



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۱۳۵۵۲

چاپ اول

ISIRI
13552
1st.Edition

سنگ دانه - سنگ شناسی سنگ دانه های
بتن - روش آزمون

**Aggregate- Petrographic Examination of
Aggregates for Concrete-Test Method**

ICS:91.100.30

به نام خدا

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه* صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذیصلاح 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 شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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. مؤسسه 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 سازمانها 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، مؤسسه استاندارد 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 عمل کرد آنها 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 مؤسسه است.

* مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

- 1- International organization for Standardization
- 2 - International Electro technical Commission
- 3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
- 4 - Contact point
- 5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« سنگ دانه-سنگ شناسی سنگ دانه‌های بتن-روش آزمون »

رئیس:

خطیبی طالقانی، جاوید
(کارشناس ارشد مهندسی راه و ساختمان)

سمت و/یا نمایندگی

دبیر انجمن بتن ایران و مدیر مرکز تحقیق و توسعه ایران فریمکو

دبیران:

حمیدی، عباس
(کارشناس ارشد مهندسی مواد ساختمانی)
عزیززاده فیروزی، عین اله
(کارشناس ارشد مهندسی معدن)

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

شرکت سیشوان پترولیوم کیش

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

بیات، غلامرضا
(کارشناس مهندسی ساختمان)

شرکت ساختمانی و بتنی طینا

رئیس قاسمی، امیر مازیار
(کارشناس مهندسی ساختمان)

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

سازور، رسول
(کارشناس مهندسی شیمی)

انجمن کارفرمایان صنعت سیمان

شفیعی، شادی
(کارشناس مهندسی شیمی)

انجمن صنایع همگن بتن

صادقیان پور، صادق
(کارشناس مهندسی شیمی)

انجمن صنایع همگن بتن

فروتن مهر، حسین
(کارشناس مهندسی ساختمان)

انجمن تولیدکنندگان بتن آماده

کیهانی، محمد
(کارشناس مدیریت صنعتی)

شرکت ایران فریمکو

شرکت توسعه و تحقیق صنعت سیمان

گلبهاری، احمد
(کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی)

شرکت سیمان آبیک

محمودی، سعید
(کارشناس مهندسی معدن)

شرکت سازه بتن فردا

نوری، امیرعباس
(کارشناس مهندسی شیمی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ج	آشنایی با مؤسسه استاندارد
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ صلاحیت‌های سنگ‌شناس
۲	۴ خلاصه روش آزمون
۳	۵ وسائل
۵	۶ نمونه برداری
۷	۷ شن و ماسه طبیعی
۱۱	۸ مغزه حفاری، تخته سنگ، سنگ خرد شده و ماسه کارخانه ای
۱۲	۹ گزارش

پیش گفتار

استاندارد " سنگ دانه-سنگ شناسی سنگ دانه‌های بتن-روش آزمون " که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه و تدوین شده و در سیصد و سیزدهمین اجلاس کمیته ملی مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده های ساختمانی مورخ ۱۳۸۹/۱۱/۲۴ 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 پیشرفت های 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 C295-08: 2008, Standard Guide for Petrographic Examination of Agregates for Concrete

سنگ دانه - سنگ‌شناسی سنگ دانه‌های بتن - روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف

۱-۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش‌های آزمون سنگ‌شناسی نمونه‌هایی از مواد است که به عنوان سنگ‌دانه در بتن به کار برده می‌شود و یا به صورت مواد خام در تولیدات این‌گونه سنگ‌دانه‌ها استفاده می‌شود.

۱-۱-۲ بررسی حدود استفاده از روش‌های سنگ‌شناسی، انتخاب خصوصیات که باید جستجو شود و روش استفاده از این آزمون سنگ‌دانه‌ها برای بتن.

۱-۱-۳ مشخصات سنگ‌ها و کانی‌ها طبق استاندارد بند ۳-۵ باید تا آن‌جایی که در گزارش‌های مربوط بر طبق این استاندارد تهیه شده‌اند، مورد استفاده قرار گیرند.

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

۲-۱ دامنه کاربرد

۱-۲-۱ این استاندارد با توجه به موارد زیر کاربرد دارد.

۲-۲-۱ برای تعیین مشخصات فیزیکی و شیمیایی موادی که در روش‌های سنگ‌شناسی مشاهده شده و می‌توانند در موارد به‌خصوصی در وضعیت عمل‌کرد مواد اثر بگذارند.

۳-۲-۱ تشریح و طبقه‌بندی اجزاء نمونه

۴-۲-۱ برای تعیین مقادیر نسبی اجزا نمونه، ارزیابی دقیق نمونه ضروری می‌باشد که اجزاء دارای مشخصات متناوب بوده و موقع استفاده در عمل‌کرد آن‌ها اثر بگذارند.

۵-۲-۱ برای مقایسه نمونه‌هایی از سنگ‌دانه‌های منبع جدید با نمونه‌هایی از یک یا چند منبع دیگر که داده‌هایی از آزمون‌ها و یادداشت‌هایی از عمل‌کرد آن‌ها موجود می‌باشد.

۶-۲-۱ این عملیات می‌تواند توسط سنگ‌شناسی انجام گیرد که مستقیماً در استخدام شخصی باشد که آزمون‌ها برای او انجام می‌گیرد. کارفرما موظف است که مشخصات، دلیل و هدف آزمون را در حد کافی در اختیار سنگ‌شناس قرار دهد. اطلاعات موجود مانند نتایج آزمون‌های قبل باید در دسترس سنگ‌شناس داده شود. نظریه داوری سنگ‌شناس در مورد آزمون باید درخواست شود.

۷-۲-۱ این روش می‌تواند پایه‌ای برای ایجاد ارتباط بین خریدار سرویس سنگ و سنگ‌شناس باشد و در این موارد خریدار و مشاور باید با هم نوع آزمون، حد و هدف آن را تعیین کنند و تجزیه و تحلیل‌های مورد نیاز را نیز مشخص و یادداشت کنند. قرارداد می‌تواند تعیین مشخصات به‌خصوص، نتایج پیشنهاداتی که باید یادداشت شود، سرمایه‌های لازم، یا ترکیبی از آن‌ها را شامل شود.

۸-۲-۱ آزمون سنگ‌شناسی سنگ‌دانه‌هایی که برای استفاده در بتن سیمان هیدرولیکی دیگری نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. آزمون‌های سنگ‌شناسی مشخصات انواع سنگ‌ها و اختلاف موجود در سنگ‌دانه‌های نهایی (ذخیره) را فراهم می‌کند. به هر حال همان‌طور که در بالا مشخص شده شناسایی همه سنگ و کانی موجود در یک منبع سنگ‌دانه خواسته نشده است.

۹-۲-۱ آزمون سنگ‌شناسی باید مشخص کند که آیا سنگ‌دانه‌ها دارای مواد شیمیایی ناپایدار می‌باشند مانند سولفات‌های حل‌شدنی، سولفیدهای ناپایدار که می‌توانند ایجاد اسید سولفوریک و یا در بتن ایجاد اختلال در موقع قرار گرفتن در دمای زیاد و یا موادی که ایجاد حجم ناپایدار نموده، کند مانند اسمکتیت^۱ (در بعضی مواقع گروه کانی‌های مونتموریلونیت^۲). این مشخصات می‌توانند مقدار کوارتز موجود در سنگ‌دانه‌ها را برای استفاده در بتنی که امکان دارد در دمای زیاد قرار گیرد (عمداً یا تصادفاً) و به علت ازدیاد حجم در دمای ۵۷۳°C تبدیل به کوارتز بتا گردد، محدود کند.

۱۰-۲-۱ آزمون سنگ‌شناسی باید قسمت هر سنگ‌دانه درشتی که در نتیجه هوازگی تشکیل شده و یا به عبارت دیگر دگرسان شده است، تغییر شکل یافته و مقدار هوازده یا تغییر شکل یافته آن زیاد، متوسط و یا کم می‌باشد، شناسایی کند و مقدار و نوع سنگ‌ها را تعیین کند. اگر بتنی که در آن سنگ‌دانه استفاده می‌شود در معرض یخبندان و یا ذوب شدن در حال اشباح بحرانی قرار گیرد، سنگ‌دانه‌های خلل و فرج‌دار ریز، زیاد هوازده یا هر نوع دگرسانی آن باید مشخص شود. زیرا آن‌ها در اثر یخ زدگی و یا ذوب شدن آسیب‌پذیر بوده و می‌توانند قسمتی از سنگ‌دانه‌های بتن را در اثر یخ زدن و ذوب شدن خراب کند و در نتیجه منجر به آسیب دیدن بتن شود، سنگ‌دانه‌های فوق می‌توانند توسط ملات هوازده‌ها به‌طور کامل حفاظت شود. سنگ‌دانه‌های خلل و موج‌دار ریز می‌توانند در نزدیکی سطح بتن باعث بیرون پدیدگی شوند که در پیاده‌روها و دیواره‌ها ایجاد شود.

۱۱-۲-۱ هم‌چنین آزمون سنگ‌شناسی می‌تواند برای تعیین میزان ذرات به شکل مکعبی، کروی، بیضوی، هرمی، سوزنی^۳ در سنگ‌دانه که مقدار آب مخلوط را زیاد کرده و باعث افت مقاومت بتن می‌شود، مورد استفاده قرار گیرد.

۱۲-۲-۱ آزمون سنگ‌شناسی باید سیلیکات قلیایی^۴ و کربنات قلیایی^۵ واکنش‌دار را شناسایی کرده و اندازه این اجزاء را تعیین کند و آزمون‌های اضافی برای تایید یا رد موجودیت این مواد در مقادیر قابل توجه‌ای در سنگ‌دانه، که بتواند ایجاد واکنش قلیایی در بتن کند، پیشنهاد کند (به بند ۲-۱ مراجعه شود). اجزاء واکنش‌زای سیلیکات قلیایی که در سنگ‌دانه‌ها پیدا می‌شود، عبارتند از اوپال، کریستوبالیت، تریدمیت^۶، سیلیس و مقداری شیشه آتشفشانی چرت، شیشه‌های سیلیسی صنعتی، بعضی از ژلیت (رس‌ها)، ترکیب سنگ‌های آتشفشانی اسیدی، قلیت‌ها، شیشه‌ها، گری وک‌های دگرگون شده، سنگ‌هایی با کوارتز دگرگونی

1 -Smectites
2 -Montmorillonit
3 -Chiper likes
4 -Alkali Silicate
5 -Alkali Carbonat
6 -Tridymite

زیاد مانند گری وکها، فیلیت‌ها، شیست‌ها، گنیس‌ها، گرانیت گنایسی، رگه کوارتز، کوارتزیت‌ها و ماسه سنگ. به منظور شناسایی کانی‌ها مطابق فهرست ذکر شده می‌توان از روش‌های خواص نوری اشعه X و XRD یا EDX و برای تعیین سنگ‌ها طبق فهرست ترکیبات کانی و بافت می‌توان از مقطع نازک (میکروسکوپی) استفاده نمود.

سنگ‌های واکنشی زیان‌آور کربنات قلیایی معمولاً شامل دولومیت‌های آهکی یا سنگ آهک دولومیتی با پس‌مانده رسی غیر قابل حل می‌باشند. بعضی از دولومیت‌ها اصولاً عاری از خاک رس^۱ و بعضی سنگ‌آهک‌های ریز عاری از خاک رس و یا مقدار کمی پس مانده غیر قابل حل غالباً کوارتز هستند و قادر به واکنش‌های کربنات قلیایی می‌باشند که البته این واکنش‌ها در حاضر زیان‌آور شناخته نشده‌اند.

۱-۲-۱۳ آزمون سنگ‌شناسی می‌تواند مستقیماً امکان وجود آلودگی در سنگ‌دانه‌هایی مانند شیشه مصنوعی، خاکستر، تفاله کوره، خاکستر ذغال، اکسید منیزیم، اکسید کلسیم یا هر دو، خاک، هیدروکربن‌ها، مواد شیمیایی که در سخت شدن بتن اثر سوء می‌گذارد، را مشخص کند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع شده است. به این 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 تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن مورد نظر می‌باشد.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است.

- ۱-۲ استاندارد ملی ایران، شماره ۱۱۲۶۷، شیوه آزمون و نمونه برداری از سنگدانه
- ۲-۲ استاندارد ملی ایران، شماره ۴۴۶، روش تعیین مقداری از مواد که از الک ۷۵ میکرون می‌گذرد.
- ۳-۲ استاندارد ملی ایران، شماره ۴۹۷۷، سنگدانه، روش آزمون دانه بندی سنگدانه های ریز و درشت توسط الک

2-4 ASTM C33 Specification for concrete aggregate

2-5 ASTM C294: Descriptive nomenclature of constituents of Natural mineral Aggregate

2-6 ASTM C702: practice for reducing Fields samples of Aggregate to testing size

2-7 ASTM E11 specification for wire-cloth sieves for testing poses

2-8 ASTM E88 Guide for Metallographic photomicrography

۳ صلاحیت های سنگ شناس

۳-۱ تمامی بررسی های سنگ شناسی سنگ دانه ها برای کاربرد در بتن که در این استاندارد توصیف شده است باید توسط سنگ شناسی صورت گیرد که حداقل ۵ سال در زمینه بررسی سنگ شناسی کانی های بتن یا بتن ساز سابقه داشته باشد. سنگ شناس باید دوره دانشگاهی مربوط به زمین شناسی، کانی شناسی، سنگ شناسی و کانی شناسی نوری را طی کرده یا دانش معادل آن را در آموزش های ضمن خدمت کسب کرده باشد. داشتن اطلاعاتی در زمینه مواد بتن نیز مفید است. سنگ شناس باید در زمینه ارزیابی تاثیرات سنگ دانه ها بر خواص فیزیکی و شیمیایی بتن سخت شده، تجربه داشته باشد. همچنین سنگ شناس باید در شناسایی کانی های منفرد در ذرات سنگ دانه ای، طبقه بندی انواع سنگ ها و رده بندی خواص فیزیکی و شیمیایی سنگ ها و کانی ها تجربه داشته باشد. سنگ شناس باید در استفاده صحیح از تجهیزات و دستگاه های توصیف شده در بخش ۶ و ارائه تفسیر مشروح از بررسی های سنگ شناسی، متخصص باشد. اگر سنگ شناس واجد این صلاحیت ها نباشد، می تواند این بررسی ها را زیر نظر مستقیم سنگ شناسی که واجد این صلاحیت هاست، صورت دهد. رزومه تجربه حرفه ای و آموزش های سنگ شناس باید در دسترس باشد.

۳-۲ گواهی، پروانه یا هر تایید صلاحیت دیگری که توسط سازمان دولتی یا هر سازمان دیگری که نشان می دهد یک فرد، زمین شناس حرفه ای است نباید به خودی خود صلاحیت کافی برای آن فرد برای بررسی های سنگ شناسی سنگ دانه ها را فراهم کند.

۴ خلاصه ای از آزمون

۴-۱ روش های به خصوصی که در آزمون سنگ شناسی هر آزمون انجام می گیرد، تا حدود زیادی بستگی به مقصود آزمون و ماهیت نمونه بستگی دارد. در اغلب موارد از میکروسکوپ چشمی (نوری) برای انجام آزمون ها استفاده می شود. آزمون های کامل سنگ شناسی برای یک هدف خاص و رسیدگی به مسائل به خصوص ممکن است به آزمون سنگ دانه ها یا روش های دیگری مانند پراش اشعه X (XRD)^۱، آنالیز حرارتی تفریقی (DTA)^۲، میکروسکوپ اسکن الکترونی (SEM)^۳ نیاز داشته باشد.

۴-۲ شناسایی اجزاء یک نمونه معمولاً برای دستیابی به مشخصاتی که انتظار می رود در وضع مواد در موقع استفاده ویژه اثر به گذارد، ضرورت دارند ولی به تنهایی ممکن است موثر نباشد. اهمیت هر آزمون سنگ شناسی تا حد زیادی بستگی به آزمونهایی دارد که معرف نمونه مورد آزمون می باشند. کامل و دقیق بودن اطلاعات داده شده به سنگ شناس (پتروگراف) به منبع و هدف استفاده از مواد و توانایی سنگ شناس در ارتباط دادن این اطلاعات با نتایج به دست آمده از آزمون ها، بستگی دارد.

۴-۳ در این آزمون سعی بر آن است که تکنیک سنگ شناسی با توجه به این که آزمون توسط افرادی با تجربه و ماهر در این زمینه انجام می گیرد، شرح داده شود. این نوع تکنیک ها را می توان برای شناسایی

1 -X-ray diffraction

2 -Differential thermal analysis

3 -Scanning electron scanning

مشخصات سنگ‌ها، کانی‌ها و طبقه‌بندی اجزاء یک نمونه سنگ‌دانه به کار برد. نتایج به دست آمده باید توسط مهندسين و يا فرد متخصص تجزيه و تحليل شود.

۵ وسائل

۱-۵ وسائل فهرست شده در زیر، استفاده از تمام روش‌های قید شده در این استاندارد را مجاز می‌کند. کلیه ارقام مشخص شده در رابطه با عملیات آزمون‌های سنگ‌شناسی در روش‌های شرح داده شده مورد استفاده می‌باشد، ولی این امر به معنای آن نیست که ارقام دیگر برای اجرای عملیات فوق‌الذکر نمی‌توانند مورد استفاده قرار گیرند و یا جایگزین گردند. در هر زمان ممکن، انتخاب وسائل باید در اختیار سنگ‌شناس که انجام دهنده آزمون می‌باشد، قرار گیرد؛ مشروط بر این که ارقام مورد نظر اقلامی باشد که او در استفاده از آن‌ها، تجربه و آشنایی داشته باشد.

یادآوری- حداقل وسایل لازم برای آزمون‌های سنگ‌شناسی نمونه‌های سنگ‌دانه، ارقام یا وسائلی می‌باشد که برای همان منظور لازم است و با (*) منعکس شده است.

۱-۱-۵ دستگاه‌ها و لوازم برای آماده نمودن آزمون‌ها

۱-۱-۱-۵ برش سنگ: ترجیحاً با حداقل قطر ۳۵۰ میلی‌متر با میله الماسی و با تغذیه کننده خودکار.

۲-۱-۱-۵ صفحه ساب افقی*، ترجیحاً به قطر ۴۰۰ میلی‌متر.

۳-۱-۱-۵ صفحه پولیش، ترجیحاً به قطر ۲۰۰ میلی‌متر تا ۳۰۰ میلی‌متر.

۴-۱-۱-۵ مواد*ساینده سیلیکون کربید^۱ ریز دانگی شن‌های نمره ۱۰۰ (۱۲۲μm)، ۳۲۰ (۳۱ μm)، ۲۰۰ (۶۳μm)، ۶۰۰ (۱۶μm) و پودر آلومینا (Alumina) M-305 (۵μm).

۵-۱-۱-۵ چکش زمین شناسی

۶-۱-۱-۵ اسلاید میکروسکوپی*: تمیز و غیر قابل خردگی^۲ به اندازه (۲۵×۴۵) میلی‌متر.

۷-۱-۱-۵ کانادا بالزام^۳ خنثی در گزین^۴ یا اپوکسی^۵ با غلظت رقیق مناسب

۸-۱-۱-۵ گزین*

۹-۱-۱-۵ پایه* متوسط (واسطه) مناسب برای پایه سنگ سیلیس در مقطع نازک

۱۰-۱-۱-۵ گرمخانه آزمایشگاهی*

۱۱-۱-۱-۵ صفحه شیشه ای مربعی*: به اضلاع حدود ۳۰۰ میلی‌متر برای صیقلی کردن مقطع نازک.

۱۲-۱-۱-۵ دو نیم کننده نمونه* به وسیله پنس

۱۳-۱-۱-۵ لامل یا شیشه نازک غیرقابل خردگی*، مربعی ۱۲ میلی‌متر تا ۱۸ میلی‌متر، ۲۵ میلی‌متر و غیره.

۱۴-۱-۱-۵ اندود کننده ملات^۶

1-Silicon carbide
2-Non-corrosive
3-Canada Balsam
4-Xylen
5-Epoxy
6-Plathner Mortar

- ۲-۱-۵ دستگاه‌ها و لوازم برای بررسی و مطالعه نمونه‌ها
- ۱-۲-۱-۵ میکروسکوپ پلاریزان با صفحه مکانیکی گردان، عدسی‌هایی با قدرت دید کم، متوسط، زیاد و وسیله دید کانونی عدسی چشمی برای قدرت دید مختلف، عدسی جبران‌کننده $\frac{1}{4}$ و کابل و لبه نگه‌داری کوارتزی
- ۲-۲-۱-۵ لامپ‌های میکروسکوپی*
- ۳-۲-۱-۵ میکروسکوپ برجسته‌بین با عدسی‌ها و عدسی چشمی برای بزرگ‌سازی نهایی از حدود ۶ تا حدود ۱۵۰ برابر*.
- ۴-۲-۱-۵ آهن‌ربا*، ترجیحاً از نوع آلنیکو^۱ یا الکترومغناطیسی
- ۵-۲-۱-۵ نگه‌دارنده سوزن و پوینت*
- ۶-۲-۱-۵ قطره‌چکان به ظرفیت ۶۰ میلی‌متر
- ۷-۲-۱-۵ بشقاب پتری^۲
- ۸-۲-۱-۵ انبرک نرم و دارای نوک صاف
- ۹-۲-۱-۵ کاغذ عدسی*
- ۱۰-۲-۱-۵ ماده غوطه‌وری*: n=1.410 to n=1.785 در مرحله‌ای که از 0.005 بیشتر نباشد.
- ۱۱-۲-۱-۵ شمارش‌گر
- ۱۲-۲-۱-۵ دوربین عکس‌برداری و وسایل فرعی آن.
- ۲-۵ اقلام قید شده در بند ۱-۱-۵ شامل آن‌هایی است که برای مقطع نازک استفاده می‌شود. در حال حاضر دستگاه‌های نیمه اتوماتیک برای تهیه مقطع نازک وجود دارد که قابلیت تهیه چندین مقطع نازک را دارد. برای آزمایشگاه‌ها ضروری است که یک دستگاه مقطع نازک را خریداری کرده و یا از یک دستگاه مقطع نازک تجاری استفاده کند. آزمایشگاه‌های دور افتاده احتیاج بیشتری برای در اختیار داشتن یک دستگاه برش را دارند.
- ۳-۵ در اختیار داشتن وسایل برای اندازه‌گیری و کنترل شاخص انکسار مایع غوطه‌وری برای یک سنگ‌شناس در صورتی که شناسایی کامل مواد مورد نظر باشد، الزامی می‌باشد. به طور مثال برای تمیز دادن کوارتز و کلسدونی، و یا تمیز دادن شیشه‌های آتش‌فشانی متوسط خنثی یا اولیه، شاخص‌های انکسار مایع باید به طور دقیق معلوم باشد. مایع برای مدت طولانی ثابت نخواهد بود و در اثر تغییرات دما دچار دگرگونی قابل توجهی می‌شود. در آزمایشگاه‌هایی که دارای کنترل دمای دقیق نیستند، در موقعی که شناسایی دقیق مورد نظر می‌باشد، تعویض مایع چندین بار در روز الزامی است. دستگاهی که برای کنترل مایع غوطه‌وری مورد نیاز است باید دارای انکسارمتری باشد تا بتواند شاخص نور سدیم را از نور سفید تشخیص دهد یا این‌که باید یک لامپ قوسی سدیم مورد استفاده قرار گیرد.

1-Alnica
2-Petri

۴-۵ آزمایشگاهی که به مقدار زیادی کارهای سنگ‌شناسی را قبول می‌کند، باید مجهز به وسایلی باشد که بتواند خصوصیتی را که نمی‌شود به‌طور دقیق شرح داد با عکس‌برداری میکروسکوپی و یا یادداشت ثبت کند. عکس‌برداری میکروسکوپی را می‌توان به یک لامپ استاندارد میکروسکوپ برای روشن‌سازی مجهز نمود. در هر صورت توصیه می‌شود که از لامپ قوسی زیرکونیم برای این هدف استفاده شود. در بند ۳-۸، راهنمایی‌های کافی در ارتباط با فتومیکروگرافی، به‌خصوص در استفاده از نور منعکسه ارائه شده است.

۶ نمونه‌برداری

۱-۶ نمونه‌برداری برای مطالعات سنگ‌شناسی باید توسط یا زیر نظر مستقیم یک زمین‌شناس آشنا با نیازهای نمونه‌برداری تصادفی سنگ‌دانه‌ها برای بتن یا به‌طور کلی طبق استاندارد بند ۲-۲ انجام گیرد. محل دقیق نمونه‌برداری و وضعیت محل زمین‌شناسی و داده‌های مربوطه دیگر باید همراه نمونه ارائه شود. مقدار واقعی مواد تعیین‌شده در مطالعات سنگ‌شناسی به نوع آزمونی که اجزا و نوع موادی که آزمون می‌گیرند، بستگی دارد.

۱-۱-۶ معادن سنگ توسعه‌نیافته باید در محل استخراج مورد نظر به‌وسیله مغزه‌گیری، در کل عمق آن نمونه‌برداری شود. حفاری این گونه مغزه‌ها^۱ باید در مسیری عمود بر تشکیلات سنگ باشد. حجم زیادی از مواد را می‌توان با مغزه‌های NX (به قطر ۵۳ میلی‌متر) نمونه‌برداری کرد. لایه‌های نازک یا مواد مخلوط باید توسط مغزه‌هایی که قطر آن‌ها کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر نمی‌باشند، نمونه برداری شود. تعداد مغزه‌ها باید به قدری باشد که بتواند حدود ذخیره توصیه شده برای پروژه را پوشش دهد. کل طول مغزه به‌دست آمده باید جزء نمونه باشد و داده‌های دقیق، ارتفاع و عمق و ضایعات مغزه قسمت‌های نرم باید داده شود.

۲-۱-۶ از معادن و ذخیره‌های شن و ماسه در حال بهره‌برداری که مواد تولیدی در سطح معدن آن در دسترس است، باید ۴۵ کیلوگرم یا ۳۰۰ قطعه، هر کدام بزرگتر، از هر نوع مواد مورد آزمون نمونه تهیه شود. نمونه‌برداری از ذخیره‌های مواد معدنی در سطح معدن باید شامل نمونه‌های بزرگ‌تر و با در نظر گرفتن تفکیک در توده‌ها باشد.

۳-۱-۶ سطوح معدن غیر تولیدی روباز، که در آن ذخیره‌های مواد معدنی سطح معدن به صورت آماده شده، وجود ندارد باید توسط نمونه‌هایی بیشتر از ۲ کیلوگرم از هر لایه یا طبقه که هیچ‌کدام از قطعات کوچک‌تر از ۰/۵ کیلوگرم نباشد یا توسط مغزه‌های حفاری، نمونه‌برداری شود.

۴-۱-۶ ذخیره‌های شن و ماسه توسعه‌نیافته باید توسط آزمایش‌های حفاری گودال‌های به عمق‌های در نظر گرفته شده برای اقتصادی بودن آینده آن، نمونه‌برداری شود. نمونه‌ها باید شامل مقادیری از مواد مطابق جدول یک بوده و معرف ذخیره‌ها باشد.

جدول ۱- حداقل اندازه نمونه‌های ذخایر بررسی نشده شن و ماسه

اندازه الک	کمیت	
	کیلوگرم	تعداد قطعه
بزرگتر از ۱۵۰ میلی‌متر	-	الف
۷۵ الی ۱۵۰ میلی‌متر		الف ۳۰۰
۳۷/۵ الی ۷۵ میلی‌متر	۱۸۰	-
۱۹ الی ۳۷/۵ میلی‌متر	۹۰	-
۴/۷۵ الی ۱۹ میلی‌متر	۴۵	-
کوچکتر از ۴/۷۵ میلی‌متر ^ب	۲۳	-
الف بیشتر از یک قطعه از هر نوع سنگ ب سنگ‌دانه ریزدانه		

۷ شن و ماسه طبیعی

۱-۷ روش کلی

۱-۱-۷ انتخاب نمونه‌ها برای آزمون: نمونه‌های شن و ماسه طبیعی برای آزمون سنگ‌شناسی باید طبق استاندارد بند ۲-۴ در حالت خشک الک شود تا نمونه‌های لازم برای هر اندازه الک به صورت جداگانه فراهم شود. در مورد ماسه‌ها یک قسمت اضافی باید طبق بند ۲-۳ مورد آزمون قرار گیرد که با روش شستن با آب و سپس خشک کردن مانده روی الک شماره ۲۰۰ ($75 \mu m$) این نمونه تهیه شود. نتایج دانه‌بندی با الک (سرنندی) برای نمونه طبق بند ۲-۴ به دست آمده باید در اختیار سنگ‌شناسی که آزمون را انجام می‌دهد، قرار داده شود و در محاسبات نتایج آزمون سنگ‌شناسی منظور شود. هر قسمت مجزای روی هر الک باید جداگانه آزمون و از درشت‌ترین دانه در دسترس آغاز شود. در قطعه‌های بزرگ، شناسایی سنگ‌ها بسیار آسان‌تر می‌باشد. در یک قطعه بزرگ شکسته و جدا شده از یک نوع سنگ غیر یکنواخت، امکان دارد سنگ‌های مختلف با اندازه‌های کوچک‌تر وجود داشته باشد. در بعضی موارد مهم که احتمال اشتباه در آن‌ها زیاد است، باید ابتدا سعی کرد با استفاده از استریومیکروسکوپ شناسایی و در اندازه‌هایی بزرگ تفکیک نمود. ولی برای قطعه‌های کوچک‌تر ممکن است احتیاج به یک آزمون میکروسکوپ سنگ‌شناسی باشد.

۱-۷-۲ برای تعداد دانه‌های روی هر الک که مورد آزمون قرار می‌گیرد باید دقیقاً حداقل تعداد و توزیع فراوانی رعایت شود.

فرض می‌شود روش نمونه‌برداری در کارگاه (میدان) و روش نمونه‌برداری در آزمایشگاه کاملاً دقیق و مورد قبول است، تعداد دانه‌های آزمون شناسایی و شمارش شده در روی هر الک به میزان دقت در تخمین اجزا موجود در اندازه‌های کوچک بستگی دارد. برای بدست آوردن نتایج مورد قبول حداقل ۱۵۰ دانه از هر قسمت الک باید شناسایی و شمرده شود. تعیین دقیق مقادیر کم از یک جزء مهم، به شمارش تعداد بیشتری از دانه‌ها نیاز دارد. در صورتی که نمونه‌ای از یک قسمت الک شده، در مقایسه با مقدار مورد نیاز، دارای تعداد دانه بیشتری باشد، می‌توان طبق یکی از روش‌های استاندارد در بند ۲-۶ عمل کرد تا این که تعداد مناسب دانه‌ها برای آزمون به دست آید.

۲-۷ روش انجام آزمون شن طبیعی

۱-۲-۷ پوشش

دانه‌ها باید برای تشخیص پوشش سطحی موجود مورد آزمون قرار گیرند. در صورت وجود پوشش سطحی، مواد موجود در پوشش‌ها که می‌توانند در بتن زیان‌آور باشند (اوپال، گچ، نمک‌های سریع‌العمل و مواد آلی) باید مشخص شود. همچنین از لحاظ کیفی باید مشخص شود که این مواد تا چه حد پوشش‌ها به دانه‌ها چسبیده‌اند.

۲-۲-۷ انواع سنگ‌ها

مواد الک شده باید به صورت چشمی به انواع سنگ‌ها دسته‌بندی شود. در صورتی که تمام یا بیشتر گروه‌های موجود از نوعی باشند که بتوان به آسانی آزمون‌ها را از روش آزمون دستی، سطح شکسته یا طبیعی آن و یا توسط خراش دادن و یا آزمون اسیدی شناسایی کرد، به شناسایی بیشتری نیاز نیست. سنگ‌هایی که دارای دانه‌های ریز باشند و بتوان آن‌ها را به روش ماکروسکوپی چشمی شناسایی کرد یا این‌که دارای اجزایی باشند که زیان‌آوری آن‌ها در بتن مشخص و شناخته شده است باید به وسیله استریومیکروسکوپی آزمون شوند و در صورتی که از این طریق نیز نتوانند شناسایی شوند باید با استفاده از میکروسکوپ‌های سنگ‌شناسی، آزمون شوند. مقدار کار لازم برای شناسایی سنگ‌هایی با دانه‌های ریز باید با اطلاعات لازم درباره اجزاء نمونه مربوطه مطابق باشد. در بعضی موارد پراش‌سنجی اشعه ایکس (X.R.D) نیز ضروری است و می‌تواند سریعاً سنگ‌هایی با دانه‌های ریز را شناسایی کند.

۳-۲-۷ وضعیت

وضعیت گروه‌های مجزا شده متعلق به هر یک از نوع‌های سنگ باید بررسی شود تا مشخص شود که آیا تفکیک بیشتری در وضعیت فیزیکی لازم است. در صورتی که تمام دانه‌های یک نوع سنگ در وضعیت مشابهی قرار گیرند، وضعیت فوق باید یادداشت شود. ذرات با درجه هوازگی مختلف، اغلب در یک گروه قرار می‌گیرند. آن‌ها باید بر مبنای وضعیت و رفتار نسبی مورد انتظار در بتن، دسته‌بندی شوند. انواع دسته‌بندی‌های خواسته شده عبارتند از (۱) تازه، متراکم، (۲) هوازگی متوسط (۳) هوازگی زیاد و یا متراکم، متخلخل (متخلخل خرد شده). معمولاً شناسایی بیشتر از سه نوع وضعیت برای هر نوع سنگ، عملی نیست و یا یک یا دو وضعیت کافی است. گاهی لازم است جزء تشکیل دهنده مهم که به مقدار زیادی موجود باشد، به چهار دسته از لحاظ هوازگی تقسیم شود. نمونه آشکار آن، چرت^۱ است. زمانی که چرت، جزء اصلی سنگ‌دانه درشت‌دانه باشد، می‌توان در وضعیت متراکم، چرت نشکسته، چرت پر از حفره سوراخ، چرت متخلخل و چرت متراکم ولی خیلی شکسته باشد. این‌که کدام یک از این چهار دسته، وضعیت یک دانه را توصیف می‌کند، اثر مهمی در پیشگویی رفتار دانه‌ها در بتن دارد.

۴-۲-۷ یادداشت‌برداری

۱-۴-۲-۷ در موقع آزمون باید اطلاعات و برداشت‌ها و نوع سنگ یادداشت شود. این خصوصیات عبارتند از:

۷-۲-۴-۱-۱ شکل دانه

۷-۲-۴-۱-۲ بافت سطحی دانه

۷-۲-۴-۱-۳ اندازه دانه

۷-۲-۴-۱-۴ ساختار درونی، شامل فضای تخلخل، قرارگرفتن، تراکم دانه‌ها و چسبیدن دانه‌ها

۷-۲-۴-۱-۵ رنگ

۷-۲-۴-۱-۶ کانی‌های تشکیل شده

۷-۲-۴-۱-۷ ناهمگنی‌های مهم

۷-۲-۴-۱-۸ وضعیت کلی فیزیکی انواع سنگ‌ها در نمونه

۷-۲-۴-۱-۹ پوشش یا پوسته

۷-۲-۴-۱-۱۰ وجود اجزایی که به ایجاد ترکیبات شیمیایی زیان‌آور در بتن، شناخته شده است.

۷-۲-۴-۲ تعداد دانه‌ها باید برای تهیه جداول لازم یادداشت و در گزارش‌ها ضمیمه شود. پس از انجام آزمون‌ها، یادداشت باید دارای اطلاعات کافی باشد تا بتوان جداول را تهیه و توضیحات لازم را ارائه کرد. جداول تهیه شده باید بیانگر ترکیبات و وضعیت نمونه‌های روی هر الک و میانگین وزن، ترکیبات بر اساس اولویت نمونه دریافت شده و توزیع اجزاء در قسمت‌های روی هر الک باشد. شرح گروه‌های اجزاء شامل خصوصیات مربوط همراه با آن‌هایی که در فهرست فوق‌الذکر با آن‌ها برخورد شده است، باید آماده شود.

۷-۳ آزمون ماسه طبیعی

۷-۳-۱ روش‌های آزمون برای ماسه طبیعی مشابه روش‌هایی است که برای شن انجام گرفته است و اصلاحات ضروری در ارتباط با تفاوت‌های اندازه دانه‌ها می‌باشد.

۷-۳-۱-۱ اندازه ماسه‌های درشت‌تر از $600 \mu\text{m}$ (شماره ۳۰)

هر قسمت الک شده موجود که درشت‌تر از $600 \mu\text{m}$ می‌باشند، باید طبق روش استاندارد بند ۳-۶ تقسیم شود تا این‌که نیمه‌هایی که دارای حداقل ۱۵۰ دانه می‌باشند، به دست آید. نمونه به دست آمده از سری الک شده باید آزمون و اجزا در آن با استفاده از استریومیکروسکوپ شناسایی و شمارش شوند. بهتر این است که نمونه را در ظرف صاف شیشه‌ای پهن شود و دانه‌ها با استفاده از انبرک و سوزن، مرتب شود. شناسایی ماسه‌های درشت‌تر، هنگامی که دانه‌ها در آب غوطه‌ور شوند، آسان‌تر است. غرقاب کردن، انکسار در سطوح بیرونی را کمتر کرده و ممکن است شناسایی بهتری را نسبت به موقعی که دانه‌ها خشک هستند میسر کند. فقط زمانی که تمام اقدامات انجام گرفته و دانه‌ها هنوز شناسایی نشده‌اند، سنگ‌شناس باید اجباراً به میکروسکوپ سنگ‌شناسی مراجعه کند. دانه‌هایی که با استفاده از استروسکوپی (میکروسکوپ) قابل تشخیص نباشند یا این‌که مشکوک به دارا بودن مواردی باشد که اثرات زیان‌آور در بتن دارد باید کنار گذاشته شود تا با میکروسکوپ سنگ‌شناسی بررسی گردند. در صورتی که مسئله واکنش‌های قلیایی در آزمون نمونه مهم باشد، باید از روش‌های دیگر، تعیین شود. اگر در داخل ماسه‌های درشت‌دانه، ذرات ریز دیده شود (وجود سنگ‌های آذرین شیشه‌ای) باید بعضی از دانه‌های شاخص از هر نوع دانه‌های مذکور

انتخاب و آزمون‌های دیگر روی آن انجام شود. سنگ شناس باید وجود یا فقدان شیشه را با خرد کردن دانه‌های شاخص و آزمون آن‌ها در مواد غوطه‌ور با استفاده از میکروسکوپ سنگ‌شناسی تعیین کند. در مواقع دشوار یا وضعیت‌هایی ویژه لازم است که دانه‌های مشکوک را شکسته و یک بخش از آن برای تهیه مقاطع صیقلی غوطه‌ور و بخش دیگر برای مقاطع نازک آماده نمود.

اگر ماسه دارای چرت بوده و واکنش‌پذیری چرت مهم باشد، باید مقداری از دانه‌های چرت از قسمت‌های باقی مانده در الک $600 \mu\text{m}$ (شماره ۳۰) برای تعیین ضریب شکست کنار گذاشته شود. ممکن است روش رنگ آمیزی با متیلن آبی برای تشخیص کانی اسمکتیت مفید باشد.

۷-۳-۱-۲ اندازه‌های ریزتر از $600 \mu\text{m}$ (شماره ۳۰)

برای دانه‌های گذشته از الک کوچک‌تر $600 \mu\text{m}$ ، باید از هر کدام با روش چهارقسمتی، آزمون‌هایی با وزن ۴ الی ۵ گرم تهیه نمود. حجم آن معمولاً یک قاشق چای‌خوری لب به لب می‌باشد. در بعضی از دانه‌بندی‌ها، بخش‌های باقی‌مانده از الک‌های $150 \mu\text{m}$ (شماره ۱۰۰) و $75 \mu\text{m}$ (شماره ۲۰۰) می‌تواند آن‌قدر کم باشد که کاهش آن دیگر الزامی نباشد. دو نیمه‌های فوق باید مجدداً به نمونه‌های کوچک‌تری توسط تقسیم کاهش یابد و یا با استفاده از یک کاردک نازک در روی یک تکه کاغذ تمیز چهار قسمت شود. آزمون می‌تواند طبق بند ۹-۱-۱ انجام گیرد و در صورت نیاز از میکروسکوپ سنگ‌شناسی استفاده شود. برای این منظور، نمونه‌ای از هر قسمت نیمه کاهش یافته باید روی یک شیشه تمیز در روغن غوطه‌ور قرار داده شود و با یک لام شیشه‌ای تمیز پوشانده شود. روش رضایت‌بخشی برای تقسیم نمونه به تعداد دقیق وجود ندارد. دانه‌های به دست آمده از جداسازی‌های مراحل قبل را در ضخامت نازک در روی یک شیشه یا کاغذ تمیز پخش نموده و با نوک سوزن باریک که با روغن غوطه‌وری مرطوب شده می‌توان نمونه‌برداری و دانه‌های چسبیده به سوزن را در یک قطره روغن غوطه‌وری در ظرف تمیز منتقل کرد. اگر این عمل به طور دقیق انجام گیرد، نمونه معرف به دست می‌آید. اگر سوزن از فولاد مغناطیسی ساخته شده باشد، تجمعی از مواد مغناطیسی به دست می‌آید. معمولاً لازم است که چند نمونه‌برداری از قسمت‌های الک شده $300 \mu\text{m}$ ، $150 \mu\text{m}$ انجام گیرد تا بتوان حداقل 150 دانه از هر کدام به دست آورد. ضریب شکست روغن غوطه‌ور باید طوری انتخاب شود که شناسایی اجزاء مهم را تا حد امکان آسان کرده و نتایج دقیق را به دست آورد. استفاده از روغن غوطه‌وری با ضریب شکست کمتر از ضریب شکست کوارتز ($1/544$) توصیه می‌شود. اسلایدها باید در روی میکروسکوپ سنگ‌شناسی که مجهز به صفحه مکانیکی می‌باشد، نصب شود. چند خط متقاطع باید در روی آن کشیده شود و هر دانه قرار گرفته در داخل هر خانه باید شناسایی و شمارش شود. باید دقت شود که حرکت اسلاید در جهت شمال-جنوب، بین خطوط کشیده‌شده تنظیم شود تا از شمارش دوباره دانه‌ها جلوگیری شود. دانه‌های عبوری از الک شماره ۳۰ ($600 \mu\text{m}$) و باقی‌مانده در الک شماره ۲۰۰ ($75 \mu\text{m}$) باید آزمون شود.

به‌طور معمول موادی که از الک $75 \mu\text{m}$ (شماره ۲۰۰) عبور کرده، در روی اسلاید قرار داده می‌شود و طبق روش فوق به وسیله میکروسکوپ سنگ‌شناسی مورد بررسی قرار می‌گیرد و ترکیبات آن تخمین زده می‌شود و در صورتی که مقدار گذشته از الک $75 \mu\text{m}$ به‌صورت غیر عادی زیاد باشد یا این که دارای اجزایی باشد که اثرات مهمی در متناسب بودن سنگ‌دانه‌ها برای کار مورد نظر داشته باشد باید شمارش شود. در این

وضعیت پیشنهاد می‌شود، آن قسمت که از الک $75\mu\text{m}$ (شماره ۲۰۰) عبور کرده در روی الک $45\mu\text{m}$ (شماره ۳۲۵) باقی‌مانده، قبل از شمارش شسته شود.

۸ مغزه حفاری، سنگ شکسته شده، تخته سنگ و ماسه تولید شده

۱-۸ روش انجام آزمون مغزه حفاری

هر مغزه باید آزمون شده و گزارشی از ابعاد به دست آمده مغزه، مقدار از دست رفته مغزه و حمل آن تهیه شود. محل و فاصله بین شکستگی‌ها و سطوح جداکننده نوع و یا انواع مشخصات سنگ، انواع وضعیت فیزیکی و تغییرات در وضعیت سفتی، سختی، منافذ مشهود، اندازه دانه‌ها، بافت، اختلافات در اندازه دانه‌ها و بافت، نوع یا انواع شکستگی و اجزایی که واکنش‌های زیان‌آور در بتن ایجاد می‌کنند، باید در نظر گرفته شود. در صورتی که اندازه مغزه کافی باشد، ممکن است سنگ بتواند سنگ‌دانه‌هایی با اندازه‌های حداکثر مورد درخواست را حاصل کند. اگر سطح مغزه‌ای که تحت آزمون است مرطوب شده باشد، شناسایی شاخص‌های ویژه و تغییرات در سنگ‌شناسی معمولاً آسان‌تر می‌شود، اغلب اطلاعات خواسته شده را می‌توان با آزمون دقیق چشمی، خراش دادن، آزمون اسیدی و ضربه زدن با چکش به مغزه، به دست آورد.

در مورد سنگ‌هایی با دانه‌بندی ریز احتمالاً لازم است قسمتی از مغزه را با استفاده از میکروسکوپ استریوسکوپ آزمون کرد یا این‌که از قسمت‌های انتخاب شده مقطع نازکی تهیه کرد. بعضی روش‌ها و بررسی‌ها، برای سنگ‌های به‌خصوصی لازم است. معمولاً سنگ‌های لایه‌دار که برای سنگ‌دانه مورد مصرف در بتن در نظر گرفته می‌شود، شامل سنگ‌آهک و گاهی سنگ‌های دگرگونی از قبیل فیلیت، گنایس، و یا شیست است. یکی از مهم‌ترین سوال‌هایی که در آزمون سنگ‌آهک مطرح می‌شود، حضور، نوع و وزن ناخالصی‌های رسی می‌باشد. سنگ‌آهک‌هایی که حاوی لایه میانی نازک شیل نرم باشد، می‌تواند منابع مناسبی برای سنگ‌دانه‌ها باشد. مشروط بر این‌که شیل به‌طوری پخش شده باشد که از تولید حداکثر اندازه‌های مورد نیاز جلوگیری نکند و شیل را بتوان حفظ و یا در خط تولید کاهش داد.

در جایی که ناخالصی‌های رسی وجود داشته باشد، باید مشخص شود که آیا آن‌ها کانی‌های رسی هستند یا کانی‌های دیگری در ابعاد رسی. در صورتی که آن‌ها حاوی کانی‌های رسی باشند، باید مشخص شود که آیا کانی‌های رسی شامل رس‌های متورم‌شونده هستند (همانند اسمکتیت که جزء زیر گروه کانی‌های مونت‌مورلونیت، ساپونیت) یا خیر. آزمون پراش اشعه ایکس x در شناسایی و تعیین کمیت کانی‌های رسی، ارزش به‌خصوصی دارد. در آزمون‌های سنگ‌های آذرین ریز دانه در زیر ماهیت توده سنگ اولیه باید توجه خاصی انجام گیرد این آزمون‌ها باید شامل تعیین حضور یا فقدان اوپال، کالسدونی، شیشه طبیعی و رس‌های متورم‌شونده باشد.

اگر هر کدام از این‌ها وجود داشته باشد مقدار آن‌ها باید تخمین زده شود. در صورتی که شیشه طبیعی وجود داشته باشد، نوع آن‌ها باید تعیین شود.

۲-۸ آزمون تخته سنگ

۱-۲-۸ روش‌های استفاده شده در این آزمون باید مشابه آزمونی باشد که برای نمونه‌های مغزه‌ای بیان شده است، البته تا آن جایی که اندازه تکه‌های قطعات نمونه‌ها اجازه می‌دهد. اگر نمونه حاوی مقادیر نسبتاً زیادی سنگ‌های شکسته که به وسیله انفجار به وجود آمده است، باشد ترجیحاً باید نمونه سالم و دست‌نخورده، آزمون شود، فراوانی نسبی انواع سنگ یا انواع مختلف موجود باید تخمین زده شود و قبل از هر نوع فرآوری بیشتر، از هر نوع نمونه‌برداری شود. اقدامات بعدی باید مشابه روش آزمون سنگ خرد شده باشد، که در زیر آمده است.

۳-۸ سنگ خرد شده (شکسته شده)

۱-۳-۸ روش آزمون سنگ خرد شده باید مشابه روشی باشد که برای مغزه مورد استفاده قرار گرفته است، مگر آن‌که داده‌های کمی ضروری باید با شمارش تعداد دانه‌های تفکیک شده از هر الک به دست آید که در بخش شن و ماسه طبیعی شرح داده شده است.

۴-۸ آزمون ماسه کارخانه‌ای

۱-۴-۸ روش آزمون باید مشابه روشی باشد که برای ماسه طبیعی به کار برده شده است و باید بر مقدار وزن، درصد دانه‌های شکسته و طبیعی و هم‌چنین طبیعی بودن غبار موجود و حاصل شدن این غبار حین سائیده شدن فرایند تولید نیز تاکید شود. آزمون بر روی نمونه سنگی که از آن ماسه تولید می‌شود، می‌تواند اطلاعات مفیدی را ارائه دهد.

۵-۸ محاسبات

۱-۵-۸ ترکیب هر قسمت الک شده از نمونه غیر یک‌نواخت و میانگین وزن ترکیب کل نمونه به شرح زیر محاسبه می‌شود.

۲-۵-۸ ترکیب هر قسمت الک شده، با جمع کردن تمام اجزاء آن قسمت شمارش شده و بیان می‌شود و هر جزء در هر وضعیت بر حسب درصدی از مقدار کل (بر حسب تعداد دانه‌های موجود در هر قسمت الک شده) محاسبه می‌شود. در این مرحله بهتر است که درصدها تا یک رقم اعشار محاسبه و یادداشت شوند. به مثال نوع محاسبات در قسمت نیمه فوقانی جدول ۲ مراجعه شود.

۳-۵-۸ درصد وزن قسمت الک شده در کل نمونه (درصد جزئی مانده روی هر الک) از طبقه‌بندی حاصل از دانه‌بندی مطابق بند ۲-۴ تعیین می‌شود.

۴-۵-۸ با ضرب درصد سهم وزنی هر الک در نتایج درصدی به دست آمده هر عوامل و مشخصه و مطالعات منفرد، الک، مطابق نیمه فوقانی جدول ۳، سهم و درصد هر جزء در کل نمونه خواهیم رسید. بهتر است که درصدها تا یک رقم اعشار محاسبه شوند.

۶-۵-۸ با جمع نمودن درصد وزنی هر جزء در هر الک، درصد وزنی هر جزء در کل نمونه به دست می‌آید (به وزن ترکیبی نمونه در جدول ۲ مراجعه شود).

۸-۵-۷ جدولی تهیه شود که نشان‌دهنده اجزاء هر الک و وزن ترکیبی کل نمونه باشد. ارقام تا نزدیک‌ترین عدد گرد شده گزارش شود. اجزایی که تا ۰/۵ درصد یا کمتر هر الک یا کل نمونه می‌رسد، به‌عنوان مقدار ناچیز گزارش شود. جدول ۳ مثالی است که طبق داده‌های جدول ۲ مشخص شده است. به‌عنوان قرارداد، جمع کل در الک و جمع در کل نمونه باید هر کدام بدون در نظر گرفتن مقادیر ناچیز باقی‌مانده، صد در صد باشد. اشکال در پیروی از این قرارداد معمولاً می‌تواند با گروه‌بندی اجزای جزئی که از نظر مهندسی کم‌اهمیت می‌باشند برطرف شود. ترجیحاً می‌توان جدولی تهیه کرد که اجزای که در بتن زیان‌آور شناخته شده، مشخص شود. حتی اگر مقدار آن در کل نمونه یا هر توده خیلی کم باشد، باید پخش‌شده آن‌ها با مراجعه به جدول کاملاً آشکار شود.

۹ گزارش آزمون

۹-۱ در گزارش آزمون‌های سنگ‌شناسی باید حداقل داده‌های ضروری برای شناسایی نمونه منابع و خلاصه پیشنهاد‌های استفاده شده قید شود و شامل شرحی از داده‌های ترکیبات و خواص مواد توسط آزمون آشکار شده باشد. در گزارش باید نوع آزمون استفاده شده یادداشت شود و شرحی از ماهیت و ترکیب هر کدام از اجزای مهم نمونه همراه با جداول و عکس‌های مورد درخواست ارائه دهد. اطلاعات و نتایج به دست آمده باید به‌طریقی بیان شود که اصطلاحات به‌کار برده شده برای افراد تصمیم‌گیرنده در انتخاب سنگ‌دانه برای استفاده در بتن قابل درک باشد.

۹-۲ وقتی نمونه‌ای یافت شود که دارای خواص یا اجزائی است که تأثیر نامساعدی در بتن می‌کند، این خواص یا اجزاء باید به صورت کمی یا تا حد امکان کیفی شرح داده شود. اثرات زیان‌آوری که انتظار می‌رود در بتن ایجاد شود باید به‌طور کامل ذکر شود و هم‌چنین در هر زمان مساعد لازم است ذکر شود که نمونه دارای مواد زیان‌آور نمی‌باشد.

اگر گزارش‌های آزمون سنگ‌شناسی با گزارش آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی که برای آن‌ها محدودیت‌های عددی قابل اجراست، همراه نباشد، اضافه می‌شود که مواد ظاهراً برای استفاده قابل قبول است، اگر که آزمون‌های مورد قبول مربوطه انجام گرفته و نتایج در محدوده‌های مناسب باشد.

گزارش نباید دارای نتایجی غیر از نتایج به دست آمده از آزمون باشد مگر این‌که داده‌های اضافی که چنین نتایجی را تایید می‌کند در گزارش وجود داشته باشد یا این‌که با گزارش سنگ‌شناسی همراه باشد، و به سنگ‌شناس اجازة داده شده باشد که داده‌های دیگر غیر از سنگ‌شناسی مربوطه را تجزیه و تحلیل نماید. گزارش سنگ‌شناسی باید شامل توصیه‌هایی در ارتباط با تحقیقات سنگ‌شناسی، شیمیایی و فیزیکی یا زمین‌شناسی تفضیلی که برای ارزیابی مشخصات زیان‌آور نمونه لازم است، باشد.

تحقیقات سنگ‌شناسی تفضیلی می‌تواند شامل تجزیه و تحلیل‌های کمی و کیفی سنگ‌دانه‌ها با قسمت‌های انتخاب شده توسط پراش‌سنجی اشعه X و روش‌های تفکیک حرارتی یا روش‌های دیگر شناسایی و تشریح اجزاء در سنگ‌دانه‌ها باشد.

جدول ۲- محاسبه منابع شمارش دانه‌ها الف

درصد جزئی باقی مانده روی هر الک		اجزاء باقی مانده روی هر الک						
		۱۹ mm		۱۲٫۵ mm		۹٫۵ mm		۴٫۷۵ mm
		۱۷٫۴		۳۲٫۶		۲۹٫۵		۲۰٫۵
اجزاء (الف و ب)	تعداد دانه‌ها	درصد	تعداد دانه‌ها	درصد	تعداد دانه‌ها	درصد	تعداد دانه‌ها	درصد
A ₁	۲۵۰	۵۰	۲۰۰	۴۰	۱۵۰	۳۰	۵۰	۱۰
A ₂	۵۰	۱۰	۱۰۰	۲۰	۱۲۵	۲۵	۱۰۰	۲۰
A ₃	۱۰	۲	۵۰	۱۰	۷۵	۱۵	۱۰۰	۲۰
B ₁	۱۰۷	۲۱٫۴	۷۰	۱۴	۶۲	۱۲٫۴	۳۲	۶٫۴
B ₂	۷۶	۱۵٫۲	۵۳	۱۰٫۶	۱۹	۳٫۸	۸۷	۱۷٫۴
B ₃	-	-	۲۰	۴	۴۳	۸٫۶	۹۶	۱۹٫۲
C ₁	۵	۱	۵	۱	۲۰	۴	۲۰	۴
C ₂	۲	۰٫۴	۲	۰٫۴	۶	۱٫۲	۱۰	۲
C ₃	-	-	-	-	-	-	۵	۱
مجموع	۵۰۰(C)	۱۰۰	۵۰۰(C)	۱۰۰	۵۰۰(C)	۱۰۰	۵۰۰(C)	۱۰۰
درصد وزنی اجزاء روی هر الک					درصد هر جزء در کل نمونه			
	۱۹mm	۱۲٫۵ mm	۹٫۵ mm	۴٫۷۵ mm				
A ₁	۸٫۷	۱۳٫۰	۸٫۹	۲٫۱	۳۲٫۷			
A ₂	۱٫۷	۶٫۵	۷٫۴	۴٫۱	۱۹٫۷	مجموع الف) ۶۴٫۶		
A ₃	۰٫۴	۳٫۳	۴٫۴	۴٫۱	۱۲٫۲			
B ₁	۳٫۷	۴٫۶	۳٫۷	۱٫۳	۱۳٫۳	مجموع ب) ۳۱٫۸		
B ₂	۲٫۶	۳٫۵	۱٫۱	۳٫۶	۱۰٫۸			
B ₃	-	۱٫۳	۲٫۵	۳٫۹	۷٫۷			
C ₁	۰٫۲	۰٫۳	۱٫۲	۰٫۸	۲٫۵	مجموع پ) ۳٫۶		
C ₂	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۳	۰٫۴	۰٫۹			
C ₃	-	-	-	۰٫۲	۰٫۲			
مجموع در الک	۱۷٫۴	۳۲٫۶	۲۹٫۵	۲۰٫۵				
مجموع در نمونه وضعیت ۱					۴۸٫۵			
مجموع در نمونه وضعیت ۲					۳۱٫۴			
مجموع در نمونه وضعیت ۳					۲۰٫۱			

الف: این جدول نشان دهنده روش مناسبی برای طرح یک فرم محاسبات می‌باشد. نتایج به دست آمده طبق جدول ۳ باید در فرم مخصوص یادداشت شود.

جدول شماره ۳: در گزارش سنگ‌شناسی آمده و جدول شماره ۲ در گزارش قید نه‌گردیده است.

ب: حروف ABC اشاره به اجزای متعدد پیدا شده می‌کند و پسوندهای (۱، ۲ و ۳) به وضعیت‌های متعددی که در آن اجزا پیدا شده‌اند، مربوط به درجه نسبی هوازگی می‌باشد.

پ: توصیه‌های مربوط به تعداد ذراتی که باید شمارش شوند، انجام گرفته است. انتخاب ۵۰۰ دانه در هر قسمت برای سهولت محاسبات مثال می‌باشد و پیشنهاد شده که نباید تعداد دانه‌ها از قبل برای هر الک تعیین شده باشد.

جدول ۳- ترکیب و شرایط یک نمونه سنگ دانه
(جدول بر اساس محاسبات نشان داده شده جدول ۳ نوشته شده است)

اجزا	مقدار و تعداد دانه‌ها بر حسب درصد							
	باقیمانده روی هر الک ^ب				در کل نمونه ^پ			
	۱۹mm	۱۲/۵mm	۹/۵mm	۴/۷۵mm	شرایط ۱	شرایط ۲	شرایط ۳	مجموع
A	۶۲	۷۰	۷۰	۵۰	۳۳	۲۰	۱۲	۶۵
B	۳۷	۲۹	۲۵	۴۳	۱۳	۱۱	۸	۳۲
C	۱	۱	۵	۷	۲	۱	ناچیز	۳
مجموع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	.....	.....	.....	۱۰۰
میانگین وزن، وضعیت (۱)					۴۸	.....	.....	.....
میانگین وزن، وضعیت (۲)					.....	۳۲	.....	.....
میانگین وزن، وضعیت (۳)					.....		۲۰	.....

الف- برای اشکال دیگر درصدگیری نتایج تحلیل سنگ شناسی به مراجع دیگر می توان مراجعه کرد.
ب- بر اساس شمارش ۵۰۰ دانه در هر قسمت الک (تعداد ذرات در هر الک که شمارش شده باید گزارش شود)
پ- بر اساس نتایج دانه بندی نمونه و توزیع اجزای هر الک در هر قسمت چپ بالا نشان داده شده است (اگر جرم‌های گزارش پتروگرافی مربوط به مطالعات کامل یک نمونه باشد، در این صورت احتیاج به نشان دادن گزارش دانه بندی نمی باشد. اگر گزارش پتروگرافی تنها ارائه شود، دانه بندی نمونه باید همراه آن باشد).