



سیستم مدیریت ایزو  
www.isomanagement.ir

تماس تلفنی جهت دریافت مشاوره:

۱. مشاور دفتر تهران (آقای محسن ممیز)

☎ ۰۹۱۲ ۹۶۳ ۹۳۳۶

۲. مشاور دفتر اصفهان (سرکار خانم لیلا ممیز)

☎ ۰۹۱۳ ۳۲۲ ۸۲۵۹

مجموعه سیستم مدیریت ایزو با هدف بهبود مستمر عملکرد خود و افزایش رضایت مشتریان سعی بر آن داشته، کلیه استانداردهای ملی و بین المللی را در فضای مجازی نشر داده و اطلاع رسانی کند، که تمام مردم ایران از حقوق اولیه شهروندی خود آگاهی لازم را کسب نمایند و از طرف دیگر کلیه مراکز و کارخانه جات بتوانند به راحتی به استانداردهای مورد نیاز دسترسی داشته باشند.

این موسسه اعلام می دارد در کلیه گرایشهای سیستم های بین المللی ISO پیشگام بوده و کلیه مشاوره های ایزو به صورت رایگان و صدور گواهینامه ها تحت اعتبارات بین المللی سازمان جهانی IAF و تامین صلاحیت ایران می باشد.

هم اکنون سیستم خود را با معیارهای جهانی سازگار کنید...





جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران  
۱۰۸۴۷-۲۷  
۱۳۹۶

INSO  
10847-27  
2018

Identical with  
BS ISO 16000-27:  
2014

هوای درون ساختمان - قسمت ۲۷:  
تعیین گرد و غبار فیبری نشسته روی  
سطوح با استفاده از SEM  
(میکروسکوپ الکترونی روبشی)  
(روش مستقیم)

**Indoor air- Part 27:  
Determination of settled fibrous dust on  
surfaces by SEM (scanning electron  
microscopy) (direct method)**

ICS:13.040.20

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](mailto:standard@isiri.org.ir)

وبگاه: <http://www.isiri.org>

**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.org.ir](mailto:standard@isiri.org.ir)

Website: <http://www.isiri.org>

## 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)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> 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

«هوای درون ساختمان - قسمت ۲۷: تعیین گرد و غبار فیبری نشسته روی سطوح با استفاده از SEM (میکروسکوپ الکترونی روبشی) (روش مستقیم)»

### رئیس:

محمدی، محمدکاظم  
(دکتری شیمی)

### سمت و/یا محل اشتغال:

هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

### دبیر:

یزدان پاک، آناهیتا  
(دکتری مهندسی کشاورزی)

کارشناس سازمان جهاد کشاورزی استان فارس

### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اعتمادی، اعظم

(کارشناسی مهندسی صنایع غذایی)

مدیر کنترل کیفیت شرکت سرو سپید

بحرانی، سحر

(کارشناسی مهندسی صنایع غذایی)

مدیر کنترل کیفیت شرکت دایتی

بینایی حقیقی، آزاده

(کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)

رییس اداره برنامه ریزی و توسعه شهرداری شیراز

پوربیرک، راضیه

(کارشناسی ارشد مهندسی خاک شناسی)

کارشناس آزمایشگاه اداره کل محیط زیست استان فارس

جلیل زاده، رضا

(دکتری مهندسی محیط زیست)

هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

حبیبی، نصرالله

(کارشناسی مهندسی صنایع غذایی)

مدیر کنترل کیفیت شرکت رامک

حسینی سربسی، مسعود

(کارشناسی میکروبیولوژی)

کارشناس اداره غذا و دارو دانشگاه علوم پزشکی شیراز

حقیقت زاده، آزاده

(دکتری فیزیک)

هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

**اعضا:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

حقیقی جو، زهرا  
(دکتری داروسازی)

دولاح، عبدالحسن  
(دکتری زیست شناسی)

رضوی زادگان، مریم  
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع غذایی)

کارگر، صدیقه  
(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

گلکاری، مسیح  
(کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر)

مبارک زاده، مریم  
کارشناسی ارشد شیمی تجزیه

هاشمی، حسن  
(دکتری مهندسی بهداشت محیط)

**ویراستار:**

فتاحی نیا، مهناز  
(کارشناسی ارشد شیمی)

**سمت و/یا محل اشتغال:**

پژوهشگر دانشگاه علوم پزشکی شیراز

هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد اهواز

مدیر کنترل کیفیت شرکت سلولزی فارس رعنا (ارژن)

کارشناس شرکت مخابرات استان فارس

مسوول کنترل کیفیت کارخانه پسماند شهرداری شیراز

مدیر فنی آزمایشگاه بتن شرکت سیمان فارس

هیئت علمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شیراز

کارشناس شرکت خوزستان پژوهش گستر بردیا

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
ح	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۶	۴ نمادها و کوتاه نوشت‌ها
۷	۵ اصول آزمون
۸	۶ مواد و وسایل
۹	۷ نمونه‌برداری
۱۶	۸ آنالیز SEM
۲۷	۹ محاسبات و ارائه نتایج
۲۸	۱۰ گزارش آنالیز
۲۹	۱۱ عدم قطعیت اندازه‌گیری
۳۱	۱۲ برنامه‌ها و دستورکارها برای استفاده
۳۴	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) مثالی از فرم شمارش ساختار SEM
۳۶	پیوست ب (الزامی) روش‌هایی برای واسنجی و تنظیم SEM
۳۸	پیوست پ (آگاهی‌دهنده) انحراف نمونه تصادفی
۴۲	پیوست ت (آگاهی‌دهنده) مثالی با استفاده از این روش در محیط داخل ساختمان
۴۴	کتاب‌نامه

## پیش‌گفتار

استاندارد « هوای درون ساختمان - قسمت ۲۷: تعیین گرد و غبار فیبری نشسته روی سطوح با استفاده از SEM (میکروسکوپ الکترونی روبشی) (روش مستقیم) » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در یکصد و هشتاد و نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۶/۱۱/۱۷ 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 یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO 16000-27: 2014, Indoor air —Determination of settled fibrous duston surfaces by SEM (scanning electronmicroscopy) (direct method)



## مقدمه

روش‌های استاندارد شده برای اندازه‌گیری سطوح در معرض قرار گرفته با آزیست با استفاده از روش‌های تجزیه‌ای مختلف، موجود بوده و به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. (ISO 10312, ISO 13794, ISO 14966). روش‌های استاندارد شده (استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳) تعیین‌کننده مقدار آزیست در مواد توده‌ای (محصولات، غیره) نیز همچنین ایجاد شده است. این استاندارد بر پایه دستورالعمل‌های توصیف شده در VDI 3877 قسمت ۱ بوده و به اختلاف باقیمانده در توصیف روش اندازه‌گیری آزیست در گرد و غبار نشسته روی سطوح خاتمه می‌دهد.

قوانین دولتی در بسیاری از کشورها برای سطوح در معرض آزیست و مقدار آزیست در محصولات وجود دارد. مقدار آزیست در گرد و غبار نشسته، موضوع بحث‌های گسترده‌ای بوده است. تلاش‌های قانونی بر پایه نتایج اندازه‌گیری در فقط برخی از موارد شناخته شده است. دلایل این مساله، عدم وجود روش‌های استاندارد شده و اندازه‌گیری قابل قبول در بسیاری از کشورها و اختلاف نظر در مورد احتمال خطر است. یک همبستگی پذیرفته شده کلی بین مقدار آزیست و غلظت فیبر آزیست هوازاد احتمالی به وجود آمده با جذب دوباره گرد و غبار ایجاد نشده است.

تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های انتقال مستقیم برای تعیین آلودگی سطح و نمونه‌های صافی برای اندازه‌گیری هوا، یک حالت مرسوم برای ساختارهای فیبری بوده که ابعاد آن‌ها بزرگتر از فیبرهای حفره‌دار است. تجزیه نمونه‌های هوا برای تعیین غلظت فیبرهای قابل تنفس؛ تجزیه نمونه‌های گرد و غبار انتقال مستقیم، در مقایسه، بیشتر مطابق خطر (پتانسیل فیبر) برای تولید فیبرهای قابل تنفس است. نمونه‌های گرد و غبار سطحی، غالباً با کاهش آزیست یا سایر موارد در ارتباط بوده در حالی که پخش آزیست حاوی گرد و غبار مورد انتظار بوده و مورد بررسی قرار می‌گیرد.

این روش همچنین می‌تواند برای تعیین آلودگی سطحی سایر ساختارهای فیبری مانند فیبرهای متخلخل معدنی مصنوعی به کار رود.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۰۸۴۷ است.

سایر قسمت‌های این مجموعه عبارتند از:

قسمت ۱: هوای داخلی-جنبه‌های عمومی راهبرد نمونه برداری.

قسمت ۳: هوای درون ساختمان-اندازه‌گیری فرمالدهید و ترکیبات کربونیلی دیگر در هوای ساختمان و هوای محفظه آزمون-روش نمونه برداری فعال.

قسمت ۴: هوای درون ساختمان-تعیین فرمالدهید-روش نمونه برداری نفوذی.

قسمت ۵: هوای داخل ساختمان-راهبرد نمونه برداری برای ترکیبات آلی فرار (VOCs).

- قسمت ۶: هوای داخلی-تعیین ترکیبات آلی فرار در هوای داخلی و هوای محفظه آزمون با نمونه برداری فعال روی جاذب tenax ta واجذب گرمایی و کروماتوگرافی گازی با MS-FID یا MS.
- قسمت ۷: هوای داخل ساختمان - راهبرد نمونه برداری برای تعیین غلظت الیاف آزبست.
- قسمت ۸: هوای داخل ساختمان- تعیین متوسط عمر موضعی هوا در ساختمانها جهت تعیین شرایط سیستم تهویه.
- قسمت ۹: هوای داخل ساختمان - اندازه گیری انتشار ترکیبات آلی فرار از محصولات و اثاثیه ساختمانی - آزمون انتشار به روش محفظه.
- قسمت ۱۰: هوای داخل ساختمان - اندازه گیری انتشار ترکیبات آلی فرار از محصولات ساختمانی و اثاثیه - آزمون انتشار به روش اتاقک.
- قسمت ۱۱: هوای داخل ساختمان - اندازه گیری انتشار ترکیبات آلی فرار از محصولات ساختمانی و اثاثیه - نمونه برداری -نگهداری نمونه ها و آماده سازی نمونه های مورد آزمون.
- قسمت ۱۲: هوای داخل ساختمان - راهبرد نمونه برداری برای بی فنیل های پلی -کلرینه (PCBS) دی بنزو-پی -دیوکسین های پلی کلرینه ها (PCDDS) دی بنزوفوران های پلی کلرینه (PCDFS) و هیدروکربن های چند حلقه ای آروماتیک (PAHS).
- قسمت ۱۳: هوای داخلی - اندازه گیری کل (فاز گازی و ذره ای) ترکیبات بی فنیل شبه دی اکسین چند کلره (PCBs) و دی بنزو -پارا -دی اکسین -دی بنزوفوران چند کلره- (PCDDs/PCDFs) جمع آوری روی فیلترهای جاذب.
- قسمت ۱۵: هوای داخل ساختمان- روش نمونه برداری نیتروژن دی اکسید ( $\text{NO}_2$ ).
- قسمت ۱۶: هوای داخل ساختمان- شناسایی و شمارش کپک ها-نمونه برداری به روش صاف کردن.
- قسمت ۱۷: هوای داخل ساختمان- شناسایی و شمارش کپک ها-روش آزمون بر پایه.
- قسمت ۱۸: هوای داخل ساختمان - شناسایی و شمارش کپک ها-نمونه برداری به روش برخورد.
- قسمت ۲۰: هوای داخل ساختمان - شناسایی و شمارش کپک ها-تعیین تعداد کل اسپور.
- قسمت ۲۵: هوای داخل ساختمان - تعیین انتشار ترکیبات آلی نیمه فرار از محصولات و اثاثیه ساختمانی - روش محفظه میکرو.
- قسمت ۲۶: هوای داخلی - راهبرد نمونه برداری برای کربن دی اکسید ( $\text{CO}_2$ ).
- قسمت ۲۹: هوای درون ساختمان - آشکارسازهای ترکیبات آلی فرار- (VOC) روشهای آزمون.
- قسمت ۳۰: هوای داخل ساختمان - آزمون حسی هوای داخل ساختمان.

قسمت ۳۱ : هوای داخل ساختمان – اندازه‌گیری بازدارنده های اشتعال و نرم کننده‌ها بر پایه ترکیبات آلی فسفردار-فسفریک اسید استر.

قسمت ۳۲ : هوای داخلی - بررسی ساختمان ها برای وقوع آلاینده‌ها.

Part 2: Sampling strategy for formaldehyde.

Part 14: Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) -- Extraction, clean-up and analysis by high-resolution gas chromatography and mass spectrometry.

Part 19: Sampling strategy for moulds.

Part 21: Detection and enumeration of moulds -- Sampling from materials.

Part 23: Performance test for evaluating the reduction of formaldehyde concentrations by sorptive building materials.

Part 24: Performance test for evaluating the reduction of volatile organic compound (except formaldehyde) concentrations by sorptive building materials.

Part 27: Determination of settled fibrous dust on surfaces by SEM (scanning electron microscopy) (direct method).

Part 28: Determination of odour emissions from building products using test chambers.

Part 33: Determination of phthalates with gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS).

## هوای درون ساختمان - قسمت ۲۷: تعیین گرد و غبار فیبری نشسته روی سطوح با استفاده از SEM (میکروسکوپ الکترونی روبشی) (روش مستقیم)

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارزیابی روشی جهت تعیین یک نمایه برای غلظت عددی ساختارهای فیبری<sup>۱</sup> با فیبرهایی با اندازه قطر مساوی یا بزرگتر از  $0.2 \mu\text{m}$  در گرد و غبار نشسته روی سطوح و طبقه‌بندی آنها به گروه‌های ویژه‌ای از مواد (به‌عنوان مثال کریزوتایل<sup>۲</sup>، آزبست آمفیبول<sup>۳</sup> و سایر فیبرهای معدنی) است.

این استاندارد ترجیحا برای مکان‌های داخل ساختمان کاربرد دارد، اما همچنین برای موقعیت‌های خارج ساختمان نیز مناسب است. در این استاندارد یک روش نمونه‌برداری برای جمع‌آوری گرد و غبار نشسته روی سطوح با استفاده از نوارچسب شرح داده شده است. این استاندارد حاوی یک روش تجزیه‌ای برای ارزیابی نمونه‌های جمع‌آوری شده به روش میکروسکوپ الکترونی روبشی می‌باشد. نتایج می‌تواند بر اساس خصوصیات ساختاری آزبست در واحد سطح یا بر اساس چهار طبقه مختلف بیان شود. حساسیت تجزیه‌ای به مساحتی که مورد آزمون قرار گرفته، بستگی دارد و می‌تواند کم‌تر از ۱۰ ساختار در هر سانتی‌متر مربع باشد.

برای انجام این استاندارد ملی، یک ساختار آزبستی یا فیبری به عنوان یک آزبست یا یک ذره حاوی فیبر (آلی یا معدنی) صرف نظر از قطر آن، توصیف شده است.

استفاده از این روش نمونه‌برداری، با توجه به ساختار و نوع سطح (زبری جزئی و انحنای) و ضخامت لایه گرد و غبار، محدود می‌باشد. اگر لایه گرد و غبار خیلی ضخیم باشد، می‌توان آن را با استفاده از روش‌های دیگر، نمونه‌برداری و به‌عنوان یک نمونه پودری، تجزیه کرد.

فرض بر این است که قطر اغلب ذرات گرد و غبار نشسته، کمتر از ۱ mm است.

### ۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت 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 - Fibrous structures  
2- Chrysotile  
3- Amphibole asbestos

استفاده از مرجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

**2-1 ISO 22262-1, Air quality- Bulk materials- Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials**

**یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، کیفیت هوا- توده مواد- قسمت ۱: نمونه‌گیری و تعیین کیفیت آزبست در توده مواد تجاری با استفاده از استاندارد ISO 22262-1:2012 تدوین شده است.

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود.

۱-۳

**کاهش**

**abatement**

فعالیت‌های انجام شده برای کنترل انتشار بالقوه فیبرهای آزبستی از مواد ساختمانی حاوی آزبست از طریق حذف، محبوس کردن، یا کپسوله کردن مواد یا از طریق تعمیر مواد آسیب‌دیده است.

۲-۳

**نمونه‌برداری محیطی**

**ambient sampling**

نمونه‌برداری از هوا به منظور تعیین غلظت فیبر آزبست هوابرد در مجاورت بیرون ساختمان است.

۳-۳

**حساسیت تجزیه‌ای**

**analytical sensitivity**

غلظت ساختار آزبستی محاسبه شده، که هم‌ارز با شمارش یک ساختار آزبستی در آنالیز است.

۴-۳

### آزبست

#### asbestos

اصطلاح به کار رفته برای گروهی از مواد معدنی سیلیکاتی متعلق به گروه‌های سرپنتین<sup>۱</sup> و آمفیبول که مطابق با اشکال آزبستی، متبلور شده و موجب می‌شود که آنها به آسانی در زمان خردشدن یا فراوری، به فیبرهایی بلند، نازک، انعطاف‌پذیر و مقاوم تبدیل شوند.

یادآوری - شماره ثبت شیمی خلاصه خدمات گونه‌های آزبستی معمول عبارتند از:

کریزوتایل<sup>۲</sup> (۱۲۰۰۱-۲۹-۵)، کروسیدولیت<sup>۳</sup> (۱۲۰۰۱-۲۴-۸)، آزبست گرونریت (آموزیت)<sup>۴</sup> (۱۲۱۷۲-۷۳-۵)، آزبست های آنتوفیلیت<sup>۵</sup> (۷۷۵۳۶-۶۷-۵)، آزبست ترمولیت<sup>۶</sup> (۷۷۵۳۰-۶۸-۶) و آزبست آسینولیت<sup>۷</sup> (۷۷۵۳۶-۶۶-۴)

۵-۳

### ساختار آزبستی (فیبری)

#### asbestos (fibrous) structure

اصطلاح به کاررفته برای آزبست‌های خاص، یا سایر فیبرهای آلی یا معدنی یا هر گروه مرتبط یا دارای اشتراک با این گروه‌های فیبری یا خوشه‌های فیبری (آزبستی) که با ذرات دیگر یا بدون آن باشد.

۶-۳

### نسبت ابعاد

#### aspect ratio

نسبت طول به عرض یک ذره است.

۷-۳

### شاهد

#### blank

نوار چسب دست نخورده‌ای که به عنوان یک شاهد برای آنالیز ارائه می‌شود.

- 
- 1- Serpentine
  - 2 - chrysotile
  - 3 - Crocidolite
  - 4 - Grunerite asbestos (amosite)
  - 5- Anthophyllite asbestos
  - 6- Tremolite asbestos
  - 7 - Actinolite asbestos

۸-۳

کلاف

**bundle**

ساختاری که از سه یا چند فیبر در آرایشی موازی با فیبرها با فاصله نزدیک‌تر از یک قطر با یکدیگر تشکیل شده است.

۹-۳

خوشه

**cluster**

ساختاری از دو یا چند فیبر یا کلافهایی از فیبرها که به صورت تصادفی در گروه‌بندی متصل جهت‌گیری کرده‌اند، تشکیل شده است.

۱۰-۳

پراش الکترونی

**electron diffraction**

روشی در میکروسکوپ الکترونی که در آن ساختار بلوری منطقه کوچکی از نمونه، مورد آزمون قرار می‌گیرد.

۱۱-۳

آنالیز پراکنش انرژی اشعه ایکس

**energy-dispersive X-ray analysis**

تعیین ترکیب عنصری از طریق اندازه‌گیری انرژی و شدت اشعه ایکس با استفاده از یک آشکارساز حالت جامد و سامانه آنالیزکننده چند کاناله است.

۱۲-۳

فیبر

**fibre**

یک ذره کشیده شده<sup>۱</sup> با نسبت طول به قطر بیشتر از ۳ به ۱ و برای این استاندارد معادل یا بزرگتر از  $0.2 \mu\text{m}$  است.

---

1 -Elongated

۱۳-۳

### آماده سازی غیر مستقیم

#### indirect preparation

روشی که در آن نمونه قبل از مرحله صاف کردن نهایی از یک یا چند مرحله واسطه می‌گذرد. ذرات از محیط اصلی خارج شده و قبل از آنالیز روی صافی دوم ته‌نشین می‌شوند.

۱۴-۳

### حد آشکار سازی

#### limit of detection

در صورتی که هیچ ساختار آزمون در حین آنالیز، آشکار نشود، شمارش ساختار فیبرهای بارگذاری شده احتمالاً متجاوز از ۹۵٪ از مقدار واقعی فیبرهای بارگذاری شده نخواهد بود.

### بزرگ‌نمایی

#### magnification

نسبت اندازه یک شی در تصویر میکروسکوپ به اندازه واقعی آن است.  
یادآوری- اطلاعات بزرگ‌نمایی به صفحه نمایشی که ارزیابی در آن انجام شده است، اشاره دارد.

۱۵-۳

### بافت

#### matrix

ساختاری که در آن یک یا چند فیبر یا کلاف فیبر در تماس، متصل به هم یا به وسیله یک ذره منفرد یا گروهی متصل به هم از ذرات غیر فیبری، به طور جزئی پنهان شده باشند.

۱۶-۳

### شاهد فرآیند

#### process blank

نوار چسبی که (در این زمینه استفاده نشده است) مطابق با روش کلی آماده‌سازی و آنالیز، فرآوری شده باشد.



۱۷-۳

ساختار

structure

ساختار می‌تواند به صورت فیبر تکی، کلاف فیبر، خوشه یا بافت باشد.

۱۸-۳

MMVF

فیبرهای متخلخل مصنوعی که فیبرهای معدنی مصنوعی<sup>۱</sup> (MMVF) نیز نامیده می‌شود و فیبرهای متخلخل سنتزی<sup>۲</sup> (SVF) گروهی از مواد معدنی غیربلوری فیبری عموماً آلومینیم یا کلسیم سیلیکات هستند که از سنگ، خاک رس، سرباره<sup>۳</sup> و شیشه گرفته شده‌اند.

۴ نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها

۱-۴ نمادها

$n$	تعداد ساختارهای شمارش شده
$\lambda_u$	حد اطمینان ٪ ۹۵ پایینی برای یک شمارش ساختار انجام شده توسط SEM یا TEM
$\lambda_o$	حد اطمینان ٪ ۹۵ بالایی برای یک شمارش ساختار انجام شده توسط SEM یا TEM
$\alpha$	سطح معنادار آماری
$B$	سطح پس‌زمینه یک طیف اشعه X
$D$	برای شمارش ساختار $n$ ، مقدار توزیع $x^2$ با درجه آزادی $n-2$ و سطح معناداری $(1-\alpha/2)$
$E$	برای شمارش فیبر $X$ ، با مقدار توزیع $x^2$ با درجه آزادی $2(x+1)$ و سطح معناداری $\alpha/2$
$A$	مساحت ارزیابی شده روی نمونه (نوار چسب) به وسیله SEM
$P$	ارتفاع یک پیک در طیف اشعه ایکس
$S_i$	نتیجه شمارش یک ساختار فیبری مجزای نوع $i$
$S_{wi}$	نتیجه شمارش توزین شده یک ساختار فیبری مجزای نوع $i$
$Z$	عدد اتمی

۲-۴ کوتاه‌نوشت‌ها

ATS نمونه‌برداری با نوار چسب/ ارزیابی به وسیله SEM

- 1-Man made mineral fibres
- 2-Synthetic vitrous fibres
- 3-Slag

پراش الکترونی	ED
آنالیز پراکنش انرژی اشعه ایکس	EDXA
پهنای در نصف ارتفاع پیک منگنز $K_{\alpha}$ یک آشکارساز اشعه ایکس	FWHM
فیبرهای متخلخل ساخته شده توسط انسان	MMVF
میکروسکوپی نوری تباین فاز	PCM
میکروسکوپی الکترونی روبشی	SEM
میکروسکوپی الکترونی عبوری	TEM
پنجره فوق العاده نازک از آشکارساز اشعه ایکس	UTW
فیبرهای معدنی مصنوعی	MMVF

## ۵ اصول آزمون

گرد و غبار روی یک محیط چسبنده (به عنوان مثال نوارچسب) که روی سطح نمونه برداری با فشار چسبانده شده، جمع آوری می شود. محیط نمونه برداری یا یک تکه از آن، به عنوان نمونه ای برای بررسی با SEM یا EDXA آماده سازی می شود. نمونه با استفاده از SEM بدون هرگونه بزرگنمایی گرد و غبار جمع آوری شده، بررسی می شود. در این مرحله، ساختارهای فیبری مطابق با معیارهای تعریف شده روی زمینه های مشاهده شده که به طور تصادفی از کل آزمون انتخاب شده اند، اندازه گیری، شمارش و مطابق با ماده، طبقه بندی می شوند. طیف EDXA برای طبقه بندی ساختارهای فیبری با توجه به ویژگی های ترکیبات آنها به کار می رود. غلظت گرد و غبار فیبری روی سطوح از روی تعداد ساختارهای شمارش و طبقه بندی شده و مساحت نمونه آنالیز شده محاسبه می شود. پس از به کار بردن ضرایب توزین مختلف برای ساختارهای فیبری مطابق با اندازه آنها، بارگذاری های فیبری به عنوان یکی از چهار دسته بارگذاری طبقه بندی می شوند.

۶ مواد و وسایل

۱-۶ مواد و تجهیزات برای نمونه برداری با نوارچسب و آماده سازی

۱-۱-۶ مواد مصرفی برای نمونه برداری

۱-۱-۱-۶ محیط نمونه برداری

۱-۱-۱-۱-۶ نوارچسب، نوار آلومینیومی یا مسی، نوار آکرلیک (شفاف) یا نوار چسب کربنی / یا پشت آن از جنس آلومینیوم یا مس؛

۲-۱-۱-۱-۶ پد کربنی<sup>۱</sup>، با قطر ۱۳ mm یا ۲۵ mm؛

۳-۱-۱-۱-۶ ظرف نمونه برداری، تمیز، با قابلیت درزبندی به منظور انتقال نمونه به آزمایشگاه.

یادآوری - با توجه به کاربرد، پد کربنی می تواند به طور مستقیم روی سینی نمونه SEM نواربندی شود.

۲-۱-۶ منابع و ابزارهای میکروسکوپی الکترونی رایج

پنس، چاقوی جراحی یا قیچی برای تهیه نمونه با اندازه مناسب برای SEM، نوار چسب دوطرف پوشش داده شده (کربنی) یا رنگ کربن کلئیدی، تکه های کوچک نمونه SEM، طلا یا کربن مناسب برای روکش کردن نمونه در روکش کننده اسپاتر مخصوص<sup>۲</sup> یا تبخیر کننده.

۳-۱-۶ استریومیکروسکوپ<sup>۳</sup>، برای بررسی چشمی گرد و غبار نشسته روی نمونه، بزرگ نمایی تقریباً ۲۰ برابر

روکش کننده اسپاتر<sup>۴</sup> یا تبخیر کننده خلاء برای روکش کردن با طلا یا کربن

---

1- Carbon pads  
2- Specific sputter coater  
3- Stereomicroscope  
4 - Sputter

## ۲-۶ مواد و تجهیزات برای آنالیز

۱-۲-۶ میکروسکوپ الکترونی روبشی، با ولتاژ شتاب‌دهنده حداقل ۲۰ kV برای شناسایی و شمارش ساختارهای فیبری مورد نیاز است.

۲-۲-۶ SEM مجهز به یک آنالیزگر پراکنش انرژی اشعه ایکس، که قابلیت دستیابی به قدرت تفکیک بهتر از ۱۷۰ eV (FWHM) روی پیک Mn-K $\alpha$  را داشته باشد. عملکرد یک ترکیب مجزا از SEM و یک آشکارساز اشعه ایکس فاز جامد به تعداد ضرایب هندسی بستگی دارد. بنابراین، عملکرد مورد نیاز برای ترکیب SEM و آنالیزگر اشعه ایکس از نظر شدت اشعه ایکس حاصل از فیبر کریزوتایل با عرض ۰٫۲  $\mu\text{m}$ ، تحت شرایط عملیاتی استفاده شده طی آنالیز مشخص می‌شود. برخی آشکارسازهای حالت جامد اشعه ایکس در گستره انرژی پایین، حداقل حساسیت را دارند و بنابراین، آشکارسازی سدیم در کروسیدولیت<sup>۱</sup> یک معیار عملکرد اضافی می‌باشد. یک آشکارساز قوق نازک یا بدون پنجره (UTW<sup>۲</sup>) ترجیح داده می‌شود، اما استفاده از آن به غیر از مواردی که آنالیز شامل شناسایی فیبرها با  $Z \leq 11$  باشد، اجباری نیست. ترکیب ابزاری باید حداقل الزامات را با توجه به قابلیت مشاهده فیبرها مطابق پیوست ب برآورده کند.

۳-۲-۶ آزمون قدرت تفکیک، آزمون‌های که فیبرهای کریزوتایل با حداکثر ۰٫۲  $\mu\text{m}$  روی آن تهنشین شده باشند، برای تنظیم شرایط عملیاتی SEM مورد نیاز است.

۴-۲-۶ آزمون واسنجی بزرگ‌نمایی، یک آزمون برای واسنجی بزرگ‌نمایی SEM مورد نیاز است. استاندارد بزرگ‌نمایی SRM 484e (موسسه ملی استاندارد و تکنولوژی ایالات متحده)<sup>۳</sup> مثالی از یک نمونه می‌باشد که تمام الزامات را برآورده می‌کند.

## ۷ نمونه‌برداری

### ۱-۷ برنامه اندازه‌گیری

در اغلب کشورها تخمین خطرات ناشی از فیبرهای آزیستی بر اساس تعیین سطوح در معرض است. بنابراین اندازه‌گیری‌های آزیست موجود در گرد و غبار نشسته فقط می‌تواند اطلاعاتی اضافی به‌عنوان مثال، موفقیت تلاش‌های تمیزکاری یا پخش آلودگی آزیستی را فراهم کند. برنامه اندازه‌گیری باید با کار مورد نظر مطابقت داشته باشد. مساحت نمونه مورد آزمون در مقایسه با مساحت سطح تحت بررسی، که باید مورد قضاوت قرار گیرد، کوچک می‌باشد. توصیه می‌شود برنامه نمونه‌برداری که شامل تعداد و توزیع مناطق نمونه‌برداری شده، می‌باشد، به‌گونه‌ای طراحی شود که عدم قطعیت آماری در نتایج، به حداقل برسد. دقت مورد نیاز، تعداد

1- Crocidolite

2- Ultra-thin or windowless

3- U.S. National Institute of Standards and Technology

نمونه‌ها را مشخص می‌کند. در صورت نیاز به مقایسه آلودگی آربستی روی دو سطح متفاوت، بهتر است از آزمون‌های آماری استفاده شود.

در برنامه اندازه‌گیری، همه داده‌های موجود (مانند منابع شناخته‌شده یا نتایج اندازه‌گیری هوا) بهتر است در نظر گرفته شود. این مسئله شامل همه کاربردهای شناخته‌شده مواد حاوی آربست و ماهیت سطح مورد بررسی می‌باشد.

علاوه بر این، در زمان برنامه‌ریزی برای اندازه‌گیری باید در نظر داشت که لایه‌های گرد و غبار ضخیم‌تر نمی‌توانند به صورت کمی مطابق با زیربندهای ۸-۲-۱ و ۸-۲-۲-۱ مورد آزمون قرار گیرند. این امر نیازمند یک روش نمونه‌برداری متفاوت می‌باشد یا اینکه گرد و غبار باید به صورت نمونه‌های پودری جمع‌آوری شوند. ته‌نشینی گرد و غبار تحت تاثیر عوامل مختلفی است. همچنین دفعات تمیزکاری سطح نمونه‌برداری شده یک عامل مهم می‌باشد. اثرات مختلفی مانند جهت سطح، حرکت هوا بر روی منطقه مورد آزمون و غیره بیان نشده است که این اثرات ممکن است در ارزیابی نتایج اهمیت داشته باشند، پس باید در نظر گرفته شوند و در صورت لزوم در پروتکل<sup>۱</sup> نمونه‌برداری ثبت شوند.

## ۲-۷ اهداف اندازه‌گیری و مکان‌های نمونه‌برداری

همان‌طور که در بالا بیان شد، اهداف اندازه‌گیری اغلب قسمتی از برنامه و اجرای کارهای کاهش مقدار آربست می‌باشد، اما اندازه‌گیری‌ها می‌تواند همچنین برای ثبت وضعیت موجود، موردنظر باشند. اگر به‌عنوان مثال هنگام ساخت و ساز، شکایت‌هایی در زمینه ناراحتی‌های پوستی وجود داشته باشد، که عموماً ناشی از فیبرهای نسبتاً ضخیم می‌باشد، تعیین فیبرهای متخلخل مصنوعی در گرد و غبار نشسته می‌تواند قسمتی از اهداف اندازه‌گیری باشد. تعیین مقدار فیبر معدنی (آربست و MMVF) در نمونه‌های گرد و غبار نشسته اصولاً پاسخی برای سؤالات زیر می‌باشد:

- آیا گرد و غبار فیبرهای معدنی (آربست / یا MMVF) در مکان‌های مشخصی وجود دارد؟

- غلظت به ازای مساحت سطحی ساختارهای فیبری تعریف شده چقدر است؟

- مساحت دربرگیرنده بهتر است چقدر باشد؟

- اندازه مساحتی که نیاز به تمیزکاری دارد، چقدر است؟

اندازه‌گیری‌ها همچنین تحت تاثیر تسهیلات و تغییرات برنامه‌ریزی شده مطابق آن، قرار می‌گیرند. همان‌طور که گفته شد، اهداف اندازه‌گیری انتخاب و تعداد نقاط نمونه‌برداری را مشخص می‌کند. وضعیت‌هایی می‌تواند منجر به نتیجه شده که نمونه‌ها نه تنها از سطح افقی بلکه از سطوح عمودی نیز گرفته شده باشند، هنگام آنالیز نتایج، اختلاف در ویژگی مربوط به ذرات ته‌نشین شده روی نمونه‌هایی که از سطوح افقی و قائم گرفته

شده‌اند، باید در نظر گرفته شود. نتایج را نمی‌توان مستقیماً با هم مقایسه کرد. نمونه‌هایی که از سطوح عمودی گرفته شده‌اند، معمولاً با هر دو ذرات فیبری و غیر فیبری بارگذاری کمتری دارند. بهتر است توجه شود که نمونه‌های جمع‌آوری شده با نوار چسب نسبت به مساحت‌های ساختمانی مورد آزمون، بسیار کوچک هستند، بنابراین نمونه‌ها احتمالاً نماینده کل نباشند.

جدول ۱- اهداف اندازه‌گیری در آنالیز گرد و غبار سطح

اهداف	مکان نمونه برداری	ملاحظات
۱	شناسایی صدمات وارد شده به محصولات حاوی آزبست در موارد - جابجایی نامناسب و - رویدادهای تصادفی، به عنوان مثال در نتیجه هوای بد یا آتش‌سوزی	در صورت نیاز، آنالیز نمونه-های حاصل از سطوح تمیز نشده به طور کامل قبل از کارهای اصلاحی باید انجام گیرد.
۲	آنالیز آلودگی‌های فیبرهای آزبستی، به عنوان مثال قبل از تخریب، بازسازی، به ویژه کار انجام شده روی مناطقی که متعلق به استفاده موردنظر نیستند.	- سطوحی که به صورت واضح و قابل ملاحظه با گرد و غبار پوشیده شده‌اند، (در طی ساخت، حادثه، استفاده معمول از ساختمان) - تحت لرزاننده شناور <sup>۱</sup> - در فضاهای توخالی در دیوار و سوله - در سقف‌های کاذب - در مناطق نصب و راه اندازی و به خصوص روی کابل‌های برق، سطوح فلزی، ورق و دیگر سطوح فلزی، برگه‌ها، و دیگر سطوح رسوبی صاف در مواردی که قابلیت کاربرد با مشخصه‌های الکترواستاتیکی را داشته باشد.
۳	مهار مناطق آلوده <sup>۲</sup>	- در فواصل پراکنده - در اتاق مجاور با محصول آسیب دیده حرکت هوا باید لحاظ شود.
۴	تعیین آلودگی فیبر آزبستی محصولاتی که آسیب آنها قابل رویت نباشد یا محصولات حاوی آزبستی که در مناطق پنهان نصب شده باشد.	- در گرد و غبارهای ته‌نشین شده قدیمی یافت شده در نواحی تمیز نشده که تاریخچه ساختمان را نشان می‌دهند، مانند: - پشت یا روی رادیاتورها؛ - در کانال‌های تهویه؛ - روی کابینت‌ها؛ - روی طاقچه‌ها؛

1- Floating screed

2- Containment of contaminated areas

اهداف	مکان نمونه برداری	ملاحظات
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- بر روی تیرهای تکیه‌گاه؛</li> <li>-در تاسیسات و ماشین‌آلات در مکانهای بالا و</li> <li>-در انفصال دوباره به کار گرفته شده</li> </ul>	
۵	<ul style="list-style-type: none"> <li>- در یک مکان با نشانه هایی از گرد و غبار باقی‌مانده؛</li> <li>-در یک مکان نماینده تمیز، در صورت نیاز</li> </ul>	<p>بررسی تمیزی سطوح مبلمان، ابزار و سامانه‌های تهویه (واحد‌های فشار منفی و ... جلوگیری‌های زیر)</p>
۶	<ul style="list-style-type: none"> <li>-ته‌نشست‌های گرد و غبار قدیمی؛</li> <li>- ترک‌ها یا سوراخ‌های کف؛</li> <li>- زیر زمین و پوشش‌های دیوار؛</li> <li>- تاسیسات ماشینی در مکان‌های بالا، به عنوان مثال، ریل جرثقیل</li> </ul>	<p>ارزیابی در مناطق استفاده آریستی قدیمی، به عنوان مثال در سالن‌های کارخانه و مکان‌های تولید که در آنها فرآورده‌های آریستی معمولاً استفاده یا تولید شده‌اند.</p>
۷	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مسیر</li> <li>- سطوح درزبندی شده</li> <li>- سطوح گیاهی مناسب</li> </ul>	<p>پخش آریست یا ذرات حاوی آریست در بیرون ساختمان آتش‌سوزی‌ها، انفجار یا سایر نشرهای آریست حاوی گرد و غبار</p>

### ۷-۳ تعداد آزمون‌ها

ترتیب آزمون‌ها به صورتی باشد که تعداد بیشتری از نمونه‌های در تماس، نسبت به موارد مورد نیاز برای آنالیز در نظر گرفته شوند. در این مورد، وجود نمونه‌های بیشتر برای آنالیز و استفاده، باید غیر قابل پیش‌بینی بودن یا تردید برخوردار است از ماهیت نمونه را برطرف کند. تلاش‌های نسبتاً کمی برای نمونه‌برداری در مقایسه با آنالیز مجاز به کار رفته برای این روش مورد نیاز است. نمونه‌هایی که آنالیز نشده‌اند، به عنوان نمونه‌های آرشیو<sup>۱</sup> نگهداری می‌شوند. تعداد نمونه‌های تماس که قرار است برداشته شود به هدف اندازه‌گیری بستگی دارد. به عنوان مثال اگر مناطق، از نظر اندازه‌گیری‌های رو به کاهشی، مناطقی تمیز محسوب شوند، پس تعداد و توزیع فضایی نمونه‌های تماس، از نظر آزمون نمونه تصادفی جهت ارزیابی روش تمیزکاری، بزرگتر خواهد بود.

ذرات بارگذاری‌شده بر سطح با گرد و غبار، عموماً همگن نیست. به ویژه، اگر منابع آلودگی فیبری نزدیک باشند، در این زمان، بارگذاری ذره‌ای با توجه به فاصله، جهت جریان هوا و اندازه ذرات منتشرشده، بسیار متفاوت خواهد بود. تعداد متفاوتی از نمونه‌ها برای ارزیابی شرایط با توجه به سوالات پرسیده شده مورد نیاز است (به جدول ۳ مراجعه کنید).

1 - Archived samples

تعداد نمونه‌ها به موارد دیگر روی سطح مورد آنالیز بستگی دارد. جدول ۲ فهرستی از حداقل تعداد نمونه‌هایی را که در یک اتاق با توجه به فضای کف آن به دست آمده، نشان می‌دهد.

جدول ۲- حداقل تعداد نمونه‌ها به ازای فضا با توجه به مساحت کف زمین

حداقل تعداد نمونه‌ها	مساحت $m^2$
۳	<۳۰
۵	۳۰ تا ۱۰۰
۷	۱۰۰ تا ۵۰۰
۱۰	۵۰۰ تا ۱۰۰۰
>۱۰	>۱۰۰۰

یادآوری- در منبع ۷ کتاب‌نامه، تعداد نمونه‌های مورد نیاز برای مقایسه دو محیط به عنوان تابعی از اختلاف پیش‌بینی شده در بارگذاری سطح، بر اساس آمار محاسبه شده است.

#### ۴-۷ الزامات روی سطح نمونه‌برداری شده

نمونه‌برداری فقط می‌تواند روی سطوح خشک انجام شود. در حین نمونه‌برداری، اطمینان حاصل کنید که محیط نمونه‌برداری در تماس با کل سطح نمونه قرار می‌گیرد. این روش، فقط می‌تواند روی سطوح نسبتاً صاف، به ویژه در صورت استفاده از ماده چسبنده صلب (به‌عنوان مثال، پدهای کربنی روی پایه SEM) به کار رود. هنگام نمونه‌برداری از سطوح مواد ساختمانی مانند بتن ممکن است سوراخ‌ها یا حفراتی درون منطقه نمونه‌برداری شده به وجود آید. توصیه می‌شود تا حد امکان از ایجاد سوراخ یا حفره جلوگیری شود. سطوح زیر برای نمونه‌برداری با این روش کمتر مناسبند.

#### ۵-۷ روش نمونه‌برداری

##### ۱-۵-۷ اندازه نمونه

مساحت حداقل  $1\text{ cm}^2$  باید با محیط نمونه‌برداری پوشیده شود. آماده‌سازی همه سطح چسب با بارگذاری ذره‌ای به‌منظور بررسی SEM بهتر است امکان پذیر باشد.



۲-۵-۷ روش

۱-۲-۵-۷ لایه‌های غیر قابل رویت یا نازک گرد و غبار

به منظور آنالیز گرد و غبار ته‌نشین شده، محیط نمونه‌برداری با چسب روی محل نمونه‌برداری فشرده شده و سپس با دقت جدا می‌شود. به منظور اطمینان از یک ارجاع متقابل<sup>۱</sup> واضح به نقطه نمونه‌برداری، محیط نمونه‌برداری فقط یک بار می‌تواند روی محل نمونه‌برداری فشرده شود. از انجام حرکات کشیدنی هنگام برداشتن آزمون تماس باید اجتناب کرد. اگر از نوار چسب به عنوان محیط نمونه‌برداری استفاده می‌شود، باریکه‌ای با طول تقریباً ۵ cm از رول بریده می‌شود پس از جدا کردن لایه محافظ نوارچسب، باریکه، روی نقطه نمونه‌برداری فشرده شده و دوباره برداشته می‌شود. بهتر است در حین نمونه‌برداری دقت شود که نوار چسب تغییر شکل ندهد.

سپس باریکه در ظرف انتقال قرار داده می‌شود. یک ظرف گرد شفاف با قطر تقریبی ۷۰ mm و ارتفاع حداقل ۱۰ mm برای این کار مناسب می‌باشد. باریکه با خم کردن دو انتهای آن به ته ظرف چسبانده می‌شود به گونه‌ای که سطح جمع‌آوری، در معرض تماس قرار می‌گیرد. سپس نوار به پایین فشرده شده تا هیچ تماسی با سرپوش ظرف نداشته باشد. زمانی که از پدهای<sup>۲</sup> کربنی روی سینی‌های نمونه‌برداری استفاده می‌شود، بهتر است جابجایی در یکی از ظروف انتقال پیشنهادی توسط سازنده، انجام شود. سینی نمونه‌برداری معمولاً روی پایه ظرف قرار گرفته، سپس یک هود شفاف به عنوان پوشش محافظتی بالای آن نصب می‌شود.

هنگام جابجایی نمونه‌ها باید اطمینان حاصل شود که هیچ تغییری در بارگذاری ذره‌ای نمونه در نتیجه تماس نمونه با ظرف انتقال ایجاد نشود.

یک روش احتمالی دیگر برای جابجایی، بسته‌بندی کردن نمونه در یک پاکت شامل دو جزء مختلف است. به عنوان مثال، یک سمت می‌تواند برچسب و جزء دوم کاغذ با روکش پلاستیکی (بدون چسب) باشد. هر دو جزء به صورت واضح بزرگتر از نوارچسب هستند. نمونه نوار طوری در پاکت قرار می‌گیرد که قسمت چسبیده با جزء غیر چسبیده، جزء با روکش پلاستیکی در تماس باشد. سپس پاکت با فشار دو جزء با یکدیگر بسته می‌شود. هنگام استفاده از این روش اطمینان حاصل کنید که قسمت قابل توجهی از لایه گرد و غبار برای آنالیز به جزء با روکش پلاستیکی نچسبد.

توصیه می‌شود نمونه، به طور مستقیم روی ظرف یا با یک برچسب با دوام روی آن، به صورت واضح برچسب‌گذاری شود. حروف باید بادوام (ضد آب) باشند.

۲-۲-۵-۷ لایه‌های ضخیم‌تر گرد و غبار

استفاده از یک روش متفاوت برای نمونه‌برداری، به منظور تعیین مقدار فیبری لایه‌های سنگین‌تر گرد و غبار و برای ثبت میزان ته‌نشینی گرد و غبار در طول زمان، ضروری است. چندین قطعه از محیط نمونه برای یک

1 -Cross reference

2 -Pad

آنالیز جهت مستندسازی لایه گرد و غبار مورد نیاز است. تعدادی از نمونه‌ها به سمت ضخامت لایه گرد و غبار هدایت می‌شوند. نمونه‌برداری در یک نقطه چندین بار تکرار می‌شود تا جایی که همه گرد و غبار جمع‌آوری شوند. توصیه می‌شود هر قطعه از محیط به مدت کوتاهی فقط یک بار در نقطه نمونه‌برداری فشرده شود.

#### ۶-۷ گزارش نمونه‌برداری

گزارش نمونه‌برداری باید حداقل شامل آگاهی‌های زیر برای هر نمونه باشد:

- شناسه‌گذاری نمونه؛
  - توصیف دقیق نقطه نمونه برداری برای هر نمونه:
  - ۱- ساختمان؛
  - ۲- اتاق و اندازه اتاق (مساحت کف)؛
  - ۳- موقعیت در اتاق (عمودی / افقی)؛
  - ۴- نوع سطح (ماده، ساختار).
- در صورتی که اطلاعات بالا برای مستندسازی همه جزییات نمونه کافی نباشد، یک نمودار تکمیلی تهیه کرده، از نقشه ساختمان عکس گرفته یا یادداشت برداری کنید.
- تاریخ نمونه‌برداری؛
  - نام فرد نمونه‌بردار؛
  - هدف اندازه‌گیری (مطابق با جدول ۱) و
  - دلایل انتخاب نقاط نمونه‌برداری.
- اگر اطلاعات مرتبط دیگری نیز برای نمونه موجود است، آنها را هم در گزارش نمونه‌برداری ثبت کنید.

نمونه برداری طبق این استاندارد ملی		
تاریخ	نام: -----	
ساختمان:	-----	
هدف اندازه گیری:	-----	
شماره نمونه / نام اختصاصی:	-----	
موقعیت (افقی/عمودی):	نوع سطح: -----	
اتاق:	مساحت کف اتاق: -----	
<input type="checkbox"/> نقشه	<input type="checkbox"/> نمودار	<input type="checkbox"/> عکس
سایر اطلاعات: ( به طور مثال . دلیل انتخاب نقطه نمونه برداری)		

شکل ۱- مثالی از یک گزارش نمونه برداری

۸ آنالیز SEM

۱-۸ تنظیم SEM

۱-۱-۸ بزرگ‌نمایی و ولتاژ شتاب‌دهنده

شمارش ساختار فیبری با استفاده از دو بزرگ‌نمایی مختلف انجام می‌شود. بزرگ‌نمایی کوچک‌تر در محدوده ۳۰۰ تا ۴۰۰ برابر می‌باشد. بزرگ‌نمایی بزرگ‌تر نیز ۱۰۰۰ برابر می‌باشد.

برای شناسایی توسط EDXA احتمالاً یک بزرگ‌نمایی بزرگ‌تر (۵۰۰۰ برابر یا بیشتر) بسته به عرض ساختار، مورد نیاز است. ولتاژ شتاب‌دهنده برای SEM هم برای شمارش و هم برای EDXA برابر با ۱۵ kV تا ۲۰ kV است.

SEM را چنان تنظیم کنید که فیبرهایی با عرض تقریباً  $0.2 \mu\text{m}$  در بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ برابر قابل رویت باشند (به پیوسته ب مراجعه شود).

هنگام شمارش ساختارهای آزیستی، نمونه نباید با زاویه بزرگ‌تر از  $20^\circ$  خم شود.

## ۸-۲ روش آزمون

### ۸-۲-۱ آماده‌سازی آزمون

زمانی که از نوار چسب استفاده می‌شود، بارگذاری ذره ای قسمتی از نوار استفاده شده برای نمونه‌برداری ابتدا زیر استریومیکروسکوپ بررسی می‌شود تا مشخص شود که آیا همگنی نمونه رضایت‌بخش بوده است.

قسمتی با حداقل طول ۱ cm انتخاب می‌شود، در صورت نیاز با استفاده از قیچی آماده‌سازی، برش داده شده و روی یک پایه آماده نصب می‌شود. بسته به هدف اندازه‌گیری، خاکسترسازی پلاسمایی نمونه را به منظور حذف هرگونه ماده آلی می‌توان در صورت نیاز انجام داد. سپس نمونه با طلا یا کربن پوشش‌دهی می‌شود.

**یادآوری-** هنگام پوشش‌دهی نمونه‌ها با کربن یا طلا باید توجه شود که نمونه تا حدی گرم نشود که منجر به ذوب شدن چسب شود. پس از پوشش‌دهی، شبکه‌ای از ترک‌ها<sup>۱</sup> (ترک‌های ریز)<sup>۲</sup> را می‌توان به صورت جزئی روی سطح مشاهده کرد. این مسئله می‌تواند آنالیز را مشکل‌تر کند، اما به شرطی که لایه چسب به طرز قابل توجهی با ابرگرمایش تغییر نکند، معمولاً اهمیت چندانی ندارد.

### ۸-۲-۲ آزمون SEM

#### ۸-۲-۲-۱ مساحت نمونه مورد بررسی

در ابتدا، حداقل ۱۰ mm<sup>2</sup> از سطح آزمون (حداقل ۲۵ زمینه تصویر) برای ساختارهای فیبری در بزرگ‌نمایی کوچک‌تر از (۳۰۰ تا ۴۰۰ برابر) بررسی می‌شود. پس از آن، ۱ mm<sup>2</sup> از سطح نمونه در بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ برابر آنالیز می‌شود. آنالیز را زمانی می‌توان متوقف کرد که ۶۰ ساختار فیبری توزین شده پیدا شده باشد (به بند ۹ مراجعه شود). ساختارهای فیبری که تحت بزرگ‌نمایی بالاتر (EDXA) دیده می‌شوند و ساختارهایی با طول کم‌تر از ۵ μm، شمارش نمی‌شوند. زمینه‌های تصویر مورد بررسی باید به صورت تصادفی از کل سطح نمونه تماس (تقریباً ۱ cm<sup>2</sup>) انتخاب شوند، درحالی‌که از همپوشانی زمینه تصاویر جلوگیری می‌شود.

#### ۸-۲-۲-۲ قوانین شمارش ساختار فیبری

- همه ساختارهای فیبری (شامل فیبرهای قابل رویت نوع جستجو شده برای (آزیست یا MMVF)) شمارش شده و به چهار دسته فیبر مجزا، کلاف فیبر، خوشه فیبر و بافت فیبر طبقه‌بندی می‌شوند (به بند ۳ مراجعه شود).

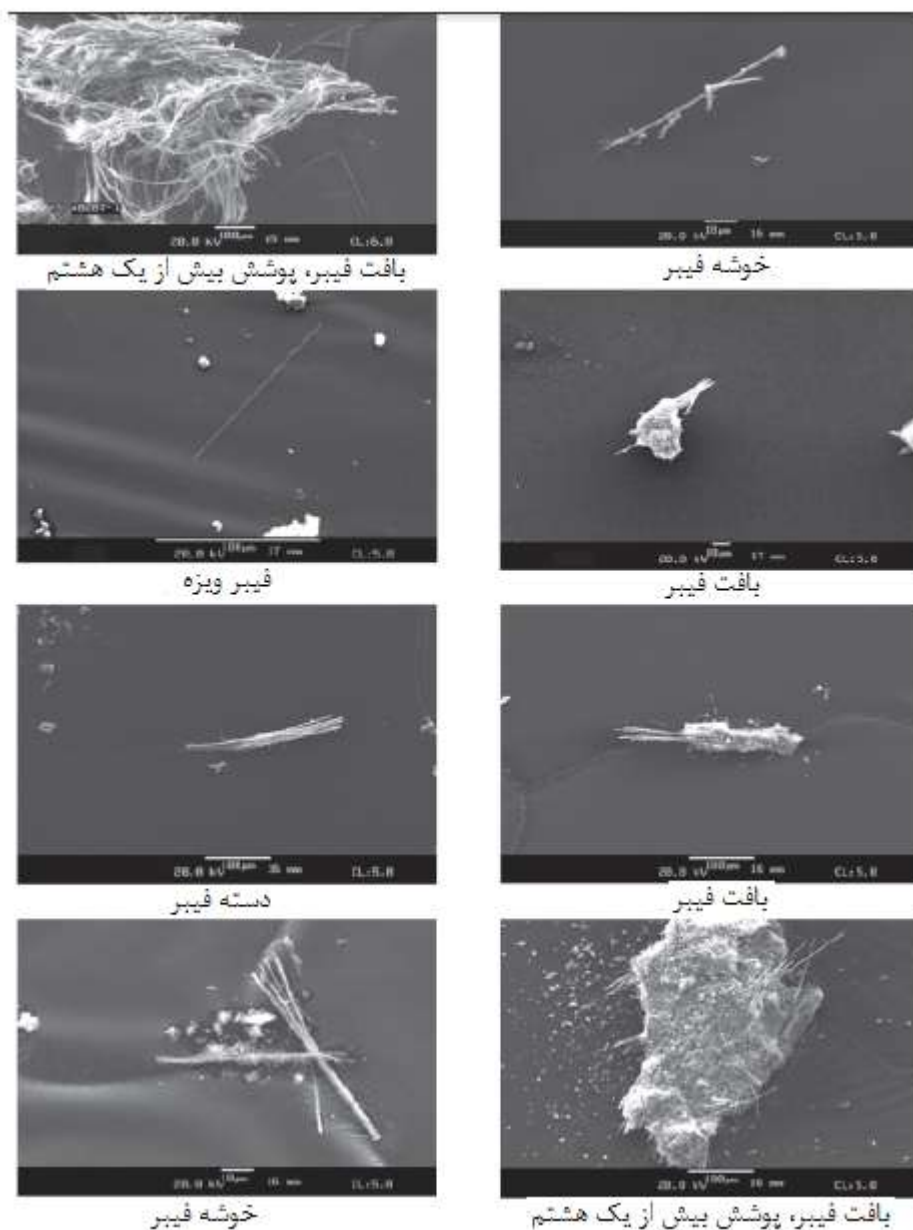
- اگر یک ساختار فیبری، بیش از یک هشتم زمینه تصویر را بپوشاند، این امر باید در فرم شمارش فیبر گزارش شود.

---

1- Craquelure

2- Crazing

- همه ساختارهای فیبری فراتر از تصویر زمینه شمارش می‌شوند.  
یادآوری - اندازه‌بندی (طول به عرض) ساختارهای (آزبستی) شمارش شده را می‌توان انجام داد اما الزامی نیست.



شکل ۲- مثال‌هایی از کاربرد قوانین شمارش فیبر

### ۳-۸ طبقه‌بندی فیبر به وسیله EDXA

#### ۱-۳-۸ معیار طبقه‌بندی کلی

فیبرها به وسیله طیف‌های EDXA طبقه‌بندی می‌شوند. اول، ارتفاع‌های پیک (P) و سطح پس‌زمینه (B) با استفاده از نسبت زیر ارزیابی می‌شوند:

$(P + B)/B$  و اختصاص یافتن به یکی از سه طبقه زیر:

- طبقه A:  $(P + B)/B \geq 4$

- طبقه B:  $2 \leq (P + B)/B < 4$

- طبقه C:  $(P + B)/B < 2$  و به طور قابل توجهی آشکار شده ( $P > 3\sqrt{B}$ )

در صورتی که طیف EDXA شامل یک علامت از دسته A یا B باشد، با احتساب فقط عناصر با عدد اتمی حداقل ۱۱ (به عنوان مثال از Na به بعد)، فیبرها در دسته فیبرهای معدنی جای می گیرند.

یادآوری - اعداد آورده شده در بالا برای نسبت  $(P + B)/B$  به قدرت تفکیک انرژی آشکارساز بستگی دارد. برای قدرت های تفکیک 130 eV یا کمتر، می توان از ۶ به جای ۴ و از ۳ به جای ۲ استفاده کرد.

معیارهای موجود در جدول ۵ برای تفسیر طیف به کار می رود. بر اساس این معیارها، تمایز فقط بین فیبرهای سیلیکاتی با طیف های شبه کریزوتایل یا شبه آمفیبول و دیگر طبقه بندی های فیبر که در بالا اشاره شده، امکان پذیر است.

### جدول ۳- معیارهای تفسیر طیف EDXA

معیار	طبقه فیبر
پیک های Mg یا Si: دسته A یا B پیک های Al, Mn, Fe: دسته C (پیک های بعدی مانند: Ca, Cl با توجه به مواد چسبیده یا مجاور امکان پذیر هستند)	کریزوتایل <sup>a</sup>
پیک های Fe یا Si: دسته A یا B پیک های Mg, Mn, Na: دسته C ممکن (پیک های بعدی مانند: Ca, Cl با توجه به مواد چسبیده یا مجاور امکان پذیر هستند)	آزبست آمفیبول <sup>b</sup> (آموزیت <sup>۱</sup> ، کروسیدولیت)
حضور پیک های متمایز S و Ca (در صورتی که کلسیم سولفات از نظر شیمیایی خالص نباشد، امکان وجود پیک های دیگر نیز هست)	کلسیم سولفات (سنگ گچ)
فیبرهایی با یک طیف که معیارهای بالا را برآورده نکند، اما شامل حداقل یک پیک عنصری از دسته های A یا B با عدد اتمی بالای 11 باشد.	دیگر فیبرهای معدنی
فیبرهایی با یک طیف که هیچ پیک عنصری از دسته A یا B را برای عدد اتمی حداقل ۱۱ ( $Z \geq 11$ ) نداشته باشد.	فیبرهای آلی
<sup>a</sup> این معیار همچنین توسط آزبست های آمفیبول آنتوفیلیت و فیبرهای تالک که عموماً به خاطر نسبت پایین Mg/Si از کریزوتایل قابل تمایز هستند، برآورده می شود.	

<sup>b</sup> اگر انواع آزمون‌های آمفیبول حاوی Ca، اکتینولیت و ترمولیت در نمونه وجود دارد، توصیه می‌شود توجه کنید که پیک Ca باید به صورت قطعی در دسته A یا B باشد و Mg (ترمولیت) ممکن است علاوه بر Fe یا به جای آن (اکتینولیت) پیک دهد. اگر آنتوفیلیت موجود باشد، در نوع غنی از منیزیم یک پیک A یا B باید برای Si یا Mg حضور داشته باشد. سپس فقط Fe به عنوان جز فرعی پیک می‌دهد. مقدار Mg با افزایش مقدار Fe کاهش می‌یابد. به طور کلی لازم به ذکر است که انواع آزمون‌های آمفیبول شامل ترمولیت، اکتینولیت و آنتوفیلیت فقط در مقدار کم در محصولات صنعتی به کار می‌روند. فیبرهایی که نسبت Mg/Si به صورت متمایزی پایین‌تر از کریزوتایل است، می‌توانند ذرات تالک فیبری یا فیبرهای آنتوفیلیت آزمون‌های آمفیبول باشند. تمایز بین کریزوتایل و تالک یا آنتوفیلیت با استفاده از آنالیز عنصری کمی امکان‌پذیر می‌باشد. فیبرهای تالک و آنتوفیلیت را می‌توان بر اساس اختلاف در ساختار کریستالی آن‌ها با پراش الکترونی به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی با اطمینان از هم تمیز داد.

تشخیص این مسئله اهمیت دارد که در طول اکتساب یک طیف EDXA از یک فیبر، پراکندگی پرتو الکترونی ممکن است به نشر اشعه ایکس از ذرات چسبیده شده به فیبر یا در مجاورت با فیبر مورد آنالیز منجر شود. بنابراین، طیف EDXA بدست آمده ممکن است شامل بخشی از این ذرات بوده و طیف آن ممکن است شامل پیک‌های اشعه ایکس از عناصری باشد که در گونه‌های مختلف آزمون‌های وجود ندارند. در این موارد، بهتر است تلاش شود تا به‌منظور به حداقل رساندن سهم ذرات دیگر، طیف EDXA تا حد امکان از چندین موقعیت روی فیبر و دور از ذرات یا فیبرهای چسبیده یا مجاور کسب شود.

#### ۸-۳-۲ معیارهای طبقه‌بندی اضافی برای گونه‌های آزمون‌های

##### ۸-۳-۲-۱ سرپنتین<sup>۱</sup> (کریزوتایل)

یک فیبر در صورتی به‌عنوان سرپنتین (کریزوتایل) طبقه‌بندی می‌شود که:

الف- پیک‌های Mg و Si شفاف باشند، با  $(P + B)/B > 2$ ؛

ب- هر کدام از پیک‌های Fe، Mn و Al کوچک باشند، با  $P/B < 1$ .

یادآوری ۱- با توجه به ترکیب ذرات چسبیده یا مجاور، سایر پیک‌ها مانند Ca یا Cl نیز ممکن است قابل رویت باشند.

یادآوری ۲- آنتوفیلیت و تالک هر دو منجر به طیف EDXA می‌شوند که مطابق با این خصوصیات است، اما نسبت ارتفاع پیک Mg/Si برای این دو ماده معدنی کمتر از سرپنتین می‌باشد. به منظور جلوگیری از طبقه‌بندی نادرست تالک یا آنتوفیلیت به‌عنوان سرپنتین، اهمیت دارد که نسبت ارتفاع پیک Mg/Si در نظر گرفته شود و آشکارساز EDXA با استفاده از نمونه‌های معلومی از سرپنتین و تالک واسنجی شود.

##### ۸-۳-۲-۲ آموزیت

یک فیبر در صورتی به‌عنوان آموزیت طبقه‌بندی می‌شود که:

1 - Serpentine

الف- پیک‌های Si و Fe واضح باشند، با  $(P + B)/B > 2$ ؛

ب- هر کدام از پیک‌های Na، Mg و Mn کوچک باشند.

یادآوری- بسته به ترکیب ذرات چسبیده یا مجاور، سایر پیک‌ها مانند Ca یا Cl نیز ممکن است قابل رویت باشند.

#### ۳-۲-۳-۸ کروسیدولیت

یک فیبر در صورتی به عنوان کروسیدولیت طبقه بندی می‌شود که:

الف- پیک‌های Na، Si و Fe واضح باشند، با  $(P + B)/B > 2$ ؛

ب- هر کدام از پیک‌های Mg و Mn کوچک باشند و  $P/B < 1$ .

یادآوری- بسته به ترکیب ذرات چسبیده یا مجاور، سایر پیک‌ها مانند Ca یا Cl ممکن است قابل رویت باشند.

#### ۴-۲-۳-۸ ترمولیت<sup>۱</sup> یا اکتینولیت<sup>۲</sup>

یک فیبر در صورتی به عنوان ترمولیت یا اکتینولیت طبقه بندی می‌شود که:

الف- پیک‌های Mg و Si و Ca واضح باشند، با  $(P + B)/B > 2$ ؛

ب- یک پیک Fe وجود داشته باشد اما هر گونه پیک Na ضعیف باشد و  $P/B < 1$ .

یادآوری- بسته به ترکیب ذرات چسبیده یا مجاور، سایر پیک‌ها مانند Ca یا Cl ممکن است قابل رویت باشند.

#### ۵-۲-۳-۸ آنتوفیلیت یا تالک

یک فیبر در صورتی به عنوان آنتوفیلیت یا تالک طبقه بندی می‌شود که:

الف- پیک‌های Mg و Si واضح باشند، با  $(P + B)/B > 2$ ؛

ب- نسبت ارتفاع پیک (مساحت) Mg/Si مطابق با ارتفاع پیک (مساحت) فیبرهای مرجع آنتوفیلیت یا تالک باشد و هر گونه پیک‌های Fe و Ca کوچک باشند.

یادآوری- در هنگام استفاده از دیگر معیارهای تجزیه‌ای شناسایی به نکات ارائه شده در جدول ۳ مراجعه کنید.

#### ۶-۲-۳-۸ طیف EDXA مرجع از استانداردهای گونه‌های آزبستی

برای هر فیبر خاص، ارتفاع نسبی پیک‌ها در طیف EDXA با توجه به مشخصات آشکارساز اشعه ایکس تغییر می‌کند. به ویژه، کارایی آشکارسازی پیک‌های اشعه ایکس از عناصر با عدد اتمی پایین برای آشکارسازهای با پنجره‌های فوق نازک<sup>۳</sup> بیشتر از آشکارسازهای با پنجره بریلیومی استاندارد<sup>۱</sup> می‌باشد. به دلیل این که هر

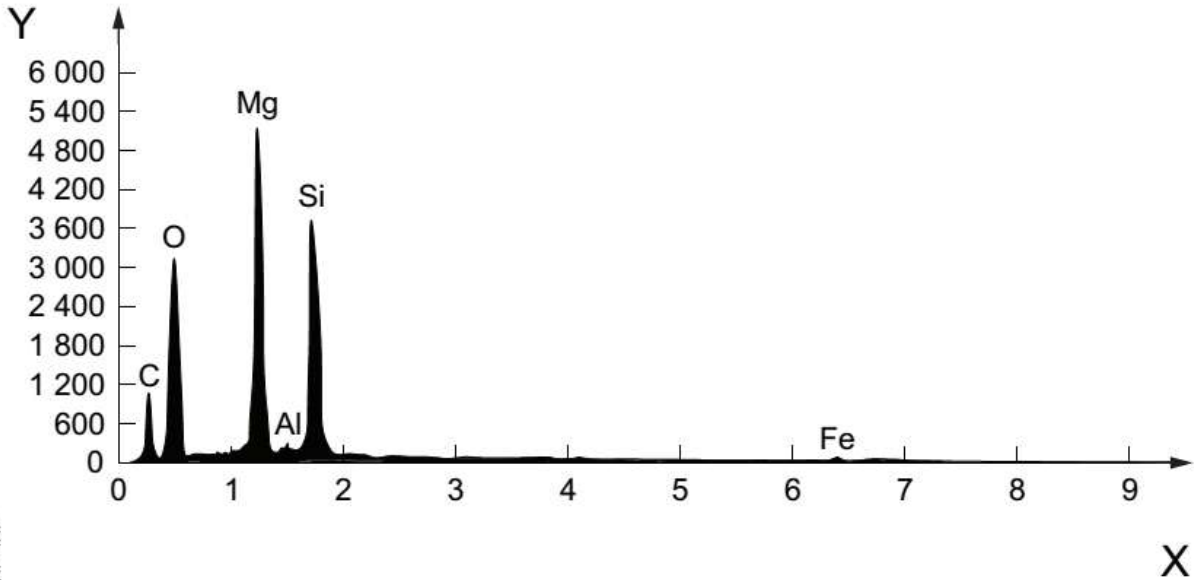
1- Tremolite

2- Actinolite

3- Ultra-thin window detectors

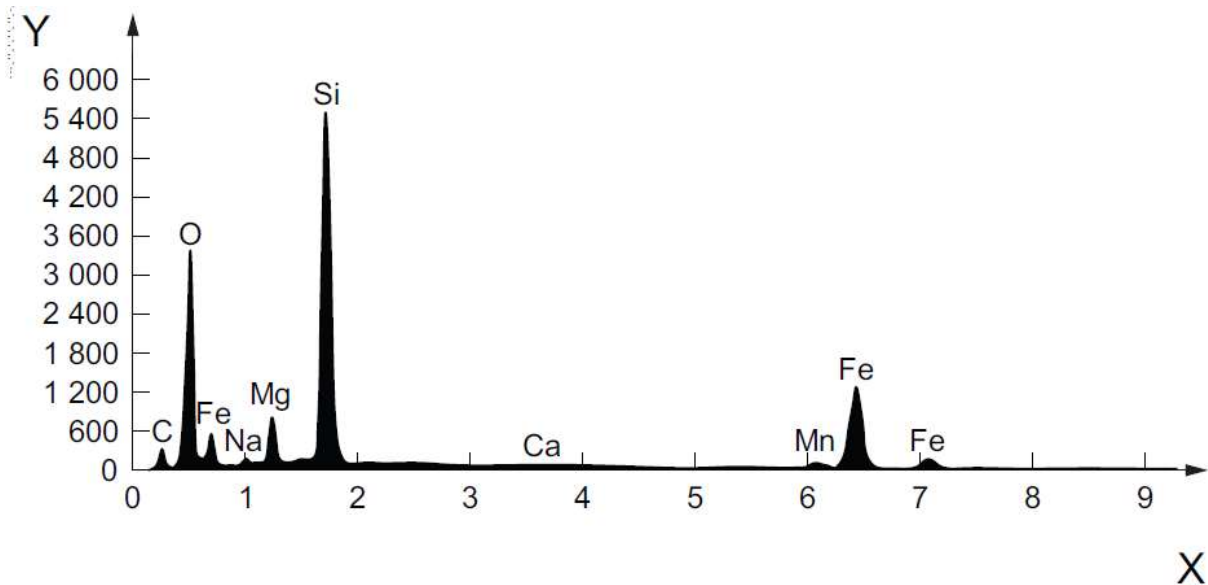


آشکارساز EDXA، کارایی متفاوتی دارد، تهیه یک طیف مرجع برای هر سامانه SEM-EDXA با استفاده از استانداردهای گونه‌های آزیستی ضروری می‌باشد. مجموعه‌ای از چنین طیف‌هایی که با استفاده از آشکارساز با پنجره فوق نازک گردآوری شده‌اند، در مثال‌های شکل ۳ آمده است. این طیف‌ها برای اهداف مقایسه‌ای در طبقه‌بندی فیبرها به کار می‌روند. از آنجایی که عملکرد آشکارساز EDXA ممکن است با زمان تغییر کند، طیف‌های مرجع جدید باید در فواصل زمانی مناسب و به‌ویژه پس از انجام هرگونه تعمیرات آشکارساز تهیه شوند.



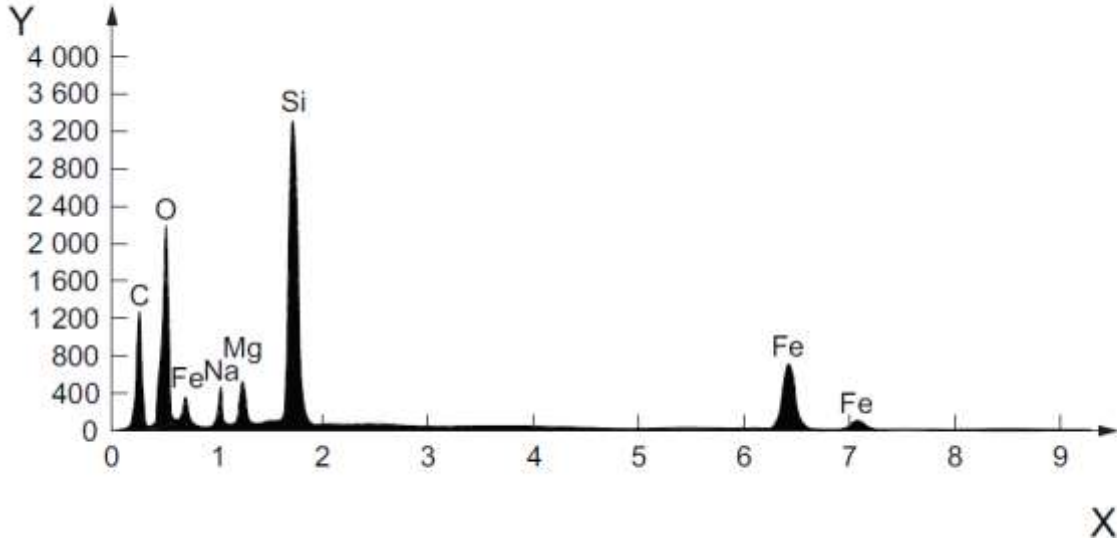
الف) کریزوتایل (بدون پوشش‌دهی طلا)

شکل ۳- طیف EDXA حاصل از فیبر گونه‌های آزیستی مرجع



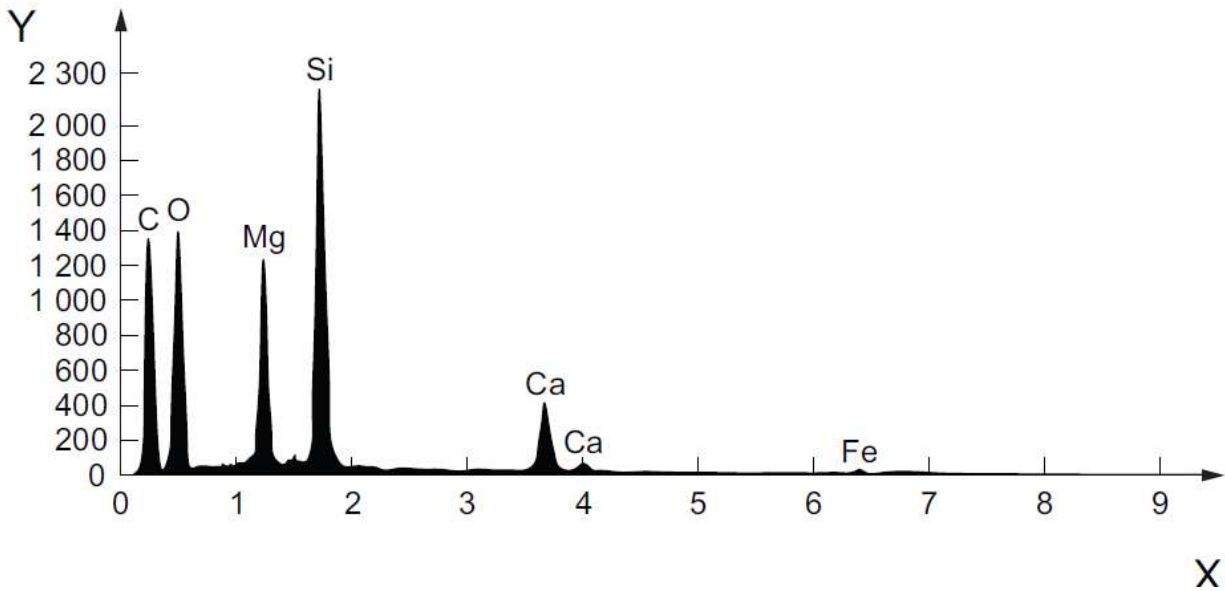
1- Standard beryllium

(ب) آموزیت (بدون پوشش دهی طلا)

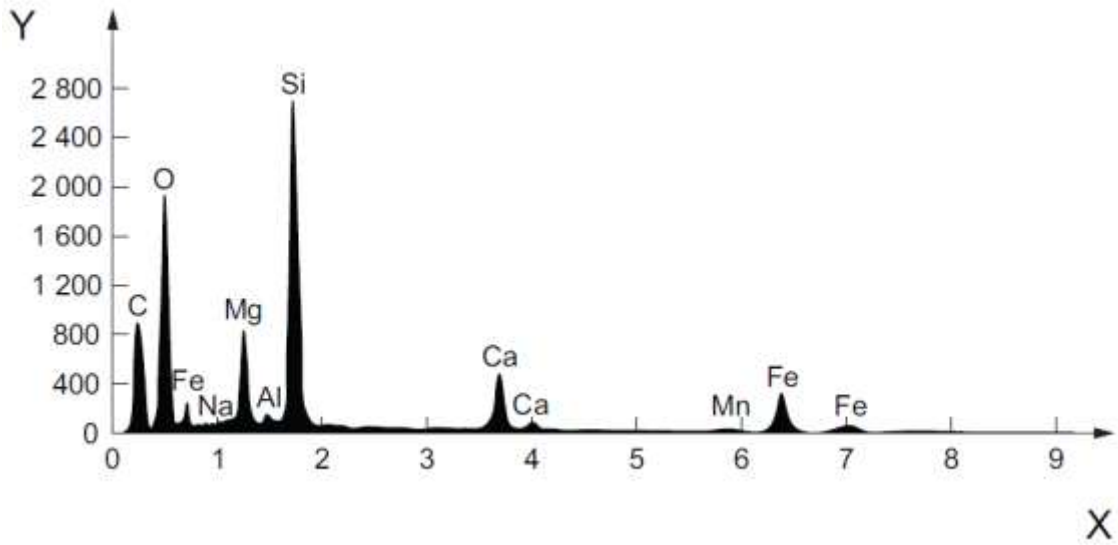


(پ) کروسیدولیت (بدون پوشش دهی طلا)

شکل ۳- طیف EDXA حاصل از فیبر گونه‌های آزبستی مرجع (ادامه)

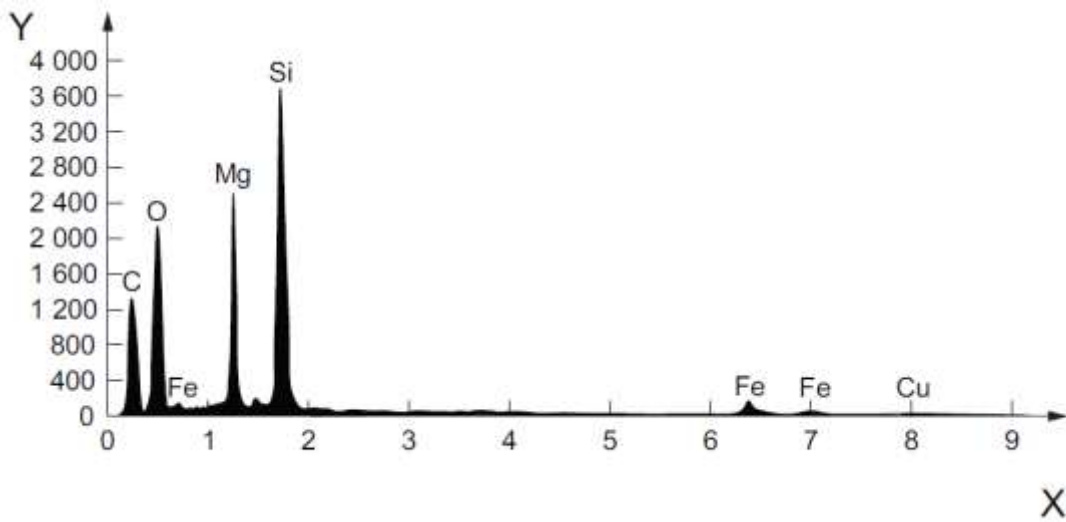


(ت) ترمولیت (بدون پوشش دهی طلا)



ث) آکتینولیت (بدون پوشش دهی طلا)

شکل ۳- طیف EDXA حاصل از فیبر گونه‌های آزبستی مرجع (ادامه)



ج) آنتوفیلیت (بدون پوشش دهی طلا)

راهنما:

keV X

تعداد Y

شکل ۳- طیف EDXA حاصل از فیبر گونه‌های آزبستی مرجع (ادامه)

### ۸-۳-۲-۷ اقدامات احتیاطی اضافی در طول اکتساب طیف EDXA

در طول اکتساب طیف EDXA باید اطمینان حاصل شود که پرتو الکترونی پایدار باشد، نقطه برخورد روی ساختار قرار داشته و پرتو در طول آنالیز از روی ساختار منحرف نشود. همچنین لازم است جهت تهیه طیفی از ساختار با حداقل تداخل، اطمینان حاصل شود که نقطه برخورد پرتو الکترونی تا حد امکان از فیبرها و/یا ذرات چسبیده یا مجاور دور است. در بعضی موارد طبقه‌بندی یک ساختار به صورت غیر مبهم امکان پذیر نیست. این امر می‌تواند به دلیل تداخل با سایر ذرات یا فیبرها یا به دلیل نامناسب بودن نسبت‌های پیک به زمینه باشد. زمانی که این اتفاق می‌افتد، اطلاعات مربوط به این ساختارها با یک ستاره مشخص شده و روی فرم شمارش ساختار به علت آن اشاره می‌شود.

### ۸-۳-۳-۳ طبقه‌بندی دیفرانسیلی سایر فیبرها

#### ۸-۳-۳-۱-۱ فیبرهای محصول معدنی

فقط در صورتی می‌توان فیبرها را به‌عنوان فیبرهای محصول طبقه‌بندی کرد که منشأ آن فیبرها را بتوان به محصولی که در مجاورت منطقه نمونه‌برداری حضور دارد، نسبت داد. برای این منظور ضروری است که طیف فیبرهای روی صافی به طور قابل ملاحظه‌ای با طیف محصول مطابقت داشته باشد.

برای تهیه شاهد باید یک نمونه از ماده توده مطابق با استاندارد ISO-19643 برداشته شود. طیف‌های EDXA چند فیبر نازک برداشته شده از مکان‌های مختلف از این نمونه توده‌ای باید با هم مقایسه شوند. اگر یک طیف نسبتاً یکنواخت با پیک‌های عنصری هم‌زمان و الگوهای شدت تشخیص داده شود، فهرستی از عناصر مشخصه را می‌توان از این طیف‌ها استخراج کرد. فهرست حاصل از عناصر مشخصه یافت شده در فیبرهای ماده، در اصل می‌تواند برای طبقه‌بندی فیبرها روی صافی جمع‌آوری نمونه‌ها به کار رود.

برای تخصیص به‌عنوان فیبرهای محصول، طیف‌های عنصری برای ۱۰ فیبر نازک در یک آزمون پراکنده از هر نمونه ماده، گزارش شده است. یک عنصر در فهرست عناصر در صورتی در محصول در دسته A جای می‌گیرد که در بیش از ۸ فیبر از این ۱۰ فیبر با نسبت علامت/ پس‌زمینه حداقل ۳ به ۱ باشد. اگر این عنصر در بیش از ۶ فیبر در دسته A یا B تشخیص داده شود یعنی با نسبت علامت/ پس‌زمینه حداقل ۱ به ۱ باشد، اما شرایط طبقه‌بندی به‌عنوان عنصر A را نداشته باشد، به‌عنوان عنصر B شناخته می‌شود.

با توجه به مقایسه طیف‌های روی صافی‌های جمع‌آوری نمونه روش زیر توصیه می‌شود:

در فهرست عناصر فیبرهای محصول هر پیک عنصری بسته به رابطه  $(P + B)/B$  در یکی از دسته‌های A، B و C طبقه‌بندی می‌شود. بر اساس این طرح طبقه‌بندی فیبرهای حاصل از نمونه هوا و نسبت داده شده به دسته " فیبرهای معدنی دیگر " در صورتی می‌توانند به‌عنوان فیبر محصول طبقه‌بندی شوند که طیف EDXA با شرایط زیر مطابقت داشته باشد:

الف) عناصری که پیک‌های آنها به دسته A در طیف مرجع نسبت داده شده است باید توسط یک الگوی شدت طبق دسته B آشکارسازی شوند.

ب) حداقل یک سوم عناصری که به دسته B در طیف مرجع نسبت داده می‌شوند، باید آشکارسازی شود. اگر کمتر از سه عنصر در طیف مرجع ماده توده آشکارسازی شوند، فیبر به‌عنوان یک فیبر محصول طبقه‌بندی می‌شود، حتی اگر هیچ‌کدام از سه عنصر به دسته B نسبت داده نشده باشند. البته حداقل یک عنصر باید مطابق معیار دسته C باشد. به‌عنوان مثال، طیف EDXA یک فیبر شیشه‌ای حاصل از نمونه توده ممکن، عناصر Na، Mg، Al، Si، K و Ca را نشان دهد، در حالی که پیک Na یا همچنین پیک‌های Al یا Mg ممکن است، از دست رفته شود. در هر موردی پیک‌های متمایز Ca و Si آشکارسازی می‌شوند.

ویژگی معیار بالا برای طبقه‌بندی (سایر فیبرهای معدنی) به عنوان فیبرهای محصول، قراردادی بوده که می‌تواند منجر به تخمین بیش از حد یا تخمین کمتر از حد غلظت واقعی فیبر محصول شود.

### ۸-۳-۲ فیبرهای آلی

تفاوت قائل شدن بین انواع مختلف فیبرهای آلی امکان‌پذیر نیست. اطلاعات قبلی در این مورد ضروری است. این امر در بعضی شرایط در صورتی می‌تواند مفید باشد که مواد اصلی شناخته شده در دسترس باشند، به طوری که جنبه‌های مورفولوژیکی که می‌تواند به تخصیص به انواع تعریف شده فیبرها کمک کند، در مرجع ۸ کتاب‌نامه یافت می‌شوند.

نکات زیر باید جهت آشکارسازی فیبرهای آلی رعایت شوند:

- هیچ خاکستر سردی نباید از نمونه‌ها به وجود آید.
- ولتاژ شتاب‌دهنده مجاز باید روی نمونه واقعی آزمون شود. این امر باید در مورد فیبرهایی با عرض کمتر از  $0.2 \mu\text{m}$  تضمین شود یا در صورت عدم وجود فیبرهایی با این نازکی در نمونه، نازک‌ترین فیبرهای موجود بتواند شناسایی شوند.
- آشکارسازهای بدون پنجره یا دارای پنجره‌های بسیار نازک بهتر است به‌گونه‌ای استفاده شوند که آشکارسازی عناصر سبک از عدد اتمی برابر ۶ ( $Z = 6$ ) (کربن) به بالا امکان‌پذیر باشد. بهتر است در این رابطه دقت شود که بعضی آشکارسازهای عناصر سبک تا حد زیادی پیک نیتروژن را پایین می‌آورند.
- فیبرهایی به‌عنوان فیبرهای آلی طبقه‌بندی می‌شوند که پیک‌های اصلی در طیف EDXA عناصری با عدد اتمی کمتر از ۱۱ ( $Z < 11$ ) به ویژه C (به جز فیبرهای کربنی)، O و در صورت امکان N را نشان دهند و F، Cl یا S نیز ممکن است حضور داشته باشند.

## ۹ محاسبات و بیان نتایج

همراه با یک آنالیز کیفی خالص (فیبرهایی با یک طبقه‌بندی خاص موجود: بله و/ یا خیر) نتایج شمارش در رابطه با مساحت صافی آنالیز شده به عنوان ساختارهای فیبری به ازای هر سانتی‌متر مربع محاسبه می‌شود. برای بالاتر در نظر گرفتن احتمال رهاشدن فیبر از کلاف‌ها، خوشه‌ها و بافت‌ها، این ساختارها، به طور سنگین‌تری توزین می‌شوند (به جدول ۴ مراجعه شود).

جدول ۴- ضرایب توزین

ضریب توزین	نوع ساختار فیبری
1	فیبر مجزا
$5(10^3)$	کلاف فیبری
$5(10^3)$	خوشه فیبری
$5(10^3)$	بافت فیبری

<sup>a</sup> با پوشش یک هشتم مساحت زمینه تصویر به وسیله ساختار فیبری در بزرگ‌نمایی ۳۰۰ برابر تا ۴۰۰ برابر. یک ساختار فقط یک بار توزین می‌شود: ۱۰ یا ۵

ساختارهای فیبری توزین شده با استفاده از فرمول ۱ محاسبه می‌شوند:

$$Z_W = \frac{\sum_{i=1}^n S_{W,i}}{A} \quad (1)$$

که در آن:

$Z_W$  نتیجه شمارش توزین شده برحسب معکوس سانتی‌متر مربع؛

$S_{W,i}$  نتیجه شمارش توزین شده یک نوع ساختار فیبری مجزا  $i$ ؛

$A$  مساحت نمونه آنالیز شده برحسب سانتی‌متر مربع.

همراه با نتیجه شمارش توزین شده، تعداد ساختارهای فیبری پیدا شده و کل سطح زمینه تصویر آنالیز شده نیز بهتر است ارائه شود. این امر برای آنالیزهای بعدی (به عنوان مثال آماری) مفید است.

به دلیل تنوع قابل توجه عرض فیبر که ممکن است به‌عنوان مثال توسط ناهمگنی توزیع فیبر روی سطح مرتبط با انحرافات همزمان خالص اجتناب‌ناپذیر در آنالیز ایجاد شود، چهار طبقه شناسایی شده توسط نتیجه شمارش توزین شده، اجرا می‌شوند (به جدول ۵ مراجعه شود). آنالیز و آرایه نتایج با توجه به نوع فیبرها (آزبست، MMVF) جداگانه انجام می‌شود.

یادآوری - تعدادی از ساختارهای (توزین شده) یافت شده در دو بزرگ‌نمایی و نیز سطوح بررسی شده اضافه می‌شوند.

جدول ۵- تقسیم‌بندی به طبقه‌ها (نوع فیبر نشان دهنده آزیست، MMVF و دیگر فیبرها است)

طبقه	نتایج شمارش توزین $Z_w$ $Cm^{-2}$	آنالیز
۰	۰	هیچ نوع فیبری آشکار نشده
۱	۰ تا ۱۰۰	نوع فیبر آشکار شده
۲	۵۰۰ تا ۱۰۰۰	سطح به طور واضحی با نوع فیبر، بارگذاری شده
۳	۵۰۰۰	سطح به شدت با نوع فیبر، بارگذاری شده

به دلیل پراکندگی قابل توجهی از چگالی ساختار اندازه‌گیری شده که به طور تصادفی تحت تاثیر یا ناشی از ناهمگنی در بارگذاری سطح گرد و غبار است، استفاده از جدول فوق به جای شکل‌های چگالی ساختاری "دقیق" توصیه می‌شود. توزین ساختارها یک قرارداد است و اگر به‌عنوان مثال توسط اثرات مکانیکی بیشتر تقسیم‌بندی شوند، یک ساختار چند فیبری (به ویژه در مورد آزیست‌هایی که متحمل خطر هستند) برای تولید تعداد بیشتری فیبر در نظر گرفته می‌شود.

## ۱۰ گزارش آنالیز

گزارش آنالیز باید حداقل شامل اطلاعات زیر باشد:

- دو بزرگ‌نمایی تنظیم شده برای SEM (به‌عنوان مثال ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ برابر)؛
  - سطح نمونه آنالیز شده با بزرگ‌نمایی مشخص؛
  - شماره‌های زمینه تصویر ساختارهای فیبری یافت شده و مشخصات شناسایی مربوطه (ساختار فیبری، آزیست آمفیبول، کریزوتایل، MMVF)
- یادآوری- اگر در یک ساختار فیبری انواع مختلف آزیستی پیدا شود، این ساختار باید به‌عنوان فقط یک نوع آزیست ثبت شود یا یک توضیح مناسب باید در ستون ملاحظات درج شود. این امر از شمارش مجدد ساختار فیبری جلوگیری می‌کند.
- مثالی از یک پروتکل شمارش در پیوست الف آورده شده است.

## ۱۱ عدم قطعیت اندازه‌گیری

## ۱-۱۱ کلیات

تجربه نشان می‌دهد که بررسی سطوح در اتاق‌ها یا ساختمان‌هایی که در آنها هیچ محصول حاوی آزبستی وجود نداشته یا استفاده نشده است، در اکثر موارد زمانی که از روش اندازه‌گیری شرح داده شده در این استاندارد استفاده شود و غلظت آزبست هوای محیط تحت تاثیر نشر منابع در مجاورت ساختمان نیست، نتیجه "هیچ آزبستی آشکار نشده" حاصل می‌شود. دلیل این مسئله غلظت پایین آزبست معمول موجود در هوای محیط می‌باشد، بنابراین حتی سطوحی که برای مدت زمان طولانی تمیز نشده‌اند، هیچ آلودگی قابل تشخیصی را با آزبست نشان نمی‌دهند.

مقدار اندازه‌گیری شده همراه با انحراف نسبی نمونه تصادفی (زیربند ۱۱-۲) از طریق مجموعه از ضرایب نفوذی که متغیرهای آنها همیشه همراه با دقت معلوم نیست و معمولاً منجر به انحراف از مقادیر خیلی کم می‌شود، تعیین شده است. بنابراین در بعضی سطوح به عنوان مثال بتن پیش‌بینی می‌شود که زبری‌های در حد میکرو و حفرات و منافذ باعث عدم همگنی بارگذاری ذره‌ای نمونه‌ها می‌شود. همچنین فرض می‌شود که امکان جدا کردن تمام فیبرهای روی یک سطح با چسب وجود ندارد.

با این وجود، یک آشکارسازی مثبت فیبر با توجه به این دستورالعمل یک شناسایی بسیار حساس از آلودگی سطحی می‌باشد. هر دو شناساگرها و ضرایب تاثیر مستقیم<sup>۱</sup> (فیبر آلئولار<sup>۲</sup>) که به‌عنوان شناساگرهای رهاسدن فیبر بعدی و اثربخشی روش‌های تمیزکاری مفید هستند، مورد نظر می‌باشند. بنابراین یک توزین برای "ساختارهای چند فیبری" (کلاف، خوشه و بافت فیبری) معرفی شده است. این روش، آنالیز را بسیار ساده‌تر می‌کند و اطمینان می‌بخشد که مزیت مستقیم نمونه‌های تماسی یعنی سادگی نمونه‌برداری، با ضرورت تلاش‌های زیاد در آنالیز در خطر نمی‌باشد. در این مورد، بخش بزرگتر نمونه‌های تصادفی (نمونه‌های مجزا بیشتر) نسبت به دقت بیشتر نمونه مجزا، اولویت دارد.

## ۱۱-۲ انحراف نسبی نمونه تصادفی

ته‌نشینی ساختارهای فیبری روی سطح، تحت توزیع تصادفی است. انحراف نسبی اجتناب‌ناپذیر نمونه تصادفی در ساختار با انحراف مورد انتظار مربوط به اندازه‌گیری‌های هوا یکسان است.

در صورتی که یک ناحیه کوچک مشاهده می‌شود (به عنوان مثال سطح مورد آنالیز بعدی) و توالی زمانی ته‌نشینی به دوره‌های زمانی بسیار کوتاه  $t_i$  تقسیم می‌شود، پس با شروع از یک نقطه در زمان  $t_0$  (شروع ته‌نشینی)، یک ساختار در نقطه زمانی  $t_n$  ته‌نشین می‌شود و در نقطه زمانی بعدی  $t_{n+x}$  یک ساختار دیگر و به همین ترتیب ته‌نشین می‌شود. اگر نتایج حاصل از منطقه با اندازه یکسان (اندازه آزمونه) درون منطقه

1- Effect-directed indicators

2- Alveolar



بزرگ‌تر (دارای یک تهنشینی همگن) مورد بررسی، مقایسه شود، پس از یک زمان  $T$  (زمان نمونه برداری با چسب) می‌توان مشاهده کرد که تعداد ساختارهای فیبری یک توزیع پواسون<sup>۱</sup> را نشان می‌دهد. اگر فرض شود که نمونه تماس، ساختارهای فیبری را بدون ایجاد تغییرات اساسی از سطح جدا کرده است، پس متقابلاً نتیجه شمارش توزین نشده نیز توزیع پواسون را مطابق با این دستورالعمل نشان می‌دهد (به استاندارد ISO 14966 مراجعه شود) پارامترهای تاثیرگذار روی انحراف آزمون تصادفی و محاسبات فواصل اطمینان به‌طور خلاصه در پیوست پ آمده است.

### ۱۱-۳ انحرافات در آنالیز و توزین نتایج شمارش

به دلیل قواعد شمارش نسبتاً ساده برای آشکارسازی ساختارهای فیبری، انحرافات شمارش کوچک‌تر در مقایسه با آنالیز صافی می‌تواند قابل انتظار باشد (هیچ گونه محدودیت طول یا طول متوسط و هیچ گونه جداسازی ساختارهای چند فیبری به فیبرهای مجزا و اندازه‌بندی وجود ندارد). بنابراین انحراف‌ها ناشی از استفاده از دو بزرگ‌نمایی می‌باشند. در بزرگ‌نمایی کوچکتر (۳۰۰ تا ۴۰۰ برابر) انتظار می‌رود که فیبرهای مجزا با قطرهای تقریبی کمتر از  $0.6 \mu\text{m}$  آشکارسازی نشوند. ساختارهایی با آّبست‌های بزرگتر (با قطر بیشتر از  $0.6 \mu\text{m}$ ) به دلیل استفاده از بزرگ‌نمایی‌های کمتر، با بازده بالاتری شمارش می‌شوند. این امر منجر به مقدار بیشتر تمایل به توده ای شدن خواهد شد که در صورت استفاده از ضرایب توزین، تاکید شده است.

استفاده از دو بزرگ‌نمایی متفاوت با توجه به شمارش دیفرانسیلی خوشه‌ها منجر به انحراف‌هایی به علت قدرت تفکیک بهتر در بزرگ‌نمایی بالاتر می‌شود، زیرا فیبرهای مجزا می‌توانند اختلاف بیشتری از هم داشته باشند. ضرایب توزین یکنواخت در میان بقیه موارد، این مسئله را بی‌اثر می‌کند. ضرایب توزین قراردادی هستند. انحراف حاصل را نمی‌توان به‌عنوان یک نتیجه به‌طور دقیق تعیین کرد. این محدودیت از طریق طبقه‌بندی عمومی درجه آلودگی سطحی فقط به چهار طبقه محسوب می‌شود.

در مجموعه‌ای از چهار نمونه، نتایج زیر با استفاده از این روش توسط چهار آزمایشگاه از سه کشور مختلف (به جدول ۶ مراجعه شود) به‌دست آمده است.

جدول ۶- مقایسه نتایج / نتایج شمارش توزین (آّبست) / تقسیم‌بندی به طبقه ها

غلظت فیبر وزن شده (طبقه/ $\text{cm}^{-2}$ )				
نمونه	آزمایشگاه ۱	آزمایشگاه ۲	آزمایشگاه ۳	آزمایشگاه ۴
۱	آشکارنشده	آشکارنشده	آشکارنشده	آشکارنشده
۲	۲۳۰۰/۳	۱۲۴۰/۳	۱۴۸۲/۳	۲۲۵۰/۳
۳	۴۵/۱	۶۳/۱	۸۲/۱	۹۲/۱
۴	۱۸/۱	نامشخص	نامشخص	نامشخص

انحرافات ممکن است بسته به نوع فیبر و بارگذاری ذره نمونه تغییر کند.

#### ۴-۱۱ حد تشخیص

حد تشخیص برای اهداف این دستورکار به عنوان چگالی ساختار فیبری ( $\text{cm}^{-2}$ ) کمتر از مقادیر حد تشخیص شناخته می‌شود، با احتمال ۹۵٪، چگالی واقعی زمانی که هیچ ساختار فیبری در بررسی SEM آشکارسازی نشود، کاهش می‌یابد. حد تشخیص به مساحت نمونه بررسی شده  $F$  بستگی دارد. به شرطی که دستورکارهای مشخص شده در این استاندارد رعایت شود، حد تشخیص به صورت زیر تعیین می‌شود: برای  $n=0$  یا  $Sw=0$  (عدم یافت ساختارهای فیبری)، یک حد بالایی تا عدد کامل  $\lambda_0 = 4$  برای فاصله اطمینان ۹۷٫۵٪ گرد می‌شود.

**یادآوری-** در مقایسه با استاندارد ISO 14966 در این استاندارد، محاسبات برای مقدار صفر با فاصله اطمینان یک‌طرفه ۹۷٫۵٪ انجام و گرد شده است. این روش چندین متغیر موثر دارد که فقط به سختی قابل محاسبه کمی هستند.

در نتیجه حد تشخیص  $D$  از فرمول ۲ به دست می‌آید:

$$D = \frac{4}{F} \quad (2)$$

که در آن:

$F$  مساحت نمونه مورد بررسی بر حسب سانتیمترمربع.

برای یک مساحت نمونه  $0.11 \text{ cm}^2$  آنالیز شده مطابق با این استاندارد، حد تشخیص  $0.36 \text{ cm}^{-2}$  برای ساختارهای فیبری وجود دارد.

#### ۱۲ کاربردها و دستورکارها برای استفاده

##### ۱-۱۲ کلیات

در عمل، مجموعه‌ای از سوالات به وجود می‌آید که به صورت خاص در زیر آمده است. استفاده از روش جدید ذکر شده در این استاندارد به جای روش‌های قدیمی، ممکن است نتایج متفاوتی داشته باشد. این روش نه تنها برای طبقه‌بندی و آنالیز نتایج نهایی به کار می‌رود، بلکه روش رسیدن به نتایج شمارش را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. قبلاً نمونه در ابتدا با بزرگ‌نمایی‌های متفاوت مورد بررسی قرار می‌گرفت و سپس آنالیز دقیق‌تر برای مناطق با بارگذاری قابل مشاهده در بزرگ‌نمایی بالاتر انجام می‌گرفت. نتیجه استفاده از این روش این است که غلظت پایین‌تر فیبر (کمتر از  $100 \text{ cm}^{-2}$ ) معمولاً بالاتر از غلظت آشکارسازی شده با این استاندارد تخمین زده می‌شود. البته بسته به روش و معیارهای آنالیز، فرآیند بررسی اغلب قبل از موعد مقرر به پایان می‌رسد، هنگامی که تعداد مشخصی از ساختارها یافت شده که ممکن است نسبت به زمانی که از این دستورالعمل استفاده می‌شود، منجر به ارزیابی کمتر در گستره‌های بالاتر شود.

تمایز واضح بین خوشه‌ها، کلاف‌ها و بافت‌ها همیشه امکان‌پذیر نیست. در این موارد فرد آنالیزگر باید تصمیم بگیرد کدام تخصیص انجام شود. البته این تخصیص در نتایج نهایی اهمیتی ندارد زیرا هر دو ساختار وزنی معادل دارند.

قوانین شمارش و تعاریف مربوطه عمداً به منظور این که عدم توافق بر مزیت واقعی نمونه‌های تماس، که سهولت نمونه برداری نامیده می‌شود، با همچنین نیاز به دقت بالا، طبق زیربند ۱۱-۱، در نظر گرفته شود. فرض بر این است که انحراف ناشی از نمونه‌برداری تصادفی در نتایج نهایی در تمام موارد غالب است و بنابراین آنالیزی بسیار مفصل و پیچیده برای آزمونه‌های مجزا مفید نیست.

## ۱۲-۲ الزامات نمونه

مساحت نمونه برای آنالیز مطابق با این استاندارد  $1 \text{ cm}^2$  است. این اندازه به این دلیل انتخاب شده است که پایه SEM روی بعضی دستگاه‌ها فقط برای نمونه‌ای با اندازه کمی بزرگتر از  $1 \text{ cm}^2$  مجاز است. این اندازه برای نمونه مفید است اگرچه در چنین مساحت کوچکی، حضور یکنواخت‌تر ذرات انتظار می‌رود که منجر به انحراف معیار کوچکتر نتایج منفرد شود. اگر نمونه‌برداری با استفاده از نوارچسب انجام شود، کل مساحت نمونه در دسترس، به‌طور واضحی بزرگتر خواهد بود. احتمال به وجود آمدن دو یا سه نمونه مجزا خارج از این نیز جود دارد. مفید بودن آن بستگی به سوالات خاصی دارد که باید پاسخ داده شوند.

اگر نتایج معتبر از نظر آماری برای یک پروژه مورد نیاز باشد، بهتر است سطح نمونه‌برداری شده هیچ نقص بزرگی مانند حفرات و منافذ در نمونه جمع‌آوری شده نداشته و سطح صافی داشته باشد. از آنجایی که ممکن است نوارها در جمع‌آوری تغییری ایجاد کند، از یک نوع نوار باید برای مکان یکسان یا در صورت انجام مقایسه بین مکان‌ها استفاده شود.

هنگام استفاده از محیطی صلب مانند مواد چسبی (به‌عنوان مثال پدهای کربنی نصب شده روی پایه‌های SEM)، به‌ویژه برای حصول یک نتیجه معتبر اهمیت دارد که در منطقه نمونه‌برداری شده هیچ‌گونه ذرات بزرگ قابل مشاهده ماکروسکوپی روی سطح وجود نداشته باشد. این مسئله نه تنها منجر به چسبیدن ذرات به سطح نمونه تماس می‌شود، بلکه موجب می‌شود قسمت بزرگی از سطح نمونه‌برداری شده در تماس با محیط چسبنده قرار نگیرد.

## ۱۲-۳ خلاصه نتایج نمونه‌های چندتایی مجزا

تعیین مقدار متوسط از میان نمونه‌های چندتایی از یک منطقه سطحی در صورتی مناسب است که آلودگی دو سطح مقایسه شود. این کار نیازمند آن است که بتوان فرض کرد آلودگی در مناطق خاص همگن است.

توصیه می‌شود نتایج آزمونه‌های چندتایی مجزا به صورتی جمع‌بندی شده که ابتدا ساختارهای شمارش شده توزین نشده  $S_i$  با هم جمع می‌شوند و برای کل منطقه آنالیز شده به کار می‌روند. نتیجه، متناظر با مقدار میانگین  $S_M$  برای این منطقه است.

$$S_M = \frac{\sum S_i}{\sum F_i} \quad (۳)$$

که در آن:

$F$  منطقه نمونه مورد بررسی برحسب سانتی مترمربع است.

برای انجام این کار ابتدا ساختارهای فیبری مجزا، به صورت جدا از ساختارهای فیبری چندتایی، جمع می شوند به گونه ای که بتوان نتیجه نهایی را بعداً در صورت نیاز توزین کرد.

بهتر است مقادیر میانگین دو منطقه با یکدیگر مقایسه شوند؛ آزمون های معناداری براساس مجموع کل ساختارهای یافت شده،  $\sum S_i$ ، (به زیربند ۱۱-۲ مراجعه شود) و نه بر اساس چگالی ساختارهای فیبری میانگین،  $S_M$ ، محاسبه شده با فرمول ۳ انجام می شود.

اگر مناطق آنالیز شده در نمونه های حاصل از دو منطقه، دارای اندازه متفاوتی باشند، مجموع ساختارها  $\sum S_{i,1}$  از سطح  $F_1$  با سطح آنالیز شده بزرگتر، تبدیل شده و به یک عدد صحیح گرد می شود.

$$\sum S'_{i,1} = \text{int} \left( \sum S_{i,1} \cdot \frac{F_2}{F_1} \right) \quad (۴)$$

که در آن:

$\sum S_{i,1}$  مجموع ساختارهای حاصل از منطقه  $F_1$ ؛

$\sum S'_{i,1}$  مجموع ساختارهای نرمال شده؛

$F_1$  منطقه ۱

$F_2$  منطقه ۲ است.

پیوست الف  
(آگاهی دهنده)

مثالی از فرم شمارش ساختار SEM

				صفحه: از:
نام:		تاریخ:		شماره نمونه:
مساحت زمینه تصویر (mm <sup>2</sup> ):			بزرگ‌نمایی:	
وزن	ساختار	نوع	شماره زمینه تصویر	شماره ساختار
				۱
				۲
				۳
				۴
				۵
				۶
				۷
				۸
				۹
				۱۰
				۱۱
				۱۲
				۱۳
				۱۴
				۱۵
				۱۶
				۱۷
				۱۸
				۱۹
				۲۰
$\Sigma$				خلاصه: شمارش ساختارها / نتیجه توزین شده

راهنمای کوتاه نوشت‌ها :		
ملاحظات:	ساختار:	نوع (فیبرهای آزبستی):
	=F فیبر	=C کریزوتیل
	=B کلایف	=A آموزیت
	=C خوشه	=CR کروسیدولیت
	=M بافت	=AC آکتینولیت
		=TR ترمولیت
		=AN آنتوفیلیت
سایر انواع و برچسب فیبرها:		

## پیوست ب

### (الزامی)

## روش‌هایی برای واسنجی و تنظیم SEM

### ب-۱ واسنجی میکروسکوپ الکترونی روبشی

آزمونه SEM در یک ولتاژ شتاب‌دهنده تقریباً برابر با ۱۵ kV تا ۲۰ kV و بزرگ‌نمایی ۳۰۰ تا ۴۰۰ برابر یا ۱۰۰۰ برابر بررسی می‌شود. برای شناسایی فیبر در SEM، یک ولتاژ شتاب‌دهنده ۱۵ kV تا ۲۰ kV توصیه می‌شود.

بزرگ‌نمایی روی صفحه باید با استفاده از یک استاندارد بزرگ‌نمایی در دسترس تجاری تایید شده، واسنجی شود. تشخیص این مسئله اهمیت دارد که مقدار بزرگ‌نمایی نمایش داده شده روی بعضی مدل‌های SEM برای ریزنمودارهای ایجاد شده توسط سامانه ثبت، قابل کاربرد بوده و در صفحه نمایش (نمایش CRT) غیر قابل استفاده است. بررسی SEM مستقیماً روی صفحه نمایش انجام شود و واسنجی بزرگ‌نمایی باید متناسب با صفحه نمایش باشد.

SEM را طوری تنظیم کنید که فیبرها با عرض تقریبی  $0.2 \mu\text{m}$  فقط در بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ برابر قابل مشاهده باشند.

این تنظیمات با انتخاب یک فیبر روی نمونه آماده شده یا روی یک آزمونه که فقط در بزرگ‌نمایی تقریباً ۱۰۰۰ برابر استفاده شده برای شمارش ساختارها قابل مشاهده است، انجام می‌گیرد. سپس عرض این فیبر به وسیله اندازه‌گیری آن در بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ برابر تایید می‌شود. این تنظیمات را به صورت مداوم قبل از هر مجموعه آنالیز انجام دهید.

آشکارساز اشعه ایکس را طوری قرار دهید که بزرگترین زاویه جامد ممکن را در سطح آزمونه در بگیرید.

**یادآوری ۱-** روی یک صفحه نمایش CRT با ابعاد  $25 \text{ cm} \times 16 \text{ cm}$ ، ۲۵ زمینه تصویر در بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ برابر متناظر با یک سطح  $1 \text{ mm}^2$  روی آزمونه است.

**یادآوری ۲-** عرض خط روبش<sup>۱</sup> (یا عرض پیکسل برای SEM با نمایش دیجیتال) روی نمونه و قطر پرتو الکترونی عواملی هستند که قدرت تفکیک در SEM را تعیین می‌کنند. مشروط به این‌که عرض خط روبش یا عرض پیکسل از  $0.25 \mu\text{m}$  بیشتر نشود، هیچ کاهش شدیدی در کیفیت تصویر مربوط به قدرت تفکیک فیبری با ضخامت  $0.2 \mu\text{m}$  و بلندتر از  $5 \mu\text{m}$  مشاهده نمی‌شود.

**ب-۲- تنظیم سامانه EDXA**

بزرگترین زاویه جامد<sup>۱</sup> ممکن روی یک آشکارساز EDXA بهتر است استفاده شود. پارامترهای عملیاتی SEM و سامانه آشکارساز اشعه X باید طوری انتخاب شوند که بتوان یک طیف اشعه X قابل قبول از نظر آماری از یک فیبر کریزوتایل با عرض  $0.2 \mu\text{m}$  روی آزمونه در مدت زمان حداکثر ۱۰۰ ثانیه به دست آورد.

معیار پذیرش آماری مورد نیاز مطابق رابطه ب-۱ برای ارتفاع پیک P و سطح پس‌زمینه B

$$P > 3\sqrt{B} \quad (\text{ب-۱})$$

با حداقل ۳۰ پالس در کانال متناظر با بیشینه ارتفاع پیک برای هر پیک سیلیسیم و منیزیم و مطابق رابطه ب-۲ برای هر یک از پیک‌های منیزیم و سیلیسیم است.

$$(P+B)/B > 2 \quad (\text{ب-۲})$$

---

1 -Solid angle



پیوست پ

(آگاهی دهنده)

انحراف نمونه تصادفی

انحراف نمونه تصادفی را می توان با یک توزیع پواسون مطابق فرمول پ-۱ شرح داد:

$$W(\langle n \rangle, n) = \frac{1}{n!} \cdot \langle n \rangle^n \cdot e^{-\langle n \rangle} \quad (\text{پ-۱})$$

که در آن:

$W$  احتمال؛

$\langle n \rangle$  مقدار میانگین تعداد ساختارهای فیبری روی منطقه سطحی تحت نظر و

$n$  نتیجه شمارش (تعداد ساختارهای شمارش شده) است.

برای یک نتیجه شمارش  $n$ ، فاصله اطمینان ۹۵٪ مقدار میانگین منجر به این نتیجه شمارش می شود که از رابطه پ-۲ محاسبه می شود:

$$\frac{\int_{\lambda_u}^{\lambda_0} \langle n \rangle^n \cdot \exp\{-\langle n \rangle\} \cdot d\langle n \rangle}{\int_0^{\infty} \langle n \rangle^n \cdot \exp\{-\langle n \rangle\} \cdot d\langle n \rangle} = 0.95 \quad (\text{پ-۲})$$

که در آن:

$\lambda_u$  و  $\lambda_0$  حدود بالایی و پایینی فاصله اطمینان ۹۵٪ برای مقدار میانگین  $\langle n \rangle$  می باشند.

حدود اطمینان را می توان با استفاده از توزیع  $\chi^2$  محاسبه کرد:

حد پایینی اطمینان مطابق رابطه پ-۳ است.

$$\lambda_u = D/2 \quad (\text{پ-۳})$$

حد بالایی اطمینان مطابق رابطه پ-۴ است.

$$\lambda_0 = E/2 \quad (\text{پ-۴})$$

$\lambda_u$  و  $\lambda_0$  حدود بالایی و پایینی فاصله اطمینان ۹۵٪ برای مقدار میانگین  $\langle n \rangle$ ؛

D مقدار  $\chi^2$  با  $2n$  درجه آزادی و سطح معناداری  $(1 - \alpha/2)$ ؛

E مقدار  $\chi^2$  با  $2(n+1)$  درجه آزادی و سطح معناداری  $\alpha/2$ .

برای فواصل اطمینان ۹۵٪ از  $\alpha = 0.05$  استفاده کنید. در مواردی که  $n$  شمارش ساختار STR بوده،  $\lambda_u$  و  $\lambda_0$  به صورت عدد صحیح گرد می‌شوند.

برای نتیجه شمارش صفر، مورد خاص  $\lambda_0$  برای احتمال  $\alpha = 0.1$  محاسبه شده و سپس به کار می‌رود.

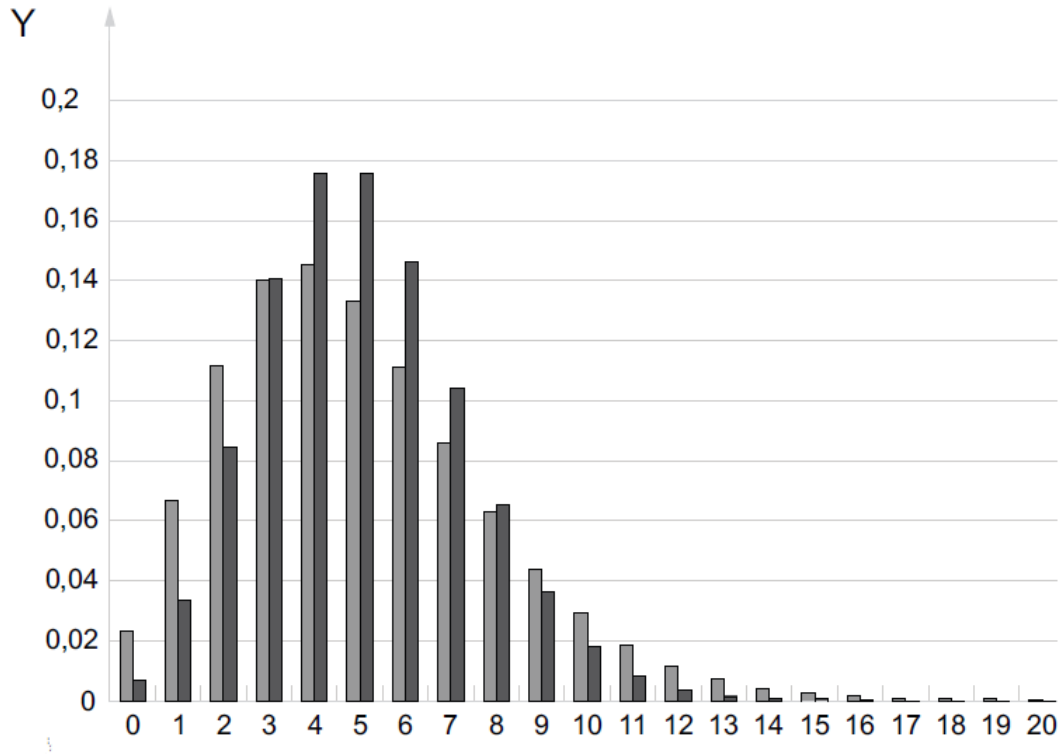
در حالی که حد بالایی محاسبه شده در بالا همراه با نتیجه شمارش میانگین مفروض  $n$  به‌ویژه با توجه به اندازه‌گیری‌های هوا برای آزمون‌های مقدار حدی اهمیت دارد، سؤالی که در مورد نمونه‌های تماس مطرح می‌شود این است که آیا دو نتیجه شمارش وجود دارد و بنابراین آلودگی منطقه سطحی، اختلاف قابل توجهی با هم دارند یا خیر؟ با فرض احتمال خطای ۵٪، می‌توان گفت که برای انحراف نمونه تصادفی که دو نتیجه شمارش به‌طور قابل توجهی متفاوت بوده، اگر  $\lambda_0$  برای نتیجه شمارش کوچکتر  $n_1$  از  $\lambda_u$  برای نتیجه شمارش بزرگتر  $n_2$ ، کوچکتر باشد که به موجب آن حدود بالایی و پایینی ویژه‌ای برای احتمال  $\alpha = 0.1$  برای نتیجه شمارش بزرگتر  $(n_2)$  و  $\alpha = 0.9$  برای نتیجه شمارش کوچکتر  $(n_1)$  با استفاده از توزیع  $\chi^2$  (به قسمت مربوطه در بالا مراجعه کنید) محاسبه می‌شود.

همان‌طور که در بالا گفته شد، انحراف در نمونه‌برداری و نیز اثرات تداخل‌کننده منجر به حضور توزیع ساختار دیگری روی سطح می‌شوند که تعیین کمی آنها دشوار است. به دلیل انحراف، ترکیب‌کردن مقدار میانگین و مربع متغیر معمول برای توزیع پواسون شکست می‌خورد. مثالی از انحرافات از توزیع ایده‌آل پواسون با فرض توزیع دو جمله‌ای دو پارامتری منفی، در شکل پ-۱ نشان داده شده است. پارامتر فرض شده در شکل مانند  $r = 7$  معیاری از انحراف از توزیع پواسون می‌باشد.

یادآوری -  $r$  نماد یکی از دو پارامتری است که توزیع دو جمله‌ای منفی را تعیین می‌کنند ( $r > 0$ ) و فرض شده است که در اینجا یک عدد کامل است). پارامتر دوم  $p$  است که به دلیل این که بین صفر تا یک است معتبر می‌باشد. برای  $r \rightarrow \infty$  توزیع دو جمله‌ای منفی به توزیع پواسون می‌رسد.

در عمل توصیه می‌شود که محاسبه با استفاده از حدود بالایی و پایینی در اولین تقریب مطابق با جدول پ-۱ به عنوان مرحله اولین مرحله پرسش در مورد تمایز دو مقدار آلودگی سطحی انجام شود. این روش حداقل بسط توزیع پواسون را با اثرات تداخلی به حساب می‌آورد.

دو سطح بهتر است با توجه به آلودگی با فیبرهای معدنی نزدیک‌تر بهم مقایسه شوند، آزمون‌های آماری باید در صورت نیاز انجام شوند و پیش‌شرط‌های ضروری مانند تعداد آزمون و توزیع مکانی در برنامه اندازه‌گیری باید در نظر گرفته شوند.



راهنما:

دوجمله‌ای منفی  
پوآسون

X نتیجه شمارش (ساختارها)  
Y احتمال یک نتیجه شمارش

شکل پ-۱- مثال افزایش پراکندگی توسط اثرات تداخلی

جدول پ-۱- حدود بالایی و پایینی اطمینان ۹۵٪ برای توزیع پوآسون

۶۷-۹۹			۳۴-۶۶			۱-۳۳		
۹۵٪ $\lambda_0$	٪ $\lambda_u$ ۹۵	شماره ساختارها	٪ $\lambda_0$ ۹۵	۹۵٪ $\lambda_u$	شماره ساختارها	۹۵٪ $\lambda_0$	$\lambda_u$ ٪ ۹۵	شماره ساختارها
۸۵	۵۲	۶۷	۴۸	۲۴	۳۴	۶	۰	۱
۸۶	۵۳	۶۸	۴۹	۲۴	۳۵	۷	۰	۲
۸۷	۵۴	۶۹	۵۰	۲۵	۳۶	۹	۱	۳
۸۸	۵۵	۷۰	۵۱	۲۶	۳۷	۱۰	۱	۴
۹۰	۵۵	۷۱	۵۲	۲۷	۳۸	۱۲	۲	۵
۹۱	۵۶	۷۲	۵۳	۲۸	۳۹	۱۳	۲	۶
۹۲	۵۷	۷۳	۵۴	۲۹	۴۰	۱۴	۳	۷
۹۳	۵۸	۷۴	۵۶	۲۹	۴۱	۱۶	۳	۸
۹۴	۵۹	۷۵	۵۷	۳۰	۴۲	۱۷	۴	۹
۹۵	۶۰	۷۶	۵۸	۳۱	۴۳	۱۸	۵	۱۰

۶۷-۹۹			۳۴-۶۶			۱-۳۳		
$\lambda_0$ % ۹۵	$\lambda_u$ % ۹۵	شماره ساختارها	$\lambda_0$ % ۹۵	$\lambda_u$ % ۹۵	شماره ساختارها	$\lambda_0$ % ۹۵	$\lambda_u$ % ۹۵	شماره ساختارها
۹۶	۶۱	۷۷	۵۹	۳۲	۴۴	۲۰	۵	۱۱
۹۷	۶۲	۷۸	۶۰	۳۳	۴۵	۲۱	۶	۱۲
۹۸	۶۳	۷۹	۶۱	۳۴	۴۶	۲۲	۷	۱۳
۱۰۰	۶۳	۸۰	۶۳	۳۵	۴۷	۲۳	۸	۱۴
۱۰۱	۶۴	۸۱	۶۴	۳۵	۴۸	۲۵	۸	۱۵
۱۰۲	۶۵	۸۲	۶۵	۳۶	۴۹	۲۶	۹	۱۶
۱۰۳	۶۶	۸۳	۶۶	۳۷	۵۰	۲۷	۱۰	۱۷
۱۰۴	۶۷	۸۴	۶۷	۳۸	۵۱	۲۸	۱۱	۱۸
۱۰۵	۶۸	۸۵	۶۸	۳۹	۵۲	۳۰	۱۱	۱۹
۱۰۶	۶۹	۸۶	۶۹	۴۰	۵۳	۳۱	۱۲	۲۰
۱۰۷	۷۰	۸۷	۷۰	۴۱	۵۴	۳۲	۱۳	۲۱
۱۰۸	۷۱	۸۸	۷۲	۴۱	۵۵	۳۳	۱۴	۲۲
۱۱۰	۷۱	۸۹	۷۳	۴۲	۵۶	۳۵	۱۵	۲۳
۱۱۱	۷۲	۹۰	۷۴	۴۳	۵۷	۳۶	۱۵	۲۴
۱۱۲	۷۳	۹۱	۷۵	۴۴	۵۸	۳۷	۱۶	۲۵
۱۱۳	۷۴	۹۲	۷۶	۴۵	۵۹	۳۸	۱۷	۲۶
۱۱۴	۷۵	۹۳	۷۷	۴۶	۶۰	۳۹	۱۸	۲۷
۱۱۵	۷۶	۹۴	۷۸	۴۷	۶۱	۴۰	۱۹	۲۸
۱۱۶	۷۷	۹۵	۷۹	۴۸	۶۲	۴۲	۱۹	۲۹
۱۱۷	۷۸	۹۶	۸۱	۴۸	۶۳	۴۳	۲۰	۳۰
۱۱۸	۷۹	۹۷	۸۲	۴۹	۶۴	۴۴	۲۱	۳۱
۱۱۹	۸۰	۹۸	۸۳	۵۰	۶۵	۴۵	۲۲	۳۲
۱۲۱	۸۰	۹۹	۸۴	۵۱	۶۶	۴۶	۲۳	۳۳

یادآوری - برای نتیجه شمارش "۰" به زیربند ۴-۱۱ مراجعه کنید.

## پیوست ت

### (آگاهی‌دهنده)

#### مثالی با استفاده از این روش در محیط داخل ساختمان

#### ت-۱ هدف اندازه‌گیری و تعداد نمونه‌ها

تعداد نمونه‌های نواری به هدف اندازه‌گیری بستگی دارد. مثال زیر موقعیتی را شرح می‌دهد که در آن منطقه‌ای که نیاز به تمیزکاری دارد، پس از حذف صفحه‌های حاوی آزبست مخلوط با آزبست پاشیده‌شده اطراف یک ورودی کابل ( $0.6 \text{ m} \times 0.6 \text{ m}$ )، در اتاقی با مساحت کف تقریباً  $400 \text{ m}^2$  رسم شده است.

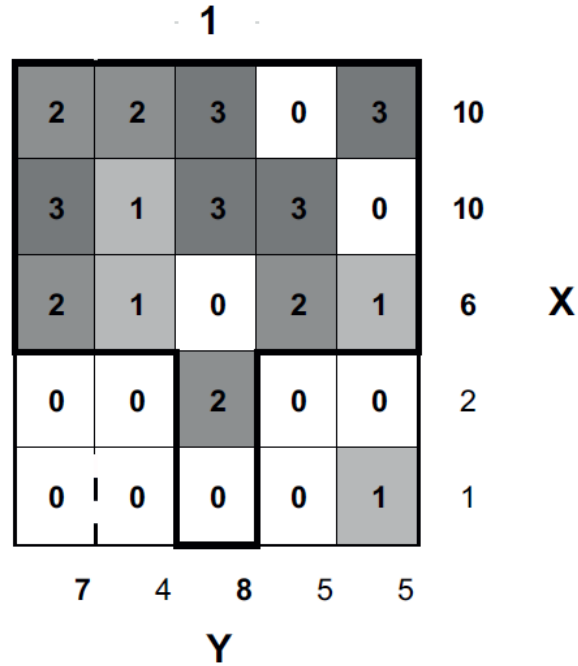
ورودی کابل بسیار نزدیک به سقف است. کف اتاق به صورت منظم تمیز شده است، پس بنابراین هیچ آلودگی قابل مشاهده‌ای آشکار نمی‌شود. برای تخمین منطقه آلوده‌شده، تصمیم گرفته شد که نمونه‌های نواری از سقف دارای یک سطح بتنی برداشته شوند و موقعیت‌های نمونه‌برداری به فاصله  $5 \text{ m}$  از یکدیگر باشند.

#### ت-۲ نتایج

در شکل ت-۱ طرح‌واره‌ای از موقعیت‌های نمونه‌برداری را به همراه نتایج طبقه‌بندی شده در جدول ۵، نشان می‌دهد. برای شرح آن، قوانین زیر تعیین شده است:

الف) مجموع را در جهت افقی و عمودی محاسبه کنید.

ب) اگر مجموع در یکی از جهات بزرگتر از تعداد نقاط نمونه‌برداری باشد، مساحت نشان داده شده در فرآیند تمیزکاری را تا نقطه‌ای در نظر بگیرید که دو "مقدار صفر" (هیچ آزبستی آشکارسازی نشده است) کنارهم اندازه‌گیری می‌شوند. (به ستون ۱ مراجعه شود که شامل یک مقدار ۷ بوده اما فقط ردیف‌های ۱ تا ۳ را شامل می‌شود، چون ردیف‌های ۴ و ۵ شامل یک قرائت صفر در این ستون بوده و مجاور هستند).



راهنما:

۱ ورودی کابل

X مجموع افقی)

Y مجموع قائم)

شکل ت-۱- شمایی از موقعیت‌های نمونه و نتایج

سطح مورد تمیزکاری با خط خاکستری پررنگ نشان داده شده است.

در این مثال، همه نمونه‌های نواری ارزیابی شده‌اند. ابتدا نمونه‌ها روی خط مرکزی افقی و عمودی (۹ نمونه) قبل از تصمیم‌گیری برای آنالیز نمونه‌های بعدی ارزیابی می‌شوند. در این مثال، مقدار ارزیابی اولیه برای رسیدن به نتایج توضیح داده شده، کافی خواهد بود.

### کتابنامه

- [1] ISO 14966, Ambient air — Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles — Scanning electron microscopy method
- [2] ASTM D 6480: 2010, Standard Test Method for Wipe Sampling of Surfaces, Indirect Preparation, and Analysis for Asbestos Structure Number Surface Loading by Transmission Electron Microscopy
- [3] ASTM D 5755: 2009, Standard Test Method for Microvacuum Sampling and Indirect Analysis of Dust by Transmission Electron Microscopy for Asbestos Structure Number Surface Loading
- [4] VDI 3866- 5: 2010, Determination of asbestos in technical products; Scanning electron microscopy method
- [5] VDI 3492: 2013, Indoor air measurement, ambient air measurement – Measurement of inorganic fibrous particles, scanning electron microscopy method
- [6] VDI 3877-1: 2011, Indoor air measurement – Measurement of fibrous dust settled on surfaces, Sampling and analysis (SEM/EDXA)
- [7] ASTM D 7390: 2007 Standard Guide for Evaluating Asbestos in Dust on Surfaces by Comparison Between Two Environments
- [8] Latzke P., & Hesse R. Textile Fasern. Deutscher Fachverlag, 1988, Frankfurt am Main, Germany