

INSO
449
2nd .Revision
2017



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران
۴۴۹
تجدید نظر دوم
۱۳۹۵

سنگدانه - سلامت سنگدانه با استفاده از
محلول سولفات سدیم یا منیزیم - روش
آزمون

**Aggregate- Soundness of aggregates by use
of sodium sulfate or magnesium sulfate-
Test method**

ICS:91.100.30

استاندارد ملی ایران شماره ۴۴۹ (تجدید نظر دوم): ۱۳۹۵

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج- ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

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

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود 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 می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که براساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه‌بین‌المللیک‌ها، 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«سنگدانه - سلامت سنگدانه با استفاده از محلول سولفات سدیم یا منیزیم - روش آزمون»

(تجدید نظر دوم)

رئیس:

پیلوار، امیر رضا

(دکترای مهندسی عمران)

دبیر:

وفایی، ولی

(کارشناسی شیمی کاربردی)

سمت و/ یا محل اشتغال:

عضو هیئت علمی دانشگاه شیروان

سرپرست آزمایشگاه ساختمانی اداره کل

استاندارد خراسان رضوی

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آباد، رضا

(کارشناسی زمین‌شناسی)

کارشناس مقاومت مصالح آزمایشگاه فنی و

مکانیک خاک خراسان رضوی

رحیمی‌نسب، مجتبی

(کارشناسی مهندسی عمران)

مدیر کنترل کیفیت واحد تولیدی پوشش

ساختمان

صدری‌زاده، مریم

(کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی)

مدیر عامل موسسه تحقیقات و فن‌آوری

پارس

صمدی، وحید

(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

مدیر فنی موسسه تحقیقات و فن‌آوری پارس

کبوتری، مهدی

(کارشناسی مهندسی عمران)

مدیر عامل آزمایشگاه پی تحکیم

کریمیان، محسن

(کارشناسی شیمی)

مدیر فنی آزمایشگاه انجمن صنفی

کارفرمایی شن‌شویی استان خراسان رضوی

مغنی‌نژاد، مریم

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران سازه)

مدیر کنترل کیفیت شرکت بنیان بتن

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

منصوری، هومن

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

منتظریان، روشن

(کارشناسی شیمی)

ویراستار:

عباسی رزگله، محمد حسین

(کارشناسی مهندسی مواد - سرامیک)

سمت و / یا محل اشتغال:

کارشناس اجرای اداره کل استاندارد خراسان

رضوی

مدیر کنترل کیفیت واحد تولیدی سیمان

زاوه تربت

کارشناس اداره کل نظارت بر اجرای

استانداردهای صنایع غیر فلزی سازمان ملی

استاندارد

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصول آزمون
۲	۴ نمونه‌برداری
۲	۵ آماده‌سازی نمونه
۲	۱-۵ سنگدانه ریز
۳	۲-۵ سنگدانه درشت
۳	۶ مواد و / یا شناساگرها
۴	۱-۶ محلول اشباع سولفات سدیم
۴	۲-۶ محلول اشباع سولفات منیزیم
۴	۳-۶ محلول کرید باریم ۵ درصد $BaCl_2$
۵	۷ وسایل
۵	۱-۷ الک
۵	۲-۷ ظروف آزمون
۵	۳-۷ سامانه کنترل درجه حرارت
۶	۴-۷ سامانه ثبت درجه حرارت
۶	۵-۷ ترازو
۶	۶-۷ گرم‌خانه
۶	۷-۷ دستگاه اندازه‌گیری وزن مخصوص
۶	۸ روش انجام آزمون
۶	۱-۸ نگه‌داری نمونه در محلول سولفات سدیم یا سولفات منیزیم
۷	۲-۸ خشک کردن آزمون بعد از غوطه‌وری
۷	۳-۸ تعداد دوره‌های آزمون
۷	۴-۸ آزمون کمی
۸	۵-۸ آزمون کیفی

۹	گزارش‌دهی	۹
۱۰	دقت و اریبی	۱۰
۱۰	دقت	۱-۱۰
۱۰	اریبی	۲-۱۰

پیش‌گفتار

استاندارد «سنگدانه - سلامت سنگدانه با استفاده از محلول سولفات سدیم یا سولفات منیزیم - روش آزمون» کهن‌خستین بار در سال ۱۳۷۰ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای دومین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در هفتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۵/۱۲/۱۱ تصویب شد. اینک این استاندارد 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 می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهند 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.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۴۴۹، سال: ۱۳۸۹ می‌شود.

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

ASTM C88: 2013, Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate

سنگدانه-سلامت سنگدانه با استفاده از محلول سولفات سدیم یا سولفات منیزیم - روش آزمون

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی درج نشده است. در صورت مواجهه با چنین مواردی، مسوولیت برقراری شرایط بهداشت و ایمنی مناسب و اجرای آن برعهده کاربر این استاندارد است.

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش آزمون سلامت سنگدانه در مقابل عوامل جوی می باشد. این استاندارد برای سنگدانه های مورد مصرف در بتن و دیگر مصارف کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن ضوابط جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه های بعدی برای این استاندارد الزام آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۰۲: سنگدانه های بتن - ویژگی ها

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۷۷: روش آزمون دانه بندی سنگدانه های ریز و درشت توسط الک

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۷۱۴۶: سنگدانه - کاهش دادن نمونه سنگدانه تا اندازه آزمون - روش کار

۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۶۷: سنگدانه - نمونه برداری از سنگدانه - آیین کار

2-5 ASTM C 670-03, Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

2-6 ASTM E11-04, Specification for Wire Cloth Sieve for Testing Purpose

2-7 ASTM E 100-05, Specification for ASTM Hydrometers

2-8 ASTM E 323-80: 2008, Specification for Perforated- Plate Sieves for Testing Purposes

۳ اصول آزمون

این روش آزمون فرآیندی برای تخمین اولیه سلامت سنگدانه مورد استفاده در بتن آماده و دیگر مصارف را بیان می کند. باید توجه داشت عموماً مقادیر کاهش وزن به دست آمده از این روش آزمون برای سنگدانه های ریز و درشت

متفاوت بوده و نتایج حاصل از دو نمک مورد نظر نیز با هم اختلاف دارند. زمانی که سولفات منیزیم در آزمونه کار گرفته می‌شود، به دلیل درصد کاهش وزن بیشتر نسبت به زمان استفاده از سولفات سدیم، شرایط عموماً سختگیرانه‌تر می‌باشد.

این روش با غوطه‌ور کردن متوالی نمونه در محلول اشباع سدیم یا منیزیم انجام می‌گیرد. سپس نمونه به منظور آب‌زدایی تمام یا بخشی از نمک‌های رسوب کرده در خلل و فرج سنگدانه در گرمخانه خشک می‌گردد. نیروی انبساط داخلی نتیجه تبلور نمک در اثر غوطه‌ورهای مکرر است و مشابه انبساط حاصل از یخ‌زدگی آب در سنگدانه می‌باشد. در زمانی که اطلاعات فنی ثبت شده در مورد سنگدانه‌هایی که در معرض شرایط جوی قرار گرفته موجود نباشند، این روش آزمون می‌تواند اطلاعات مفیدی در ارزیابی سنگدانه ارائه کند.

۴ نمونه‌برداری

نمونه‌برداری مطابق با استاندارد بند ۲-۴ انجام می‌گردد.

۵ آماده‌سازی نمونه

۱-۵ سنگدانه ریز

نمونه سنگدانه ریز را از الک با چشمه ۹/۵ میلی‌متر عبور داده و بر روی الک با چشمه ۳۰۰ میکرومتر کاملاً بشویید. سپس نمونه را در دمای (5 ± 110) درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت خشک نموده و با استفاده از سری الک مندرج در جدول ۱ نمونه را به قسمت‌هایی با اندازه‌های مختلف دانه‌بندی کنید. مقدار آزمونه مانده بین هر دو الک متوالی مطابق جدول ۱ باید بیشتر از ۱۰۰ گرم باشد (عموماً ۱۱۰ گرم کافی است). ذرات ریز گیر کرده بین چشمه‌های الک نباید وارد آزمونه گردند. از مانده بین هر دو الک متوالی (1 ± 100) گرم آزمونه را در ظروف جداگانه توزین نمایید.

یادآوری- وزن آزمونه عبور کرده از الک باید مساوی یا بیشتر از پنج درصد مقدار نمونه مانده روی آن الک باشد.

جدول ۱- دانه‌بندی سنگدانه ریز

شماره آزمونه	گذشته از الک	مانده روی الک	وزن آزمونه (گرم)
۱	۶۰۰ میکرومتر	۳۰۰ میکرومتر	100 ± 0.1
۲	۱/۱۸ میلی‌متر	۶۰۰ میکرومتر	100 ± 0.1
۳	۲/۳۶ میلی‌متر	۱/۱۸ میلی‌متر	100 ± 0.1
۴	۴/۷۵ میلی‌متر	۲/۳۶ میلی‌متر	100 ± 0.1
۵	۹/۵ میلی‌متر	۴/۷۵ میلی‌متر	100 ± 0.1

۲-۵ سنگدانه درشت

ابتدا مواد ریز دانه نمونه با عبور از الک ۴/۷۵ میلی‌متر جدا نموده و سنگدانه درشت را کاملاً شسته و در دمای (5 ± 110) درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت خشک کنید. با استفاده از سری الک‌های مطابق جدول ۲، نمونه را به اندازه‌های مختلف دانه‌بندی نمایید. مقادیر مورد نیاز برای هر یک از آزمون‌ها را با استفاده از جدول ۲ آماده‌سازی کنید. آزمون‌ها شامل مقدار مانده‌بین دو الک متوالی می‌باشد. مقادیر با اندازه‌های مختلف به دست آمده از جدول ۲ را وزن کرده (در مواردی که قسمت‌های آزمون شامل دو اندازه می‌باشد) و سپس برای به دست آوردن وزن کل سنگدانه‌های هر قسمت با یکدیگر مخلوط نمایید. وزن آزمون‌ها و اجزا آنها را ثبت کنید. در صورت وجود ذرات بزرگتر از ۱۹ میلی‌متر، تعداد ذرات موجود در نمونه را ثبت نمایید.

جدول ۲- دانه‌بندی سنگدانه درشت

شماره آزمون	اندازه الک (میلی‌متر)	وزن (گرم)	توضیح
۱	۴/۷۵ الی ۹/۵	5 ± 300	—
۲	۹/۵ الی ۱۹	10 ± 1000	شامل (5 ± 330) گرم اندازه ۹/۵ الی ۱۲/۵ میلی‌متر و (10 ± 670) گرم اندازه ۱۲/۵ الی ۱۹ میلی‌متر
۳	۱۹ الی ۳۷/۵	50 ± 1500	شامل (30 ± 500) گرم اندازه ۱۹ الی ۲۵ میلی‌متر و (50 ± 1000) گرم اندازه ۲۵ الی ۳۷/۵ میلی‌متر
۴	۳۷/۵ الی ۶۳	300 ± 5000	شامل (200 ± 2000) گرم اندازه ۳۷/۵ الی ۵۰ میلی‌متر و (300 ± 3000) گرم اندازه ۵۰ الی ۶۳ میلی‌متر
۵	به ازای هر ۱۲/۵ میلیمتر افزایش در اندازه باید (1000 ± 7000) گرم به نمونه اولیه اضافه گردد.	شامل (1000 ± 7000) گرم اندازه ۶۳ الی ۷۵ میلی‌متر و (1000 ± 7000) گرم اندازه ۷۵ الی ۹۰ میلی‌متر و (1000 ± 7000) گرم اندازه ۹۰ الی ۱۰۰ میلی‌متر	

یادآوری-هنگامی که سنگدانه مورد آزمون شامل مقدار قابل ملاحظه‌ای از مواد درشت دانه و ریزدانه باشد، به طوری که بیشتر از ۱۰ درصد وزنی مواد درشت‌تر از الک ۹/۵ میلی‌متر و همچنین بیشتر از ۱۰ درصد وزنی مواد ریزتر از الک ۴/۷۵ میلی‌متر باشد، در این صورت مواد درشت دانه با روش آزمون سنگدانه درشت و مواد ریزدانه با روش آزمون سنگدانه ریز مورد آزمون قرار گرفته و نتایج برای سنگدانه درشت و ریز با ذکر درصد وزنی به طور جداگانه گزارش می‌شود.

۶ مواد و / یا شناساگرها

محلول موردنیاز برای غوطه‌وری نمونه‌های آزمون را بر اساس بندهای ۶-۱ و ۶-۲ از سولفات سدیم یا منیزیم آماده کنید. حجم محلول حداقل باید ۵ برابر حجم آزمون در هر سری آزمون باشد.

یادآوری-برخی از سنگدانه‌های حاوی کربنات کلسیم و یا منیزیم می‌تواند مورد حمله شیمیایی توسط محلول سولفات سدیم یا منیزیم تازه تهیه شده قرار گیرد و باعث کاهش وزن زیادی در نتیجه آزمون شود. اگر آزمون با این مشکل مواجه شده و یا نتایج آن

مورد تردید قرار گیرد، باید آزمون با محلول صاف شده‌ای که قبلاً برای همان نوع سنگ کربنات به کار رفته و دارای الزامات بندهای ۱-۶ و ۲-۶ است تکرار گردد.

۱-۶ محلول اشباع سولفات سدیم

محلول اشباع سولفات سدیم را باید با حل کردن ۲۱۵ گرم نمک سولفات سدیم خالص شیمیایی (C.P یا U.S.P یا معادل آن) بدون آب تبلور (Na_2SO_4) و یا ۷۰۰ گرم کریستال نمک با ۱۰ مولکول آب تبلور ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) در یک لیتر آب با دمای ۲۵ الی ۳۰ درجه سلسیوس تهیه کرد. با توجه به اینکه این نمک‌ها کاملاً پایدار نیستند، بنابراین مطلوب است برای اطمینان از اشباع بودن محلول، مقداری بلور به صورت مازاد در محلول باقی بماند. به همین منظور توصیه می‌شود حداقل ۳۵۰ گرم نمک بدون آب تبلور یا ۷۵۰ گرم نمک متبلور برای هر لیتر آب استفاده شود. در هنگام اضافه کردن نمک تا زمان استفاده در فواصل معین محلول باید به هم زده شود.

هنگامی که نیاز به مصرف محلول نباشد، به منظور کاهش تبخیر و جلوگیری از آلوده شدن محلول باید آن را در یک ظرف در بسته نگهداری کرد. محلول را تا (1 ± 21) درجه سلسیوس سرد کرده، به هم زده و اجازه دهید تا در آن درجه حرارت، حداقل به مدت ۴۸ ساعت قبل از مصرف باقی بماند. قبل از هر بار مصرف، نمک حل نشده در ظرف خرد شده و کاملاً به هم زده و سپس وزن مخصوص آن تعیین نمایید. در هنگام استفاده، وزن مخصوص محلول باید در محدوده‌ی ۱٫۱۵۱ الی ۱٫۱۷۴ قرار گیرد. محلول‌های تغییر رنگ داده شده را باید دور ریخت و یا آن‌ها را صاف کرده و وزن مخصوص آن را بررسی نمایید.

۲-۶ محلول اشباع سولفات منیزیم

محلول سولفات منیزیم را باید با حل کردن ۳۵۰ گرم نمک سولفات منیزیم خالص شیمیایی (C.P یا U.S.P یا معادل آن) بدون آب تبلور (MgSO_4) و یا ۱۲۳۰ گرم نمک متبلور ۷ مولکول آب تبلور ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) در یک لیتر آب با دمای ۲۵ الی ۳۰ درجه سلسیوس تهیه کرد. با توجه به این که این نمک‌ها پایدار نیستند، بنابراین مطلوب است، مقداری بلور به صورت مازاد در محلول باقی بماند. به همین منظور توصیه می‌گردد حداقل ۱۴۰۰ گرم نمک متبلور برای هر لیتر آب استفاده شود. در هنگام اضافه کردن نمک و همچنین در فواصل معین، باید قبل از مصرف، محلول را کاملاً به هم زد.

هنگامی که نیاز به مصرف محلول نباشد، باید جهت کاهش تبخیر و جلوگیری از آلوده شدن محلول، آن را در یک ظرف در بسته نگهداری کرد. محلول را تا (1 ± 21) درجه سلسیوس سرد کرده و اجازه دهید تا در آن درجه حرارت حداقل به مدت ۴۸ ساعت قبل از مصرف باقی بماند. قبل از هر بار مصرف، نمک حل نشده در ظرف خرد شده و کاملاً به هم زده و سپس وزن مخصوص آن را تعیین نمایید. در هنگام استفاده وزن مخصوص باید در محدوده ۱٫۲۹۵ الی ۱٫۳۰۸ قرار بگیرد.

۳-۶ محلول کلرید باریم ۵ درصد $BaCl_2$

محلول کلرید باریم ۵ درصد با حل کردن ۵ گرم کلرید باریم در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر تهیه می گردد.

۷ وسایل

۱-۷ الک

برای الک کردن نمونه، سری الک های جدول ۳ با چشمه های مربع مطابق استاندارد ASTM E 11-04 استفاده می شود.

جدول ۳- اندازه الک

ردیف	اندازه الک ریز	ردیف	اندازه الک درشت
۱	۱۵۰ میکرومتر (شماره ۱۰۰)	۸	۸ میلی متر ($\frac{5}{16}$ اینچ)
۲	۳۰۰ میکرومتر (شماره ۵۰)	۹	۹٫۵ میلی متر ($\frac{3}{8}$ اینچ)
۳	۶۰۰ میکرومتر (شماره ۳۰)	۱۰	۱۲٫۵ میلی متر ($\frac{1}{2}$ اینچ)
۴	۱٫۱۸ میلی متر (شماره ۱۶)	۱۱	۱۶ میلی متر ($\frac{5}{8}$ اینچ)
۵	۲٫۳۶ میلی متر (شماره ۸)	۱۲	۱۹ میلی متر ($\frac{3}{4}$ اینچ)
۶	۴ میلی متر (شماره ۵)	۱۳	۲۵ میلی متر (۱ اینچ)
۷	۴٫۷۵ میلی متر (شماره ۴)	۱۴	۳۱٫۵ میلی متر ($1\frac{1}{4}$ اینچ)
		۱۵	۳۷٫۵ میلی متر ($1\frac{3}{8}$ اینچ)
		۱۶	۵۰ میلی متر (۲ اینچ)
		۱۷	۶۳ میلی متر ($2\frac{1}{2}$ اینچ)
		۱۸	با افزایش ۱۲٫۵ میلی متری ($\frac{1}{2}$ اینچ)

۲-۷ ظروف آزمون

برای غوطه وری آزمون ها در محلول، مطابق روش های شرح داده شده در این روش آزمون، باید از ظروف مورد نیاز به صورت مشبک استفاده کرد به گونه ای که آزمون کاملاً با محلول در تماس بوده و در زمان آب کشی باعث کاهش مقدار سنگدانه نگردد.

یادآوری-سبدهای توری یا الک هایی با چشمه های مناسب به عنوان ظروف آزمون قابل قبول می باشد.

۳-۷ سامانه کنترل درجه حرارت

روش‌های مناسب برای کنترل درجه حرارت محلول در طی مدت غوطه‌وری آزمون در محلول سولفات سدیم و سولفات منیزیم باید وجود داشته باشد.

۴-۷ سامانه ثبت درجه حرارت

روش‌های مناسب برای ثبت درجه حرارت محلول با دقت حداقل ۰/۵ درجه سانتیگراد و در زمان‌های حداقل ۱۵ دقیقه‌ای در طول زمان آزمون باید وجود داشته باشد.

۵-۷ ترازو

ترازو برای سنگدانه ریز با دقت اندازه‌گیری ۰/۱ گرم و ظرفیت توزین بالاتر از محدوده آزمون و برای سنگدانه‌های درشت با دقت اندازه‌گیری ۰/۱ درصد و یا یک گرم و ظرفیت بالاتر از محدوده‌ی مورد نیاز آزمون می‌باشد.

۶-۷ گرم‌خانه^۱

گرم‌خانه باید توانایی حرارت‌دهی پیوسته در محدوده (5 ± 110) درجه سلسیوس را دارا باشد و سرعت تبخیر در این درجه حرارت باید حداقل ۲۵ گرم بر ساعت برای مدت ۴ ساعت در طول دوره خشک کردن باشد.

برای تعیین سرعت تبخیر باید از بشرهای نوع گریفین با ظرفیت ۱ لیتر که هر کدام حاوی ۵۰۰ گرم آب با دمای (2 ± 21) درجه سلسیوس است استفاده کرد و آن‌ها را در مرکز و گوشه‌های طبقات گرم‌خانه قرار داد. بشرهای حاوی آب را باید به مدت ۴ ساعت بدون آن که در گرم‌خانه باز شود حرارت داد. در زمان انجام آزمون باید تنها بشر حاوی آب در گرم‌خانه قرار داشته باشد.

۷-۷ دستگاه اندازه‌گیری وزن مخصوص

برای اندازه‌گیری وزن مخصوص از یک هیدرومتر، مطابق با استاندارد بند ۲-۷ یا یک ظرف شیشه‌ای مناسب مدرج و ترازو که بتواند وزن مخصوص مایع را با تقریب ± 0.001 گرم بر سانتیمتر مکعب اندازه‌گیری کند استفاده می‌گردد.

۸ روش انجام آزمون

۱-۸ نگه‌داری آزمون در محلول سولفات سدیم یا سولفات منیزیم

1Drying Oven

آزمونه‌ها در محلول سولفات سدیم یا سولفات منیزیم تهیه شده مطابق بند ۶-۱ و ۶-۲ برای مدت حداقل ۱۶ ساعت و حداکثر ۱۸ ساعت غوطه‌ور گردیده، طوری که محلول روی آزمونه را تا ارتفاع ۱۲/۵ میلی‌متر بپوشاند. جهت جلوگیری از تبخیر و ورود ذرات خارجی به محلول باید در ظرف پوشیده باشد. در طی زمان غوطه‌وری آزمونه، درجه حرارت محلول نیز باید در (1 ± 21) درجه سلسیوس ثابت نگه داشته شود.

یادآوری-به منظور اطمینان از غوطه‌وری سنگدانه‌های بسیار سبک از یک توری مناسب فلزی وزن شده استفاده کنید.

۸-۲ خشک کردن آزمونه بعد از غوطه‌وری

پس از پایان مدت غوطه‌وری، آزمونه از محلول خارج شده و به مدت (5 ± 15) دقیقه اجازه داده می‌شود تا آب موجود در آن زه‌کشی شود. سپس آزمونه را در گرم‌خانه قرار داده تا خشک شود. درجه حرارت گرم‌خانه باید قبل از قرار دادن آزمونه به (5 ± 110) درجه سلسیوس رسیده باشد. آزمونه‌ها تا رسیدن به وزن ثابت خشک می‌گردند. جهت به دست آوردن زمان مورد نیاز برای رسیدن به وزن ثابت باید مطابق روش زیر عمل کرد:

آزمونه وزن شده در گرم‌خانه با دمای (5 ± 110) درجه سلسیوس قرار گرفته و بعد از گذشت زمان ۲ الی ۴ ساعت آزمونه از گرم‌خانه خارج گردیده و بلافاصله بدون سرد کردن توزین می‌شود. سپس مجدداً آزمونه در گرم‌خانه قرار گرفته و عملیات تا زمانی که کاهش وزن بین دو توزین متوالی در مدت زمان ۴ ساعت کمتر از ۰/۱ درصد باشد ادامه می‌یابد. بعد از رسیدن به وزن ثابت، آزمونه را تا درجه حرارت محیط سرد کرده و سپس در محلول تهیه شده مطابق بند ۸-۱ برای دوره‌ی بعدی غوطه‌ور می‌شود.

یادآوری-زمان مورد نیاز برای خشک کردن آزمونه‌های مختلف ممکن است به دلایل زیادی با هم اختلاف داشته باشد. بازده خشک شدن به دلایلی نظیر چسبیدن نمک به ذرات و افزایش سطح چسبندگی به علت خرد شدن، می‌تواند کاهش یابد و همچنین اندازه مختلف سنگدانه‌ها می‌تواند باعث اختلاف در سرعت خشک شدن شود.

زمان خشک شدن برای سنگدانه‌های ریز، به دلیل اینکه سطح بزرگتری دارند و فضای بین ذرات آنها محدود است آهسته‌تر انجام می‌گیرد، ولی این مورد را می‌توان به وسیله شکل و اندازه ظرف اصلاح کرد.

۸-۳ تعداد دوره‌های آزمون

تعداد دوره‌های آزمون به روش غوطه‌وری و خشک کردن تا رسیدن به تعداد دوره‌های مورد نظر تکرار می‌شود. پس از کامل شدن دوره نهایی آزمون، آزمونه‌ها را سرد نموده و با آب کاملاً شستشو داده تا عاری از سولفات سدیم یا سولفات منیزیم شود. پایان عمل شستشو زمانی است که آب حاصل از شستشو با کلرید باریم رسوبی ایجاد نکند. شستشو به وسیله چرخش آب بین آزمونه‌ها در ظرف در دمای (6 ± 43) درجه سلسیوس انجام می‌گیرد. این عمل ممکن است به وسیله قرار دادن آزمونه در یک ظرف حاوی آب گرم انجام گیرد و عمل شستشو به روش سر ریز شدن آب گرم ادامه یابد. در فرآیند شستشو، آزمونه نباید تحت ضربه و یا سایش قرار گیرد، زیرا ممکن است باعث شکستن ذرات آزمونه گردد.

یادآوری-آب حاوی سولفات‌ها، زمانی که به عنوان آب شستشو مصرف می‌گردد، اگر با محلول کلرید باریم کنترل شود، تیره می‌شود. تیرگی محلول آب باید به این نحو ارزیابی شود که آب شستشو با همان درجه حرارت و درجه‌ی تیرگی به عنوان آب عاری از سولفات‌ها فرض شود.

۴-۸ آزمون کمی

آزمون‌های کمی مطابق روش زیر انجام می‌گیرد:

بعد از خارج کردن آزمون‌ها از محلول سولفات سدیم یا سولفات منیزیم، آن را در دمای (5 ± 110) درجه سلسیوس خشک کرده تا به وزن ثابت برسد. سنگدانه ریز با همان سری الک قبل از انجام آزمون الک نموده و سنگدانه درشت مطابق جدول ۴ که بر اساس اندازه سنگدانه مشخص شده الک می‌گردد. الک کردن سنگدانه‌ی ریز باید مشابه روش تهیه آزمون باشد. الک کردن سنگدانه درشت باید به وسیله دست و با تکان دادن کافی الک انجام گیرد تا اطمینان از عبور اندازه‌های ریزتر از چشمه‌های الک حاصل گردد. هیچ عمل دیگری که باعث شکستن یا عبور ذرات از الک شود نباید انجام گیرد. مقدار سنگدانه‌ای که روی هر الک مانده وزن شده، اختلاف بین هر یک از این مقادیر و وزن اولیه برابر است با کاهش وزن در هر آزمون که باید به صورت درصد، نسبت به وزن اولیه مطابق جدول پیشنهادی ۷ گزارش شود.

جدول ۴- اندازه الک

الک‌های مورد استفاده در تعیین کاهش وزن (میلی‌متر)	محدوده اندازه سنگدانه درشت (میلی‌متر)
۷۵	۹۰-۱۰۰
۶۳	۷۵-۹۰
۵۰	۶۳-۷۵
۳۱٫۵	۳۷٫۵-۶۳
۱۶	۱۹-۳۷٫۵
۸	۹٫۵-۱۹
۴	۴٫۷۵-۹٫۵

۵-۸ آزمون کیفی

آزمون کیفی برای سنگدانه درشت‌تر از ۱۹ میلی‌متر مطابق روش زیر انجام می‌گیرد:

۱-۵-۸ جداکردن هر یک از ذراتی که تحت تاثیر آزمون قرار گرفته‌اند.

۲-۵-۸ ثبت تعداد ذراتی که نشان دهنده نوع صدمه است.

یادآوری-صدمات بسیاری از اثر محلول سولفات سدیم یا سولفات منیزیم را می‌توان بر روی سنگدانه‌ها انتظار داشت که عمدتاً به صورت تجزیه شدن، دو نیم شدن (شکافته شدن)، پوسته پوسته شدن، ترک خوردن، خرد شدن و غیره طبقه‌بندی کرد. گرچه فقط ذرات بزرگتر از ۱۹ میلی‌متر برای آزمون کیفی مورد نیاز است اما توصیه می‌گردد آزمون ذرات کوچکتر نیز به منظور تعیین اینکه آیا شواهدی مبنی بر دو نیم شدن آن‌ها وجود دارد انجام شود.

۹ گزارش‌دهی

موارد زیر باید در گزارش آزمون درج گردد.

۱-۹ وزن هر قسمت از هر نمونه قبل از انجام آزمون

۲-۹ مقدار مواد ریزتر از الک‌هایی که در بند ۸-۴ تعیین شده است، بعد از انجام آزمون بر حسب درصد کسر وزنی

۳-۹ میانگین وزنی درصد وزن کاهش یافته مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۴۹۷۷

برای محاسبه میانگین درصد وزنی کاهش یافته ابتدا کاهش وزن سنگدانه‌های انتخاب شده روی هر الک تعیین می‌گردد، سپس نسبت درصد کاهش وزنی سنگدانه‌های انتخاب شده روی هر الک مشخص می‌شود. نسبت درصدهای مشخص شده باید به نسبت درصد دانه‌بندی (درصد مانده روی هر الک در دانه‌بندی آزمونه) تعیین شود. جمع نسبت درصدهای حاصله نشان دهنده میانگین کاهش وزنی کل نمونه خواهد بود.

موارد زیر استثنا می‌باشد:

۱-۳-۹ برای سنگدانه‌های ریز (با کمتر از ۱۰ درصد درشت‌تر از الک ۹/۵ میلی‌متر) فرض می‌شود کاهش وزن سنگدانه ریزتر از ۳۰۰ میکرومتر برابر با صفر است و در مورد سنگدانه درشت‌تر از ۹/۵ میلی‌متر فرض می‌شود برابر با کاهش وزن اندازه‌ی کوچک قبلی می‌باشد.

۲-۳-۹ برای سنگدانه درشت (با کمتر از ۱۰ درصد سنگدانه ریزتر از الک ۴/۷۵ میلی‌متر) فرض می‌شود کاهش وزن سنگدانه ریزتر از ۴/۷۵ میلی‌متر برابر با اندازه بزرگتر بعدی باشد.

۳-۳-۹ سنگدانه‌هایی که شامل مقدار قابل ملاحظه‌ای از دو مواد ریزدانه و درشت دانه باشد و مطابق بند ۸-۴ به دو صورت مجزا مورد آزمون قرار گرفته، میانگین کاهش وزن به صورت مجزا برای سنگدانه‌های ریزتر از ۴/۷۵ میلی‌متر و درشت‌تر از ۴/۷۵ میلی‌متر محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه مقدار هر یک از دو قسمت سنگدانه ریز و درشت دانه برابر با ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شده است، گزارش نتایج جداگانه بر حسب درصد ریزتر از ۴/۷۵ میلی‌متر و درشت‌تر از ۴/۷۵ میلی‌متر نسبت به دانه‌بندی اولیه اعلام می‌شود.

۴-۳-۹ برای محاسبه میانگین وزنی، اگر هر یک از اندازه‌های اعلامی در بند ۵-۱ یا ۵-۲ کمتر از ۵ درصد کل سنگدانه باشد، کاهش وزن برابر با میانگین کاهش وزن اندازه کوچکتر قبلی و اندازه بزرگتر بعدی در نظر گرفته می‌شود. اگر یکی از اندازه‌ها وجود نداشته باشد، کاهش وزن برابر با کاهش وزن اندازه‌ی کوچکتر قبلی یا بزرگتر بعدی، هر کدام که موجود باشد، انجام می‌شود.

۴-۹ گزارش درصد کاهش وزنی به نزدیکترین عدد صحیح گرد شود.

۵-۹ در مورد سنگدانه درشت‌تر از ۱۹ میلی‌متر، باید تعداد ذرات هر قسمت قبل از آزمون و تعداد ذراتی که مورد صدمه قرار گرفته‌اند بعد از آزمون بر حسب نوع اثر مانند تجزیه شدن، دو نیم شدن، خرد شدن، ترک برداشتن، پوسته شدن و غیره که در جدول ۸ نشان داده شده است گزارش شود.

۶-۹ گزارش نوع محلول (سولفات سدیم یا منیزیم) و زمان تهیه آن

یادآوری-جدول ۸ به عنوان جدول پیشنهادی به منظور ثبت اعداد آزمون نشان داده شده است و این اعداد می‌تواند برای هر دو نمک (سولفات سدیم و منیزیم) با توجه به کیفیت آن‌ها تعیین گردد.

۱۰ دقت و اریبی

۱-۱۰ دقت

برای سنگدانه‌های درشت با میانگین وزنی در دامنه وزن ۶ درصد تا ۱۶ درصد برای محلول سولفات سدیم و در دامنه ۹ درصد تا ۲۰ درصد برای سولفات منیزیم، شاخص‌های دقت، مطابق جدول ۶ می‌باشد.

جدول ۶- دقت

شرایط آزمون	ضریب تغییر	اختلاف بین دو آزمون (درجه متوسط)
آزمایشگاه‌های متفاوت		
سولفات سدیم	۴۱	۱۱۶
سولفات منیزیم	۲۵	۷۱
آزمون‌کننده‌های مستقل		
سولفات سدیم	۲۴	۶۸
سولفات منیزیم	۱۱	۳۱

۲-۱۰ اریبی

به دلیل در اختیار نبودن مواد مرجع مناسب در مورد اریبی، در این روش آزمون در زمینه اریبی اعلام نظر نمی‌گردد.

جدول ۷- جدول پیشنهادی به منظور ثبت اعداد آزمون

ردیف	اندازه الک	وزن مانده روی هر الک در دانه بندی نمونه (درصد)	وزن قسمت های از نمونه قبل از آزمون (گرم)	عبور کرده از الک بعد از آزمون (درصد)	کاهش وزن نسبت به مانده روی هر الک در نمونه (درصد)
سنگدانه ریز					
۱	ریزتر از الک ۱۵۰ میکرومتر	۶	—	—	—
۲	۱۵۰ الی ۳۰۰ میکرومتر	۱۱	—	—	—
۳	۳۰۰ الی ۶۰۰ میکرومتر	۲۶	۱۰۰	۴/۲	۱/۱
۴	۶۰۰ میکرومتر الی ۱/۱۸ میلی متر	۲۵	۱۰۰	۴/۸	۱/۲
۵	۱/۱۸ میلی متر الی ۲/۳۶ میلی متر	۱۷	۱۰۰	۸	۱/۴
۶	۲/۳۶ میلی متر الی ۴/۷۵ میلی متر	۱۱	۱۰۰	۱۱/۲	۱/۲
۷	۴/۷۵ میلی متر الی ۹/۵ میلی متر	۴	—	۱۱/۳ ^a	۰/۴
۸	مجموع	۱۰۰	—	—	۵
سنگدانه درشت					
۱	۶۳ میلی متر الی ۵۰ میلی متر (۲۸۲۵ گرم)	۲۰	۴۷۸۳	۴/۸	۱
۲	۵۰ میلی متر الی ۳۷/۵ میلی متر (۱۹۵۸ گرم)	۴۵	۱۵۲۵	۸	۳/۶
۳	۳۷/۵ میلی متر الی ۲۵ میلی متر (۱۰۱۲ گرم)	۲۳	۱۰۰۸	۹/۶	۲/۲
۴	۲۵ میلی متر الی ۱۹ میلی متر (۵۱۳ گرم)	۱۲	۲۹۸	۱۱/۲	۱/۳
۵	۱۹ میلی متر الی ۱۲/۵ میلی متر (۶۷۵ گرم)	—	—	—	—
۵	۱۲/۵ میلی متر الی ۹/۵ میلی متر (۱۹۵۸ گرم)	—	—	—	—
۵	۹/۵ میلی متر الی ۴/۷۵ میلی متر	۱۰۰	—	—	—
۵	مجموع	۱۰۰	—	—	—

^a برای این گروه از ریزدانه درصد کاهش وزن برابر اندازه کوچکتر قبلی است، زیرا این مقدار کمتر از ۵ درصد کل نمونه است.

جدول ۸- جدول پیشنهادی برای آزمون های کیفی سنگدانه درشت

اندازه الک میلی متر	نوع صدمه							تعداد ذرات قبل از آزمون	ردیف	
	دو نیم شدن		خرد شدن		ترک برداشتن		پوسته شدن			
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد			درصد
۳۷٫۵ الی ۶۳	۷	۲	—	—	۷	۲	—	—	۲۹	۱
۱۹ الی ۳۷٫۵	۱۰	۵	۲	۱	۸	۴	—	—	۵۰	۲