



استاندارد ملی ایران

۱۹۶۴۳-۲

چاپ اول

۱۳۹۴



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

INSO  
19643-2  
1st.Edition  
2016

کیفیت هوا- توده مواد- قسمت ۲: تعیین مقدار  
کمی آزبست با روش‌های وزن‌سنجی و  
میکروسکوپی

**Air quality - Bulk materials -Part 2:  
Quantitative determination of asbestos by  
gravimetric and microscopical methods**

ICS: 13.040.40

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

وبگاه: <http://www.isiri.org>

**Iranian National Standardization Organization (INSO)**

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

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

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

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

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

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

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

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 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 استانداردهای 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  
«کیفیت هوا - توده مواد - قسمت ۲: تعیین مقدار کمی آزبست با روش‌های وزن‌سنجی و

میکروسکوپی»

رئیس:

مرادی، هیرش  
کارشناسی ارشد شیمی گرایش پلیمر)  
شرکت تولیدی صنایع شیمیایی غفاری

دبیر:

حسن‌زاده، شهناز  
کارشناسی بیولوژی)  
اداره کل استاندارد استان کردستان

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

احسنی، نبی  
دکتر محیط زیست)  
اداره کل محیط زیست استان کردستان

احمدی، جواد  
کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)  
مرکز تحقیقات مهندسی محیط زیست دانشگاه صنعتی سهند  
تبریز

بطی، فرید  
کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)  
اداره کل استاندارد استان کردستان

جواهری، هومن  
کارشناسی ارشد شیمی)  
مجتمع پتروشیمی کردستان

حاج هادی، مصطفی  
کارشناسی ارشد شیمی آلی)  
آزمایشگاه اداره کل محیط زیست استان تهران

خطیبی، محمد شاکر  
دکتر مهندسی محیط زیست)  
عضو هیات علمی گروه آموزشی بهداشت محیط دانشگاه علوم  
پزشکی تبریز

راه هدایت، فیروزه  
کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)  
اداره کل استاندارد استان کردستان

شریعتی، ستار  
(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

اداره کل محیط زیست استان کردستان

ظروفچی بنیس، خالد  
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی گرایش محیط زیست)

دانشگاه صنعتی سهند تبریز

عطری، آرش  
(کارشناسی ارشد آموزش محیط زیست)

آزمایشگاه اداره کل محیط زیست استان تهران

فیاضی، فریبا  
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

شرکت سبک لوله نوین کردستان

محمدی، روناک  
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

شرکت صنایع فرآوری پتروشیمی غرب

آکو یاری  
(دکترای شیمی آلی)

دانشگاه رازی کرمانشاه

یزدانی، ژیلا  
(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

اداره کل استاندارد استان کردستان

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ج	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	پیش‌گفتار
ح	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۹	۴ نمادها و کوتاه نوشت‌ها
۹	۵ تعیین الزامات تحلیلی
۱۱	۶ دامنه
۱۱	۷ حد کمیت‌پذیری
۱۱	۸ اصول
۱۲	۹ هشدارهای ایمنی
۱۲	۱۰ وسایل
۱۴	۱۱ واکنشگرها
۱۴	۱۲ اندازه و همگنی نمونه
۱۵	۱۳ روش‌های کاهش ماتریس وزن سنجی
۲۵	۱۴ روش‌هایی برای تعیین کمی آزبست در باقیمانده نهایی از کاهش ماتریس وزن-سنجی
۳۵	۱۵ تعیین آمفیبول با فرم آزبستی در ورمیکولیت
۴۱	۱۶ تعیین آزبست در تالک
۴۱	۱۷ تعیین تطبیق با حدود قانونی
۴۴	۱۸ گزارش آزمون
۴۶	پیوست الف (الزامی) انواع مواد تجاری حاوی آزبست و روش‌های تجزیه‌ای مناسب
۶۰	پیوست ب (الزامی) زمان‌گريزانه مورد نیاز برای جدا شدن آمفیبول در مایع سنگین
۶۲	پیوست پ (اطلاعاتی) نمونه یک گزارش آزمون
۶۳	کتابنامه

## پیش‌گفتار

استاندارد «کیفیت هوا- توده مواد- قسمت ۲: تعیین مقدار کمی آزبست با روش‌های وزن‌سنجی و میکروسکوپی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در نودمین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۹۴/۱۲/۱ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ISO22262-2:2014 Air quality - Bulk materials -Part 2: Quantitative determination of asbestos by gravimetric and microscopical methods

در گذشته آزیست‌ها در دامنه‌ی وسیعی از محصولات استفاده می‌شدند. موادی با محتوی بالای آزیست در ساختمان‌سازی و صنعت برای ضد حریق‌ها، عایق‌کاری حرارتی و عایق‌کاری صوتی استفاده می‌شدند. آزیست‌ها همچنین برای افزایش استحکام مواد نظیر بهبود مقاومت در برابر شکستگی و بهبود ویژگی‌های انعطاف‌پذیری قابل استفاده بود. بخش بزرگی از آزیست‌ها در محصولات سیمانی آزیستی به کار می‌رفتند. این موارد شامل ورقه‌های مسطح، سفال‌ها و ورقه‌های موج‌دار برای سقف، لوله‌ها و آبشخورهای روباز برای جمع-آوری باران و لوله‌های تحت فشار برای ذخیره‌ی آب آشامیدنی بود. آزیست‌ها همچنین در محصولاتی همچون پوشش‌های تزئینی و گچ‌ها، چسب‌ها، درزگیرها و رزین‌ها، سفال‌های کف، واشرها و سنگفرش جاده-ها کاربرد داشت. در برخی محصولات، آزیست برای تغییر خواص شکل‌پذیری مانند مصنوعات سفال‌های سقفی و لجن‌حفری نفت استفاده می‌شد. سه نوع مختلف آزیست کاربردهای تجاری گسترده‌ای پیدا کرد. کریسوتایل تقریباً برای ۹۵٪ از مصارف به کار می‌رفت، از این رو این نوع آزیست اغلب اوقات در تجزیه نمونه-ها بیشتر مشاهده می‌شود. آموسیت و کروسیدولیت اغلب در همه موازنه‌ها با مقدار بسیار ناچیزی از آنتوفیلیت محاسبه می‌شدند. آموسیت به طور گسترده‌ای به عنوان ضد حریق یا در محصولات عایق حرارتی، به کار می‌رفت. کروسیدولیت هم به عنوان ضد حریق و عایق‌بندی محصولات به کار می‌رفت اما چون مقاومت بسیار بالایی در برابر اسید دارد، به عنوان فیبر استحکام بخش در ظروف اسیدی، مانند فیبرهایی که در باتری‌های اسیدی استفاده می‌شود و تعدادی از درزگیرها کاربرد پیدا کرد.

مواد آنتوفیل تجاری نسبتاً کمیاب هستند. اما این مواد همچنین به عنوان پرکننده و الیاف تقویتی مواد کامپوزیتی و واسطه فیلتراسیون مورد استفاده قرار می‌گیرند. آزیست‌های تریمولیت و اکتینولیت استفاده تجاری چندانی ندارند، اما اغلب به عنوان آلودگی سایر مواد تجاری مطرح می‌شوند. دیگر مواد معدنی هم می‌توانند مانند آزیست مطرح شوند. آزیست‌های ریچتریت و وینچیت با کسر جرمی بین ۰٫۱٪ تا ۶٪ همراه با ورمیکولیت در لیبی، مونتانا و ایالت متحده یافت می‌شوند. ورمیکولیت در بسیاری از موارد از این منبع منتشر شده و اغلب به عنوان اجرای عایق‌بندی سست و اجزاء موجود در دامنه ساختار مواد ضد حریق یافت می‌شود.

با وجود اینکه کسر جرمی آزیست در برخی محصولات می‌تواند خیلی بالا و نزدیک به ۱۰۰٪ باشد، در سایر محصولات کسر جرمی آزیست استفاده شده به طور قابل توجهی خیلی پایین و بین ۱٪ تا ۱۵٪ بود. در برخی صفحات سقفی، کسر جرمی آزیست استفاده شده نزدیک به ۱٪ بود. مجموع کسر جرمی آزیست در برخی چسب‌ها، اجزای درزگیر و پرکننده‌ها کمتر از ۱٪ بود. ماده ساخته شده تجاری شناخته شده‌ای که کسر جرمی ماده آزیستی اضافه شده از هر یک از انواع آزیست‌های رایج (کریسوتایل، آموسیت، کروسیدولیت یا آنتوفیلیت) کمتر از ۰٫۱٪ باشد وجود ندارد.

مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، روش‌های جمع‌آوری نمونه و تجزیه کیفی مواد عمده تجاری برای شناسایی آزیست مشخص شده است. تخمین عینی از کسر جرمی آزیست نیز ممکن است



انجام گیرد. مادامی که تشخیص داده شود که صحت و تکرارپذیری چنین تخمین‌هایی خیلی محدود است، در بسیاری از انواع مواد تجزیه شده، این تخمین بدون شک برای ساختن کسر جرمی آزبست‌ها در محصولات ساخته شده بالاتر از هرگونه حدود تنظیمی است.

چون ماتریس متنوعی در تشکیل آزبست نقش داشتند، میکروسکوپ به تنهایی نمی‌تواند تحلیل معتبری از انواع مواد تشکیل دهنده آزبست ارائه دهد. این استاندارد کاربرد و حد آشکارسازی تحلیل میکروسکوپی را با استفاده از روش‌های اجرایی ساده مانند خاکستری‌گیری، رفتار اسیدی، ته‌نشینی و جداسازی قبلی چگالی مایع سنگین به بررسی میکروسکوپی تعمیم می‌دهد.

این استاندارد شامل سه قسمت است:

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، کیفیت هوا- توده مواد- قسمت ۱: نمونه‌گیری و تعیین کیفیت آزبست در توده مواد تجاری،  
- این استاندارد ملی ایران؛ و

- ISO/FDIS 22262-3 Air quality - Bulk materials - Part 3: Quantitative determination of asbestos by X-ray diffraction method

شرط لازم برای استفاده از این استاندارد و سایر قسمت‌ها باید نمونه‌ای باشد که در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، بررسی شده است. این استانداردها برای استفاده تحلیل‌گرهایی است که با روش‌های تحلیلی تشریح شده در بندهای [7] و [8] و [9] و [10] آشنا هستند.

## کیفیت هوا - توده مواد - قسمت ۲: تعیین مقدار کمی آزبست با روش‌های وزن‌سنجی و میکروسکوپی

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش‌هایی برای مشخص نمودن خواص آزبست با کسر جرمی تقریباً پایین‌تر از ۵٪ و تعیین مقدار کمی آزبست در ورمیکولیت، سایر معادن صنعتی و محصولات تجاری مرتبط با این معادن است.

این استاندارد در تجزیه کمی موارد زیر کاربرد دارد:

- هرگونه ماده‌ای که فرض می‌شود به منظور طبقه‌بندی مطمئن در تنظیم وضعیت مواد معدنی در تخمین کسر جرمی آزبست با استفاده از استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، دقت کافی نشده است، یا برای اثبات فقدان آزبست لازم است شواهد بیشتری در نظر گرفته شود؛
  - کاشی‌های کف انعطاف‌پذیر، مواد آسفالت، نمدهای سقفی و هرگونه مواد دیگری که آزبست در ماتریس ساختمانی آن‌ها گنجانده شده است؛
  - دیوار یا سقف‌های گچی با یا بدون سنگدانه؛
  - سنگ معدنی ولاستونیت، دولومیت، کالسیت، تالک یا ورمیکولیت و محصولات تجاری شامل این مواد.
- این استاندارد برای نمونه‌هایی کاربرد دارد، که در آن کسر جرمی آزبست کمتر از تقریباً ۵٪ وزنی تخمین زده شده است. همچنین برای نمونه‌هایی کاربرد دارد که ممکن است شامل محتوی آزبست با کسر جرمی کم در ماتریس ساختمانی آن باشد، به طوری که بررسی میکروسکوپی نمونه عمل‌آوری نشده یا امکان پذیر نیست یا غیر قابل اعتماد است. یک پیوست، توصیه‌نامه‌هایی را برای تجزیه هر نوع ماده‌ای که ممکن است حاوی آزبست باشد ارائه می‌دهد.

این استاندارد برای تهیه دستورالعمل فنون اساسی میکروسکوپی و تحلیلی کاربرد ندارد.

### ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی قانونی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، کیفیت هوا- توده مواد- قسمت ۱:  
نمونه‌گیری و تعیین کیفیت آزبست در توده مواد تجاری

2-2 ISO 13794:1999, Ambient air — Determination of asbestos fibres — Indirect-transfer transmission electron microscopy method

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات با تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

#### سوزنی

#### Acicular

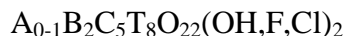
شکل نشان داده شده توسط یک بلور بسیار باریک با ابعاد متقاطع است که ارتباط کمتری با طول آن دارد. مانند سوزن ( به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود)

۲-۳

#### آمفیبول

#### Amphibole

گروهی از مواد معدنی سیلیکاتی مغناطیسی حاوی آهن سنگ‌ساز که دقیقاً دارای شکل و ترکیب کریستالی بوده و دارای فرمول کلی به صورت زیر هستند:



که در آن:

A K, Na است.

B  $Fe^{2+}$ , Mn, Mg, Ca, Na است.

C Al, Cr, Ti,  $Fe^{3+}$ , Mg,  $Fe^{2+}$  است.

T Si, Al, Cr,  $Fe^{3+}$ , Ti است.

۳-۳

#### آزبست آمفیبول

#### Amphibole asbestos

آمفیبولی که در ظاهر به شکل آزبستی است ( به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

۴-۳

### ناهمسانگردی

#### Anisotropy

داشتن حالت یا کیفیت خاص و مختلف در طول محورهای مختلف است.

مثال - یک ذره شفاف ناهمسانگرد می‌تواند شاخص‌های مختلف شکست نور را با جهت نوسان نور فرعی نشان دهد.

۵-۳

### شکل آزبستی

#### Asbestiform

نوع خاصی از الیاف معدنی است که دارای الیاف انعطاف‌پذیر و رشته‌های کوچک با مقاومت کششی بالا هستند (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

۶-۳

### آزبست

#### Asbestos

اصطلاح به کار رفته برای گروهی از مواد معدنی سیلیکاتی مربوط به گروه‌های مارپیچی و بی‌شکل است که به شکل آزبستی کریستالیزه شده‌اند و سبب سهولت در تولید الیاف طویل، باریک، انعطاف‌پذیر و محکم می‌شوند (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

یادآوری ۱- شماره ثبت تعدادی از خدمات شیمیایی آزبست‌ها شامل متداول‌ترین انواع آزبست به شرح زیر است:

آزبستوز کریسوتایل به شماره (۱۲۰۰۱-۲۹-۵) آزبستوز کروسیدولیت به شماره (۱۲۰۰۱-۲۸-۴) آزبستوز گرونریت یا آمویست به شماره (۱۲۱۷۲-۷۳-۵) آزبستوز آنتوفیلیت (به شماره ۵-۶۷-۷۷۵۳۶) آزبستوز تریمولیت به شماره (۵-۶۸-۷۷۵۳۶) و آزبستوز آکتینولیت به شماره (۴-۶۶-۷۷۵۳۶). سایر انواع آمفیبول آزبست شکل شامل آزبست ریچتریت و آزبست‌های وینچیت ۱۱چ در برخی تولیدات همچون ورمیکولیت و تالک یافت شده‌اند.

۷-۳

### نقطه آزبستی

#### Asbestos point

محلی که نقطه تلاقی با فیبر آزبستی در نقطه شمارشی است.

۸-۳

نسبت دید

### Aspect ratio

نسبت طول به عرض هر ذره است (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

۹-۳

شکست مضاعف

### Birefringence

مقدار کمی حداکثر اختلاف در شاخص شکست ناشی از دوبار شکست است.

۱۰-۳

کریسوتایل

### Chrysotile

الیاف معدنی گروه سرپنتین (مارپیچی) که ترکیب اسمی دارند مانند:  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$  (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

یادآوری - اغلب کریسوتایل‌های طبیعی اندکی با این ترکیب اسمی انحراف دارند. در برخی از انواع کریسوتایل‌ها ممکن است تا حدی  $Al^{+3}$  جایگزین سیلیس شود. همچنین ممکن است تا حدی  $Fe^{+3}$ ,  $Ni^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Co^{+2}$ ,  $Fe^{+}$ ,  $I^{+3}$  جایگزین منیزیم شوند. کریسوتایل‌ها متداول‌ترین نوع آزبست‌ها می‌باشند.

۱۱-۳

گسستگی

### Cleavage

شکستن یک ماده‌ی معدنی در طول یکی از جهات بلوری<sup>۱</sup> آن است (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

۱۲-۳

تکه گسسته

### Cleavage fragment

تکه‌ای از بلور که مجاور سطوح گسسته است (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

یادآوری - گسیختگی آمفیبول عاری از آزبست، معمولاً حاصل باریک شدن تکه‌هایی است که با تعریف فیبر مطابقت دارد، اما به ندرت دارای نسبت دید بیش از ۳۰ به ۱ است.

---

1-Crystallographic

۱۳-۳

### قطب‌های متقاطع

#### Crossed polars

حالتی که در آن جهت‌های قطبی شدگی قطب‌ها (دو قطبی کننده و تجزیه‌گر) به‌طور متقابل به شکل عمودی هستند (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

۱۴-۳

### تجزیه نور

#### dispersion

تنوع ضریب شکست نور با طول موج نور است (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

۱۵-۳

### پراکندگی لکه

#### dispersion staining

تأثیر ایجاد شده شیء شفاف است، زمانی که به وسیله احاطه‌کننده پوشیده شده است. ضریب شکست آن برابر است با طول موج شیئی که در دامنه نور مرئی قرار گرفته است اما پراکندگی نوری آن به طور معنی-داری بالاتر از شیء مورد نظر است.

یادآوری- نور منکسر شده فقط در کناره‌های شیء منعکس می‌شود و این امر باعث می‌شود که رنگ‌ها در حدفاصل بین شیء و محیط احاطه‌کننده قرار گیرند. ذره رنگی، اندازه طول موجی است که در آن ضریب شکست شیء و محیط با هم برابر هستند.

۱۶-۳

### نقطه تهی

#### Empty point

جایی که نقطه با هر گونه ذره یا فیبری در نقطه محاسبه منطبق نمی‌شود.

۱۷-۳

### تحلیل پراکنش انرژی اشعه X

#### Energy dispersive X-ray analysis

اندازه‌گیری انرژی‌ها و شدت اشعه X، با استفاده از آشکارساز جامد و سامانه تجزیه‌گر چند مجرای است (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

۱۸-۳

## فیبریل

### **fibril**

تار منفرد آزرستی است که بدون از دست دادن خواص یا ظاهر فیبری خود نمی‌تواند در طول به اجزاء کوچک‌تر جدا شود (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

۱۹-۳

## فیبر

### **Fibre**

ذره کشیده شده‌ای که کناره‌های موازی یا پلکانی دارد (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).  
یادآوری- در این استاندارد، یک فیبر با داشتن ظاهری به نسبت بزرگ‌تر یا مساوی ۱ به ۳ تعریف شده است.

۲۰-۳

## کلاف فیبری

### **Fibre bundle**

ساختاری است که از فیبرهایی با قطر دایره‌ای کوچک، موازی و متصل در امتداد طول آن‌ها تشکیل شده است (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).  
یادآوری- یک کلاف فیبری ممکن است به صورت فیبرهای منشعب شده از یک یا دو انتهای آن‌ها باشد.

۲۱-۳

## ماهیت

### **Habit**

ویژگی شکل رشد بلور یا ترکیبی از این اشکال در ماده معدنی است که شامل ویژگی نامنظم می‌باشد (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

۲۲-۳

## کاهش ماتریس وزن سنجی

### **gravimetric matrix reduction**

روشی که در آن جزء متشکله ماده به طور انتخابی حل شده یا به طریق دیگری جدا شده است، باقیمانده رها شده از هر کدام از آزرست‌های مشاهده شده در مواد اصلی غلیظ است.

۲۳-۳

همگرایی

### Isotropic

داشتن خواص مشابه در همه جهات است (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

۲۴-۳

ماتریس

### Matrix

پراکندگی فیبرها در یک نمونه آزمایشگاهی است.

۲۵-۳

نقطه غیر تهی

### Non-empty point

جایی که نقطه با هرگونه ذره یا فیبر آزبستی در نقطه شمارش منطبق می شود.

۲۶-۳

نقطه

### Point

در نقطه شمارش، محلی است که یک رکورد در موقعیت نمونه ایجاد می شود، خواه موقعیت به وسیله ذره یا فیبر آزبستی اشغال شده باشد یا اشغال نشده باشد.

۲۷-۳

نقطه شمارش

### Point counting

روشی که در آن موقعیت‌های تصادفی در یک نمونه، برای تعیین هر موقعیت اشغال شده توسط ذره یا فیبر آزبستی یا اشغال نشده مورد بررسی قرار می گیرد و هر نوع رویدادی شماره گذاری می شود.

۲۸-۳

نور قطبی شده

### Polarized light

نوری که ارتعاشات را تا اندازه‌ای یا به طور کامل در هر لحظه در جهات معین متوقف می کند.

(به استاندارد ISO 10934-1:2002 مراجعه شود).

یادآوری - بردار ارتعاش ممکن است یک شکل خطی، دایره‌ای یا بیضی را توصیف کند.



۲۹-۳

قطبنده

### **Polarizer**

قطب مغناطیسی که قبل از شیء در مسیر نور قرار گرفته است (به استاندارد ISO 10934-1:2002 مراجعه شود).

۳۰-۳

قطب

### **Polar**

وسیله‌ای که نور قطبیده سطح را از نور طبیعی جدا می‌کند (به استاندارد ISO 10934-1:2002 مراجعه شود).

۳۱-۳

ضریب شکست نور

*n*

### **Refractive index**

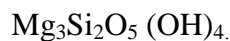
نسبت سرعت نور (به طور دقیق‌تر سرعت فاز) در محیط وارد شده به آن به سرعت نور در خلاء است (به استاندارد ISO 10934-1:2002 مراجعه شود).

۳۲-۳

مارگونه

### **Serpentine**

گروهی از مواد معدنی سنگ‌ساز که دارای فرمولی کلی به شکل زیر هستند (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود):



۳۳-۳

جفت شدگی

### **Twinning**

رویدادی که در آن بلورهای گونه‌های مشابه در یک موقعیت خاص متقابل، به هم می‌پیوندند، به نحوی که آن موقعیت توسط قانون معینی به هم مربوط شده باشند (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

**Unopened fibre**

دسته‌ای از فیبر آزبست با قطر بزرگ که به صورت تارچه یا فیبرهای تشکیل‌دهنده خود از هم جدا نشده‌اند (به استاندارد ISO 13794:1999 مراجعه شود).

**۴ نمادها و کوتاه نوشت‌ها**

ED <sup>۱</sup>	پراش الکترون
EDXA <sup>۲</sup>	تحلیل پراکنش انرژی اشعه X
MEC <sup>۳</sup>	استرهای مخلوط شده از سلولز
PC <sup>۴</sup>	پلی‌کربنات
PLM <sup>۵</sup>	میکروسکوپ نور پلاریزه (میکروسکوپ پلاریزان)
RI <sup>۶</sup>	ضریب شکست نور
PCOM <sup>۷</sup>	میکروسکوپ فاز کنتراست
SAED <sup>۸</sup>	فضای انتخابی پراش الکترون
SEM <sup>۹</sup>	میکروسکوپ الکترونی روبشی
TEM <sup>۱۰</sup>	میکروسکوپ الکترونی عبوری

**۵ تعیین الزامات تحلیلی**

ممکن است تعیین کمیت آزبست بیش از تخمین کسر جرمی به دست آمده با استفاده از استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، لازم نباشد. برای تعریف یک ماده حاوی آزبست، بسته به محدودیت‌های نظارتی قابل استفاده لازم است انواع آزبست را شناسایی کرد و مشخص کرد که آیا این امکان وجود دارد که نمونه به عنوان یک محصول تولید شده شناخته شود. تعاریف تنظیم شده عمومی از مواد حاوی آزبست در دامنه "حضور هر نوع آزبست" از  $0/1 < 0/5 < 1$  تا  $1 <$  کسر جرمی یک یا بیشتر از انواع آزبست

- 
- 1 -Electron diffraction
  - 2 -Energy dispersive X-ray analysis
  - 3 -Mixed esters of cellulose
  - 4 -Polycarbonate
  - 5 -Polarized light microscopy
  - 6- Refractive index
  - 7 -Phase contrast optical microscopy
  - 8 -Selected area electron diffraction
  - 9 -Scanning electron microscopy
  - 10 -Transmission electron microscopy

تنظیم شده می‌باشد. در بخش بزرگی از نمونه‌های تجزیه شده با استفاده از استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، به وضوح برای تحلیل‌گر مجرب روشن است که کسر جرمی آزبست بیشتر از این حدود کسر جرمی تجاوز می‌کند. در مورد این نوع از نمونه‌ها، تحلیل‌گر مجرب می‌تواند به طور مشخص تعیین کند که کسر جرمی آزبست به خوبی پایین‌تر از این حدود تنظیمی است. تعیین کمی دقیق‌تر آزبست‌ها در این نوع از نمونه‌ها، غیرضروری است، زیرا تعیین کمی دقیق‌تر و پرخرج‌تر کسر جرمی آزبست‌ها، نه وضعیت تنظیمی مواد حاوی آزبست را تغییر خواهد داد و نه هر گونه تصمیمات بعدی در رابطه با طرز عمل آنرا تغییر می‌دهد. پیوست الف جدولی از بسیاری مواد حاوی آزبست، انواع آزبست‌های استفاده شده در این مواد و طیف کسر جرمی آزبست که می‌تواند حضور داشته باشد، را نشان می‌دهد. همچنین پیوست الف نشان می‌دهد که آیا هرگونه برآورد کسر جرمی که با استفاده از استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، تهیه شده، برای استقرار وضعیت تنظیمی مواد کافی است یا تعیین کمی آزبست با استفاده از این استاندارد ضروری است. توصیه می‌شود تحلیل‌گر برای راهنمایی در مورد کسرهای جرمی احتمالی آزبست در گروه‌های ویژه‌ای از محصول و روش تجزیه‌ای مناسب جهت بدست آوردن یک نتیجه منطقی از پیوست الف استفاده نماید.

آزبست هرگز به صورت عمدی به خاطر هیچگونه اهداف اصولی در مواد تولید شده تجاری حاوی آزبست در کسر جرمی پایین‌تر از ۰/۱٪ به کار گرفته نشده است، در نتیجه اگر هرگونه یا هر تعداد گونه‌ای از آزبست تجاری (کریسوتایل، آموسیت، کروسیدولیت یا آنتوفیلیت) در محصول تولید شده جستجو شود، این فرض می‌تواند در نظر گرفته شود که آزبست موجود در محصول از کسر جرمی ۰/۱٪ تجاوز می‌کند. بنابراین، اگر تعریف تنظیمی ماده حاوی آزبست در یک حوزه قضایی، به صورت "حضور هر گونه آزبست" یا بیشتر از مقدار ۰/۱٪ باشد، آنگاه جستجوی یک یا چند نوع آزبست تجاری در یک محصول تولید شده قابل تشخیص، خودبخود وضعیت تنظیمی آن ماده را تعریف می‌کند. اگر تعریف تنظیمی ۰/۵٪ یا ۱٪ باشد و کسر جرمی برآورد شده آزبست تقریباً کمتر از ۵٪ باشد، پس تعیین کمی بسیار دقیقی برای تضمین وضعیت تنظیمی ماده لازم است. وجود تریمولیت، آکتینولیت یا ریچتریت/ وینچیت در یک ماده، اجازه نمی‌دهد که هرگونه فرضی در رابطه با کسر جرمی آزبست در نظر گرفته شود، زیرا به طور کلی انواع آزبست‌های موجود، تماماً به محصولات اضافه نمی‌شود. ترجیحاً، به طور کلی آن‌ها به عنوان مواد افزودنی در برخی از اجزای مورد استفاده برای تولید محصولات، بکار گرفته می‌شوند.

به طور کلی چون هیچ تشابهات غیر آزبستی شکلی از آمفیبول‌ها، تحت شرایط تنظیمی قرار نگرفته است، لذا تمایز بین تشابهات آزبستی شکل و غیر آزبستی شکل از این مواد الزامی است. در صورت وجود آزبست، مواد آمفیبول اغلب به صورت مخلوط‌هایی از دو ماده مشابه در مواد صنعتی، بکار گرفته می‌شوند.

تعیین یک روش تحلیلی واحد برای تمام انواع موادی که ممکن است حاوی آزبست باشند امکان‌پذیر نیست، زیرا دامنه ماتریس‌هایی که ممکن است مواد آزبستی در آن جای گیرد، بسیار متنوع است. برخی مواد تابع کاهش ماتریس مربوط به وزن‌سنجی هستند و برخی از مواد چنین نیستند.

شرایط لازم برای تعیین کیفی، فراتر از آنچه که در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، بدست آمده است، در جدول شماره ۱ خلاصه شده است:

جدول ۱- خلاصه شرایط لازم برای تعیین کمی آزیست در نمونه‌های حجیم

حد کنترل قانونی			نوع ماده
کسر جرمی > ۰/۵٪	کسر جرمی > ۰/۵٪	کسر جرمی > ۰/۱٪	
اگر آزیست در کسر جرمی آورد شده < ۵٪ وجود داشته باشد. تعیین کمی دقت جهت مقرر کردن وضعیت قانونی و قانونی ماده لازم است		اگر هر نوع آزیست تجاری وجود داشته باشد، هیچ تعیین کمی بیشتری لازم نیست	محصول تولید شده تجاری
اگر آزیست در کسر جرمی برآورد شده < ۵٪ وجود داشته باشد، تعیین کمی دقیق جهت مقرر کردن وضعیت قانونی و قانونی ماده لازم است		اگر هر نوع آزیستی وجود داشته باشد، تعیین کمی بیشتری لازم است	سایر مواد

## ۶ دامنه هدف

هنگامی که این استاندارد برای یک نمونه تهیه شده مناسب که با SEM، PLM یا TEM تجزیه شده، بکار گرفته می‌شود، دامنه هدف از کمتر از ۰/۰۰۱٪ تا ۵٪ است. اگرچه حد بالایی برای تعیین غلظت آزیست وجود ندارد. حد پایین دامنه به اجزای متشکله غیر آزیستی بستگی دارد که می‌تواند با روش‌های وزن سنجی و مقدار مواد باقیمانده‌ای که می‌تواند آزمایش شود، حذف گردد.

## ۷ حد کمی پذیري

حد کمی پذیري مورد استفاده در این استاندارد تحت عنوان آشکارسازی و تشخیص یک فیبر یا دسته‌ای از فیبرها در مقدار نمونه‌های آزمایش شده تعیین می‌شود. حد کمی پذیري به موارد زیر بستگی دارد:

۱-۷ ماهیت ماتریس نمونه؛

۲-۷ اندازه فیبرها و دسته‌های آزیستی؛

۳-۷ استفاده از روش‌های مناسب تهیه نمونه و کاهش ماتریس (گراویمتری)؛

۴-۷ طول زمان صرف شده برای آزمایش نمونه؛

۵-۷ روش تجزیه استفاده شده، SEM، PLM یا TEM.

با استفاده از روش‌های مناسب کاهش ماتریس که بر اساس ماهیت نمونه انتخاب می‌شود، حد کمی پذیري می‌تواند کمتر از ۰/۰۰۱٪ باشد.

## ۸ اصول

مقدار مشخصی از ماده در کوره تا دمای  $450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$  جهت حذف مواد آلی حرارت داده می‌شود. بسته به ماهیت نمونه، باقیمانده حاصل از حرارت‌دهی، با هیدروکلریک اسید یا سولفوریک اسید برای حل کردن

اجزای محلول درآسید، واکنش داده می‌شود. در صورت امکان، پس از جداسازی قطعات کلوخه و ذرات، ته نشینی با آب انجام می‌شود. برای کمیت پذیری حساس آمفیبول، برخی مواد ممکن است نیازمند عمل بازروانی در آسید مانند بازروانی در سدیم هیدروکسید باشد. به طریقی دیگر، آمفیبول می‌تواند بوسیله گریزانه از بسیاری اجزای متشکله دیگر با چگالی کمتر در مایع سنگین، جداسازی شود. نسبت آزیست‌ها در باقیمانده این عملیات، با فنون مناسب PLM، SEM یا TEM تعیین می‌شود.

## ۹ هشدارهای ایمنی

نگهداری آزیست‌ها توسط بسیاری از حوزه‌های قضایی تنظیم می‌شود و مقررات اغلب انواعی از روش‌ها را مشخص می‌کنند تا اطمینان حاصل شود افراد اجرایی و افرادی که در نزدیکی این مواد قرار دارند، در معرض غلظت‌های بیش از حد فیبرهای آزیستی موجود در هوا نیستند.

ضروری است در حین نمونه‌گیری از موادی که ممکن است حاوی آزیست باشند، دقت شود و توصیه می‌شود از ایجاد و استنشاق ذرات آزیست ناشی از هوا در هنگام نگهداری مواد مشکوک حاوی آزیست جلوگیری شود. اگر از دستورالعمل‌های مربوط به نگهداری پیروی شود، می‌توان فرض کرد که هیچگونه آزادسازی قابل توجهی از فیبرهای آزیستی وجود ندارد. در موارد استثنایی، احتیاط بیشتری برای پیشگیری از آزاد شدن فیبرهای ناشی از هوا باید صورت گیرد.

برخی از روش‌ها، استفاده از مواد شیمیایی زیان‌آور را تشریح می‌کنند. توصیه می‌شود این مواد شیمیایی مطابق با الزامات ایمنی نگهداری شوند. خاکستری از برخی از مواد ممکن است منجر به آزاد شدن گازهای سمی شود. از این رو توصیه می‌شود، هوای کوره‌های استرداد (دارای حرارت غیر مستقیم) به طور مناسب تخلیه شود.

## ۱۰ وسایل

۱-۱۰ **هود استخراج گرد و غبار، نگهداری و انجام کار با توده مواد مشکوک به آزیست باید در یک هود مناسب استخراج گرد و غبار انجام شود، بنابراین نه تحلیل‌گر و نه محیط آزمایشگاه نباید در معرض فیبرهای آزیستی ناشی از هوا قرار گیرند.**

۲-۱۰ **دستگاه خرد کننده نمونه، هاون سنگی و دسته هاون یا آسیاب برای خرد کردن نمونه‌ها به اندازه‌ی مناسب برای آزمایش PLM لازم است.**

۳-۱۰ **ترازوی تجزیه، با دقت  $0.0001$  g یا کمتر لازم است.**

۴-۱۰ **کوره استرداد، برای خاکستر کردن نمونه‌ها جهت حذف دخالت اجزای آلی، یک کوره استرداد با قابلیت رسیدن به حداقل دمای  $800^{\circ}\text{C}$ ، با ثبات دمایی  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  لازم است.**

۵-۱۰ **صفحه گرم‌کننده، برای خشک کردن نمونه‌ها و تهیه اسلایدهای میکروسکوپی. یا به طریقی دیگر، یک آون می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.**

- ۶-۱۰ مجموعه فیلتراسیون شیشه‌ای (با قطر ۴۷ mm)، با مخزن ۲۵۰ ml و پایه لعابی شیشه‌ای با فلاسک فیلتراسیون خلاء دارای بازوی جانبی.
- ۷-۱۰ مجموعه فیلتراسیون شیشه‌ای (با قطر ۲۵ mm)، با مخزن ۱۵ ml و پایه اتصالات شیشه‌ای، با فلاسک فیلتراسیون خلاء دارای بازوی جانبی.
- ۸-۱۰ فلاسک خلاء دارای بازوی جانبی، با حجم ۱۰۰۰ ml.
- ۹-۱۰ مکندۀ آب، یا منبع خلاء دیگری برای فیلتراسیون.
- ۱۰-۱۰ همزن مغناطیسی، برای حذف اجزای مزاحم محلول در اسید، یک همزن مغناطیسی با یک میله همزن مغناطیسی شیشه‌ای یا پوشیده با پلاستیک.
- ۱۱-۱۰ سامانه چگالنده رفلاکس شیشه‌ای، یک سامانه باز روانی شیشه‌ای بورو سیلیکات، متشکل از فلاسک ته گرد ۲۵۰ mm با یک چگالنده شیشه‌ای بوروسیلیکاتی عمودی خنک‌کننده با آب و یک هیتر منتل، جهت عمل‌آوری نمونه‌ها با رفلاکس متوالی در روش اسید و باز لازم است.
- ۱۲-۱۰ گریزانه<sup>۱</sup>، یک گریزانه با بخش فوقانی کرسی مانند برای جداسازی باقیمانده‌های غیرمحلول در جریان روش‌هایی از جمله رفلاکس متوالی در اسید و باز، یا برای جداسازی آمفیبول‌ها با گریزانه در یک مایع سنگین لازم است.
- ۱۳-۱۰ لوله‌های شیشه‌ای گریزانه با حجم ۱۵ میلی لیتری.
- ۱۴-۱۰ شناور یا بطری چگالی، شناور استاندارد با چگالی  $2750 \pm 5 \text{ kg/m}^3$  ( $275 \text{ g/cm}^3$ ) در  $25^\circ\text{C}$  برای اندازه‌گیری چگالی مایع سنگین. به طریق دیگر، بطری چگالی ۱۰ میلی لیتری ممکن است استفاده شود.
- ۱۵-۱۰ دستگاه برای تجزیه میکروسکوپی. دستگاه میکروسکوپی مناسب، همانطور که در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معرفی شده است، جهت تجزیه باقیمانده‌ها از روش‌های کاهش وزن سنجی.
- ۱۶-۱۰ مواد عمومی آزمایشگاهی مورد نیاز، مواد و تجهیزات، یا دستگاه‌های زیر، لازم است.
- ۱-۱۶-۱۰ ورقه‌های کاغذی شیشه‌نما، تقریباً  $15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$  برای آزمایش نمونه‌ها.
- ۲-۱۶-۱۰ نگه‌دارنده (گیره) چاقوهای کوچک جراحی<sup>۲</sup> یا یدکی تیغه‌های چاقوهای کوچک جراحی یک یک بار مصرف.
- ۳-۱۶-۱۰ وسیله نمونه‌برداری، شامل قیچی، سوزن و اسپاجول.
- ۴-۱۶-۱۰ دمابان‌های (فلاسک‌های) ارلن مایر، ۲۵۰ میلی لیتری.

1 - Centrifuge  
2 - Scalpel

- ۱۰-۱۶-۵ بوتله چینی، سیلیکایی یا چینی درب دار.
- ۱۰-۱۶-۶ ظروف پتری.
- ۱۰-۱۶-۷ پیپت‌ها، نوک‌های قابل تعویض پیپت‌ها.
- ۱۰-۱۶-۸ پیپت‌های یکبار مصرف.
- ۱۰-۱۶-۹ لیوان‌های پلاستیکی یکبار مصرف، ۵۰ ml و ۱۰۰ ml.
- ۱۰-۱۶-۱۰ میله‌های شیشه‌ای بوریسیلیکاتی، با قطر ۵ mm و تقریباً طول ۲۰ cm.
- ۱۰-۱۶-۱۱ فیلترهای پلی‌کربنات، اندازه منافذ  $0.4 \mu\text{m}$  و قطر ۴۷ mm و ۲۵ mm.
- ۱۰-۱۶-۱۲ فیلترهای MEC، با تخلخل  $0.45 \mu\text{m}$  و قطر ۴۷ mm و ۲۵ mm.
- ۱۰-۱۶-۱۳ دستگاه و منابع آزمایشگاهی برای تجزیه میکروسکوپی مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴.

## ۱۱ واکنشگرها

- ۱-۱۱ آب مقطر یا آب دیونیزه شده، تصفیه شده از طریق یک فیلتر MEC با تخلخل  $0.22 \mu\text{m}$ .
- ۲-۱۱ اسید هیدروکلریک غلیظ، با درجه واکنشگر.
- ۳-۱۱ اسید سولفوریک غلیظ، با درجه واکنشگر.
- ۴-۱۱ اسید استیک گلاسیال، با درجه واکنشگر.
- ۵-۱۱ هیدور اکسید سدیم به صورت قرص، با درجه واکنشگر.
- ۶-۱۱ دی متیل فرمامید، با درجه واکنشگر.
- ۷-۱۱ اتانول، تقلیب شده.
- ۸-۱۱ محلول لیتیم متانتگستات، با چگالی تقریباً  $2950 \text{ kg/m}^3$ .

## ۱۲ اندازه و همگنی نمونه

### ۱-۱۲ اندازه نمونه

قبل از تجزیه، در نظر گرفتن همگنی ماده و اطمینان از این که اندازه نمونه به قدر کافی معرف ماده تحت بررسی است، ضروری می‌باشد. به طور کلی اگر بررسی با چشم غیر مسلح انجام شود و استفاده از یک میکروسکوپ دو چشمی نشان دهد که ماده به خوبی تقسیم شده و همگن است، یا اگر ماهیت ماده بر اساس شناخت قبلی به صورت همگن تشخیص داده شود، تهیه حداقل اندازه تقریبی  $5 \text{ cm}^3$  نمونه، برای تجزیه کافی است.

## ۲-۱۲ نمونه معرف

طیف وسیعی از مواد حاوی آزبست، در گذشته مورد استفاده قرار می گرفت. تجربه در انتخاب موادی که به عنوان نمونه انتخاب می شوند، بسیار ارزشمند است و نمونه گیری می تواند با استفاده از کلیه اطلاعات در دسترس گذشته در مورد مواد یا اجزایی که نمونه از آن جمع آوری شده است، آسان شود. برای معنادار بودن کمیت پذیری، بسیار مهم است که نمونه جمع آوری شده نماینده ترکیب محصول، در رابطه با محتوای آزبست آن باشد. اگرچه بسیاری از مواد حاوی آزبست هنگام بررسی با چشم غیر مسلح همگن به نظر می رسند، اما در دامنه اندازه میکروسکوپ می توانند کاملاً غیرهمگن باشند. این امر بخصوص در مورد موادی همچون پوشش های بافت مصداق دارد، که در آن قطعات توده شده می توانند به طور چشمگیری بزرگتر از دیگر اجزای ماده باشند.

در برخی از انواع مواد، بویژه آنهایی که در محل ساختمان مخلوط شده اند، غیر از محصولات تجاری که تحت فرمولاسیون و روش های کنترل کیفی تولید و مخلوط شده اند، آزبست ها ممکن است به طور همگن در ماده توزیع نشده باشند. برای این نوع از مواد، یک نمونه بزرگتر باید تجزیه شود تا اطمینان حاصل گردد که کسر جرمی آزبست گزارش شده معرف ماده است. مخصوصاً اگر آزبست آلودگی طبیعی ماده است و در محصول تولید شده تعددی اضافه نشده، در نظر گرفتن الزامات اندازه نمونه مهم است. توصیه می شود همیشه بخشی از نمونه نگهداری شود، زیرا تکرار آزمایش نمونه، اغلب تنها راهی است که سوالات و ابهامات بالقوه را می تواند مرتفع سازد.

## ۱۳ روش های کاهش ماتریس وزن سنجی

### ۱-۱۳ کلیات

هدف از کاهش ماتریس وزن سنجی، حذف هرچه بیشتر اجزای غیرآزبستی نمونه هایی است که تا حد ممکن تجزیه می شوند، بنابراین، هرگونه آزبست موجود پس از انجام آزمایشات می تواند کسر جرمی بالاتری را در باقیمانده نهایی نشان دهد. ساده ترین روش های قابل دسترس، حذف اجزای آلی با خاکستر گیری، حذف اجزای محلول با حل کردن در اسید و جداسازی توده بزرگ ذرات با رسوب گیری است.

اگر تجزیه فقط برای تعیین انواع آمفیبول است، بازروانی متوالی در اسید و باز می تواند در حذف برخی از مواد سلیکاتی، رها سازی هرگونه مواد معدنی آمفیبول تغییر نیافته مؤثر باشد. همچنین انواع آمفیبول می تواند بر اساس چگالی از سایر اجزا جدا شود. بسته به ماهیت نمونه ای که تجزیه می شود، هر گونه روش مجزایی می تواند مورد استفاده قرار گیرد یا ترکیبی از چندین روش می تواند به صورت متوالی مورد استفاده قرار گیرد.

### ۲-۱۳ ثبت داده ها

شکل ۱، مثالی از یک فرم مناسب ثبت داده های تجزیه ای را نشان می دهد. بسته به ماهیت نمونه و ترکیب روش های وزن سنجی که برای انواع خاصی از ماتریس نمونه لازم است، ممکن است اصلاح فرم لازم باشد.



**تجزیه توده نمونه : خاکستری و استخراج غلظت اسید**

شماره نمونه: شماره بوته: تاریخ: تحلیل گر:	نمونه:
--	--------

توضیحات وجود گاز یا جوشش آب:	<b>اوزان اولیه</b> وزن بوته وزن بوته + وزن نمونه وزن نمونه
---------------------------------	---

_____ _____ _____ _____	<b>خاکستری</b> وزن بوته + خاکستر وزن خاکستر اتلاف وزن در طی خاکستری درصد مواد آلی و آب
----------------------------------	--

گزارش درصد باقیمانده آزبست	<b>واکنش اسید</b> وزن فیلتر وزن فیلتر + وزن باقیمانده وزن باقیمانده اتلاف وزن در طی واکنش با اسید درصد مواد محلول در اسید درصد کل باقیمانده
-------------------------------	---

			<b>آزمایش PLM</b> نوع آزبست در باقیمانده درصد آزبست در باقیمانده درصد آزبست در نمونه تشریح سایر ترکیبات در باقیمانده

			<b>آزمایش SIM/TEM</b> نوع آزبست در باقیمانده درصد آزبست در باقیمانده درصد آزبست در نمونه تشریح سایر ترکیبات در باقیمانده

شکل ۱- نمونه‌ای از فرم ثبت داده‌های وزن‌سنجی و تجزیه‌ای

### ۳-۱۳ انتخاب و پیش عمل آوری پیش نمونه معرف

#### ۱-۳-۱۳ کلیات

قبل از تجزیه از خشک بودن نمونه مطمئن شوید. مقدار حجم ماده مورد تجزیه، اختیاری است. اگرچه در نظر گرفتن نتایج تجزیه قبلی با استفاده از استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، مهم است تا اطمینان حاصل شود که:

۱-۳-۱۳-۱ اندازه پیش نمونه کافی است تا اطمینان حاصل شود که پیش نمونه نماینده کل ماده است.

۱-۳-۱۳-۲ جرم باقی مانده پس از اتمام مراحل پیشنهادی جداسازی به اندازه کافی برای اندازه گیری با دقت کافی بزرگ است (تقریباً دقت ۱٪ مطلوب است).

۱-۳-۱۳-۳ پیش نمونه عاری از هرگونه رنگی است که امکان دارد در آن یا در نمونه اولیه موجود باشد.

**یادآوری ۱-** با استفاده از این استاندارد، نتیجه باقیمانده‌های چند ماده حجیم کمتر از ۲٪ وزن نمونه اولیه می‌شود، مگر اینکه همگی اغلب از اجزای آلی تشکیل شده باشند یا گچ یا گچ کاری‌های آهکی دارای مقادیر ناچیزی از مواد غیرمحلول باشند.

**یادآوری ۲-** استفاده از وزن بالاتر در شروع، اطمینان می‌دهد که اثرات ناهمگن در توزیع آزبست در مواد آلی، کاهش یافته است. این ناهمگنی‌ها، بطور کلی در کسرهای جرمی پایین‌تر آزبست در ماده اولیه بسیار جدی‌تر می‌شود، بویژه زمانی که هرگونه آزبستی به صورت آلودگی طبیعی موجود باشد.

وزن مناسب برای پیش نمونه و هرگونه پیش واکنش لازم، به ماهیت نمونه بستگی دارد.

#### ۲-۳-۱۳ گچ کاری‌های بدون کلوخه

این مواد در وهله اول از سنگ گچ، کلسیم کربنات و کلسیم هیدروکسید و گاهی اوقات از نشاسته تشکیل شده است و اگر حاوی آزبست باشند، معمولاً به طور همگن توزیع می‌شوند. از حداقل وزن پیش نمونه تقریباً ۰٫۱ g استفاده کنید. پیش نمونه‌های بیشتر از ۱ g می‌تواند به صورت رضایت‌بخشی تجزیه شوند. پیش نمونه را با استفاده از هاون و دسته هاون، آسیاب و پودر کنید.

#### ۳-۳-۱۳ گچ کاری‌های دارای کلوخه

این گچ کاری‌ها حاوی سنگ گچ، کلسیم کربنات، کلسیم هیدروکسید، کلوخه‌های سنگی بزرگ و ماسه و اغلب از موی حیوانات یا فیبرهای کنفی و گاهی اوقات کسرهای جرمی از کریستال تشکیل شده است. اگر به نظر برسد که هیچ کلوخه سنگی بزرگی در آن وجود ندارد، از حداقل حدود ۰٫۵ g پیش نمونه استفاده کنید. اگر کلوخه سنگی بزرگی وجود دارد (ابعاد ۲mm تا ۵mm)، حداقل وزن نمونه مورد نیاز تقریباً ۵g است.

پیش نمونه را با استفاده از هاون و دسته هاون برای در هم شکستن کلوخه‌های ذرات و قطعات به آرامی آسیاب کنید، به طوری که برای خاکستری و واکنش‌های شیمیایی مناسب باشد. چون جداسازی بخش‌های اصلی اجزای غیر آزبستی با رسوب‌گیری، یک ویژگی اساسی در تجزیه این نوع از نمونه است، لذا

مهم است که اندازه‌های ذرات، بیشتر از مقدار لازم کاهش پیدا نکند. توصیه می‌شود پیش نمونه‌های حاصل از نمونه‌های مواد ساییده شده، با روش‌های مخروطی و یک چهارم از نمونه اصلی گرفته شود.

#### ۴-۳-۱۳ سیمان با و بدون مواد کلوخه

گلچهای سیمانی پورتلند مشکلات جدی را در بخش‌های بعدی روش نشان می‌دهند، بنابراین وزن پیش نمونه باید محدود شود و بیشتر از ۱g نشود. این مواد بسیار سخت هستند. ماده را برای جداسازی کلوخه‌های ذرات و قطعات، آسیاب کنید.

#### ۵-۳-۱۳ کاشی‌های کف

از یک چاقوی تمیز برای بریدن لایه‌های نازک مواد استفاده کنید. از مقطع عرضی کامل نمونه، با برش عمود بر صفحه ورقه، برش بزنید و از هر گونه چسب، در صورتی که وجود داشته باشد، بر کناره زیرین آن اجتناب کنید و نیز از وسیله درزگیری یا باقیمانده خاک و شن بر روی سطح بالایی، اجتناب کنید. به این ترتیب مطمئن می‌شوید در صورتی نمونه ساختار لایه‌ای داشته باشد، نماینده تمام لایه‌ها در ماده است. تقریباً از حداقل ۰٫۳g از تراشه به عنوان پیش نمونه استفاده کنید.

#### ۶-۳-۱۳ مواد آسفالتی بدون مواد کلوخه‌ای

پیش نمونه‌ای انتخاب کنید که نشان‌دهنده کل ضخامت ماده آسفالتی باشد. توصیه می‌شود وزن پیش نمونه حداقل تقریباً ۰٫۵g باشد.

#### ۷-۳-۱۳ مواد آسفالتی دارای مواد کلوخه‌ای

هرگونه آزیست موجود در این مواد، در اجزای آسفالت به کار گرفته می‌شود و لذا کسر جرمی آزیست گزارش شده از تجزیه، شدیداً به مقادیر نسبی آسفالت و مواد کلوخه شده در پیش نمونه بستگی دارد. اگر اندازه کلوخه از تقریباً ۱ cm تجاوز نمی‌کند، حداقل از حدود ۱۰g پیش نمونه استفاده کنید. از طرفی تعیین کمی آزیست می‌تواند فقط بر اساس اجزای آسفالت باشد که می‌تواند از اتلاف وزن مشاهده شده در طی خاکستری بدست آید. در این حالت یک پیش نمونه با وزن کمتر می‌تواند استفاده شود. بهر حال، اینکه آیا این روش قابل قبول است یا خیر دقیقاً به حدود کنترل قانونی قابل اجرا، بستگی دارد.

یادآوری - چون برای محاسبه وزن پیش نمونه راهنما لازم است، به طور کلی این نوع از مواد حاوی تقریباً ۵٪ آسفالت هستند.

#### ۸-۳-۱۳ بتونه کاری، چسب قیری، بتونه‌ها، دوغاب‌ها، ترکیبات اتصال دیوار

این مواد، محصولاتی هستند که تحت شرایط کنترل کیفی تولید شده‌اند و می‌توان فرض کرد که همگی همگن هستند. به استثنای چسب قیری که توصیه می‌شود، وزن پیش نمونه حداقل تقریباً ۰٫۳g باشد. توصیه می‌شود هر جا که امکان داشت، اوزان بالاتر پیش نمونه برای چسب قیر بکار گرفته شود، زیرا در صورتی که حاوی آزیست نباشد، باقیمانده‌ی پس از خاکستری ممکن است برای توزین دقیق کافی نباشد.

### ۹-۳-۱۳ مواد سلولزی

حداقل از تقریباً ۰/۵ g وزن پیش نمونه استفاده کنید.

### ۱۰-۳-۱۳ بافت روکش‌ها

حداقل از تقریباً ۰/۵g وزن پیش نمونه استفاده کنید. بافت روکش‌ها در بسیاری اوقات بوسیله یک پوشش ضخیم رنگ پوشیده می‌شود و اغلب بدست آوردن ماده کافی برای تجزیه مشکل است.

### ۴-۱۳ حذف مواد آلی با خاکستری‌گیری

#### ۱-۴-۱۳ کلیات

اگر تجربیات قبلی نشان داده است که محتوای آلی ماده کافی نیست و برای تجزیه مناسب نمی‌باشد، پس مرحله خاکستری‌گیری می‌تواند حذف شود. در این مورد، نمونه فرعی توزین می‌شود و به طور مستقیم به مرحله حل کردن در اسید، برده می‌شود.

برخی مواد حاوی نشاسته که می‌تواند فیلتراسیون باقیمانده نهایی را دچار مخاطره کنند؛ توصیه می‌شود که تمام نمونه‌های مشخص نشده قبلی، خاکستر شود.

خاکستر کردن نمونه در دمای  $450^{\circ}\text{C}$  برای مدت زمان ۴ ساعت، اجزای آلی را از بسیاری مواد با اثر بسیار کم بر خواص نوری کریسوتایل حذف می‌کند. هر چند که رنگ و ویژگی‌های نوری آموسیت و کروسیدولیت با این واکنش اکسیداسیون دستخوش تغییر می‌شود، اما بسیاری از فیبرها می‌توانند همچنان بوسیله PLM شناسایی شوند. ویژگی‌های نوری تریمولیت، آکتینولیت، آنتوفیلیت و ریچتریت/ وینیچت تقریباً تحت تأثیر این واکنش قرار نمی‌گیرد. واکنش حرارتی بر ترکیب هیچ یک از گونه‌های آزبست اثر نمی‌گذارد و همه آن‌ها می‌توانند با میکروسکوپ الکترونی پس از واکنش، شناسایی شوند.

از کوره استردار با دمای  $450^{\circ}\text{C}$  برای کار روزمره استفاده کنید. برای حذف مواد آلی از برخی ماتریس‌ها ممکن است نیاز به دوره طولانی حرارت‌دهی بالای ۱۰ ساعت باشد. در صورت لزوم، دمای کوره ممکن است تا  $485^{\circ}\text{C}$  افزایش یابد. دما نباید  $500^{\circ}\text{C}$  تجاوز کند، زیرا در بالاتر از این دما، کریسوتایل شروع به تجزیه می‌کند.

هنگام واکنش نمونه‌های حاوی پلی‌وینیل کلرید یا مواد آسفالتی در کوره برای اجتناب از قرارگیری در معرض گازهای سمی باید دقت کافی صورت گیرد.

### ۲-۴-۱۳ روش آزمون

بر روی چینی لعاب دار یا بوته سیلیکاتی ذوب شده، دارای برچسب مقاوم به حرارت برچسب‌گذاری کنید و وزن آنرا بنویسید. پیش نمونه ماده حجیم را داخل بوته قرار دهید و آن را مجدداً جهت بدست آوردن وزن پیش نمونه وزن کنید. بوته را با یک درپوش مخصوص پوشانده و آن را در کوره در دمای  $450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$  به مدت حداقل ۴ ساعت قرار دهید. بوته را از کوره خارج کرد و اجازه دهید که تا دمای اتاق سرد شود.

درب بوته را برداشتند بوته را با محتویاتشان وزن کنید. در صورتی که بررسی محتوای بوته چینی نشان دهد که حذف مواد آلی کامل نیست، بوته را دوباره جهت عمل‌آوری اضافی در داخل کوره قرار دهید.

### ۵-۱۳ روش‌های عمل‌آوری اسید و رسوب‌گذاری

#### ۱-۵-۱۳ کلیات

اجزا تشکیل دهنده موادی مانند کلسیت، سنگ گچ و پشم معدنی در هیدروکلریک اسید حل می‌شوند. این اجزا اغلب جرم نسبتاً بزرگی از نمونه را تشکیل می‌دهند. هم‌زدن نمونه در هیدروکلریک اسید ۲ mol/l به مدت ۱۵ دقیقه بسیاری از اجزای تشکیل دهنده ماتریس را می‌زداید و قابلیت شناسایی و کمیت‌پذیری آزیست را بهبود می‌دهد. این عمل‌آوری اندکی ضرایب شکست کریستوتایل را کاهش می‌دهد و هنگام شناسایی کریستوتایل با PLM مورد ملاحظه قرار گیرد. عمل‌آوری با اسید تأثیری روی خواص نوری سایر انواع آزیست ندارد.

**یادآوری-** سایر اسیدها مانند استیک اسید و فرمیک اسید در حل سنگ گچ و کلسیت موثرند اما در زدودن سایر مواد معدنی مانند پشم معدنی و دولومیت موثر نیستند.

پس از عمل‌آوری با اسید، باقیمانده کلوخه‌های بزرگ یا ماسه در برخی مواد معدنی را می‌توان از سوسپانسیون اسید با رسوب‌گیری یا شناورسازی جدا کرد. بخش بزرگی از اجزای تشکیل دهنده همچون ورمیکولیت ورقه شده یا پرلیت مشبک را می‌توان با شناورسازی جدا کرد. ماسه یا قطعات کلوخه‌ای رسوب در سوسپانسیون آبی، بسیار سریع‌تر از بسیاری آزیست‌ها رسوب می‌کنند و در برخی نمونه‌ها، نسبت بزرگی از ماسه یا کلوخه را می‌توان از بخشی که حاوی هر گونه آزیست است، جداسازی کرد.

برای روش زیر بند ۱۳-۵-۲ نمونه‌های حاوی اجزای محلول در اسید، بدون کلوخه یا با کلوخه‌های غیر محلول مناسب هستند. کاشی کف انعطاف‌پذیر مورد خاصی است زیرا حضور فراوان دولومیت به صورت یک جزء اصلی نیازمند استفاده از هیدروکلریک اسید غلیظ است. روش مورد استفاده برای کاشی کف انعطاف‌پذیر در زیر بند ۱۳-۵-۳ مشخص شده است.

### ۱۳-۵-۲ روش عمل‌آوری با اسید در نمونه‌های حاوی اجزای محلول با یا بدون کلوخه‌های غیر محلول

#### ۱۳-۵-۲-۱ حل ترکیبات محلول در اسید و محلول در آب

محتوای خاکستر بوته را به یک ارلن مایر (مخروطی) ۲۰۰ ml منتقل کنید. ۱۰۰ ml از هیدروکلریک اسید ۲ mol/l و یک میله هم‌زمان مغناطیسی پوشیده با- پلی تترا فلورو اتیلن (PTFE) اضافه کنید. آن را بر روی یک دستگاه همزن مغناطیسی به مدت ۱۵ دقیقه قرار دهید.

مطمئن شوید که اسید اضافی استفاده شده است، بنابراین، تمام مواد محلول در اسید حل خواهد شد.

### ۱۳-۵-۲-۲ توزین فیلتر پلی کربناتی و سوار کردن سامانه فیلتراسیون

یک فیلتر پلی کربنات با قطر ۴۷ mm و اندازه منافذ ۰٫۴ μm را وزن کنید و آن را در یک ظرف پتری برچسب دار قرار دهید. یک سامانه فیلتراسیون خلاء با قطر ۴۷ mm را سوار کرده و فیلتر پلی کربناتی با قطر

۴۷ mm و اندازه منافذ  $0.4 \mu\text{m}$  را که از قبل توزین شده نصب کنید. یک سامانه فیلتراسیون خلاء با قطر  $25 \text{ mm}$  را سوار کنید و بسته به نوع تجزیه پیشنهادی بعدی، با یک فیلتر MEC با اندازه اسمی منافذ  $0.4 \mu\text{m}$  برای مرکز شمارش PLM یا فیلتر PC با اندازه منافذ  $0.4 \mu\text{m}$  با یک فیلتر انتشاری پشتیبان  $5 \mu\text{m}$  برای آزمایش SEM یا ml نصب کنید.

اگر پیش نمونه تجزیه شده حاوی سیمان پورتلند باشد، فیلتراسیون باقیمانده نهایی ممکن است بسیار آهسته باشد. اگر معلوم گردد سیمان پورتلند در نمونه وجود دارد، از یک فیلتر PC با اندازه منافذ  $0.8 \mu\text{m}$  برای فیلتراسیون استفاده کنید.

### ۱۳-۲-۳ جداسازی ذرات رسوب کرده، شناور و معلق

این مرحله بحرانی است و نیازمند مهارت دستی است. در این مرحله، در حالی که اجزای سنگین مانند ماسه و کلوخه فرصت جدا شدن دارند، یا بخش‌های کوچکی همچون پرلیت مشبک یا ورمیکولیت ورقه شده شناور می‌شود، هدف نگه‌داشتن فیبرهای آزبستی معلق در مایع است،

۱۳-۲-۳-۱ اگر هیچ‌گونه پرلیت یا ورمیکولیت شناوری وجود نداشته باشد و همچنین به نظر برسد که هیچ رسوبی با اندازه ذرات کلوخه بزرگ وجود ندارد، مستقیماً به زیر بند ۱۳-۲-۳-۴ بروید.

۱۳-۲-۳-۲ اگر پرلیت یا ورمیکولیت شناور وجود داشته باشد، قبل از ادامه، آنقدر آب مقطر اضافه کنید تا بخش شناور به لبه ارلن مایر برسد. با استفاده از یک اسپاتول تمیز، تا جایی که امکان دارد بخش شناور را از سطح مایع جدا کنید و آن را در یک ظرف پتری شیشه‌ای از قبل توزین شده قرار دهید. ظرف پتری را در یک صفحه گرم‌کننده قرار دهید و اجازه دهید که ماده خشک گردد.

۱۳-۲-۳-۳ اگر مرحله زیر بند ۱۳-۲-۳-۲ ضروری باشد، اجازه دهید ارلن مایر برای چندین دقیقه در حالت ساکن بماند و سپس تقریباً ۵۰٪ از مایع شناور را به داخل یک بشر  $1000 \text{ mm}$  تمیز بریزید. اگر مرحله ۱۳-۲-۳-۲ ضروری نبود، مستقیماً به مرحله ۱۳-۲-۳-۴ بروید.

۱۳-۲-۳-۴ برای تعلیق مجدد ذرات ساکن، مایع را در داخل فلاسک با یک حرارت دورانی بچرخانید. اجازه دهید ذرات بزرگتر به سکون برسند، سپس بیشتر مایع شناور را به داخل بشر بریزید.  $150 \text{ ml}$  آب مقطر را به فلاسک ارلن مایر اضافه کنید و رسوب‌گیری و حذف مایع شناور را تکرار کنید. مجدداً این کار را با  $150 \text{ ml}$  از آب مقطر تکرار کنید.

۱۳-۲-۳-۵ با استفاده از بطری شستشو با آب مقطر، ماده رسوب کرده در فلاسک ارلن مایر را به ظرف پتری  $100 \text{ ml}$  شستشو دهید. آب را به آهستگی به داخل بشر  $100 \text{ ml}$  خالی کنید و سپس ظرف پتری را بر روی صفحه گرم‌کننده قرار دهید و اجازه دهید که رسوب خشک شود. خشک کردن ممکن است با شستشوی رسوب با حجم کمی از اتانول تسریع شود و به آهستگی اتانول را به داخل بشر  $1000 \text{ ml}$  خالی کنید.

۱۳-۵-۲-۳-۶ آب مقطر را به داخل بشر تا رسیدن به حجم معلوم اضافه کنید. (۷۰۰ ml معمولاً مناسب است)

#### ۱۳-۵-۲-۴ آماده‌سازی فیلترهای MEC یا PC مورد استفاده برای شمارش نقطه‌ای آزمایش SEM یا TEM

ذرات موجود در سوسپانسیون را با پیپت و بوسیله هم زدن و دمیدن هوا در بشر ۱۰۰۰ ml (یا ارلن مایر، در صورتی که هیچ کلوخه بزرگ قابل رویت وجود نداشته باشد) به داخل سوسپانسیون پراکنده کنید. بخشی از سوسپانسیون را برای فیلتراسیون از طریق فیلتر MEC یا PC با قطر ۲۵ ml بردارید. بارگذاری ذرات بر روی فیلتر باید برای نوع تجزیه پیشنهادی مناسب باشد. بطور کلی، معلوم شده است که کسر برداشت شده بین ۰/۵ ml و ۴ ml برای شمارش نقطه‌ای PLM مناسب است، اما کسرهای برداشت شده کمتر معمولاً برای بدست آوردن ذرات مناسب بارگذاری در آزمایش SEM یا TEM لازم است. قبل از فیلتراسیون، هر کسر برداشت شده را تا حجم بیشتر از ۵ ml با آب مقطر رقیق کنید تا اطمینان حاصل شود که رسوب ذره‌ای یکنواختی بر روی فیلتر ته‌نشین شده است. حداقل چهار فیلتر از چهار کسر برداشت شده مجزا، تهیه کنید. هر فیلتر را بر روی یک ظرف پتری برچسب‌دار قرار دهید و اجازه دهید که فیلترها بر روی صفحه گرم‌کننده خشک شود.

#### ۱۳-۵-۲-۵ فیلتر تعادل سوسپانسیون

تعادل سوسپانسیون را به وسیله فیلتر پلی کربناتی با اندازه منافذ ۰/۴  $\mu\text{m}$  یا ۰/۸  $\mu\text{m}$ ، فیلتر کنید. فیلتر پلی کربنات را از سامانه فیلتراسیون برداشته و آن را بر روی ظرف پتری برچسب‌دار آن قرار دهید. ظرف پتری را بر روی صفحه گرم‌کننده قرار داده و اجازه دهید که فیلتر خشک شود.

#### ۱۳-۵-۲-۶ وزن کسرهای جداسازی شده

قبل از توزین ماده رسوب کرده و فیلتر پلی کربنات با رسوب، آن‌ها را با استفاده از میکروسکوپ لوپ بررسی کنید. با استفاده از گیره، هرگونه دسته فیبر بسیار بزرگ قابل رویت را در ماده رسوب کرده بردارید و آن را بر روی یک ظرف از پیش وزن شده قرار دهید (یک قطعه کوچک تشکیل شده از فویل آلومینیومی کافی است). اگر رسوب فیلتر هرگونه ذره بزرگی را نشان دهد، به طوری که پیش نمونه نماینده رسوب فیلتر نباشد، مواد غیر آرزبستی بزرگ را برداشته و آن را به ماده رسوب کرده منتقل کنید و هرگونه فیبر غیرآرزبستی بزرگ را برداشته و آن را به ظرف از پیش وزن شده با هرگونه فیبر جدا شده از ماده رسوب کرده قرار دهید. ماده رسوب کرده را به یک ظرف پتری پلاستیکی ۵۰ mm از قبل توزین شده منتقل کنید. ماده شناور (در صورت قابل استفاده بودن) ماده رسوب کرده، فیبرهای دسته‌بندی شده، فیلتر با رسوب باقیمانده نهایی را وزن کنید. به بند ۱۴ مراجعه شود.

### ۳-۵-۱۳ روش کاشی کف انعطاف پذیر

#### ۱-۳-۵-۱۳ عمل آوری خاکستر باقیمانده با هیدروکلریک اسید غلیظ

یک فیلتر پلی کربناتی با منافذ ریز با اندازه منافذ  $0.4 \mu\text{m}$  و قطر  $47 \mu\text{m}$  وزن کنید و آن را در یک ظرف پتری قرار دهید. دستگاه فیلتراسیون با قطر  $47 \mu\text{m}$  را با استفاده از یک فلاسک خلاء و دمنده آب، نصب کنید. فیلتر پلی کربنات را در دستگاه فیلتراسیون نصب کنید.

خاکستر باقیمانده را از بوته به یک هاون منتقل کرده و  $5 \text{ ml}$  آب مقطر تازه به آن اضافه کنید و ماده را جهت پراکنده شدن، آسیاب کنید. به آرامی  $2 \text{ ml}$  از هیدروکلریک اسید غلیظ را به آن اضافه کنید. کلسیت، دولومیت و آنکریت با آزاد شدن دی اکسید کربن حل خواهد شد. کلسیت به سرعت حل خواهد شد اما دولومیت یا آنکریت به آرامی حل می شوند. اگر مشاهده شود که آزاد شدن گاز آهسته است، آسیاب کردن ماده را در هاون در فواصل زمانی به منظور تسریع هر چه بیشتر انحلال آن، ادامه دهید. زمان انحلال کامل دولومیت یا آنکریت ممکن است  $15$  دقیقه یا بیشتر به طول انجامد اما خاکستر باقیمانده نباید بیشتر از  $20$  دقیقه در معرض اسید غلیظ قرار گیرد. هنگامی که آزادسازی گاز قطع شد، بلافاصله سوسپانسیون را با  $10 \text{ ml}$  آب مقطر تصفیه شده رقیق کنید.

#### ۲-۳-۵-۱۳ فیلتر کردن سوسپانسیون

از پمپ خلاء برای سوار کردن فیلتراسیون استفاده کنید. سوسپانسیون را در مخزن فیلتر بریزید و با استفاده از حدود  $50 \text{ ml}$  آب مقطر تازه هاون و دسته هاون را در داخل مخزن بشویید. اجازه دهید فیلتراسیون کامل شود. عملیات شستشو را برای بار دوم تکرار کنید تا اطمینان حاصل کنید که کل باقیمانده منتقل شده است و هیدروکلریک اسید کاملاً از رسوب فیلتر شده، شسته شده است.

#### ۳-۳-۵-۱۳ خشک کردن و توزین فیلتر پلی کربنات

فیلتر پلی کربنات را برداشته و آن را به ظرف پتری برچسب دار منتقل کنید. توصیه می شود هنگام خشک شدن، یک پد سلولزی جهت جلوگیری از چسبیدن فیلتر پلی کربنات به پایه ظرف پتری در انتهای ظرف قرار دهید. توصیه می شود بلافاصله دستگاه فیلتراسیون شسته شود، به طوری که مقادیر ناچیز باقیمانده کریسوتایل فرصت خشک شده بر روی دستگاه را نداشته باشند.

با استفاده از یک لامپ حرارتی یا یک صفحه گرم کننده، فیلتر پلی کربناتی را خشک کنید. فیلتر ممکن است در طی خشک کردن، تاب بردارد. اجازه دهید فیلتر پلی کربناتی با رسوب در دمای اتاق خشک شود و سپس آن را وزن کنید.

#### ۴-۵-۱۳ آزمون مواد برای فیبرهای آمفیبول

#### ۱-۴-۵-۱۳ کلیات

ورمیکولیت، سنگ معدن، آتاپولگیت و کف دریا گروهی از مواد هستند که می توانند با استفاده از رفلاکس متوالی در اسید و قلیا، حل شود [24]. با جوشاندن محصول در هیدروکلریک اسید یا سولفوریک اسید



کاتیون‌هایی مانند منیزیم و کلسیم حذف می‌شوند و باقیمانده‌ای از ژل سلیکا باقی می‌ماند. با جوشاندن این باقیمانده در سدیم هیدروکسید، ژل سلیکا حل می‌شود و هرگونه مواد آمفیبولی تقریباً دست نخورده باقی می‌ماند. برای تجزیه سنگ معدن، استفاده از هیدروکلریک اسید ضروری است.

**یادآوری** - اندازه‌گیری معمولی کسر جرمی آمفیبول در ورمیکولیت و مواد حاوی ورمیکولیت اغلب با استفاده از روش‌های تشریح شده در بند ۱۵ بسیار به راحتی انجام می‌شود.

### ۱۳-۴-۵-۲ انتخاب پیش نمونه معرف

یک بوته چینی یا سلیکایی را وزن کنید. تقریباً ۲g از ماده را جدا کنید و در داخل بوته قرار دهید و مجدداً وزن کنید.

### ۱۳-۴-۵-۳ عمل‌آوری پیش نمونه

بوته را به مدت حداقل ۱۰ ساعت در کوره با دمای  $10^{\circ}\text{C} \pm 600^{\circ}\text{C}$  قرار دهید. سپس بوته را از کوره خارج کرده و بگذارید در دمای اتاق سرد شود.

### ۱۳-۴-۵-۴ رفلکس پیش نمونه عمل‌آوری شده با حرارت در اسید

محتوای بوته را به بالون ته گرد ۲۵۰ ml که بخشی از دستگاه رفلکس است، منتقل کنید ۸۰ ml از اسید سولفوریک ۲mol/l یا هیدروکلریک اسید ۲mol/l اضافه کنید و سوسپانسیون را به مدت ۱ ساعت بجوشانید. جهت کاهش پاشیدن محتوی بوته به بیرون طی جوشیدن، یک قطعه از چینی بدون لعاب را در بالون قرار دهید. اجازه دهید بالون در دمای اتاق خنک شود.

### ۱۳-۴-۵-۵ گریزانه و شستشوی باقیمانده

محتوای فلاسک را به لوله‌های گریزانه منتقل کنید و آن را در حداقل سرعت ۲۸۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه گریزانه کنید. مایع شناور را از لوله گریزانه به آرامی بردارید و ماده گریزانه شده را در آب مقطر تصفیه شده پراکنده کنید. سوسپانسیون را مجدداً گریزانه کنید. روش شستشو را برای بار دوم تکرار کنید.

### ۱۳-۴-۵-۶ رفلکس باقیمانده در هیدروکسید سدیم

ماده گریزانه شده را به بالون ۲۵۰ml دستگاه رفلکس منتقل کرده و حدود ۸۰ml هیدروکسید سدیم ۴mol/l بر آن اضافه کنید. سوسپانسیون را به مدت ۱ ساعت رفلکس کنید.

### ۱۳-۴-۵-۷ جداسازی باقیمانده نهایی

محتوای بالون را به لوله‌های گریزانه منتقل کرده و به مدت ۱۰ دقیقه گریزانه کنید. ماده گریزانه شده را همانطور که در زیر بند ۱۳-۴-۵-۵ توضیح داده شده دو بار بشوید. با استفاده از اتانول، ماده گریزانه شده را به یک ظرف پتری پلی‌استیرن از قبل توزین شده منتقل کنید.

ظرف پتری را بر روی صفحه گرم کننده در  $60^{\circ}\text{C}$  قرار دهید و اجازه دهید اتانول تبخیر شود. ظرف پتری حاوی ماده گریزانه را برای بدست آوردن وزن باقیمانده نهایی وزن کنید.

## ۱۳-۵-۴-۸ شناسایی و تعیین کمی آمفیبول در باقیمانده نهایی

از روش‌های مشخص شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، برای مشخص کردن هر گونه آزبست در صورت وجود در باقیمانده نهایی استفاده کنید. اگر آمفیبول موجود باشد، همانطور که در بند ۱۴ توضیح داده شده است، می‌توان بوسیله PLM، SEM یا TEM کمیت آن را تعیین کرد.

## ۱۴ روش‌هایی برای تعیین کمی آزبست در باقیمانده نهایی از کاهش ماتریس وزن‌سنجی

### ۱-۱۴ کلیات

پس از بکارگیری روش‌های تجزیه‌ای وزن‌سنجی کمی، معمولاً تعیین مقدار کمی آزبست در باقیمانده نهایی، ضروری است. این باقیمانده به طور کلی به شکل یک لایه ضخیم از ماده ذره‌ای خرد بر روی سطح فیلتر پلی کربنات است. در برخی روش‌های آماده‌سازی، فیلترهای دارای ماده ذره‌ای بارگذاری شده مناسب برای شمارش نقطه‌ای PLM را می‌توان از باقیمانده نهایی تهیه کرد. آزبست در باقیمانده نهایی از روش‌های کاهش وزن‌سنجی بوسیله یکی از روش‌های زیر به صورت کمی تعیین می‌گردد. روش مناسب به ماهیت ماده بستگی دارد. روش‌های زیر، جهت دستیابی به حدود قانونی با حداقل تلاش و هزینه، طراحی شده است.

### ۱۴-۲ آزمایش باقیمانده بر روی فیلتر و انتخاب روش مناسب

رسوب روی فیلتر پلی کربنات را با استفاده از میکروسکوپ دو چشمی لوپ بررسی کنید. گاهی اوقات دیدن دسته‌های بزرگی از فیبر که می‌تواند از رسوب گرفته شود و توسط PLM شناسایی شود امکان‌پذیر است (در نظر داشته باشید که شاخص‌های انکساری، با قرارگیری در معرض هیدروکلریک اسید کاهش پیدا می‌کند). در صورت امکان، فیبرها را انتخاب کرده و آن‌ها را با استفاده از روش‌های مشخص شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، شناسایی کنید. در صورتی که مدارک مستندی در مورد شناسایی فیبر لازم است، روش‌های SEM یا TEM همانطور که در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، مشخص شده است، می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

بسته به ماهیت باقیمانده نهایی و حدود کنترلی قابل استفاده، یکی از روش‌های زیر را برای تعیین کمی هر گونه ماده آزبستی موجود انتخاب کنید.

### ۱۴-۲-۱ اندازه‌گیری‌های وزن‌سنجی محض

تعدادی از مواد دارای ترکیباتی هستند که باقیمانده نهایی آن‌ها پس از خاکستری یا ترکیبی از خاکستری و عمل‌آوری با اسید، تقریباً به طور کامل از آزبست تشکیل شده است. برای این نوع از مواد فقط شناسایی آزبست با استفاده از روش‌های مشخص شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، ضروری است و کسر جرمی آزبست در نمونه اصلی می‌تواند به تنهایی از داده‌های وزن‌سنجی محاسبه شود. در برخی موارد باقیمانده نهایی ممکن است بخش کوچکی از نمونه اصلی را نشان دهد، حتی در صورتی که باقیمانده ۱۰۰٪ آزبست باشد، کسر جرمی نمی‌تواند از حدود قانونی قابل استفاده تجاوز کند. اگر این وضعیت رخ دهد، توصیه می‌شود در مورد لزوم ادامه کار تصمیم‌گیری شود زیرا کسر جرمی آزبست می‌-

تواند به مقدار کمتری از حد قانونی ویژه گزارش شود. تعیین کمی بیشتر آزیست در باقیمانده یا تأیید حضور آزیست می‌تواند با هر یک از روش‌های زیر بدست آید.

#### ۱۴-۲-۲ برآورد عینی با مشاهده PLM، SEM یا TEM

برآورد عینی کسر جرمی فیبرهای آزیستی در ماتریس سایر مواد، نشان داده است که به طور سازگاری تخمین فراتری از نسبت آزیست را به دست می‌آورد. در برخی موارد، در محاسبه کسر جرمی باقیمانده پس از بکارگیری روش‌های وزن‌سنجی، بر اساس بررسی عینی باقیمانده می‌تواند به طور واضح مشخص کند که نسبت آزیست در باقیمانده ناچیز است و نمی‌تواند از حد کنترل فراتر رود. چنین برآورد عینی با هدف اثبات پیروی از حدود کنترل می‌تواند با استفاده از PLM، SEM یا TEM انجام شود چون برآورد عینی برای بازدهی مقدار تخمین بالاتری از کسر جرمی آزیست معلوم است. از برآورد عینی برای نشان دادن تجاوز از حد کنترل استفاده نکنید. برای این هدف و موقعیت‌های دیگر که در آن برآورد عینی مناسب نیست، از روش شمارش نقطه‌ای که در زیر بند ۱۴-۲-۳ مشخص شده است یا از روش شمارش جرم که در زیر بند ۱۴-۲-۴ تشریح شده است، استفاده کنید.

**یادآوری-** برای مورد خاص کاشی کف، اگر بتوان آزیست را بصورت مطمئن توسط PLM در باقیمانده شناسایی کرد، تجزیه در صورتی که مطلوب باشد، می‌تواند خاتمه پیدا کند، زیرا چنین باقیمانده‌هایی تقریباً به طور کامل از کریسوتایل تشکیل شده است. اگر کریسوتایل در یک کاشی کف شناسایی شود، به طور کلی به مقداری در حد کسرهای جرمی اساسی وجود دارد که از هر حد قانونی تجاوز می‌کند. بهر حال، به دلیل تداخل با پیگمان‌هایی همچون تیتانیوم دی‌اکسید، و احتمال اینکه کریسوتایل جزء سازنده رسوب کوالیگا و کالیفرنیا است، روش PLM برای تأیید عدم حضور آزیست یا برای تعیین کسر جرمی آزیست در باقیمانده، قابل اطمینان نیست. برای تعیین کمی کریسوتایل، یا برای تعیین عدم وجود آزیست، آزمایش باقیمانده بوسیله هر کدام از SEM یا TEM با استفاده از روش‌هایی که در زیر بندهای ۱۴-۲-۲، ۱۴-۲-۳ یا ۱۴-۲-۴ تشریح شده است، ضروری است.

#### ۱۴-۲-۲-۱ آماده سازی نمونه‌های SEM یا TEM

مراحل تجزیه‌ای اضافی غیر از شناسایی هر گونه آزیست موجود در باقیمانده ممکن است ضروری باشد یا ضروری نباشد. اگر فرض کنید که وزن باقیمانده ۱۰۰٪ از آزیست تشکیل شده است، کمتر از حد قانونی کسر جرمی آزیست را نشان می‌دهد، پس توصیه می‌شود لزوم اقدامات بیشتری در نظر گرفته شود زیرا کسر جرمی آزیست احتمالاً نمی‌تواند از حد قانونی تجاوز کند. برای موقعیتی که در آن برآورد عینی مقدار آزیست در باقیمانده احتمالاً به اندازه کافی برای برآورده کردن وضعیت قانونی ماده، دقیق است، افت پایه روش SEM یا TEM، راه مناسبی برای شناسایی آزیست و برآورد نسبت آن در باقیمانده نهایی است. همچنین این روش، راهکاری مناسب جهت نشان دادن فقدان آزیست است. افت مقادیر برای SEM یا TEM با پراکنده کردن مقداری از باقیمانده در اتانول و تبخیر قطره کوچکی از باقیمانده بر روی تخته کربنی یا بریلیومی سوار شده بر روی نمونه برای مشاهده SEM با یک شبکه پوشیده با کربن برای مشاهده TEM تهیه می‌شود.

تقریباً  $1 \text{ cm}^2$  از فیلترهای پلی‌کربنات و رسوب را برش داده و آن را به یک بشر پلاستیکی یک‌بار مصرف منتقل کنید. اغلب مشاهده می‌شود که رسوب می‌تواند به راحتی از فیلتر جدا شود. ۵ ml اتانول را اضافه

کنید و آن را در یک حمام اولتراسونیک به مدت ۱ دقیقه برای حذف بیشتر رسوب در سوسپانسیون، عمل آوری کنید. ۳ μl از سوسپانسیون را با استفاده از یک میکروپیپت با نوک قابل تعویض، روی قطعه SEM یا یک شبکه کربناتی در زیر یک لامپ حرارتی قرار دهید. لامپ حرارتی را روشن کنید و به قطره سوسپانسیون روی شبکه یا قطعه SEM اجازه دهید خشک شود. پس از خشک شدن، نمونه را به یک ظرف پتری برجسب‌دار منتقل کنید.

#### ۱۴-۲-۲-۲ تخمین نسبت آزبست

نمونه را در SEM یا TEM آزمایش کنید. نسبت آزبست را با در نظر گرفتن کامل نمونه در SEM یا با آزمایش چند دریاچه شبکه معرف بر روی یک نمونه TEM برآورد کنید. اگر هدف از انجام آزمایش تایید وجود آزبست است، اطمینان حاصل کنید که مقدار کافی از ماده ذره‌ای آزمایش شده است تا اطمینان لازم در تعیین آزبست را نسبت به حدود کنترل کاربردی، به دست آید.

**یادآوری** - مخصوصاً برای کاشی کف انعطاف‌پذیر، اغلب مشاهده شده است که باقیمانده نهایی از این روش بین ۷۰٪ و ۹۵٪ از آزبست کریسوتایل با ذرات پیگمان تیتانیوم دی اکسید تشکیل شده است. انواع دیگر کاشی کف، باقیمانده‌ای را به وجود می‌آورد که در آن مقدار کریسوتایل نسبت کمتری از باقیمانده کل است یا کسر جرمی کمتری از آمفیبول یا انواع دیگر فیبرهای معدنی یا ذرات معدنی می‌تواند یافته شود. برخی کاشی‌های کف نادر حاوی نسبت‌های عمده‌ای از تریمولیت و/یا آنتوفیلیت هستند. علاوه بر کریسوتایل، باقیمانده حاصل از کاشی کف ممکن است حاوی فرم تریمولیت غیر آزیستی، آنتوفیلیت، تالک، آنتیگوریت، کائولینیت، اکسید آهن، باریم سولفات، میکا، کوارتز، یا سایر انواع مواد باشد.

#### ۱۴-۲-۲-۳ روش محاسبه کسر جرمی آزبست در ماده اصلی

کسر جرمی آزبست را در پیش نمونه اصلی با استفاده از رابطه زیر محاسبه کنید.

(۱)

$$C = \frac{R \times P}{W}$$

که در آن:

C کسر جرمی آزبست در پیش نمونه اصلی؛

R وزن باقیمانده پس از خاکستری و عمل‌آوری با اسید، بر حسب g؛

P وزن پیش نمونه اصلی بر حسب g؛

W کسر جرمی آزبست در باقیمانده استخراج شده از آزمایش SEM یا TEM.

#### ۱۴-۲-۳ شمارش نقطه‌ای با SEM یا TEM

شمارش نقطه‌ای متداول، ناحیه طرح‌ریزی شده مرتبط با اشغال اجزاء مختلف ذرات بر روی یک اسلاید میکروسکوپی را تعیین می‌کند. حجم‌های نسبی یکپارچه از اجزاء مختلف ذرات می‌تواند از شمارش نقطه‌ای متداول بدست آید اما فقط در صورتی که ذرات همگی دارای ضخامت یکسان باشند. اگر چگالی انواع ذرات

مختلف معلوم باشد، اوزان نسبی انواع ذرات مختلف می‌تواند محاسبه شود. به هر حال، شمارش نقطه‌ای متداول، هنگامی که برای تعیین نسبت آزبست در مخلوط ذرات با طیف وسیعی از ضخامت‌های مختلف و دانسیته‌های مختلف به کار گرفته می‌شود، نتایج درستی را به دست نمی‌آورد. نتیجه به وضوح به وسعت هر گونه آماده‌سازی نمونه بستگی دارد. اندازه‌گیری‌های درصد مساحت تهیه شده توسط شمارش نقطه‌ای متداول برای محاسبه کسرهای جرمی وزن نسبی آزبست و سایر ذرات مناسب نیست.

روش‌های کاهش ماتریس وزن‌سنجی دارای اثر کلی حذف مواد با چگالی پایین و محدود کردن دامنه اندازه ذرات در باقیمانده نهایی است. مطالعات مدل‌سازی کامپیوتری، بکارگیری شمارش نقطه‌ای برای قطر ذره لگاریتمی عادی و توزیع قطر فیبر نشان داده است که اکثریت حجم یکپارچه یک ذره یا انواع فیبر توسط حداقل ذرات و فیبرها با بزرگترین قطرها بکار گرفته می‌شود. در عمل، پس از کاهش ماتریس وزن‌سنجی مطابق با این استاندارد حجم و به تبع آن اغلب وزن ذرات در توزیع نرمال اندازه لگاریتمی می‌تواند فقط برای ذرات بزرگتر از تقریباً ۱۰٪ بزرگترین ذره مشاهده شده، محاسبه شود. پروتکل شمارش نقطه‌ای جرم استفاده شده در این روش، که با معیار شمارش نقطه‌ای مشخص شده، مورد استفاده قرار می‌گیرد، بر اساس این مشاهدات است.

۱۴-۲-۳-۱ آماده سازی نمونه‌ها برای شمارش نقطه‌ای

۱۴-۲-۳-۱-۱ آماده سازی اسلایدها برای شمارش نقطه‌ای PLM

اسلایدهای میکروسکوپی برای شمارش نقطه‌ای می‌تواند با پاک کردن فیلترهای MEC یا از باقیمانده جمع شده بر روی فیلتر پلی‌کربنات تهیه شود. در عمل، مشخص شده که استفاده از فیلترهای MEC برای شمارش نقطه‌ای رضایت بخش است، زیرا گاهی پراکنده سازی مجدد نمونه حذف شده از فیلتر پلی‌کربناتی، مشکل است، بویژه اگر باقیمانده‌ی روی فیلتر، حاوی مقادیر اساسی از کریستال باشد. اسلایدهای میکروسکوپی را برای شمارش نقطه‌ای مطابق با زیر بند ۱۴-۲-۳-۱-۱ و ۱۴-۲-۳-۱-۲ تهیه کنید.

ضریب شکست مایعی که برای شمارش نقطه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید طوری انتخاب شود که تمام انواع ذرات به صورت نسبت‌های قابل توجهی از وزن موجود قابل رویت باشند (یعنی ضرایب شکست به طور نزدیکی با ضریب شکست مایع مطابقت نداشته باشد). برای اکثریت نمونه‌های حاوی کریستال، آموسیت یا کروسیدولیت، معلوم شده که مایع با ضریب شکست ۱۶۰۵ مناسب است اما گاهی اوقات مشخص شده است که اکثریت انواع ذرات موجود نمی‌توانند به طور مطمئن در مایع دیده شوند.

۱۴-۲-۳-۱-۱-۱ از مخلوطی از ۳۵٪ دی‌متیل فرمامید، ۱۵٪ اسید استیک گلاسیال و ۵۰٪ آب مقطر بر روی اسلاید تمیز میکروسکوپ قرار دهید. به آرامی لبه یکی از فیلترهای MEC را پایین آورید، به طوری که که با مایع در تماس باشد و آن را بر روی مایع قرار دهید، بگونه‌ای که هیچ حبابی در زیر آن باقی نماند. با استفاده از لبه یک حوله کاغذی هرگونه مایع اضافی را از اسلاید، جذب کنید. روش را با فیلترهای MEC تکرار کنید. اسلایدها را به مدت ۱۰ دقیقه بر روی صفحه گرم کننده در دمای بین ۶۵ °C و ۷۰ °C

قرار دهید. آن‌ها را از روی صفحه گرم کننده بردارید. ۳۰µl گلیسرول تری استات را بر روی هر فیلتر قرار دهید و با ورقه‌های پوششی بیوشانید. اسلایدها برای شمارش نقطه‌ای آماده هستند.

تأیید تمام انواع ذرات که به صورت نسبت‌های وزنی قابل توجه تحت شرایط نوردهی قابل رویت برای شمارش نقطه‌ای استفاده می‌شوند، مهم است. اگر معلوم شود که هر ذره اصلی دارای ضرایب شکست است بگونه‌ای که ذرات قابل رویت نیستند، روش دیگری برای تهیه اسلایدها باید بکار گرفته شود.

۲-۱-۳-۲-۱۴ در بسیاری از موارد، رسوب فیلتر شده می‌تواند با استفاده از انبرک با برگشت حالت تاب خوردگی از فیلتر پلی‌کربنات جدا شود. آسیاب کردن باقیمانده روی فیلتر پلی‌کربنات از روش کاهش گراویمتری نباید ضروری باشد، زیرا توصیه می‌شود رها سازی فیبرها از ماده ماتریس در حین خاکستری، حل کردن در اسید و فیلتراسیون بعدی منجر به یک رسوب نسبتاً یکنواخت و همگن بر روی فیلتر پلی‌کربنات شود و توصیه می‌شود هر ذره بزرگ قبلاً در جریان شناورسازی، رسوب‌گیری و پاکسازی دستی ذرات بزرگ و دسته‌های بزرگ فیبر، حذف شده باشد. پیش نمونه معرف رسوب می‌تواند با استفاده از انبرک‌ها شکسته شده و بر روی یک اسلاید میکروسکوپی تمیز به ابعاد ۷۵ mm × ۲۵ mm قرار دهید. در موارد دیگر، رسوب نمی‌تواند به هم چسبیده باشد، پس لازم است سطح معرف از فیلتر برش داده شود و از لبه تیز چاقوی جراحی کوچک برای زدودن رسوب روی اسلاید میکروسکوپ استفاده شود. پس از قرار دادن پیش نمونه از باقیمانده بر روی اسلاید میکروسکوپ، یک قطره از مایع را بر روی آن قرار دهید. با استفاده از یک اسلاید میکروسکوپی دوم، آن را به موازات اسلاید اول نگه دارید اما ۹۰° بچرخانید و دو اسلاید را با مایع دارای ضریب شکست که با هر دو اسلاید در تماس است، مرتبط کنید. اسلایدها را به آرامی فشار دهید، و آن‌ها را به موازات همدیگر در یک حرکت برشی سریع، بر روی هم مالش دهید. سپس مایع می‌تواند با استفاده از لبه اسلاید دوم به قسمت میانی رانده شود و فرآیند چندین بار تکرار می‌شود.

این روش معمولاً پراکندگی یکنواختی از ذرات ایجاد می‌کند و توصیه می‌شود یک ورقه پوششی به ابعاد ۲۲ mm × ۲۲ mm بر روی اسلاید اول قرار داده شود. اگر چگالی ذره بسیار بالا باشد فرآیند پس از افزودن مایع دارای ضریب شکست بیشتر، تکرار شود و مقداری از سوسپانسیون می‌تواند حذف شود و برای تهیه اسلایدهای اضافی مورد استفاده قرار گیرد. در عمل، مقدار باقیمانده لازم برای تولید اسلایدهای با چگالی ذره قابل قبول را می‌توان با اطمینان تشخیص داد. در برخی نمونه‌ها ذرات و فیبرها تمایل دارند که پس از پراکندگی، مجدداً گرد هم آیند، اما به نظر نمی‌رسد روش شمارش نقطه‌ای را تغییر دهد. تعداد اسلایدهایی که باید تولید شود، به درجه کاهش ماتریس بدست آمده و کسر جرمی آزیستی که باید اندازه‌گیری شود، بستگی دارد. از حداقل دو اسلاید استفاده کنید.

#### ۲-۱-۳-۲-۱۴ آماده سازی فیلترهای PC برای شمارش نقطه‌ای SEM

با استفاده از چاقوی جراحی، یک سانتی‌متر مربع از فیلتر را برش داده و آن را بر روی صفحه SEM، با استفاده از یک نوار چسب دو طرفه ثابت کنید. مراقب باشید که ذرات بر روی فیلتر در طی عملیات برش خراب نشوند. از رنگ گرافیتی بر روی لبه‌های فیلتر استفاده کنید. یک فیلم کربنی را بر روی سطح فیلتر تبخیر کنید.

#### ۲-۳-۲-۱۴ تنظیم میکروسکوپ برای شمارش نقطه ای PLM

استفاده از شرایط صحیح روشنایی و بررسی قابلیت رویت ذره، برای تایید شمارش نقطه‌ای، بحرانی است.

۱-۲-۳-۲-۱۴ PLM را با قطب‌های متقاطع و یک صفحه  $530\text{ nm}$  در محل، برپا کنید.

۲-۲-۳-۲-۱۴ یک عدسی شیئی را جهت فراهم آوردن بزرگنمایی کل، تقریباً  $100\times$  انتخاب کنید.

۳-۲-۳-۲-۱۴ سامانه روشنایی را جهت فراهم کردن حداکثر روشنایی تنظیم کنید و دریچه دیافراگم زیر صفحه را تا حد ممکن جهت فراهم آوردن حداکثر کنتراست، ببندید.

۴-۲-۳-۲-۱۴ از قطعه چشمی شامل خط وسط دوربین با مقیاس تقسیمات روی حداقل یک مسیر استفاده کنید.

۵-۲-۳-۲-۱۴ یکی از اسلایدهای تهیه شده را برای تعیین آنکه همه انواع ذره تحت شرایط روشنایی دارای کنتراست کافی هستند، بررسی کنید. به انواع ذرات ایزوتروپیک به دقت توجه کنید. اگر همه انواع ذره بتوانند به سرعت دیده شوند، به مرحله شمارش نقطه‌ای پیش می‌روید. اگر هر یک از انواع ذره کنتراست کافی را نشان ندهند، مایعی با ضریب شکست دیگری را انتخاب کنید و اسلایدهای جدیدی را از رسوب باقیمانده نهایی بر روی فیلتر پلی کربناتی تهیه کنید.

#### ۳-۳-۲-۱۴ شرایط میکروسکوپ برای شمارش نقطه ای SEM

از بزرگنمایی  $100\times$  برای شمارش نقطه‌ای استفاده کنید. لایه شفاف بالایی می‌تواند بر روی صفحه نمایش SEM با یک نقطه‌ی شاخص یا چند جای‌گیری تصادفی نقطه شاخص بر روی ناحیه نمایش مورد استفاده قرار گیرد.

#### ۴-۳-۲-۱۴ شمارش نقطه‌ای

با پیروی از معیارهای شمارش نقطه‌ای اطمینان حاصل کنید که نتیجه بر اساس اعداد معتبر آماری از ذرات و فیبرهاست و اندازه ذرات و فیبرهای موجود در اندازه‌گیری‌ها آن اندازه‌هایی هستند که در اکثریت اعداد مربوط به وزن به کار گرفته می‌شوند.

۱۴-۲-۳-۴-۱ تمام اسلایدها یا نمونه‌های SEM را جهت تخمین ابعاد تقریبی بزرگترین ذره و بزرگترین فیبر اسکن کنید.

۱۴-۲-۳-۴-۲ شمارش نقطه‌ای را انجام دهید و ثبت کنید.

۱۴-۲-۳-۴-۱-۱ برای ذرات، فقط آن نقاطی مشاهده می‌شوند، که بر روی نقاط متجاوز از ۱۰٪ قطر بزرگترین ذره موجود در اسکن اولیه واقع می‌شوند.

۱۴-۲-۳-۴-۲-۲ برای هر یک از نمونه‌های فیبر، فقط آن نقاطی مشاهده می‌شوند که بر روی فیبرهایی اتفاق می‌افتند که پهنای آن‌ها متجاوز از ۲۰٪ پهنای بزرگترین فیبر آن گونه‌های موجود در اسکن اولیه، است.

۱۴-۲-۳-۴-۳-۱ وقتی نقطه‌ای در ناحیه‌ای قرار می‌گیرد که ذره و فیبر با قطر کافی رویهم قرار می‌گیرند یک نقطه را برای هر کدام ثبت کنید.

۱۴-۲-۳-۴-۴-۱ وقتی نقطه‌ای بر روی ناحیه‌ای است که دو فیبر با قطر کافی رویهم قرار می‌گیرند آن را به عنوان دو نقطه ثبت کنید.

۱۴-۲-۳-۴-۵-۱ وقتی نقطه‌ای بر روی ناحیه‌ای است که دو ذره با قطر کافی رویهم قرار می‌گیرند آن را به عنوان دو نقطه ثبت کنید.

۱۴-۲-۳-۴-۶-۱ وقتی نقطه‌ای بر روی قسمتی از یک فیبر تقسیم شده قرار می‌گیرد، فقط اگر قطر قطعه زیر نقطه مطابق با حداقل ۲۰٪ قطر مقدار مشخص شده در زیر بند ۱۴-۲-۳-۴-۲ بود، آن را ثبت کنید.

۱۴-۲-۳-۴-۷-۱ نقاط غیر تهی را بر روی تمام نمونه‌های موجود توزیع کنید.

۱۴-۲-۳-۴-۸-۱ شمارش نقطه‌ای را تا زمانی ادامه دهید که حداقل ۲۰ نقطه آزیست ثبت گردد، یا تا زمانی که نقطه توقف برای حد کنترل ویژه مناسب باشد، یا  $13 \times P$ ، یا  $26 \times P$  یا  $130 \times P$  نقطه تهی ثبت شده باشد که در آن  $P$  وزن باقیمانده نهایی بر روی فیلتر پلی کربنات است که به عنوان درصد وزن نمونه اولیه بیان میشود. صرف نظر از موارد مشروح حداقل از دو اسلاید استفاده گردد و حداقل ۱۰۰ نقطه غیر تهی را بشمارید.

قابلیت اطمینان آماری یک شمارش نقطه‌ای برای تعیین آزیست، به تعداد نقاط آزیست بستگی دارد نه به کل نقاط غیر تهی آزمایش شده. در نتیجه برای مقایسه با استاندارد تنظیمی، شمارش نقطه‌ای را از ۰٫۱٪ آزیست بر مبنای وزن، تا زمانی ادامه دهید که ۲۰ نقطه آزیستی یا معادل با ۱۳۰۰۰ نقطه غیر تهی، جمع آوری شده باشد. برای مقایسه با استاندارد تنظیمی از ۰٫۵٪ آزیست بر مبنای وزن، شمارش نقطه‌ای را تا زمانی ادامه دهید که حداقل ۲۰ نقطه آزیستی یا معادل ۲۶۰۰ نقطه غیر تهی جمع‌آوری شده باشد. برای مقایسه در مقابل استاندارد تنظیمی ۱٪ آزیست بر مبنای وزن، شمارش نقطه‌ای را تا زمانی ادامه دهید که حداقل ۲۰ نقطه آزیستی یا معادل با ۱۳۰۰ نقطه غیر تهی جمع‌آوری شده باشد. برای هر یک از این استانداردهای تنظیمی، تعداد واقعی نقاط غیر تهی مورد نیاز به درجه کاهش ماتریس به دست آمده بستگی



دارد، با این فرض که، کمتر از ۲۰ نقطه آزبست در جریان شمارش نقطه ای به دست آمده باشد. برای مثال اگر ۹۰٪ جرم اجزای غیر آزبستی با کاهش ماتریس از دست رفته باشد و ۱۰٪ باقیمانده وزن اصلی بر جای مانده باشد، تعداد نقاط غیر تهی لازم بر مبنای فاکتور ۱۰ کاهش پیدا می‌کند، با این فرض که ابتدا با قانون توقف ۲۰ نقطه‌ای آزبست مواجه نشود. اگر حدود اطمینان حاصله منجر به تعیین تطبیق آن‌ها بشود، شمارش نقاط آزبست ممکن است قبل از رسیدن به ۲۰ نقطه به پایان برسد.

#### ۱۴-۲-۳-۵ روش محاسبه نتایج

درصد کسر جرمی آزبست، از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

(۲)

$$C = \frac{100}{W} \times \left[ M + R \frac{A}{N} \right]$$

که در آن:

$W$	کسر جرمی آزبست در پیش نمونه اصلی g؛
$M$	وزن آزبست برداشته شده دستی بر حسب g؛
$R$	وزن باقیمانده نهایی روی فیبر PC بر حسب g؛
$A$	تعداد نقاط شمارش شده آزبست؛
$N$	تعداد نقاط غیر تهی شمارش شده.

توصیه می‌شود حدود اطمینان ۹۵٪ بالا و پایین دو طرفه محاسبه شود.

#### ۱۴-۲-۴ تعیین کسر جرمی وزن آزبست از اندازه‌گیری‌های فیبر توسط SEM, PLM یا TEM

##### ۱۴-۲-۴-۱ کلیات

برخی موارد از جمله تالک، نمی‌توانند به صورت انتخابی با حل کردن شیمیایی از آزبست حذف شوند. بسته به نوع آزبست موجود، جداسازی آزبست بوسیله تفکیک چگالی ممکن است امکان پذیر باشد. اما جداسازی با این روش برای تالک اغلب ناقص است. تهیه نمونه‌ها برای تجزیه SEM یا TEM و تعیین کمی هرگونه آزبست، با شمارش فیبر برای تعیین جرم رویکرد مناسبی است. این روش همچنین می‌تواند برای تعیین کریستوتایل در مواد کاملاً خرد شده استفاده شود.

##### ۱۴-۲-۴-۲ پراکندگی ماده در آب مقطر فیلتر شده

۰٫۱g تا ۱g پیش نمونه را وزن کرده و آن را در ۲۰ ml اتانول پراکنده کنید. سوسپانسیون را به یک بشر شیشه‌ای ۱۰۰۰ ml منتقل کنید و آن را با آب مقطر فیلتر شده تا حجم ۸۰۰ ml رقیق کنید.

**یادآوری** - گاهی اوقات پراکنده کردن تالک در آب مشکل است، زیرا به نظر میرسد که برخی از ذرات هیدروفوبیک (آب گریز) هستند. پراکندگی در اتانول به سرعت به دست می‌آید.

#### ۳-۴-۲-۱۴ تهیه فیلترها برای تجزیه SEM یا TEM

از فیلترهای PC با اندازه منافذ  $0.2 \mu\text{m}$  جهت تهیه فیلترهای تجزیه‌ای برای تجزیه SEM یا TEM استفاده کنید. حجم مواد پراکندگی آبی که باید فیلتر شود به کسر جرمی ذرات یا کسر جرمی فیلتر آزرستی در ماده بستگی دارد. حجم ماده پراکندگی آبی لازم برای تولید یک فیلتر تجزیه‌ای با بارگذاری مناسب ذره یا فیبر برای تجزیه، اغلب قابل پیش بینی نیست و معمولاً تهیه چندین فیبر تجزیه‌ای مربوط به فیلتراسیون مقادیر مختلف یکسان، ضروری است. اگر حجم‌های مایع کمتر از ۵ ml با استفاده از سامانه‌های فیلتراسیون با قطر ۲۵ mm (۱۹۹ mm سطح فعال) فیلتر شوند، رسوب‌های یکنواخت ذرات روی فیلترهای تجزیه‌ای نمی‌توانند قابل اطمینان باشند از اینرو، هر جا لازم است حجم‌های کمتر از ۵ ml فیلتر شود، مقادیر مساوی باید با آب مقطر تازه تا حجم بیشتر از ۵ ml رقیق شود.

مقادیر مساوی از مواد پراکنده شده را به داخل مخزن فیلتراسیون بریزید و از خلاء استفاده کنید. اگر حجم مقادیر مساوی برداشته شده کمتر از ظرفیت مخزن دستگاه فیلتراسیون است، به سطح مایع در مخزن اجازه ندهید تا قبل از اضافه کردن حجم باقیمانده، به عمق زیر ۵ cm افت پیدا کند. کوتاهی در رعایت این شرط احتیاطی، ممکن است منجر به اختلال در ذرات فیلتر شده و رسوب غیریکنواخت ذرات گردد. دستگاه فیلتراسیون را در حالت خلاء باز کرده و مخزن فیلتراسیون را بردارید. با استفاده از قیچی‌های تمیز، فیلتر تجزیه‌ای را برداشته و آن را به ظرف پتری منتقل کنید. اجازه دهید تا قبل از قرارگیری پوشش بر روی ظرف پتری، فیلتر خشک شود.

#### ۴-۴-۲-۱۴ تهیه نمونه‌ها برای مشاهده SEM یا TEM

نمونه‌های SEM را با قراردادن بخشی از فیلتر تجزیه‌ای بر روی صفحه نمونه SEM تهیه کنید. سطح فیلتر را در تبخیر کننده خلاء با پوشش کربنی بپوشانید. نمونه‌های TEM را با استفاده از روش‌های مشخص شده در استاندارد ISO 13794:1999 از فیلترهای PC تهیه کنید.

#### ۵-۴-۲-۱۴ شمارش فیبر برای تعیین جرم آزرست

جرم آزرست در باقیمانده کاهش ماتریس وزن سنجی می‌تواند با شمارش و اندازه‌گیری ابعاد فیبرهای آزرست بر روی یک نمونه مناسب از باقیمانده تعیین شود. جرم آزرست سپس با جمع کردن حجم‌های تمام فیبرهای موجود در شمارش و با در نظر گرفتن چگالی برای انواع آزرست موجود در آن محاسبه می‌شود. بهر حال، به منظور اندازه‌گیری مجموع جرم با دقت آماری قابل اطمینان، بکارگیری یک استراتژی شمارش فیبر ضروری است به طوری که این استراتژی باعث شود که فیبر و دسته‌های بزرگ فیبر که بیشتر در کسر جرمی نقش دارند، با قابلیت اطمینان آماری بزرگتری محاسبه شوند. اصولاً تعداد فیبرها و دسته‌هایی که به منظور دستیابی به برآورد مطمئن کسر جرمی باید شمارش گردد، به دامنه توزیع قطر بستگی دارد. اندازه‌گیری کسر جرمی برای فیبرها و دسته‌های با قطرهای بزرگ، که نسبت به فیبرها و دسته‌های کوچک از نظر آماری دارای فراوانی کمی هستند، بسیار حساس است. اگر توزیع قطر محدود است، همچون توزیعی که در پراکندگی فیبریل کریسوتایل مشاهده شده است، کسر جرمی می‌تواند تقریباً با همان دقت کسر جرمی

عددی اندازه‌گیری شود. اگر توزیع قطر گسترده است، کسر جرمی محاسبه شده از آزمایشات SEM یا TEM برای تعیین کسرهای جرمی عددی، از نظر آماری غیر قابل اطمینان است. استراتژی که در زیر مشخص شده است، برای ارائه معنی‌دار آمار بزرگتری از فیبرها و دسته‌های بزرگ طراحی شده است که بیشتر در کسر جرمی دخیل است.

ابتدا بزرگترین پهنای فیبر یا دسته آزیست را که با بررسی اجمالی نمونه در بزرگنمایی کاهش یافته بر روی شبکه می‌توان مشاهده کرد، مشخص کنید. حجم این فیبر یا دسته بزرگ را محاسبه کنید. بزرگنمایی SEM یا TEM را طوری تنظیم کنید، که عرض 1 mm بر روی نمایشگر یا صفحه فلورئوسانت مشابه تقریباً 10٪ عرض ساختار بزرگ انتخاب شده قبلی باشد. یک آزمایش SEM یا TEM را در این بزرگنمایی انجام دهید و آزمایش را در انتهای ناحیه تعریف شده جایی که حجم یکپارچه‌ای از تمام فیبرها و دسته‌های ثبت شده حداقل ده برابر حجم فیبر یا دسته‌هایی است که در ابتدا انتخاب شده است، خاتمه دهید. برای فیبرهای آزیستی که لبه میدان دید SEM یا میله‌های شبکه روی TEM را قطع می‌کنند، فقط بخش‌های قابل رویت فیبرها و دسته‌ها را در میدان دید یا دریچه شبکه با هدف محاسبه جرمی آزیست اندازه‌گیری کنید.

#### ۱۴-۲-۴-۶ محاسبه درصد کسر جرمی آزیست

درصد کسر جرمی فیبرها و دسته‌های آزیست را با استفاده از رابطه زیر محاسبه کنید:

(۳)

$$M = 10^{-13} \times \frac{G \times D \times A \times S}{E \times F \times T} \times \sum_{j=1}^n \left( W_j^2 \times L_j \right)$$

که در آن:

$M$	کسر جرمی آزیست بر حسب درصد؛
$G$	فاکتور مقطع عرضی شکل هندسی؛
$A$	مساحت فیلتر تجزیه‌ای بر حسب $\text{mm}^2$ ؛
$D$	چگالی آزیست بر حسب $\text{kg/m}^3$ ؛
$S$	حجم سوسپانسیون بر حسب ml؛
$W_j$	عرض ساختار $j$ ام بر حسب $\mu\text{m}$ ؛
$L_j$	طول ساختار $j$ ام بر حسب $\mu\text{m}$ ؛
$E$	مساحت فیلتر تجزیه‌ای آزمایش شده بر حسب $\text{mm}^2$ ؛
$F$	حجم معادل سوسپانسیون فیلتر شده بر حسب ml؛
$T$	وزن پیش نمونه اصلی بر حسب g.

در رابطه بالا، فرض کنید:

- مقدار  $G$  برای کریسوتایل  $0.7854$  و برای آمفیبول ها  $0.5$ ؛

- مقادیر چگالی های انواع آزبست به قرار زیر باشد:

کریسوتیل  $2550 \text{ kg/m}^3$ ، کروسیدولیت  $3370 \text{ kg/m}^3$ ، آموسیت  $3430 \text{ kg/m}^3$ ، آنتوفیلیت  $3000 \text{ kg/m}^3$ ؛  
تریمولیت  $3000 \text{ kg/m}^3$ ، آکتینولیت  $3100 \text{ kg/m}^3$ ، ریچتریت/ وینچیت  $3050 \text{ kg/m}^3$ . چگالی انواع آزبست با ترکیب آن تغییر می کند، اما مقادیر مشخص شده، به قدر کافی برای اهداف این محاسبه، دقیق است.

## ۱۵ تعیین آمفیبول با فرم آزبستی در ورمیکولیت

### ۱-۱۵ کلیات

مشخصه های ویژه ورمیکولیت و طیف وسیعی از محصولات حاوی ورمیکولیت، بگونه ای است که رویکردی متفاوت برای تجزیه تعیین کمی آن ها لازم است. بنابراین تجزیه ورمیکولیت و محصولات حاوی ورمیکولیت باید به صورت جداگانه در نظر گرفته شود.

بسیاری از رسوبات ورمیکولیت حاوی کسر جرمی پایینی از مواد آمفیبولی هستند، و برخی از این قطعات آمفیبول می توانند دارای ترکیبات شیمیایی باشند که در دامنه گونه های آزبست آمفیبول تحت شرایط تنظیمی، قرار دارند. بهر حال، این قطعات آمفیبول اغلب به صورت فرم آزبستی کریستالی مشاهده می شوند که با تعریف تنظیمی آزبست مطابقت دارد. تعدادی از آمفیبول ها ممکن است به صورت فرم آزبستی کریستالی مطابق با تعاریف متداول آزبست ها دیده شوند. کریسوتایل در هیچ ورمیکولیت تجاری جستجو نشده است، هر چند تعدادی از ورمیکولیت ها حاوی قطعات کوچک و کوتاهی هستند و ویژگی های ریخت شناسی مشابه با ویژگی های کریسوتایل را نشان می دهند. قطعات لیزاردیت<sup>۱</sup> که از نظر مورفولوژیکی مشابه با کریسوتایل است و از نظر ترکیب با آن یکسان است، در منبعی از ورمیکولیت جستجو شده است.

بهر حال، هردو نوع از قطعه می توانند با روش های TEM از کریسوتایل تمیز داده شود. در ورمیکولیت ورقه ای بعید است که کریسوتایل در فرایند ورقه ای شدن باقی بماند، زیرا دماهای مورد استفاده برای ورقه ای شدن بیشتر از دماهایی است که کریسوتایل به فورستریت<sup>۲</sup> تبدیل می شود.

این روش می تواند برای تعیین درصد وزنی آمفیبول به فرم آزبست برای کنسانتره سنگ معدن ورمیکولیت، ورمیکولیت ورقه ای، عایق ورمیکولیت پرکننده سست، عایق پرکننده بلوک ورمیکولیت و مواد حاوی ورمیکولیت مانند ورمیکولیت باغبانی، خاک گلدان، کودهای باغبانی با آزادسازی آهسته مواد ضد آتش حاوی ورمیکولیت اسپری شده و بتون سبک وزن حاوی ورمیکولیت، مورد استفاده قرار گیرد.

---

1 - Lizardite

2 - Forsterite

## ۱۵-۲ اندازه لازم نمونه برای تجزیه

بسیار مهم است تشخیص داده شود که نتایج مطمئن و قابل تکرار نمی‌تواند با تجزیه نمونه‌های کوچک ورمیکولیت بدست آید.

هر ذره آمفیبول موجود در ورمیکولیت معمولاً از نظر تعداد بسیار کمتر از ورقه‌های ورمیکولیت است و اگر فقط یک اندازه نمونه کوچک تجزیه شود، تعداد ذرات آمفیبول موجود در نمونه کوچک خواهد شد و معرف کل نمونه نخواهد بود. اگر فرم آزبستی فیبرهای آمفیبول در ورمیکولیت وجود دارد، فیبرها و دسته‌های فیبرها معمولاً دارای طیفی وسیعی از اندازه در گستره چند میکرومتر طول تا اندازه خود ورقه‌های ورمیکولیت هستند.

جدول ۲، اوزان تقریبی ورمیکولیت را که توصیه می‌شود برای پیش نمونه اولیه استفاده شود، ارائه می‌کند. توصیه می‌شود برای محصولات حاوی ورمیکولیت، یک برآورد عینی از نسبت ورمیکولیت در محصول صورت گیرد و اوزان ابتدایی در جدول ۱ به نسبت افزایش پیدا کند.

جدول ۲ - حداقل اوزان پیش نمونه ورمیکولیت برای تجزیه

حداقل وزن شروع تجزیه g	اندازه ورقه‌های ورمیکولیت Mm
۲	<۲
۱۰	>۲ تا <۵
۵۰	<۵

پیش نمونه باید با روش مخروطی و یک چهارم از نمونه اصلی بدست آید. بر روی یک سطح تمیز، مانند ورقه فویل آلومینیومی، نمونه را به صورت مخروط در آورید. با استفاده از یک ورقه مسطح نازک فلزی یا پلاستیکی مخروط را به صورت عمودی از رأس به دو قسمت تقسیم کنید. یکی از دو بخش را به شکل مخروط در آورید، روش را تا زمانی تکرار کنید که یکی از بخش‌های مجزا، دارای وزن مناسب برای تجزیه باشد.

## ۱۵-۳ عمل‌آوری اولیه نمونه

### ۱۵-۳-۱ ورمیکولیت ورقه‌ای، عایق ورمیکولیت پرکننده سست و ورمیکولیت باغبانی

قبل از تجزیه نمونه‌های عایق ورمیکولیت حاصل از اتاق شیروانی ممکن است لازم باشد مواد خارجی مانند سایر انواع عایق، قطعات چوب یا سیمان حذف شوند. در غیر این صورت ورمیکولیت ورقه‌ای، همانطور که برای کاربردهای عایق شیروانی با پراکندگی سست یا برای استفاده باغبانی به فروش میرسند، قبل از تجزیه نیازمند هیچ گونه عمل‌آوری نیستند.

برای این اندازه‌گیری، ابتدا وزن مشخصی از ورمیکولیت ورقه‌ای را با آب مقطر فیلتر شده در یک بشر به صورت سوسپانسیون درآورید. اندازه بشر مورد نیاز و حجم آب مورد استفاده به درجه اندازه ورمیکولیت

بستگی دارد. اگر اندازه ورقه ورمیکولیت تقریباً از ۵ mm بزرگتر باشد، همانگونه که برای این گروه از محصولات صدق می‌کند، یک بشر ۱۰۰۰ ml با ۸۰۰ ml آب مناسب است. با استفاده از یک قاشق مقداری از پیش نمونه ورمیکولیت ورقه‌ای را در بشر قرار دهید و با قاشق ورمیکولیت را چندین بار با فشار دادن آن تا زیر سطح غوطه‌ور کنید. ورمیکولیت شناور را برداشته و آن را کنار بگذارید. سایر بخش‌های ورمیکولیت را به همین حالت شستشو دهید تا پیش نمونه عمل‌آوری شود. به دقت تمام قطعات ورمیکولیت شناور از سطح آب را بردارید و بگذارید سوسپانسیون به مدت ۱ دقیقه به حالت سکون درآید. مایع شناور را به آرامی در بشر دوم بریزید. با استفاده از اتانول رسوب بشر اول را شسته و به ظرف پتری از پیش وزن شده منتقل کنید و رسوب را با قرار دادن ظرف پتری بر روی صفحه گرم کننده در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  خشک کنید. پس از خشک شدن رسوب، ظرف را جهت بدست آوردن وزن رسوب، وزن کنید و به زیر بند ۱۵-۴-۲ بروید.

### ۱۵-۳-۲ عایق پرکننده بلوک ورمیکولیت

عایق پرکننده بلوک ورمیکولیت می‌تواند با آسفالت عمل‌آوری شود. آسفالت می‌تواند با بررسی نمونه با استفاده از یک میکروسکوپ لوپ دو چشمی، آشکار شود. اگر آسفالت وجود داشته باشد. پیش نمونه را وزن کنید و آن را به یک سینی کوارتزی ذوب یا ظروف باز مناسب دیگر برای خاکستری منتقل کنید. پیش نمونه را در دمای  $10^{\circ}\text{C} \pm 450^{\circ}\text{C}$  برای حداقل مدت ۱۰ ساعت در کوره قرار دهید. خاکستر باقیمانده را وزن کنید و نسبت درصد پیش نمونه خشک شده اولیه را محاسبه کنید. از روش شناورسازی مشخص شده در زیر بند ۱۵-۳-۱ برای جداسازی اکثریت ورمیکولیت، استفاده کنید. رسوب را وزن کرده و بسته به درجه اندازه ورمیکولیت به زیر بند ۱۵-۴-۲ یا ۱۵-۴-۳ بروید.

### ۱۵-۳-۳ کنسانتره سنگ ورمیکولیت

نمونه‌های کنسانتره سنگ ورمیکولیت باید قبل از تجزیه به صورت ورقه‌ای درآید. دمای کوره را در  $800^{\circ}\text{C}$  تنظیم کنید و یک سینی سیلیکای مخصوص ذوب را در کوره قرار دهید. یک شیشه بزرگ یا ظرف فلزی را جهت گرفتن ورمیکولیت ورقه‌ای در دسترس داشته باشید. برای این کار یک ورقه فویل آلومینیومی، که مطابق با سطح داخلی ظرف شکل گرفته است، می‌تواند مناسب باشد. با استفاده از انبرک بوته، سینی سیلیکا را از کوره بردارید. سینی تا دمای سرخ شدن پیش خواهد رفت. مقدار کمی از نمونه ورمیکولیت را به داخل سینی به آرامی بپاشید. سینی سیلیکایی را به کوره باز گردانید، درب کوره را برای تقریباً ۱۵ ثانیه جهت تکمیل ورقه‌ای شدن ببندید. سینی سیلیکایی را از کوره برداشته و ورمیکولیت ورقه‌ای شده را به ظرف منتقل کنید. این روش را به هر تعداد که لازم بود تکرار کنید، تا زمانی که ورمیکولیت به مقدار کافی برای تجزیه ورقه‌ای شود. ماده ورقه‌ای شده را وزن کنید و از روش شناورسازی مشخص شده در زیر بند ۱۵-۳-۱ برای جداسازی اکثریت ورمیکولیت، استفاده کنید. رسوب را وزن کنید و بسته به درجه اندازه ورمیکولیت به زیر بند ۱۵-۴-۲ یا ۱۵-۴-۳ بروید.

### ۱۵-۳-۴ محصولات باغبانی حاوی ورمیکولیت

ورمیکولیت فقط کسری از وزن خاک گلدانی و محصولات باغبانی مشابه را نشان می‌دهد. سایر اجزاء به طور کلی، مواد آلی همراه با برخی اجزای گیاهی هستند. ممکن است آب بخش عمده‌ای از وزن را تشکیل دهد. توصیه می‌شود نتایج تجزیه به طور کلی بر حسب وزن خشک بیان شود زیرا محتوای آب ممکن است به شرایط انبارسازی بسیار بستگی داشته باشد. ظرف (یک ظرف یکبار مصرف متشکل از فویل آلومینیومی مناسب است) را وزن کرده و پیش نمونه را در ظرف قرار دهید و مجدداً وزن کنید. پیش نمونه را حداقل به مدت ۱۰ ساعت بر روی صفحه گرم کننده یا در یک اون در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  خشک کنید و مجدداً وزن کنید. وزن آب تبخیر شده از نمونه را محاسبه کنید.

پیش نمونه را به یک سینی کوارتزی مخصوص ذوب یا ظرف باز مناسب دیگری برای خاکستری به کوره با دمای  $450^{\circ}\text{C}$  منتقل کنید. پیش نمونه را به مدت ۱۰ ساعت در دمای  $10^{\circ}\text{C} \pm 450^{\circ}\text{C}$  در کوره قرار دهید. خاکستر باقیمانده را وزن کنید و نسبت درصد پیش نمونه خشک شده اولیه را محاسبه کنید و از روش شناورسازی مشخص شده در زیر بند ۱۵-۳-۱ جهت جداسازی اکثریت ورمیکولیت، استفاده کنید. رسوب را وزن کنید و بسته به درجه اندازه ورمیکولیت به زیر بند ۱۵-۴-۲ یا ۱۵-۴-۳ بروید.

### ۱۵-۳-۵ ضد حریق حاوی - ورمیکولیت اسپری شده:

عایق حاوی ورمیکولیت و محصولات ضد حریق اغلب دارای ۶۰٪ از سایر مواد مانند گچ، سلولز، فیبر شیشه ای و کلسیم کربنات و احتمالاً کریسوتایل است. اگر ضد حریق حاوی کریسوتایل باشد، تجزیه مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً جهت برقراری وضعیت قانونی و تنظیمی کافی است. این روش وزن سنجی را در صورتی ادامه دهید که نیاز به تعیین کمی فرم آزبستی آمفیبول وجود داشته باشد.

اجزایی مانند گچ و کلسیم کربنات می‌توانند در واکنش با هیدروکسید اسید  $2\text{mol/l}$  بدون تأثیر بر ورمیکولیت حذف شود. با استفاده از یک هاون و دسته هاون  $3\text{g}$  تا  $4\text{g}$  از محصول را به آرامی به قطعات با ابعاد حدود  $0.5\text{cm}$  خرد کنید. خرد کردن با هدف تسریع در خاکستری یا حل اجزای مواد آلی همچون سلولز و کربنات‌ها و گچ با هیدروکلریک اسید است. ماده خرد شده را در یک بوتله چینی از پیش وزن شده قرار دهید و آن را جهت بدست آوردن وزن پیش نمونه وزن کنید. بوتله را با درب در کوره قرار دهید نمونه را در دمای  $450^{\circ}\text{C}$  حداقل به مدت ۱۰ ساعت خاکستر کنید. بوتله را با درب از کوره خارج کنید و اجازه دهید تا دمای اتاق سرد شود و بوتله را بدون درب وزن کنید.

پیش نمونه خاکستر شده را به یک ارلن مایر مخروطی  $250$  میلی‌لیتری منتقل کنید، یک میله همزن در آن قرار دهید و  $100\text{ml}$  هیدروکلریک اسید  $2\text{mol/l}$  اضافه کنید.  $50\text{ml}$  آب به آن اضافه کنید. ارلن مایر را بر روی یک همزن مغناطیسی قرار دهید و آن را به مدت ۱۵ دقیقه هم زنید. برای جذب میله همزن مگنت را نزدیک به بخش بیرونی ارلن مایر نگه دارید و مگنت را به سمت بالا بلغزانید تا میله همزن را بتوان برداشت. آب را به ارلن مایر اضافه کنید تا زمانیکه بخش هلالی آن در بخش بالای ارلن مایر قرار گیرد. چند دقیقه

اجازه دهید ماده شناور به سطح بیاید. با استفاده از اسپاتول، تا جایی که امکان دارد ماده شناور را برداشته و آن را کنار گذارید.

دستگاه فیلتراسیون شیشه‌ای را همراه با فیلتر پلی‌کربناتی از پیش وزن شده ۴۷ میلی‌لیتری و با اندازه منافذ  $0.8 \mu\text{m}$  سوار کنید و آن را به شیر آب وصل کنید.

پیش نمونه خاکستر شده و عمل‌آوری شده با اسید در ارلن مایر مخروطی را به مخزن فیلتر منتقل کنید. ارلن مایر را با آب بشویید و آن را به مخزن فیلتر اضافه کنید. پس از آنکه فیلتراسیون کامل شد، ماده فیلتر شده را با افزودن ۲۰ ml آب شستشو دهید. عمل شستشو را دو بار تکرار کنید تا مطمئن شوید که مواد محلول از باقیمانده حذف شده است. فیلتر و باقیمانده را بر روی صفحه گرم شونده خشک کنید و سپس فیلتر و باقیمانده را وزن کنید. به مرحله زیر بند ۱۵-۴-۳ بروید.

#### ۱۵-۴-۴ جداسازی آمفیبول و اندازه‌گیری کسر جرمی آمفیبول

##### ۱۵-۴-۱ کلیات

دو روش برای تعیین کسر جرمی آمفیبول در رسوب‌ها یا باقیمانده‌های روش‌های موجود در بند ۱۵-۳ در دسترس است. اگر درجه اندازه‌ورمیکولیت به گونه‌ای باشد که دسته فیبری آمفیبول با فرم آزبستی به اندازه کافی بزرگ باشد، می‌توانند به صورت دستی از رسوب یا از باقیمانده برداشته شده و توزین شوند. برای ورمیکولیت‌های با درجه اندازه‌های کوچکتر این کار امکان پذیر نیست و تغلیظ بیشتر آمفیبول با گریزانه در مایع سنگین، و سپس شمارش نقطه‌ای ماده گریزانه شده ضروری است.

#### ۱۵-۴-۲ جداسازی دستی دسته‌های فیبر آمفیبول و توزین

قطعات آمفیبول فیبری جداسازی شده را در یک ظرف پتری از پیش وزن شده جمع‌آوری کنید و پس از بررسی کلیه رسوب ظرف پتری را جهت بدست آوردن وزن آمفیبول فیبری، وزن کنید. درصد آمفیبول فیبری را به عنوان نسبتی از وزن پیش نمونه اصلی محاسبه کنید. قطعات معرف آمفیبول فیبری را انتخاب کنید و آن را مطابق با روش‌های مشخص شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، شناسایی کنید.

#### ۱۵-۴-۳ جداسازی آمفیبول با گریزانه در مایع سنگین

باقیمانده یا رسوب حاصل از روش‌های بند ۱۵-۳ را به یک لوله گریزانه منتقل کنید. برای نمونه‌های ضد حریق اسپری شده، معمولاً باقیمانده بسیار زیادی جهت فرآوری در یک لوله گریزانه ۱۵ میلی‌لیتری وجود دارد و لازم است باقیمانده در دو لوله گریزانه تقسیم شود یا از یک لوله گریزانه بزرگتر، استفاده شود.

مایع کافی با چگالی  $2750 \text{ kg/m}^3$  را جهت تکمیل تعداد تجزیه‌هایی که باید انجام شود، تهیه کنید. چگالی محلول لیتیم متا تنگستات را با افزودن آب مقطر فیلتر شده، به  $2750 \text{ kg/m}^3$  تنظیم کنید. چگالی به آسانی با استفاده از یک استاندارد ذخیره شناوری پایش می‌شود. استاندارد ذخیره شناوری را در یک بشر شیشه‌ای بریزید و حجم لازم از مایع سنگین را به آن اضافه کنید. به آن کم‌کم آب اضافه کنید و پس از هر بار آن را



به خوبی بهم بزنید تا زمانی که استاندارد ذخیره شناوری شروع به شناور شدن در مایع نماید. چگالی را با آب یا لیتیم متا تنگستات بیشتر تنظیم کنید، تا زمانی که استاندارد ذخیره شناوری در مایع به حالت تعلیق درآید و به آرامی به سطح بیاید.

تقریباً ۱۰ ml از مایع سنگین با دانسیته تنظیم شده را به هر لوله گریزانه اضافه کنید. با استفاده از یک میله شیشه‌ای با قطر ۵mm باقیمانده را در مایع با خیساندن جامدات بین داخل لوله گریزانه و میله، پراکنده و پخش کنید. مایع سنگین کافی را اضافه کنید تا سطح مایع تقریباً به ۲cm بالای هر لوله گریزانه برسد. جامدات را در سرتاسر مایع، با استفاده از میله شیشه‌ای پخش کنید.

زمان لازم برای گریزانه به ابعاد و سرعت چرخش گریزانه خاص مورد استفاده بستگی دارد. اکثریت وزن آمفیبول در ورمیکولیت، به صورت قطعات نسبتاً بزرگ و زمان کافی گریزانه برای رسوب‌گیری تمام ذرات بزرگتر از قطر ۵µm و با حداقل چگالی  $3000 \text{ kg/m}^3$  استفاده می‌شود. پیوست ب اطلاعاتی را برای زمان لازم گریزانه کردن مواد گریزانه شده با ابعاد و سرعت‌های چرخش مختلف ارائه کند. لوله‌های گریزانه را در جایگاه‌های مقابل هم در گریزانه قرار دهید و گریزانه را در حداکثر سرعت برای زمان محاسبه شده، بکار اندازید. زمان لازم برای ابعاد گریزانه و سرعت چرخش همانطور که در مثال پیوست ب نشان داده شده ۵ دقیقه است. پس از گریزانه کردن، لوله‌ها را از گریزانه بردارید. در انتهای هر لوله یک قرص کوچک از جامدات خواهد بود و به طور کلی، مقدار بیشتری از مواد شناور وجود خواهد داشت. با استفاده از میله شیشه‌ای بخش شناور را در کناره هر لوله خیس کنید و ماده را در مایع سنگین، بدون اختلال در قرص جامدات ته لوله، مجدداً پخش و پراکنده کنید. لوله‌ها را ۵ دقیقه بیشتر گریزانه کنید. پراکنده‌سازی و گریزانه را یکبار دیگر تکرار کنید.

با استفاده از یک اسپاتول کوچک، تا جایی که امکان دارد ماده شناور را از بالای هر لوله گریزانه بردارید. مایع سنگین را تا حد امکان از هر لوله بیرون بکشید. مراقب باشید که قرص‌های ماده ذره‌ای را در ته لوله خراب نکنید. مقداری ماده شناور در باقیمانده وجود خواهد داشت که به بخش‌های بالای لوله‌های گریزانه چسبیده است. این ماده چسبنده را از بخش‌های بالای لوله‌های گریزانه بوسیله یک حوله کاغذی پیچیده شده حول یک اسپاتول کوچک یا میله شیشه‌ای بردارید. جهت تسهیل در برداشتن ماده چسبنده، لازم است که حوله کاغذی را با آب خیس کنید.

یک جریان سریع از آب را از بطری شستشو به سمت گلوله دارای ذرات ریز در هر لوله گریزانه جهت پراکنده کردن گلوله در آب هدایت کنید. ذرات را در حداقل ۵ ml آب پراکنده کنید. لوله‌ها را به مدت ۱ دقیقه گریزانه کنید. لوله‌ها را برداشته و مایع را خارج کنید و مراقب باشید که گلوله‌ها را در ته لوله‌ها خراب نکنید. عملیات شستشو و گریزانه را برای حذف مقادیر ناچیز مایع سنگین دو بار تکرار کنید. پس از گریزانه نهایی، مایع را از لوله خارج کنید و از یک جریان سریع از اتانول برای شستن گلوله‌ها از ماده ذره‌ای به داخل یک ظرف پتری پلاستیک با قطر ۵۰ mm از پیش وزن شده استفاده کنید. ظرف پتری را بر روی صفحه گرم شونده قرار دهید و اجازه دهید اتانول تا مرحله خشک شدن، تبخیر شود. پس از خشک کردن، ظرف پتری و محتویات را وزن کنید. هرگونه فرم آزبستی آمفیبول در ماده گریزانه شده را مطابق با روش‌های مشخص

شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، شناسایی کنید. مقدار کمی هرگونه فرم آزبستی آمفیبول در گریزانه را با روش‌های شمارش نقطه‌ای تشریح شده در زیر بند ۱۴-۲-۳ تعیین کنید.

#### ۱۵-۴-۴ تصدیق عدم وجود آزبست در پیش نمونه ورمیکولیت

حداقل ۵۰ ml از مایع شناور زیر بند ۱۵-۳-۱ را در یک فیلتر پلی کربنات با قطر ۴۷mm و اندازه منافذ  $\mu\text{m}$  ۰/۴ فیلتر کنید. به فیلتر اجازه دهید خشک شود. پایه‌های SEM یا TEM را مطابق با زیر بند ۱۴-۲-۱ آماده کنید و مقدار کافی از ماده ذره‌ای را بررسی کنید تا در صورت وجود آزبست مطمئن شوید، در کسر جرمی کمتر از حد کنترل موجود است.

#### ۱۶ تعیین آزبست در تالک

##### ۱-۱۶ کلیات

برخی منابع تالک حاوی هر دو کریسوتایل یا آمفیبول به صورت آلودگی است. آمفیبول‌های بسیار متداول که ممکن است با تالک در ارتباط باشد، تریمولیت و آنتوفیلیت است. تالک در اسیدها غیر محلول است و لذا روش‌های کاهش ماتریس وزن‌سنجی که در بند ۱۱ توضیح داده شده است، مؤثر نیست.

##### ۱۶-۲ تعیین کریسوتایل در تالک

اگر چه جداسازی کریسوتایل از تالک بوسیله گریزانه در مایع سنگین، از لحاظ نظری امکان‌پذیر است اما بطور کلی یک تکنیک عملی نیست. تعیین کسر جرمی کریسوتایل بوسیله TEM با استفاده از زیر بند ۱۴-۲-۴ روش تجزیه‌ای مناسبی است.

##### ۱۶-۳ تعیین آمفیبول در تالک

گریزانه در مایع سنگین موجب جداسازی آمفیبول از تالک جدا می‌شود زیرا دامنه چگالی برای تالک  $2850 \text{ kg/m}^3$  تا  $2830 \text{ kg/m}^3$  است و حداقل چگالی برای انواع آزبست آمفیبول  $3000 \text{ kg/m}^3$  است. جداسازی آمفیبول از تالک، با استفاده از مایع دارای چگالی  $2850 \text{ kg/m}^3$  امکان‌پذیر است. زمان لازم برای گریزانه را مطابق با پیوست ب محاسبه کنید. از روش گریزانه کردن تشریح شده در زیر بند ۱۵-۴-۳ استفاده کنید. هرگونه فرم آزبستی آمفیبول در ماده گریزانه شده را مطابق با روش‌های مشخص شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، شناسایی کنید. مقدار کمی هرگونه فرم آزبستی آمفیبول در ماده گریزانه شده را با روش‌های شمارش نقطه‌ای تشریح شده در زیر بند ۱۴-۲-۳ تعیین کنید.

**یادآوری-** زمان گریزانه تعیین کننده کوچکترین اندازه ذره‌ای است که در ماده گریزانه شده وجود خواهد شد. این محدودیت هنگامی که از این روش استفاده می‌شود، باید در نظر گرفته شود.

اگر لازم است تمام اندازه‌های فیبر در اندازه‌گیری گنجانده شود. تعیین کسر جرمی بوسیله TEM با استفاده از زیر بند ۱۴-۲-۴ روش تجزیه مناسبی است.

## ۱۷ تعیین تطبیق با حدود کنترل قانونی

### ۱-۱۷ کلیات

به طور کلی اگر حد اطمینان ۹۵٪ بالایی کسر جرمی اندازه‌گیری شده، پایین‌تر از حد کنترل قانونی باشد تطبیق با حد قانونی قابل قبول در نظر گرفته می‌شود و برعکس، اگر حد اطمینان ۹۵٪ پائینی کسر جرمی اندازه‌گیری شده بالاتر از حد قانونی باشد، چنین تلقی می‌شود که قانون نقض شده است. بنابراین توصیه می‌شود قابلیت اطمینان آماری و صحت کسرهای جرمی اندازه‌گیری شده آزیست همیشه در هنگام تعیین مطابقت یا عدم مطابقت با حد کنترل قانونی، در نظر گرفته شود. اندازه‌گیری‌های کسر جرمی آزیست در توده مواد اغلب تغییرناپذیری زیادی را نشان می‌دهند، که بخشی از آن از فقدان بنیادی همگن بودن نمونه سرچشمه می‌گیرد و بخشی از آن پیامد خطاهای موجود در اندازه‌گیری است.

حد آشکارسازی برای هر تجزیه با تعیین انطباق با مقررات ارتباط دارد و باید گزارش شود. به عنوان مثال، اندازه‌گیری ۰٫۲٪ با حد آشکار سازی ۰٫۱٪ مقدار مشکوکی است و در تعیین اندازه‌گیری با حد کنترل ۰٫۱٪ مطابقت نمی‌کند. بهر حال این اندازه‌گیری احتمالاً برای مقایسه با حد کنترل ۱٪ رضایت‌بخش است.

### ۲-۱۷ وزن‌سنجی به تنهایی

اگر باقیمانده نهایی تقریباً به طور کامل از آزیست تشکیل شده باشد، کسر جرمی آزیست محاسبه شده فقط به دقت اندازه‌گیری‌های وزن بستگی دارد. این وضعیت بهینه است. چون اگر فرض شود پیش نمونه ابتدایی به اندازه کافی بزرگ باشد تا معرف کل نمونه باشد، قابلیت اطمینان یک اندازه‌گیری خاص فقط با درستی وزن‌های اندازه‌گیری شده کنترل می‌شود. توصیه می‌شود تعداد خطاهای بالقوه که می‌تواند در روش وزن‌سنجی رخ دهد، در ترکیب با خطاهای بالقوه توزین، بر حسب نزدیکی کسر جرمی اندازه‌گیری شده به حد کنترل، ارزیابی شود.

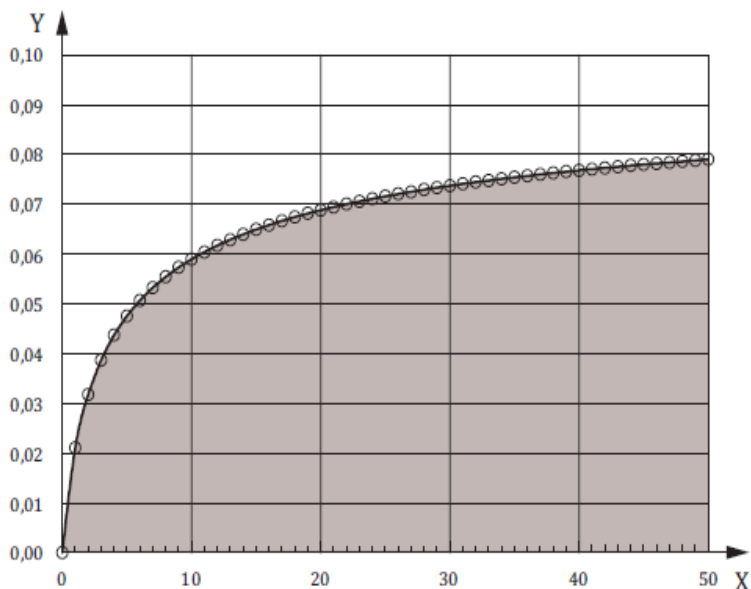
### ۳-۱۷ وزن‌سنجی در ترکیب با تخمین عینی

درصد وزنی که بر مبنای باقیمانده نهایی حاصل از کاهش ماتریس وزن‌سنجی نشان داده شده است، حداکثر مقدار ممکن برای کسر جرمی آزیست است. حتی برآورد عینی سطحی که با SEM، PLM یا TEM صورت گرفته است، می‌تواند اطلاعات کافی را برای پذیرش اظهار نظر مطمئن از مطابقت یا عدم مطابقت با حد کنترل فراهم کند. بویژه، مشاهده یک نمونه با SEM یا شبکه‌های نمونه TEM، که از باقیمانده نهایی تهیه شده است، ممکن است نشان دهد که آزیست نمی‌تواند یافت شود. تجربه نشان داده است که در یک ماده هموزن شده مانند باقیمانده نهایی حاصل از کاهش ماتریس وزن‌سنجی، کسرهای جرمی کریستال کمتر از ۰٫۰۰۱٪ می‌تواند به آسانی بوسیله آزمایش TEM از قطع ساده پایه آماده شده حاصل از باقیمانده نهایی مشاهده شود. برای بسیاری از نمونه‌ها آزمایش SEM، PLM یا TEM از قطع ساده پایه آماده شده حاصل از باقیمانده نهایی می‌تواند اطلاعات کافی را جهت اثبات پذیرش فراهم کند. در سایر موارد این روش‌های ساده به اندازه کافی قابل اطمینان نیستند.

#### ۴-۱۷ وزن سنجی در ترکیب با شمارش نقطه‌ای

درصد وزنی باقیمانده نهایی حاصل از کاهش ماتریس وزن سنجی حداکثر کسر جرمی آزبست ممکن را نشان می‌دهد. شمارش نقطه‌ای همانطور که در زیر بند ۱۴-۲-۳ مشخص شده است، برای تعیین نسبت آزبست در باقیمانده نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای مقایسه با حد کنترل قانونی، کسر جرمی آزبست محاسبه شده با حد اطمینان بالاتر از ۹۵٪ یک طرفه، برای تعداد نقاط آزبست ثبت شده، مقایسه می‌شود. شکل ۲ حداکثر کسر جرمی میانگین محاسبه شده از آزبست را نشان می‌دهد، که در آن حد اطمینان بالاتر ۹۵٪ پایین‌تر از ۰٫۱٪ است. برای اندازه‌گیری کسر جرمی که مطابق با این حد کنترل باشد، اندازه‌گیری باید در ناحیه سایه‌دار شکل ۲ قرار گیرد. اگر چنین نباشد، لازم است که شمارش نقطه‌ای اضافی انجام شود، تا زمانی که نقطه داده‌ها در ناحیه سایه‌دار رخ دهد. به‌رحال، هنگامی که کسرهای جرمی محاسبه شده بسیار به حد کنترل نزدیک باشد (۰٫۰۸ یا >۰٫۴٪، >۰٫۸٪) از نظر علمی نشان دادن مطابقت با حدود قانونی عملی نیست. برای حد کنترل ۱٪ توصیه می‌شود مقادیر روی مختصات در ۱۰ ضرب شود و برای حد کنترل ۰٫۵٪ مقادیر روی مختصات در ۵ ضرب شود. در غیر اینصورت روش یکسان است.

به منظور آنکه تایید شود که کسر جرمی اندازه‌گیری شده آزبست ۰٫۱٪ حد کنترل را نقض می‌کند، داده‌های شمارش نقطه‌ای باید با حد اطمینان پایین‌تر از ۹۵٪ یک طرفه برای تعداد نقاط آزبست ثبت شده، مقایسه شود. شکل ۳ حداقل کسر جرمی میانگین محاسبه شده آزبست را نشان می‌دهد که در آن حد اطمینان ۹۵٪ پایینی بالاتر از ۰٫۱٪ است. عدم مطابقت با حد کنترل ۰٫۱٪ در صورتی در سطح اطمینان ۹۵٪ تایید می‌شود که اندازه‌گیری در ناحیه سایه‌دار شکل ۳ رخ دهد. اگر کسر جرمی آزبست اندازه‌گیری شده به حد کنترل بسیار نزدیک باشد، نشان دادن عدم مطابقت، ممکن است امکان‌پذیر نباشد.

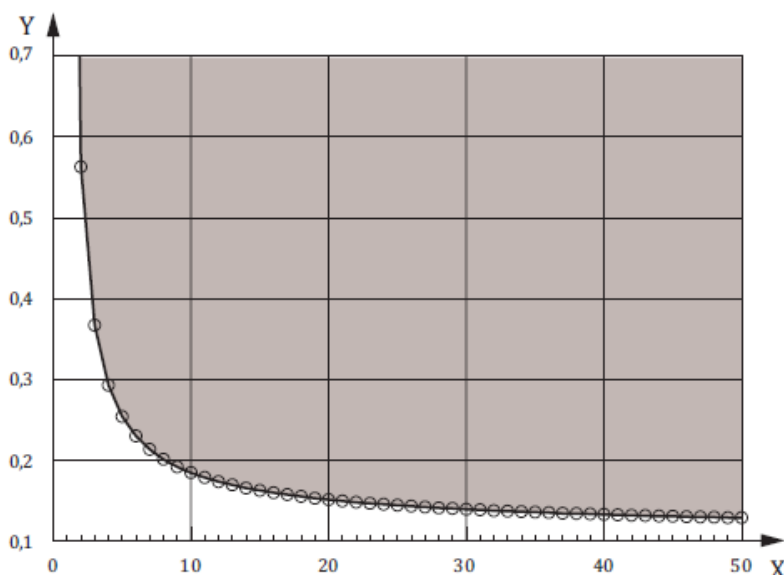


راهنما

X تعداد نقاط آزبست؛

Y در صد میانگین کسر جرمی آزیست محاسبه شده.

شکل ۲- حداکثر میانگین کسر جرمی محاسبه شده آزیست که در آن حد اطمینان بالاتر از ۹۵٪ از کسر جرمی کوچکتر از ۰٫۱٪ برای تعداد نقاط داده شده آزیست است.



راهنما

X تعداد نقاط آزیست؛

Y در صد میانگین کسر جرمی آزیست محاسبه شده.

شکل ۳- حداقل میانگین کسر جرمی محاسبه شده آزیست، که در آن حد اطمینان پایینتر از ۹۵٪ کسر جرمی بزرگتر از ۰٫۱٪ برای تعداد نقاط داده شده آزیست است.

#### ۱۷-۵ شمارش کمی فیبر از SEM یا TEM

نتیجه تعیین مقدار کمی جرم از شمارش فیبر SEM یا TEM با استفاده از پروتکل شمارش جرم، در معرض تغییر پذیری آماری است. هرچند که پروتکل شمارش جرم، نیازمند آن است که بزرگترین فیبر که بیشتر از تقریباً ۱۰٪ جرم کل مشارکت ندارد، هنگام تعیین مطابقت با حد کنترل قانونی، حساسیت نتیجه نهایی را به تغییرپذیری پواسیون بزرگترین ذرات در نظر بگیرید.

#### ۱۸ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

- ۱-۱۸ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛
- ۲-۱۸ رده‌ها و زیر رده‌های کاربردی؛
- ۳-۱۸ شناسایی نمونه، شامل محل (یعنی توسط تحلیل‌گر شناخته شده باشد)،
- ۴-۱۸ داده‌های تجزیه؛
- ۵-۱۸ مشخصات تحلیل‌گر؛
- ۶-۱۸ نوع یا انواع آزیست آشکار شده و درصد کسر جرمی هر نوع آزیست؛
- ۷-۱۸ برآورد حد تعیین شده برای روش خاص استفاده شده به صورت جداگانه برای هر نمونه؛
- ۸-۱۸ روش تجزیه‌ای استفاده شده برای شناسایی آزیست؛
- ۹-۱۸ هر روش استفاده شده که در این استاندارد مشخص نشده است یا به عنوان روش اختیاری در نظر گرفته شده است؛
- ۱۰-۱۸ خلاصه‌ای از تمام جزئیات کاربردی آماده‌سازی نمونه؛
- زیر بندهای ۹-۱۸ و ۱۰-۱۸ باید در داده‌های آزمایشگاهی ثبت شود، اما اینکه تا چه حد باید به عنوان بخشی از گزارش یا آزمایش گنجانده شود، اختیاری است.
- ۱۱-۱۸ ثبت تمام اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات وزنی صورت گرفته در طی روش‌های وزن‌سنجی؛
- ۱۲-۱۸ مشاهدات صورت گرفته برای تایید شناسایی انواع آزیست گزارش شده شامل هر روش اختیاری؛
- ۱۳-۱۸ نوع یا انواع هر گونه فیبر غیر آزیستی آشکار شده و مشاهدات صورت گرفته، که اجازه می‌دهد این فیبرها از فیبرهای آزیستی متمایز شود.
- مثالی از یک فرم مناسب برای گزارش آزمون، در پیوست پ نشان داده شده است.

## پیوست الف

### (الزامی)

#### انواع مواد تجاری حاوی آزبست و روش‌های تجزیه‌ای مناسب

خصوصیات آزبست شامل عدم اشتعال پذیری، پایداری شیمیایی و استحکام بالا باعث استفاده جهانی از این ماده در ساخت و ساز و بخش‌های صنعتی شده است. محصولات سیمان آزبستی، ورقه‌های سبک وزن حاوی آزبست و ورقه‌های پیشگیری از آتش، بسته‌بندی‌های آزبستی و لباس‌های آزبستی، تخته‌های آزبستی، فوم‌های آزبستی، ضد حریق‌های حاوی آزبست و گچ‌های آکوستیک و دکوری (آزبست‌های اسپری) کامپوزیت‌های حاوی آزبست برای کاربردهای ماله‌کشی و بتونه‌کاری از مهم‌ترین کاربردهای آن است. بعلاوه، انواعی از محصولات وجود دارد که در آن فیبرهای آزبستی در کسرهای جرمی کوچک‌تر، به وفور افزوده شده است مانند نقاشی‌های پوشش‌های حفاظتی، چسب‌ها، ورقه‌های پلاستیکی و کاشی‌ها.

جدول الف-۱ مهم‌ترین مواد حاوی آزبست با نمونه‌هایی از کاربردهای آن‌ها و کسرهای جرمی نمونه که در این مواد مشاهده شده است را نشان می‌دهد. در موارد استثنایی، کسرهای جرمی آزبست از آن دسته کسرهای جرمی بیان شده که ممکن است مورد استفاده قرار گیرد، انحراف دارد.

همچنین جدول الف-۱ روش‌های تجزیه‌ای مناسب برای انواع مختلف مواد را نشان می‌دهد.

جدول الف-۱ روش‌های تجزیه‌ای مناسب برای مواد حاوی آزبست

محصول	نمونه‌ای از کاربردها	نوع و کسر جرمی آزبست نمونه، در صورت وجود	تجزیه منطبق با	روش تجزیه مناسب
تخته‌های مسطح سیمانی آزبست	<ul style="list-style-type: none"> <li>- روکش‌های سقف</li> <li>- کناره‌ها</li> <li>- اجزای نرده پلکان</li> <li>- طاقچه پنجره</li> <li>- راه پله‌ها</li> <li>- دیواره‌های تیغه</li> <li>- نگه‌دارنده کابل</li> <li>- در اندازه‌های کوچک به عنوان تخته‌کوبی سقف و بخش‌های جانبی استفاده می‌شود.</li> </ul>	<p>۱۰٪ تا ۱۲٪ کریسوتایل. گاهی علاوه بر کریسوتایل کمتر از ۵٪ کروسیدولیت یا آموسیت</p>	<p>استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴</p>	<p>برآورد کسر جرمی آزبست از تجزیه مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزبست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می‌کند یا آزبست در فرمولبندی وجود ندارد.</p>
ورقه‌های موجدار سیمانی آزبستی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- روکش‌های سقف</li> <li>- عایق بندی محیط</li> <li>- کناره‌ها در بخش صنعتی</li> </ul>	<p>۱۰ تا ۱۲٪ کریسوتایل. گاهی علاوه بر کریسوتایل کمتر از ۵٪ کروسیدولیت</p>	<p>استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴</p>	<p>برآورد کسر جرمی آزبست از تجزیه مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزبست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می‌کند یا آزبست در فرمول وجود ندارد.</p>
لوله‌ها و کانال- های سیمانی آزبستی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- لوله‌های آب آشامیدنی و فاضلاب</li> <li>- لوله‌های سرویس</li> <li>- اتصالات هوای ورودی و هوای خروجی</li> <li>- شافت‌های کابل</li> </ul>	<p>۱۵٪-۱۰٪ کریسوتایل. لوله آب آشامیدنی علاوه بر کریسوتایل تا ۵٪ کروسیدولیت یا آموسیت.</p>	<p>استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴</p>	<p>برآورد کسر جرمی آزبست از تجزیه مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزبست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می‌کند یا آزبست در فرمول وجود ندارد.</p>



جدول الف-۱ ادامه

روش تجزیه مناسب	تجزیه منطبق با	نوع و کسر جرمی آزیست نمونه، در صورت وجود	نمونه‌ای از کاربردها	محصول
<p>برآورد کسر جرمی آزیست از تجزیه مطابق با مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزیست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می کند یا آزیست در فرمول وجود ندارد.</p>	<p>استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴</p>	<p>۱۰ تا ۱۲٪ کریسوتایل.</p>	<p>- زیرسیگاری‌های استاندارد - جعبه های گل - اشیاء باغبانی - مجسمه‌ها</p>	<p>قالب‌های سیمانی آزیستی</p>
<p>برآورد کسر جرمی آزیست از تجزیه مطابق با مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزیست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می کند یا آزیست در فرمول وجود ندارد.</p>	<p>استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴</p>	<p>تقریباً ۱۵٪ کریسوتایل و ۱۵٪ آموسیت</p>	<p>- درزبندی منافذ دیوارها که لازم است در مقابل حریق مقاوم باشند - قفسه‌های محافظ در مقابل حریق از کانال‌های مربوط به تهویه مطبوع، کانال‌های کابل و شافت‌های کابل - دریچه‌های حریق در دیوارها که لازم است در مقابل حریق مقاوم باشند (اطفا کننده‌های حریق، حایل‌های حریق) - محفظه‌های محافظ در مقابل حریق - کانال‌های حذف دود - جاگذاری درب‌ها و دروازه‌های مقاوم به حریق - زیربناهای نورانی (وسایل روشنایی)</p>	<p>تخته‌های ساختمانی سبک وزن حاوی آزیست یا ورقه‌های مقاوم درمقابل حریق</p>

جدول الف-۱ ادامه

محصول	نمونه‌ای از کاربردها	نوع و کسر جرمی آزبست نمونه، در صورت وجود	تجزیه منطبق با	روش تجزیه مناسب
تخته‌های ساختمانی سبک وزن حاوی آزبست یا ورقه‌های مقاوم درمقابل حریق	- پوشش اتاق‌های دارای خطر حریق - دیوارهای تیغه‌بندی شده، سطوح تیغه‌بندی، درب‌ها - بخش‌های بهداشتی - محفظه‌های حایل‌ها و تیرها (شمع‌های ساختمانی) - حفاظ دود - قفل‌های ضد حریق	تا ۵۰٪ کریسوتایل، گاهی اوقات تا ۳۵٪ آموسیت	استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴	برآورد کسر جرمی آزبست از تجزیه مطابق با مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱- ۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزبست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می‌کند یا آزبست در فرمول وجود ندارد.
عایق کاری لوله و دیگ بخار حاوی آزبست	- عایق کاری لوله کاغذی موج دار - ۸۵٪ بلوک منیزیمی و عایق کاری لوله - بلوک کلسیم سیلیکات و عایق کاری لوله	۳۰٪ تا ۱۰۰٪ کریسوتایل. ۱۵٪ مجموع آزبست می‌تواند شامل کریسوتایل، آموسیت، یا کروسیدولیت، یا مخلوطی از این دو یا چند مورد باشد.	استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴	برآورد کسر جرمی آزبست از تجزیه مطابق با مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱- ۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزبست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می‌کند یا آزبست در فرمول وجود ندارد.

جدول الف-۱ ادامه

روش تجزیه مناسب	تجزیه منطبق با	نوع و کسر جرمی آزبست نمونه، در صورت وجود	نمونه‌ای از کاربردها	محصول
<p>برآورد کسر جرمی آزبست از تجزیه مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزبست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می کند یا آزبست در فرمول وجود ندارد.</p>	<p>استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴</p>	<p>غالباً، کریسوتایل (۸۰٪ تا ۱۰۰٪) برای کاربردهای کروسیدولیت مقاوم در مقابل اسید</p>	<p>- درزبندی یا نوارهای درزبندی بر روی دیوارهای سبک وزن که لازم است در مقابل حریق مقاوم باشند (در سقف، کف، اتصالات بین اجزاء دیوارها) - درزبندی بر روی لوله و کانال‌های ریز تمام دیوارها و سقف - درزبندی‌های بین لبه‌های کانال‌های تهویه - درزبندی بر روی لعاب‌های مقاوم به حریق، درهای پناهگاه‌ها، درب دوده‌های دودکش - درزبندی و عایق‌کاری بر روی سامانه‌های تولید حرارت، لوله‌های داغ، و شیرهای داغ - پتوهای مخصوص حریق - لباس‌های مقاوم در مقابل حریق، دستکش‌های مقاوم در مقابل گرما - پوشش گیره‌های لوله آب داغ، لوله‌های بخار و آب پاش داغ - افروزه‌های لامپ - توری‌های لامپ‌های گازی</p>	<p>بسته‌بندی آزبست، لباس آزبستی</p>

جدول الف-۱ ادامه

محصول	نمونه‌ای از کاربردها	نوع و کسر جرمی آزبست نمونه، در صورت وجود	تجزیه منطبق با	روش تجزیه مناسب
مقوای تبلیغاتی آزبستی	- نوارهای درزبندی بر روی دیوارهای سبک وزن، که لازم است در مقابل حریق مقاوم باشند ( در سقف، اتصالات بین اجزاء، انتهای دیوارها) - زیربنای نورانی (وسایل روشنایی) - پوشش پایینی طاقچه‌های پنجره بر روی رادیاورها	۸۰٪ تا ۱۰۰٪ کریسوتایل	استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴	برآورد کسر جرمی آزبست از تجزیه مطابق مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزبست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می کند یا آزبست در فرمول وجود ندارد.
فوم‌های آزبستی	- پرکننده (درزبندی) اتصالات متحرک - درزبندی اطفافکننده‌ها و حایل‌های حریق	تقریباً ۵۰٪ کریسوتایل	استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴	برآورد کسر جرمی آزبست از تجزیه مطابق با مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزبست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می کند یا آزبست در فرمول وجود ندارد.
آزبست‌های اسپری	- حد فاصل بین پوشش‌های ضد حریق سازه‌های فولادی - پوشش مقاوم در مقابل حریق سقف‌ها و دیوارها در سالن‌های موسیقی، تئاترها، کلیساها؛ گاراژها، اتاق‌های صنعتی (برای حفاظت در مقابل صداهای مزاحم (نویز) - درزبندی سوراخ‌های کابل، لوله و کانال‌های سراسر دیوار که لازم است در مقابل حریق مقاوم باشند - پوشش کانال تهویه	۴۰٪ تا ۷۰٪ کریسوتایل، کروسیدولیت یا آموسیت، همچنین مخلوط‌هایی از پشم معدنی با ۲۰٪ آموسیت یا تا ۳۰٪ کریسوتایل. مخلوط های دیگر شامل ۱۵٪ کریسوتایل، با هریک از پرلیت یا ورمیکولیت و گچ.	استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴	برآورد کسر جرمی آزبست از تجزیه مطابق با مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزبست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می کند یا آزبست در فرمول وجود ندارد.

جدول الف-۱ ادامه

محصول	نمونه‌ای از کاربردها	نوع و کسر جرمی آزبست نمونه، در صورت وجود	تجزیه منطبق با	روش تجزیه مناسب
پوشش‌های دکوری اسپری شده (پوشش‌های بافت)	- پوشش‌های سقف‌ها جهت فراهم کردن یک سطح بافت بندی شده که نامنظمی‌های آن را می‌پوشاند	کریسوتایل، تا ۵٪. برخی اجزا ممکن است حاوی تریمولیت باشند.	استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴	خاکستری و عمل‌آوری با هیدروکلریک اسید ۲ mol/l و جداسازی کلوخه با شناورسازی یا رسوب‌گیری روش مناسبی است. تعیین کمی می‌تواند با هر دو شمارش نقطه‌ای PLM ، SEM یا TEM باشد.
ترکیبات اتصال دیوار پیش ساخته گچی	- فراهم کردن اتصال قسمت صاف بین ورقه‌های مجاور	کریسوتایل، تا ۵٪. برخی اجزا ممکن است حاوی درصد جرمی کمی از تریمولیت باشند.	استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴	خاکستری و عمل‌آوری با هیدروکلریک اسید ۲ mol/l و جداسازی کلوخه با شناورسازی یا رسوب‌گیری روش مناسبی است. تعیین کمی می‌تواند با هر دو شمارش نقطه‌ای PLM ، SEM یا TEM باشد. نبود آزبست به طور موثری با آزمایش TEM از باقیمانده، با استفاده از تکنیک سوار کردن قطره اثبات شده است.
ماله کشی روی ترکیبات و بتونه حاوی آزبست	- تزریق ترکیبات دوغاب بتونی پیش ساخته - درزبندی اتصالات متحرک - لوله‌های سراسری میان دیوارها و سقف‌ها - قالب‌گیری درب‌های مقاوم به حریق - پوشش‌های ضد ضربه (حفاظ ماشین) - پوشش سازه‌های زیر آبی - پوشش ستون‌های اصلی دیوارهای خانه	تا ۲۰٪ کریستول	استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴	خاکستری و عمل‌آوری با هیدروکلریک اسید ۲ mol/l روش مناسبی است. آزمایش TEM از باقیمانده معمولاً کافی است. در برخی از موارد، شمارش نقطه‌ای PLM ممکن است ضروری باشد. نبود آزبست به طور موثری با آزمایش TEM از باقیمانده، با استفاده از تکنیک سوار کردن قطره اثبات شده است.

جدول الف-۱ ادامه

محصول	نمونه‌ای از کاربردها	نوع و کسر جرمی آزیست نمونه، در صورت وجود	تجزیه منطبق با	روش تجزیه مناسب
مصالح کف سازی حاوی آزیست	- تقویت ورقه‌های انعطاف پذیر - لایه پشتیبان مقاوم به پوسیدگی به صورت یک لایه زیرین از مواد وینیل کف‌سازی	۱۰٪ تا ۲۰٪ کریسوتایل ۸۰٪ تا ۱۰۰٪ کریسوتایل	استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴	برآورد کسر جرمی آزیست از تجزیه مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزیست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می‌کند یا آزیست در فرمول وجود ندارد.
آسفالت یا کاشی- های طرح‌دار آزیستی کف	تقویت‌کنندگی	کاشی‌های آسفالت تا سقف ۳۵٪ کریسوتایل کاشی‌های طرح‌دار تا سقف ۲۰٪ کریسوتایل	استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴	در برخی از کاشی‌های کف، کسر جرمی قابل توجهی از آزیست را می‌توان در شکستگی سطح مشاهده نمود که طبق مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، شناسایی می‌شود. بسیاری از کاشی- های کف به بهترین وجه ممکن با تبدیل نمودن به خاکستر و عمل‌آوری با هیدروکلریک اسید غلیظ (۱۱/۳ mol/l) که با آزمایشات SEM یا TEM با استفاده از تکنیک سوار کردن قطره دنبال می‌شوند، تجزیه شوند.
درزبندهای آزیستی لاستیکی- شده	واشر برای لبه لوله	۵۰٪ تا ۹۰٪ کریسوتایل	استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴	برآورد کسر جرمی آزیست از تجزیه مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزیست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می‌کند یا آزیست در فرمول وجود ندارد.

جدول الف-۱ ادامه

محصول	نمونه‌ای از کاربردها	نوع و کسر جرمی آزبست نمونه، در صورت وجود	تجزیه منطبق با	روش تجزیه مناسب
فرآورده‌های اصطکاکی حاوی مواد آزبستی	- لنت ترمز - باندهای ترمز - صفحه کلاچ	۱۰٪ تا ۷۰٪ کریسوتایل	استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴	برآورد کسر جرمی آزبست از تجزیه مطابق با ۱ مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزبست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می‌کند یا آزبست در فرمول وجود ندارد.
ظروف مقاوم به اسید	- جعبه‌های باتری سرب اسید - بشکه‌های اسید	۱۰٪ تا ۵۰٪ کروسیدولیت	استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴	غالباً کسر جرمی قابل توجهی از آزبست را می‌توان در شکستگی سطح مشاهده نمود که طبق مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، شناسایی می‌شود. در غیر اینصورت خاکستری پیش نمونه روش مناسبی است که با آزمایشاتی طبق استاندارد ملی ایران شماره شناسایی می‌شود.
واسطه‌ی فیلتر	- فیلتر هوا - فیلترهای مایعات - فیلترهای استریل و ضد عفونی کننده - ورقه‌های روشن سازی - حسگر فرآیند الکترولیز کلرآلکالی	۹۵٪ کریسوتایل، ندرثاً آموسیت	استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴	برآورد کسر جرمی آزبست از تجزیه مطابق با ۱ مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، معمولاً کافی است، زیرا در این نوع از مواد، آزبست به صورت کسرهای جرمی وجود دارد که به طور چشمگیری از حدود کنترل قانونی تجاوز می‌کند یا آزبست در فرمول وجود ندارد.

جدول الف-۱ ادامه

محصول	نمونه‌ای از کاربردها	نوع و کسر جرمی آزبست نمونه، در صورت وجود	تجزیه منطبق با	روش تجزیه مناسب
تالک (محتوای آزبستی مربوط به رسوب)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- عوامل انتشار برای کابل‌های الکتریکی، محصولات پلاستیکی</li> <li>- عوامل انتشار در صنعت شیرینی‌سازی</li> <li>- گچ خیاطی</li> <li>- تولید کاغذ</li> <li>- دارو، لوازم آرایشی</li> </ul>	کریسوتایل و /یا اکتینولیت/تریمولیت	این استاندارد ملی ایران	تالک تابع روش‌های کاهش ماتریس وزن‌سنجی نیست. برای کریسوتایل، آماده‌سازی نمونه‌های TEM از مواد عمل‌آوری نشده رویکرد مناسبی است که با آزمایشاتی توسط رویکرد شمارش جرم دنبال می‌شود. برای آمفیبول، یا گریزانه مایع سنگین است که شامل ارزیابی گریزانه شدن توسط میکروسکوپ است یا آماده‌سازی نمونه‌های SEM از مواد عمل‌آوری نشده رویکرد مناسبی است که با آزمایشاتی با استفاده از رویکرد شمارش جرم دنبال می‌شود.
ورمیکولیت (ورقه‌ای)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- عایق سست</li> <li>- پرکننده شیروانی و حفره‌ی دیوارها</li> <li>- تأمین کارکردهای باغبانی</li> </ul>	به منبع ورمیکولیت بستگی دارد. ورمیکولیتی که از معادن سابق در مونتانا ایالات متحده به دست آمده، ممکن است حاوی حدود ۶٪ از مخلوط گونه‌های آمفیبول آزبستی شکل باشد. منابع رایج ورمیکولیت ممکن است حاوی هیچ آمفیبول قابل مشاهده‌ای نباشد یا غلظت‌های آمفیبول اندک باشد. این امر به منشأ ورمیکولیت بستگی دارد، ممکن است برخی از ورمیکولیت‌های موجود شکل آزبستی داشته باشند.	این استاندارد ملی ایران	ورمیکولیت‌ها را با شناور کردن در آب حذف کنید. بصورت دستی هرگونه آمفیبول آزبست شکلی را از رسوبات بردارید، مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، شناسایی کنید و آن را برای به دست آوردن درصد وزنی‌اش وزن کنید چنانچه حذف دستی آمفیبول آزبستی شکل به دلیل اندازه‌ی بسیار کوچک ذرات امکان‌پذیر نباشد، از روش گریزانه مایع سنگین استفاده کنید تا آمفیبول جدا شود. امکان دارد روش دیگر یعنی رفلاکس ترتیبی در هیدروکلریک اسید آمفیبول << ۱٪ و سدیم هیدروکسید آمفیبول << ۱٪ جهت حل شدن قسمت اعظم ورمیکولیت استفاده شود. مواد رسوب شده را توسط SEM، PLM یا TEM طبق استاندارد ملی ایران شماره بررسی کنید. ممکن است کمی‌سازی اغلب با استفاده از روش شمارش SEM یا TEM انجام شود.



جدول الف-۱ ادامه

محصول	نمونه‌ای از کاربردها	نوع و کسر جرمی آزبست نمونه، در صورت وجود	تجزیه منطبق با	روش تجزیه مناسب
ورمیکولیت غلیظ	تأمین صفحات ورقه‌ای شده	آمفیبول ۱٪ <<	این استاندارد ملی ایران	در کوره‌ی در دمای $800^{\circ}\text{C}$ درجه ، لایه- برداری کنید. تجزیه رسوبات مشابه با تجزیه ورمیکولیت لایه‌برداری شده است.
دیواره‌ی ترمیمی گچی حاوی ورمیکولیت	دیوار ترمیمی مقاوم به آتش حاوی ورمیکولیت غلیظ	آمفیبول ۱٪ <<	این استاندارد ملی ایران	مواد محلول در اسید را با عمل‌آوری در هیدروکلریک اسید $2\text{ mol/l}$ حل کنید. در یک کوره‌ی در دمای $800^{\circ}\text{C}$ درجه ، لایه‌برداری کنید. تجزیه رسوبات با تجزیه ورمیکولیت لایه‌برداری شده مشابه است.
محصولات باغی حاوی ورمیکولیت	- خاک گلدان - کود	آمفیبول ۱٪ <<	این استاندارد ملی ایران	مواد آلی را با خاکستری حذف کنید. مواد محلول در اسید را برای عمل‌آوری در هیدروکلریک اسید حل کنید. هرگونه ورمیکولیت شناور را حذف کنید. رسوبات حاصل از این عمل‌آوری‌ها را با PLM ، SEM یا TEM بررسی نمایید. روش دیگر این است که رسوبات حاصل از این عمل‌آوری‌ها را در مایع سنگین‌گریزانه کرده و ماده‌ی گریزانه شده را برای آمفیبول آزبست‌شکل با PLM ، SEM یا TEM بررسی کنید.
ضدحریق حاوی ورمیکولیت	اسپری به کار رفته در فولاد ساختمانی و اسکله‌ها	ضدحریق اولیه می‌تواند حاوی حدوداً ۱۵٪ کریستال و تا حدود ۱٪ آمفیبول باشد. فرمولاسیون‌های بعدی حاوی هیچ‌گونه کریستال نیستند و عموماً کمتر از ۱٪ آمفیبول دارند.	این استاندارد ملی ایران	مواد آلی را با خاکستری حذف کنید. مواد محلول در اسید همانند گچ و کربنات‌ها را با عمل‌آوری‌ها با هیدروکلریک اسید $2\text{ mol/l}$ حل کنید. هرگونه ورمیکولیت شناور را حذف کنید. رسوبات حاصل از این عمل‌آوری‌ها را با SEM ، PLM یا TEM بررسی نمایید. روش دیگر این است که رسوبات حاصل از این عمل‌آوری‌ها را در مایع سنگین گریزانه کرده و ماده‌ی گریزانه شده را برای آمفیبول آزبست‌شکل با PLM ، SEM یا TEM بررسی کنید.

جدول الف-۱ ادامه

محصول	نمونه‌ای از کاربردها	نوع و کسر جرمی آزبست نمونه، در صورت وجود	تجزیه منطبق با	روش تجزیه مناسب
بتن سبک حاوی ورمیکولیت	اسکله‌های ساختمانی	آمفیبول >> ۱٪	این استاندارد ملی ایران	این نمونه را با هیدروکلریک اسید ۲ mol/l عمل‌آوری کنید. هرگونه ورمیکولیت شناور را حذف کنید. رسوب‌ها را برای یافتن آمفیبول آزبستی شکل با PLM ، SEM یا TEM بررسی کنید. آمفیبول را می‌توان در صورت لزوم به میزان بیشتری با گریزانه مایع سنگین غلیظ کرد.
مواد معدنی صنعتی شامل: سنگ معدنی، کف دریا، آتاپولگیت	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تولید سرامیک</li> <li>- پرکننده‌های پلاستیکی</li> <li>- مواد روسازی و ترکیبات اتصالی</li> <li>- کاشی سقف</li> <li>- گل حفاری (آتاپولگیت)</li> </ul>	<p>بستگی به منشأ معدنی دارد.</p> <p>کربنات معدنی ممکن است حاوی چندین درصد تریمولیت یا اکتینولیت باشد.</p>	این استاندارد ملی ایران	عمل رفلکس را به طور متوالی در هیدروکلریک اسید ۲ mol/l و سدیم هیدروکسید ۴ mol/l انجام دهید. مواد رسوب شده را توسط PLM ، SEM یا TEM را طبق مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، بررسی کنید. ممکن است کمی‌سازی بیشتر با استفاده از روش شمارش جرمی SEM یا TEM پآء انجام گیرد.

جدول الف-۱ ادامه

محصول	نمونه‌ای از کاربردها	نوع و کسر جرمی آزیست نمونه، در صورت وجود	تجزیه منطبق با	روش تجزیه مناسب
مواد معدنی صنعتی شامل: کلسیت، دولومیت، و سنگ گچ	- تولید مواد ساختمانی - کاربردهای صنعتی	بستگی به منشأ معدنی دارد. کربنات معدنی ممکن است حاوی چندین درصد تریمولیت یا اکتینولیت باشد.	این استاندارد ملی ایران	در هیدروکلریک اضافی حل کنید. مواد رسوب شده را توسط SEM، PLM، یا TEM طبق مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، بررسی کنید. ممکن است کمی سازی بیشتر با استفاده از روش شمارش جرمی SEM یا TEM انجام گیرد.
مواد معدنی صنعتی، میکا	- تولید سرامیک - تولید مواد ساختمانی	بستگی به منشأ معدنی دارد. ممکن است حاوی چندین درصد تریمولیت یا اکتینولیت باشد.	این استاندارد ملی ایران	اکثر مواد صنعتی از جمله میکا، تابع روش‌های کاهش ماتریس وزن سنجی نیستند. آماده‌سازی نمونه‌های TEM از مواد عمل‌آوری نشده رویکرد مناسبی است که با آزمایشاتی توسط روش شمارش جرم با SEM یا TEM دنبال می‌شود.
روسازی آسفالت	ساخت و ساز جاده	کریسوتایل، عموماً کمتر یا مساوی ۱٪	این استاندارد ملی ایران	کریسوتایل، در صورت وجود، در اجزاء آسفالتی است. خاکستر یک نمونه‌ی معرف است و مواد ته‌نشین شده توسط SEM، PLM، یا پآژ را طبق مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، بررسی کنید. روش دیگر این است که پیش نمونه‌ی اجزاء آسفالتی را جدا ساخته و آن را خاکستر کنید. ممکن است شمارش نقطه-ای کمی با PLM یا شمارش جرمی با SEM یا TEM نیاز باشد. فقدان آزیست را احتمالاً می‌توان توسط آزمایش SEM یا پآژ شمارش قطره تأیید نمود.
پلاسترهای سقف و دیوار	پوشش دیوار داخلی و سقف، دارای یا فاقد دانه بندی و فیبرهایی همانند موی حیوانات و الیاف کف	کریسوتایل عموماً به صورت محلی مخلوط شده و ناهمگن است. ممکن است هر کسر جرمی تا تقریباً ۳٪ باشد.	این استاندارد ملی ایران	کریسوتایل، در صورت وجود، بطور غیریکنواخت توزیع شده است. بسته به اندازه‌ی هر کلوخه کار را با حدوداً ۳ گرم یا بیشتر پیش نمونه آغاز کنید. پیش نمونه را خاکستر نموده، با هیدروکلریک اسید ۲ mol/l عمل‌آوری نموده و کلوخه‌ها را با رسوب‌دهی جدا کنید. رسوب را با شمارش نقطه‌ای بررسی نموده یا فقدان آزیست‌ها را با آزمایشات SEM یا پآژ رسوبات، اثبات کنید.

جدول الف-۱ ادامه

محتصول	نمونه‌ای از کاربردها	نوع و کسر جرمی آزبست نمونه، در صورت وجود	تجزیه منطبق با	روش تجزیه مناسب
لجن حفاری	اکتشاف نفت، حفاری صخره‌ها	کریسوتایل غالباً بسیار خوب و کوتاه است، گاهاً از کولینگا کالیفرنیا سرچشمه میگیرد. ممکن است حاوی تا سقف ۱۰۰٪ کریسوتایل باشد.	این استاندارد ملی ایران	آن را در آب پراکنده نموده و نمونه‌های پآئ حاصل از روش شمارش قطره آماده کنید. در صورت وجود کریسوتایل، کسر جرمی وزنی قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت
فرآورده‌های شیمیایی برای ساخت و ساز و دیگر فرآورده‌ها	- ایزوگام، سقف و صفحات آب‌بندی - پرکننده‌های آب‌بندی - پرکننده‌های جداره - پوشش قیری - پرکننده‌ها و درزبندها - ترکیبات پیوند دهنده - رنگ - چسب - ضد حریق - حفاظ زیر سقف	کریسوتایل تا سقف ۳۰٪ کریسوتایل تا سقف ۲٪ کریسوتایل تا سقف ۴٪ کریسوتایل تا سقف ۳۰٪ کریسوتایل تا سقف ۲۵٪ کریسوتایل تا سقف ۵٪ کریسوتایل تا سقف ۹٪ کریسوتایل تا سقف ۴٪ کریسوتایل تا سقف ۱۰٪ کریسوتایل تا سقف ۴٪	این استاندارد ملی ایران	چنانچه نتوان کریسوتایل قابل ملاحظه‌ای را با استفاده مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۶۴۳: سال ۱۳۹۴، مشاهده نمود، نمونه را خاکستر کنید. در برخی موارد خاکستر رسوب حاوی کسرهای جرمی قابل توجهی از کریسوتایل است و ممکن است پایان دادن به تجزیه امکان‌پذیر باشد. چنانچه ترکیبات دیگری در خاکستر وجود داشته باشند، ممکن است کاهش بیشتر ماتریس با عمل‌آوری توسط هیدروکلریک اسید امکان‌پذیر باشد. رسوب را با استفاده از روش‌های ویژه‌ی استاندارد ملی ایران به شماره بررسی کنید. فقدان آزبست‌ها را می‌توان با آزمایشات رسوب با SEM یا پآئ تأیید نمود.

## پیوست ب

### (الزامی)

زمان گریزانه مورد نیاز برای جدا شدن آمفیبول در مایع سنگین

تعیین زمان لازم برای گریزانه و ابعاد و سرعت چرخش گریزانه کردن ذرات آمفیبول در اندازه خاص به رسوب ته لوله گریزانه بستگی دارد. زمان مورد نیاز برای رسوب ذرات از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

(ب-۱)

$$t = \left( \frac{18 \times 10^{12} \times \eta}{60 \times (a - b) \times \omega^2 \times d^2} \right) \times \ln \left( \frac{R}{S} \right)$$

که در آن:

$T$  زمان برای ذرات با قطر  $d$  در رسوب، بر حسب دقیقه؛

$H$  ضریب ویسکوزیته مایع سنگین بر حسب Pa.s؛

$A$  چگالی ذرات، بر حسب  $\text{kg/m}^3$ ؛

$B$  چگالی مایع سنگین، بر حسب  $\text{kg/m}^3$ ؛

$\Omega$  سرعت زاویه‌ای گریزانه، بر حسب rad/s؛

$D$  قطر ذرات، بر حسب  $\mu\text{m}$ ؛

$R$  شعاع‌های بیرونی گریزانه، بر حسب cm؛

$S$  شعاع داخلی گریزانه، بر حسب cm است.

نمودار شکل ب-۱ برای ذرات با دانسیته  $3000 \text{ kg/m}^3$  و  $3400 \text{ kg/m}^3$  است که با استفاده از مقادیر زیر اندازه‌گیری می‌شوند:

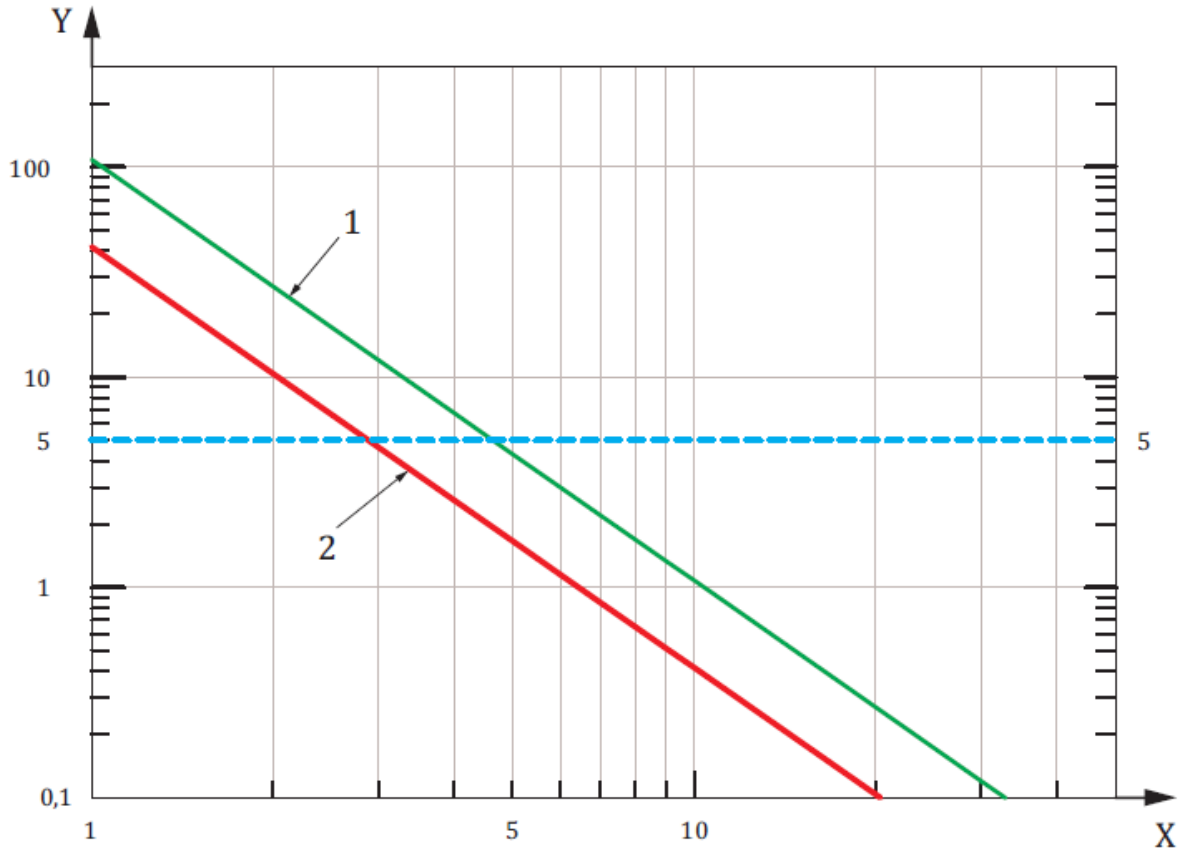
ویسکوزیته مایع =  $0.009 \text{ Pa.s}$

چگالی مایع =  $2750 \text{ kg/m}^3$

سرعت زاویه‌ای =  $376/99 \text{ rad/s}$

شعاع‌های بیرونی گریزانه =  $14.5 \text{ cm}$

شعاع‌های داخلی گریزانه =  $3.5 \text{ cm}$



راهنما:

X	قطر ذرات، بر حسب $\mu\text{m}$
Y	زمان گریزانه بر حسب دقیقه؛
۱	چگالی فیبر $3000 \text{ kg/m}^3$ ؛
۲	چگالی فیبر $3400 \text{ kg/m}^3$ است.

شکل ب-۱- زمان‌های لازم برای گریزانه و رسوب‌گذاری ذرات در مایع با چگالی  $2750 \text{ kg/m}^3$

پیوست پ

(اطلاعاتی)

نمونه یک گزارش آزمون

تاریخ تجزیه:	تحلیل گر:	امضاء:			
یادداشت ها:			این استاندارد به تجزیه کمی توده مواد برای آزیست اشاره دارد.		
نمونه	باقی مانده کاهش ماتریس ( درصد جرم )	آزیست	کسر جرمی آزیست (درصد جرم)	حد برآورد کمیت پذیری ( درصد جرم )	نظرات
نمونه ۱-۲۰۰۸۰۸۱۱ بافت سقف گچ سفید با پرلیت	۱۰/۷	کریسوتایل	۰/۲۰	۰/۰۱	کسر جرمی محاسبه شده از شمارش نقطه ساخته شده در باقی مانده کاهش ماتریس. کسر جرمی آزیست < ۰/۱٪ در سطح اطمینان ۰/۹۵٪.
نمونه ۴-۲۰۰۸۰۸۱۲ گچ با مو و شن و ماسه مواد با رنگ بژ	۵/۶	کریسوتایل	۰/۰۳۵	۰/۰۰۱	کسر جرمی محاسبه شده از شمارش نقطه ساخته شده در باقی مانده کاهش ماتریس. کسر جرمی آزیست < ۰/۱٪ در سطح اطمینان ۰/۹۵٪.
نمونه ۲-۲۰۰۸۰۸۱۵ گچ مواد سفید	۰/۱۲	نامشخص	کمتر از ۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	آزیست در باقی مانده خاکستر و عمل آوری با اسید توسط آزمایش SEM مشاهده نشد.
نمونه ۳-۲۰۰۸۰۸۱۵ کاشی سقف مواد فیبری خاکستری	۸/۴	کریسوتایل	۱/۵	۰/۰۰۱	کریسوتایل خیلی ریز که با PLM شناسایی می شود. کریسوتایل شناسایی شده و اندازه گیری شده توسط شمارش جرم TEM.

## کتابنامه

- [1] Health UK and Safety Executive (1994): Asbestos in Bulk Materials, MDHS 77. HSE Books, PO Box 1999, Sudbury, Suffolk CO10 6FS, United Kingdom
- [2] VDI 3866Blatt 1:2000-12, Bestimmung von Asbest in technischen Produkten – Grundlagen – Entnahme und Aufbereitung der Proben (Determination of asbestos in technical products – Principle – Sampling and sample preparation). Berlin: Beuth Verlag
- [3] VDI 3866Blatt 2:2001-10, Bestimmung von Asbest in technischen Produkten – Infrarotspektroskopisches Verfahren (Determination of asbestos in technical products Phase contrast optical microscopy method). Berlin: Beuth Verlag
- [4] VDI 3866Blatt 5:2004-10, Bestimmung von Asbest in technischen Produkten – Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren (Determination of asbestos in technical products– Scanning electron microscopy method). Berlin: Beuth Verlag
- [5] AS 4964:2004, Method for the qualitative identification of asbestos in bulk samples
- [6] United States Environmental Protection Agency. (1993): Test Method, Method for the Determination of Asbestos in Bulk Building Materials. EPA Report EPA/600/R-93/116. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, DC 20460, U.S.A
- [7] Wahlstrom E.E. Optical Crystallography. John Wiley & Sons, Inc, New York, U.S.A, Second Edition, 1943
- [8] McCrone W.C., McCrone L.B., Delly J.G. (1984): Polarized Light Microscopy. McCrone Research Institute, 2820 South Michigan Avenue, Chicago, Illinois 60616-3292, U.S.A
- [9] McCrone W.C. (1987): Asbestos Identification. McCrone Research Institute, 2820 South Michigan Avenue, Chicago, Illinois 60616-3292, U.S.A
- [10] Su S.-C. Dispersion staining: Principles, Analytical relationships and practical applications to the determination of refractive index. Microscope. 1998, 46 (3) pp. 123–146
- [11] Meeker G .P., B ern A.M., Brownfield I .K., L owers H .A., S utley S .J., H oefen T.M. et al. The Composition and Morphology of Amphiboles from the Rainy Creek Complex, Near Libby, Montana. Am. Mineral. 2003, 88 pp. 1955–1969
- [12] Emmons R.C. A Set of Thirty Immersion Media. Am. Mineral. 1929, 14 pp. 482–483
- [13] National Institute of Standards and Technology. (1988): Standard Reference Material 1866, Bulk Asbestos - Common. National Institute of Standards and Technology, Office of Standard Reference Materials, Gaithersburg, Maryland 20899, U.S.A



## کتابنامه – ادامه

- [14] National Institute of Standards and Technology. (1993): Standard Reference Material 1867, Uncommon Commercial Asbestos. National Institute of Standards and Technology, Standard Reference Materials Program, Gaithersburg, Maryland 20899, U.S.A
- [15] Tylee B.E., Davies L.S.T., Addison J. Asbestos Reference Standards – Made Available for Analysts. *Ann. Occup. Hyg.* 1996, 40 (6) pp. 711–714
- [16] International Mineralogical Association. Nomenclature of Amphiboles. Compiled by B.E. Leake. *Am. Mineral.* 1978, 63 pp. 1023–1052
- [17] International Mineralogical Association. Nomenclature of Amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names (Chairman B.E. Leake). *Mineral. Mag.* 1997 April, 61 pp. 295–321
- [18] Webber J.S. A simple technique for measuring asbestos layer-line spacings during TEM analysis. *Microscope.* 1998, 46 pp. 197–200
- [19] Wenk H.R. ed. *Electron microscopy in mineralogy.* Springer-Verlag, New York, 1976
- [20] Gard J.A. ed. (1971): *The Electron Optical Investigation of Clays.* Mineralogical Society, 41 Queen's Gate, London S.W.7
- [21] Hirsch P.B., Howie A., Nicholson R.B., Pashley D.W., Whelan M.J. *Electron microscopy of thin crystals.* Butterworths, London, 1965, pp. 18–23.
- [22] Alderson R.H., & Halliday J.S. *Electron Diffraction.* In: *Techniques for Electron Microscopy,* (Hay D.H. ed.). Blackwell Scientific Publications, London, Second Edition, 1965, pp. 478–524.
- [23] Rhoades B .L. XIDENT- A computer technique for the direct indexing of electron diffraction spot patterns. Research Report 70/76. Dept. of Mechanical Engineering, Univ. of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 1976
- [24] Addison J., & Davies L.S.T. Analysis of amphibole asbestos in chrysotile and other minerals. *Ann. Occup. Hyg.* 1990, 34 (2) pp. 159–175
- [25] Chatfield E.J. A validated method for gravimetric determination of low concentrations of asbestos in bulk materials. In: *Advances in Environmental Measurement Methods for Asbestos,* ASTM STP 1342, (Beard M .E., & Rook H.L. eds.). American Society for Testing and Materials, West Conshohocken: 2000, pp. 90–110.
- [26] Chatfield E .J., & Lewis G.M. (1980): Development and application of an analytical technique for measurement of asbestos fibers in vermiculite. In: *Scanning Electron Microscopy/1980/I,* (O. Johari, Ed.). SEM Inc., AMF O'Hare, Chicago, Illinois 60666, U.S.A

## کتابنامه - ادامه

- [27] Chatfield E.J. (2000): A rapid procedure for preparation of transmission electron microscopy specimens from polycarbonate filters. ASTM STP 1342, Advances in Environmental Measurement Methods for Asbestos, Michael E. Beard and Harry L. Rook, Eds.,242-249
- [28] ISO 10934-1, Optics and optical instruments — Vocabulary for microscopy — Part 1: Light microscopy
- [29] Wicks F.J., & Chatfield E.J. Scrolling of thin crystals of lizardite: an expression of internal stress. Can. Mineral. 2005, 43 p. 19
- [30] Perkins R .L., & Beard M.E. (1991): Estimating asbestos content of bulk samples. National Asbestos Council Journal, Spring 1991, 27-31.
- [31] ISO 7348:1992, Glass containers — Manufacture — Vocabulary
- [32] ISO 14686:2003, Hydrometric determinations — Pumping tests for water wells — Considerations and guidelines for design, performance and use
- [33] Herdan, G. (1960): Small Particle Statistics. Butterworths, London, pp. 365-368.