



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۱۳۱۲

چاپ اول

۱۳۹۵

INSO
21312

1st.Edition

2017

حفاظت از میراث فرهنگی -
راهنمای تعیین خصوصیات سنگ طبیعی
استفاده شده در میراث فرهنگی

Conservation of Cultural Heritage-
Guidelines to determination of
characteristics of natural stone used in
cultural heritage

ICS: 97.195

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 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.gov.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، صاحب‌نظران 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 غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های 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 می‌شود که بر اساس مقررات 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 سازمان 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 کند. 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 این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس 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 دستگاه بین‌المللی یکاها، 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 Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«حفاظت از میراث فرهنگی -

راهنمای تعیین خصوصیات سنگ طبیعی استفاده شده در میراث فرهنگی»

رئیس:

زندى، عصمت

(کارشناسی ارشد باستان‌شناسی)

سمت و/یا محل اشتغال:

رئیس اداره حفاظت از اموال منقول - اداره کل

موزه‌ها و اموال منقول تاریخی کشور

دبیر:

کاویانی، فرید

(کارشناسی شیمی)

کارشناس امور استاندارد - اداره کل استاندارد استان

کرمان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ابراهیمی، افشین

(دکتری مرمت آثار تاریخی و فرهنگی)

عضو هیئت علمی - پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار

تاریخی - فرهنگی

امین شیرازی، شهرزاد

(دکتری مرمت آثار تاریخی و فرهنگی)

عضو هیئت علمی - پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار

تاریخی - فرهنگی

جعفرزاده، صدیقه

(کارشناسی مرمت آثار تاریخی)

کارشناس آزمایشگاه - اداره کل میراث فرهنگی،

صنایع دستی و گردشگری استان کرمان

جوادی، مهری

(کارشناسی ارشد باستان‌شناسی)

کارشناس آزمایشگاه - اداره کل میراث فرهنگی،

صنایع دستی و گردشگری استان کرمان

حافظی اردکانی، پرتو

(کارشناسی شیمی کاربردی)

رئیس اداره تدوین استاندارد - اداره کل استاندارد

استان کرمان

خورشید زاده، محمد مهدی

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

کارشناس مسئول صنایع ساختمانی و معدنی - اداره

کل استاندارد استان کرمان

رحمانی، غلامرضا

(دکتری مرمت آثار تاریخی و فرهنگی)

عضو هیئت علمی - پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار

تاریخی - فرهنگی

سهرج زاده، مریم

(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

کارشناس امور استاندارد - اداره کل استاندارد استان

کرمان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سلطان زاده، زهرا
(کارشناسی شیمی کاربردی)

عامری، سعید
(کارشناسی مرمت آثار تاریخی)

علی میرزایی، فاطمه
(کارشناسی مرمت آثار تاریخی)

فدایی، حمید
(دکتری مرمت آثار تاریخی و فرهنگی)

کولیوند، فرشاد
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک سنگ)

یزدی میرمخلصونی، سید محمد
(کارشناسی فیزیک)

ویراستار:

سیفی، مهوش
(کارشناسی مدیریت دولتی)

سمت و/یا محل اشتغال:

کارشناس آزمایشگاه - اداره کل میراث فرهنگی،
صنایع دستی و گردشگری استان کرمان

عضو مستقل - بازنشسته سازمان میراث فرهنگی،
صنایع دستی و گردشگری

عضو هیئت علمی - پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار
تاریخی - فرهنگی

عضو هیئت علمی - پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار
تاریخی - فرهنگی

عضو هیئت علمی - دانشگاه لرستان

رئیس - اداره استاندارد شهرستان سیرجان

کارشناس استاندارد - بازنشسته سازمان استاندارد

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
و	پیش‌گفتار
ز	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۳	۳ اصطلاحات و تعاریف
۵	۴ عملیات‌های مقدماتی
۵	۴-۱ مطالعه اولیه
۵	۴-۲ نمونه‌برداری
۵	۵ روش‌شناسی برای مشخص کردن مواد سالم و تخریب شده
۵	۵-۱ بازرسی چشمی نمونه‌ها
۶	۵-۲ بررسی زیر میکروسکوپ سنگ‌شناسی
۷	۵-۳ تجزیه کانی‌شناسی به وسیله پراش پرتو X (XRD)
۷	۵-۴ بررسی ریز ساختاری به وسیله میکروسکوپ الکترون پوبشی (SEM)
۷	۵-۵ تجزیه‌های شیمیایی
۸	۵-۶ خصوصیات فیزیکی
۸	۵-۶-۱ کلیات
۸	۵-۶-۲ چگالی، تخلخل و توزیع اندازه ذرات
۸	۵-۶-۳ رفتار آبی
۹	۵-۶-۴ رنگ
۹	۵-۷ خصوصیات مکانیکی
۹	۵-۷-۱ کلیات
۹	۵-۷-۲ استحکام فشاری
۹	۵-۷-۳ مقاومت خمشی
۹	۵-۷-۴ مدول الاستیسیته ثابت
۱۰	۵-۷-۵ مدول الاستیسیته دینامیک (پویا)
۱۰	۵-۷-۶ انتشار سرعت صوت
۱۰	۶ گزارش خصوصیات
۱۱	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «حفاظت از میراث فرهنگی- راهنمای تعیین خصوصیات سنگ طبیعی استفاده شده در میراث فرهنگی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در دویست و نود و هفتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد خدمات مورخ ۱۳۹۵/۱۱/۱۶ تصویب شد. اینک این استاندارد 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.

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 صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

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

BS EN 16515: 2015, Conservation of Cultural Heritage- Guidelines to characterize natural stone used in cultural heritage

مقدمه

تعیین مشخصات یک سنگ، گامی ضروری در برنامه‌ریزی حفاظتی برای تصمیم‌گیری در خصوص اثرات بازسازی، دستیابی به شیوه‌های عملی مناسب و فناوری‌هایی، از جمله جایگزین کردن سنگ‌ها است. بنابراین ضرورت دارد مشخصه‌های سنگ، با استفاده از یک روش ثابت و یکسان مشخص شود.

این استاندارد، راهنمایی‌هایی در مورد یک روش‌شناسی مشترک به‌منظور تشخیص سنگ‌های به‌کار رفته در میراث فرهنگی، به متخصصین میراث فرهنگی ارائه می‌کند. این اطلاعات برای تعریف ماهیت (سنگ‌شناسی یا کانی‌شناسی و بافت) و خصوصیات (شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی) سنگ استفاده می‌شوند.

مشخصات سنگ‌های به‌کار رفته در میراث فرهنگی باید توسط متخصصین مجرب در علم مواد و/یا حفاظت/مرمت^۱ انجام شود.

حفاظت از میراث فرهنگی - راهنمای تعیین خصوصیات سنگ طبیعی استفاده شده در میراث فرهنگی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنمایی برای روش‌شناسی به‌منظور تعیین مشخصات سنگ‌های سالم یا تخریب شده، با استفاده از مناسب‌ترین فنون تجزیه‌ای بر روی نمونه‌های برداشت شده از اثر فرهنگی تاریخی است.

این استاندارد توصیه‌هایی به‌منظور انتخاب روش‌هایی برای تعیین ویژگی‌های کانی‌شناسی، بافتی، فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی سنگ طبیعی استفاده شده در مقبره‌ها و اشیاء فرهنگی تاریخی ارائه می‌کند. این اطلاعات برای تعریف نوع سنگ و مطالعه وضعیت سنگ با توجه به حفاظت آن و همچنین برای درک فرآیندهای تخریب سنگ طبیعی کاربرد دارد. در صورتی که آزمون‌های مختلفی الزام شده است و از روش‌های تکمیلی استفاده شود، به استانداردهای موجود و به توصیه‌های ارائه شده ارجاع داده می‌شود. به‌طور کلی روش‌های توصیف شده، روش‌های مخرب هستند، به هر حال روش‌های غیرمخرب^۱ (NDT) نسبت به روش‌هایی با حداقل تخریب همیشه ارجح هستند و نسبت به روش‌های مخرب ترجیح داده می‌شوند.

روش‌های به‌کار رفته برای تجزیه سنگ ممکن است با توجه به اهداف کار متفاوت باشد. لازم است همه بررسی‌ها و تجزیه‌ها، با اهمیت ساختمان یا مصنوعات مورد بررسی، وضعیت آن و سطح احتمالی مداخله متناسب باشد.

این استاندارد برای تعیین نوع، گستردگی و اهداف بررسی‌هایی که انجام می‌شود، کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

1- Non-Destructive (NDT) method

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- 2-1 EN 1926, Natural stone test methods- Determination of uniaxial compressive strength**
یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۱۹۴: سال ۱۳۹۲، سنگ طبیعی- تعیین مقاومت فشاری تک محوری- روش آزمون، با استفاده از منبع DIN EN 1926: 2007 تدوین شده است.
- 2-2 EN 1936, Natural stone test methods- Determination of real density and apparent density, and of total and open porosity**
یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۱۹۵: سال ۱۳۹۲، سنگ‌های طبیعی- تعیین چگالی واقعی و ظاهری، تخلخل کل و تخلخل باز- روش آزمون، با استفاده از منبع DIN EN 1936:2007 تدوین شده است.
- 2-3 EN 12372, Natural stone test methods- Determination of flexural strength under concentrated load**
یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۱۵: سال ۱۳۹۲، سنگ طبیعی- تعیین مقاومت خمشی تحت بار متمرکز- روش آزمون، با استفاده از منبع BS EN 12372: 2007 تدوین شده است.
- 2-4 EN 13755, Natural stone test methods- Determination of water absorption at atmospheric pressure**
یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۶۲۵: سال ۱۳۹۳، سنگ طبیعی- تعیین جذب آب در فشار اتمسفر- روش آزمون، با استفاده از منبع BS EN 13755: 2008 تدوین شده است.
- 2-5 EN 14579, Natural stone test methods- Determination of sound speed propagation**
یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۰۱۵: سال ۱۳۹۱، سنگ طبیعی- تعیین سرعت انتشار صوت- روش آزمون، با استفاده از منبع BS EN 14579: 2004 تدوین شده است.
- 2-6 EN 14580, Natural stone test methods- Determination of static elastic modulus**
یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۹۳۷: سال ۱۳۹۲، سنگ ساختمانی- تعیین ضریب الاستیسیته استاتیکی- روش آزمون، با استفاده از منبع BS EN 14580: 2005 تدوین شده است.
- 2-7 EN 15801, Conservation of cultural property- Test methods- Determination of water absorption by capillarity**
یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۰۲۹: سال ۱۳۹۵، حفاظت از اموال فرهنگی- تعیین جذب آب با استفاده از روش موئینگی- روش‌های آزمون، با استفاده از منبع BS EN 15801: 2009 تدوین شده است.
- 2-8 EN 15886, Conservation of cultural property- Test methods- Colour measurement of surfaces**
یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۰۳۱: سال ۱۳۹۵، حفاظت از اموال فرهنگی- اندازه‌گیری رنگ سطوح- روش‌های آزمون، با استفاده از منبع BS EN 15886: 2010 تدوین شده است.
- 2-9 EN 15898, Conservation of cultural property- Main general terms and definitions**
یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۰۳۲: سال ۱۳۹۵، حفاظت از اموال فرهنگی- اصطلاحات و تعاریف عمومی اصلی، با استفاده از منبع BS EN 15898: 2011 تدوین شده است.

2-10 EN 16085, Conservation of Cultural property- Methodology for sampling from materials of cultural property- General rules

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۰۳۴: سال ۱۳۹۵، حفاظت از اموال فرهنگی - نمونه‌برداری از مصالح اموال فرهنگی - روش‌شناسی - مقررات عمومی، با استفاده از منبع BS EN 16085: 2012 تدوین شده است.

2-11 EN 16322, Conservation of Cultural Heritage- Test methods- Determination of drying properties

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۰۳۸: سال ۱۳۹۵، حفاظت از میراث فرهنگی - تعیین ویژگی‌های خشک‌شوندگی - روش‌های آزمون، با استفاده از منبع BS EN 16322: 2013 تدوین شده است.

2-12 EN 16455, Conservation of cultural heritage- Dissolution and determination of soluble salts in natural stone and related materials used in cultural heritage

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۰۳۹: سال ۱۳۹۵، حفاظت از میراث فرهنگی - استخراج و تعیین نمک‌های محلول در سنگ‌های طبیعی و مصالح مرتبط مورد استفاده در میراث فرهنگی، با استفاده از منبع BS EN 16455: 2014 تدوین شده است.

2-13 EN 14146, Natural stone test methods- Determination of the dynamic modulus of elasticity (by measuring the fundamental resonance frequency)

2-14 EN 15803, Conservation of cultural property- Test methods- Determination of water vapour permeability (δp)

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۳۱۰: سال ۱۳۹۵، حفاظت از اموال فرهنگی - تعیین نفوذپذیری در برابر بخار آب (δp) - روش‌های آزمون، با استفاده از منبع BS EN 15803: 2009 تدوین شده است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استانداردهای EN 15898 و EN 16085، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۱-۳

بررسی

investigation

جمع‌آوری اطلاعات لازم برای فرآیند مربوط به تصمیم‌گیری حفاظتی است.

۲-۳

نمونه

sample

تعدادی آزمونه برداشت شده از مصالح مورد استفاده در اموال فرهنگی به منظور بررسی علمی، که در حالت ایده آل معرف مواد اصلی هستند.

[منبع: استاندارد EN 16085].

۳-۳

نمونه برداری

sampling

فرآیند برداشت نمونه است.

۴-۳

آزمونه

specimen

قطعه سنگی خاصی که بخشی از نمونه را تشکیل می دهد.

۵-۳

مواد سالم

sound material

سنگی که تحت مشاهده چشمی با چشم غیر مسلح، وضعیت بدون دگرگونی را نشان می دهد.

۶-۳

مصالح تخریب شده

deteriorated material

سنگی که تحت مشاهده چشمی با چشم غیر مسلح، شواهدی از دگرگونی را نشان می دهد.

۷-۳

آنالیز

analysis

بررسی سنگ طبیعی که اطلاعات مهمی برای توصیف ماهیت و خصوصیات آن ارائه می کند.

۸-۳

سنگ‌شناسی

petrography

توصیف محتوای مواد معدنی و روابط بافتی سنگ، بر اساس مشاهده آزمون دست‌ی و مقطع نازک میکروسکوپی است.

۴ عملیات‌های مقدماتی

۱-۴ مطالعات اولیه

برای انتخاب روش تجزیه، یک مطالعه اولیه اثر فرهنگی تاریخی با هدف تعیین و توصیف مشخصات سنگ ضروری است. در صورتی که اثر فرهنگی تاریخی بخشی از میراث فرهنگی غیرمنقول باشد، باید یک مطالعه وضعیت مطابق با استاندارد EN 16096 انجام شود، یا اگر اثر فرهنگی تاریخی بخشی از میراث فرهنگی منقول باشد، گزارش وضعیت باید مطابق با استاندارد EN 16095 انجام شود.

گزارش یا مطالعه وضعیت باید با اطلاعات کافی تکمیل شود تا یک سنجش مقدماتی از سنگ و وضعیت آن مقدور باشد. سنجش مقدماتی باید شامل نوع کلی سنگ، ویژگی‌های ماکروسکوپی^۱ مانند رنگ و بافت، ویژگی‌های ساختاری و وضعیت ظاهری باشد.

۲-۴ نمونه‌برداری

نمونه‌برداری باید مطابق با استاندارد EN 16085 انجام شود. در همه موارد، مکان، راستا، تعداد، مقدار، شکل و اندازه آزمون‌های به کار رفته باید در گزارش آزمون ثبت شود.

مطابق با مطالعه اولیه، باید ذکر شود آزمون سنگی که ویژگی‌های آن تعیین می‌گردد، از قسمت سالم یا تخریب شده سنگ برداشت می‌شود.

۵ روش‌شناسی برای مشخص کردن مواد سالم و تخریب شده

۱-۵ بازرسی چشمی آزمون‌ها

باید یک بازرسی چشمی در مورد آزمون‌ها اجرا شود. هنگامی که آزمون‌ها با استفاده از یک میکروسکوپ چشمی بازرسی می‌شود، این بازرسی باید مطابق با بند 6 استاندارد EN 12407:2007 باشد. در مورد سنگ طبیعی استفاده شده در اشیاء فرهنگی تاریخی، عملیات بازرسی باید مطالعه اولیه وضعیت آن، محدوده رنگ

1- Macroscopic characteristics

یا رنگ کلی، تخلخل، دانه‌بندی، الگوهای هوازدهی، همراه با ویژگی‌های دیگری مانند ترک‌ها، رگه‌ها، حفره‌ها، پرکننده‌ها، لایه‌بندی، کلیواژ، فسیل‌های بزرگ، لکه‌زایی، تداخل‌ها، ساخت و غیره را مقدور می‌سازد. اگر اطلاعات بیشتری مورد نیاز باشد، یک مطالعه تصویری دقیق و با جزئیات، می‌تواند توسط یک متخصص حرفه‌ای انجام شود.

۵-۲ بررسی زیر میکروسکوپ سنگ‌شناسی

توصیف سنگ‌شناسی مصالح سنگ بهتر است با بررسی مقاطع نازک آن در زیر میکروسکوپ نوری مجهز به نور عبوری و قطبیده، مطابق با بند ۷ استاندارد EN 12407:2007 انجام شود.

توصیف سنگ‌شناسی مقاطع نازک و صیقل داده شده، اطلاعاتی در مورد ترکیب، دانه‌بندی اصلی یا کانی-شناسی، نوع و فراوانی آن‌ها، بافت، اندازه دانه، شکل و جهت‌گیری، ریزساختارها، ناپیوستگی‌ها^۱، رگه‌ها^۲، شکاف‌ها^۳، تخلخل و غیره ارائه می‌کند.

علاوه بر موارد فوق، در صورت امکان، بازرسی سنگ‌شناسی سنگ طبیعی استفاده شده در اشیاء فرهنگی تاریخی بهتر است هوازدهی یا عدم هوازدهی آن‌ها و تغییرات اساسی در سن را تعیین کند و وسعت هوازدهی یا دگرگونی را توصیف نماید.

اطلاعات زیر نیز باید گنجانده شود:

الف- چینه‌شناسی (بررسی وضعیت طبقات) هر یک از لایه‌های سطح (در صورت امکان)؛

ب- عرض هر یک از لایه‌های هوازده؛

پ- چسبندگی و پیوستگی بین لایه‌های دگرگون شده و سنگ سالم؛

ت- وجود هر نوع نشانه مبتنی بر تخریب زیستی؛

ث- ویژگی هوازدهی، تهیه اطلاعات مربوط به فرآیند تجزیه؛

ج- یک فرضیه اصلی در مورد مکانیزم تخریب و عواملی که سنگ را تحت تاثیر قرار می‌دهند؛

چ- خاکبرداری سطح، ماهیت آن، میزان چسبندگی و پیوستگی و این که آیا این موارد مربوط به تخریب است یا صرفاً بدشکلی باشد.

طی آماده‌سازی مقاطع نازک، باید از هر نوع تغییر در ویژگی‌های اصلی نمونه اجتناب شود.

1- Discontinuities

2- Veins

3- Fissures

در طی آماده‌سازی مقاطع نازک، بهتر است از گرمایش اضافی (دمای بیش از ۴۵ °C) اجتناب شود. به‌منظور اجتناب از مرطوب شدن ثانویه و دفع ترکیبات محلول در آب از سمت نمونه، باید قرارگیری در معرض آب به حداقل رسانده شود.

۳-۵ تجزیه کانی‌شناسی به وسیله پراش پرتو X (XRD)^۱

در صورتی‌که بازرسی نوری کافی نباشند، ترکیب کانی‌شناسی اجزاء بلوری سنگ‌ها شامل ترکیبات رس و شوره‌زنی می‌تواند با پراش پرتو X تعیین شود. در مورد رسوبات جداشده، مصالح سیمانی باید به‌صورت مجزا، از قطعات جدا شده آنالیز شوند. در مورد سنگ‌های حاوی رس، بهتر است یک روش‌شناسی با هدف تعیین ماهیت فاز رسی و برای افزایش شدت پیک‌های نسبی، دنبال شوند.

علاوه بر بازرسی فهرست شده در بالا، اطلاعات بیشتر می‌تواند با روش‌های زیر حاصل شود.

۴-۵ بررسی ریز ساختاری به وسیله میکروسکوپ الکترون پویشی (SEM)^۲

یک میکروسکوپ الکترون پویشی، مجهز به طیف‌نگار نوع پراش طول موج یا مجهز به طیف‌نگار پراش انرژی^۳ (EDS یا WDS)، امکان بررسی ریخت‌شناسی^۴، ریزساختاری و مورفومتری سطح نمونه‌ها/مقاطع، همراه با تجزیه عنصری کیفی و کمی دریافت شده یا صیقل داده شده، و همچنین امکان نقشه‌برداری عناصر را مقدور می‌کند. علاوه بر نقشه‌برداری از عناصر، SEM امکان شناسایی عناصر را ممکن کرده و محل بلورهای نمک محلول را ترسیم می‌کند.

اطلاعات بیشتر با ترکیب SEM و آزمون سنگ‌شناسی مقاطع نازک/صیقل داده شده و با تجزیه‌های تصویری حاصل می‌شود.

۵-۵ تجزیه‌های شیمیایی

تجزیه‌های شیمیایی سنگ‌های طبیعی اطلاعات مهمی را برای تبیین ترکیبات آن‌ها، ویژگی‌ها و دگرگونی فراهم می‌کند که می‌تواند به بررسی‌های عمیق‌تر برای تعیین ماهیت و توزیع آلوده‌کننده‌ها مانند نمک‌های محلول، وضعیت داخل خلل و فرج سنگ و اثر احتمالی آن، مطالعه و درک هوازدگی و سایر فرآیندهای تجزیه‌ای که سنگ را تحت تاثیر قرار می‌دهند، کمک نماید.

یادآوری- داده‌های شیمیایی عناصر عمده و عناصر جزئی (مقداری کمتر از ۰/۱٪) به‌علاوه وجود عناصر کمیاب، برای تهیه اطلاعات مربوط به اثبات زمین‌شناختی سنگ‌ها ممکن است مورد نیاز باشد. فنون دستگاهی مربوطه شامل میکروسکوپ

1- Mineralogical analysis by X-ray diffraction (XRD)

2- Scanning Electron Microscope (SEM)

3- Energy or Wavelength Dispersive Spectroscopy (EDS or WDS)

4- Morphometric examination

الکترون پویشی (SEM-EDS/WDS)، طیف‌نگاری تشعشی (فلورسنس) پرتو X (XRF)^۱، طیف‌نگاری پلاسمای جفت شده القایی (ICP)، طیف نگار جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS)^۲ و تجزیه‌های فعالسازی نوترونی (NAA)^۳ است. اطلاعات تکمیلی مربوط به کانی‌شناسی و شیمی سنگ، شرایط شکل‌گیری، واکنش‌های ثانویه، یا آماده‌سازی‌های غیرطبیعی، می‌تواند بر اساس اثر متقابل نور با حرکات مولکولی و /یا حرکات شبکه توسط طیف‌سنجی تبدیل فوریه فروسرخ (FTIR)^۴ و طیف‌سنجی میکرورامان^۵، به‌دست آید.

برای تعیین نمک‌های محلول به استاندارد EN 16455 مراجعه شود.

۵-۶ خصوصیات فیزیکی

۵-۶-۱ کلیات

در صورت لزوم و وجود امکان جمع‌آوری مصالح کافی، خصوصیات فیزیکی زیر باید اندازه‌گیری شود. یادآوری- با دسترسی به مصالح ممکن است لازم باشد از نمونه‌هایی استفاده شود که اندازه‌شان متفاوت از موارد ذکر شده در استانداردها بوده و بنابراین می‌تواند آزمون‌های قابل اجرا را محدود نماید.

۵-۶-۲ چگالی، تخلخل و توزیع اندازه ذرات

استاندارد EN 1936 روش‌های تعیین چگالی واقعی، چگالی ظاهری، تخلخل باز و تخلخل کل سنگ طبیعی را تعیین می‌کند.

برای نمونه‌های گرفته شده، خصوصیات مربوط به تخلخل را می‌توان با استفاده از دستگاه و به کمک تخلخل سنجی با نفوذ جیوه (MIP) و جذب نیتروژن تعیین کرد. مزیت این فنون این است که می‌توانند توصیف دقیق‌تری از ساختار خلل و فرج به‌دست دهند (برای مثال خلل و فرج‌های ریز، توزیع اندازه خلل و فرج و هم‌چنین خطوط تراز جذب و دفع).

۵-۶-۳ رفتار در برابر آب

استانداردهای EN 13755 و EN 15801 به‌ترتیب روش‌های آزمون برای تعیین جذب آب توسط سنگ طبیعی با غوطه‌ور شدن در آب تحت فشار اتمسفر و ضریب جذب آب سنگ طبیعی به کمک موینگی را مشخص می‌کنند.

مطابق با استاندارد EN 16302، اندازه‌گیری جذب آب در فشار پایین می‌تواند برای تعیین آب جذب شده توسط توده سنگ در محل، بدون نمونه‌برداری، از طریق یک لوله مدرج، به‌صورت تابعی از زمان استفاده شود.

-
- 1- X-Ray Fluorescence Spectroscopy
 - 2- Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS)
 - 3- Neutron Activation Analysis (NAA)
 - 4- Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR)
 - 5- Micro-Raman spectroscopy

برای تعیین رفتار خشکی شوندگی به استاندارد EN 16322 مراجعه شود.
استاندارد EN 15803 روشی برای تعیین نفوذپذیری بخار آب (δp) را تعیین می کند.

۴-۶-۵ رنگ

استاندارد EN 15886 روشی برای اندازه گیری رنگ سطح را تعیین می کند.

۷-۵ خصوصیات مکانیکی

۱-۷-۵ کلیات

در صورت لزوم و وجود امکان جمع آوری مصالح کافی، خصوصیات مکانیکی زیر باید تعیین شوند.
یادآوری - در دسترس بودن مصالح می تواند لازمه این باشد که از آزمون هایی با اندازه هایی که متفاوت از موارد مشخص شده در استاندارد هستند استفاده شود و بنابراین می تواند آزمون هایی که امکان اجرا شدن دارند، را محدود کند.

۲-۷-۵ استحکام فشاری

استاندارد EN 1926، روشی برای اندازه گیری مقاومت فشاری تک محوره سنگ های طبیعی را تعیین می کند.
این روش مقاومت فشاری را از طریق اعمال باری که به صورت یکنواخت پخش شده است، هم برای آزمون - های مکعبی و هم برای آزمون های استوانه ای تعیین می کند.

۳-۷-۵ مقاومت خمشی

استاندارد EN 12372، روشی برای اندازه گیری مقاومت خمشی سنگ های طبیعی تحت یک بار متمرکز معین می کند. این روش نیاز به آماده سازی مناسب آزمون های منشوری دارد که روی دو غلتک قرار داده شده و به تدریج در قسمت وسط تحت بار قرار داده می شوند. بار شکست اندازه گیری شده و مقاومت خمشی محاسبه می شود.

۴-۷-۵ مدول الاستیسیته ثابت^۱

استاندارد EN 14580، روشی برای اندازه گیری مدول الاستیسیته ثابت سنگ های طبیعی از طریق فشار تک محوره تعیین می کند. این روش، محاسبه مدول الاستیسیته از طریق اندازه گیری تغییر شکل های طولی آزمون های منشوری یا استوانه ای^۲ طی تنش فشاری تک محوره را با هم ادغام می کند.

1- Static modulus of elasticity
2- Prismatic or cylindrical specimens

۵-۷-۵ مدول الاستیسیته دینامیک (پویا)

استاندارد EN 14146، روشی برای اندازه‌گیری مدول الاستیسیته دینامیک با اندازه‌گیری بسامد اصلی تشدید را تعیین می‌کند.

۵-۷-۶ انتشار سرعت صوت

استاندارد EN 14579، روشی برای اندازه‌گیری سرعت امواج طولی فراصوتی در سنگ طبیعی، هم در آزمایشگاه و هم در محل تعیین می‌کند. در نتیجه مدول الاستیسیته دینامیک می‌تواند محاسبه شود.

۶ گزارش خصوصیات

گزارش خصوصیات باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- شماره شناسایی منحصربه‌فرد برای گزارش؛

ب- شماره، عنوان و تاریخ صدور سند؛

پ- نام و نشانی آزمایشگاه(ها) و نشانی محل انجام آزمون، در صورتی که محل انجام آزمون با آزمایشگاه آزمون‌کننده متفاوت باشد؛

ت- نام مشتری (در صورت نیاز)؛

ث- تاریخ تهیه و آماده‌سازی آزمون‌ها (در صورت امکان) و تاریخ انجام آزمون؛

ج- تعداد آزمون‌های نمونه؛

چ- ابعاد آزمون‌ها؛

ح- راستای آزمون‌ها با توجه به محل آن‌ها در اثر فرهنگی تاریخی یا بنای تاریخی و صفحات غیرهمسان؛

خ- نوع آزمون‌ها، فنون، روش‌ها و پروتکل‌های استفاده شده؛

د- توصیف سنگ‌شناسی سنگ‌ها و ارقام مربوط به خصوصیات اندازه‌گیری شده مطابق با الزامات استانداردهای مربوطه (شامل جدول‌ها و شکل‌ها)؛

ذ- هرگونه انحرافات از (یا اصلاحات) روش‌های استاندارد و توجیه دلایل آن‌ها؛

ر- هر نوع ملاحظات یا توصیه‌های کلی.

در نهایت، ممکن است تفسیری از نتایج در گزارش گنجانده شود (ملاحظات کلی حاصل از نتایج).

کتابنامه

- [1] EN 16302, Conservation of cultural heritage- Test methods- Measurement of water absorption by pipe method

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۰۳۷: سال ۱۳۹۵: حفاظت از میراث فرهنگی - اندازه‌گیری جذب آب با استفاده از روش لوله - روش‌های آزمون، با استفاده از منبع BS EN 16302: 2013 تدوین شده است.

- [2] EN 12670, Natural stone-Terminology

- [3] EN 12407:2007, Natural stone test methods- Petrographic examination

- [4] EN 16095, Conservation of cultural property- Condition recording for movable cultural heritage

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۳۰۹: سال ۱۳۹۵، حفاظت از اموال فرهنگی - ثبت شرایط میراث فرهنگی منقول، با استفاده از استاندارد BS EN 16095:2012 تدوین شده است.

- [5] EN 16096, Conservation of cultural property- Condition survey and report of built cultural heritage