ناشی از احتراق آن بررسی نمایید. هر گونه سولفات سدیم آبدار یا غیر آبدار را می‌توان برای انجام آزمون استفاده کرد مشروط بر این که مقدار آب موجود در نمک با آزمون افت ناشی از احتراق بررسی گردد. برای به دست آوردن محلول سولفات با غلظت مشخص شده باید اصلاحات متناسب اعمال گردد.

۴-۴ محلول سولفات: هر لیتر محلول باید شامل ۵۰/۰ گرم Na_2SO_4 حل شده در ۹۰۰ میلی لیتر آب باشد و سپس با کمک آب مقطر یا آب یون زدایی شده تا حجم یک لیتر رقیق گردد. یک روز قبل از مصرف، محلول را آماده کنید سپس روی آن را بپوشانید و در دمایی (23.0 ± 2.0) درجه سلسیوس نگهداری کنید. قبل از مصرف، pH محلول را مشخص نمایید. اگر pH محلول خارج از محدوده ۶/۰ تا ۸/۰ باشد، محلول را مردود نمایید. نسبت حجمی محلول سولفات به منشورهای ملات در یک محفظه نگهداری باید 4.0 ± 0.5 باشد. برای منشورهای به ابعاد $(25 \times 25 \times 285)$ میلی متر (با حجم ۱۷۸ میلی لیتر)، این حجم برابر ۶۲۵ میلی لیتر الی ۸۰۰ میلی لیتر محلول به ازای هر منشور ملات در محفظه نگهداری خواهد بود.

۵-۴ مواد

۱-۵-۴ ماسه استاندارد دانه بندی شده مطابق با استاندارد بند ۲-۲.

۲-۵-۴ گل‌میخ‌های اندازه‌گیری از جنس فولاد ضدزنگ مطابق با استاندارد بند ۲-۹.

1- USP Grade
2- Technical Grade
3- Reagent Grade

۵ آماده سازی ملات‌ها

۱-۵ ملات‌ها را مطابق با استاندارد بند ۲-۳ تهیه نمایید. یک واحد وزنی سیمان را با ۲/۷۵ واحد وزنی ماسه مخلوط نمایید. نسبت وزنی آب به سیمان برای کلیه سیمان‌های پرتلند غیرهوازا برابر با ۰/۴۸۵ و نسبت وزنی آب به سیمان برای کلیه سیمان‌های پرتلند هوازا برابر با ۰/۴۶۰ استفاده شود. برای سیمان‌های پرتلند پوزولانی غیرهوازا (IP) و سیمان‌های پرتلند سرباره کوره آهن‌گدازی غیر هوازا (IS)، از نسبت وزنی آب به سیمان ۰/۴۸۵ استفاده شود. برای مخلوط‌های سیمان پرتلند با یک پوزولان یا سرباره، نسبت وزنی آب به سیمان را به گونه‌ای تعیین کنید که باعث ایجاد روانی در محدوده ± 5 نسبت به ملات سیمان پرتلند متناظر با نسبت وزنی آب به سیمان ۰/۴۸۵ گردد.

یادآوری - سیمان‌های فوق مطابق استانداردهای بند ۲-۵ و ۲-۱۱ می باشند.

۶ قالب‌های آزمون و محفظه عمل آوری اولیه

۱-۶ قالب‌های آزمون را مطابق الزامات استاندارد بند ۲-۹ آماده کنید با این تفاوت که سطوح داخلی قالب را باید با یک ماده رها ساز آغشته نمایید. یک ماده رها ساز در صورتی قابل قبول است که به عنوان یک ماده رها کننده و بدون هیچ‌گونه اثری بر زمان گیرش سیمان، عمل نماید. همچنین ماده رها ساز نباید اثری از خود باقی بگذارد تا مانع نفوذ آب به داخل آزمون‌ها نشود.

یادآوری - نوارهای TFE فلئوئور کربن (تفلون) مطابق با الزامات مورد نیاز بوده و به عنوان یک ماده رها ساز قالب، قابل استفاده می‌باشد.

۲-۶ آماده سازی محفظه عمل آوری

۱-۲-۶ پیش از قالب گیری آزمون‌ها، محفظه عمل آوری اولیه را آماده کنید. بدین منظور، پایه‌هایی را در قسمت تحتانی محفظه قرار دهید تا با کمک آن‌ها بتوان قالب‌ها را بالای ارتفاع دلخواهی از سطح آب نگهداری نمود. محفظه را با آب پیش گرم شده در درجه حرارت (3 ± 35) درجه سلسیوس پر نمایید. اطمینان حاصل نمایید که سطح آب بالاتر از پایه‌ها نباشد.

۷ روش انجام آزمون

۱-۷ قالب‌گیری و عمل آوری اولیه آزمون‌ها

منشورهای آزمون را مطابق استاندارد بند ۲-۶ و مکعب‌ها را مطابق استاندارد بند ۲-۳ قالب‌گیری نمایید. به منظور آزمون یک محصول سیمانی، یک مجموعه آزمون متشکل از ۶ منشور و ۲۱ مکعب مورد نیاز است (یادآوری). بلافاصله پس از قالب‌گیری، قالب‌ها را با فولاد صلب، شیشه یا صفحه پلاستیکی پوشانده و در محفظه عمل آوری و روی پایه‌ها قرار دهید. محفظه را با یک در پوش بپوشانید و در پوش را طوری آب‌بندی کنید تا از تبخیر آب جلوگیری شود. محفظه را در یک گرم خانه و در دمای (3 ± 35) درجه سلسیوس و به مدت

($23/5 \pm 0/5$) ساعت قرار دهید. پس از ($23/5 \pm 0/5$) ساعت، قالب‌ها را از محفظه و آزمون‌ها را از قالب خارج کنید.

یادآوری - در هنگامی که اطلاعات قابل ملاحظه‌ای از آهنگ افزایش مقاومت موجود نباشد، تعداد ۲۱ مکعب در آزمون مورد استفاده قرار می‌گیرد. وقتی که این اطلاعات در دسترس باشد (برای مثال، با استفاده از روش آزمون ذکر شده در استاندارد بند ۲-۱۳) استفاده از تعداد کمتری مکعب، کافی می‌باشد. در این مواقع تنها ساخت مکعب‌هایی برای تعیین زمان رسیدن مقاومت ملات به ($20/0 \pm 1/0$) مگاپاسکال، نیاز خواهد بود.

۲-۷ عمل‌آوری ثانویه و آماده سازی برای آزمون

بعد از بیرون آوردن آزمون‌ها از قالب، تمامی منشورها و مکعب‌ها، به جز دو آزمون‌ای که باید آزمون شوند، در حوضچه عمل‌آوری قرار داده شوند. حوضچه عمل‌آوری با آب آهک اشباع در دمای ($23/0 \pm 2/0$) درجه سلسیوس پر می‌شود. پس از این که دو آزمون مکعب از قالب بیرون آورده شدند، زیر پارچه‌های مرطوب قرار داده و تا رسیدن به دمای محیط خنک شوند. سپس دو آزمون را با آزمون مقاومت فشاری و مطابق با استاندارد بند ۲-۳ آزمون کنید (یادآوری ۱). اگر متوسط مقاومت فشاری آزمون‌های مکعب ۲۰ مگاپاسکال یا بیش‌تر شد، طبق استاندارد بند ۲-۹ و مطابق بند ۴-۷، میزان تغییر طول آزمون‌های منشور را خوانش و یادداشت نمایید. سپس همه منشورها را در محلول سولفات قرار دهید. اگر متوسط مقاومت فشاری آزمون‌های مکعب برابر ۲۰ مگاپاسکال نشد، مکعب‌ها و منشورهای ملات را از قالب درآورده و در حوضچه عمل‌آوری قرار دهید و مکعب‌های بیش‌تری را آزمون نمایید (یادآوری ۲). از روی نتیجه آزمون‌های مکعب اولیه، زمان رسیدن به حداقل مقاومت فشاری ۲۰ مگاپاسکال را پیش‌بینی نمایید. پیش‌بینی خود را راستی آزمایی نمایید و در هنگام رسیدن به متوسط مقاومت فشاری ۲۰ مگاپاسکال، اعداد خوانده شده از روی دستگاه را خوانش و یادداشت نمایید. سپس همه منشورها را در محلول سولفات قرار دهید (یادآوری ۲). این اندازه‌گیری به عنوان طول اولیه در نظر گرفته می‌شود. دمای نگهداری و دمای آزمون باید ($23/0 \pm 2/0$) درجه سلسیوس باشد.

یادآوری ۱ - اگر اختلاف مقاومت فشاری بین دو آزمون مکعب بیش‌تر از ۷/۶ درصد میانگین آن‌ها باشد آزمون مکعب سوم را نیز آزمون کنید و میانگین جدید را بر اساس مقاومت فشاری سه آزمون محاسبه نمایید.

یادآوری ۲ - اگر میزان مقاومت فشاری در ۲۴ ساعت اول کمتر از ۲۰/۰ مگاپاسکال باشد و انجام آزمون‌های بیش‌تر در همان روز ممکن نباشد، یا امکان کسب مقاومت فشاری بیش از ۲۰/۰ مگاپاسکال غیر محتمل باشد و در اوایل روز بعد، آزمون مقاومت فشاری بیش از ۲۱ مگاپاسکال را نشان دهد، آنگاه نیازی به ساخت مجدد مخلوط نمی‌باشد. اگر دو مکعب مقاومت لازم را کسب نکردند، به عمل‌آوری مکعب‌ها و منشورها مطابق بند ۲-۷، در حوضچه عمل‌آوری، با آب آهک اشباع و در دمای ($23/0 \pm 2/0$) درجه سلسیوس ادامه دهید.

۳-۷ نگهداری آزمون‌های منشوری قرار گرفته در محلول آزمون

روی محفظه حاوی منشورها و محلول آزمون را بپوشانید و آن را آب بند نمایید تا تبخیر آب از داخل یا رقیق شدن محلول با آب از خارج محفظه، ممکن نباشد (یادآوری ۱). دمای نگهداری و دمای آزمون باید ($23/0 \pm 2/0$) درجه سلسیوس باشد (یادآوری ۲).

یادآوری ۱ - نوارتفلون برای آب‌بندی محفظه مناسب است.

یادآوری ۲ - این همان دما و محدوده دمایی است که برای اتاق‌های مرطوب در استاندارد بند ۲-۱۰ مشخص شده است.

۴-۷ اندازه‌گیری‌های تغییر طول

در بازه‌های زمانی ۱، ۲، ۳، ۴، ۸، ۱۳ و ۱۵ هفته پس از قرار دادن منشورها در محلول سولفات، با کمک دستگاه و مطابق استاندارد بند ۲-۹ تغییر طول منشورها را مورد آزمون و اندازه‌گیری قرار دهید. در طی ۱۵ هفته اطلاعات به دست آمده را بازبینی کنید. اندازه‌گیری‌های بعدی را در ۴، ۶، ۹ و ۱۲ ماه پس از قرارگیری آزمون-ها در محلول نیز ادامه دهید. در هر زمان که آهنگ تغییرات بین اندازه‌گیری‌های خوانش شده تغییر قابل ملاحظه‌ای داشت، خوانش‌های دیگری بین بازه‌های زمانی داده شده انجام دهید. به این ترتیب اطمینان حاصل می‌شود که بازه‌های زمانی به اندازه کافی کوچک هستند که امکان مشاهده و گزارش رفتار منشورها باشد. در صورتی که میانگین تغییر طول آزمون‌های منشوری در سن ۱۲ ماه، کمتر از ۰/۱ درصد باشد، خوانش آزمون‌ها را در ۱۵ و ۱۸ ماه نیز ادامه دهید.

۱-۴-۷ جزییات اندازه‌گیری تغییر طول منشورها

۱-۴-۷-۱ حفره واقع در پایه دستگاه را تمیز کنید. گل‌میخ اندازه‌گیری واقع در انتهای زیرین هر منشور در این حفره جای داده می‌شود (به علت احتمال تجمع آب و ماسه در حفره، پس از هر خوانش باید حفره را تمیز نمود). شاخص دستگاه مربوط به طول میله مرجع را خوانش و یادداشت کنید. یک منشور را از محلول بیرون آورید، گل‌میخ‌ها را خشک کنید، منشور را در دستگاه قرار دهید و طول مربوطه را خوانش و یادداشت کنید. منشور را به محلول برگردانید و حفره واقع در پایه دستگاه را تمیز کنید. دومین منشور را از محلول بیرون بیاورید و مشابه منشور اول آن را در دستگاه قرار دهید. منشور دوم را به محلول بازگردانید و طول منشور دوم را خوانش و یادداشت کنید. حفره واقع در پایه دستگاه را تمیز کنید. همین مراحل را ادامه دهید تا طول تمامی منشورها خوانش و یادداشت شده و همه منشورها به حوضچه نگهداری بازگردانده شوند. در هر مرتبه حفره واقع در پایه دستگاه را تمیز کنید. بعد از خوانش طول آخرین منشور، حفره واقع در پایه دستگاه را تمیز کرده و طول میله مرجع را خوانش و یادداشت کنید.

۱-۴-۷-۲ هنگامی که مقاومت لازم ملات مطابق بند ۲-۷ به دست آمد، منشورها را در محلول سولفات تازه قرار دهید. در هر مرتبه تعویض محلول، محفظه را یک مرتبه با آب شستشو دهید، آب و مواد باقی‌مانده را بیرون بریزید. سپس پایه‌های نگه‌دارنده منشورها را در محفظه جای‌گذاری کنید. محفظه را به میزانی که در بند ۴-۴ بیان شد با محلول سولفات جدید پر کنید و درپوش روی آن را محکم کنید. در خوانش‌های ثانویه برای تعیین تغییر طول، مطابق آنچه در بند ۱-۴-۷-۱ آمده است عمل نمایید. در ابتدا و قبل از خوانش طول میله مرجع و نیز پس از خوانش طول هر منشور ملات، حفره واقع در پایه دستگاه را تمیز کنید. خوانش‌های طول برای میله مرجع و برای هر منشور ملات را یادداشت کنید. بعد از اندازه‌گیری آخرین منشور، طول میله مرجع را دوباره

خوانش و یادداشت کنید. فقط اطراف گل‌میخ‌ها را خشک کنید (یادآوری). پس از خوانش طول هر منشور، آن را به محلول سولفات بازگردانید. پس از خوانش طول منشورها در بازه های زمانی استاندارد ۱، ۲، ۳، ۴، ۸، ۱۳ و ۱۵ هفته‌ای و نیز ۴، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ ماهه، محلول استفاده شده را تعویض کنید.

یادآوری - هدف از خشک کردن حداقلی گل‌میخ‌ها و خشک نکردن منشورها، اجتناب از خشک شدن و جمع شدگی منشورها است. به این منظور گل‌میخ‌ها را به صورت کامل خشک نموده و منشورها را تنها رطوبت‌گیری نمایید. توصیه می‌گردد پس از اندازه‌گیری تغییر طول، جرم منشورهای ملات نیز بلافاصله اندازه‌گیری شود و تغییر وزن نسبت به وزن اولیه گزارش گردد.

۷-۴-۲ بررسی آزمون‌ها پس از اندازه‌گیری تغییر طول

در مواقعی که رفتار منشورها غیر معمولی به نظر برسد یا این‌که، آزمون، بخشی از یک مطالعه پژوهشی باشد، آزمون‌ها را از لحاظ تاب برداشتن بررسی کنید. به این منظور آن‌ها را روی یک سطح صاف قرار دهید. در صورتی که دو انتهای منشور به سمت پایین خم شده بود، حداکثر قوس آن را اندازه‌گیری و گزارش کنید. وجود ترک، محل ترک و نوع ترک‌ها را گزارش کنید. همچنین رسوبات سطحی، لک‌ها و تراوشات (ساختار، ضخامت و نوع آن‌ها) را گزارش کنید.

۷-۵ رواداری زمانی

تمامی زمان‌های مذکور در بند ۷-۴، باید دارای رواداری به میزان ± 2 درصد باشند.

۸ محاسبات

۸-۱ در هر سنی، تغییر طول را به ترتیب زیر محاسبه نمایید:

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{L_g} \times 100$$

که در آن :

ΔL تغییر طول در سن x برحسب درصد؛

L_x طول خوانش شده آزمون در سن x - طول خوانش شده میله مرجع در سن x؛

L_i طول اولیه خوانش شده آزمون - طول خوانش شده میله مرجع در همان سن؛

L_g طول اسمی سنجه^۱ یا ۲۵۰ میلی‌متر، هرکدام که کاربرد داشته باشند (استاندارد بند ۲-۹).

۸-۲ مقادیر تغییر طول برای هر منشور با تقریب ۰/۰۰۱ درصد محاسبه شده و میانگین‌ها با تقریب ۰/۰۱ درصد گزارش شود.

۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

- ۱-۹ شماره این استاندارد ملی ایران که آزمون بر اساس آن انجام شده است در گزارش ذکر گردد؛
- ۲-۹ تاریخ تحویل آزمون به آزمایشگاه، تاریخ انجام آزمون، شناسنامه محصول (شامل نام تولید کننده، تاریخ تولید، محل تولید و ...)، محل انجام آزمون گزارش گردد؛
- ۳-۹ نوع سیمان مصرفی گزارش گردد؛
- ۴-۹ در صورت استفاده از مواد افزودنی معدنی، مشخصات و میزان آن و نیز این که آیا سیمان و مواد افزودنی معدنی، در صورت استفاده، مشخصات قابل قبول را دارند در گزارش ذکر گردد؛
- ۵-۹ خوانش اولیه دستگاه را برای طول هر منشور و در زمان قرار دادن در محلول سولفات گزارش کنید. این خوانش، طول اولیه ای برای محاسبه تغییرات طول خواهد بود. تغییرات طول بعدی را بر حسب درصدی از طول اولیه و با تقریب ۰/۰۰۱ درصد برای هر منشور و با تقریب ۰/۰۱ درصد برای مقادیر میانگین گزارش کنید؛
- ۶-۹ توصیه می گردد پس از اندازه گیری تغییر طول، جرم منشورهای ملات نیز بلافاصله اندازه گیری شود و تغییر وزن نسبت به وزن اولیه گزارش گردد؛
- ۷-۹ شرایط ظاهری منشورها را در پایان آزمون شرح دهید؛
- ۸-۹ همراه هر گزارش از میانگین تغییر طول منشورها در سن مشخص، تعداد منشورها (n)، ضریب تغییرات و انحراف معیار تغییر طول را نیز گزارش نمایید. برای شکل گیری یک آزمون معتبر در هر سن، باید اطلاعات مربوط به حداقل سه منشور در آن سن موجود باشد. بسته به این که چند آزمون باقی مانده باشد، حداکثر میزان مجاز مقادیر تغییر طول نباید از مقادیر داده شده در جدول ۱ بر حسب درصد تجاوز کند؛

جدول ۱ - حداکثر میزان مجاز مقادیر تغییر طول

تعداد آزمونهای باقی مانده	سیمانهای آمیخته	سیمان پرتلند
۳	۰/۰۳۴	۰/۰۱۰
۴	۰/۰۳۷	۰/۰۱۱
۵	۰/۰۳۹	۰/۰۱۲
۶	۰/۰۴۱	۰/۰۱۲

- ۹-۹ هرگونه مغایرت با روش آزمون مذکور در این استاندارد شامل تفاوت در ترکیب محلول، غلظت محلول یا دما، نسبت اختلاط ملات، سن و بلوغ ملات و موارد مشابه در گزارش ذکر گردد؛
- ۱۰-۹ نام، نام خانوادگی و امضای آزمون گر؛
- ۱۱-۹ نام، نام خانوادگی و امضای تایید کننده نتایج آزمون.

۱۰ دقت و انحراف

۱-۱۰ دقت

دقت این روش آزمون با آزمون مشترک ارزیابی شده و ملاحظه شد بسته به نوع سیمان مورد استفاده، دقت متفاوت است. بنابراین دقت‌های متفاوتی حاصل شد. این مقدار دقت‌ها برای کشورهای توسعه یافته محاسبه شده است.

۱-۱-۱۰ سیمان‌های آمیخته، برای یک آزمون‌گر و برای محدوده انبساط از ۰/۰۴ درصد تا ۰/۰۷ درصد، انحراف معیار به میزان ۰/۰۱۰ درصد مشاهده شد. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده که توسط همان آزمون‌گر و روی همان سیمان آمیخته نوع IP یا IS انجام می‌شود، نباید با یکدیگر بیش از ۰/۰۲۸ درصد تفاوت داشته باشند. برای چند آزمایشگاه و برای محدوده انبساط از ۰/۰۴ درصد تا ۰/۰۷ درصد، انحراف معیار به میزان ۰/۰۲۰ درصد مشاهده شد. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده که بر روی همان سیمان آمیخته نوع IP یا IS و در دو آزمایشگاه مختلف انجام می‌شود، نباید با یکدیگر بیش از ۰/۰۵۶ درصد تفاوت داشته باشند.

۱-۱-۲ سیمان نوع دو، برای یک آزمون‌گر و برای محدوده انبساط از ۰/۰۴ درصد تا ۰/۰۷ درصد، انحراف معیار به میزان ۰/۰۰۵ درصد مشاهده شد. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده که توسط همان آزمون‌گر و روی همان سیمان انجام می‌شود، نباید با یکدیگر بیش از ۰/۰۱۴ درصد تفاوت داشته باشند. برای چند آزمایشگاه و برای محدوده انبساط از ۰/۰۴ درصد تا ۰/۰۷ درصد، انحراف معیار به میزان ۰/۰۲۰ درصد مشاهده شد. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده که بر روی همان سیمان و در دو آزمایشگاه مختلف انجام می‌شود، نباید با یکدیگر بیش از ۰/۰۵۶ درصد تفاوت داشته باشند.

۱-۱-۳ سیمان نوع پنج، برای یک آزمون‌گر و برای محدوده انبساط از ۰/۰۴ درصد تا ۰/۰۷ درصد، انحراف معیار به میزان ۰/۰۰۳ درصد مشاهده شد. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده که توسط همان آزمون‌گر و روی همان سیمان انجام می‌شود، نباید با یکدیگر بیش از ۰/۰۰۹ درصد تفاوت داشته باشند. برای چند آزمایشگاه و برای محدوده انبساط از ۰/۰۴ درصد تا ۰/۰۷ درصد، انحراف معیار به میزان ۰/۰۱۰ درصد مشاهده شد. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده که بر روی همان سیمان و در دو آزمایشگاه مختلف انجام می‌شود، نباید با یکدیگر بیش از ۰/۰۲۸ درصد تفاوت داشته باشند.

۲-۱۰ انحراف

از آنجایی که ماده مرجع قابل قبولی برای تعیین انحراف این روش آزمون وجود ندارد، هیچ عبارتی در مورد انحراف به وجود آمده، بیان نمی‌شود.

پیوست الف (الزامی) تعیین میزان آب سولفات سدیم

الف-۱ وسایل

الف-۱-۱ بوتله چینی، با حجم ۱۵ میلی لیتر.

الف-۱-۲ گرم خانه، با قابلیت خشک سازی آزمونه‌ها و نگهداری در دمای 5 ± 110 درجه سلسیوس.

الف-۱-۳ دسیکاتور، با یک ماده خشک کننده مناسب، مانند پرکلرات منیزیم یا آلومینای فعال شده. سولفات کلسیم همراه با یک شاخص تغییر رنگ که در هنگام از دست دادن اثر گذاری، تغییر رنگ می‌دهد نیز به عنوان یک ماده خشک کننده مناسب است.

الف-۱-۴ ترازو، مطابق تعریف قسمت ۴ استاندارد بند ۲-۴.

الف-۲ تعیین میزان آب

الف-۲-۱ مقداری سولفات سدیم با وزن خالص تقریبی ۱ گرم (با تقریب 0.0001 گرم) در یک بوتله چینی قرار دهید. بوتله چینی و محتویات آن را در گرم خانه با دمای (5 ± 110) درجه سلسیوس و به مدت (1 ± 0.25) ساعت خشک نمایید. بوتله چینی و محتویات آن را از گرم خانه خارج کنید و در یک دسیکاتور، تا رسیدن به دمای اتاق خنک کنید (یادآوری). پس از خشک کردن، وزن بوتله چینی و سولفات سدیم را یادداشت کنید. یادآوری- معمولاً زمان (۱۵ الی ۳۰) دقیقه کافی خواهد بود. یک ظرف پیرکس کوچک را می‌توان استفاده نمود. ظرفی که بتوان آن را به دقت وزن نمود (مثلاً ظرف پیرکس با حجم ۵۰ میلی لیتر).

الف-۳ محاسبات

میزان آب موجود در سولفات سدیم را با تقریب 0.1 درصد و مطابق فرمول زیر حساب کنید:

$$\%WC = \left(\frac{M_i - M_f}{M_{ss}} \right) \times 100$$

که در آن :

$\%WC$ مقدار آب به درصد؛

M_i وزن سولفات سدیم + وزن بوتله چینی پیش از گرمایش بر حسب گرم؛

M_f وزن سولفات سدیم + وزن بوتله چینی پس از گرمایش بر حسب گرم؛

M_{ss} وزن سولفات سدیم پیش از گرمایش بر حسب گرم.

$\%WC$ را برای اصلاح وزن سولفات سدیم در بند ۴-۴ به کار ببرید (یادآوری).

یادآوری – برای مثال: مقدار آب به میزان ۵/۰ درصد مشخص شده است. وزن سولفات سدیم بدون آب به شرح زیر اصلاح خواهد شد :

$$\frac{\text{وزن سولفات سدیم بدون آب} \times (100 - \%WC)}{100} =$$

یا، ۵۰ گرم سولفات سدیم با ۵/۰ درصد آب معادل ۴۷/۵ گرم سولفات سدیم بدون آب خواهد بود.

$$\frac{50 \text{ Na}_2\text{SO}_4 \cdot x \text{ H}_2\text{O} \times (100 - 5)}{100} = 47.5 \text{ Na}_2\text{SO}_4 \text{ گرم}$$

یا برعکس، ۵۰ گرم سولفات سدیم بدون آب معادل ۵۲/۶ گرم سولفات سدیم با ۵/۰ درصد آب خواهد بود.

$$\frac{50 \text{ Na}_2\text{SO}_4 \times 100}{(100 - 5)} = 52.6 \text{ Na}_2\text{SO}_4 \cdot x \text{ H}_2\text{O گرم}$$