



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱-۱۹۶۴۳

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO
19643-1
1st.Edition
2015

کیفیت هوا- توده مواد- قسمت ۱: نمونه‌گیری و
تعیین کیفیت آzbست در توده مواد تجاری

**Air quality — Bulk materials — Part 1:
Sampling and qualitative determination of
asbestos in commercial bulk materials**

ICS: 13.040.20

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« کیفیت هوا-توده مواد- قسمت ۱: نمونه‌گیری و تعیین کیفیت آذیست در توده مواد تجاری »

رئیس:

محمدی، روناک

(فوق لیسانس شیمی تجزیه)

دبیر:

حسن‌زاده، شهناز

(لیسانس زیست شناسی)

اداره کل استاندارد استان کردستان

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آقای، داوود

(لیسانس محیط زیست - امور HSE)

مجتمع پتروشیمی تبریز

احمدی، جواد

(فوق لیسانس مهندسی شیمی گرایش محیط زیست)

دانشگاه صنعتی سهند تبریز

بطی، فرید

(فوق لیسانس شیمی تجزیه)

اداره کل استاندارد استان کردستان

ثابتی باقر

(فوق لیسانس مهندسی شیمی)

پژوهشکده بیوتکنولوژی شمالغرب و غرب
کشور

جواهری، هومن

(فوق لیسانس شیمی)

مجتمع پتروشیمی کردستان

حجت جلالی، مژگان

(لیسانس زیست شناسی)

آزمایشگاه آب و فاضلاب استان کردستان

ظروفچی بنیس، خالد

(فوق لیسانس شیمی گرایش محیط زیست)

دانشگاه صنعتی سهند تبریز

سحری، مهدی

(فوق لیسانس فیزیک گرایش نجوم)

اداره کل استاندارد کردستان

کمیسیون فنی تدوین استاندارد-ادامه

واحد تولیدی سبک لوله نوین کردستان	فیاضی، فریبا (فوق لیسانس شیمی تجزیه)
دانشگاه صنعتی سهند تبریز	کریمی، اسدالله (دکتر مهندسی شیمی)
دانشگاه تبریز	کیوانی نهر، فاطمه (دکتر مهندسی علوم و صنایع غذایی)
شرکت تولیدی بتن شیمی خاور میانه	مرادی، هیرش (فوق لیسانس شیمی گرایش پلیمر)
دانشگاه آزاد اسلامی - واحد سنندج	نصری، فریبرز (دکتر شیمی تجزیه)
اداره کل استاندارد استان کردستان	یزدانی، ژیلا (فوق لیسانس شیمی فیزیک)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ج	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	پیش‌گفتار
ح	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ اصطلاحات و تعاریف
۱۲	۳ نمادها و کوتاه نوشت‌ها
۱۳	۴ اصول
۱۶	۵ مجموعه نمونه‌ها
۲۲	۶ آماده سازی نمونه
۲۳	۷ آنالیز توسط PLM
۴۶	۸ آنالیز توسط SEM
۵۰	۹ آنالیز توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری
۵۴	۱۰ گزارش آزمون
۵۶	پیوست الف (الزامی) انواع مواد تجاری محتوی آزمون
۶۲	پیوست ب (الزامی) نمودار تداخل رنگ
۶۳	پیوست پ (الزامی) نمودار پراکندگی لکه
۶۶	پیوست ت (الزامی) شناسایی آزمون توسط PLM و پراکندگی لکه در مواد تجاری
۷۹	پیوست ث (الزامی) شناسایی آزمون توسط SEM در مواد تجاری
۹۰	پیوست ج (الزامی) شناسایی آزمون توسط TEM در مواد تجاری
۱۰۶	پیوست چ (اطلاعاتی) مثالی از گزارش نمونه‌برداری
۱۰۷	پیوست ح (اطلاعاتی) مثالی از گزارش آزمون
۱۰۸	پیوست خ (اطلاعاتی) کتابنامه

پیش‌گفتار

استاندارد " کیفیت هوا- توده مواد- قسمت ۱: نمونه‌گیری و تعیین کیفیت آزبست در توده مواد تجاری " که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در شصت و هشتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ 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 مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 22262-1:2012, Air quality — Bulk materials —Part 1:Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials

در گذشته آژبست‌ها در دامنه‌ی وسیعی از محصولات استفاده می‌شدند. سه نوع مختلف آژبست کاربردهای تجاری گسترده‌ای پیدا کرد. کریسوتایل تقریباً برای ۹۵٪ از مصارف به کار می‌رفت. این نوع آژبست اغلب در آنالیز نمونه‌ها بیشتر مشاهده می‌شود. موادی با محتوی بالای آژبست کریسوتایل در ساختمان‌سازی و صنعت برای ضد حریق‌ها، عایق‌کاری حرارتی، و عایق‌کاری صوتی استفاده می‌شدند. کریسوتایل هم چنین برای افزایش استحکام مواد نظیر بهبود مقاومت در برابر شکستگی و بهبود ویژگی‌های انعطاف‌پذیری قابل استفاده بود. بخش بزرگی از کریسوتایل در محصولات سیمانی-آژبستی به کار می‌رفتند. این موارد شامل ورقه‌های مسطح، سفال‌ها و ورقه‌های موج‌دار برای سقف، لوله‌ها و آبشخورهای روباز برای جمع‌آوری باران، همانند لوله‌های تحت فشار برای ذخیره‌ی آب آشامیدنی بود. کریسوتایل همچنین در محصولاتی همچون پوشش‌های تزئینی و گچ‌ها، چسب‌ها، درزگیرها و رزین‌ها، سفال‌های کف، واشرها و سنگفرش جاده‌ها کاربرد داشت. در برخی محصولات، کریسوتایل، برای تغییر خواص شکل‌پذیری مانند مصنوعات سفال‌های سقفی، لجن حفاری نفت استفاده می‌شد. فیبرهای کریسوتایل‌های درشت بافت برای مصنوعات بافندگی، ریسندگی، نمد مالی و محصولات کاغذی استفاده می‌شدند. آموسیت و کروسیدولیت تقریباً دارای همه‌ی کاربردهای آژبستی بودند. آموسیت به طور گسترده‌ای به عنوان ضد حریق و برای مثال در محصولات عایق حرارتی، پوشاننده‌های لوله و عایق تابلوها کاربرد داشتند. کروسیدولیت هم به عنوان ضد حریق و عایق‌بندی محصولات به کار می‌رفت اما ارزش بالاتری دارد چون مقاومت بسیار بالایی در برابر اسید دارد و به اندازه‌ی کافی برای تنیدن منعطف است و قدرت کشش بالایی برای آرماتور دارد. کاربرد دیگر کروسیدولیت در ظروف اسیدی به عنوان فیبر استحکام بخش، مانند آن‌هایی که در باتری‌های اسیدی استفاده می‌شود، در کارایی بالای منسوجات و درزگیرها و مخصوصاً برای تولید لوله‌های سیمانی آژبست برای انتقال آب پرفشار دارای اهمیت بود.

سه نوع دیگر آژبست وجود دارد. مواد آتئوفیل تجاری نسبتاً کمیاب هستند. این مواد همچنین به عنوان پرکننده و الیاف تقویتی مواد کامپوزیتی و واسطه فیلتراسیون مورد استفاده قرار می‌گیرند. تریمولیت و اکتینولیت استفاده تجاری چندانی ندارند اما اغلب حوادث ناشی از آژبست تریمولیت در مواد پوشش‌کاری و ضدحریق در ژاپن مشاهده شده است. آژبست‌های تریمولیت و اکتینولیت به عنوان آلودگی سایر مواد تجاری مطرح می‌شوند. دیگر مواد معدنی هم می‌توانند مانند آژبست مطرح شوند. برای مثال، آژبست ریچتریت و وینچیت با کسر جرمی بین ۰/۱٪ تا ۶٪ مرتبط با ورمیکولیت که 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.

کسر جرمی آژبست در برخی محصولات می‌تواند خیلی بالا و نزدیک به ۱۰۰٪ و در برخی محصولات خیلی پایین و بین ۱٪ تا ۱۵٪ باشد. در برخی صفحات سقفی، کسر جرمی آژبست نزدیک به ۱٪ است. مجموع کسر جرمی آژبست در برخی چسب‌ها، اجزای درزگیر و پرکننده‌ها هم کمتر از ۱٪ است. اما ماده شناخته شده‌ای که کسر جرمی ماده آژبستی اضافه شده به آن کمتر از ۰/۱٪ باشد وجود ندارد.

در این استاندارد روش‌هایی برای جمع‌آوری نمونه و تجزیه کیفی مواد عمده تجاری برای شناسایی آزمون مشخص شده است. اولین روش برای شناسایی آزمون، میکروسکوپ نوری قطبی است. چون ماتریس متنوعی در تشکیل آزمون نقش دارند، میکروسکوپ نوری قطبی نمی‌تواند تجزیه معتبری از انواع مواد تشکیل دهنده آزمون ارائه دهد. کاربرد میکروسکوپ نور پلاریزه را می‌توان برای استفاده در عملیات ساده مانند خاکستری‌کاری با اسید گسترش داد. ممکن است هر دو میکروسکوپ الکترونی روبشی و میکروسکوپ الکترونی عبوری را به صورت اختیاری به عنوان یک پیشنهاد یا روش تاییدی برای تشخیص آزمون مورد استفاده قرار داد.

اگرچه این استاندارد معین می‌کند که تخمین عینی از کسر جرمی آزمون در بسیاری دامنه‌های گسترده ممکن است انجام گیرد، اما این‌گونه تشخیص داده می‌شود که صحت و تکرارپذیری چنین تخمین‌هایی خیلی محدود است. تعیین کیفی محتوای آزمون نیازمند دلایل متعددی به عنوان مثال، ارزیابی و مدیریت ریسک مواد آزمون در ساختمان‌ها یا انجام تعاریف منظم برای مواد حاوی آزمون می‌باشد. لزوم تعیین کمی آزمون در مواد بستگی به حداکثر کسر جرمی پذیرفته شده دارد که با صلاحیت قانونی در تعریف ماده‌ی حاوی آزمون به منظور انجام تنظیمات تطبیق داده شده است. دامنه‌ی تعاریف "هرگونه آزمون" تا ۰/۱٪، ۰/۵٪ یا ۱٪ می‌باشد. چون همه‌ی روش‌ها محدودیت آشکارسازی دارد، صلاحیت‌های قانونی در تعریف ماده‌ی حاوی آزمون به عنوان ماده‌ی حاوی "هرگونه آزمون" مشکلی اساسی در چگونگی تعیین ماده‌ی بدون آزمون است. اگر هم کریستال و هم آموسیت، کروسیدولیت یا آنتوفیلیت یا هر نوع دیگری از این انواع در ترکیب وجود داشته باشد و در تجزیه و تحلیل هم مشخص شود، چون هیچ ماده‌ی شناخته شده‌ی تجاری وجود ندارد که کسر جرمی آزمون تجاری اضافه شده به آن پایین‌تر از ۰/۱٪ باشد، این استاندارد برای اهداف کاربردی، طبقه‌بندی نمونه مواد حاوی آزمون را مشخص می‌کند (برای مثال، حاوی بیش از ۰/۱٪ آزمون). وقتی که تعریف ماده‌ی حاوی آزمون ۰/۵٪ یا ۱٪ می‌باشد، بسته به ماهیت محصول، اغلب لازم می‌شود که دیگر قسمت‌های این استاندارد هم ارتقا یابد تا تعیین کیفی آزمون به منظور تعریف حالات ماده انجام شود. وجود تریمولیت، اکتینولیت، ریچتریت یا رونیچیت در یک ماده معمولاً پیامد آلودگی طبیعی مواد تشکیل دهنده‌ی آن می‌باشد و آشکارسازی این مواد لزوماً ثابت نمی‌کند که کسر جرمی آزمون بیش از ۰/۱٪ است. از این رو، تعیین وضعیت منظم این مواد توسط هر کدام از این معیارها اغلب تنها از طریق تجزیه تحلیل کمی به دست می‌آید. چون این مواد به طور معین ماده اصلی نبوده و با توجه به ویژگی‌های فیزیکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، ممکن است در مواردی هم مشابه فرم آزمون یا فرم غیر آزمون یا ترکیبی از هر دو باشند. ارزیابی انواع این مواد ممکن است نیاز به تجزیه تحلیل بیشتری داشته باشد.

روش ساده‌ی تحلیلی همانند میکروسکوپ نور پلاریزه قادر به آشکارسازی یا شناسایی مطمئن آزمون در برخی انواع محصولات تجاری حاوی آزمون نیست. این عدم توانایی به دلیل این است که فیبرها پایین‌تر از قدرت تشخیص میکروسکوپ نوری هستند و علاوه بر این مواد ماتریسی به شدت به فیبرها می‌چسبند. برای این نوع از محصولات، لازم است که از میکروسکوپ الکترونی استفاده شود.

روش تشریح شده در این استاندارد بر اساس مراجع بندهای [11]، [13]، [14]، [15]، [8]، [10] و [12] کتابنامه است.

استاندارد " کیفیت هوا- توده مواد- قسمت ۱: نمونه‌گیری و تعیین کیفیت آزبست در توده مواد تجاری "

مهم- فایل الکترونیکی این استاندارد شامل رنگ‌هایی است که برای درک درست آن مفید می‌باشند. کاربران در چاپ این استاندارد دقت کنند که از چاپگر رنگی استفاده شود.

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش‌هایی برای نمونه‌گیری مواد عمده و شناسایی آزبست در توده مواد تجاری است. این استاندارد در موارد زیر کاربرد دارد:

الف- تعیین روش‌های مناسب آماده‌سازی نمونه و تشریح جزئیات چگونگی شناسایی آزبست به وسیله میکروسکوپ نور پلاریزه شده و پراکندگی لکه؛

ب- تعیین روشی ساده برای جداسازی فیبرهای آزبست از مواد قالبی همانند آسفالت، سیمان و تولیدات پلاستیکی؛ شناسایی آزبست می‌تواند با اسکن توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی یا به وسیله تحلیل پراکنش انرژی اشعه X توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری انجام شود. اطلاعات نیز براساس موضوعات تحلیلی متداول، یا مطالعه دیگر انواع سطوح فیبرهایی که در مطالعات با آن‌ها برخورد می‌کنیم، فراهم می‌شود.

ج- برای شناسایی کیفی آزبست و در انواع خاصی از تولیدات مصنوعی شامل آزبست و مواد معدنی تجاری؛

د- برای تحلیل تولیدات مصنوعی ضد حریق، پوشش حرارتی و دیگر تولیدات مصنوعی یا مواد معدنی که در آن‌ها فیبرهای آزبست می‌تواند به آسانی برای شناسایی مواد ماتریسی جدا شوند.

یادآوری- این استاندارد برای استفاده توسط میکروسکوپ‌هایی است که با روش‌های میکروسکوپی نور پلاریزه و دیگر فرایند تحلیلی مشخص دنبال می‌شود. (به بند [۱۶] و [۱۹] کتابنامه مراجعه شود). هدف این استاندارد فراهم‌سازی ساختار فنون اساسی تحلیلی نیست.

۲ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۲

بیرنگ^۱

اشیای میکروسکوپی که در آن انحراف رنگی برای دو طول موج تصحیح شده، انحراف کروی بوده و سایر تأثیرات وابسته به روزنه نور برای طول موج دیگر (معمولاً حدود ۵۵۰ nm) به حداقل رسیده است.

مثال: یک طول موج کمتر از ۵۰۰ nm و دیگری بزرگتر از حدود ۶۰۰ nm است.

یادآوری- این تعریف هیچ درجه‌ای از تصحیح برای انحنا زمینه تصویر به کار نمی‌گیرد. برای طول موج‌های بین دامنه بیرنگی، محو^۲ و ناهمخوانی بینایی^۳ به حداقل رسیده است.

۲-۲

سوزنی^۴

شکل نشان داده شده توسط یک بلور بسیار باریک با ابعاد متقاطع است که ارتباط کمتری با طول آن دارد. مانند سوزن (به بند [۴] کتابنامه مراجعه شود).

۳-۲

ضریب شکست آلفا^۵

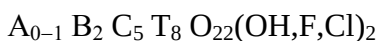
α

پایین‌ترین ضریب شکست نشان داده شده توسط یک فیبر است.

۴-۲

آمفیبول^۶

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:

1 -Achromat

2 -Coma

3- Astigmatism

4 -Acicular

5 -Alpha refractive index

6 -Amphibole

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.

یادآوری- در برخی از انواع آمفیبول این عناصر تا حدودی می‌توانند با Li, Pb یا Zn جایگزین شوند. آمفیبول با یک زنجیر دوبله دو سویه از Si-O چهار وجهی با نسبت ۴ به ۱۱ سیلیسیوم به اکسیژن و با کریستال‌های منشوری فیبری یا ستونی و با گسستگی منشوری مناسب در دو مسیر موازی سطوح کریستال و متقاطع در زوایای حدود 56° و 124° مشخص می‌شود (به بند [۴] کتابنامه مراجعه شود).

(به بند ۴ کتابنامه مراجعه شود).

۵-۲

آزبست آمفیبول^۱

آمفیبولی که در ظاهر به شکل آزبستی است (به بند [۴] کتابنامه مراجعه شود).

۶-۲

تجزیه گر^۲

قطب مورد استفاده بعد از تعیین تأثیرات نوری ایجاد شده درش قرار گرفته در مسیر نور قطبی شده یا غیر قطبی که با آن‌ها روشن شده است.

یادآوری- معمولاً بین عدسی شیئی و طرح اولیه تصویر قرار می‌گیرد.

(به بند ۳ کتابنامه مراجعه شود).

۷-۲

ناهمسانگری^۳

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

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

1 -Amphibole asbestos

2- Analyser

3 -Anisotropy

۸-۲

شکل آزبستی^۱

نوع خاصی از الیاف معدنی است که دارای الیاف انعطاف پذیر و رشته‌های کوچک با مقاومت کششی بالا هستند (به بند ۴ کتابنامه مراجعه شود).

۹-۲

آزبست^۲

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، انعطاف پذیر و محکم می‌شوند.

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

آزبستوز کریستوتیل به شماره (۱۲۰۰۱-۲۹-۵) آزبستوز کروسیدولیت به شماره (۱۲۰۰۱-۲۸-۴) آزبستوز گرونریت یا آمولیت به شماره (۱۲۱۷۲-۷۳-۵) آزبستوز آنتوفیلیت (به شماره ۷۷۵۳۶-۶۷-۵) آزبستوز تریمولیت به شماره (۷۷۵۳۶-۶۸-۵) و آزبستوز آکتینولیت به شماره (۷۷۵۳۶-۶۶-۴).

(به بند [۴] کتابنامه مراجعه شود).

یادآوری ۲- سایر انواع آمفیبول آزبست شکل شامل آزبست ریچتریت و آزبست‌های وینچیت (به بند [۲۰] کتابنامه مراجعه شود) در برخی تولیدات همچون ورمیکولیت و تالک یافت شده‌اند.

۱۰-۲

نسبت دید^۳

نسبت طول به عرض هر ذره است (به بند [۴] کتابنامه مراجعه کنید).

۱۱-۲

لنزهای برتراند^۴

لنزهایی متوسط هستند که تصویر را از سطح پشتی عدسی شیئی به سطح تصویر اولیه منتقل می‌کنند.

1 -Asbestiform

2 -Asbestos

3 -Aspect ratio

4 -Bertrand lens

یادآوری- لنزهای برتراند برای مشاهده کانسکوپی^۱ در میکروسکوپ نور پلاریزه و تنظیم سیستم نوری میکروسکوپی به خصوص در میکروسکوپهای فاز کنتراست^۲ و کنتراست تلفیقی^۳ به کار می‌روند (به بند [۳] کتابنامه مراجعه کنید).

۱۲-۲

شکست مضاعف^۴

مقدار کمی حداکثر اختلاف در شاخص شکست ناشی از دوبار شکست است (به بند [۳] کتابنامه مراجعه کنید).

۱۳-۲

طول دوربین^۵

طول هم‌ارزی پرتوافکنی بین فرد و پراش نوری نمونه در غیاب عملکرد لنز است (به بند [۴] کتابنامه مراجعه کنید).

۱۴-۲

کریسوتایل^۶

الیاف معدنی گروه سرپنتین (مارپیچی) که ترکیب اسمی دارند مانند: $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$.

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^{+} , Al^{+3} جایگزین منیزیم شوند. کریسوتایل‌ها متداول‌ترین نوع آذبت‌ها می‌باشند.

(به بند [۴] کتابنامه مراجعه شود).

۱۵-۲

گسستگی^۷

شکستن یک ماده‌ی معدنی در طول یکی از جهات بلوری^۸ آن است (به بند ۴ کتابنامه مراجعه کنید).

۱۶-۲

تکه گسسته^۹

-
- 1 -Conoscopic
 - 2 -Phase-contrast microscopy
 - 3 -Modulation-contrast microscopy
 - 4 -Birefringence
 - 5 -Camera length
 - 6 -Chrysotile
 - 7 -Cleavage
 - 8 -Crystallographic
 - 9 -Cleavage fragment

تکه‌ای از بلور که مجاور سطوح گسسته است.

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 ۱ به ۳۰ است.

۱۷-۲

قطب‌های متقاطع^۱

حالتی که در آن جهت‌های قطبی شدگی قطب‌ها (دو قطبی کننده و تجزیه‌گر) به‌طور متقابل به شکل عمودی هستند (به بند [۳] کتابنامه مراجعه کنید).

۱۸-۲

فاصله‌گذاری-d^۲

فاصله یکسان بین سطوح موازی و مجاور اتم‌ها در یک کریستال است (به بند [۴] کتابنامه مراجعه کنید).

۱۹-۲

تجزیه نور^۳

تنوع ضریب شکست با طول موج نور است (به بند [۱۱] کتابنامه مراجعه کنید).

۲۰-۲

پراکندگی لکه^۴

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 معنی‌داری بالاتر از شیء مورد نظر است.

یادآوری - نور منکسر شده فقط در کناره‌های شیء منعکس می‌شود و همین باعث می‌گردد که رنگ‌ها در حفاصل 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.

۲۱-۲

پراش الکترون^۱

1-Crossed polars

2-D-spacing

3-Dispersion

4-Dispersion staining

روشی در میکروسکوپ الکترونی است که با آن ساختار بلوری نمونه بررسی می‌شود (به بند [۴] کتابنامه مراجعه شود).

۲۲-۲

توان پراکنده‌سازی الکترون^۲

اندازه‌ای که لایه نازکی از ماده، الکترون‌های برخوردکننده را از جهات اصلی خود پراکنده می‌کند (به بند [۴] کتابنامه مراجعه کنید).

۲۳-۲

تحلیل پراکنش انرژی اشعه X^۳

EDXA

اندازه‌گیری انرژی‌ها و شدت اشعه X، با استفاده از آشکارساز جامد و سیستم تجزیه‌گر چند مجرایی است (به بند ۴ کتابنامه مراجعه کنید).

۲۴-۲

مرکزیت^۴

شرایطی که در آن فضای مورد توجه شیء که بر روی محور چرخشی قرار دارد، در تقاطع پرتو الکترون به آن محور و در سطح کانون قرار گرفته است (به بند ۴ کتابنامه مراجعه کنید).

۲۵-۲

کاهش دید^۵

شرایطی که در آن وقتی که شیء نوری ناهمسانگرد بین قطب‌های متقاطع قرار گیرد، تاریک ظاهر شود (به بند [۳] کتابنامه مراجعه کنید).

یادآوری- کاهش دید زمانی اتفاق می‌افتد که جهات‌های ارتعاش بلور موازی با جهات‌های ارتعاش قطبیده و تجزیه‌گر باشد.

۲۶-۲

زاویه کاهش دید^۶

1 -Electron diffraction

2 -Electron scattering power

3 -Energy dispersive X-ray analysis

4 -Eucentric

5 -Extinction

6- Extinction angle

زاویه بین موقعیت کاهش دید و موقعیتی که طول فیبر، موازی با جهت‌های ارتعاش تجزیه‌گر یا قطببنده باشد.

۲۷-۲

فیبریل^۱

تار منفرد آزبستی است که بدون از دست دادن خواص یا ظاهر فیبری خود نمی‌تواند در طول به اجزاء کوچک‌تر جدا شود (به بند [۴] کتابنامه مراجعه کنید).

۲۸-۲

فیبر^۲

ذره کشیده شده‌ای که کناره‌های موازی یا پلکانی دارد (به بند ۴ کتابنامه مراجعه شود).

یادآوری- در این استاندارد، یک فیبر با داشتن ظاهری به نسبت بزرگ‌تر یا مساوی ۱ به ۳ تعریف شده است.

۲۹-۲

کلاف فیبری^۳

ساختاری است که از فیبرهایی با قطر دایره‌ای کوچک، موازی و متصل در امتداد طول آن‌ها تشکیل شده است.

یادآوری- یک کلاف فیبری ممکن است به صورت فیبرهای منشعب شده از یک یا دو انتهای آن‌ها باشد (به بند [۴] کتابنامه مراجعه کنید).

۳۰-۲

ضریب شکست نور گاما^۴

۷

بلندترین ضریب شکست نور مشاهده شده توسط یک فیبر است.

۳۱-۲

ماهیت^۱

1- fibril

2- Fibre

3 -Fibre bundle

4 -Gamma refractive index

ویژگی شکل رشد بلور یا ترکیبی از این اشکال در ماده معدنی است که شامل ویژگی نامنظم می‌باشد (به بند [۴] کتابنامه مراجعه شود).

۳۲-۲

فیلتر هوای ذرات با کارایی بالا^۲

HEPA

فیلتری که با حجم $0.3 \mu m$ برای ذرات، دارای حداقل ۹۹/۹۷٪ کارایی است (به بند [۶] کتابنامه مراجعه شود).

۳۳-۲

همگرایی^۳

داشتن خواص مشابه در همه جهات است (به بند [۶] کتابنامه مراجعه شود).

۳۴-۲

روشنایی کوهر^۴

روش روشنایی نمونه‌ها که در آن تصویر از منبع روشنایی توسط یک جمع‌کننده به داخل دریچه دیافراگم در سطح کانون جلویی عدسی محدب فرستاده می‌شود و سپس در بازگشایی جمع‌آوری کننده، تصویری از دریچه دیافراگم باز شده به سطح نمونه، ارسال می‌شود.

۳۵-۲

لاندا صفر^۵

λ_0

انطباق طول موج مشابه پراکندگی لکه رنگی با ذره‌ای است که در یک محیط شناور، نشان داده می‌شود.

یادآوری- در این طول موج، ذره و محیط شناور دارای ضریب شکست یکسان هستند.

۳۶-۲

ماتریس^۶

1 -Habit

2 -High-efficiency particulate air filt

3 -Isotropic

4 -Köhler illumination

5 -Lamda zero

6 -Matrix

پراکندگی فیبرها در یک نمونه آزمایشگاهی است.

۳۷-۲

شاخص میلر^۱

مجموعه‌ای از سه یا چهار عدد صحیح به کار رفته برای تعیین جهت‌یابی سطح بلوری مرتبط با محورهای بلوری (به بند [۴] کتابنامه مراجعه شود).

۳۸-۲

چند رنگی^۲

خاصیتی از محیط نوری ناهمسانگرد است که درخشندگی و/یا رنگ‌های مختلف را برای جهات مختلف انتشار نور یا برای ارتعاشات مختلف، به دلیل تنوع در جذب طیفی منتخب از نور منتقل شده، نشان می‌دهد.

۳۹-۲

نور قطبی شده^۳

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

یادآوری- بردار ارتعاش ممکن است یک شکل خطی، دایره‌ای یا بیضی را توصیف کند (به بند [۳] کتابنامه مراجعه شود).

۴۰-۲

قطبیده^۴

قطب مغناطیسی که قبل از شیء در مسیر نور قرار گرفته است (به بند [۳] کتابنامه مراجعه شود).

۴۱-۲

قطب^۵

وسیله‌ای که نور قطبیده سطح را از نور طبیعی جدا می‌کند (به بند [۳] کتابنامه مراجعه شود).

1 -Miller index
2 -Pleochroism
3 -Polarized light
4 -Polarizer
5 -Polar

۴۲-۲

ضریب شکست نور^۱

n

نسبت سرعت نور (به طور دقیق تر سرعت فاز) در محیط وارد شده به آن به سرعت نور در خلاء است (به بند [۳] کتابنامه مراجعه شود).

۴۳-۲

تاخیر^۲

تفاوت در طول مسیر نوری بیان شده در طول موجها، واحدهای طولی یا زوایای فاز بین دو سر عمودی موجهای سطح قطبنده است (به بند [۳] کتابنامه مراجعه شود).

۴۴-۲

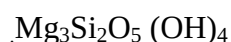
پراش الکترون فضای انتخاب شده^۳

تکنیکی در میکروسکوپ الکترونی که در آن ساختار بلوری در سطح کوچکی از یک نمونه بررسی می شود (به بند [۴] کتابنامه مراجعه شود).

۴۵-۲

مارگونه^۴

گروهی از مواد معدنی سنگ ساز که دارای فرمولی کلی به شکل زیر هستند (به بند [۴] کتابنامه مراجعه شود):



۴۶-۲

علامت طویل شدگی^۵

تشریح جهت های بالا و پایین ضریب شکست نور در یک فیبر است.

1 -Refractive index

2 -Retardation

3 -Selected area electron diffraction

4 -Serpentine

5 -Sign of elongation

یادآوری- زمانی که ضریب شکست نور بالاتر، با طول فیبر موازی باشد، فیبر مثبت تعریف می‌شود و زمانی که ضریب شکست نور پایین‌تر با طول فیبر موازی باشد فیبر منفی تعریف می‌شود.

۴۷-۲

شاخص دمایی ضریب شکست^۱

محاسبه تغییر ضریب شکست نور در یک ماده با تغییر دما است.

۴۸-۲

جفت شدگی^۲

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 بند [۴] کتابنامه مراجعه شود).

۴۹-۲

فیبر باز نشده^۳

دسته‌ای از فیبر آریست با قطر بزرگ که به صورت تارچه یا فیبرهای تشکیل‌دهنده خود از هم جدا نشده‌اند (به بند [۴] کتابنامه مراجعه شود).

۵۰-۲

ناحیه محور^۴

خط یا جهت بلور شناختی از مرکز بلور است که با لبه‌های متقاطع سطوح بلور تعریف شده در ناحیه بلور موازی باشد (به بند [۴] کتابنامه مراجعه شود).

۳ نمادها و کوتاه نوشت‌ها

تغییر RI یک محیط شناور در هر درجه سلسیوس تغییر دما	$\frac{dn}{dT}$
RI یک مایع برای خط سدیم D (۵۸۹/۹nm) در دمای ۲۵ °C	RI
پایین ترین RI یک ذره ناهمسانگرد	α

1-Temperature coefficient of refractive index

2 -Twinning

3 -Unopened fibre

4 -Zone-axis

5 -Refractive index

میانگین RI یک ذره ناهمسانگرد	β
بالاترین RI یک ذره ناهمسانگرد	γ
طول موجی که در آن RI یک ذره برابر است با RI مایعی که در آن شناور است	λ_0
پراش الکترون	ED ^۱
تحلیل پراکنش انرژی اشعه X	EDXA ^۲
عرض کامل، نیمه حداکثر	FWHM ^۳
کارایی بالای ذره کامل	HEPA ^۴
استرهای مخلوط شده از سلولز	MFC ^۵
پلی کربنات	PC ^۶
میکروسکوپ فاز کنتراست	PCOM ^۷
میکروسکوپ نور پلاریزه (میکروسکوپ پلاریزان)	PLM ^۸
ضریب شکست نور	RI
فضای انتخابی پراش الکترون	SAED ^۹
میکروسکوپ الکترون روبشی	SEM ^{۱۰}
میکروسکوپ الکترونی عبوری	TEM ^{۱۱}

۴ اصول

۱-۴ کلیات

برای گرفتن نمونه ماده مورد بررسی از وسیله مناسبی برای تجزیه تحلیل با رعایت مقررات ایمنی استفاده می‌شود. سپس نمونه به طور مناسب برای انتقال به آزمایشگاه بسته‌بندی و برچسب‌گذاری می‌شود. ابتدا یک نمونه معرف از توده ماده با استفاده از یک میکروسکوپ استریو دو چشمی بررسی می‌شود. فیبرهای نمونه با استفاده از انبرک‌ها

-
- 1 -Electron diffraction
 - 2 -Energy dispersive X-ray analysis
 - 3 -Full width, half maximum
 - 4 -High-efficiency particle absolute
 - 5 -Mixed esters of cellulose
 - 6 -Polycarbonate
 - 7 -Phase contrast optical microscopy
 - 8 -Polarized light microscopy
 - 9 -Selected area electron diffraction
 - 10 -Scanning electron microscopy
 - 11 -Transmission electron microscopy

منتقل شده و در یک محیط مایع شناور مناسبی روی اسلاید برای بررسی از طریق میکروسکوپ نور پلاریزه قرار داده می‌شود. فیبرهای آزیست براساس شکل شناسی، رنگ، چند رنگی و α (پایین‌ترین) و γ (بالا‌ترین) ضریب شکست با استفاده از روش پراکندگی لکه از لحاظ کیفی ارزیابی می‌شوند. برای شناسایی آزیست‌های تجاری (کریستایل، آموسیت، کروسیدولیت یا آنتوفیلیت) به تنهایی یا در ترکیب، فرض می‌شود که کسر جرمی آزیست‌های ارائه شده بیش از ۰/۱٪ است.

به صورت اختیاری یک تخمین عینی از کسر جرمی آزیست‌ها در یکی از چندین دامنه‌های گسترده کسر جرمی گزارش شده است. تریمولیت، اکتینولیت و ریچتریت/وینچیت توسط یک روش مشابه شناسایی شده‌اند، اما چون آنها معمولاً به عنوان آلوده‌کنندگان محصولات معدنی مشخص شده‌اند، شناسایی این مواد معدنی، اطلاعاتی را برای حداقل کسر جرمی آن‌ها فراهم نمی‌کند. فیبرها ممکن است به طور اختیاری از طریق SEM یا TEM شناسایی شوند.

۲-۴ تعیین ماده

این استاندارد تعدادی از روش‌های مرجع را برای تعیین آزیست در مواد جامد مشخص می‌کند. این استاندارد شیوه تجزیه تحلیل کیفی محصولات تجاری خاص برای بررسی آزیست (کریستایل، آموسیت، کروسیدولیت، تریمولیت، اکتینولیت، آنتروفیلیت و ریچتریت/وینچیت) را فراهم می‌کند. سایر قسمت‌های این استاندارد روش‌هایی برای تعیین انواع محصولات تجاری است که در آن‌ها از PLM در میزان خطای غیر قابل قبول حاصل از نمونه‌های عمل‌آوری نشده و تعیین خاصیت آزیست‌ها در کسر جرمی پایین که تقریباً در دامنه زیر ۵٪ استفاده می‌شود، فراهم می‌کند.

۳-۴ نوع نمونه

روش مشخص شده در این استاندارد برای نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل محصولات تجاری دارای فیبرهای آزیستی منحصر بفرد کاربرد دارد که در این شیوه فیبرهای انتخابی سطوح یا فیبرهای سطح که به تازگی خرد شده‌اند، به صورت دستی از ماتریس جدا شده و پس از عمل‌آوری‌های شیمیایی، استخراج اسید یا خاکستری فیبرها توسط یکی از روش‌های خاص شناسایی شوند. این استاندارد به طور کلی برای آزیست‌های شامل مواد ساختمانی مانند ضد حریق‌ها، لوله‌های حرارتی، محلول‌های جوشاننده، سیمان آزیستی، گچکاری‌ها، پوشش سقف و دیگر مواد مشابه کاربرد دارد. همچنین از این روش برای شناسایی آزیست در دامنه سایر مواد صنعتی و معدنی می‌توان استفاده کرد.

۴-۴ دامنه

نتایج آزمون تخصصی بیانگر این امر هستند که دامنه این استاندارد زمانی برای فیبرهای آزیست کاربرد دارد که در آن فیبرهای آزیست کم‌تر از ۰/۱٪ تا ۱۰۰٪ در نمونه آماده شده برای مشاهده با نور مرئی با استفاده از بزرگنمایی کم میکروسکوپ استریو بقدر کافی بزرگ باشند. پایین‌ترین حد دامنه می‌تواند با استفاده از تکنیک مناسب بسط داده شود.

۵-۴ حد آشکارسازی

حد آشکارسازی این روش به عنوان آشکارسازی و شناسایی یک فیبر یا دسته فیبرها در مقدار نمونه مورد بررسی تعریف می‌شود. پارامترهای موثر در حد آشکارسازی شامل موارد زیر است:

۴-۵-۱ ماهیت ماتریس نمونه؛

۴-۵-۲ اندازه فیبرهای و دسته‌های آزیست؛

۴-۵-۳ استفاده از آماده سازی مناسب نمونه و ماتریس روش‌های کاهش؛

۴-۵-۴ شیوه تجزیه و تحلیل به کار رفته PLM و SEM یا TEM.

با روش‌های صحیح کاهش ماتریس که مناسب ماهیت نمونه است، حد آشکارسازی می‌تواند به طور مشخصی کمتر از ۰/۰۱٪ باشد.

۴-۶ محدودیت‌های PLM در آشکازی آزیست‌ها

توانایی آشکارسازی و شناسایی آزیست از طریق PLM توسط وضوح میکروسکوپ نوری و گاهی از طریق تأثیرات پوششی مواد دیگر که باعث تعادل نمونه هستند، محدود می‌شود. عمدتاً فیبرهای آزیستی با عرض تقریبی پایین‌تر از $0.2\text{ }\mu\text{m}$ توسط PLM آشکارسازی نمی‌شوند. اما به هر حال برای همه انواع آزیست آمفیبول‌ها و انواع بیشتری از کریسوتایل، بخش بزرگی از جرم فیبرها از این عرض تجاوز می‌کنند و به همین دلیل، آزیست‌ها از طریق PLM به شکل قابل اطمینانی می‌توانند آشکارسازی شوند. بنابراین در صورتی که در آماده‌سازی میکروسکوپی ماهیت ماده ماتریسی طوری است که هیچ‌گونه فیبر آزیستی ارائه شده برای آزمایش را کدر نکند، آشکار نشدن آزیست توسط PLM نشان می‌دهد که کسر جرمی آن زیر حد آشکارسازی است.

یک منبع تجاری کریسوتایل، مشکلات آشکارسازی را توسط PLM ارائه می‌دهد. کریسوتایل ناشی از ته‌نشینی کوالینگا^۱ در کالیفرنای ایالت متحده آمریکا حاوی هیچ‌گونه فیبر طولانی‌تر از حدود تقریبی $30\text{ }\mu\text{m}$ نیست. اگر این‌ها در ماتریس نمونه به خوبی پراکنده شوند، اکثر کریسوتایل‌ها کمتر از اندازه‌ای هستند که بتوانند به طور مطمئن توسط PLM آشکار و شناسایی شوند. دامنه کاربرد کریسوتایل کوالینگا به سفال سقف و سفال کف، اجزای مرتبط با دیوار خشک، بتونه، رنگ‌ها، درزگیرها، چسبنده‌ها، گل حفاری، تولیدات ساختمانی، سیمانی قالبی و پرکننده‌ها به بیشتر پلاستیک‌ها محدود می‌شود. به احتمال زیاد انواع کریسوتایل‌ها حتی وقتی که در کسر جرمی بالایی مشاهده شوند، امکان آشکار شدن با PLM را ندارند. توزیع اندازه کریسوتایل کوالینگا آن را برای بیشتر کاربردهایی که آزیست‌ها در آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، نامناسب می‌کند و احتمالاً با سایر انواع محصولی که بتواند اندازه را تنزل دهد روبرو خواهد بود. اگر کریسوتایل کوالینگا براساس بررسی PLM برای ارائه مدنظر باشد، توصیه می‌شود که نمونه توسط میکروسکوپ الکترونی بررسی شود.

1-Coalinga

فیبرهای آزیست به دلیل این که توسط ماتریس نمونه تار شده‌اند ممکن است توسط PLM شناسایی نشوند. روش کاهش ماتریس مشخص شده در این استاندارد برای به حداقل رساندن امکان نقص آشکار شدن آزیست در چنین نمونه‌هایی ارائه شده است.

۵ مجموعه نمونه‌ها

۱-۵ الزامات

۱-۱-۵ وسایل نمونه‌گیری

بسته به ماهیت موادی که از آن‌ها نمونه‌برداری می‌شود، ابزار مناسبی برای جمع‌آوری نمونه مورد نیاز است. اگر ماده همانند جداساز حرارتی یا ضد حریق، نرم است، یک چاقو یا چاقوی کوچک جراحی کافی است. در سایر مواقع می‌توان از یک چوب پنبه سوراخ کن برای نمونه‌برداری همه لایه‌های یک ماده لایه‌ای استفاده کرد. اگر ماده سخت باشد، مانند آزیست-سیمان، ابزاری همچون انبردست‌ها، سیم چین چکش و قلم یا اره سوراخ کن چرخشی می‌تواند مورد نیاز باشد.

۲-۱-۵ جاروبرقی HEPA

جارو برقی HEPA تایید شده برای آزیست، برای پاک‌سازی اطراف مکان نمونه‌گیری پس از جمع‌آوری نمونه به منظور به حداقل رساندن گردوغبار یا ریز ذرات پراکنده شده آزیست مورد نیاز است.

۳-۱-۵ مواد و تجهیزات نمونه‌برداری

۱-۳-۱-۵ عامل مرطوب‌کننده. یک عامل مرطوب‌کننده برای محدود ساختن گسترش گرد و غبار موجود در هوا در حین جمع‌آوری نمونه ممکن است به کار می‌رود. آب یا آبی که مقدار کمی ماده فعال سطحی به آن اضافه شده است، می‌تواند قبل از نمونه‌برداری با استفاده از برس یا بطری اسپری بر روی سطح به کار رود.

مهم - اگر نمونه‌ای به منظور شناسایی محصول جمع‌آوری می‌شود، از هیچ‌گونه عامل رطوبتی استفاده نکنید زیرا ممکن است ترکیب نمونه با اضافه کردن ماده فعال سطحی و با انحلال و اتلاف اجزای تشکیل‌دهنده محلول در آب تغییر کند.

۲-۳-۱-۵ پرکننده. ممکن است پس از جمع‌آوری نمونه، لازم باشد تعمیر جزئی برای درزبندی فضای آسیب دیده انجام گیرد. با توجه به شرایط از اسپری رنگ، مالیدن رنگ یا گچ‌کاری ممکن است استفاده شود.

۳-۳-۱-۵ ظروف نمونه. ظروف مناسبی که مانع ورود گرد و غبار باشد برای بسته‌بندی نمونه مورد نیاز است. کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار یا قوطی‌هایی با درب پیچ‌شونده ممکن است استفاده شود.

۴-۳-۱-۵ برچسب. یک شیوه برچسب زنی مورد نیاز است. برچسب‌های کاغذی چسب‌دار ممکن است مورد استفاده قرار گیرند. یا از مائیک ضدآب هم می‌توان استفاده نمود.

۵-۳-۱-۵ ماسک گرد و غبار. ماسک گرد و غبار با فیلتر حفاظت تنفسی در برابر ذرات معلق فیبر آزبست مناسب است. فیلترها هم با مشخصات P100 سازمان سلامت و امنیت شغلی و هم با مشخصات P3 استاندارد اروپایی EN 143 مطابقت دارد. دیگر انواع تجهیزات حفاظت تنفسی هم در صورتی که توسط این سازمان ها تایید شده باشد، می توانند مورد استفاده قرار گیرند.

۶-۳-۱-۵ نور. چراغ قوه یا منبع نوری مناسبی برای جمع آوری نمونه ها در مکان تاریک مورد نیاز است.

۷-۳-۱-۵ کیسه های پلاستیکی. کیسه های پلاستیکی برچسب زده شده با اندازه مناسب که بتوان آن را محکم بست، برای جمع آوری پسماند تولید شده در طی نمونه برداری مورد نیاز است. توصیه می شود کیسه های حاوی پسماند را داخل کیسه دیگری قرار داده و آن را محکم ببندید.

۸-۳-۱-۵ تجهیزات تمیزکاری

مواد پاک کننده مانند حوله های کاغذی یکبار مصرف و تامین آب برای تمیزکاری ابزار نمونه برداری لازم است تا از انتشار آلودگی بین نمونه ها جلوگیری شود.

۹-۳-۱-۵ شناساگرهای مکان

۱۰-۳-۱-۵ توصیه می شود از برخی ابزارهای شناسایی صحیح مکانی که نمونه از آن گرفته می شود استفاده شود چون ممکن است نمونه گیری مجدد ماده در تاریخ دیگری برای حل خطاهای به وجود آمده لازم باشد. اگر نمونه جمع آوری شده معرف کل ناحیه نباشد، مثلاً اگر نمونه از قطعه ای از محل گرفته شده باشد که تعمیر شده است، هویت مکان با ارزش است. رنگ خاصی جهت رنگ آمیزی با اسپری یا برچسب های دائمی مناسب که در مکان درست به کار رفته، می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۵ روش آزمون

۱-۲-۵ پیش گیری های ایمنی

جابجایی آزبست از طریق بسیاری از مقررات قانونی تنظیم شده انجام می شود و این مقررات اغلب روش های اجرایی متنوعی را برای اطمینان از قرار نگرفتن افراد انجام دهنده کار در مجاورت غلظت های زیاد آزبست معلق در هوا مشخص می سازد. به طور کلی استثنائاتی در این مقررات برای برخی از انواع فعالیت هایی که تا حدودی تهاجمی هستند، مانند تغییر محل نمونه های ماده برای تجزیه و تحلیل مجاز است.

هشدار- در حین نمونه برداری از موادی که ممکن است حاوی آزبست باشد، دقت لازم انجام شود. توصیه می شود برای جلوگیری از ایجاد و استنشاق ذرات آزبست معلق در هوا در هنگام نمونه برداری از موادی که احتمالاً حاوی آزبست هستند پیش گیری های لازم انجام شود.

اگر از دستورالعمل‌های جابجایی پیروی شود، این فرض وجود دارد که میزان گرد و غبار به آستانه ایمنی تعریف شده در مقررات برسد. در موارد استثناء برای جلوگیری از آزادسازی فیبرهای ذرات معلق در هوا، ممکن است احتیاط بیشتری لازم باشد.

گاهی ممکن است مواد مختلف در سطح چندین لایه به کار رفته باشد. بهتر است نمونه از همه لایه‌های اختصاصی جمع‌آوری شود. اگر برای سوراخ کردن چندین لایه از وسیله اره یا سوراخ‌کن استفاده می‌شود، توصیه می‌شود وسیله طوری عمل کند که به کندی بچرخد. این کار باعث می‌شود که فقط تراشه‌های زیر به دست آید. ابزارهای با سرعت بالا توصیه نمی‌شوند چون در این صورت باید پیشگیری‌های ایمنی پیچیده‌تری مثل مکش‌های موضعی یا تصفیه برای جمع‌آوری گرد و غبار تولید شده به کار برده شود.

۵-۲-۲ الزامات اندازه نمونه

۵-۲-۲-۱ کلیات

اگرچه فقط چند میلی گرم نمونه برای روش‌های خاص تحلیلی مورد نیاز است، لازم است که نمونه برداشته شده همگن باشد و مطمئن باشیم که اندازه مناسب نمونه بیانگر ماده تحت بررسی است. اگر نظارت نشان دهد که نمونه بخوبی تقسیم شده و هنگام آزمون بصری یکنواخت است یا اگر ماهیت ماده براساس دانش گذشته شناخته شده باشد، معمولاً حداقل اندازه نمونه مناسب تهیه شده برای تجزیه و تحلیل تقریباً 1cm^3 است. در هر صورت برای موادی مانند اسپری‌های ضدحریق حداقل یک حجم 10cm^3 و برای موادی مانند ورمیکولیت نرم بیشتر از 1000cm^3 توصیه شده است.

۵-۲-۲-۲ نمونه معرف

در گذشته از مواد حاوی آزبست در دامنه وسیعی استفاده می‌شد. در انتخاب مواد به عنوان نمونه، تجربه بسیار با ارزش است و نمونه‌گیری با استفاده از همه دانش گذشته از مورد مواد و اجزایی که نمونه از آن‌ها جمع‌آوری می‌شود، می‌تواند ساده باشد. ضروری است نمونه جمع‌آوری شده بیانگر ترکیب محصول براساس محتوای آزبست آن باشد. اگرچه در بررسی عینی، بسیاری از مواد حاوی آزبست ممکن است همگن به نظر برسند اما در دامنه سائز میکروسکوپی، آن‌ها می‌توانند کاملاً ناهمگن باشند. این امر بخصوص در منسوجات بافته دیده می‌شود که بخش‌هایی از تراکم آن به طور قابل توجهی بزرگ‌تر از دیگر اجزاء متشکله ماده است.

در برخی مواد بخصوص آن‌هایی که در یک مکان ساختمانی مخلوط شده‌اند، ممکن است آزبست‌ها نسبت به محصول تجاری تولیدی و مخلوط شده تحت یک فرمول و روش کنترل کیفی، در درون ماده به طور همگن توزیع نشده باشند. برای این نوع مواد، به منظور اطمینان از این که نمونه، معرف ماده است لازم است نمونه بزرگ‌تری تهیه شود.

توصیه می‌شود بخشی از نمونه نگه‌داری شود. چون بررسی مجدد نمونه اغلب تنها روشی است که می‌توان به سوالات بالقوه پاسخ داد.

علاوه بر مشکل ناهمگونی، ممکن است نیاز به اصلاح مواد به کار رفته از منابع مختلف مطرح شود. به عنوان مثال، طی تعمیر و بازسازی برخی از سفال‌های سقفی بدون آزبست که ممکن است در یک سقف معلق نصب شده باشند، تعادلی که در آزبست هست در سفال‌های موجود در آن زمان وجود نداشته باشد. در طی تعمیرات یا نوسازی سایر مواد با ظاهر مشابه که ترکیبی متفاوت دارند می‌توانند برای تعمیر آسیب دیدگی‌ها در ضد حریق، تجزیه حرارتی یا جداره‌ها (حفاظ‌ها) به کار روند.

تشخیص این موضوع که نتایج تحلیلی فقط مربوط به نمونه‌های واقعی آزمون شده هستند بسیار مهم است. اگر نمونه جمع‌آوری شده مناسب نباشد، نتیجه هم معرف ماده نخواهد بود.

در پیوست الف که فهرست مواد حاوی آزبست دارای کاربرد بیشتر ارائه شده است، راهنمایی برای شناسایی انواع مختلف مواد را ارائه می‌دهد.

۳-۲-۲-۵ تعداد نمونه‌ها

تعداد نمونه‌هایی که گرفته می‌شود بستگی به ماهیت مواد دارد. همگن یا ناهمگن بودن ماده و اندازه فضای تحت بررسی اهمیت دارد. در مورد موادی که از قبل می‌دانیم همگن هستند، ممکن است جمع‌آوری یک نمونه کافی باشد، اگرچه جمع‌آوری بیش از یک نمونه هم اطمینان بیشتری ایجاد می‌کند که نتایج معرف ماده نمونه‌برداری شده مربوطه بوده است. اگر ناهمگن بودن ماده مشکوک است، جمع‌آوری چند نمونه و اطمینان از مناسب بودن اندازه هر نمونه ضروری است. اگر منظور تعیین دامنه محتوای آزبست در سطح ماده است، تجزیه و تحلیل همه نمونه‌ها به طور جداگانه ضروری است. در غیر این صورت، به منظور اطمینان از این که نمونه تجزیه شده بیانگر میانگین کسر جرمی آزبست در ماده است، ممکن است چنین نمونه‌هایی قبل از تجزیه و تحلیل با هم ترکیب شوند.

۴-۲-۲-۵ پیشگیری‌ها برای جلوگیری از ارتباط آلودگی بین نمونه‌ها

بسیار مهم است که مطمئن شویم اقدام لازم به منظور پیشگیری از ایجاد آلودگی بین نمونه‌ها انجام گیرد. تمامی ابزار نمونه‌برداری مورد استفاده قبل و بعد از جمع‌آوری نمونه‌ها باید تمیز شوند. از یک ظرف تازه و استفاده نشده یا کیسه پلاستیکی برای هر نمونه استفاده شود هر نمونه هم باید دوباره در کیسه پلاستیکی قرار داده شود.

۵-۲-۲-۵ راهبردهای نمونه‌برداری

انتخاب مکان‌های نمونه‌برداری بستگی به سطح نمونه‌برداری شده و ماهیت محصولی دارد که گمان می‌رود حاوی آزبست باشد.

انتخاب مکان‌های نمونه‌برداری باید با توجه به قوانین و مقررات ملی انجام شود.

ماده‌ای که نمونه‌برداری می‌شود ممکن است به عنوان ماده همگن شناخته شده باشد برای مثال، ماده بسته‌بندی شده مصنوعی یا ماده ورقه‌ای. توصیه می‌شود نمونه‌ها در مکان‌هایی جمع‌آوری شود که تا حد امکان نامحسوس باشد. بخصوص مکان‌هایی که قبلاً دارای آسیب سطحی هستند یا مکان‌های قبلی که به سهولت تحت پوشش قرار می‌گیرند و دلایلی برای مشکوک به معرف نبودن ماده در این مکان‌ها وجود ندارد، مکان‌های مناسبی هستند.

مهم- مطمئن شوید که مکان نمونه برداری در موقعیتی نیست که قبلاً با استفاده از ماده متفاوتی مرمت شده است.

اگر ماده مورد آزمون، ساختاری لایه‌ای داشته باشد، نمونه جمع‌آوری شامل همه لایه‌های ماده باشد. برای مثال، لوله‌های چند لایه عایق‌بندی یا پوشش‌های چند لایه کف شامل هر گونه لایه‌های پوششی یا چسبنده همانند روکش‌ها یا چسبنده‌ها. برای جداسازی لایه‌ها در شرایط میدانی اقدام نکنید. جداسازی اختصاصی لایه‌ها برای تجزیه و تحلیل در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی بهترین کار است.

اگر مورد آزمون در پشت پوشش دیوار یا دیگر پوشش‌ها باشد، کلیدهای اتصال یا تورفتگی‌های کلیدهای روشنایی اغلب اوقات به عنوان مکانی برای نمونه برداری ماده مناسب هستند. اگر در این وضع دستیابی مجدد ممکن نیست، لازم است روکش‌های دیوار یا پوشاننده‌ها برای عملیات تهیه نمونه برداشته شود. توصیه می‌شود بازکردن محل طوری انجام شود که از نظر ظاهری تا حد امکان خیلی کم دیده شود. به عنوان مثال پشت ستون‌های چوبی باز شود.

۵-۲-۲-۶ برداشتن نمونه

رها شدن فیبرهای آزیست معلق در هوا از مواد محتوی آزیست ممکن است قبل یا در حین نمونه‌گیری اتفاق بیفتد. محدود کردن اقدامات ممکن است لازم باشد. اگر در حین نمونه‌گیری مقدار قابل توجهی ذرات معلق آزیست در هوا از ماده رها شود، به دقت نمونه و محل نمونه‌برداری را با استفاده از یک بطری اسپری محتوی آب، یک برس خیس غوطه‌ور در آب یا حوله کاغذی نمناک مرطوب کنید. همچنین یک حوله کاغذی مرطوب برای پاک‌سازی سطوح محدود شده پس از جمع‌آوری نمونه مفید است.

توصیه می‌شود در صورتی که جمع‌آوری نمونه‌ها در مجاورت تجهیزات الکتریکی در حال کار انجام می‌گیرد، از آب استفاده نشود.

۵-۲-۲-۱-۶ برای بسیاری از انواع مواد همگن، معمولاً امکان جمع‌آوری مقادیر کوچکی از نمونه بدون بد شدن ماده و بدون آزادسازی قابل توجه فیبرهای معلق وجود دارد.

۵-۲-۲-۲-۶ در مورد مواد نازک، اگر ماده همگن باشد، سطح جمع‌آوری نمونه بیش از 1 cm^2 و در مواردی که ضخامت آن‌ها به چندین سانتی‌متر می‌رسد، نمونه‌های در سطح بزرگ‌تر از 1 cm^3 جمع‌آوری شود. نمونه را با بریدن توسط گاز انبرها یا ترجیحاً ابزار تیز برشی بیرون آورید. اگر ماده ناهمگن باشد، مقدار کافی از نمونه را برای اطمینان از این که حجم نمونه معرف ماده است، جمع‌آوری کنید.

۵-۲-۲-۳-۶ هر نمونه را در ظرف اختصاصی خاک‌بندی شده قرار دهید.

۵-۲-۲-۴-۶ مکان نمونه‌برداری و اطراف مرتبط با نمونه‌برداری را خشک کنید، دور از رطوبت نگه‌داری کنید یا اطراف مکان نمونه را با استفاده از جاروبرقی فیلتردار HEPA تمیز کنید.

۵-۲-۲-۵-۶ اگر لازم است، سطح باز شده را با استفاده از رنگ نقاشی، چسب یا دیگر مواد چسباننده درزگیری کنید.

۵-۲-۲-۶ با موافقت مدیریت اجرایی و در صورت عملی بودن، یک علامت شناسایی دائمی برای تعیین دقیق مکانی که نمونه از آن گرفته شده است پیوست کنید.

۵-۲-۲-۷ برچسب گذاری نمونه

ظرف حاوی نمونه را هم با یک خودکار نشانه گذار ثابت و هم با الصاق یک برچسب ثابت، برچسب بزنید. مطمئن شوید که اطلاعات برچسب نمونه با هرگونه اطلاعات شناسایی پیوست شده روی محل نمونه برداری مطابقت دارد.

۵-۲-۲-۸ ثبت گزارش نمونه برداری

گزارشی از نمونه که حداقل شامل اطلاعات زیر باشد ثبت کنید:

۵-۲-۲-۸-۱ توضیح کامل در مورد نوع ماده برای مثال: عایق بندی حرارتی، تخته، سفال کف؛

۵-۲-۲-۸-۲ همه جزئیات ثبت شده بر روی برچسب نمونه؛

۵-۲-۲-۸-۳ تشریح دقیق مورد مکان نمونه برداری؛

۵-۲-۲-۸-۴ شناسایی ساختمان؛

۵-۲-۲-۸-۵ شناسایی اتاق (اگر عملی است)؛

۵-۲-۲-۸-۶ مکانی در اتاق که نمونه جمع آوری شده بود؛

۵-۲-۲-۸-۷ تاریخ جمع آوری نمونه؛

۵-۲-۲-۸-۸ نام فردی که نمونه را جمع آوری کرده است؛

۵-۲-۲-۸-۹ آیا نمونه ترکیبی مشتق شده از نمونه هایی است که جداگانه جمع آوری شده است؛

۵-۲-۲-۸-۱۰ آیا نمونه چند لایه است. در صورتی که چند لایه باشد باید موقعیت هر کدام از لایه های مربوطه را جداگانه یادداشت کنید؛

اگر مکان نمونه برداری به طور مناسب با جزئیات فوق مشخص نشد، در این صورت موارد زیر را اضافه کنید:

۵-۲-۲-۸-۱۱ نقشه ساده ای از مکان تهیه کنید یا عکس بگیرید (تعداد عکس ها را ثبت کنید) یا موقعیت نمونه -

برداری شده را در روی نقشه ساختمان ثبت کنید (طراحی و ترسیم شناسایی باید در گزارش ثبت شود)؛

۵-۲-۲-۸-۱۲ هرگونه اطلاعات موجود مربوط به نمونه را گزارش کنید.

مثالی از ثبت مناسب گزارش نمونه برداری در پیوست ج ارائه شده است.

۵-۲-۲-۹ زنجیره حفاظتی

اگر احتمال بررسی نتایج نمونه‌برداری و تجزیه تحلیل موضوع در مراجع قضایی و قانونی وجود داشته باشد، خیلی مهم است که گزارشات کلیه نقل و انتقال نمونه‌ها بین افراد، فردی که نمونه را جمع‌آوری کرده تا پذیرش نمونه توسط تجزیه کننده تهیه شود. فرم زنجیره حفاظتی برای این منظور باید مورد استفاده قرار بگیرد که در آن تاریخ هرگونه نقل و انتقال و اسم هر فرد تحویل دهنده و تحویل گیرنده نمونه‌ها ثبت شود.

۵-۲-۱۰ ذخیره و انتقال

نمونه‌ها باید در ظرف دربندی شده و ضد گرد و غبار بسته‌بندی شوند (در صورت لزوم دوبار) و یک برچسب باید به بسته نمونه پیوست شود که نشان دهد آن‌ها ممکن است محتوی آزرست باشند. بسیار مراقبت باشید که افراد غیر مجاز به نمونه‌ها دسترسی پیدا نکنند. الزامات خاصی راجع به شرایط جوی در نگهداری و انتقال نمونه وجود ندارد. پس از این که نمونه‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند، باید برای هر مدتی که افراد خاصی برای تحلیل آزمایشگاهی مشخص می‌کنند، نگهداری شوند.

۶ آماده سازی نمونه

۶-۱ کلیات

گاهی شناسایی آزرست در توده مواد ممکن نیست زیرا با سایر مواد تشکیل دهنده تداخل دارد. همینطور چون کسر جرمی آزرست بیش از حد کم است، یا چون آزرست بقدری ناهمگون توزیع شده که بخش بزرگی از نمونه برای اطمینان از شناسایی آزرست موجود، نیازمند بررسی مجدد است. در اینگونه موارد، روش‌های مختلف آماده‌سازی فیزیکی و شیمیایی قبل از بررسی میکروسکوپی برای بیرون آوردن بخش عظیمی از مواد بدون آزرست، می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد تا آشکارسازی آزرست در مقادیر کم مواد باقی‌مانده، آسان شود.

۶-۲ جداسازی مواد آلی از طریق خاکسترگیری

وقتی کریسوتایل با مقدار زیادی سلولز مخلوط شده باشد یا اگر در ماتریس‌های آلی مانند آسفالت یا پلی وینیل کلراید (PVC) پراکنده شوند، به سختی شناسایی می‌شود. همچنین برخی از دیگر فیبرهای آلی همچون شبکه‌های عنکبوتی و پشم، خواص نوری مشابه کریسوتایل دارند. خاکسترگیری از نمونه در دمای 485°C برای مدت تقریبی ۱۰ ساعت، مواد آلی تشکیل دهنده را با تأثیر خیلی کم بر روی ویژگی‌های نوری کریسوتایل، جدا می‌کند.

اگرچه رنگ و خواص نوری آموسیت و کروسیدولیت با این رفتار اکسیداسیونی، به عنوان یک تغییر ناشی از تبدیل آهن دو ظرفیتی به آهن سه ظرفیتی تغییر می‌کند، بازهم بسیاری از فیبرها می‌توانند توسط PLM شناسایی شوند. ویژگی‌های نوری تریمولیت، اکتینولیت، آنترفیلیت و ریچتریت، وینچیت با این رفتار اغلب بدون تغییر هستند. عمل‌آوری گرمایی اثر دیگری بر روی ترکیب هیچ کدام از انواع آزرست‌ها ندارند و آزرست‌ها پس از این عمل‌آوری می‌توانند، با میکروسکوپ الکترونی شناسایی شوند.

۶-۳ انتقال اجزای تشکیل دهنده قابل حل از طریق رفتار اسیدی

اجزای تشکیل‌دهنده ماتریس مانند سنگ آهک بلوری و سنگ گچ، اغلب فیبرهای آزیستی را می‌پوشانند، بنابراین ویژگی‌های نوری نمی‌تواند به‌طور مطمئنی بررسی شود. این اجزای تشکیل‌دهنده هم اغلب نسبت بزرگی از جرم نمونه را تشکیل می‌دهند. تکان دادن نمونه در اسید هیدروکلریک ۲ mol/l به مدت تقریباً ۱۵ دقیقه بسیاری از اجزای تشکیل‌دهنده ماتریسی را منتقل می‌کند و همین موجب بهبود در قدرت شناسایی و تعیین کمیت آزیست می‌گردد. رفتار اسیدی ضرایب شکست کریسوتایل را اندکی کاهش می‌دهد و لازم است زمان شناسایی کریسوتایل توسط PLM محاسبه شود. کریسوتایل موجود در اسید را با دمای بیش از ۶۰ °C حرارت ندهید. رفتار اسیدی بر روی ویژگی‌های نوری دیگر انواع آزیست‌ها تأثیر ندارد.

۴-۶ ته‌نشینی و شناورسازی

برخی مواد شامل دانه‌های بزرگی از سنگدانه یا ماسه معلق در آب را می‌توان از طریق ته‌نشینی یا شناورسازی جدا کرد. بخش بزرگی از مواد تشکیل‌دهنده مانند ورمیکولیت یا پرلیت را می‌توان به شیوه شناورسازی جدا کرد. ته‌نشینی ماسه یا سنگدانه‌های کوچک معلق در آب با سرعت بیشتری نسبت به اکثر آزیست‌ها انجام می‌شود و در برخی نمونه‌ها بخش بزرگی از ماسه یا سنگدانه‌ها می‌توانند از بخش محتوی هر گونه آزیست، جدا شوند.

۵-۶ ترکیبی از روش‌های کاهش وزنی

روش‌های مشخص شده در بندهای ۲-۶، ۳-۶ و ۴-۶ ممکن است در صورت لزوم برای نمونه خاصی ترکیب شوند. به طور کلی توصیه می‌شود که فرایندها به طور متوالی به ترتیب گفته شده انجام شود.

۷ آنالیز توسط PLM

۱-۷ الزامات

۱-۱-۷ میکروسکوپ دو چشمی استریو (لوپ)، برای مشاهده اولیه نمونه‌ها لازم است. اگر دامنه بزرگنمایی میکروسکوپ تقریباً ۴۰ × ۱۰ باشد، بررسی ساده‌تر می‌شود.

۲-۱-۷ میکروسکوپ نور پلاریزه، با قابلیت روشنایی Köhler (نوع Köhler) برای شناسایی فیبر لازم است. لوازم اضافی نوری به شرح زیر هم ضروری است:

۱-۲-۱-۷ منبع نوری با فیلتر آبی (روشنایی روز)؛

۲-۲-۱-۷ پایه‌کن‌انسور تنظیم شده با دریچه دیافراگم شمارشی (NA) بزرگ‌تر یا مساوی با عدسی شیئی مورد استفاده، به همراه دریچه قابل تنظیم میدان محدود؛

۳-۲-۱-۷ تنظیم عدسی چشمی با بزرگنمایی ۱۰ یا ۱۲ برابر به همراه یک خط متقاطع داخل دوربین؛

۴-۲-۱-۷ عدسی شیئی قابل تغییر با بزرگنمایی ۴، ۱۰ و ۴۰ برابر یا بزرگنمایی‌های مشابه؛

۵-۲-۱-۷ قطبنده و تجزیه‌گر قابل انتقال، که بتوان جهت‌های نوسان را تنظیم کرد به طوری که نسبت به هم دارای زاویه 90° باشند و بتوان آن‌را با خط کانونی متقاطع عدسی چشمی میزان کرد؛

۶-۲-۱-۷ روزنه بین قطبنده و تجزیه‌گر که به صفحات کمکی اجازه می‌دهد با زاویه 45° در جهت‌های نوسان قطبنده و تجزیه‌گر نصب شود؛

۷-۲-۱-۷ صفحه تأخیر قابل انتقال با تأخیر تقریبی 350 nm با جهت‌های نوسان کند و تند شناخته شده؛

۸-۲-۱-۷ عدسی شیئی پراکندگی لکه با بزرگنمایی ۱۰ تا ۴۰ برابر یا کارکرد نمایشی برابر (به بند [۱۱] کتابنامه مراجعه شود)؛

۹-۲-۱-۷ لنزهای برتراند یا تلسکوپ چشمی قابل تنظیم که امکان مشاهده پشت صفحه کانونی لنز شیئی را می‌دهد؛

۱۰-۲-۱-۷ پایه سطح چرخش نمونه برای هرکدام از لنزهای شیئی به طوری که مرکز گردش در ارتباط با محور نوری میکروسکوپ باشد.

۳-۱-۷ کلاهک استخراج گرد و غبار

جابجایی و دست‌کاری توده مواد مشکوک به آزمون باید به وسیله کلاهک مناسب استخراج گرد و غبار انجام شود، بنابراین نه تجزیه کننده و نه محیط آزمایشگاهی در معرض ذرات فیبرهای معلق در هوا قرار نمی‌گیرند.

۴-۱-۷ آماده‌سازی نمونه

۱-۴-۱-۷ ضریب شکست مایعات

اکثر محصولات تجاری حاوی آزمون فقط شامل کریسوتایل، آموسیت و کروسیدولیت یا مخلوطی از این سه نوع آزمون هستند. شناسایی این سه نوع آزمون را می‌توان با استفاده از مایعات دارای ضریب شکست (RI) 1.550 ، 1.680 و 1.700 انجام داد. مقادیر RI این مایعات برای نور با طول موج 589.3 nm در دمای 25°C تعیین شده است.

برای شناسایی تریمولیت، اکتینولیت، آنترفیلیت و ریچتریت / وینچیت RI مایعات در دامنه 1.605 تا 1.660 با فاصله 0.005 لازم است.

مایعات کالیبره شده با RI مناسب از نظر تجاری موجود هستند و مجموعه‌ای از مایعات با RI_s از 1.500 تا 1.700 با فاصله 0.005 در دامنه مناسب و مشخص ارائه شده‌اند.

اگر RI مایعات تجاری موجود را نتوان به دست آورد، مجموعه‌ای از مایعات مناسب برای استفاده در این استاندارد را با استفاده از واکنشگرهای شیمیایی رایج تعیین شده در جدول ۱ می‌توان آماده کرد.

جدول ۱- واکنشگرهایی برای واسطه شناوری RI

واکنشگر	n_D^{25}	$\frac{dn}{dT}$
گلیسرول تری استات	۱٫۴۲۷۷	-۰٫۰۰۰۴۸
اتیل سینامات	۱٫۵۵۷۴	-۰٫۰۰۰۴۸
برومو بنزن	۱٫۵۵۷۰	-۰٫۰۰۰۵۴
یدو بنزن	۱٫۶۱۷۳	-۰٫۰۰۰۵۴
۱-کلرونفثالین	۱٫۶۳۰۴	-۰٫۰۰۰۴۴
۱-برومونفتالین	۱٫۶۵۸۰	-۰٫۰۰۰۴۵
۱-یدو نفتالین	۱٫۷۰۰۴	-۰٫۰۰۰۴۴
دی یدومتان	۱٫۷۳۹۰	-۰٫۰۰۰۷۰

توصیه می‌شود از وسیله تجاری موجود RI و فهرست واکنشگرهای فوق منطبق با پیشگیری‌های ایمنی قابل اجرا استفاده شود.

جدول ۲، ترکیبی از واکنشگرهای مورد نیاز برای آماده‌سازی یک مجموعه از واسطه شناوری RI را نشان می‌دهد. RI سه مایع ابتدایی برای شناسایی کریستوتیل، آموسیت و کروسیدولیت در جدول ۲ به صورت پررنگ‌تر نشان داده شده است (۱٫۷۰۰، ۱٫۶۸۰، ۱٫۵۵۰). تریمولیت، آکینولیت یا آنتوفیلیت اغلب با استفاده از RI مایعات (۱٫۶۰۵ و ۱٫۶۳۰) شناسایی می‌شوند که در جدول ۲ به صورت پررنگ نوشته شده است. تریمولیت، اکینولیت یا آنتوفیلیت ممکن است به دلیل افزایش کسر جرمی آهن با ضریب شکست بالا روبرو شوند و برای انجام ارزیابی ضرایب شکست استفاده از سایر RI مایعات موجود در جدول ۲ ممکن است ضروری باشد.

جدول ۲- مخلوط و ترکیبات منفرد مورد نیاز برای RI مایعات

$\frac{dn}{dT}$	مقدار کسر حجمی مایع ۲ %	مایع ۲	مقدار کسر حجمی مایع ۱ %	مایع ۱	n_D^{25} مایع
-۰٫۰۰۰۴۸	۹٫۵۶	گلیسرول تری استات	۹۰٫۴۴	اتیل سینامات	۱٫۵۴۵
-۰٫۰۰۰۴۸	۵٫۷۰	گلیسرول تری استات	۹۴٫۳۰	اتیل سینامات	۱٫۵۵۰
-۰٫۰۰۰۴۸	۱٫۸۵	گلیسرول تری استات	۹۸٫۱۵	اتیل سینامات	۱٫۵۵۵
-۰٫۰۰۰۵۴	۴٫۹۷	یدو بنزن	۹۵٫۰۳	برومو بنزن	۱٫۵۶۰
-۰٫۰۰۰۵۴	۲۰٫۴۰	برومو بنزن	۷۹٫۶۰	یودوبنزن	۱٫۶۰۵
-۰٫۰۰۰۵۴	۱۲٫۱۱	برومو بنزن	۸۷٫۸۹	یدوبنزن	۱٫۶۱۰
-۰٫۰۰۰۵۴	۳٫۸۱	برومو بنزن	۹۶٫۱۹	یدوبنزن	۱٫۶۱۵
-۰٫۰۰۰۴۵	۱۴٫۱۷	برومو بنزن	۸۵٫۸۳	۱-کلرونتالن	۱٫۶۲۰
-۰٫۰۰۰۴۵	۷٫۳۶	برومو بنزن	۹۲٫۶۴	۱-کلرونتالن	۱٫۶۲۵
-۰٫۰۰۰۴۴	---	---	۱۰۰	۱-کلرونتالن	۱٫۶۳۰
-۰٫۰۰۰۴۷	۲۱٫۰۱	برومو بنزن	۷۸٫۹۹	۱-برومونفتالن	۱٫۶۳۵
-۰٫۰۰۰۴۶	۱۵٫۹۵	برومو بنزن	۸۴٫۰۵	۱-برومونفتالن	۱٫۶۴۰
-۰٫۰۰۰۴۶	۱۰٫۸۹	برومو بنزن	۸۹٫۱۱	۱-برومونفتالن	۱٫۶۴۵
-۰٫۰۰۰۴۶	۵٫۸۲	برومو بنزن	۹۴٫۱۸	۱-برومونفتالن	۱٫۶۵۰
-۰٫۰۰۰۴۵	۰٫۷۶	برومو بنزن	۹۹٫۲۴	۱-برومونفتالن	۱٫۶۵۵
-۰٫۰۰۰۴۵	۹٫۵۲	۱-یدو نفتالن	۹۰٫۴۸	۱-برومونفتالن	۱٫۶۶۰
-۰٫۰۰۰۴۴	۴۵٫۶۹	۱-برومونفتالن	۵۴٫۳۱	۱-یدو نفتالن	۱٫۶۸۰

۱,۷۰۰	۱- یدو نفتالن	۱۰۰	---	---	-۰,۰۰۰۴۴
-------	---------------	-----	-----	-----	----------

۲-۴-۱-۷ استانداردهای مرجع آزبست

استانداردهای مرجع آزبست مورد نیاز هستند. مجموعه‌های مناسبی از استانداردهای^۱ SRM 1866 شامل (کریسوتایل، کروسیدولیت و آموسیت) و استانداردهای^۲ SRM 1867 شامل (تریمولیت، اکتینولیت و آنتوفیلیت)^۳ از سازمان ملی استاندارد و تکنولوژی^۴ (NIST) را در جدول ۳ و استانداردهای هیأت اجرایی امنیت و سلامت (HSE)^۵ [کریسوتایل (کانادا، زیمباوه)، کروسیدولیت، آموسیت، تومولیت، اکتینولیت و آنتروفیلیت]^۶ در جدول ۴ ارائه شده است. استاندارد SRM1867 تریمولیت و اکتینولیت بخصوص برای تشخیص و تمایز بین تریمولیت و اکتینولیت مفید است. مجمع بین‌المللی کانی‌شناسی (IMA)^۷ (به بندهای [۲۳] و [۲۴] کتابنامه مراجعه شود) تعیین کرده است که مقادیر نسبت کسر جرمی $Mg/(Mg + Fe)$ زیر ۰/۹ به عنوان تریمولیت تعریف می‌شوند و مقادیر بالای ۰/۹ تحت عنوان اکتینولیت تعریف می‌گردند.

SRM1867 دارای مقدار ۰/۸۴ تریمولیت و SRM1867 دارای مقدار ۰/۹۴ اکتینولیت است که فقط نمونه‌های مرجع که معرف ترکیباتی در مرز پایین و مرز بالای IMA است را مشخص می‌کنند. بسیار مهم است که تشخیص دهیم مرز IMA بین تریمولیت و اکتینولیت فقط قراردادی از یک زنجیره ترکیبی است که در آن نوسان کسر جرمی آهن و منیزیم در یک حالت متقابل می‌باشد.

جدول ۳- ویژگی‌های نوری SRM1866 و SRM1867 در نمونه‌های آزبست مرجع

ویژگی	کریسوتایل	آموسیت	کروسیدولیت	آنتوفیلیت	تریمولیت	اکتینولیت
رنگ	سفید	خاکستری-قهوه ای	آبی	قهوه‌ای روشن	سفید	سفید
چند رنگی	نامشخص	خیلی ضعیف	۷: آبی α : خاکستری	نامشخص	نامشخص	نامشخص
شکست مضاعف	پایین	متوسط	پایین	متوسط	متوسط	متوسط
علامت طویل شدگی	مثبت	مثبت	منفی	مثبت	مثبت	مثبت
خاموشی	موازی	موازی	موازی	موازی	۱۶/۶	۱۵/۹
γ	۱/۵۵۶	۱/۷۰۱	^a	۱/۶۳۶	۱/۶۳۴	۱/۶۳۹
α	۱/۵۴۹	۱/۶۷۹	^a	۱/۶۱۵	۱/۶۰۶	۱/۶۱۳

^۱ - Standard Reference Materials 1866

^۲ - Standard Reference Materials 1867

^۳ - مثالی از محصول مناسب تجاری در دسترس از سازمان ملی استاندارد و تکنولوژی آمریکا است. این اطلاعات برای راحتی کاربران این استاندارد است و مجوزی برای تایید این محصولات نیست.

4- National Institute of Standards and Technology

5-Health and Safety Executive

^۶ - مثالی از محصول مناسب تجاری در دسترس از هیأت اجرایی امنیت و سلامت بریتانیا است. این اطلاعات برای راحتی کاربران این استاندارد است و مجوزی برای تایید این محصولات نیست.

7- International Mineralogical Association

^a در گواهی تحلیلی کروسیدولیت چنین اظهار می‌شود: چون جذب قوی در دامنه نتایج نور مرئی در ویژگی‌های غیر عادی پراکندگی برای تحلیل مفید نخواهد بود، هیچ کدام از مقادیر گواهی شده ضریب شکست برای ریبکیت گزارش نشده است.

جدول ۴- ویژگی‌های نوری HSE در نمونه‌های آزیست مرجع

ویژگی	کریسوتایل (کانادا)	کریسوتایل (زیمباوه)	آموسیت	کروسیدولیت	آنتوفیلیت	تریمولیت	اکتینولیت
رنگ	سفید	سفید	خاکستری-قهوه ای	آبی	سفید	سفید	سبز کمرنگ
چند رنگی	نامشخص	نامشخص	خیلی ضعیف	γ: آبی α: خاکستری	نامشخص	نامشخص	سبز: خاکستری:
شکست مضاعف	پایین	پایین	متوسط	پایین	متوسط	متوسط	متوسط
علامت طولی شدگی	مثبت	مثبت	مثبت	منفی	مثبت	مثبت	مثبت
خاموشی	موازی	موازی	موازی	موازی	موازی	موازی	موازی
γ	۱/۵۵۲	۱/۵۵۲	۱/۶۹۲	۱/۶۹۶	۱/۶۲۴	۱/۶۳۲	۱/۶۵۲
α	۱/۵۵۴	۱/۵۵۴	۱/۶۷۶	۱/۶۸۸	۱/۶۰۸	۱/۶۱۶	۱/۶۴۴

یادآوری- یادداشت‌های داده‌ها برای HSE نمونه‌های مرجع آزیست. نمونه‌های مرجع همه مواد معدنی طبیعی ممکن است شامل اثر سایر مواد معدنی باشد. بخصوص نمونه آزیست آنتوفیلیت شامل گونه‌ای از فیبرهای طلق به طور کلی ممکن است با شکل نوار مانند و ضرایب شکست پایین تر تشخیص داده شوند.

در مورد آزمایشگاه‌هایی که قادر به دستیابی به نمونه‌های آزیست مرجع NIST و HSE نیستند، نمونه‌های آزیست استاندارد مرجع مرکز بین‌المللی سرطان (UICC)^۱ ممکن است مورد استفاده قرار گیرند (به بند [۲۵] کتابنامه و جدول شماره ۵ مراجعه شود). این نمونه‌ها به شکل بین‌المللی توزیع شدند و امروزه هم قابل دسترسی هستند.

جدول ۵- ویژگی‌های نوری UICC نمونه‌های آزیست مرجع

ویژگی	کریسوتایل (کانادا)	کریسوتایل (زیمباوه)	آموسیت	کروسیدولیت	آنتوفیلیت
رنگ	سفید	سفید	قهوه ای-خاکستری	آبی	سفید
چند رنگی	نامشخص	نامشخص	خیلی ضعیف	α: آبی γ: خاکستری	نامشخص
شکست مضاعف	پایین	پایین	متوسط	پایین	متوسط
علامت طولی شدگی	مثبت	مثبت	مثبت	منفی	مثبت

خاموشی	موازی	موازی	موازی	موازی	موازی
γ	۱/۵۴۵-۱/۵۶۰	۱/۵۵۳	۱/۷۰۱	۱/۷۰۲	۱/۶۲۰
α	۱/۵۴۵-۱/۵۵۷	۱/۵۴۶	۱/۶۷۹	۱/۶۹۴	۱/۶۰۵

یادآوری ۱- دامنه ضرایب شکست برای نمونه کریستال کانادایی UICC بیان شده است. این نمونه با اختلاط کریستول با تعدادی ماده معدنی مختلف تهیه شده است. فیبرهایی با ضرایب شکست در حدود دامنه‌های تقریبی مشخص شده همراه با شکست مضاعف ($\gamma - \alpha$) تقریباً ۰/۰۱ ارائه شده است.

یادآوری ۲- نمونه آنتوفیلیت همچنین محتوی گونه‌ای از فیبر تالک می‌باشد.

۳-۴-۱-۷ تجهیزات پودر کردن نمونه، شامل هاون سنگی و دسته هاون برای آسیاب و خردکردن نمونه‌ها در اندازه‌های متناسب برای بررسی PLM مورد نیاز است.

۴-۴-۱-۷ اسلایدهای میکروسکوپ، ۷۵ mm × ۲۵ mm

۵-۴-۱-۷ شیشه‌های پوشش میکروسکوپ ۲۲ mm × ۲۲ mm، ضخامت شیشه‌های پوشش را با لنزهای شیئی معین شده هماهنگ کنید. برای بیشتر عدسی‌های تجاری ضخامت ۱۷/۵ mm مورد نیاز است.

۶-۴-۱-۷ دماسنج، اگر ضرایب شکست فیبرهای آزیست دقیق ثبت شده باشند، اندازه گیری دمای اسلاید آماده شده میکروسکوپ در طی مشاهده مورد نیاز است.

۷-۴-۱-۷ شعله الکلی یا گاز، گاهی اوقات برای تشخیص بین فیبرهای آلی و فیبرهای آزیستی، یک مشعل آزمایشگاهی مورد نیاز می باشد.

۸-۴-۱-۷ تجهیزات کلی آزمایشگاهی، امکانات و تجهیزات یا معادل آن‌ها به شرح زیر مورد نیاز است:

۱-۸-۴-۱-۷ ورقه‌های کاغذی شفاف به ابعاد تقریبی ۱۵ cm × ۱۵ cm برای بررسی نمونه‌ها؛

۲-۸-۴-۱-۷ محفظه چاقوی کوچک جراحی و تیغه‌های قابل تعویض و یکبار مصرف چاقو؛

۳-۸-۴-۱-۷ ابزار وسایل نمونه‌گیری شامل انبرک، سوزن و کاردک (اسپاتول)؛

۴-۸-۴-۱-۷ آب مقطر،

۵-۸-۴-۱-۷ اسید هیدروکلریک غلیظ با درجه واکنش؛

۶-۸-۴-۱-۷ بوته، سیلیکایی یا چینی همراه با درپوش؛

۷-۸-۴-۱-۷ پتری دیش؛

۸-۸-۴-۱-۷ پیپت‌های یکبار مصرف؛

۹-۸-۴-۱-۷ تجهیزات شیشه‌ای فیلتراسیون به قطر ۲۵ mm یا ۴۷ mm؛

۱۰-۸-۴-۱-۷ فیلترهای پلی کربنات با منافذ ۰/۴ μ m و قطر ۲۵ mm یا ۴۷ mm؛

۹-۴-۱-۷ کوره استردار (اختیاری) برای خاکستری‌گیری نمونه‌ها و حذف مواد آلی مزاحم، کوره استردار با دامنه دمایی بالای ۵۰۰ °C و با ثابت دمایی ۱۰ °C $\pm$ توصیه می‌شود.

۱۰-۴-۱-۷ همزن مغناطیسی (اختیاری). به منظور حذف مواد مزاحم محلول در اسید یک همزن مغناطیسی به همراه شیشه یا میله همزن مغناطیسی با پوشش پلاستیکی توصیه می‌شود.

۲-۷ تحلیل‌های کیفی با PLM

۱-۲-۷ کالبراسیون

لازم است که اجزای نوری PLM توسط تحلیل‌گر کاملاً درک شوند و تحلیل‌گر باید با فرایند تنظیم میکروسکوپ آشنا باشد.

تنظیم PLM باید قبل از انجام هرگونه تجزیه و تحلیلی انجام شود. طرح‌های میکروسکوپی مختلف هستند و دستورالعمل‌های تنظیم که توسط سازنده تهیه شده باید رعایت شود. جنبه‌های بحرانی (انتقادی) تنظیم به شرح زیر می‌باشد:

۱-۱-۲-۷ منبع روشنایی و پایه کندانسور باید تنظیم شوند تا دریچه دیافراگم در کانون قرار گیرد (منبع روشنایی کوهرلر یا مشابه روشنایی کوهرلر).

۲-۱-۲-۷ مرکز گردش پایه نمونه باید برای هرکدام از لنزهای شیئی با محور نوری PLM تنظیم شود. لازم است ذره واقع در مرکز میدان دید، در مرکز میدان دید باقی بماند. این شرایط اغلب با مرکزیت گردش برای یکی از لنزهای شیئی و بعد تنظیم موقعیت هرکدام از دیگر لنزهای شیئی با تنظیم محورهایشان با مرکز گردش پایه، به دست می‌آید.

۳-۱-۲-۷ جهت نوسان قطبنده و تجزیه‌گر باید نسبت بهم 90° درجه باشد.

۴-۱-۲-۷ جهت نوسان قطبنده و تجزیه‌گر باید دقیقاً منطبق با خط داخل دوربین در عدسی چشمی باشد. این کار می‌تواند با استفاده از یک کریستال با انکسار خوب با یک زاویه جذب صفر انجام شود. صفحات جهت‌یابی شامل یک کریستال نصب شده به همراه یک خط ثابت به صورت تجاری در دسترس هستند. اگر میکروسکوب دارای عدسی‌های چشمی است که می‌توانند آزادانه بچرخند، عدسی چشمی شامل خط داخل دوربین را با استفاده از مثلاً نوار چسپ ثابت کنید.

۵-۱-۲-۷ اگر پایه مکانیکی روی کندانسور نصب شده، توصیه می‌شود به منظور موازی بودن حرکات جانبی با جهات قطبنده و تجزیه‌گر پایه مکانیکی طوری تنظیم شود که با زاویه صفر با کندانسور منطبق شود.

در نصب اولیه PLM جهت نوسان قطبنده و تعیین موقعیت جهات نوسان از صفحه تأخیر باید تعیین شود. جهت نوسان قطبنده می‌تواند با بررسی آماده‌سازی اسلاید از کروسیدولیت با قطبنده مستقر در موقعیت و تجزیه‌گر خارج از موقعیت تعیین شود. با این شرایط زمانی که چند رنگی آبی تیره مشاهده می‌شود، جهت طول فیبرهای کروسیدولیت، در جهت نوسان قطبنده است. موقعیت جهات نوسان 530 nm صفحه تأخیر می‌تواند با بررسی فیبر یک ماده مرجع شناخته شده مانند آموسیت یا کریسوتایل تعیین شود و تغییر تداخل رنگ در هنگام نصب صفحه تأخیر مشاهده شود. جهت نوسان کند کریسوتایل یا آموسیت با طول فیبر موازی هستند. اگر صفحه تأخیر را به

تأخیر ناشی از فیبر اضافه کنیم، جهات نوسان کند فیبر و صفحه تأخیر موازی هستند. در پیوست ب نمودار تداخل رنگ ارائه شده است.

برای شناسایی آزمون توصیه شده است قبل از استفاده از RI مایعات، حتی اگر مایعات تصدیق شده خریداری شده باشند، ضرایب شکست مایعات با استفاده از نمونه‌های شیشه‌ای مرجع یا توسط رفاکتومتر تأیید شود. اگر با کلاهدک محکم پوشانده شده باشند، ضریب شکست این مایعات حداقل برای مدت دو سال ثابت می‌مانند. اما اگر در معرض نور قرار بگیرند درجه آن‌ها تنزل پیدا می‌کند. بنابراین توصیه می‌شود در بطری‌های تیره و ترجیحاً در مکان تاریک نگهداری شوند.

۲-۲-۷ آماده‌سازی نمونه

بسیاری از نمونه‌ها، شامل ضدحریق‌ها، عایق‌های حرارتی و محصولات سیمانی آزمون، فیبرهایی هستند که می‌توانند با انبرک منتقل شوند و در بررسی میکروسکوپی استریو قابل مشاهده هستند. فیبرهای آزمون مشکوک را بر روی اسلاید میکروسکوب قرار دهید و یک قطره مایع با RI متناسب با نوع آزمون مشکوک اضافه کنید. اگر نوع آزمون مشکوک با استفاده از RI متناسب تصدیق نشد، فیبرهای بیشتری از نمونه را بر روی اسلاید قرار دهید و از RI مایع مناسب با سایر انواع آزمون استفاده کنید.

۳-۲-۷ تجزیه و تحلیل نمونه

۱-۳-۲-۷ توالی تحلیلی

فنون تحلیلی توصیف شده، برای ارائه نتایج معتبر و تجدیدپذیر نشان داده شده‌اند. اگر تعادل روشی در دوره‌های آشکارسازی و شناسایی اثبات شود، می‌توانند برای آنالیز و استنتاج مورد استفاده قرار گیرد. توصیه می‌شود شناسایی فیبرهای آزمون براساس توالی تحلیلی زیر باشد:

۱-۱-۳-۲-۷ بررسی عینی مقدماتی از کل نمونه آزمایشگاهی جهت ارزیابی نوع نمونه و رفتار مورد نیاز آن (در صورت وجود) انجام دهید. در این مرحله در صورت امکان یک آزمون معرف برای بررسی مستقیم توسط PLM انجام دهید؛

۲-۱-۳-۲-۷ هرگونه رفتار نمونه‌ای مورد نیاز را برای آزادسازی یا جداسازی فیبرها انجام دهید؛

۳-۱-۳-۲-۷ یک پژوهش با جزئیات کامل با میکروسکوپ استریو برای طبقه‌بندی انواع فیبر مشکوک مشاهده شده انجام دهید؛

۴-۱-۳-۲-۷ فیبرهای معرف را در مایعات دارای RI مناسب بر روی اسلایدهای میکروسکوپی قرار دهید؛

۵-۱-۳-۲-۷ اجزای فیبری مختلف را با استفاده از PLM شناسایی کنید.

اگر با این روش‌ها، هیچ آزمونی مشاهده نشد، اسلایدهای اضافی را با استفاده از آزمون تصادفی چند میلی‌گرمی تهیه کنید و فیبرهای آزمونی نازک را با استفاده از PLM جستجو کنید.

۲-۳-۲-۷ بررسی مقدماتی

کل نمونه قابل رؤیت را برای تشریح نوع ماده یا محصول موجود و تعیین این که آیا فیبرهای مرئی وجود دارند یا خیر، به طور عینی مورد بررسی قرار دهید. به هرگونه ماهیت ماتریسی مواد دقت کنید زیرا ممکن است نوع رفتار لازم برای نمونه را نشان دهد. نمونه را با میکروسکوپ استریو (لوپ) بررسی کنید. تا حد امکان در مورد تعداد انواع فیبرها تصمیم بگیرید. ویژگی‌های ظاهری، رنگ و بافت نمونه و همه انواع فیبرهایی که مشاهده کردید را گزارش کنید. برای نمونه‌های ناهمگون یا لایه‌ای لازم است که هر لایه یا هر قسمت از نمونه را به طور جداگانه توصیف کنید. آماده‌سازی و تحلیل نمونه بستگی به کیفیت بررسی عینی اولیه دارد. همچنین تشریح مناسب ظاهر نمونه در تعیین وجود آزبست و این که آزبست در کدام قسمت از نمونه مشاهده شده، نقش مهمی دارد.

۳-۳-۲-۷ عمل‌آوری نمونه

هدف از رفتار اولیه نمونه‌های آزمایشگاهی، آزادسازی فیبرها از هر نوع ماتریس و رفع ذرات ریز چسبیده به فیبرها می‌باشد (هر دو مورد اثرات نور را مات کرده و از شناسایی جلوگیری می‌نمایند). در صورت لزوم نمونه‌های غیر خردشونده را بشکنید (در صورت لزوم با کمک ابزار) و سپس لبه‌های جدید شکستگی را با استفاده از میکروسکوپ استریو برای مشاهده هر نوع فیبر بیرون‌زده بررسی کنید. اگر نمونه‌ها شامل تکه‌های بزرگی از مواد باشند، آسیاب کردن نمونه‌ها ممکن است لازم باشد. برای آزادسازی فیبرها به منظور آزمایش ممکن است سطوح و لبه‌های مواد سخت ساییده شوند. توصیه می‌شود روش جاری به کار رفته برای عمل‌آوری نمونه به طور کامل مستند شود. توصیه می‌شود هر گونه انحراف از این روش‌ها برای نمونه‌های ویژه ثبت شود.

اسید استیک رقیق یا اسید هیدروکلریک رقیق برای زدودن کربنات کلسیم (سنگ آهک) سولفات کلسیم (سنگ گچ) و سیلیکات کلسیم که معمولاً به عنوان ماده چسباننده (برای مثال عایق‌بندی‌ها و تخته‌های آزبستی و پرکننده مثلاً در سفال‌سازی کف) می‌تواند مورد استفاده قرار گیرند و برای زدودن کربنات کلسیم- منیزیم (دولومیت) نیاز به استفاده از اسید هیدروکلریک غلیظ سرد می‌باشد. توصیه می‌شود اضافه کردن اسید کافی به آرامی و در چندین دقیقه انجام شود تا جوشش متوقف شود. با تحریک یا عملیات ماورای صوت ممکن است به رهاسازی فیبر کمک کرد. سپس نمونه از صافی رد شده و مکرراً با آب شسته می‌شود. باقیمانده اسید ممکن است به فیبرها آسیب رساند و بر ویژگی‌های نوری تأثیر بگذارد و کریستال‌های کوچکی از نمک تشکیل دهد. نمونه ممکن است با اتانول و دیگر حلال‌های فرار به منظور کاهش زمان خشک شدگی شسته شود.

ماتریس‌های آلی مانند پلاستیک، آسفالت، رزین‌ها یا محصولات لاستیکی برای حذف ماتریس نیازمند عمل‌آوری‌های طولانی مدت هستند. حلال موثر برای هر نوع خاص از نمونه‌ها را فقط با آزمون اختصاصی یا آگاهی قبلی از نوع ماتریس می‌توان محرز کرد. ماتریس‌های آلی ممکن است با عمل‌آوری در کوره دارای حرارت غیر مستقیم در دمای 485°C حذف شوند. اگرچه حرارت هم ممکن است خواص نوری برخی فیبرهای آزبستی را تغییر دهد.

۴-۳-۲-۷ بررسی میکروسکوپ استریو

توصیه می‌شود نمونه‌های اصلی یا بخش‌هایی از نمونه که عمل‌آوری شده‌اند با استفاده از میکروسکوپ استریو (لوپ) بررسی شوند. فیبرهای آزیستی در بسیاری از مواد حاوی آزیست، می‌توانند در دامنه بزرگنمایی میکروسکوپ استریو شناسایی شوند و در تعدادی از انواع مواد حاوی آزیست با استفاده از میکروسکوپ استریو شناسایی نمی‌شوند. هدف، شناسایی دسته‌های کوچک فیبری، یا فیبرهای اختصاصی و تعیین انواع فیبر براساس ظاهر آن‌هاست. این کار معمولاً با قراردادن نمونه بر روی یک تکه کاغذ شفاف یا گذاشتن در ظرف مناسب و تحقیقات مفصل بر روی کل نمونه با استفاده از سوزن‌ها یا انبرک‌هایی به منظور جداسازی ترکیبات مختلف فیبری از ماتریس انجام می‌شود سپس شکل ظاهری فیبرها ثبت می‌شود. مراقبت و توجه به نمونه‌هایی که در حال آزمون هستند در یافتن مقدار آزیست نمونه اهمیت دارد. سپس فیبرهای معرف یا دسته‌های فیبر انتخاب می‌شوند و برای بررسی با PLM رویهم قرار می‌گیرند.

ظاهر نمونه‌های لایه‌ای را تشریح کنید و به هر لایه به طور جداگانه دقت کنید. مقررات و تنظیمات در برخی از حوزه‌های قانونی نیازمند آن است که لایه‌ها به طور متمایز و جداگانه تجزیه و گزارش شوند. بررسی سایر انواع نمونه‌های ناهمگن مستلزم بررسی‌های مفصل عینی از همه مراحل مختلف مشاهده خواهد بود.

آزیست‌ها معمولاً با توجه به ظرافت فیبرهای آن تشخیص داده می‌شوند که اغلب در دسته‌های رشته‌ای به دقت بسته‌بندی شده‌اند و هنگامی که با ردیاب یا انبرک‌ها تحت فشار قرار می‌گیرند بر اساس طولشان تقسیم‌بندی خواهند شد. یک تحلیل‌گر به سرعت با ویژگی‌هایی همچون درخشندگی متمایز سطحی، انعطاف پذیری و قدرت کشش آشنا می‌شود. نخستین شناسایی مقدماتی فیبرهای مشکوک آزیستی انجام و طی بررسی‌های متوالی با استفاده از PLM، SEM یا TEM در این مرحله تایید یا رد خواهند شد.

۵-۳-۲-۷ آماده‌سازی نمونه برای بررسی PLM

شناسایی مقدماتی براساس ارزیابی میکروسکوپی استریو برای انتخاب مناسب‌ترین اندازه RI مایع به کار می‌رود. فیبرهای انتخاب شده باید خشک و دور از هرگونه ماده خاص دیگری باشند. فیبرهای معرف یا فیبرهای دسته‌ای انتخاب شده و بر روی یک اسلاید تمیز میکروسکوپی با یک قطره از RI مایع قرار داده می‌شوند و یک شیشه پوشاننده تمیز هم بر روی اسلاید پایینی برای اجتناب از حبس حباب‌های هوا، قرار داده می‌شود. توصیه می‌شود RI مایع انتخاب شده برای کریستال‌های مشکوک ۱/۵۵۰ برای آموسیت مشکوک ۱/۶۸۰، برای کروسیدولیت مشکوک ۱/۷۰۰، برای تریمولیت مشکوک یا آنتوفیلیت ۱/۶۰۵ و برای اکتینولیت یا ریچتریت ۱/۶۳۰ باشد.

اگر هیچ‌گونه فیبری با استفاده از میکروسکوپ استریو در توده نمونه دیده نشود، یا هیچ‌گونه فیبر آزیستی با PLM شناسایی نشده باشد، توصیه می‌شود پس از طی عمل‌آوری مناسب نمونه آزمایشگاهی، در صورت نیاز از انبرک‌ها یا پراپ‌ها برای آزمون تصادفی بخش‌ها استفاده شود. توصیه می‌شود برای بررسی توسط PLM با RI مناسب مایعات حداقل دو اسلاید آماده‌سازی میکروسکوپ وجود داشته باشد. به منظور توزیع مساوی ذرات توصیه می‌شود هرگونه توده بزرگ را به صورت مجزا با انبرک‌ها و سوزن‌ها مورد بررسی قرار دهید یا به آرامی بین دو اسلاید میکروسکوپ ببرید. توصیه می‌شود از انتخاب ذرات بزرگ یا دسته‌های فیبری که ممکن است باعث

سرخوردن روکش شود، اجتناب شود. توصیه می‌شود مقدار نمونه توزیع شده به قدری باشد که ظاهر و خصوصیات منحصر به فرد فیبرها توسط سایر ذرات ریز مخفی نشود.

۶-۳-۲-۷ شناسایی آزمون‌ها توسط PLM و پراکندگی لکه

شناسایی یک فیبر آزمون‌ی منفرد نیاز به مشاهده بخش‌های زیر در حالت‌های مشاهداتی دارد:

۱-۶-۳-۲-۷ ریخت شناسی^۱ - مشاهده شده در تمامی شرایط روشنایی؛

۲-۶-۳-۲-۷ رنگ و چند رنگی - مشاهده شده در نور سطح مغناطیسی؛

۳-۶-۳-۲-۷ شکست مضاعف - مشاهده شده با قطب‌های متقاطع؛

۴-۶-۳-۲-۷ ویژگی‌های کاهش دید - مشاهده شده با قطب‌های متقاطع.

یادآوری - ویژگی‌های کاهش دید را با قطب‌های متقاطع و یک صفحه تأخیر ۵۳۰ nm اضافه شده می‌توان مشاهده کرد. با این شرایط وقتی رنگ واسط با رنگ زمینه هماهنگ می‌شود، فیبر در موقعیت خاموشی قرار دارد.

۵-۶-۳-۲-۷ علامت طویل شدگی - مشاهده شده با قطب‌های متقاطع و یک صفحه تأخیر ۵۳۰ nm جاسازی شده؛

۶-۶-۳-۲-۷ ضرایب شکست - ارزیابی شده با استفاده از عدسی شیئی پراکندگی لکه و فقط با قطب‌بده جاسازی شده.

موارد مشاهداتی بالا، دستیابی به خواص نوری و ریخت‌شناختی را در سلسله مراتب منطقی تسهیل می‌کند. میکروسکوپ را با روشنایی کوهلر تنظیم کنید و پایه را در مرکز قرار دهید و قطب‌بده را جاسازی کنید (معمولاً با جهت‌یابی شرقی - غربی در زیر کندانسور). در این شرایط ریخت شناسی و رنگ فیبر انتخاب شده را مشاهده کنید. پایه را بچرخانید و فیبرهای چند رنگ را در صورت وجود مشاهده کنید. تجزیه‌گر را برای متقاطع شدن قطب‌ها جاسازی کنید و پایه را برای مشاهده شکست مضاعف و بررسی این موضوع که آیا زاویه شکست با طول فیبر موازی یا مورب است، بچرخانید. همراه با قطب‌های ساکن متقاطع، صفحه تأخیر ۵۳۰ nm را جاسازی کنید تا علامت طویل شدگی تعیین شود. در نهایت فیبرهای تحت شرایط پراکندگی لکه را برای دستیابی به ضرایب شکست در مسیرهای موازی و نوسان طبیعی بررسی کنید. این امر ممکن است با مشاهده پراکندگی رنگ‌ها در حفاصل بین فیبر و مایع RI بدست آید. با برداشتن تجزیه‌گر و صفحه تأخیر ۵۳۰ nm روشنایی را افزایش دهید، تجزیه نور عدسی شیئی را با توقف مرکزی در پشت صفحه کانونی به وجود آورید. شکاف روزنه کندانسور را طوری تنظیم کنید تا مرکز میدان دید تاریک شود. پشت صفحه مرکزی عدسی شیئی را با استفاده از لنز برتراند یا تلسکوپ چشمی ببینید و صف آرایی کندانسور را طوری تنظیم کنید که پرتو مرکزی با توقف مرکزی لنز کدر شود.

برای فیبرهایی که کاهش نور موازی را نشان می‌دهند، پراکندگی لکه‌های رنگی موازی فیبرها را با جهت نوسان مستقیم و نرمال قطبنده ثبت کنید. اگر فیبر کاهش نور مایل را نشان دهد، لازم است فیبرهایی جستجو شوند که حداکثر زاویه کاهش نور را نشان می‌دهند. این مورد می‌تواند با اسکن کردن اسلاید برای چنین فیبری یا چرخاندن فیبرها دور محورهایشان از طریق انحراف دستی قسمت بالای روکش به وسیله یک سوزن، به دست آید. فقط در این جهت‌گیری است که یک فیبر مشخص ضرایب شکست α و γ را نشان می‌دهد. وقتی که چنین فیبری مکان‌یابی شد، پراکندگی لکه‌های رنگی فیبر را در موقعیت‌های کاهش نور ثبت کنید.

در عمل، هر گونه مراحل کاری دیگری ممکن است مورد استفاده قرار بگیرد به شرطی که در آن همه خواص مورد نیاز قابل مشاهده باشند. برای مثال، اگر مکان‌یابی هرگونه فیبرهای آزیستی مشکوک بر روی پایه آماده شده، مشکل است و به این دلیل است که نمونه تحت تسلط فیبرهای غیرآزیستی قرار گرفته است یا اگر یک نمونه تصادفی مورد جستجو قرار می‌گیرد، توصیه می‌شود نمونه برای یافتن فیبرهای آزیستی با میکروسکوپ در شرایط قطبی متقاطع اسکن شود. همچنین علامت درازشدگی ممکن است با تفسیر پراکندگی لکه‌های رنگی مشاهده شده، بررسی شود.

مشاهدات انجام شده در مورد ریخت‌شناسی و خواص نوری فیبرها ثبت می‌شوند. شناسایی براساس مقایسه مشاهدات ثبت شده در مورد فیبرهای انتخابی برای آنالیز (و سوار شده در مایع با RI مناسب) در مقابل خواص استاندارد مراجع آزیست می‌باشد. ترکیبات و ویژگی‌های نوری کریسوتایل، آموسیت و کروسیدولیت تجاری خیلی متفاوت نیستند و بنابراین به طور طبیعی هماهنگی نزدیکی بین ویژگی‌های نوری فیبر نمونه و آزیست استاندارد به دست می‌آید. بیشتر فیبرهای معرف، در صورتی نیاز به بررسی بیشتر خواهند داشت که یا مشاهدات بی‌نتیجه باشند یا بیشتر از یک نوع فیبر در آنالیزهای میکروسکوپ استریو یا PLM مشاهده شود. در مورد تریمولیت، اکتینولیت یا انتوفیلیت، کسر جرمی آهن می‌تواند به شکل قابل ملاحظه‌ای از منبعی به منبع دیگر متفاوت باشد. کسر جرمی بالاتر آهن منجر به ضرایب شکست بالاتر هم خواهد شد. مثال‌هایی از این تغییرپذیری را می‌توان با مقایسه ترومولیت، اکتینولیت و نمونه‌های آنتروفیلیت که در پیوست الف ارائه شده، مشاهده کرد.

۷-۳-۲-۷ شناسایی آزیست

۱-۷-۳-۲-۷ ریخت‌شناسی

توصیف مفصل ریخت‌شناسی که مشخصه آزیست می‌باشد، به شرح زیر است. این ریخت‌شناسی، شامل مشخصه فیبرهای بزرگ‌تر مشاهده شده در بررسی‌های میکروسکوپ استریو و فیبرهای انتخاب شده از نمونه‌های آزمایشگاهی برای شناسایی PLM نوع فیبر می‌باشد. در میکروسکوپ نوری، می‌توان با ویژگی‌های زیر، ظاهر فرم آزیستی را تشخیص داد:

۱-۱-۷-۳-۲-۷ وجود نسبت‌های دید فیبری در دامنه ۲۰ به ۱ یا بالاتر برای فیبرهای طولانی‌تر بیش از $5\ \mu\text{m}$ ؛

۲-۱-۷-۳-۲-۷ توانایی شکافتن طولی به فیبریل‌های بسیار نازک، معمولاً کمتر از $5\ \mu\text{m}$. عرض؛

۷-۲-۳-۱-۳ به علاوه مشاهده هر کدام از ویژگی‌ها برای نوع فیبر با شرایط زیر تایید بیشتری برای فرم آزبستی فیبرها را فراهم می‌کند:

- فیبرهای موازی که به صورت دسته وجود دارند؛
- دسته‌های فیبری که انتهای گسترده دارند؛
- فیبرهایی به شکل سوزن‌های نازک؛
- توده‌های سست از فیبرهای اختصاصی؛
- فیبرهایی که نشان دهنده انحنا هستند.

در عمل اگر در یک محصول تجاری، کریستال، کروسیدولیت یا آموسیت شناسایی شوند، می‌توان به راحتی فرض کرد که فیبرها دارای فرم آزبستی هستند و با توصیفات بالا انطباق دارند. این فرض درست است، چرا که سه نوع آزبست برای بدست آوردن فیبرهایی با ویژگی‌های خاص و اختلاط محصول، استخراج و پردازش شده‌اند. برخی آزبست‌های آنتوفیلیت در تعداد کمی از محصولات تجاری به کار رفته‌اند، اما خیلی کم استخراج شده و به صورت تجاری استفاده شده‌اند.

در ژاپن آزبست‌های ترومولیت در برخی کاربردهای سطحی و ضدحریق یافت شده‌اند. اگرچه غیر از این موارد، آمفیبول، ترومولیت، اکتینولیت و ریچتریت/وینچیت به طور کلی در تجارت مورد استفاده قرار نگرفته‌اند و حضورشان در محصولات بیشتر به صورت پیامد آلودگی طبیعی در یک یا بیشتر مواد اصلی تشکیل دهنده اتفاق می‌افتد. از این رو نمی‌توان فرض کرد که آمفیبول فرم آزبستی یا فرم غیرآزبستی است. فرم آنتوفیلیت می‌تواند به عنوان آلودگی سایر محصولات معدنی اتفاق بیفتد و در چنین موقعیتی نمی‌توان فرض کرد که آیا فرم آزبستی است یا فرم غیر آزبستی. در برخی نمونه‌ها، آمفیبول‌ها ممکن است ترکیبی از انواع ریخت شناختی را نشان دهند و تعیین کیفی وضعیت تنظیمی چنین نمونه‌هایی ممکن است نیاز به بررسی دقیق توزیع اندازه فیبر داشته باشد که خارج از دامنه این استاندارد می‌باشد.

به طور کلی در این استاندارد معمولاً وجود فرم آزبستی و غیر آزبستی مشابه از تریمولیت، اکتینولیت، آنتوفیلیت یا ریچتریت/وینچیت می‌تواند تعیین شود. اگر طول اکثریت فیبرهای آمفیبول بیشتر از $5\text{ }\mu\text{m}$ باشد، نسبت‌های دید آن‌ها برابر یا کمتر از ۵ به ۱ است و اگر فیبرها هیچکدام از ویژگی‌های بند (۷-۲-۳-۱-۳) را نشان ندهند، می‌توان نتیجه گرفت که آمفیبول احتمالاً فرم غیر آزبستی، با درجه‌ای از افزایش اطمینان همراه با کاهش حداکثر نسبت دید است. اگر هر فیبر آمفیبول طولانی‌تر از $5\text{ }\mu\text{m}$ با نسبت دید در دامنه ۲۰ به ۱ یا بالاتر از آن مشاهده شود، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که احتمالاً آزبست آمفیبول با درجه‌ای از افزایش اطمینان همراه با کاهش حداکثر نسبت دید مشاهده می‌شود.

یادآوری: هدف این است که تحلیل‌گران به عنوان یک راهنما تمایز بین تعداد آمفیبول‌های فرم آزبستی و غیرآزبستی را تشخیص دهند قرار نیست تعریف آزبست را که در بند (۲-۹) ارائه شده، یا هرگونه تنظیمات ملی را نادیده بگیریم.

لازم به ذکر است در برخی نمونه‌ها امکان مشاهده ابهاماتی از حیث تمایز بین فرم آزبستی و غیر آزبستی مشابه وجود دارد و در صورت مشاهده چنین ابهاماتی باید به عنوان بخشی از نتایج گزارش شوند.

۲-۷-۳-۲-۷ رنگ و چند رنگی

رنگ و چند رنگی با استفاده از نور قطبی صفحه قابل مشاهده است. چند رنگی یک خاصیت تشخیصی در شناسایی کروسیدولیت می‌باشد. کروسیدولیت دارای جذب قوی است و وقتی فیبرها موازی با جهت نوسان قطبیده باشند به رنگ آبی تیره در می‌آید و وقتی فیبرها عمود بر جهت نوسان قطبیده باشند، به رنگ آبی کم‌رنگ یا خاکستری در می‌آید. در شکل‌های ت-۱۳ و ت-۱۴ نشان داده شده است که امکان وقوع چند رنگی در آموسیت بعد از حرارت دادن یا در فیبرهای حرارت ندیده بستگی به نسبت کسر جرمی Fe/Mg در ماده معدنی دارد. کریسوتایل تمایز رنگ کمی را نشان می‌دهد و چند رنگی را در صفحه نور قطبی شده نشان نمی‌دهد. بسته به کسر جرمی آهن، وقتی فیبرها موازی با جهت نوسان قطبیده باشند اکتینولیت ممکن است رنگ سبز را نشان دهد و وقتی فیبرها عمود بر جهت نوسان قطبیده باشند به رنگ خاکستری یا مایل به زرد تغییر یابد. چند رنگی در HSE در نمونه مرجع اکتینولیت در شکل ت-۴۳ و ت-۴۴ نشان داده شده است.

۳-۷-۳-۲-۷ شکست مضاعف

وقتی یک ذره با بیش از یک RI به همراه صفحات نوسان خود، بین قطبیده‌های متقاطع در زاویه 45° نسبت به آن قطبیده‌ها مشاهده می‌شود، تداخل رنگ‌ها در زمینه تاریک مشاهده می‌شوند. در مورد آزبست‌ها، تداخل رنگ‌ها به ضخامت فیبر، شکست مضاعف و درجه تصادفی بودن جهت‌گیری فیبریل حول محور فیبر بستگی دارد. یک فیبر آزبست که در زاویه 45° در جهت نوسان قطبیده تنظیم شده توصیه می‌شود بین قطب‌های متقاطع، به وضوح قابل مشاهده باشد. کریسوتایل دارای شکست مضاعف پایین است و برای فیبرهای نازک رنگ خاکستری و برای فیبرهای ضخیم در اولین (یا حتی دومین) مرتبه رنگ‌ها، رنگ سفید یا بالاتر از آن را می‌دهد. کروسیدولیت شکست مضاعف پایین دارد و تداخل رنگ‌های غیرعادی به دلیل جذب قوی در دامنه نورمرئی به وجود می‌آیند. آموسیت، شکست مضاعف متوسط دارد و برای فیبرهای نازک تداخل رنگ‌های سفید و برای فیبرهای ضخیم اولین و دومین مرتبه رنگ‌ها را ارائه می‌دهد. تریمولیت، اکتینولیت و آنتوفیلیت و ریچتریت/وینچیت به طور مشابه شکست مضاعف متوسط را نشان می‌دهند. فیبرهایی با ضخامت تغییرپذیر، برای مثال، با سطوح متقاطع سه گوش، نوارهای موازی رنگ را در امتداد طول آن‌ها نشان می‌دهند و تداخل رنگ‌ها را برای بخش‌های باریک‌تر کمتر ارائه می‌دهد. در پیوست الف مثال‌هایی نشان داده شده است. شکست مضاعف در مواد دارای خواص فیزیکی مشابه، صفر است و به این دلیل تداخل رنگ‌ها را نشان نمی‌دهند. مواد دارای خواص فیزیکی مشابه مثل فیبرهای شفاف مصنوعی در بین قطب‌های متقاطع تقریباً نامرئی هستند، اما بسته به تفاوت بین RI آن‌ها و مایع غوطه‌وری، اغلب با صفحه تأخیر در موقعیت $530\text{ }\mu\text{m}$ یا با قطب‌های همنام به آسانی دیده می‌شوند. از تداخل رنگ‌ها می‌توان برای تمایز آزبست از برخی

فیبرهای آلی طبیعی استفاده کرد که ممکن است تداخل ناهماهنگ را در طول فیبر و همچنین کاهش دید ناقص را نشان دهد.

۷-۲-۳-۴ زاویه کاهش دید

چون پایه میکروسکوپ می‌تواند به طور کامل 360° بچرخد، فیبر آزمون دیده شده بین قطب‌های متقاطع از دید ناپدید یا «خاموش» می‌شود. توصیه می‌شود تداخل رنگ‌ها در ۴ موقعیت، در هر 90° ، در حالی که کاهش دید نسبت به موقعیت دارای زاویه 45° است، مشاهده شود. بسیاری از فیبرها شامل آزمون‌ها، زمانی که در جهت موازی با نوسان تحلیل‌گر یا قطب‌بنده قرار دارند، معمولاً کاهش دید کامل را نشان می‌دهد. وقتی که فیبر در جهت موازی با نوسان قطب‌بنده است، کریسوتایل، آموسیت، کروسیدولیت و آنتوفیلیت هرکدام کاهش دید موازی را نشان می‌دهند. تریمولیت، اکتینولیت، ریچتریت، وینچیت بسته به جهت‌یابی و ماهیت کریستالی فیبر، ممکن است کاهش موازی یا مایل را نشان دهند. فیبرهای فرم آزمون عالی در این آمفیبول‌ها ممکن است در همه‌ی جهت‌یابی‌های محوری کاهش دید موازی را نشان دهند. سایر فیبرهای دارای نسبت دید بالا ممکن است کاهش دید مایل را نشان دهند و گردش محوری فیبر بالای درپوش شیشه‌ای اسلاید به وسیله یک سوزن اجازه می‌دهد که حداکثر زاویه کاهش دید تعیین شود. تریمولیت و برخی فیبرهای اکتینولیت دارای آهن پایین که فقط کاهش دید موازی را نشان می‌دهند، نمی‌توانند به سادگی از آنتوفیلیت تشخیص داده شوند. اگرچه بعید است که همه فیبرهای اکتینولیت یا تریمولیت در یک نمونه کاهش دید موازی را نشان دهند و با فرض آن که کاهش دید فیبرهای موازی مشابه با ویژگی‌های همان گونه‌های ماده معدنی هستند، مشاهده برخی از آن‌ها با زوایای کاهش دید مورب، هویت مواد معدنی را تایید می‌کنند. در این موارد، ممکن است تمایز مطمئن بین آنتوفیلیت و همین‌طور تریمولیت یا اکتینولیت فقط از طریق بررسی ترکیباتی از فیبرها توسط SEM یا TEM امکان‌پذیر باشد.

۷-۲-۳-۵ علامت طویل شدگی

علامت طویل شدگی، رابطه بین طول فیبر و خواص نوری را تشریح می‌کند. در مورد فیبرهای آزمون، دو جهت نوسان قابل دسترس، موازی با محور طولی و عمود بر آن است. اگر جهت نوسان RI بالا، موازی با محور طول باشد، فیبرها مثبت توصیف می‌شوند، اگر جهت نوسان RI پایین، موازی با محور طول باشد، فیبر را منفی توصیف می‌کنند. بین قطب‌های متقاطع، با صفحه تأخیر $530\mu\text{m}$ جاسازی شده با زاویه 45° نسبت به جهت‌های نوسان تحلیل‌گر و قطب‌بنده، علامت طویل شدگی را با مشاهده رنگ فیبرهایی که قبلاً در مرتبه اول تداخل رنگ‌ها بین قطب‌های متقاطع، سفید یا خاکستری بودند، می‌توان تعیین کرد. در مورد صفحه تأخیر با جهت کند (معمولاً دارای علامت) در جهت شمال شرقی - جنوب غربی رنگ‌های مشاهده شده در ترتیب اول به شرح زیر می‌باشند:

فیبر مثبت آبی - سبز با فیبر شمال شرقی - جنوب غربی؛

نارنجی- زرد با فیبر شمال غربی- جنوب شرقی.

فیبر منفی نارنجی- زرد با فیبر شمال شرقی- جنوب غربی؛

آبی- سبز با فیبر شمال غربی- جنوب شرقی.

کروسیدولیت تنها نوع آزبستی است که علامت طویل شدگی منفی دارد. اگر چه، با قرارگرفتن در معرض دمای در حدود 300°C یا بالاتر، ممکن است در یک نتیجه معکوس علامت طویل شدگی کروسیدولیت، مثبت شود. به هر حال در چنین مواردی، سابقه دمایی فیبر با یک تغییر رنگ نشان داده می‌شود.

۶-۷-۳-۲-۷ ضرایب شکست

ضرایب شکست یک فیبر آزبست با سوارکردن یک فیبر مجزای تمیز در مایعی با RI شناخته شده و هماهنگی هر دو جهت موازی و عمود بر نوسان قطبنده بدست می‌آید. یک یا تعداد بیشتری مشاهدات برای تعیین این که آیا RI فیبر بالاتر، پایین‌تر یا برابر با مایع غوطه‌وری است، انجام می‌گیرد.

یادآوری- روش‌های کلاسیک کانی‌شناسی (به بندهای [۱۶] و [۱۸] مراجعه کنید) می‌توانند برای تعیین ضرایب شکست به کار روند، اما استفاده از این روش نیازمند دسترسی به دامنه گسترده‌تری از RI مایعات نسبت به آن چه در این استاندارد تعیین شده می‌باشد و همچنین ضروری است که اسلایدهای متعددی برای سنجش ضرایب γ و α در فیبرهای آزبستی تهیه شود.

همه فیبرها به جز فیلتر تصحیح رنگ روشنایی روز و قطبنده را از مسیر نور منتقل کنید.

از نقطه مرکزی پراکندگی لکه عدسی شیئی برای ظهور فیبرهای سوار شده در یک مایع با RI نزدیک به آن فیبرها به قدری استفاده کنید تا پراکندگی لکه‌های رنگی قابل مشاهده باشند. در هنگام بررسی یک نمونه ناشناخته، مشاهدات از (بند ۱-۶-۷-۳-۲-۷) تا (بند ۵-۶-۷-۳-۲-۷) که در زیر آمده، برای انتخاب یک RI مناسب مایع کمک می‌کند، به طوری که RI فیبر و مایع به اندازه کافی نزدیک به پراکندگی لکه‌های رنگی تولید شده باشد.

حتی اگر ضریب شکست با طول موج مطابقت داشته باشد اختلافات ناچیز بین پراکندگی ذرات و مایع ممکن است آن‌ها را کاملاً از سایرین متفاوت کند. این امر هنگامی که فیبرها در RI مایعات به صورت هماهنگ از نور سفید استفاده می‌کنند منجر به تأثیر رنگ بر روی حد واسط مایع/ذره می‌شود. در عمل، مشاهده رنگ‌ها و ذرات کوچک روشن در برابر زمینه سیاه، ساده‌ترین راه است. این شرایط با نقطه مرکزی پشت صفحه کانونی عدسی شیئی هنگام استفاده از شعاع مرکزی نور تولید شده توسط عنبیه کندانسور به دست می‌آید. رنگ‌های مشاهده شده در حد واسط مایع/ذره به انطباق دقیق طول موج RI مایع و RI فیبر بستگی دارد.

وقتی که RI بر طول موج $589/3\mu\text{m}$ (خط D سدیم) منطبق است رنگ حد واسط ذره/مایع آبی پررنگ- زرشکی است. برای نقطه مرکزی پراکندگی لکه رنگ مشاهده شده میزان نزدیکی و جهت و تفاوت‌های RI ذره از RI میانگین غوطه‌وری را به شرح زیر نشان می‌دهد:

۱-۶-۷-۳-۲-۷ ضریب شکست فیبر << ضریب شکست مایع: سفید

۲-۲-۳-۷-۶-۲ ضریب شکست فیبر < ضریب شکست مایع: بنفش - قرمز/نارنجی/زرد

۲-۲-۳-۷-۶-۳ ضریب شکست فیبر = ضریب شکست مایع: آبی پررنگ - زرشکی

۲-۲-۳-۷-۶-۴ ضریب شکست فیبر > ضریب شکست مایع: آبی/آبی - سبز

۲-۲-۳-۷-۶-۵ ضریب شکست فیبر >> ضریب شکست مایع: سفید

وقتی فیبرها در جهت موازی یا عمودی با نوسان قطبیده قرار می‌گیرند، رنگ‌های مختلف مشاهده می‌شوند که ناشی از ضرایب شکست متفاوت فیبرهای آریستی در دو جهت عمود نسبت به جهت نوسان قطبیده است. ثبت رنگ‌های غالب برای مشخص کردن ضرایب شکست فیبرها به کار می‌رود. می‌توان کریسوتایل، آموسیت و کروسیدولیت را به وسیله عدسی شیئی پراکندگی لکه با استفاده از سه مایع با پراکندگی بالا با داشتن مقدار RI برای کریسوتایل ۱/۵۵۰، برای آموسیت ۱/۶۸۰، برای کروسیدولیت ۱/۷۰۰ شناسایی کرد. در عمل برای کریسوتایل تجاری به دلیل تنوع در ترکیب فیبر، با توجه به منبع، با دامنه کوچکی از ضرایب شکست فیبر و پراکندگی رنگ‌های لکه مواجه می‌شود. ضرایب شکست در آموسیت و کروسیدولیت تجاری تغییر قابل ملاحظه‌ای ندارند. در راستای اهداف این استاندارد سه RI مایع به قدر کافی دامنه مشاهده شده ضرایب شکست کروسیدولیت، آموسیت و کریسوتایل را در همه منابع اصلی تجاری شناخته شده پوشش می‌دهد. کروسیدولیت بولیویایی که ضرایب شکست آن پایین‌تر از کروسیدولیت سایر منابع است، استثنایی است. در هر حال کروسیدولیت بولیویایی در تجارت بسیار کمیاب است. در صورت برخورد می‌توان آن را از طریق ریخت شناسی فیبر، علامت منفی طویل شدگی و چندرنگی آبی - خاکستری به سادگی شناسایی کرد.

شناسایی تریمولیت، اکتینولیت و آنتوفیلیت را اغلب با استفاده از پراکندگی لکه عدسی شیئی و به وسیله RI مایعات به مقادیر ۱/۶۰۵، ۱/۶۳۰ می‌توان انجام داد. اگر برخی از فیبرها کاهش دید مایل را نشان دهند توصیه می‌شود تریمولیت و اکتینولیت مورد شک واقع شوند و موازی بودن ضریب ۷ با موقعیت خاموشی می‌تواند در تعریف فیبر اکتینولیت یا تریمولیت استفاده شود.

اگر تمایز بین تریمولیت از اکتینولیت مهم است، در صورتی که ضریب ۷ پایین‌تر یا برابر با ۱/۶۳۷ باشد آن را تحت عنوان فیبر تریمولیت و اگر ضریب ۷ بالاتر از ۱/۶۳۷ تخمین زده شود، آن را فیبر اکتینولیت تخمین بزنید.

در برخی منابع تالک شامل فیبرهای هستند که می‌توانند با آنتوفیلیت اشتباه گرفته شوند. این فیبرها با هر دو ساختار تالک کریستالی و آنتوفیلیت رشد می‌کنند. این فیبرها ضریب شکست پایین‌تر از آنتوفیلیت و حد واسط بین تالک و آنتوفیلیت را نشان می‌دهند. در صورت عرضه این نوع فیبر، نمونه را در مایعی با RI ۱/۶۱۵ آزمون کنید، اگر ضریب شکست ۷ بالاتر از ۱/۶۱۵ بود، آن فیبر را در رده فیبر تالک طبقه‌بندی کنید و اگر ضریب شکست برابر یا بیشتر از ۱/۶۱۵ باشد، آن را در رده فیبر آنتوفیلیت طبقه‌بندی کنید.

شناسایی آریست‌های ریچتریت/وینچیت از طریق PLM به تنهایی دشوار است. اگر نمونه شامل ورمیکولیت یا تالک بود مشکوک به ریچتریت/وینچیت خواهد بود. تلاش برای شناسایی ریچتریت/وینچیت فقط از طریق PLM معمولاً

منجر به طبقه‌بندی فیبر به عنوان اکتینولیت و خطایی مهم برای تفسیر تنظیم شده است. جایی که مشکوک به ریچتریت/وینچیت هستید و فیبرها ویژگی‌هایی مشابه اکتینولیت نشان می‌دهند، توصیه می‌شود فیبرها هم با SEM و هم با TEM شناسایی شوند.

پیوست پ جداول پراکندگی لکه را برای ضرایب شکست α و γ در RI مناسب مایعات کریسوتایل، آموسیت، کروسیدولیت، تریمولیت، اکتینولیت، آنتوفیلیت، ریچتریت/وینچیت ارائه می‌دهد. کریسوتایل، بسته به نوع منبع دامنه کوچکی از ضرایب شکست را نشان می‌دهد. دامنه رنگ قابل قبول ارائه شده برای ضرایب شکست α و γ پراکندگی رنگ‌های لکه برای هر کدام از انواع آزمون، معرف دامنه مشاهده شده مواد معدنی از منابع تجاری است. همچنین در مورد کریسوتایل مهم است که اثبات مقادیر λ_0 با توجه به جهت نوسان قطبیده برای جهت‌یابی نرمال و موازی در تشخیص شکست مضاعف پایین آن بیشتر از 100 nm تفاوت نداشته باشد. در مورد کریسوتایل اگرچه بسته به منبع، دامنه‌ای از ضرایب شکست وجود دارد اما مطالعات نشان داده که در یک حالت تقریباً موازی، دو ضریب متفاوت دارد.

شکل‌های ت-1 و ت-2 مثالی از کریسوتایل را نشان می‌دهد که در RI 1550 مایع سوار شده و بین قطب‌های متقاطع با صفحه تأخیر 530 nm اضافه شده، دیده می‌شود. به ظاهر موج رشته‌های ریز و رنگ سبز-آبی در جهت شمال شرقی توجه کنید، وقتی فیبرها در جهت شمال غربی می‌چرخند به رنگ نارنجی تغییر می‌کند، نشان‌دهنده این است که فیبرها دارای علامت طویل شدگی مثبت هستند. شکل‌های ت-3 و ت-4 نمونه‌ای از کریسوتایل را در شرایط پراکندگی لکه نشان می‌دهد که برای فیبرهای موازی با جهت نوسان قطبیده، رنگ زرشکی و برای فیبرهای نرمال با جهت نوسان قطبیده، رنگ آبی را نشان می‌دهد. در هر حال لازم است توجه کنیم که رنگ‌های نشان داده شده در دو جهت، بسته به منبع کریسوتایل و رفتار اسیدی و حرارت قبلی متفاوت هستند. با این وجود، آثار هر تغییر به کار رفته برای هر دو ضرایب شکست α و γ و تفاوت بین دو (شکست مضاعف) صرف نظر از منبع کریسوتایل تقریباً ثابت است.

شکل‌های ت-5 و ت-6 مثالی از آموسیت را نشان می‌دهد که در RI 1680 مایع سوار شده و بین قطب‌های متقاطع با صفحه تأخیر 530 nm اضافه شده، دیده می‌شود. فیبرهای نازک که رنگ سبز-آبی را در جهت شمال شرقی نشان می‌دهد، وقتی که فیبرها به جهت شمال غربی می‌چرخند به رنگ نارنجی تغییر می‌کنند نشان‌دهنده این است که این فیبرها دارای علامت مثبت طویل شدگی هستند. به دلیل شکست مضاعف بالاتر آموسیت، برخی فیبرهای ضخیم‌تر تداخل رنگ‌ها را با ترتیبات اول و دوم نشان می‌دهند که می‌توان با نمودار تداخل رنگ‌ها در پیوست ب مقایسه کرد. شکل‌های ت-7 و ت-8 آموسیت را تحت شرایط پراکندگی لکه با رنگ طلایی برای فیبرهای موازی با جهت نوسان قطبیده و رنگ آبی برای فیبرهای نرمال با جهت نوسان قطبیده نشان می‌دهد. غیر از آموسیت‌های حرارت دیده، این رنگ‌ها برای آموسیت‌های منابع مختلف، تفاوت جزئی دارند. رفتار آموسیت حرارت دیده برای دو جهت‌نمایی فیبر در شکل‌های ت-9 و ت-10 شرح داده شده است. آموسیت حرارت دیده، ضرایب شکست بسیار بالا و چند رنگی قهوه‌ای تیره-قهوه‌ای روشن را به ترتیب برای فیبرهای موازی و نرمال با جهات نوسان قطبیده نشان می‌دهد.

شکل‌های ت-۱۱ و ت-۱۲ مثالی از کروسیدولیت را نشان می‌دهد که در RI ۱/۷۰۰ مایع سوار شده و بین قطب‌های متقاطع با صفحه تأخیر ۵۳۰ nm اضافه شده، دیده می‌شود. فیبرها در جهت شمال شرقی به رنگ زرد- نارنجی دیده می‌شوند که با چرخش فیبرها به سمت شمال غربی به رنگ آبی تغییر می‌کند، این نشان می‌دهد که علامت طویل شدگی این فیبرها منفی است. در کروسیدولیت شکست مضاعف بسیار پایین است بنابراین رنگ‌های پراکندگی لکه برای فیبرهای موازی و نرمال با جهت نوسان قطبنده خیلی متفاوت نیستند. اگر چه، قابل تشخیص بودن رنگ آبی روشن برای جهت موازی نشان می‌دهد که RI پایین‌تر با طول موازی فیبر است (به شکل‌های ت-۱۳ و ت-۱۴ مراجعه کنید). چند رنگی آبی- خاکستری در شکل‌های ت-۱۵ و ت-۱۶ نشان داده می‌شود. رفتار کروسیدولیت حرارت دیده برای دو جهت فیبر در شکل‌های ت-۱۷ و ت-۱۸ شرح داده شده است. کروسیدولیت حرارت دیده برای فیبرهای موازی و نرمال با جهت قطبنده به ترتیب چند رنگی قهوه‌ای تیره- قهوه‌ای روشن را نشان می‌دهد. در مورد کروسیدولیت‌های حرارت دیده، همانطور که شرح داده شد، علامت افزایش مثبت است و در این شرایط میکروسکوپ الکترونی با آنالیز پخش انرژی اشعه X برای تشخیص بین کروسیدولیت و آموسیت لازم است.

شکل‌های ت-۱۹ و ت-۲۰ مثالی از تریمولیت SRM ۱۸۶۷ را که در RI ۱/۶۰۵ مایع سوار شده بین قطب‌های متقاطع با ۵۳۰ nm اضافه شده، نشان می‌دهند. فیبرهای نازک رنگ سبز- آبی در جهت شمال شرقی دیده می‌شوند که با چرخش فیبرها به سمت شمال غربی به رنگ نارنجی تغییر می‌کند و این نکته نشان می‌دهد که فیبرها دارای علامت طویل شدگی مثبت دارند. به دلیل شکست مضاعف متوسط تریمولیت که برخی فیبرهای ضخیم‌تر تداخل رنگ‌ها را با ترتیبات اول و دوم نشان می‌دهند، می‌توان با نمودار تداخل رنگ‌ها در پیوست ب مقایسه کرد. شکل‌های ت-۲۱ و ت-۲۲ تریمولیت SRM ۱۸۶۷ را تحت شرایط پراکندگی لکه برای فیبرهای موازی با نزدیک‌ترین موقعیت کاهش دید در جهت نوسان قطبنده با رنگ زرد و در سایر موقعیت‌های کاهش دید با رنگ آبی تیره نشان می‌دهد. رنگ آبی تیره فیبر در شکل ت-۲۲ و اندازه زاویه کاهش دید نشان می‌دهد که RI این فیبر ضریب شکست α را در این جهت ارائه می‌دهد. شکل‌های ت-۲۳ تا ت-۲۶ تریمولیت SRM ۱۸۶۷ سوار شده در RI ۱/۶۲۵ مایع، حد واسط ضرایب شکست α و γ فیبرها را نشان می‌دهد. شکل‌های ت-۳۵ تا ت-۳۸ مثالی از تریمولیت مرجع HSE سوار شده در RI ۱/۶۰۵ مایع را نشان می‌دهند. این تنوع تریمولیت، نشان‌دهنده کاهش دید موازی است.

شکل‌های ت-۲۷ و ت-۲۸ مثالی از اکتینولیت SRM 1867 را سوار شده در RI ۱/۶۳۰ مایع و بین قطب‌های متقاطع با صفحه تأخیر ۵۳۰ nm اضافه شده، نشان می‌دهد. فیبرهای نازک رنگ آبی- سبز در جهت شمال شرقی با چرخش به سمت شمال غربی به رنگ نارنجی تغییر می‌کند و این نشان‌دهنده آن است که علامت طویل شدگی آن مثبت است. به دلیل متوسط شکست مضاعف تریمولیت که برخی فیبرهای ضخیم‌تر تداخل رنگ‌ها را با ترتیبات اول و دوم نشان می‌دهند، می‌توان با نمودار تداخل رنگ‌ها در پیوست ب مقایسه شوند. شکل‌های ت-۲۹ و ت-۳۰ تریمولیت SRM 1867 را تحت شرایط پراکندگی لکه با رنگ بنفش- قرمز برای فیبرهای موازی با نزدیک‌ترین موقعیت کاهش دید در جهت نوسان قطبنده و رنگ آبی روشن برای فیبرهای سایر موقعیت‌های کاهش دید نشان می‌دهد. شکل‌های ت-۳۹ تا ت-۴۴ مثالی از اکتینولیت مرجع HSE را سوار شده در RI ۱/۶۴۰ مایع نشان می‌دهد. اکتینولیت HSE به

طور قابل ملاحظه‌ای دارای فرم آزبستی بیشتری نسبت به اکتینولیت SRM 1867 است و همانطور که در شکل‌های ت-۴۳ و ت-۴۴ آمده، کاهش دید موازی را همانند چند رنگی نشان می‌دهد.

شکل‌های ت-۳۱ و ت-۳۲ مثالی از آنتوفیلیت SRM 1867 را که در RI ۱/۶۰۵ مایع سوار شده بین قطب‌های متقاطع با صفحه تأخیر ۵۳۰ nm اضافه شده، نشان می‌دهد. رنگ سبز-آبی فیبرهای نازک در جهت شمال شرقی که با چرخش فیبرها به جهت شمال غربی به رنگ نارنجی تغییر می‌کند، نشان‌دهنده آن است که فیبرها دارای علامت طولیل شدگی مثبت هستند. به دلیل متوسط شکست مضاعف آنتوفیلیت، برخی فیبرهای ضخیم‌تر تداخل رنگ‌ها را با ترتیبات اول و دوم نشان می‌دهند، می‌توان با نمودار تداخل رنگ‌ها در پیوست ب مقایسه شوند.

شکل‌های ت-۳۳ و ت-۳۴ آنتوفیلیت را در شرایط پراکندگی لکه با رنگ آبی-بنفش برای فیبرهای موازی با جهت نوسان قطبیده و رنگ آبی روشن برای فیبرهای نرمال نسبت به جهت نوسان قطبیده نشان می‌دهد. شکل ت-۳۳ برخی فیبرهایی را نشان می‌دهد که رنگ‌های پراکندگی لکه بنفش را ظاهر می‌کنند. این امر بیان‌گر آن است که RI در جهت‌یابی بالاتر از ۱/۶۳۰ نمایانگر ضریب ۷ است. سایر فیبرها، رنگ آبی را نشان می‌دهند که بیان‌گر این است که RI در جهت‌یابی محوری خاص کمتر از ۱/۶۳۰ است. چون همه فیبرها در جهت مرتبط با جهت قطبیده تنها ضریب ۷ را نشان می‌دهند، رشد درونی تالک در دسته فیبرها احتمال دارد. شکل‌های ت-۴۵ تا ت-۴۸ مثالی از آنتوفیلیت مرجع HSE را RI ۱/۶۰۵ مایع نشان می‌دهند.

شکل‌های ت-۴۹ و ت-۵۰ مثالی از ریچتریت/وینچیت را که در مایع با RI ۱/۶۳۰ سوار شده بین قطب‌های متقاطع با صفحه تأخیر ۵۳۰ nm اضافه شده، نشان می‌دهد. فیبرهای نازک رنگ آبی-سبز را در جهت شمال شرقی نشان می‌دهد که با چرخش فیبرها به سمت شمال غرب به رنگ نارنجی تغییر می‌کنند و این بیان‌گر آن است که فیبرها علامت طولیل شدگی مثبت را نشان می‌دهند. به دلیل متوسط شکست مضاعف، برخی فیبرهای ضخیم‌تر تداخل رنگ‌ها را با ترتیبات اول و دوم نشان می‌دهند، می‌توان با نمودار تداخل رنگ‌ها در پیوست ب مقایسه شوند. شکل‌های ت-۵۱ و ت-۵۲ وینچیت/ریچتریت را تحت شرایط پراکندگی لکه با رنگ بنفش برای فیبرهای موازی با نزدیک‌ترین موقعیت کاهش دید در جهت نوسان قطبیده و رنگ آبی برای فیبرهایی در سایر موقعیت‌های کاهش دید را نشان می‌دهد. بدون توجه به ظاهر خیلی خوب فرم آزبستی این نمونه، فیبرها کاهش دید مایل را نشان می‌دهند.

۴-۲-۷ تداخلات

۱-۴-۲-۷ آزبست‌های حرارت دیده

وقتی آزبست حرارت می‌بیند تغییراتی در آن اتفاق می‌افتد. بنابراین، توصیه می‌شود اگر آماده‌سازی نمونه شامل حرارت دادن ماده حاوی آزبست می‌باشد، مراقبت دقیق انجام شود. حتی به مدت کوتاه هم در معرض حرارت گرفتن کروسیدولیت در دمای 300°C تا 500°C باعث تغییر رنگ و افزایش RI و افزایش شکست مضاعف می‌شود. تغییراتی که در مورد کروسیدولیت در مجاورت دما روی می‌دهد عبارتند از: علامت طولیل شدگی معکوس می‌شود و رنگ از خاکستری به زرد سپس نارنجی-قهوه‌ای تغییر می‌کند، چند رنگی در مرحله رنگ‌پذیری خاکستری متوقف می‌شود، اما در حرارت بیشتر دوباره ظاهر می‌شود. علامت طولیل شدگی در آموسیت مثبت باقی می‌ماند، اما رنگ از

زرد به قهوه‌ای تیره تغییر می‌کند و چندر رنگی مشاهده می‌شود. بنابراین، تنزل درجه آموسیت و کروسیدولیت توسط دما را نمی‌توان پس از دادن حرارت حدود 500°C با میکروسکوپ نوری از سایرین تشخیص داد. ضرایب شکست کریسوتایل بعد از حرارت حدود 600°C یا بالاتر، به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد: شکست مضاعف کاهش می‌یابد و در موارد معدودی، علامت طویل شدگی به منفی تغییر می‌یابد و فیبرها به قهوه‌ای کم رنگ (رنگ پریده) تبدیل می‌شود. تغییر آزبست در مجاورت حرارت بستگی به میزان دما و طول مدتی دارد که نمونه حرارت می‌بیند. طولانی شدن مدت حرارت و بالا رفتن درجه حرارت می‌تواند باعث تخریب کامل آزبست شود اما با نمونه-گیری صحیح و در موقعیت‌های جانبی یا در آثار مخروبه که در طی ساخت بنا جدا می‌شوند، می‌توان فیبرهای ساده را پیدا کرد. به هر حال، در موقعیت‌های نهایی برای شناسایی با میکروسکوپ الکترونی تحلیلی مورد نیاز است. در پیوست الف، مثال‌هایی از آموسیت و کروسیدولیت حرارت دیده در نور صفحه قطبنده نشان داده شده است.

۲-۴-۲-۷ کریسوتایل تصفیه شده

مجاورت کریسوتایل با محیط آبی اسیدی می‌تواند به کاهش ضرایب شکست منجر شود که به عنوان یک پیامد تصفیه منیزیم از ساختار کریستالی می‌باشد. همچنین تصفیه پیشرفته منجر به کاهش شکست مضاعف هم می‌شود که سرانجام تبدیل به ترکیبی با خواص فیزیکی مشابه می‌گردد. علاوه بر عملکرد اسیدهای معدنی به کار رفته در برخی از فرایندها در این استاندارد، تصفیه هم ممکن است در کریسوتایل مجاور با آب مهاجم اتفاق بیفتد (آب دارای کسر جرمی پایین کلسیم و منیزیم حل شده و pH پایین).

کریسوتایل تصفیه شده ممکن است روی سطح محصولات سیمانی کریسوتایلی مانند مواد سقفی برای مدت‌های طولانی در مجاورت با آب باران قرار گیرد.

۳-۴-۲-۷ فیبرهایی با ویژگی‌های ریخت شناختی و/یا نوری مشابه با آزبست‌ها

اکثر فیبرهایی که در بندهای زیر مورد بحث قرار می‌گیرند، به ندرت در نمونه‌های مشاهده شده برای آنالیز اتفاق می‌افتند. به هر حال، تحلیل‌گران نیاز دارند که از وجود آنها آگاه بوده و از ویژگی‌های اختصاصی آن‌ها در PLM مطلع باشند. پنج نوع فیبر وجود دارد که می‌توانند مشابه کریسوتایل باشند. برخی از فیبرهای معدنی هم می‌توانند شبیه آمفیبول‌ها باشند.

پلی‌اتیلن مهم‌ترین فیبر مزاحم است چون به عنوان آزبست جایگزین به کار می‌رود. پلی‌اتیلن ریز شده به کریسوتایل شبیه است. در RI ۱/۵۵۰ مایع رنگ‌های پراکندگی لکه در دامنه کریسوتایل‌ها وجود دارند، با این‌که تحلیل‌گران با تجربه، تفاوت‌های ریخت شناختی و غیراشباع از ستون رنگ آبی به فیبرها را به دلیل RI پایین در این جهت مشاهده می‌کنند، شکست مضاعف بالاتر از کریسوتایل است. اگر پلی‌اتیلن مشکوک باشد، ذوب فیبر روی یک سطح داغ یا در شعله آتش به راحتی آن‌ها را از کریسوتایل مشخص می‌سازد.

فیبرهای چرم شکست مضاعف پایین دارند و رنگ‌های پراکندگی لکه مشابه با کریسوتایل دارند. شکل فیبرهای چرم در بزرگنمایی زیر ۱۰۰ مشابه کریسوتایل ظاهر می‌شود. اما معمولاً به صورت فیبریل‌های همسان قابل رویت به

سادگی دیده می‌شوند. فیبریل‌های اختصاصی کریسوتایل برای دیده شدن با PLM بسیار کوچک هستند. در هر حال دسته‌های یکسان و یک شکل فیبریل‌ها قابل مشاهده هستند. در بیشتر نمونه‌ها، تفاوت بین کریسوتایل و چرم را می‌توان طی بررسی با میکروسکوپ استریو (لوپ) تشخیص داد. اگر چرم مشکوک باشد، نمونه باید در 400°C خاکستر شود تا ناخالصی حذف شود و سپس خاکستر باقیمانده دوباره برای شناسایی آزیست مورد بررسی قرار گیرد توصیه می‌شود دقت شود دما بالاتر از 500°C نرود.

فیبرهای آرامید خیسانده شده در آب ممکن است با ریخت شناسی مشابه کریسوتایل ظاهر شوند اما آن‌ها را می‌توان از طریق شکست مضاعف به شدت بالا، تشخیص داد که تداخل رنگ‌های سفید را با ترتیب صعودی نشان می‌دهند. وقتی در مایع با RI ۱/۵۵۰ سوار می‌شوند، ضرایب شکست آن‌ها به روشنی با ضرایب شکست کریسوتایل متناقض است.

شبکه عنکبوتی و فیبرهای آلی طبیعی مانند سلولز و پرها، ضرایب شکست نزدیک به کریسوتایل دارند و تداخل رنگ‌های مشابه را بین صفحات متقاطع نشان می‌دهند. در نمونه‌ای با مواد کم الیافی، ریخت شناسی این فیبرها را به آسانی می‌توان از کریسوتایل تمیز داد. در هر حال در نمونه‌هایی محتوی مواد ذره‌ای مهم، گاهی به دلیل محو بودن ذرات تنها قسمت کوچکی از فیبر قابل مشاهده است که می‌تواند به شناسایی نادرست منتهی گردد. این فیبرها را می‌توان با خاکستر کردن نمونه یا قرار دادن در معرض شعله آتش حذف نمود.

فیبرهای تالک، نوارهای نازکی هستند که اغلب با پیچش‌های ریخت شناسی خاص خود قابل تشخیص هستند. مقادیر RI موازی با طول فیبر آن‌ها در دامنه ۱/۵۸۹ تا ۱/۶۰۰ است و هنگامی که در مایع با RI ۱/۵۵۰ غوطه‌ور می‌شوند، رنگ پراکندگی لکه در آن‌ها زرد کم رنگ است. دو ضریب شکست دیگر تالک در دامنه‌های ۱/۵۳۹ تا ۱/۵۵۰ و ۱/۵۸۹ تا ۱/۶۰۰ است و با یک عدسی شیئی پراکندگی رنگ‌های آبی و زرد کم‌رنگ ستون فیبرها در RI ۱/۵۵۰ مایع در جهت‌یابی‌های متفاوت به عنوان فیبر لوله شده قابل مشاهده هستند. تشخیص این موضوع که ضریب ۷ در هر گونه فیبر افقی که ریخت شناختی نوار مانند را نشان نمی‌دهند، پایین‌تر از ۱/۶۱۵ است، به منظور مستثنی کردن امکان آنتوفیلیت بودن فیبرها، مهم است.

بروسیت الیافی به طور طبیعی شامل فیبرهای مستقیم سفید تا قهوه‌ای کم رنگ است، اما بروسیت قدرت کشش آزیست را کم می‌کند. ترد و شکننده است و در اسید قابل حل می‌باشد. بروسیت علامت طویل شدگی منفی دارد که در هنگام حرارت دیدن به مثبت برمی‌گردد، گاهی اوقات فیبرهای بروسیت ممکن است به صورت همسانگرد ظاهر شوند و از طریق ضرایب شکست از کریسوتایل قابل تشخیص هستند. بروسیت در توقف مرکزی پراکندگی لکه، رنگ های زرد تا زرد کم رنگ را در مایع با RI ۱/۵۵۰ نشان می‌دهد.

به طور سطحی سنگ معدن الیافی می‌تواند با تریمولیت اشتباه گرفته شود سنگ معدن الیافی یک ریخت شناسی سوزنی دارد که در ظاهر سفید و ترد و شکننده است و به کندی در اسید حل می‌شود. پس از رفتار برای یک مدت کوتاه (حدود ۱۵ دقیقه) در 100 g/l اسید هیدروکلریک فیبرها فضای سیاه شده‌ای را نشان می‌دهد. سنگ معدن همیشه یک زاویه کاهش دید غیر صفر را نشان می‌دهد. RI تقریباً موازی با فیبر در دامنه ۱/۶۲۸ تا ۱/۶۵۰ قرار دارد.

دو ضریب شکست دیگر در دامنه‌های ۱/۶۲۶ تا ۱/۶۴۰ و ۱/۶۳۱ تا ۱/۶۵۳ است و متقاطع با فیبر، در جهت‌های متفاوت همان طور که فیبر لوله‌ای شده مشاهده می‌شود. یک ویژگی متمایز آن است که RI اغلب موازی طول فیبر با جهت نوسان قطبنده در حد واسط بین دو ضریب شکست است و در جهت‌یابی‌های مختلف متقاطع با فیبر به همان شکل لوله‌ای فیبر مشاهده می‌شود. آزمایش بسیاری از فیبرها با قطب‌های متقاطع و با صفحه تأخیر ۵۳۰ nm اضافه شده، بیشترین علامت طولی شدگی مثبت را نشان می‌دهد و فیبرهایی در دیگر جهت‌یابی‌ها به نظر می‌رسد که علامت طولی شدگی منفی دارند. فشار ملایم بر روی روکش پوشش با یک سوزن می‌تواند برای چرخاندن فیبر به کار رود و نشان می‌دهد برای تغییر علامت طولی شدگی از مثبت به منفی با یک جهت‌یابی محوری متفاوت پیچیده می‌شود. خاک سیلیس ممکن است بخش‌های سوزنی را با ظاهر فیبرها نشان دهد. در هر حال، این فیبرها RI پایین تقریباً ۱/۴۲ دارند و با استفاده از پراکندگی لکه به راحتی از فیبرهای آّبستی قابل تشخیص هستند. همچنین معمولاً ریخت شناسی اختصاصی را در هنگام بررسی مواد در بزرگنمایی حدود ۵۰۰ برابر می‌توان تشخیص داد.

۴-۴-۲-۷ شناسایی سایر ترکیبات نمونه

در یک آنالیز معمولی آزمایشگاهی به طور انتخابی، فیبرها را برای آزمایش منتقل می‌کنند و اکثریت مواد غیر آّبستی نادیده گرفته می‌شود. ترکیبی از بسیاری محصولات آّبستی که نسبتاً در طی تولید یکسان هستند و دانش گسترده این مواد غیر آّبستی می‌تواند در تشخیص بسیاری از محصولات رایج یا فرمول‌بندی آن‌ها کمک کنند. به همین دلیل، توصیه می‌شود تحلیل گر با اطلاعات موجود در پیوست الف آشنا باشد.

۸ آنالیز توسط SEM

۱-۸ کلیات

جزئیات کامل در رابطه با شناسایی فیبرهای مواد معدنی شامل فیبرهای آّبستی با استفاده از SEM که در مرجع بند [۷] کتابنامه آمده است.

۲-۸ الزامات

۱-۲-۸ میکروسکوپ الکترونی روبشی، با یک ولتاژ تسریع کننده حداقل ۲۰ kV

۲-۲-۸ سیستم پراکنش انرژی اشعه X، SEM باید مجهز به تحلیل گر پراکنش انرژی اشعه X شده باشد که قادر به دست‌یابی به یک نتیجه بهتر از ۱۷۰ eV بر روی منحنی Mn K α باشد. عملکرد یک ترکیب اختصاصی از SEM و آشکارکننده حالت جامد اشعه X، به تعداد عوامل جغرافیایی بستگی دارد. آشکارکننده اشعه X باید برای تمایز بین کروسیدولیت و آموسیت قادر به آشکارسازی سدیم در کروسیدولیت باشد.

۳-۲-۸ دستگاه پوشش خلاء، قادر به تولید خلاء بهتر از ۱۰^{-۱۳} Pa باید برای ته‌نشینی تحت خلاء کربن بر روی نمونه‌های SEM مورد استفاده قرار گیرد. یک نگه‌دارنده نمونه مورد نیاز است برای این که به نمونه‌های SEM اجازه دهد که به طور مداوم بچرخند و در طی فرایند پوشش کج شوند.

۸-۳ درجه‌بندی

برای اهداف این روش، درجه‌بندی شامل طیف EDXA از نمونه‌های مرجع از کریسوتایل، آموسیت، کروسیدولیت، تریمولیت، اکتینولیت، آنتوفیلیت و ریچتریت/وینچیت می‌باشد. ترکیبات شیمیایی کریسوتایل، آموسیت، کروسیدولیت و آنتوفیلیت اساساً متفاوت نیستند و مقایسه طیف‌های ناشناخته EDXA با مواردی از سه مرجع آزمون‌های نمونه اساس شناسایی کافی این استاندارد را تشکیل می‌دهد. برای اکثر اهداف، تشخیص و تمایز بین تریمولیت و اکتینولیت ضرورتی ندارد زیرا مرز ترکیبی بین آن‌ها یک امر قراردادی است. زمانی تمایز بین اکتینولیت و تریمولیت ضروری است که SRM ۱۸۶۷ نمونه‌های تریمولیت و اکتینولیت به طور خاص مفید هستند زیرا این نمونه‌ها ترکیباتی دارند که دقیقاً بالا و پایین مرز تعریف شده توسط مجمع کانی شناسی بین‌المللی هستند. در برخی کاربردها، منیزیم ممکن است تا حدودی از کریسوتایل استخراج شود و به ترکیب شیمیایی منتهی می‌شود که به تالک نزدیک می‌شود. برای تسهیل تمایز بین کریسوتایل و تالک یا آنتوفیلیت، توصیه می‌شود که طیف EDXA از یک نمونه شناخته شده تالک به دست آید. از این طیف برای تعریف حد بالای کسر جرمی منیزیم در تالک استفاده کنید. مثال‌هایی از طیف EDXA به دست آمده بر روی نمونه‌های SRM ۱۸۶۶ و SRM ۱۸۶۷، نمونه‌های آزمون مرجع HSE، کروسیدولیت بولیویایی و ریچتریت/وینچیت در پیوست ۳ توضیح داده شده است.

توصیه می‌شود برای شناسایی مثبت، طیف‌های EDXA مرجع استانداردهای آزمون مشابه با آن‌هایی که در پیوست ۳ نشان داده شده، با استفاده از ترکیب خاص SEM و آشکارکننده EDXA ثبت شود، زیرا کارایی‌های آشکارکننده و احجام در بین تجهیزات مختلف متفاوت هستند.

۸-۴ آماده‌سازی نمونه

فیبرهای معرف را با توجه به روش‌هایی تشریح شده در (بندهای ۷-۲-۲ و ۷-۲-۳) هم از نمونه اصلی آزمایشگاهی و هم از تفاله‌های باقی‌مانده پس از عمل‌آوری، انتخاب کنید. این فیبرها را مستقیماً بر روی یک پایه^۱ گرافیتی یا بر روی نوار چسبیده دو طرفه روی پایه SEM سوار کنید و در دستگاه پوشش خلاء قرار دهید و یک فیلم نازک از کاربن را روی سطح فیبرها خشک کنید.

۸-۵ تحلیل کیفی توسط SEM

۸-۵-۱ گرفتن طیف EDXA

گرفتن طیف EDXA از فضاهای پاک فیبری مهم است، زیرا تغییر شکل ارتفاع پیک به وسیله بخش‌هایی از ذرات جدا شده ممکن است شناسایی را به مخاطره بیندازد. ذرات مجاور فیبر تحت آنالیز ممکن است در طیف EDXA توزیع شوند و توصیه می‌شود، این تأثیر تا حد امکان به حداقل برسد.

1 - Stub

۸-۵-۲ آنالیز نمونه

ته‌سوش SEM با فیبرهای ناشناخته در یک بزرگ‌نمایی پایین در SEM بررسی می‌شوند و طیف‌های EDXA از نواحی فیبرهای عاری از سایر ذرات وابسته به دست می‌آید. طیف‌های EDXA با طیف‌های مرجع مقایسه می‌شود.

۸-۵-۲-۱ کریستوتایل

اگر یک فیبر شرایط زیر را داشته باشد، در رده کریستوتایل طبقه‌بندی کنید:

۸-۵-۲-۱-۱ پیک‌های Mg و Si واضح هستند و با نسبت ارتفاع پیک Mg/Si در مرجع قابل مقایسه هستند؛

۸-۵-۲-۱-۲ هر نوع پیک‌های Fe , Mn و Al کوچک هستند.

یادآوری: بسته به ترکیب هر ذره مجاور یا متصل، سایر پیک‌ها را هم می‌توان مشاهده کرد.

مهم - آنتوفیلیت و تالک هر دو طیف‌های EDXA را ایجاد می‌کنند که با این خصوصیات منطبق است اما نسبت ارتفاع پیک Mg/Si برای این مواد معدنی کمتر از نسبت آن‌ها در کریستوتایل است. به منظور اجتناب از طبقه‌بندی اشتباه تالک یا آنتوفیلیت به جای کریستوتایل، به نسبت ارتفاع پیک Mg/Si توجه کنید و آشکارکننده EDXA را با استفاده از نمونه-های شناخته شده تالک و کریستوتایل کالیبره کنید.

۸-۵-۲-۲ آموسیت

اگر یک فیبر شرایط زیر را داشته باشد، در رده آموسیت طبقه‌بندی کنید:

۸-۵-۲-۲-۱ نسبت پیک‌های Mg ، Si و Fe با نسبت آن‌ها در آموسیت مرجع قابل مقایسه است؛

۸-۵-۲-۲-۲ آمار قابل توجهی از پیک‌های Na یا Al موجود نباشد؛

۸-۵-۲-۲-۳ پیک Mn در صورت وجود کوچک است.

یادآوری - بسته به ترکیب هر ذره مجاور یا متصل، سایر پیک‌ها را هم می‌توان مشاهده کرد.

۸-۵-۲-۳ کروسیدولیت

اگر یک فیبر شرایط زیر را داشته باشد، در رده کروسیدولیت طبقه‌بندی کنید:

۸-۵-۲-۳-۱ نسبت پیک‌های Na ، Si و Fe با نسبت آن‌ها در کروسیدولیت مرجع قابل مقایسه است؛

۸-۵-۲-۳-۲ پیک‌های Mg کوچک هستند و هیچ‌گونه پیک Al یا Mn دیده نمی‌شود.

یادآوری ۱- بسته به ترکیب هر ذره متصل یا مجاور، سایر پیک‌ها را هم می‌توان مشاهده کرد.

یادآوری ۲- اگر پیک بزرگی از Mg وجود داشته باشد، امکان دارد که فیبر magnesio-riebeckite باشد. کروسیدولیت بولیویایی تنها منبع تجاری شناخته شده است، اگر چه این نوع کروسیدولیت را در سایر مواد معدنی می‌تواند به عنوان آلودگی باشند.

۴-۲-۵-۸ تریمولیت

اگر یک فیبر شرایط زیر را داشته باشد، در رده تریمولیت طبقه‌بندی کنید:

۱-۴-۲-۵-۸ نسبت پیک‌های Mg، Si، Ca و Fe با نسبت آن‌ها در تریمولیت مرجع قابل مقایسه است؛

۲-۴-۲-۵-۸ آمار قابل توجهی از پیک‌های Na یا Al موجود نباشد؛

۳-۴-۲-۵-۸ پیک Mn در صورت وجود کوچک است.

یادآوری - بسته به ترکیب هر ذره مجاور یا متصل، سایر پیک‌ها را هم می‌توان مشاهده کرد.

۵-۲-۵-۸ اکتینولیت

اگر یک فیبر شرایط زیر را داشته باشد، در رده اکتینولیت طبقه‌بندی کنید:

۱-۵-۲-۵-۸ نسبت پیک‌های Mg، Si و Fe با نسبت آن‌ها در اکتینولیت مرجع قابل مقایسه است؛

۲-۵-۲-۵-۸ آمار قابل توجهی از پیک‌های Na یا Al موجود نباشد؛

۳-۵-۲-۵-۸ پیک Mn در صورت وجود کوچک است.

یادآوری - بسته به ترکیب هر ذره مجاور یا متصل، سایر پیک‌ها را هم می‌توان مشاهده کرد.

۶-۲-۵-۸ آنتوفیلیت

اگر یک فیبر شرایط زیر را داشته باشد، در رده آنتوفیلیت طبقه‌بندی کنید:

۱-۶-۲-۵-۸ فیبر مستقیم است و هیچ نشانه‌ای از ساختار نوار مانند نشان نمی‌دهد؛

۲-۶-۲-۵-۸ نسبت پیک‌های Mg و Si با نسبت آن‌ها در آنتوفیلیت مرجع قابل مقایسه است، آنتوفیلیت از برخی منابع ممکن است پیک Fe را نشان ندهند، اگرچه احتمالاً در آنتوفیلیت تجاری یک پیک از Fe قابل مشاهده است.

۳-۶-۲-۵-۸ آمار قابل توجهی از پیک‌های Na یا Al موجود نباشد؛

۴-۶-۲-۵-۸ پیک Mn در صورت وجود کوچک است.

یادآوری - بسته به ترکیب هر ذره مجاور یا متصل، سایر پیک‌ها را هم می‌توان مشاهده کرد.

۸-۲-۵-۷ آزمون آمفیبول سدیک - کلسیک (ریچتریت/وینچیت)

اگر یک فیبر شرایط زیر را داشته باشد به عنوان آمفیبول سدیک - کلسیک طبقه‌بندی کنید:

۸-۲-۵-۱ طیف آن مشابه با طیف موجود در اکتینولیت یا تریمولیت است اما پیک Ca اساساً کوچک‌تر است و یک پیک Na وجود دارد و یک پیک K هم ممکن است وجود داشته باشد؛

۸-۲-۵-۲ آمار قابل توجهی از پیک Al موجود نباشد؛

۸-۲-۵-۳ پیک Mn در صورت وجود کوچک است.

یادآوری - بسته به ترکیب هر ذره مجاور یا متصل، سایر پیک‌ها را هم می‌توان مشاهده کرد.

۹ آنالیز توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری

۹-۱ کلیات

اطلاعات کامل مربوط به شناسایی فیبرهای آزمون با استفاده از TEM در مراجع بند [۲] و [۴] کتابنامه ارائه شده است. اطلاعات بیشتر در مورد بررسی مواد معدنی با استفاده از TEM در مراجع بند [۲۶] تا [۲۹] کتابنامه داده شده است. یک تکنیک ساده برای اندازه‌گیری کیفی از الگوهای پراش الکترونی در بند [۳۰] ارائه شده است. تفسیر جزئی از الگوهای پراش الکترونی کریستال - مفرد، گاهی نیازمند شناسایی قطعی فیبرهای آمفیبول است که می‌تواند از طریق برنامه‌ی کامپیوتری انجام شود. برای مثال XIDENT (به بند [۳۱] کتابنامه مراجعه شود).

۹-۲ الزامات

میکروسکوپ الکترونی عبوری، به عنوان یک پتانسیل تسریع کننده از ۸۰ kV تا ۱۲۰ kV عمل می‌کند. TEM باید دارای روشنایی باشد و سیستم لنز کندانسور قادر به تشکیل یک پراب الکترونی با قطری کوچک‌تر از ۲۵۰ nm است.

۹-۲-۱ تحلیل گر پراکنش انرژی اشعه X: TEM باید مجهز به یک تحلیل گر پراکنش انرژی اشعه X باشد که قادر به دستیابی به یک نتیجه بهتر از ۱۷۰ eV (FWHM) بر روی پیک $Mn K_{\alpha}$ باشد. چون عملکرد ترکیبات اختصاصی تجهیزات TEM و EDXA بستگی به تعدادی عوامل هندسی دارد، عملکرد مورد نیاز ترکیبات TEM و تحلیل گر اشعه X در شرایط محاسبه شدت اشعه X از یک فیبر با قطر کوچک و با استفاده از یک قطر شعاع الکترونی شناخته شده به دست می‌آید. آشکارکننده‌های حالت جامد اشعه X به ناحیه انرژی پایین کمتر حساس هستند و از این رو محاسبه سدیم در کروسیدولیت یک معیار عملکردی اولیه است. ترکیب میکروسکوپ الکترونی و تحلیل گر اشعه X در شرایط تحلیلی عادی، که یک پیک سدیم تمایز بین طیف کروسیدولیت و آموسیت را امکان پذیر می‌کند، باید بازدهی داشته باشد.

۲-۲-۹ دستگاه پوشش خلاء، اگر شبکه‌های نمونه با پوشش کربن در دسترس نیستند، یک دستگاه پوشش خلاء قادر به تولید خلاء بهتر از 10^{-13} Pa باید برای موقعیت خلاء کربن به منظور آماده‌سازی شبکه‌های پوشیده با کربن به کار رود.

۳-۲-۹ شبکه‌های کالیبراسیون شبکه‌های نمونه TEM آماده شده از پراکندگی کریستال، آموسیت، کروسیدولیت، تریمولیت، اکتینولیت، آنتوفیلیت، ریچتریت/وینچیت و تالک برای کالیبراسیون سیستم EDXA مورد نیاز است.

۴-۲-۹ توصیه می‌شود که از شبکه‌های طلا یا نیکل برای تسهیل آشکارسازی سدیم استفاده شود. برای کالیبراسیون پایدار دوربین به منظور آماده‌سازی الگوهای ED، شبکه‌های نمونه TEM با فیلم‌های نازک خشک شده در خلاء و از جنس طلا، آلومینیوم یا تالیوم [Ti(I)] کلراید ذخیره شده روی فیلم‌های کربن مورد نیاز است.

۵-۲-۹ نوک میکروپیت‌های یکبار مصرف متناسب برای انتقال حجم تقریبی $3 \mu\text{l}$ به شبکه نمونه TEM پوشیده با کربن.

۳-۹ کالیبراسیون

۱-۳-۹ سیستم EDXA

برای اهداف این استاندارد، کالیبراسیون شامل به دست آوردن طیف‌های EDXA از نمونه‌های مرجع کریستال، آموسیت کروسیدولیت، تریمولیت، آنتوفیلیت و ریچتریت/وینچیت می‌باشد. ترکیبات شیمیایی کریستال، آموسیت، کروسیدولیت، و آنتوفیلیت تجاری اساساً هیچ تفاوتی ندارند و مقایسه طیف‌های EDXA ناشناخته با آن‌هایی که از سه نمونه آزمون مرجع هستند، برای شناسایی این استاندارد کافی است. برای اکثر اهداف، تشخیص و تمایز بین تریمولیت و اکتینولیت ضرورتی ندارد زیرا مرز ترکیبی بین آن‌ها یک امر قراردادی است. زمانی تمایز بین اکتینولیت و تریمولیت ضروری است که SRM ۱۸۶۷ نمونه‌های تریمولیت و اکتینولیت به طور خاص مفید هستند زیرا این نمونه‌ها ترکیباتی دارند که دقیقاً در بالا و پایین مرز تعریف شده توسط مجمع کانی شناسی بین‌المللی هستند (به بند [۲۴] کتابنامه مراجعه شود). در برخی کاربردها، منیزیم ممکن است تا حدودی از کریستال استخراج شود و به ترکیب شیمیایی منتهی شود که به تالک نزدیک است. برای تسهیل تمایز بین کریستال و تالک یا آنتوفیلیت، توصیه می‌شود که طیف EDXA از یک نمونه شناخته شده تالک به دست آید. از این طیف برای تعریف حد بالای کسر جرمی منیزیم در تالک استفاده کنید. مثال‌هایی از طیف EDXA به دست آمده بر روی نمونه‌های SRM ۱۸۶۶ و SRM ۱۸۶۷، نمونه‌های آزمون مرجع HSE، کروسیدولیت بولیویایی و ریچتریت/وینچیت در پیوست ۳ توضیح داده شده است. توصیه می‌شود برای شناسایی مثبت، طیف‌های EDXA مرجع استانداردهای آزمون مشابه با مواردی که در پیوست ۳ نشان داده شده، با استفاده از ترکیب خاص SEM و آشکارکننده EDXA ثبت شود، زیرا کارایی‌های آشکارکننده و احجام در بین تجهیزات مختلف متفاوت هستند.

۲-۳-۹ پایداری دوربین برای تفسیر الگوهای ED

در الگوهای پراش الکترون برای کالیبره پایداری شعاع محور λL دوربین، حاصل از طول موج و طول دوربین، از طلا، آلومینیوم یا تالیوم [Tl(I)] کلراید استفاده کنید. شبکه‌های نمونه با ته‌نشت‌های خلا شده، فیلم نازک پلی کریستالی از یکی از این مواد بر روی یک فیلم کربنی نازک برای کالیبراسیون استفاده می‌شود. اطلاعات کالیبراسیون برای دو حلقه اول پراش، جایی که D قطر حلقه است، در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- پایداری شعاع محور دوربین

شعاع محور λL دوربین		درجه بندی مواد
اولین حلقه پراش	دومین حلقه پراش	
$0.117 \text{ } 74D$	$0.101 \text{ } 97D$	طلا
$0.116 \text{ } 90D$	$0.101 \text{ } 24D$	آلومینیوم
$0.192 \text{ } 14D$	$0.135 \text{ } 86D$	تالیوم [Tl(I)] کلراید

۴-۹ آماده سازی نمونه

فیبرهای معرف را با توجه به روش‌هایی تشریح شده در بندهای ۷-۲-۲ و ۷-۲-۳ انتقال دهید و آن‌ها را در یک هاون از جنس سنگ عقیق ریخته و خرد کنید. تقریباً ۱ ml اتانول اضافه کرده و فیبرها را آسیاب کنید تا کاملاً با اتانول ترکیب شوند. یک پایه و گیره آزمایشگاهی نصب کرده و از آن برای نگه داشتن یک جفت انبرک ظریف استفاده کنید که از یک شبکه نمونه پوشاننده کربن TEM حمایت می‌کند به طوری که طرف کربن رو به بالاست. از یک میکروپیپت نوک‌دار با قابلیت ذخیره، مقدار ۳ μl از اتانول را روی شبکه بچکانید و اجازه دهید تا خشک شود. اگر شبکه را در زیر لامپ حرارتی قرار دهید زودتر خشک می‌شود. وقتی که خشک شد شبکه TEM برای بررسی آماده است.

اگر کروسیدولیت یا آمفیبول سدیک-کلسیک مشکوک باشند، توصیه می‌شود که از شبکه TEM طلا پوشیده با کربن استفاده کنید تا اگر از یک شبکه مسی استفاده شده، از هم‌پوشانی جزئی پیک Na K_α توسط پیک Cu L_α اشعه X جلوگیری شود.

۵-۹ تحلیل کیفی توسط TEM

۱-۵-۹ گرفتن طیف EDXA

گرفتن طیف EDXA از فضاهای پاک فیبری مهم است، زیرا تغییر شکل ارتفاع پیک به وسیله بخش‌هایی که از ذرات جدا شده است، ممکن است شناسایی را به مخاطره بیندازند.

۲-۵-۹ کریسوتایل

ساختار ریخت‌شناسی کریسوتایل همان‌طور که در TEM دیده می‌شود یک صفت اختصاصی است و می‌توان به صورت تجربی آن را به سادگی تشخیص داد. در هر حال، تعداد کمی از مواد معدنی، ظاهری مشابه با آن دارند و مشاهدات ریخت‌شناسی به تنهایی برای اکثر نمونه‌ها کافی نیستند.

اگر یک فیبر شرایط زیر را داشته باشد، آن را در رده کریسوتایل طبقه‌بندی کنید:

۹-۵-۲-۱ پیک Mg و Si واضح است و نسبت ارتفاع پیک Mg/Si با کریسوتایل مرجع قابل مقایسه می‌باشند؛

۹-۵-۲-۲ هرگونه پیک Fe، Mn و Al، کوچک هستند.

یادآوری- بسته به ترکیب هر ذره مجاور یا متصل، سایر پیک‌ها را هم می‌توان مشاهده کرد.

مهم- آنتوفیلیت و تالک هر دو طیف‌های EDXA را ایجاد می‌کنند که با این خصوصیات منطبق است اما نسبت ارتفاع پیک Mg/Si برای این مواد معدنی کمتر از نسبت آن‌ها در کریسوتایل است. به منظور اجتناب از طبقه‌بندی اشتباه تالک یا آنتوفیلیت به جای کریسوتایل، روی نسبت ارتفاع پیک Mg/Si دقت کنید و آشکارکننده EDXA را با استفاده از نمونه‌های شناخته شده تالک و کریسوتایل کالیبره کنید.

۹-۵-۳ آموسیت

اگر یک فیبر شرایط زیر را داشته باشد، آن را در رده آموسیت طبقه‌بندی کنید:

۹-۵-۳-۱ نسبت پیک‌های Mg، Si و Fe با نسبت آن‌ها در آموسیت مرجع قابل مقایسه است؛

۹-۵-۳-۲ آمار قابل توجهی از پیک‌های Na یا Al موجود نباشد؛

۹-۵-۳-۳ پیک Mn در صورت وجود کوچک است.

یادآوری- بسته به ترکیب هر ذره مجاور یا متصل، سایر پیک‌ها را هم می‌توان مشاهده کرد.

۹-۵-۴ کروسیدولیت

اگر یک فیبر شرایط زیر را داشته باشد، آن را در رده کروسیدولیت طبقه‌بندی کنید:

۹-۵-۴-۱ نسبت پیک‌های Na، Si و Fe با نسبت آن‌ها در کروسیدولیت مرجع قابل مقایسه است؛

۹-۵-۴-۲ آمار قابل توجهی از پیک Al دیده نمی‌شود؛

۹-۵-۴-۳ پیک‌های Mg کوچک هستند و پیک Mn دیده نمی‌شود.

یادآوری-۱ بسته به ترکیب هر ذره متصل یا مجاور، سایر پیک‌ها را هم می‌توان مشاهده کرد.

یادآوری-۲ اگر پیک بزرگی از Mg وجود داشته باشد، امکان دارد که فیبر magnesio-riebeckite باشد. کروسیدولیت بولیویایی تنها منبع تجاری شناخته شده است، اگر چه این نوع کروسیدولیت را در سایر مواد معدنی می‌تواند به عنوان آلودگی باشند.

۵-۵-۹ تریمولیت

اگر یک فیبر شرایط زیر را داشته باشد، آن را در رده تریمولیت طبقه‌بندی کنید:

۱-۵-۵-۹ نسبت پیک‌های Mg، Ca و Fe با نسبت آن‌ها در تریمولیت مرجع قابل مقایسه است؛

۲-۵-۵-۹ آمار قابل توجهی از پیک Al موجود نباشد؛

۳-۵-۵-۹ هر گونه پیک Na یا K در صورت وجود کوچک است.

یادآوری - بسته به ترکیب هر ذره مجاور یا متصل، سایر پیک‌ها را هم می‌توان مشاهده کرد.

۶-۵-۹ اکتینولیت

اگر یک فیبر شرایط زیر را داشته باشد، آن را در رده اکتینولیت طبقه‌بندی کنید:

۱-۶-۵-۹ نسبت پیک‌های Mg، Si و Fe با نسبت آن‌ها در اکتینولیت مرجع قابل مقایسه است؛

۲-۶-۵-۹ آمار قابل توجهی از پیک‌های Na یا Al موجود نباشد؛

۳-۶-۵-۹ پیک Mn در صورت وجود کوچک است.

یادآوری - بسته به ترکیب هر ذره مجاور یا متصل، سایر پیک‌ها را هم می‌توان مشاهده کرد.

۷-۵-۹ آنتوفیلیت

اگر یک فیبر شرایط زیر را داشته باشد، آن را در رده آنتوفیلیت طبقه‌بندی کنید:

۱-۷-۵-۹ فیبر مستقیم است و هیچ نشانی از ساختار نوار مانند دیده نمی‌شود،

۲-۷-۵-۹ نسبت پیک‌های Mg و Si با نسبت آن‌ها در آنتوفیلیت مرجع قابل مقایسه است - آنتوفیلیت در برخی منابع ممکن است پیک Fe را نشان ندهند، اگرچه احتمالاً در آنتوفیلیت تجاری یک پیک از Fe قابل مشاهده است؛

۳-۷-۵-۹ آمار قابل توجهی از پیک‌های Na یا Al موجود نباشد؛

۴-۷-۵-۹ پیک Mn در صورت وجود کوچک است.

یادآوری - بسته به ترکیب هر ذره مجاور یا متصل، سایر پیک‌ها را هم می‌توان مشاهده کرد.

۸-۵-۹ آزبست آمفیبول سدیک - کلسیک (ریچتریت/وینچیت)

اگر یک فیبر شرایط زیر را داشته باشد به عنوان آمفیبول سدیک - کلسیک طبقه‌بندی کنید:

۹-۵-۸-۱ طیف آن مشابه با طیف موجود در اکتینولیت یا تریمولیت است اما پیک Ca اساساً کوچک تر است و یک پیک Na وجود دارد و یک پیک K هم ممکن است وجود داشته باشد؛

۹-۵-۸-۲ آمار قابل توجهی از پیک Al موجود نباشد؛

۹-۵-۸-۳ پیک Mn در صورت وجود کوچک است.

یادآوری- بسته به ترکیب هر ذره مجاور یا متصل، سایر پیکها را هم می توان مشاهده کرد.

۱۰ گزارش آزمون

گزارش آزمون حداقل باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۱۰-۱ ارجاع به این استاندارد ملی؛

۱۰-۲ شناسایی نمونه، شامل مکان و موقعیت (اگر توسط تحلیل گر شناخته شود)؛

۱۰-۳ تاریخ آنالیز؛

۱۰-۴ مشخصات تحلیل گر؛

۱۰-۵ تمام جزئیات قابل اجرا در آماده سازی نمونه؛

۱۰-۶ هر گونه روشی که در این استاندارد تعیین نشده یا به عنوان یک روش اختیاری رعایت شده است؛

۱۰-۷ نوع یا انواع آزمون های آشکار شده؛

۱۰-۸ روش تحلیلی به کار رفته برای شناسایی آزمون؛

موارد ۱۰-۹ تا ۱۰-۱۱ باید در داده های آزمایشگاهی ثبت شود، اما حد و مرز آنها به عنوان قسمتی از گزارش آزمون اختیاری است؛

۱۰-۹ مشاهدات انجام گرفته برای تایید هویت و شناسایی انواع گزارش شده آزمون که شامل همه روش های اختیاری هم می شود؛

۱۰-۱۰ مجموع کسر جرمی/کسرهای جرمی تخمین زده شده از انواع آزمون در دامنه های زیر آشکار می شوند:

۱۰-۱۰-۱ بدون آشکارسازی؛

۱۰-۱۰-۲ آشکارسازی شده؛

۱۰-۱۰-۳ ۰٫۱٪ تا ۵٪؛

۱۰-۱۰-۴ ۵٪ تا ۵۰٪؛

۱۰-۱۰-۵ ۵۰٪ تا ۱۰۰٪؛

یادآوری ۱- مقوله‌هایی برای گزارش کسرهای جرمی آزبست که فقط تخمینی است، برای راهنمایی در تفسیر نتایج فراهم شده‌اند. اگر لازم است که تصمیمات بحرانی در مورد اساس نتایج در دامنه «آشکار نشده» تا ۵٪ گرفته شود، آنالیز نمونه با روش کیفی مناسب است.

یادآوری ۲- وقتی تحلیل‌گر مقوله گزارش شده «آشکار شده» را به وسیله گزارش نتیجه فراهم می‌کند که فقط یک یا دو فیبر در آنالیز آشکار شوند. مشاهده‌ای که ممکن است پیامد آلودگی غیر عمدی نمونه باشد.

۱۱-۱۰ نوع یا انواع فیبر غیرآزبستی آشکار شده و مشاهدات انجام گرفته‌ای که به این فیبرها اجازه می‌دهد که از فیبرهای آزبستی تشخیص داده شوند.

مثالی از نمونه مناسب برای گزارش آزمون در پیوست ح آمده است.

پیوست الف

(الزامی)

انواع مواد تجاری محتوی آزبست

ویژگی‌های آزبست شامل غیرقابل اشتعال بودن، ثبات شیمیایی و قدرت بالا منجر به استفاده گسترده جهانی از این ماده معدنی در بخش‌های ساختمانی و صنعتی می‌شود. محصولات آزبست-سیمانی، شامل صفحات سبک آزبستی و صفحات آزبستی پیشگیری از آتش، بسته‌بندی‌های آزبستی، البسه آزبستی، تابلوهای آزبستی، فوم‌های آزبستی، آزبست‌های ضد آتش و ضد صوت و صفحات تزئینی (آزبست‌های اسپری شده) و ترکیبات محتوی آزبست برای کاربرد ماله‌کشی و بتونه‌کردن، از مهم‌ترین کاربردها می‌باشند. به علاوه انواعی از محصولات هم وجود دارند که کسر جرمی کوچک‌تری از فیبرهای آزبستی به آن‌ها اضافه می‌شدند، برای مثال رنگ‌هایی برای پوشاننده‌های محافظتی، چسب‌ها، ورقه‌های پلاستیکی و سفال‌ها.

جدول الف-۱ مهم‌ترین مواد حاوی آزبست و مثال‌هایی از کاربرد آن‌ها و نوع کسرهای جرمی آزبستی آن‌ها را نشان می‌دهد. در موارد استثناء کسرهای جرمی آزبست ممکن است خلاف آن چه گفته شده، به کار رود.

جدول الف-۱ مواد حاوی آزیست: مثال هایی از محتوا و کاربرد انواع آزیست

محصول	مثال های کاربردی	نوع آزیست و کسر جرمی
تخته های صاف سیمانی- آزیستی	پوشش سقفی. خطوط فرعی. عامل اصلی نرده پلکان. راه پله. جداگر تیغه ای دیوارها. حفاظ لوله های کابلی. به عنوان تخته سنگ و تخته کوبی در اندازه های کوچک تر در پوشش سقف و بخش های فرعی.	کریسوتایل ۱۰٪ تا ۱۲٪ گاهی هم کمتر از ۵٪ کروسیدولیت یا آموسیت به اضافه کریسوتایل
ورقه های موج دار سیمانی- آزیستی	پوشش سقفی. عایق بندی محیط. خطوط فرعی در بخش صنعتی.	کریسوتایل ۱۵٪ تا ۱۲٪ در بعضی تولیدکننده ها گاهی کمتر از ۵٪ کروسیدولیت، به اضافه کریسوتایل
لوله ها یا کانال های آزیستی- سیمانی	لوله های آب آشامیدنی و فاضلاب. لوله های خدماتی. کانال ها و مجاری ورود و خروج هوا. میله های استوانه ای کابل.	کریسوتایل ۱۰٪ تا ۱۵٪ لوله های آب آشامیدنی هم چنین کمتر از ۵٪ کروسیدولیت یا آموسیت به اضافه کریسوتایل.
قالب های سیمانی- آزیستی	زیر سیگاری های استاندارد. گلدان ها. مواد باغبانی. پیکره سازی ها.	کریسوتایل ۱۵٪-۱۲٪
تخته های ساختمانی سبک یا صفحات مقاوم در برابر آتش حاوی آزیست	درزگیرهای دیوار مقاوم در برابر آتش سوزی. پوشش ضدحریق لوله های تهویه، لوله های کابلی و بدنه های کابلی. دریچه های مقاوم بند آوردن آتش نصب شده در دیوارها	کریسوتایل تقریباً ۱۵٪ و آموسیت تقریباً ۱۵٪

	(دریچه‌های آتش و حصارهای آتش). قفسه‌های محافظ آتش. کاناهای انتقال دود. نصب در و ورودی‌های مقاوم در برابر آتش. زیر ساخت‌های نوری (لوازم برقی).	
کریستال کمتر از ۵۰٪ و گاهی آموسیت کمتر از ۳۵٪	آسترکشی اتاق‌های دارای خطر آتش‌سوزی. جداگرهای تیغه‌ای دیوارها، سطوح و درها. قطعات پیش ساخته بهداشتی. محفظه‌های تکیه‌گاه و تیرک. لایه‌های حفاظتی دود. قفل‌های آتش.	تخته‌های ساختمانی سبک وزن یا صفحات مقاوم در برابر آتش سوزی حاوی آربست

جدول الف-۱ ادامه

محصول	مثال‌های کاربردی	نوع آزیست و کسر جرمی
جداسازها و عایق‌بندی‌های لوله و دیگ بخار حاوی آزیست	جداساز لوله‌ای کاغذی موج‌دار. جداساز لوله و بلوک منیزیم ۸۵٪. جداساز لوله‌های و بلوک سیلیکات کلسیم.	کریسوتایل ۳۰٪ تا ۱۰۰٪ مجموع ۱۵٪ آزیست می‌تواند کریسوتایل، آموسیت یا کروسیدولیت یا هر ترکیبی از ۲ یا بیشتر باشد.
پوشش آزیستی، البسه آزیستی	درزگیرها و نوارهای درزگیری روی دیوارهای سبک مقاوم در برابر آتش‌سوزی (در سقف، کف، اتصال بین عناصر، انتهای دیوار). درزگیرها روی لوله و کانال‌های تغذیه در دیوارها و سقف‌ها درزگیر بین لبه‌ها و کانال‌های تهویه. درزگیرها بر روی شیشه‌های مقاوم در برابر آتش- درهای پناهگاهی و درهای دودکش. درزگیرها و عایق بندی سیستم‌های تولید حرارت، لوله‌ها و شیرهای داغ. پتوهای ضدحریق. البسه‌های مقاوم در برابر حرارت دستکش‌های مقاوم در برابر حرارت. آسترکشی گیره‌های لوله‌ای برای آب داغ، بخار و لوله‌های آب‌پاش. افروزه‌های لامپ. توری برای لامپ‌های گازی.	عمدتاً کریسوتایل (۱۰۰٪ تا ۸۰٪) کروسیدولیت برای کاربردهای مقاوم در برابر اسید
مقواهای آزیستی	نوارهای درزگیر بر روی دیوارها مقاوم در برابر آتش (در سقف، کف، اتصالات بین عناصر، انتهای دیوارها). زیر ساخت‌های نوری (لوازم برقی). پوشش پایین لبه‌های پنجره چوبی بر روی رادیاتورها.	کریسوتایل ۸۰٪ تا ۱۰۰٪
فوم‌های آزیستی	درزگیرهای اتصالات حرکتی. درزگیرهای دریچه‌ها و حصارهای آتش.	کریسوتایل تقریباً ۵۰٪

جدول الف-۱ ادامه

محصول	مثال‌های کاربردی	نوع آزیست و کسر جرمی
آزیست‌های اسپری شده	حداصل زیرین پوشش‌های ضد آتش با ساختار استیل. پوشاننده سقف و دیوار در تالارهای موسیقی تئاتر، کلیساها، گاراژها، اتاق‌های صنعتی (برای حفاظت صوتی). درزگیرهای بستن دهانه‌های کابل، مجاری و کانال‌های سراسری تغذیه در میان دیوارها که در برابر آتش مقاوم هستند. پوشاننده کانال‌های تهویه.	کریسوتایل، کروسیدولیت یا آموسیت ۷۰٪ تا ۴۰٪، همچنین ترکیبی از پشم معدنی با ۲۰٪ آموسیت یا بالای ۳۰٪ کریسوتایل. ترکیبات دیگر شامل ۱۵٪ کریسوتایل با سنگ مروارید یا ورمیکولیت و سنگ گچ. پوشاننده اسپری شده ورمیکولیت (با یا بدون کریسوتایل) تعدادی که می‌تواند شامل بیش از ۲٪ تریمولیت باشد می‌تواند فرم آزیستی داشته باشند. چند درصد از آزیست تریمولیت (ژاپنی).
پوشاننده‌های تزئینی اسپری شده (بافت پوشش‌ها)	پوشاننده سقف و دیوارها برای بافت یک سطح بافتی که بی نظمی‌ها را می‌پوشاند.	کریسوتایل کمتر از ۵٪. برخی مواد تشکیل‌دهنده می‌توانند شامل تریمولیت باشند برخی تریمولیت‌ها می‌توانند دارای فرم آزیستی باشند.
ترکیبات سنگ گچ لایه گچی	فراهم کننده اتصالات صاف بین صفحات مجاور.	کریسوتایل کمتر از ۵٪. برخی مواد تشکیل‌دهنده می‌توانند شامل تریمولیت با کسر جرمی کمتر باشند.
بتونه ترکیبات ماله‌ای حاوی آزیست	دو غابریزی اجزای بتنی پیش ساخته. درزگیر اتصالات حرکتی. لوله‌های تغذیه میان دیوار و سقف. پوشش درب‌های مقاوم در برابر آتش. پوشاننده‌های ضد ضربه (حفاظ‌های اتومبیل) پوشاننده‌های سازه‌های زیر آبی. پوشاننده‌های صفحات اصلی در دیوارهای خانه.	کریسوتایل کمتر از ۲۰٪
سقف‌بندی‌های حاوی آزیست	استحکام در ورقه‌های انعطاف پذیر. لایه‌های حفاظتی مقاوم در برابر پوسیدگی به عنوان مواد کف سازی PVC.	کریسوتایل ۱۰٪ تا ۲۰٪ کریسوتایل ۵۰٪ تا ۱۰۰٪
سفال‌های کف، آسفالت یا PVC آزیستی	استحکام.	سفال‌های آسفالت شامل کریسوتایل کمتر از ۳۵٪، سفال‌های PVC شامل کمتر از ۲۰٪ کریسوتایل.
درزگیر آزیستی لاستیکی	واشر برای لبه‌های لوله.	کریسوتایل ۵۰٪ تا ۹۰٪

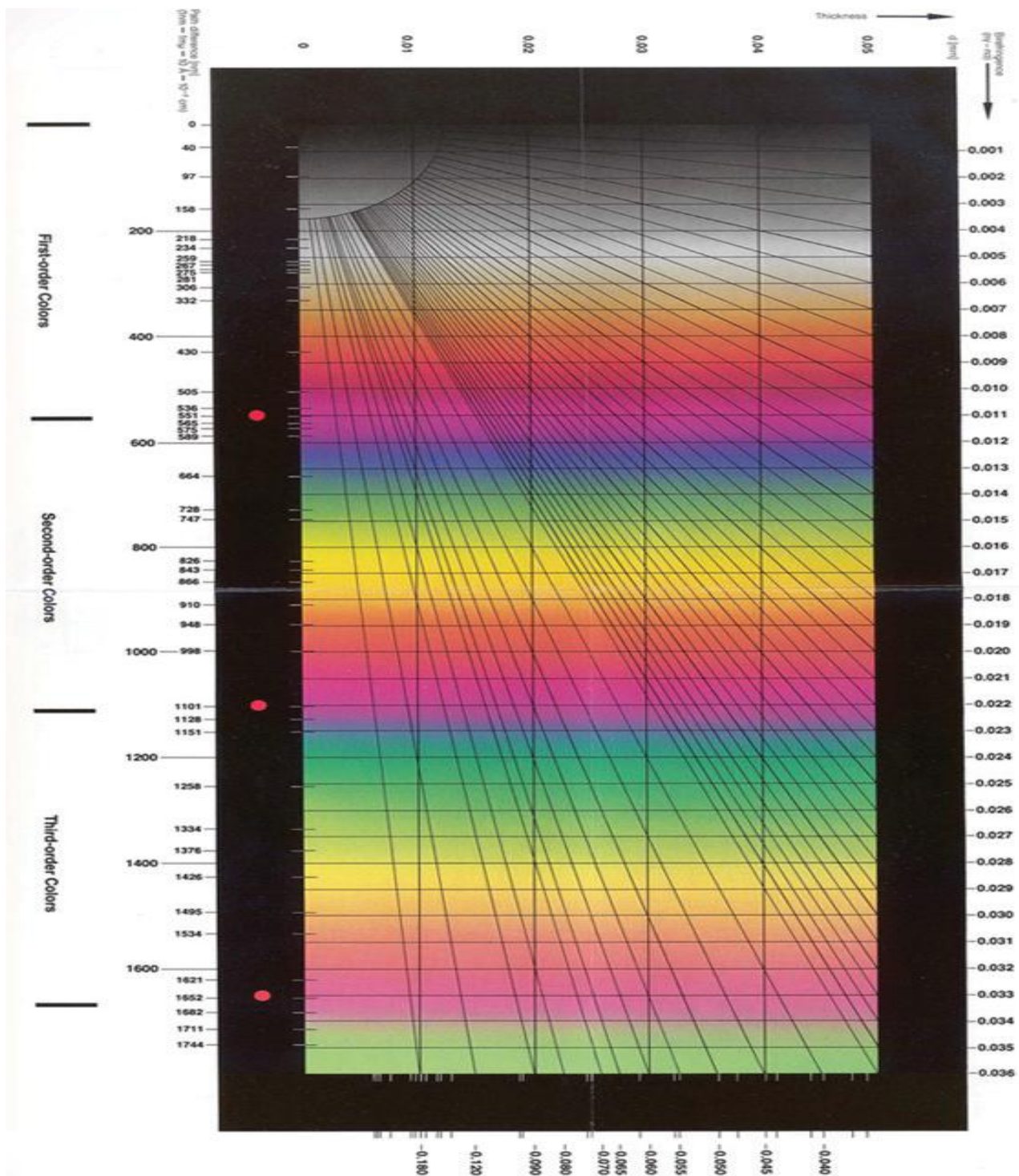
جدول الف-۱ ادامه

محصول	مثال‌های کاربردی	نوع آزمون و کسر جرمی
محصولات اصطکاک حاوی آزمون	جدارهای ترمز. باند‌های ترمزی. جدارهای کلاچ.	کریسوتایل ۱۰٪ تا ۷۰٪
محفظه‌های مقاوم در برابر اسید	جعبه‌های باتری سربی-اسیدی. ظرف مخصوص اسید.	کروسیدولیت ۱۰٪ تا ۵۰٪
واسطه‌های فیلتر	فیلتر هوا. فیلترهای مایع. فیلترهای استریل و ضد عفونی. ورقه‌های تصفیه. دیافراگم‌هایی برای فرایندهای الکترولیز و کلروالکالی. واسطه‌های فیلتراسیون برای بوته‌های گوچ ^۱ .	کریسوتایل، به ندرت اموسیت ۵٪ و برای بوته‌های ۱۰٪ تریمولیت یا آنتوفیلیت
تالک (رسوب محتوی آزمون)	آزادسازی عناصر کابل‌های الکتریکی، محصولات لاستیکی. آزادسازی عناصر در صنعت شیرینی‌سازی. خط‌کشی با پودر گچی. محصولات کاغذی. دارو و محصولات آرایشی.	کریسوتایل و یا اکتینولیت. بعضی از اکتیولیت/تریمولیت‌ها می‌تواند فرم آزمون باشد.
ورمیکولیت (ورقه‌ای)	عایق‌بندی اتاق زیرسقف و حفره دیوار. ضد آتش. محصولات پرورش گل.	به منبع ورمیکولیت بستگی دارد. ورمیکولیت از مونتانا و USA می‌تواند شامل بیش از ۶٪ از مخلوط انواع آمفیبول باشد، برخی از آن‌ها می‌توانند آزمون شکل باشند.
مواد معدنی صنعتی شامل: سنک معدن، کف دریا و لجن	مصنوعات سرامیکی. پرکننده‌های پلاستیکی. مواد سطحی و قطعات از پیش ساخته اتصالی. سفال‌های سقفی. حفاری رسوبات.	به منبع ماده معدنی بستگی دارد. می‌تواند شامل چندین درصد از تریمولیت یا اکتینولیت باشد که برخی از آن‌ها می‌توانند آزمون شکل باشند.

جدول الف-۱ ادامه

محصول	مثال‌های کاربردی	نوع آزمون و کسر جرمی
محصولات مواد معدنی شامل: کلسیت، دولومیت و سنگ گچ	محصولات معدنی ساختمان سازی. استفاده در صنایع.	به منبع ماده معدنی بستگی دارد. کربنات مواد معدنی می‌تواند شامل چندین درصد از تریمولیت یا اکتینولیت باشد که برخی از آنها می‌توانند آزمون‌های شکل باشند.
مواد معدنی صنعتی: میکا	مصنوعات سرامیکی. مواد معدنی ساختمان سازی.	بسته به منبع ماده معدنی، می‌تواند شامل تریمولیت یا اکتینولیت باشد که برخی می‌توانند دارای فرم آزمون‌های باشند.
سطوح آسفالت	ساختارهای جاده‌ای.	کریسوتایل معمولاً کوچکتر یا مساوی ۱٪ است.
گچ‌کاری دیوار و سقف	دیوارهای داخلی و پوشاننده سقف با یا بدون دانه‌بندی و فیبرهایی همچون موی حیوانات یا الیاف کنف.	کریسوتایل معمولاً در محل مخلوط می‌شود و ناهمگون است. هرگونه کسر جرمی می‌تواند تقریباً بیش از ۳٪ باشد.
گل‌های حفاری	اکتشاف روغن، حفاری صخره‌ها.	کریسوتایل. کریسوتایل اغلب خیلی نازک و کوتاه است گاهی از کوالینا ناشی می‌شود. در کالیفرنیا می‌تواند شامل کریسوتایل کمتر از ۱۰۰ باشد.
محصولات شیمیایی برای ساختمان و دیگر محصولات	قیر، پوشش بام و ورقه‌های درزگیر. بتونه‌های درزگیر. بتونه‌های شیشه‌بری. پوشاننده‌های قیری. پرکننده‌ها و درزگیرها. قطعات اتصال دهنده. رنگ‌ها. چسب‌ها. بازدارنده آتش. محافظ سقف کاذب.	کریسوتایل کمتر از ۳۰٪ کریسوتایل کمتر از ۲٪ کریسوتایل کمتر از ۴٪ کریسوتایل کمتر از ۳۰٪ کریسوتایل کمتر از ۲۵٪ کریسوتایل کمتر از ۵٪ کریسوتایل کمتر از ۹٪ کریسوتایل کمتر از ۴٪ کریسوتایل کمتر از ۱۰٪ کریسوتایل کمتر از ۴٪

پیوست ب
(الزامی)
نمودار تداخل رنگ

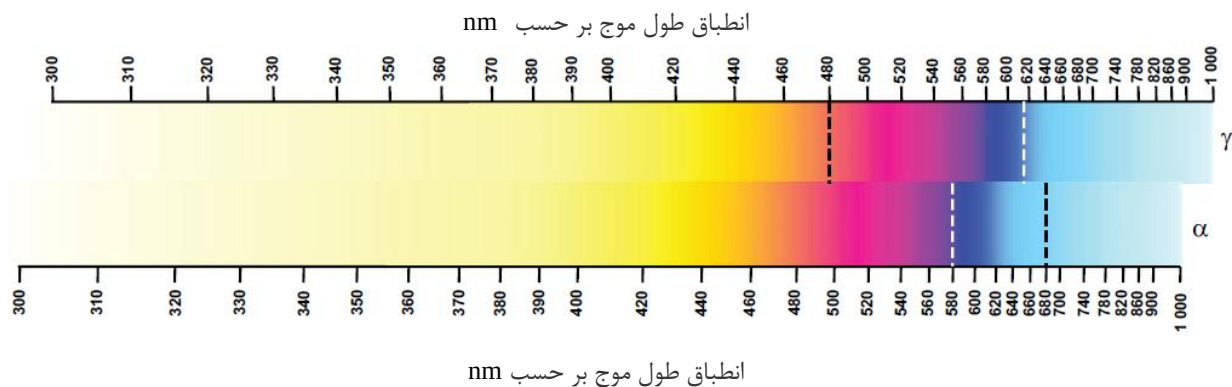


شکل ب ۱- نمودار تداخل رنگ

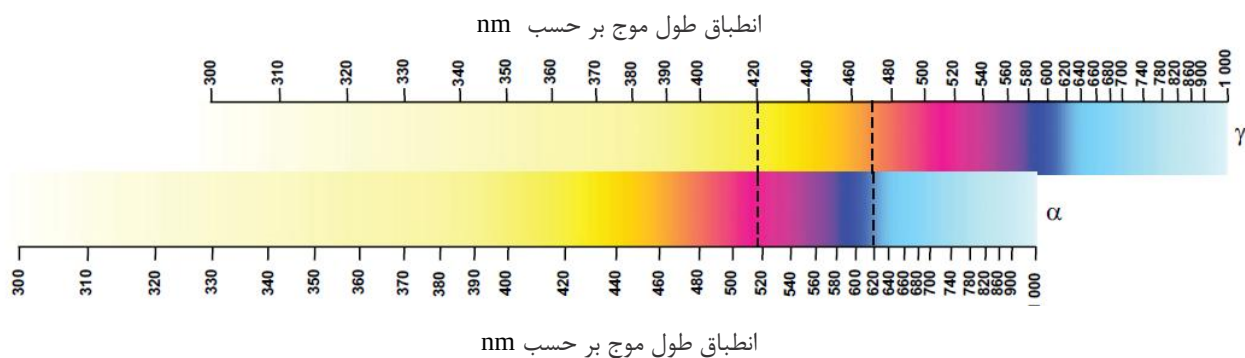
پیوست پ

(الزامی)

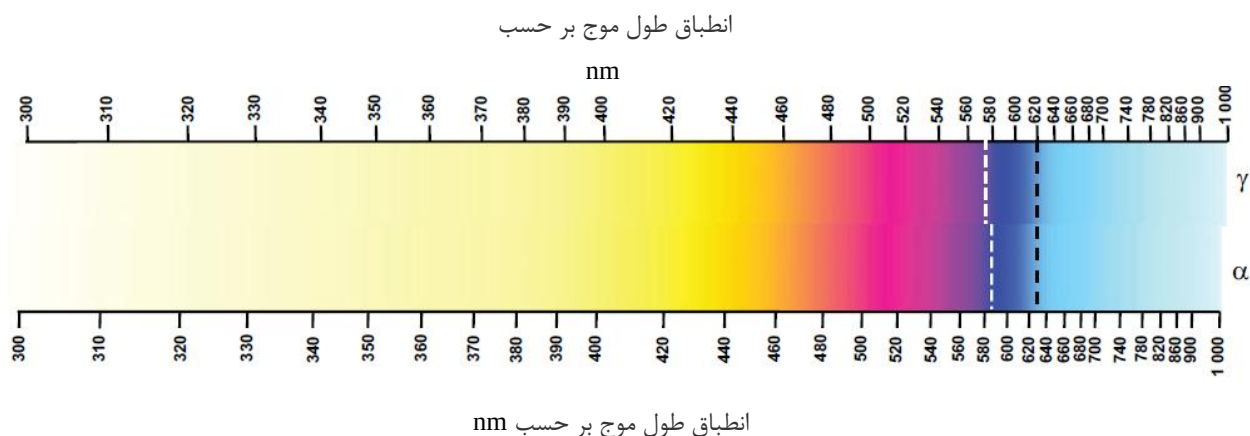
نمودارهای پراکندگی لکه



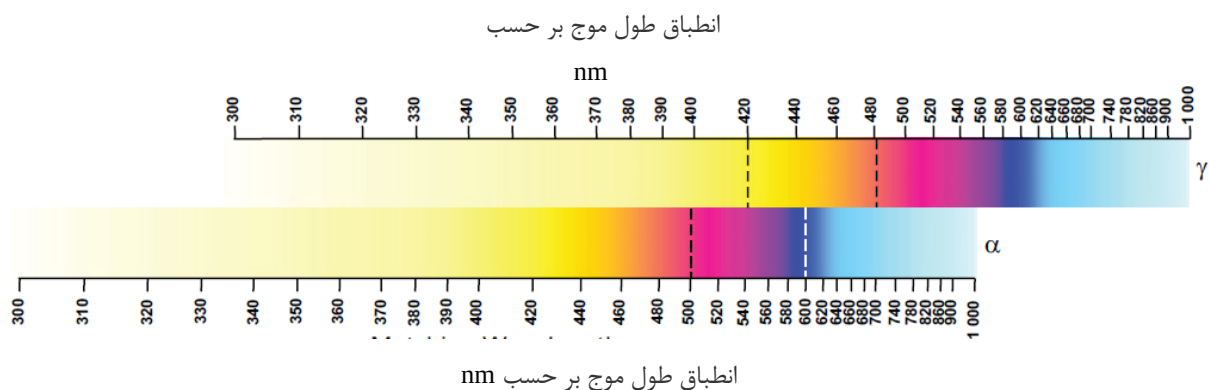
شکل پ ۱- توقف مرکزی پراکندگی لکه‌ها برای آزیست کریسوتایل در مایع با RI ۱/۵۵۰



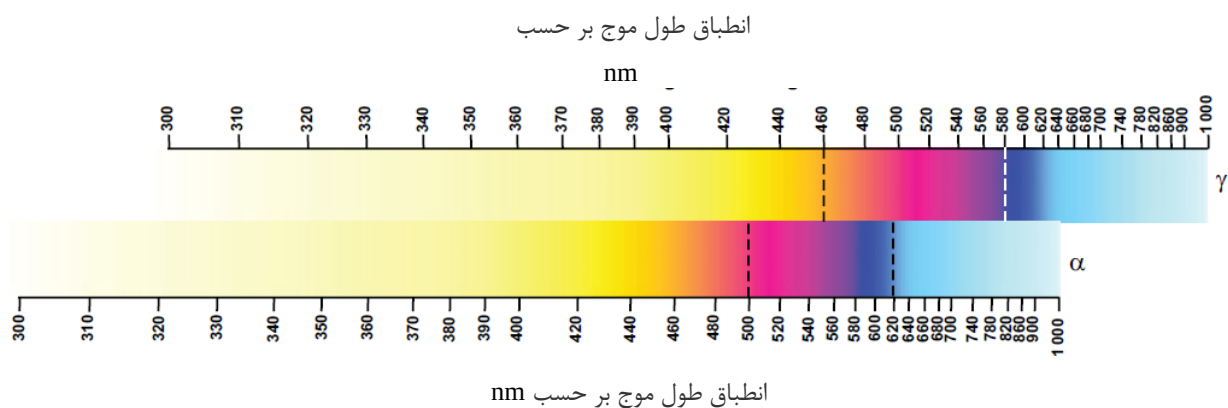
شکل پ ۲- توقف مرکزی پراکندگی لکه‌ها برای آزیست آموسیت در مایع با RI ۱/۶۸۰



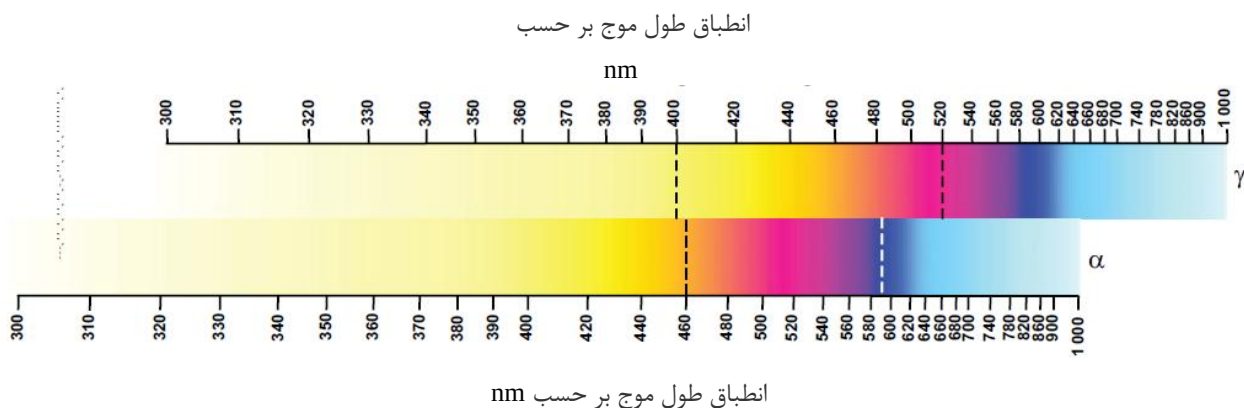
شکل پ ۳- توقف مرکزی پراکندگی لکه‌ها برای آزیست کروسیدولیت در مایع با RI ۱/۷۰۰



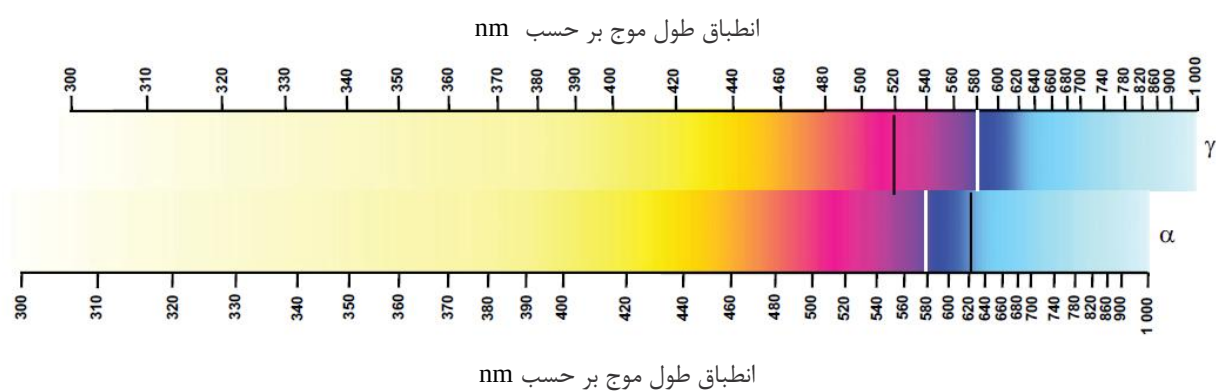
شکل پ ۴- توقف مرکزی پراکندگی لکه‌ها برای آزبست تریمولیت در مایع با RI ۱/۶۰۵



شکل پ ۵- توقف مرکزی پراکندگی لکه‌ها برای آکتینولیت در مایع با RI ۱/۶۳۰



شکل پ ۶- توقف مرکزی پراکندگی لکه‌ها برای آزبست آنتوفیلیت در مایع با RI ۱/۶۰۵

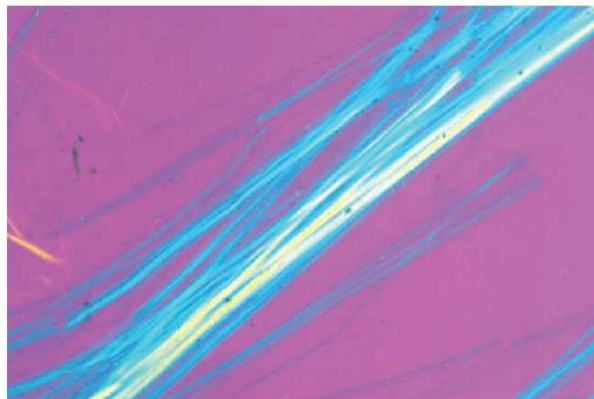


شکل پ ۷- توقف مرکزی پراکندگی لکه‌ها برای آزمون ریچتریت/وینچیت در مایع با RI ۱/۶۳۰

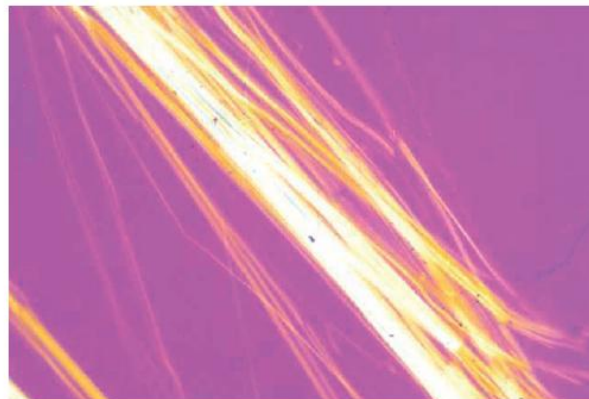
پیوست

(الزامی)

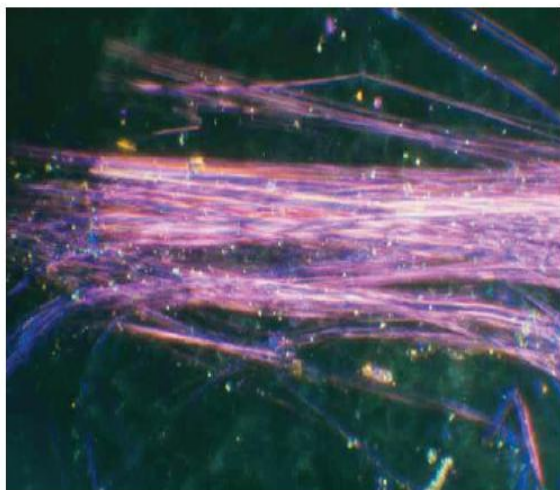
شناسایی آزمون توسط PLM و پراکندگی لکه در مواد تجاری



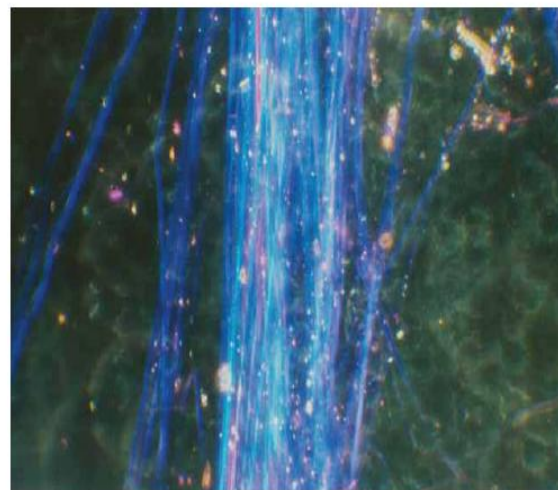
شکل ۱- ریز نگار PLM از SRM ۱۸۶۶ کریستوتایل در مایع با ۱/۵۵۰RI - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر ۵۳۰nm



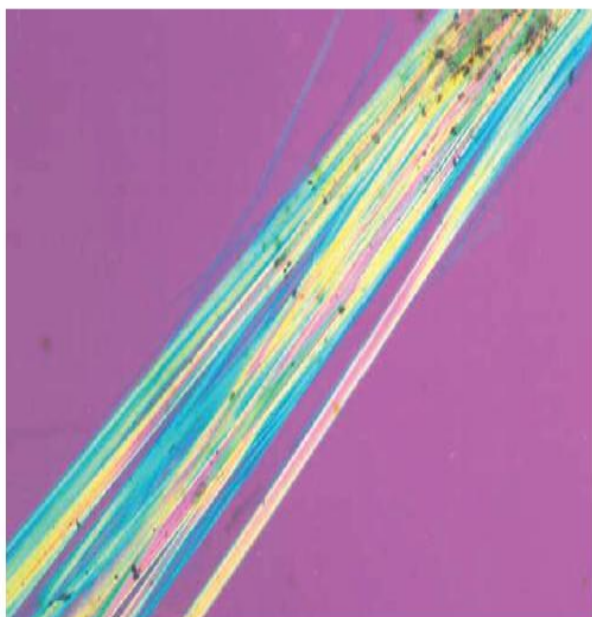
شکل ۲- ریز نگار PLM از SRM ۱۸۶۶ کریستوتایل در مایع با ۱/۵۵۰RI - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر ۵۳۰nm



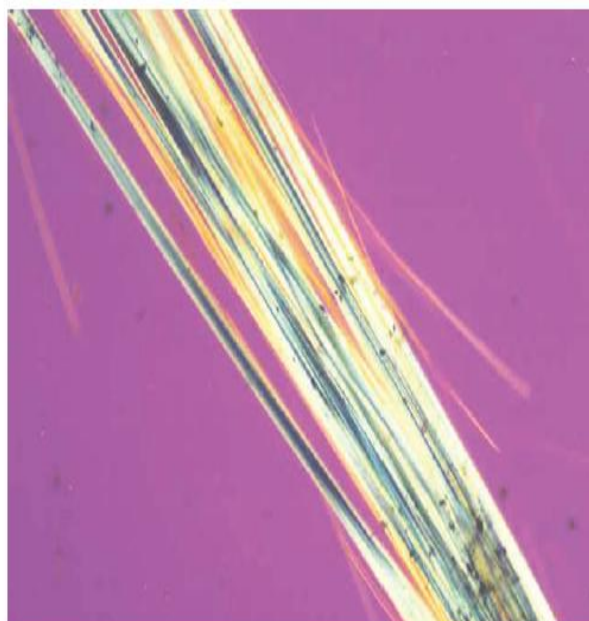
شکل ۳- SRM ۱۸۶۶ کریستوتایل در مایع با ۱/۵۵۰RI پراکندگی لکه مشاهده شده - طول فیبر در جهت موازی با نوسان قطبیده



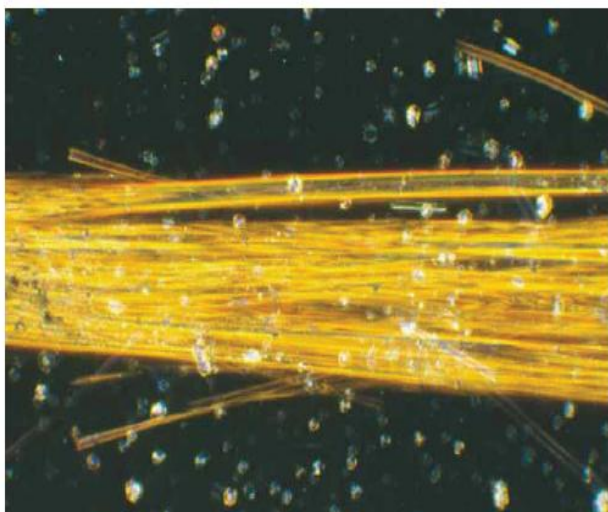
شکل ۴- SRM ۱۸۶۶ کریستوتایل در مایع با ۱/۵۵۰RI پراکندگی لکه مشاهده شده - طول فیبر در جهت نرمال با نوسان قطبیده



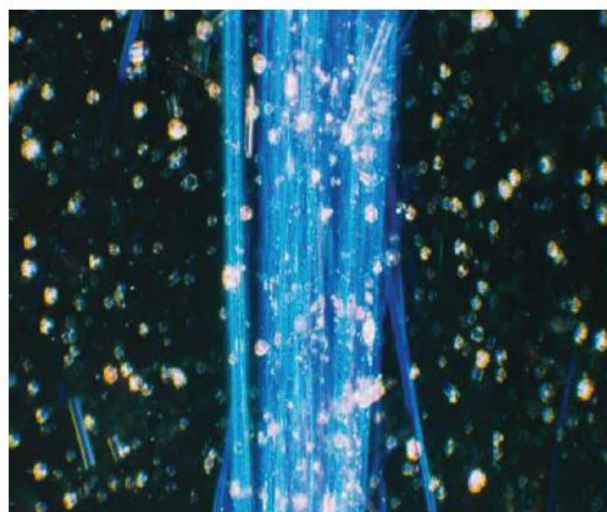
شکل ت ۵- ریز نگار PLM از SRM ۱۸۶۶ آموسیت در مایع
با $1/680\text{RI}$ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر 530nm



شکل ت ۶- ریز نگار PLM از SRM ۱۸۶۶ آموسیت در مایع
با $1/680\text{RI}$ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر 530nm



شکل ت ۷- SRM ۱۸۶۶ آموسیت در مایع با $1/680\text{RI}$
پراکندگی لکه مشاهده شده- طول فیبر در جهت موازی با
نوسان قطبنده



شکل ت ۸- SRM ۱۸۶۶ کریسوتایل در مایع با $1/680\text{RI}$
پراکندگی لکه مشاهده شده- طول فیبر در جهت نرمال با
نوسان قطبنده



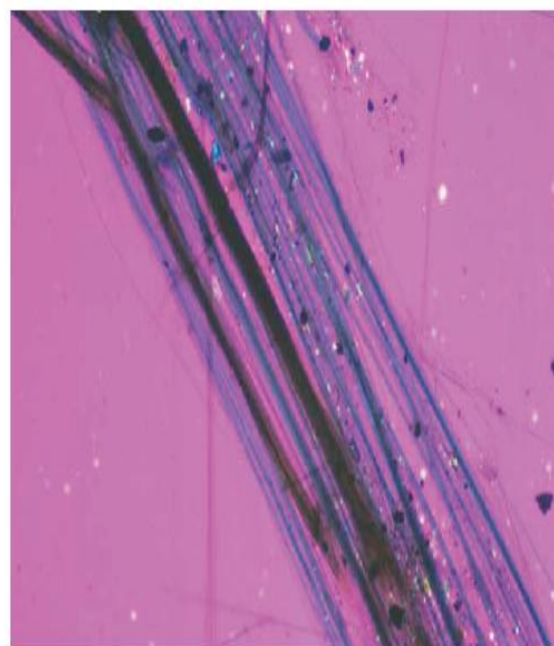
شکل ت ۹- آموسیت گرم شده در $1/680\text{PI}$ مایع مشاهده شده در صفحه نور قطبنده- طول فیبر در جهت موازی با نوسان قطبنده



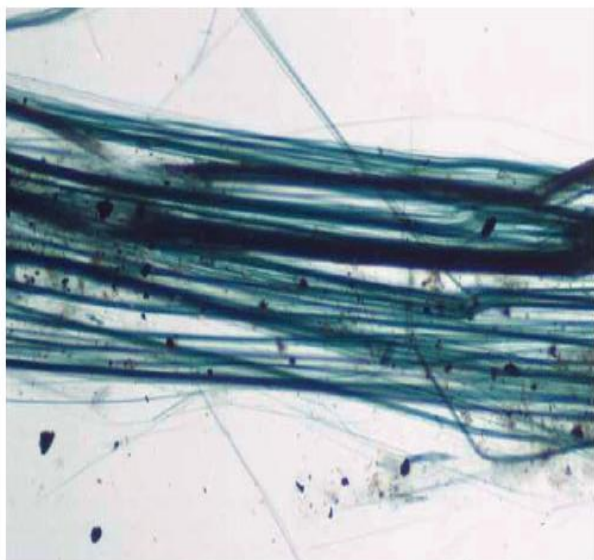
شکل ت ۱۰- آموسیت گرم شده در مایع با $1/680\text{RI}$ مشاهده شده در صفحه نور قطبنده- طول فیبر در جهت نرمال با نوسان قطبنده



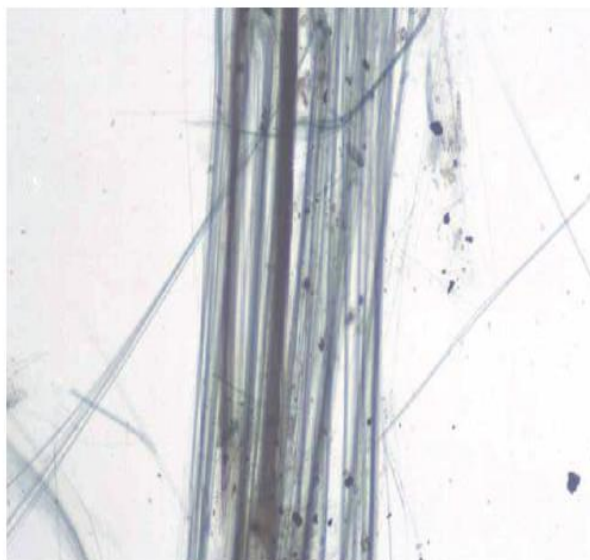
شکل ت ۱۱- ریز نگار PLM از SRM ۱۸۶۶ کروسیدولیت در مایع با $1/700\text{RI}$ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر 530nm



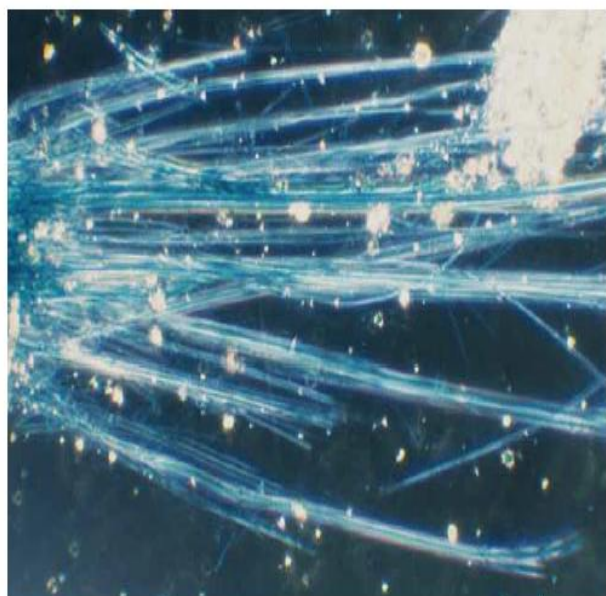
شکل ت ۱۲- ریز نگار PLM از SRM ۱۸۶۶ کروسیدولیت در مایع با $1/700\text{RI}$ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر 530nm



شکل ت ۱۳- SRM ۱۸۶۶ کروسیدولیت در مایع با ۱/۷۰۰ RI در نور صفحه قطبنده- فیبر در جهت موازی با نوسان قطبنده



شکل ت ۱۴- SRM ۱۸۶۶ کروسیدولیت در مایع با RI در نور صفحه قطبنده- فیبر در جهت نرمال با نوسان قطبنده



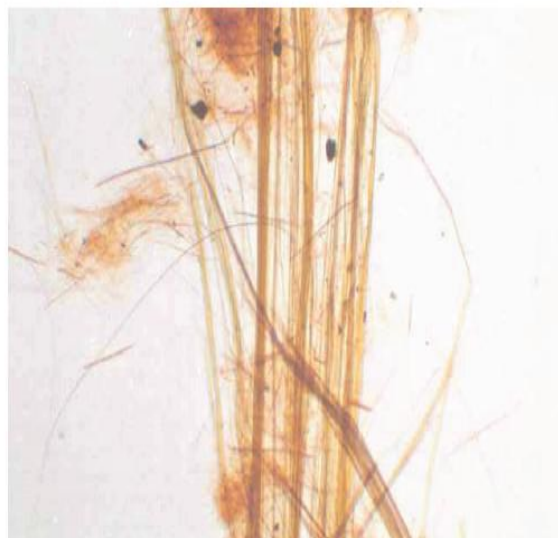
شکل ت ۱۵- SRM ۱۸۶۶ کروسیدولیت در مایع با ۱/۷۰۰ RI پراکندگی لکه- طول فیبرها در جهت موازی با نوسان قطبنده



شکل ت ۱۶- SRM ۱۸۶۶ کروسیدولیت در مایع با ۱/۷۰۰ RI پراکندگی لکه - طول فیبرها در جهت نرمال با نوسان قطبنده



شکل ت ۱۷- کروسیدولیت گرم شده مشاهده شده در صفحه نور قطبنده- طول فیبر در جهت موازی با نوسان قطبنده



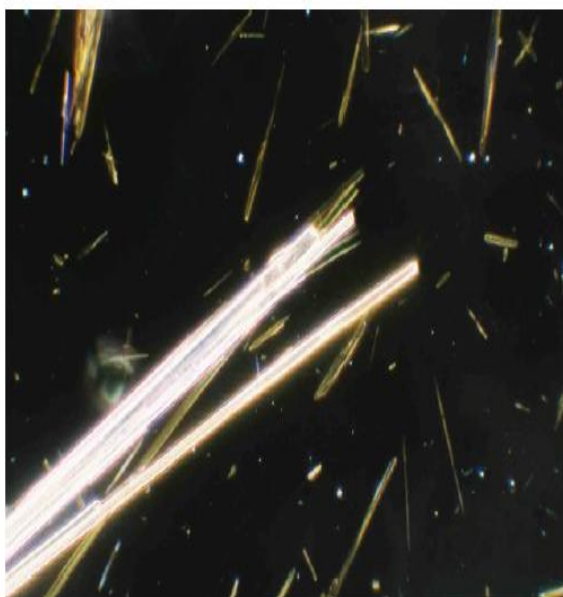
شکل ت ۱۸- کروسیدولیت گرم شده مشاهده شده در صفحه نور قطبنده- طول فیبر در جهت نرمال با نوسان قطبنده



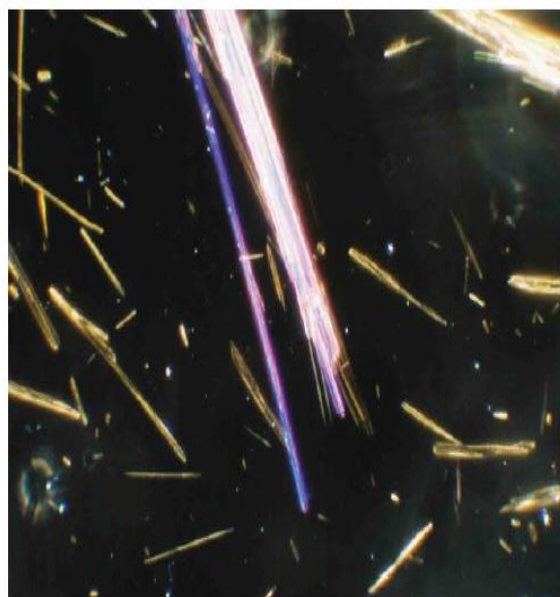
شکل ت ۱۹- ریز نگار PLM از SRM ۱۸۶۷ تریمولیت در مایع با ۱/۶۰۵RI - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر ۵۳۰nm



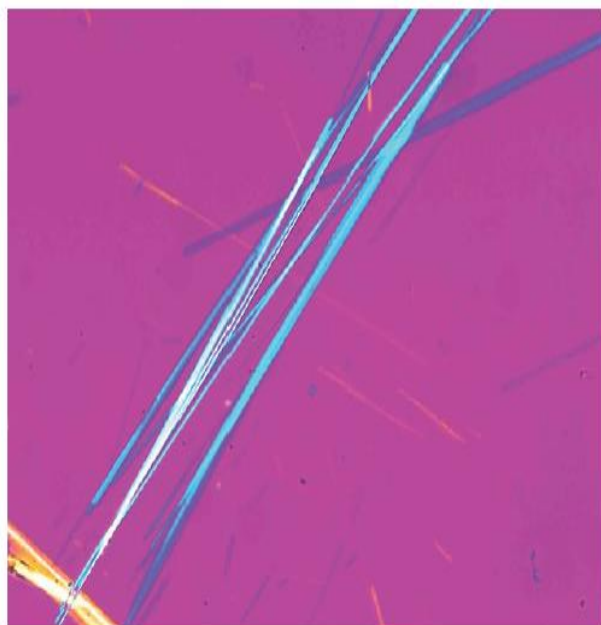
شکل ت ۲۰- ریز نگار PLM از SRM ۱۸۶۷ تریمولیت در مایع با ۱/۶۰۵RI - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر ۵۳۰nm



شکل ت ۲۱- SRM ۱۸۶۷ تریمولیت در مایع با $1/60\Delta RI$ مشاهده شده در پراکندگی لکه- فیبرها در حالت کاهش نور



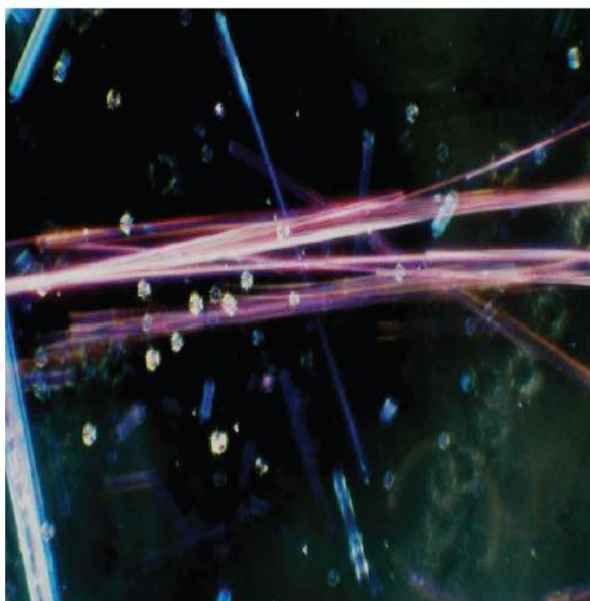
شکل ت ۲۲- SRM ۱۸۶۶ تریمولیت در مایع با $1/60\Delta RI$ مشاهده شده در پراکندگی لکه- فیبرها در حالت کاهش نور



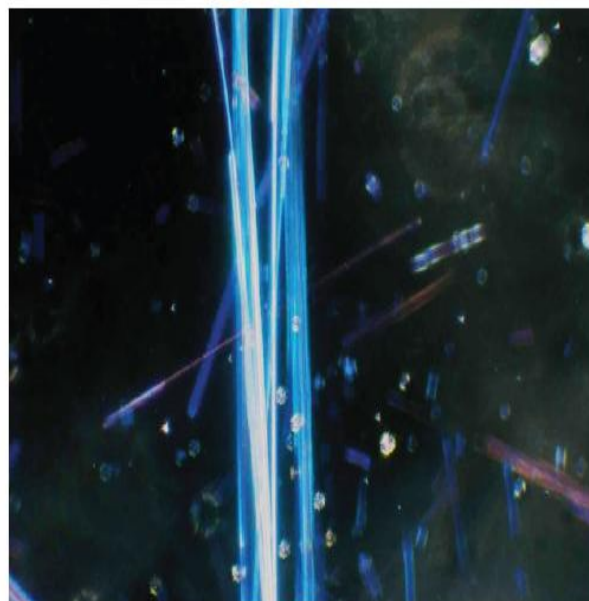
شکل ت ۲۳- ریز نگار PLM از SRM ۱۸۶۷ تریمولیت در مایع با $1/62\Delta RI$ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر 530nm



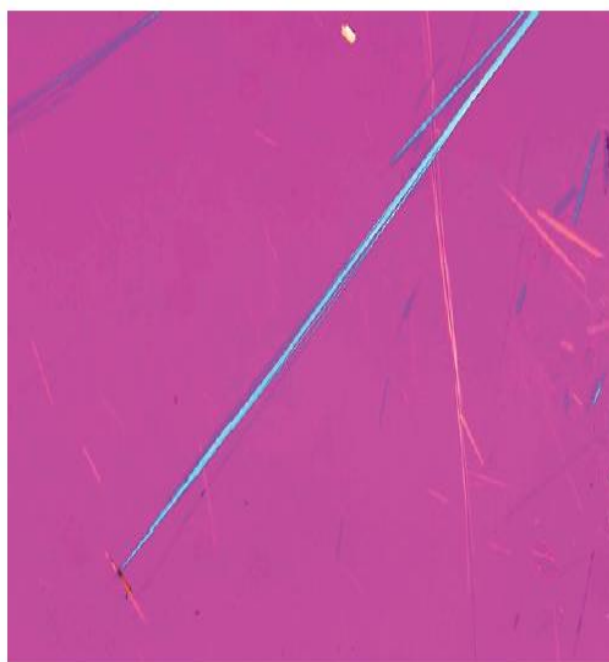
شکل ت ۲۴- ریز نگار PLM از SRM ۱۸۶۷ تریمولیت در مایع با $1/62\Delta RI$ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر 530nm



شکل ت ۲۵- SRM ۱۸۶۷ تریمولیت در مایع با RI ۱/۶۲۵
مشاهده شده در پراکندگی لکه- فیبرها در حالت کاهش نور



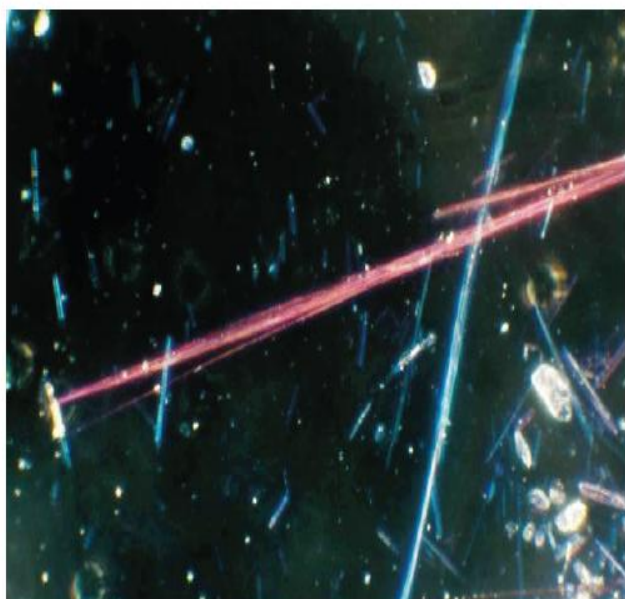
شکل ت ۲۶- SRM ۱۸۶۶ تریمولیت در در مایع با RI ۱/۶۲۵
مشاهده شده در پراکندگی لکه - فیبرها در حالت کاهش نور



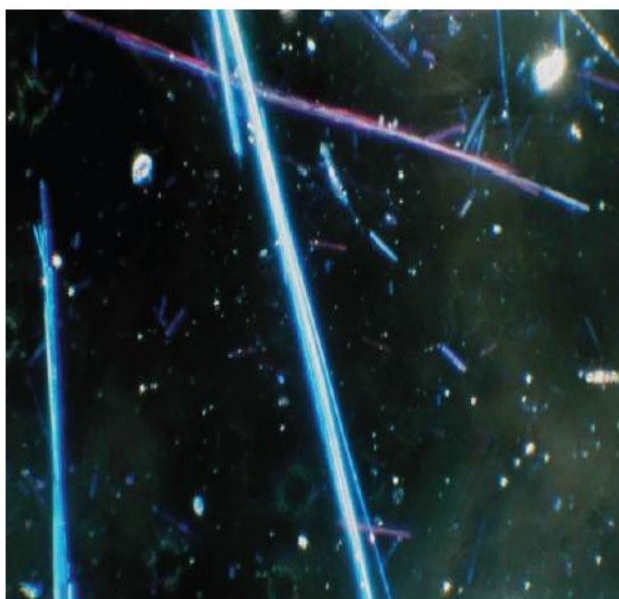
شکل ت ۲۷- ریز نگار PLM از SRM ۱۸۶۷ اکتینولیت در
مایع با RI ۱/۶۳۰ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر
۵۳۰nm



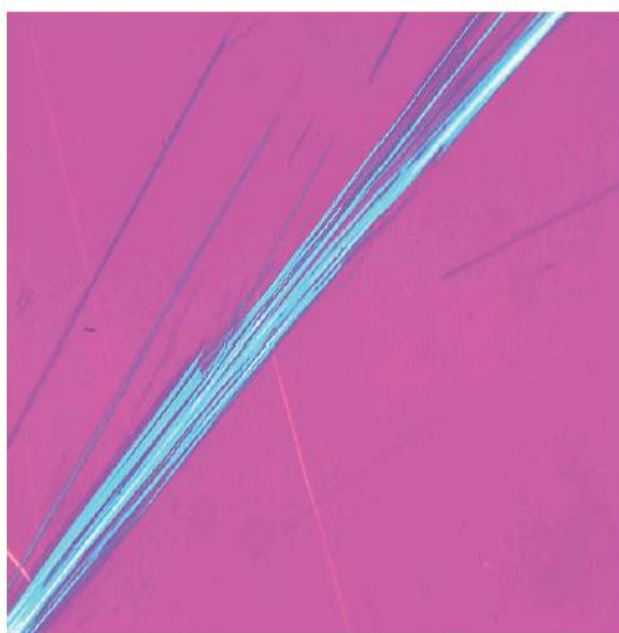
شکل ت ۲۸- ریز نگار PLM از SRM ۱۸۶۷ اکتینولیت در
مایع با RI ۱/۶۳۰ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر
۵۳۰nm



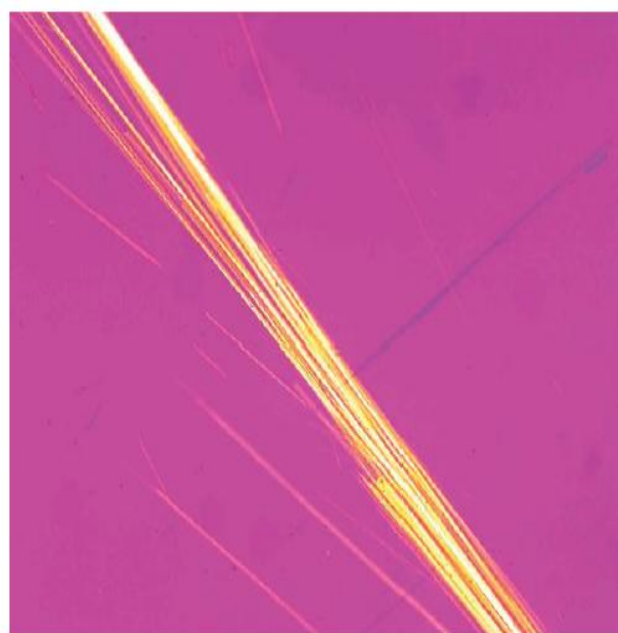
شکل ت ۲۹- SRM ۱۸۶۷ اکتینولیت در مایع با $1/630RI$ مشاهده شده در پراکندگی لکه- فیبر بنفش در حالت کاهش نور



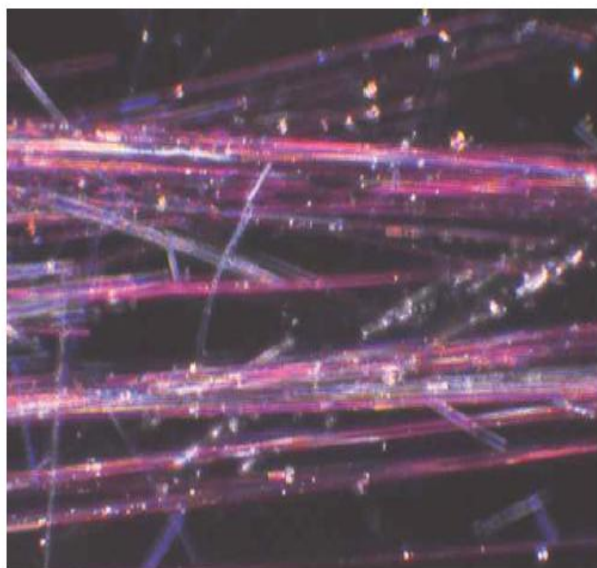
شکل ت ۳۰- SRM ۱۸۶۶ تریمولیت در مایع با $1/630RI$ مشاهده شده در پراکندگی لکه - نور آبی فیبر در حالت کاهش نور



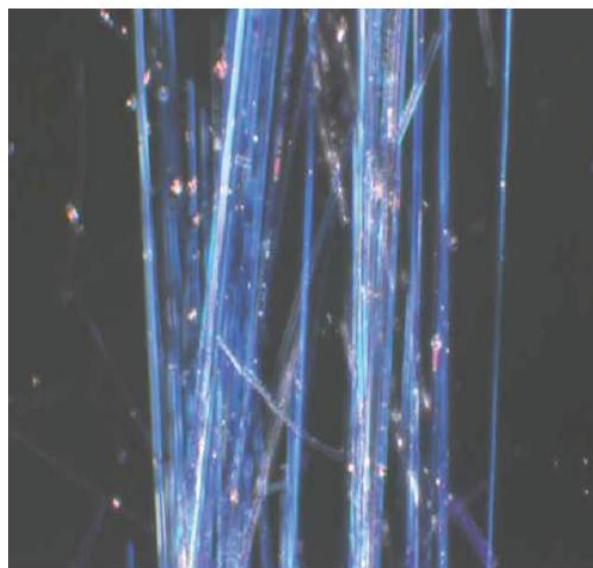
شکل ت ۳۱- ریز نگار PLM از SRM ۱۸۶۷ آنتوفیلیت در مایع با $1/605RI$ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر $530nm$



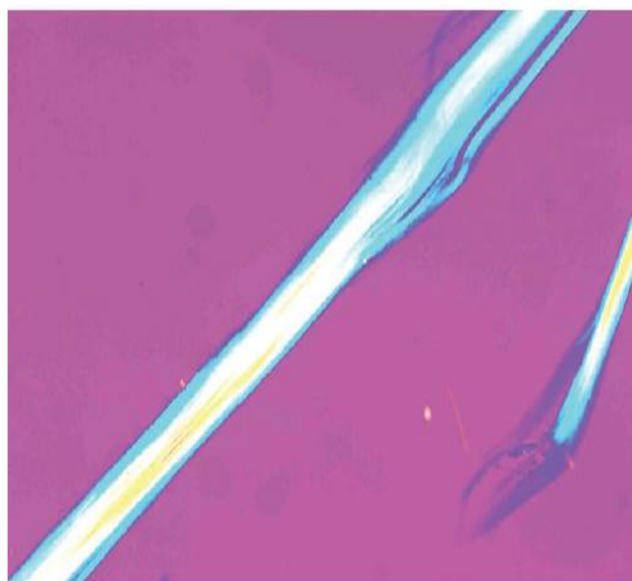
شکل ت ۳۲- ریز نگار PLM از SRM ۱۸۶۷ آنتوفیلیت در مایع با $1/605RI$ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر $530nm$



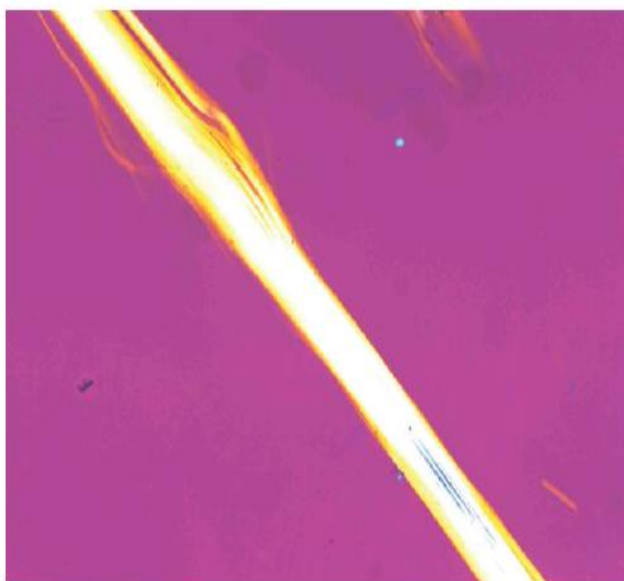
شکل ت ۳۳ - SRM ۱۸۶۷ آنتوفیلیت در مایع با $1/630RI$ مشاهده شده در پراکندگی لکه - طول فیبر در جهت موازی با نوسان قطبیده



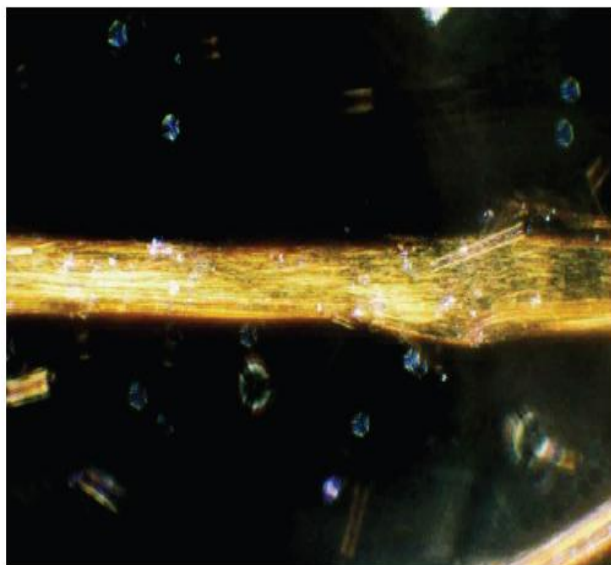
شکل ت ۳۴ - SRM ۱۸۶۶ آنتوفیلیت در مایع با $1/630RI$ مشاهده شده در پراکندگی لکه - طول فیبر در جهت نرمال با نوسان قطبیده



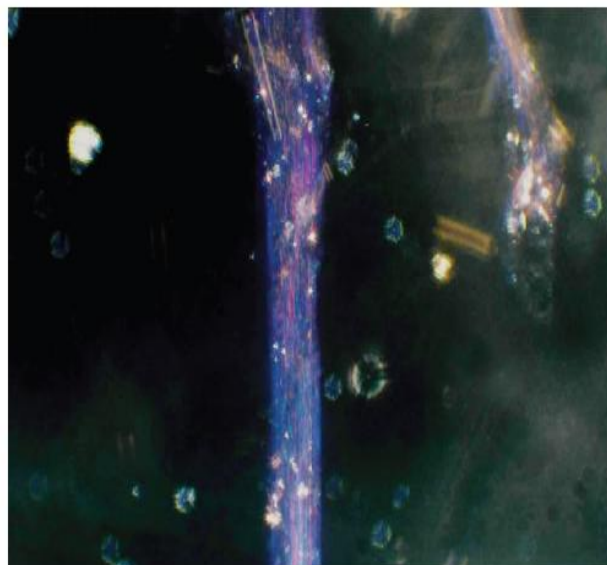
شکل ت ۳۵ - ریز نگار PLM از HSE تریمولیت در مایع با $1/605RI$ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر $530nm$



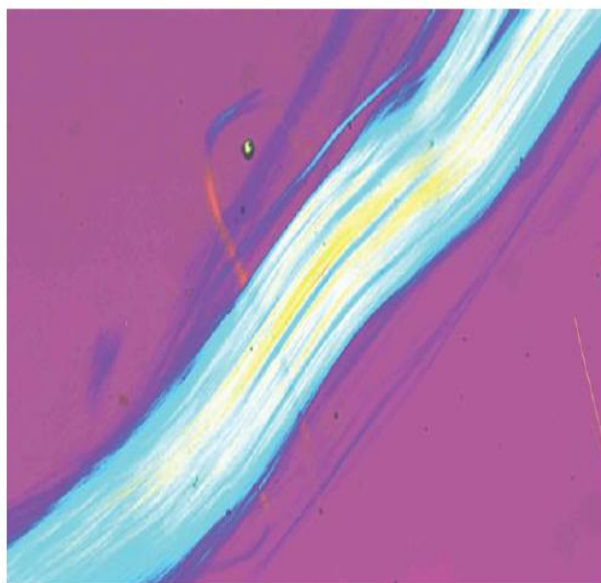
شکل ت ۳۶ - ریز نگار PLM از HSE تریمولیت در مایع با $1/605RI$ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر $530nm$



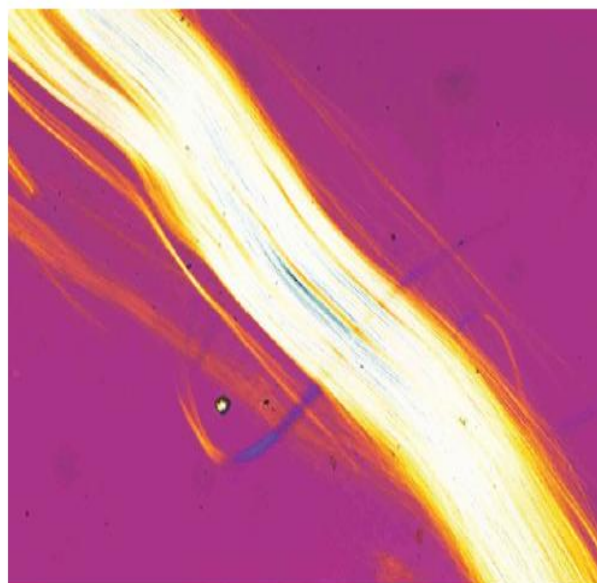
شکل ت ۳۷- HSE تریمولیت در $1/60.5RI$ مشاهده شده در پراکندگی لکه- طول فیبر موازی با جهت نوسان قطبیده



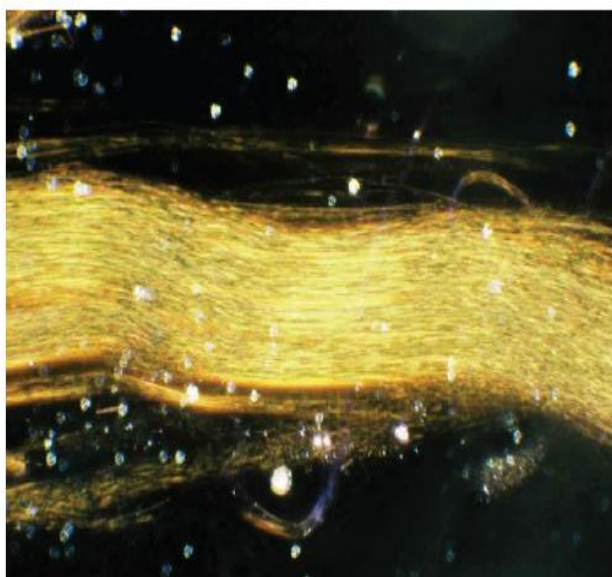
شکل ت ۳۸- HSE تریمولیت در مایع با $1/60.5RI$ مشاهده شده در پراکندگی لکه- طول فیبر نرمال با جهت نوسان قطبیده



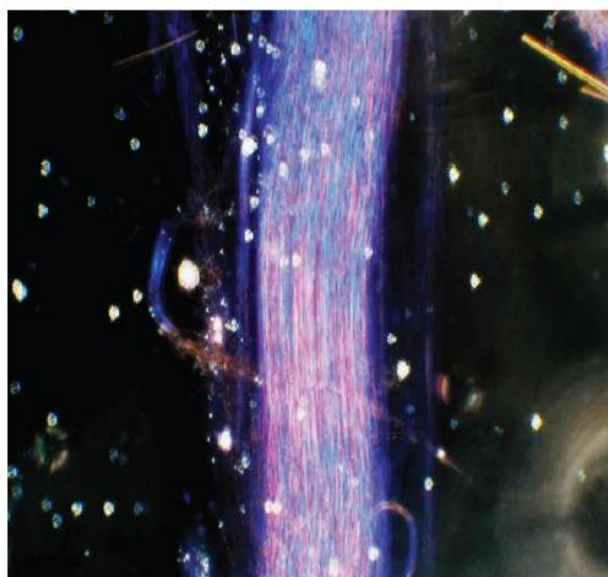
شکل ت ۳۹- ریز نگار PLM از HSE اکتینولیت در مایع با $1/640RI$ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر $530nm$



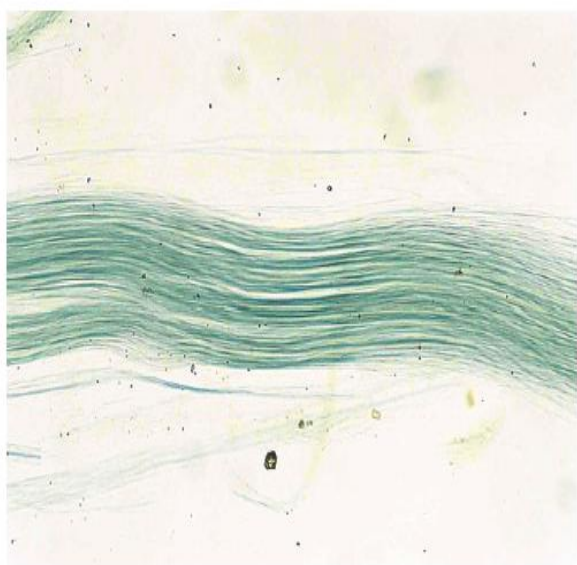
شکل ت ۴۰- ریز نگار PLM از HSE تریمولیت در مایع با $1/640RI$ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر $530nm$



شکل ت ۴۱- HSE اکتینولیت در مایع با RI ۱/۶۴۰ مشاهده شده در پراکندگی لکه- طول فیبر موازی با جهت نوسان قطبنده



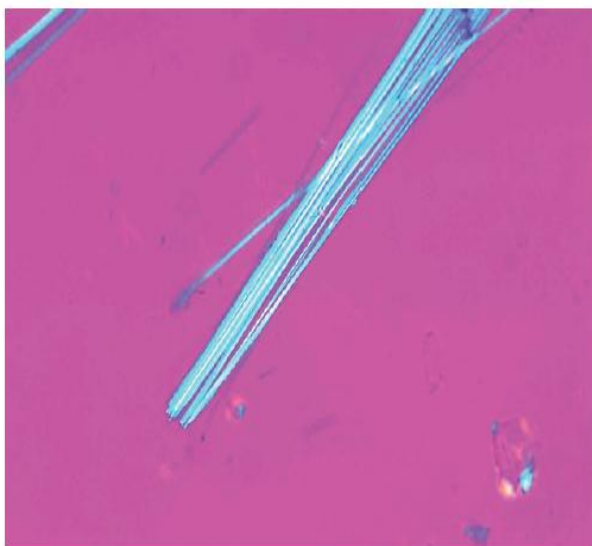
شکل ت ۴۲- HSE اکتینولیت در مایع با RI ۱/۶۴۰ مشاهده شده در پراکندگی لکه- طول فیبر نرمال با جهت نوسان قطبنده



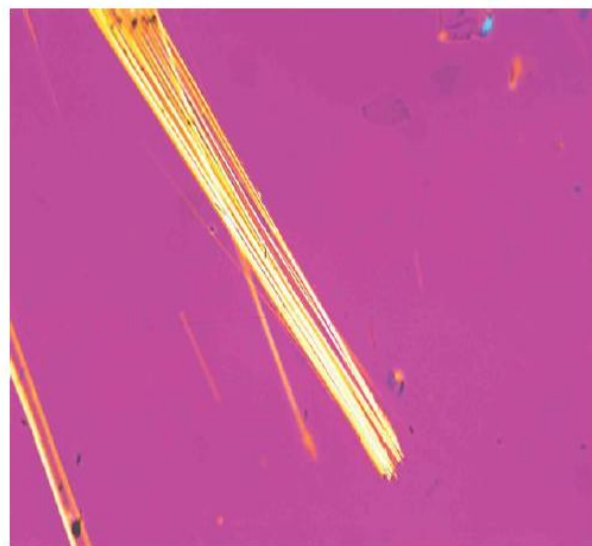
شکل ت ۴۳- HSE اکتینولیت در مایع با RI ۱/۶۴۰ مشاهده شده در نور صفحه قطبنده- طول فیبر موازی با جهت نوسان قطبنده



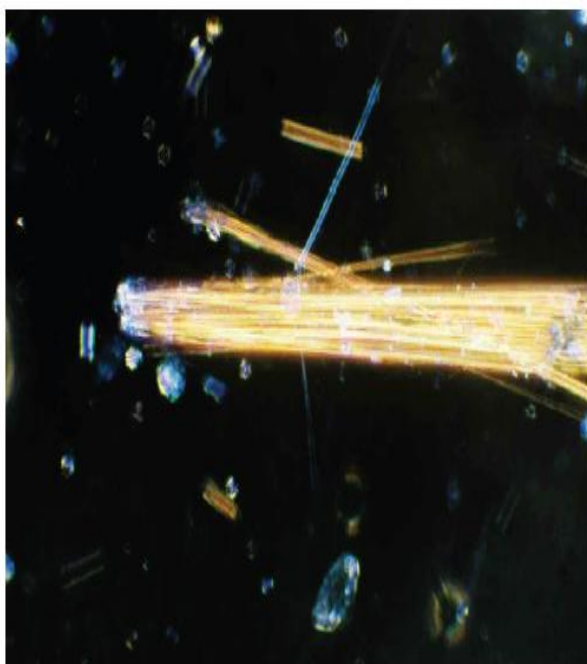
شکل ت ۴۴- HSE اکتینولیت در مایع با RI ۱/۶۴۰ مشاهده شده در نور صفحه قطبنده- طول فیبر نرمال با جهت نوسان قطبنده



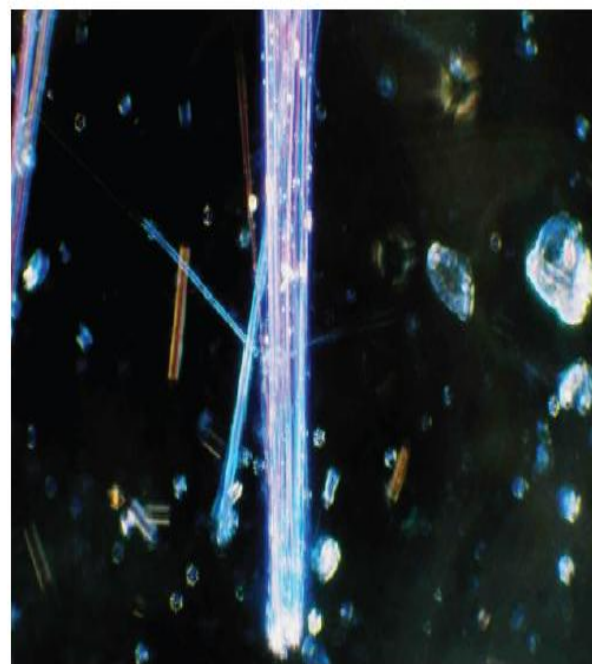
شکل ت ۴۵- ریز نگار PLM از HSE آنتوفیلیت در مایع با
RI ۱/۶۰۵ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر ۵۳۰nm



شکل ت ۴۶- ریز نگار PLM از HSE آنتوفیلیت در مایع با
RI ۱/۶۰۵ - قطب‌های متقاطع با صفحه تاخیر ۵۳۰nm



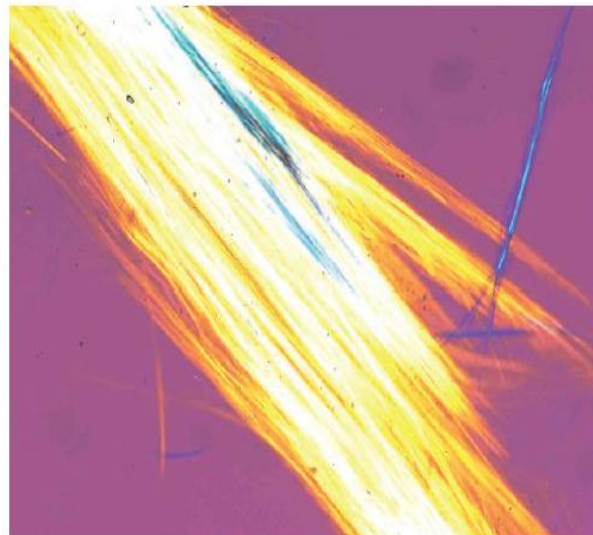
شکل ت ۴۷- HSE آنتوفیلیت در مایع با RI ۱/۶۰۵ مشاهده
شده در پراکندگی لکه - طول فیبر موازی با جهت نوسان
قطبیده



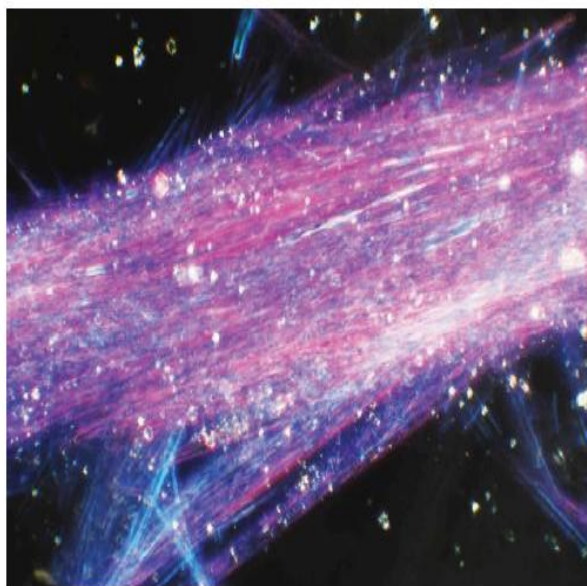
شکل ت ۴۸- HSE آنتوفیلیت در مایع با RI ۱/۶۰۵ مشاهده
شده در پراکندگی لکه - طول فیبر نرمال با جهت نوسان
قطبیده



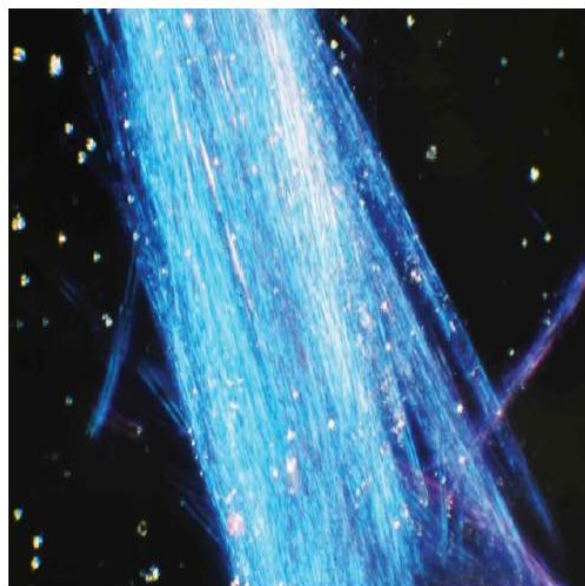
شکل ت ۴۹- ریز نگار PLM از HSE آزیست
ریجتریت/وینچیت در مایع با RI ۱/۶۳۰ - قطب‌های
متقاطع با صفحه تاخیر ۵۳۰nm



شکل ت ۵۰- ریز نگار PLM از HSE آزیست
ریجتریت/وینچیت در مایع با RI ۱/۶۳۰ - قطب‌های متقاطع
با صفحه تاخیر ۵۳۰nm



شکل ت ۵۱- آزیست ریجتریت/وینچیت در مایع با
RI ۱/۶۳۰ مشاهده شده در پراکندگی لکه- فیبرها در حالت
کاهش نور



شکل ت ۵۲- آزیست ریجتریت/وینچیت در مایع با
RI ۱/۶۳۰ مشاهده شده در پراکندگی لکه- فیبرها در حالت
کاهش نور

پیوست ث

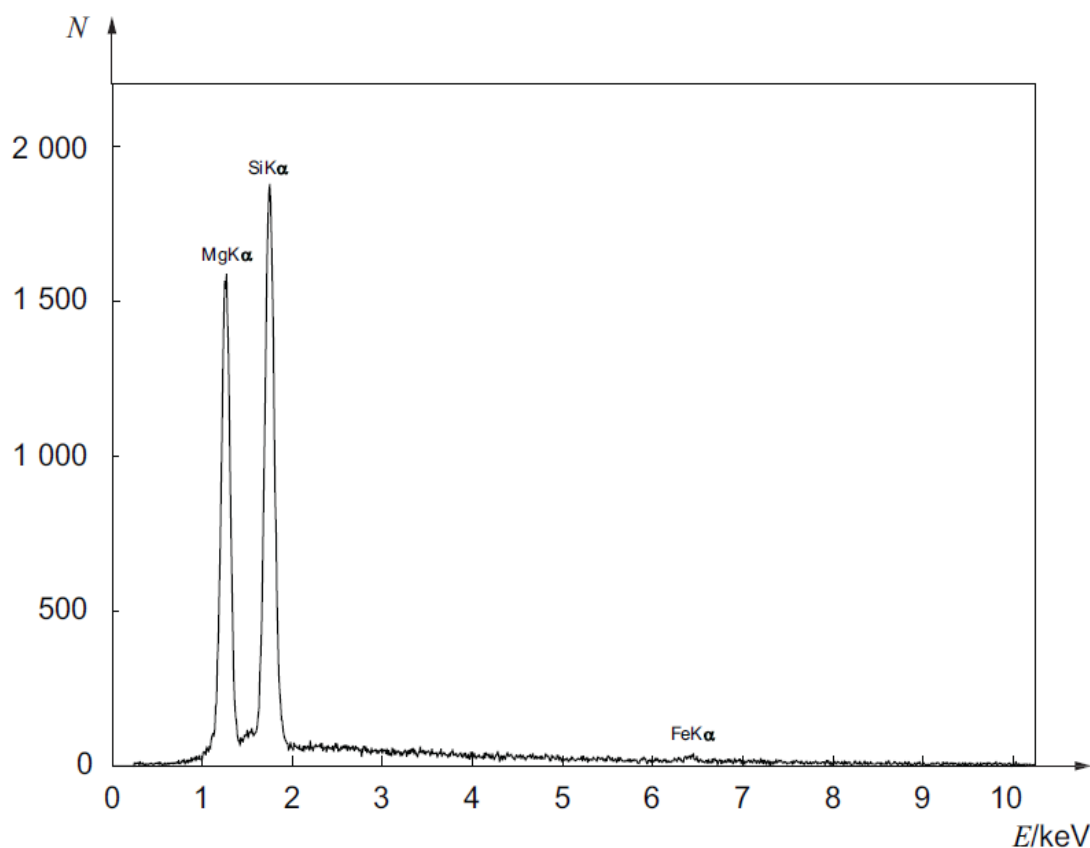
(الزامی)

شناسایی آزبست توسط SEM در مواد تجاری

اشکال ث-۱ تا ث-۱۱ نمونه‌هایی از طیف‌های EDXA هستند که از یک عملیات SEM در ۱۵ kV و با استفاده از آشکارساز سیلیکون حالت جامد با یک پنجره بریلیم جمع‌آوری شده است.

نمونه‌های SEM با قرار دادن (سوار کردن) بسته‌های فیبر معرف از SRM ۱۸۶۶، SRM ۱۸۶۷ و انواع آزبست‌های مرجع HSE بر روی نوار چسب دو طرفه در انتهای نمونه‌های SEM آماده شدند. همه نمونه‌ها، در تبخیر کننده تخت خلاء با کربن پوشش داده شده بودند.

قبل از استفاده از این استاندارد بدست آوردن طیف کالیبراسیون از استانداردهای مرجع، استفاده از شتاب ولتاژ واقعی و آشکارساز ویژه اشعه X لازم است.

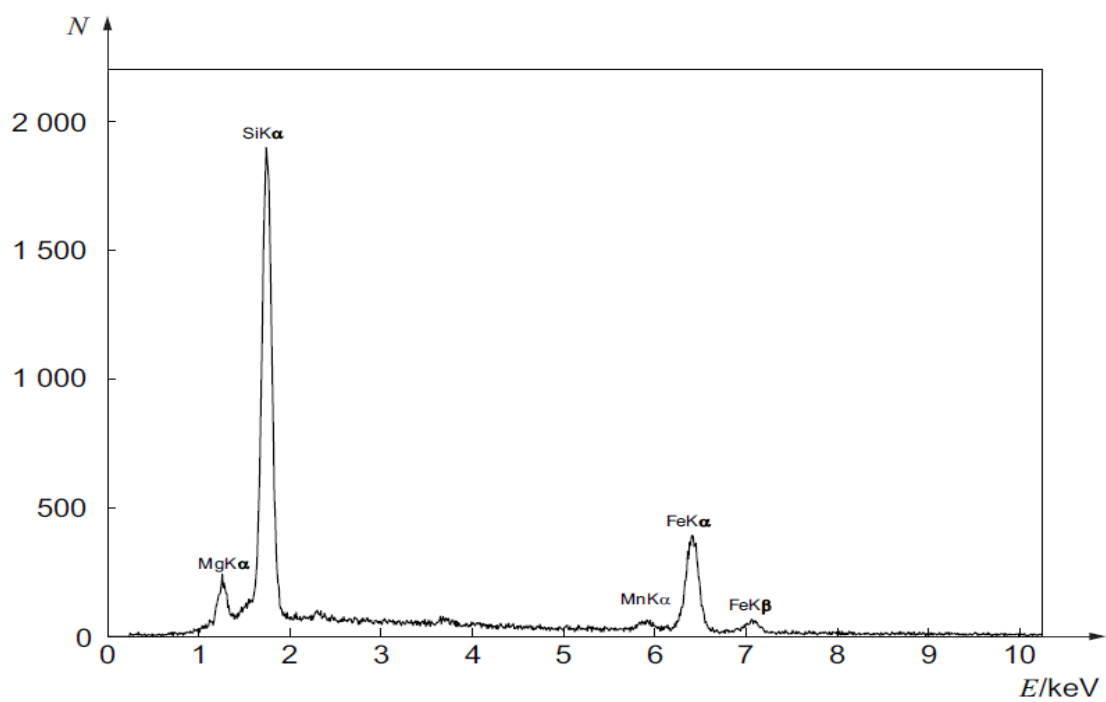


راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ث ۱- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از SRM ۱۸۶۶ کریستوتایل

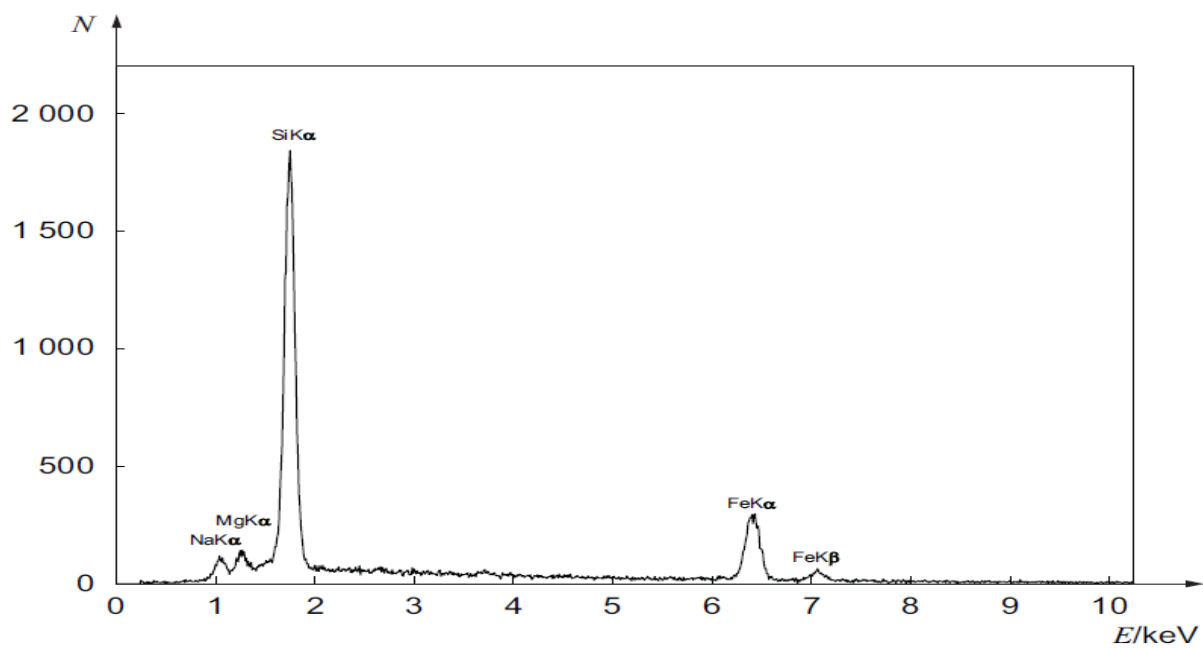


راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ث ۲- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از SRM ۱۸۶۶ آموسیت

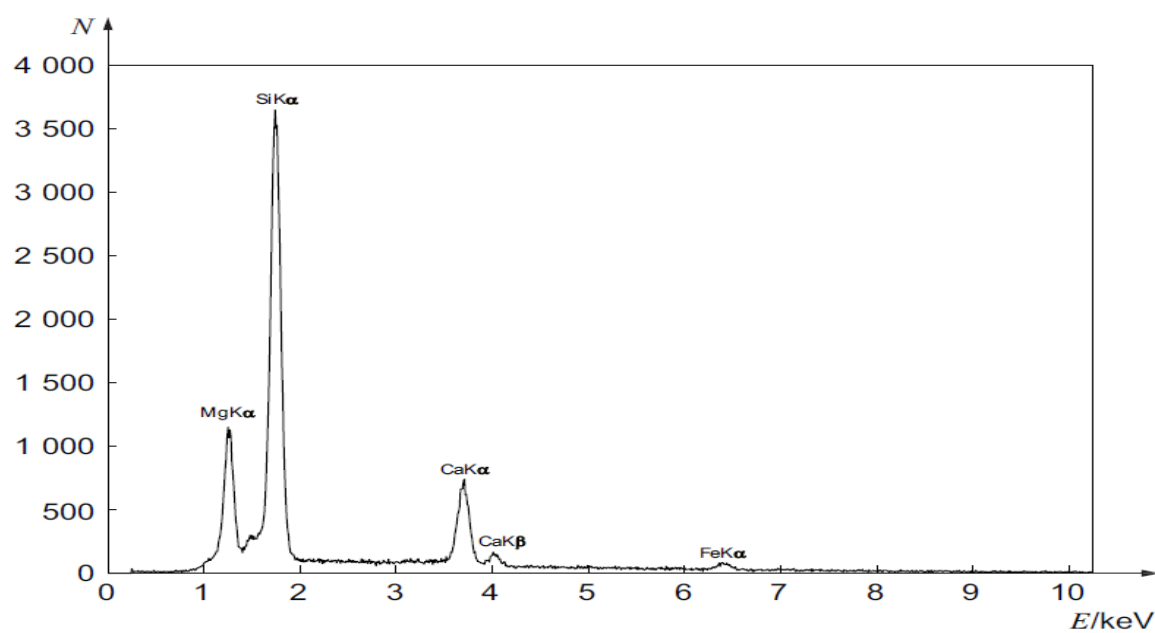


راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ت ۳- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از SRM ۱۸۶۶ کروسیدولیت

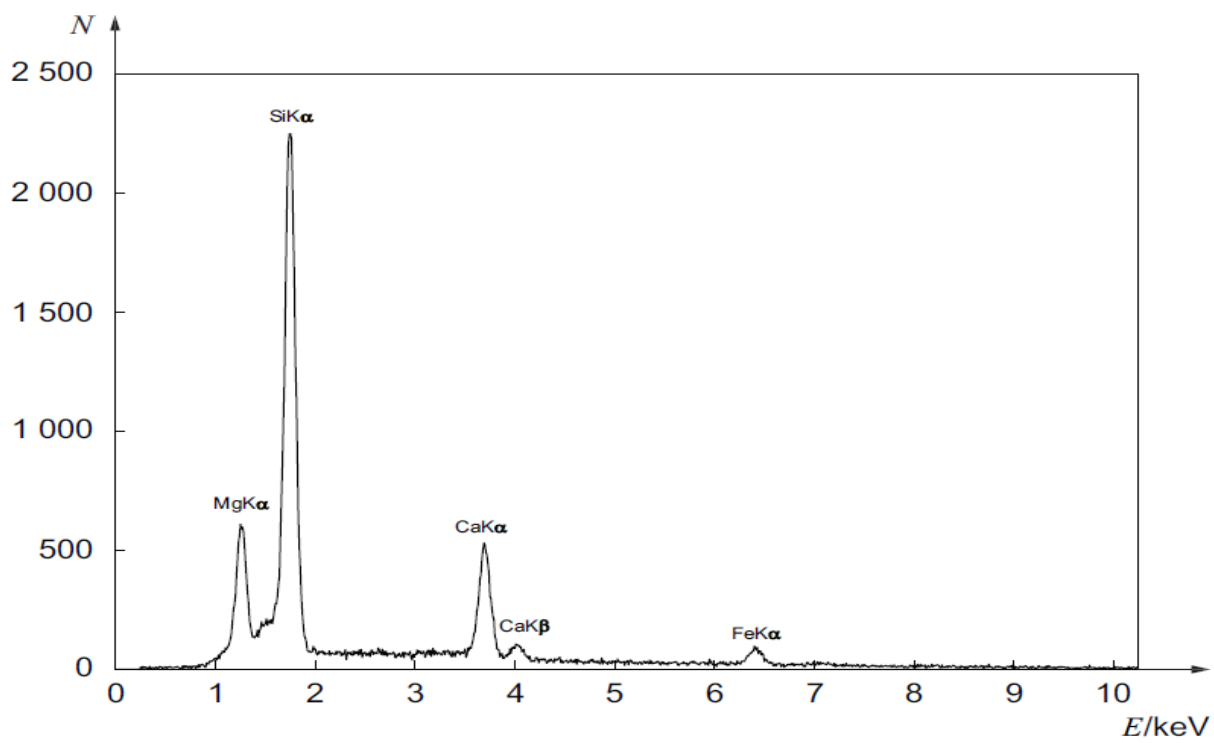


راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ت ۴- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از SRM ۱۸۶۷ تریمولیت

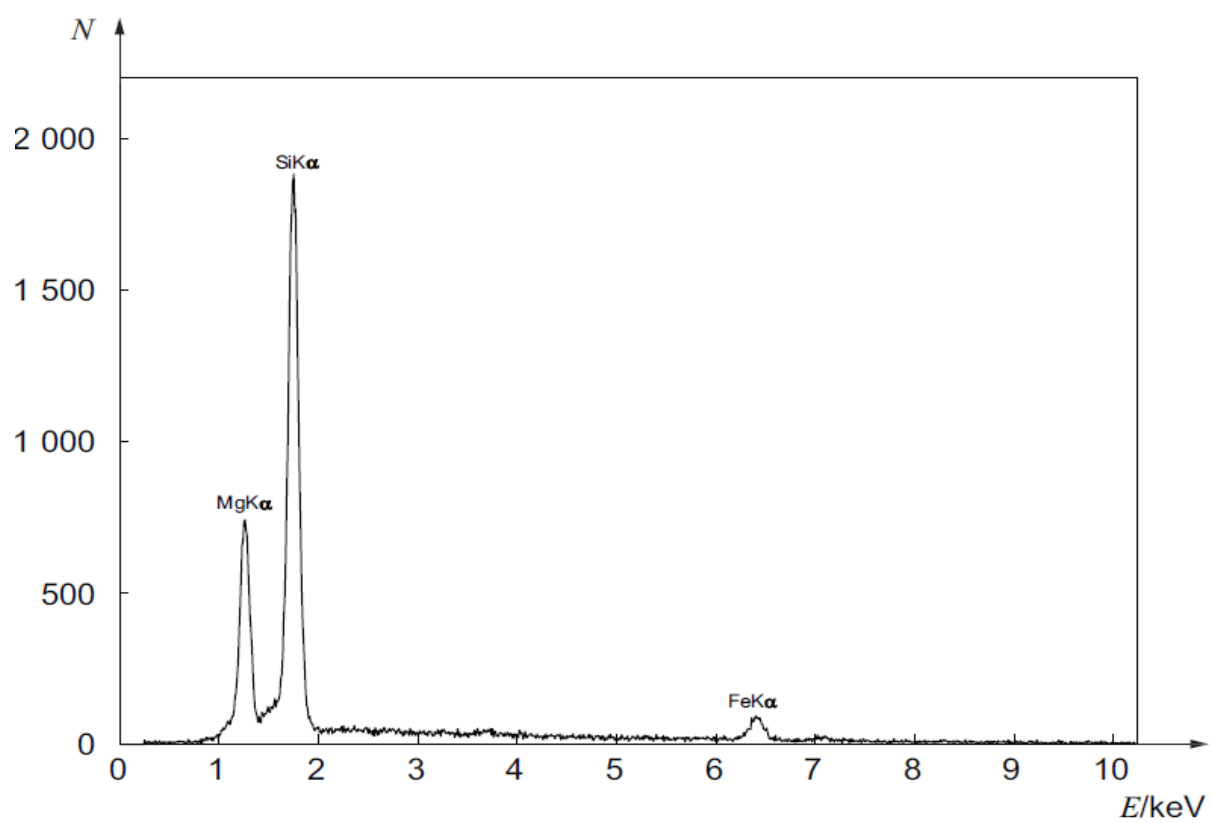


راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ۵- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از SRM ۱۸۶۷ اکتینولیت

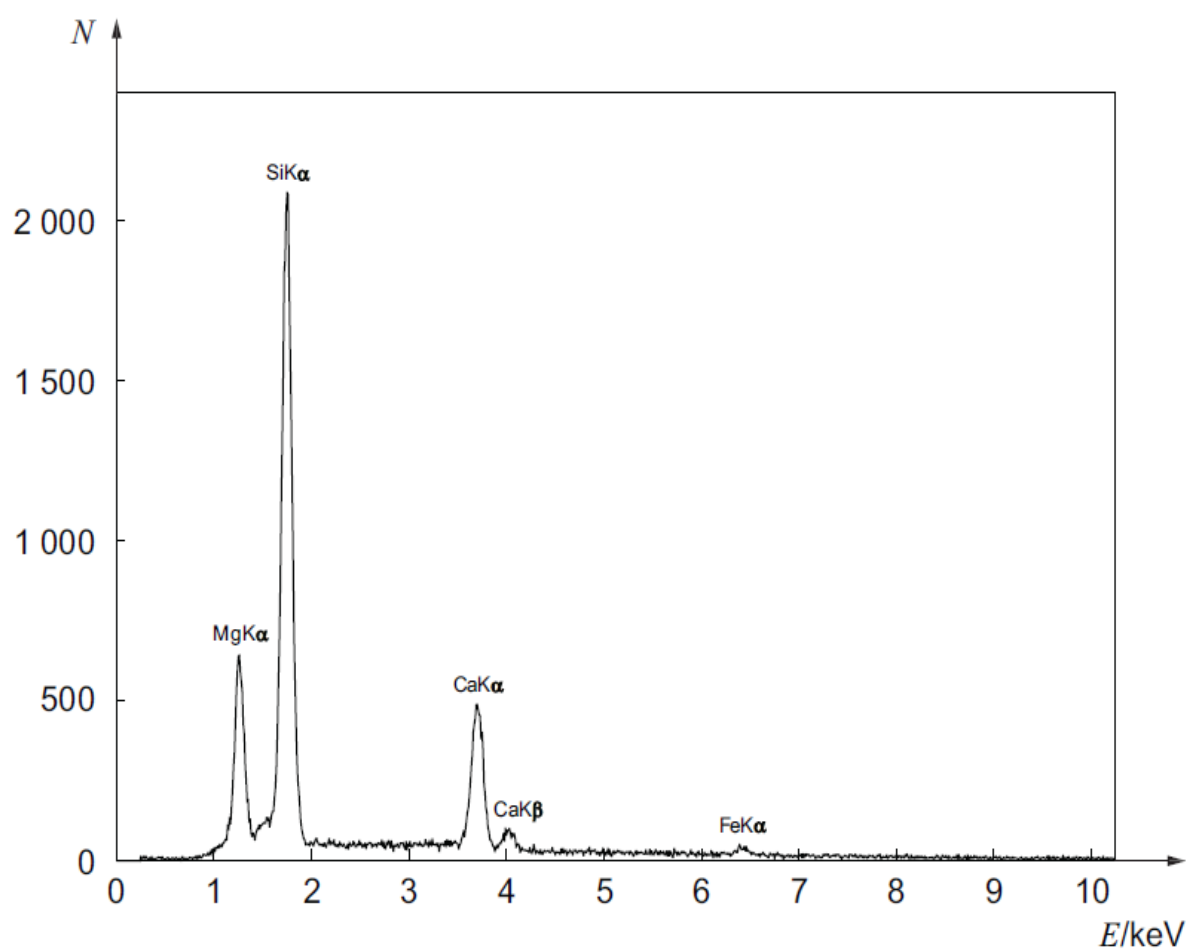


راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ۶- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از SRM ۱۸۶۷ آنتوفیلیت

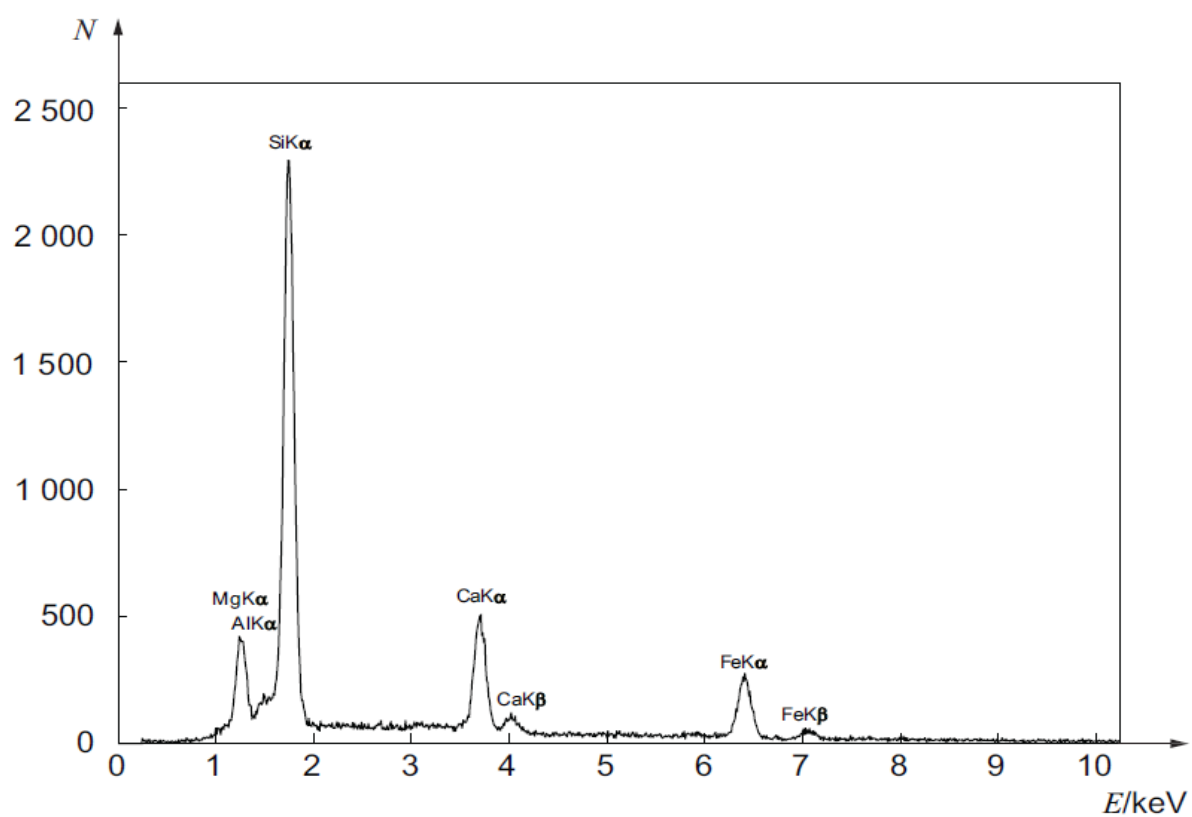


راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ث ۷- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از HSE ۱۸۶۷ تریمولیت

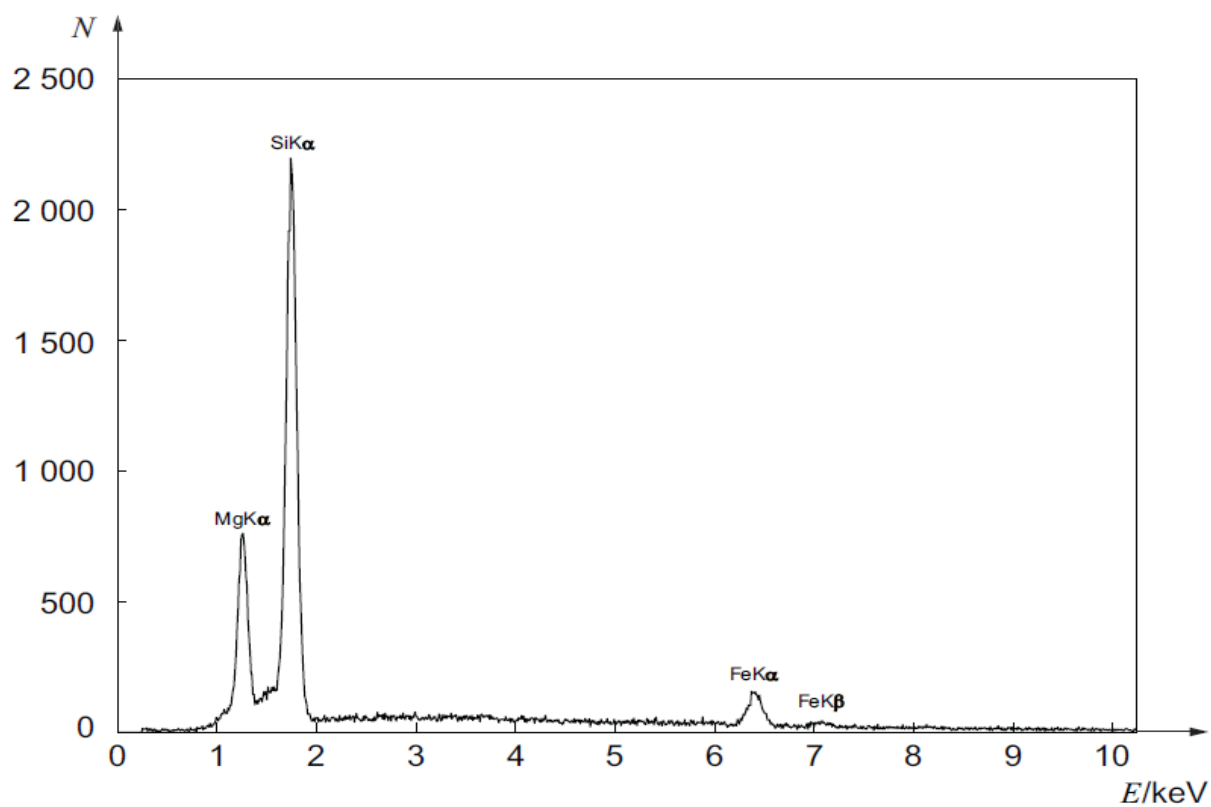


راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ث ۸- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از HSE ۱۸۶۷ اکتینولیت

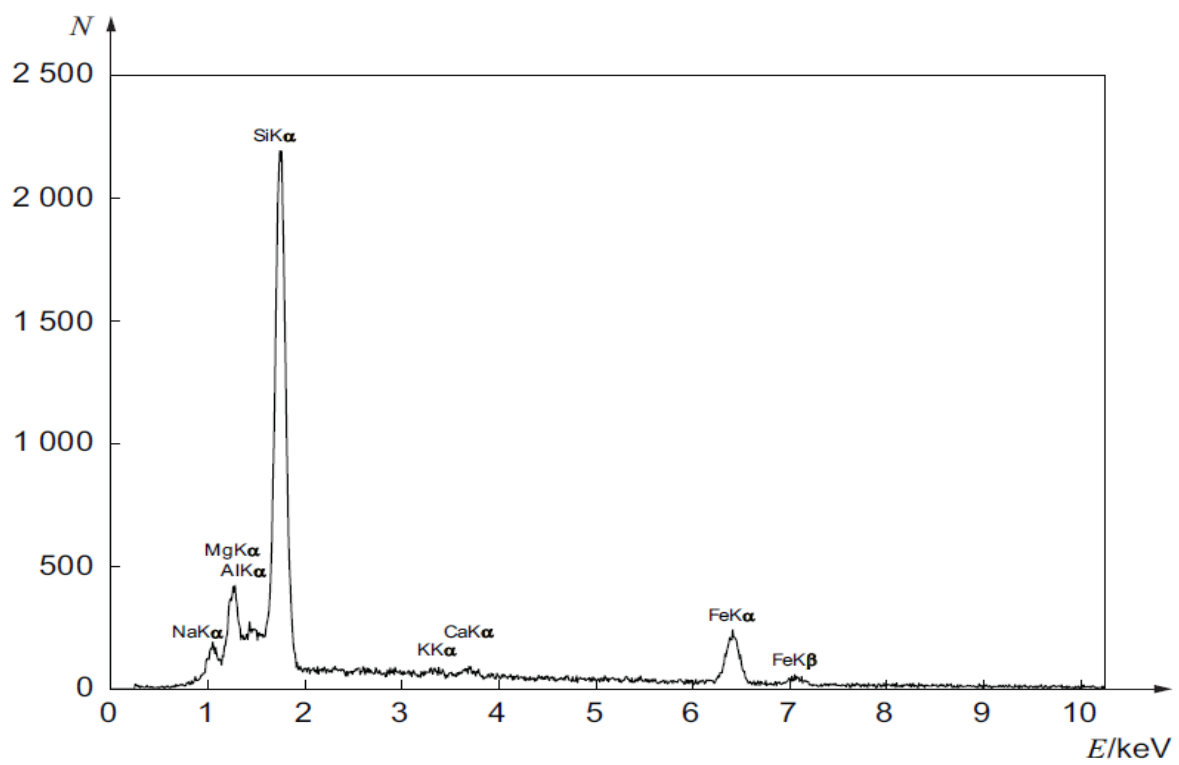


راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ت ۹- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از HSE ۱۸۶۷ آنتوفیلیت

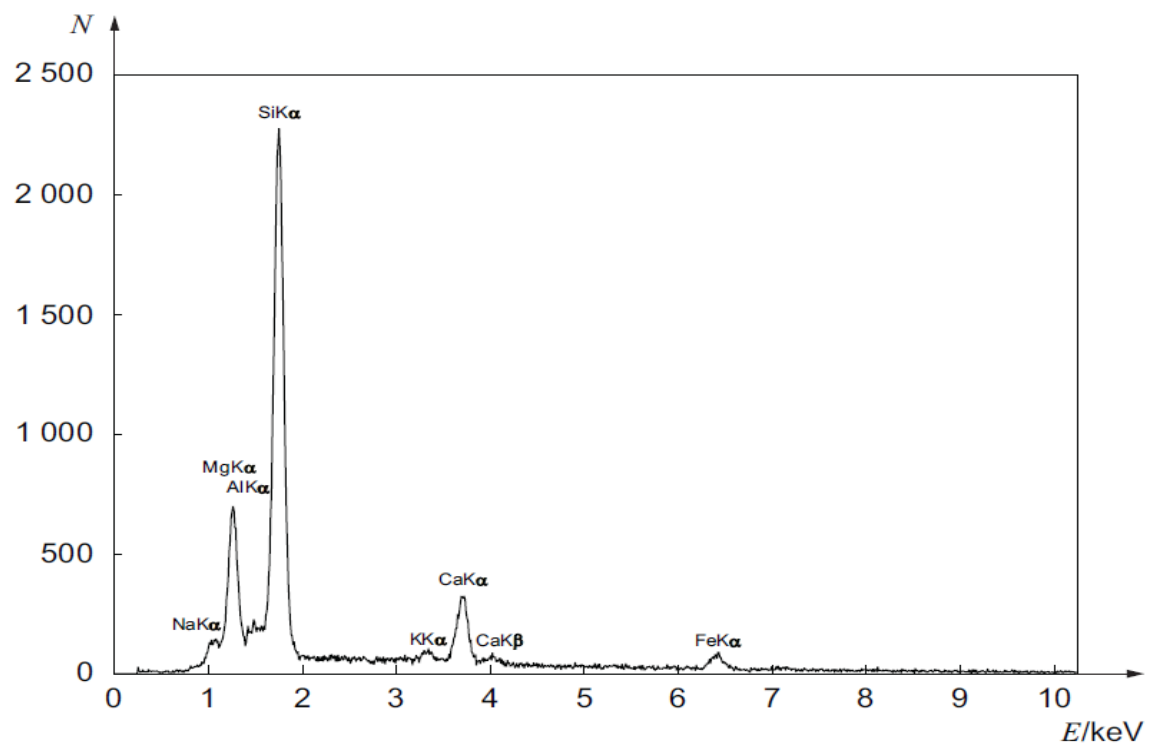


راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ت ۱۰- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از کروسیدولیت بولیویایی



راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ث ۱۱- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از ریچتریت/وینچیت

پیوست ج

(الزامی)

شناسایی آزمون توسط TEM در مواد تجاری

ج-۱ کلیات

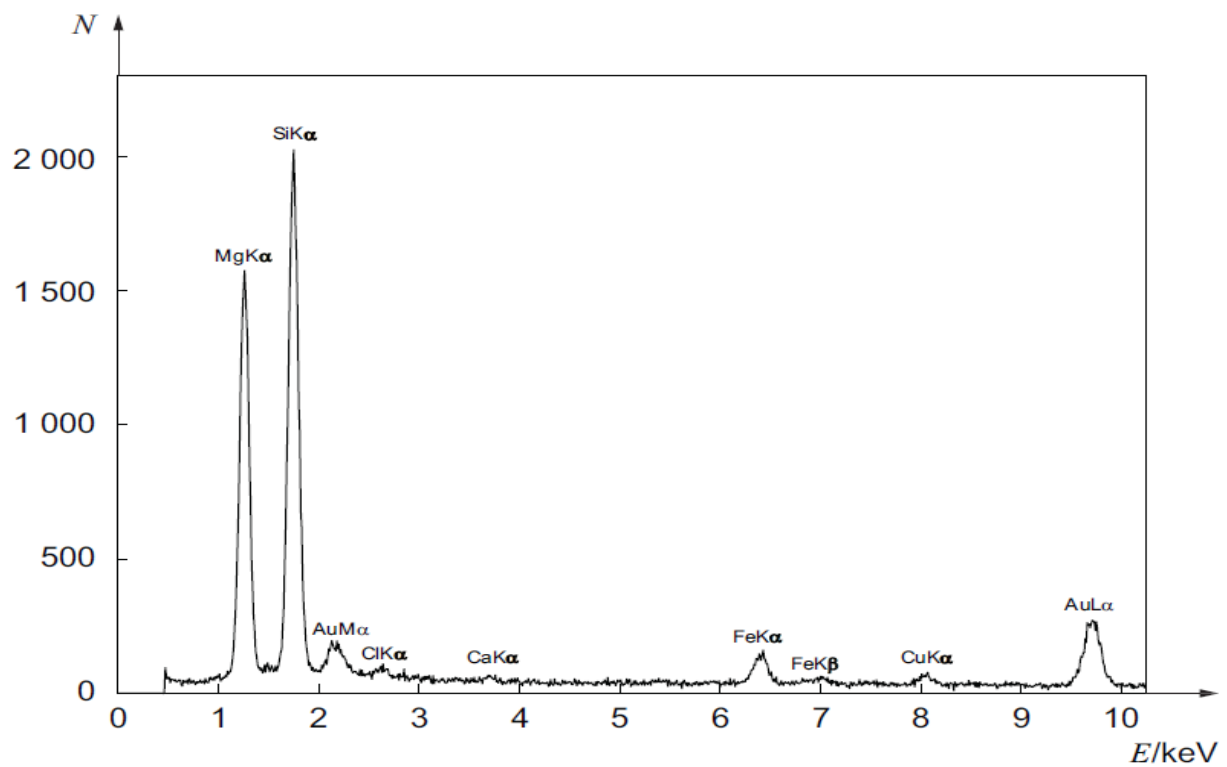
برای شناسایی آزمون‌ها در بعضی از انواع توده مواد، بخصوص برای آن‌هایی که بازدهی نتایج آزمایش در PLM مبهم است، آزمایش TEM معمولاً می‌تواند ابهامات را رفع کند و شناسایی قطعی الیاف را به دنبال داشته باشد. در اغلب موارد، به دست آوردن طیف EDXA شواهد کافی برای شناسایی هر یک از انواع آزمون‌ها را فراهم می‌کند. در هر حال افتراق بین تالک و آنتوفیلیت، را نمی‌توان با اطمینان، فقط بر اساس یک طیف EDXA به دست آورد چون ترکیبات شیمیایی دو ماده معدنی بسیار به هم شبیه هستند. پراش الکترون اجازه افتراق بین تالک و آنتوفیلیت بر اساس ساختارهای بلوری مختلف آن‌ها را می‌دهد.

ج-۲ تجزیه و تحلیل EDXA

شکل‌های ج ۱ تا ج ۲ مثال‌هایی از طیف‌های EDXA هستند که از یک عملیات TEM در ۸۰ kV و با استفاده از آشکارساز سیلیکون حالت جامد با یک پنجره برلیوم جمع‌آوری شده است. نمونه‌های TEM توسط روش میکروپیت از SRM 1866، SRM 1867 و انواع آزمون‌های مرجع HSE آماده شدند.

به منظور اجتناب از تداخل در تشخیص پیک Na K_α به وسیله پیک Cu L_α ، که در صورت استفاده از شبکه‌های نمونه مس کمی بر روی پیک سدیم قرار می‌گیرد، تمام نمونه‌ها با استفاده از شبکه‌های طلا آماده شدند.

قبل از استفاده از این استاندارد بدست آوردن طیف کالیبراسیون از استانداردهای مرجع، استفاده از شتاب ولتاژ واقعی و آشکارساز مخصوص اشعه X لازم است.



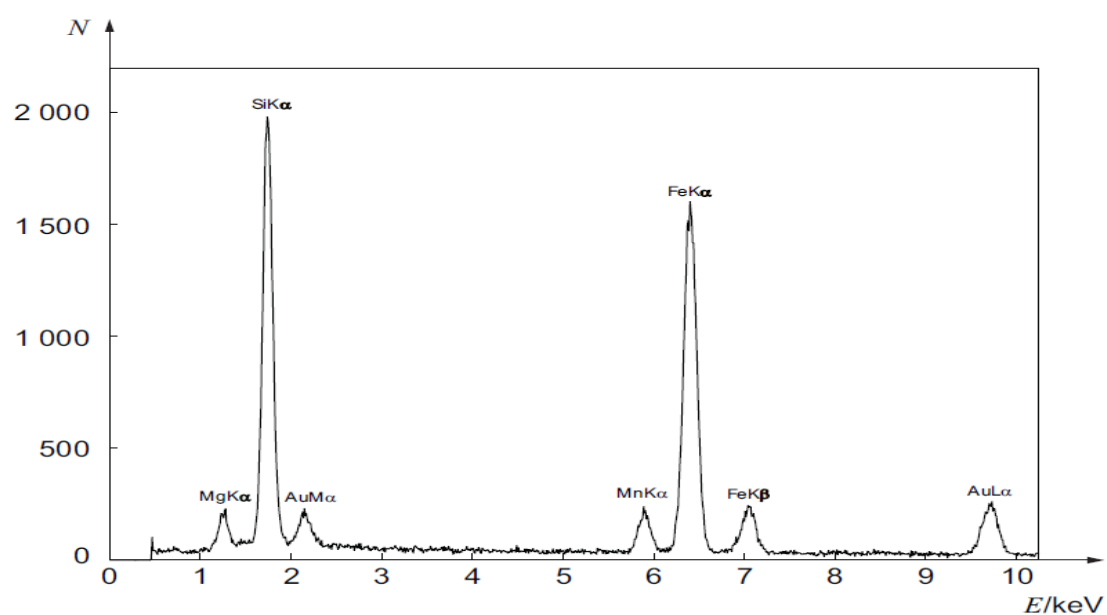
راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ج ۱ طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از SRM ۱۸۶۶ کریستال.

پیک‌های کوچک مس و طلا ناشی از شبکه نمونه طلا



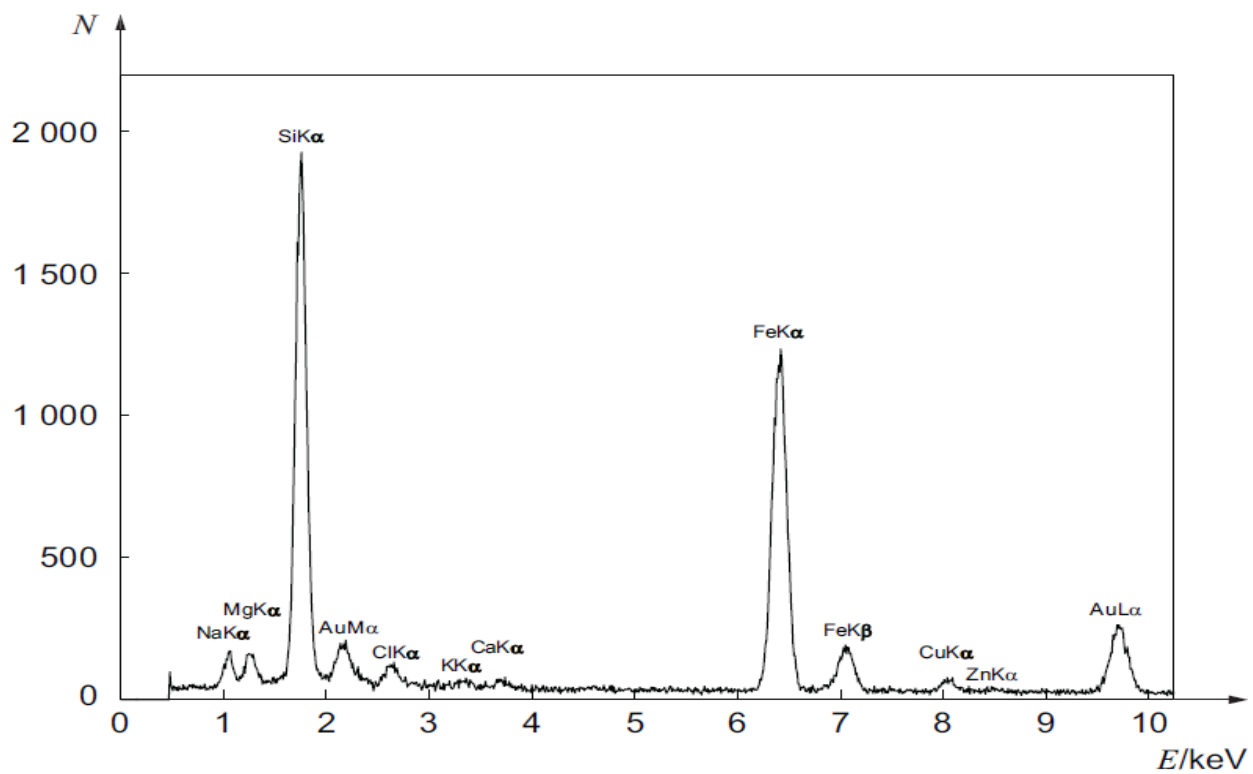
راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ج ۲ طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از SRM ۱۸۶۶ آموسیت.

پیک‌های طلا ناشی از شبکه نمونه طلا



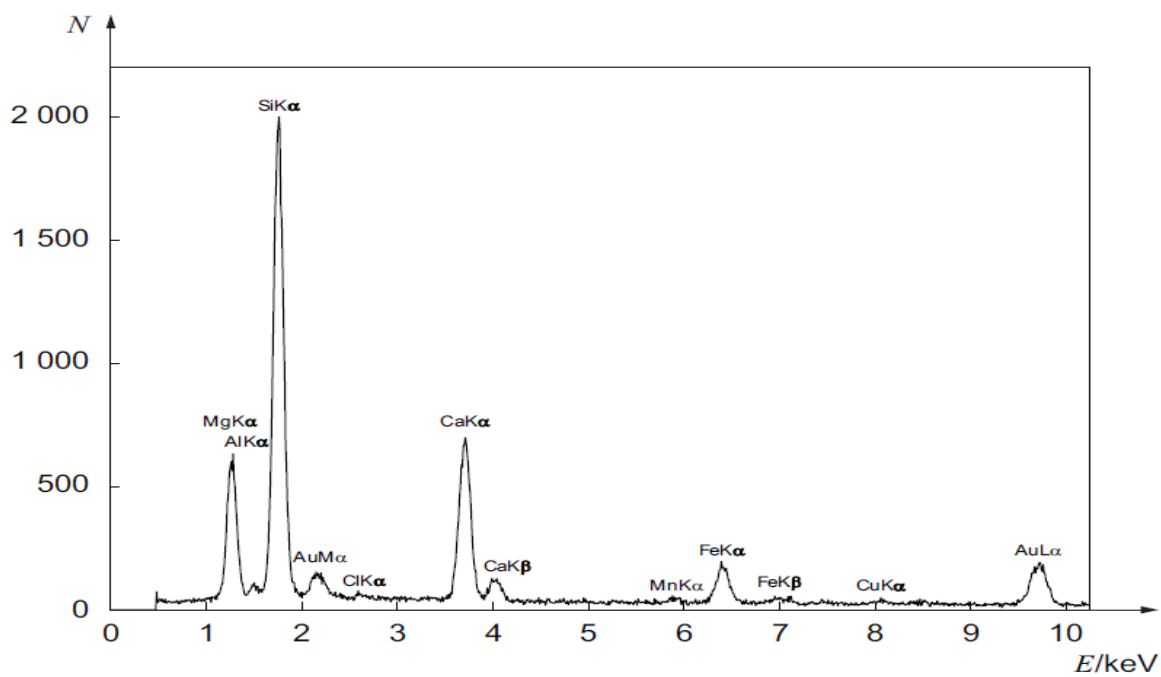
راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ج ۳- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از SRM ۱۸۶۶ کروسیدولیت.

پیک‌های کوچک مس و طلا ناشی از شبکه نمونه طلا



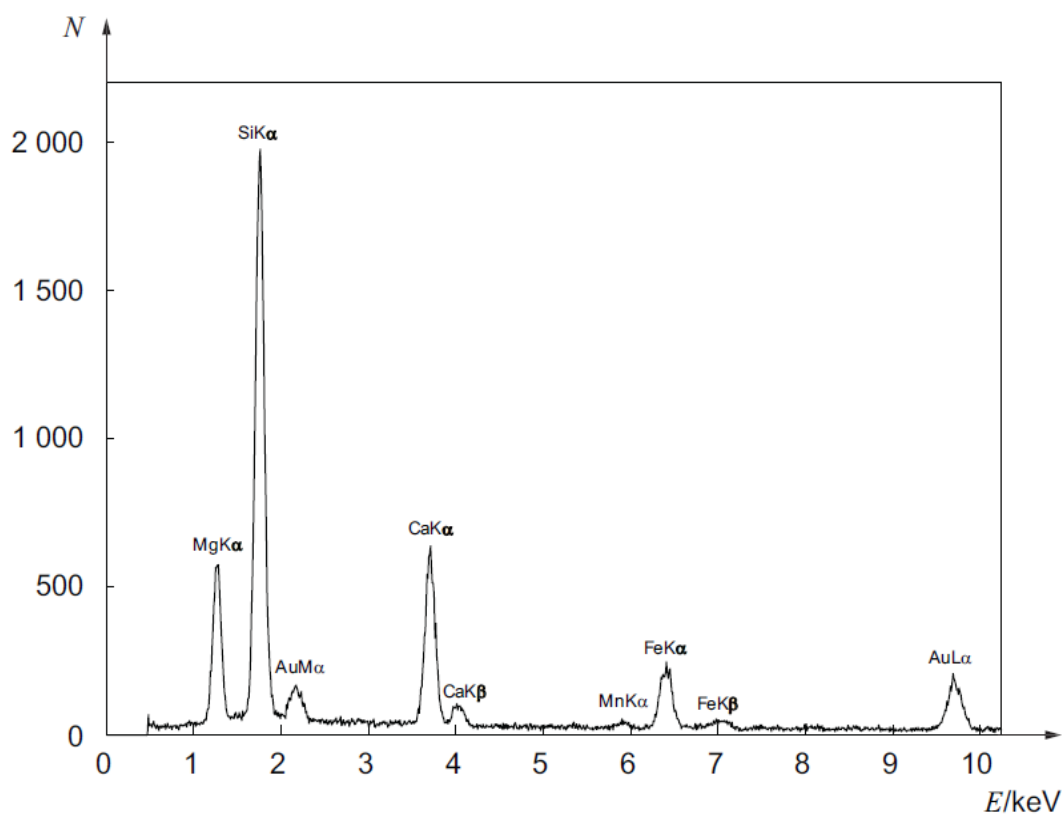
راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ج ۴- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از SRM ۱۸۶۷ کروسیدولیت.

پیک‌های کوچک مس و طلا ناشی از شبکه نمونه طلا



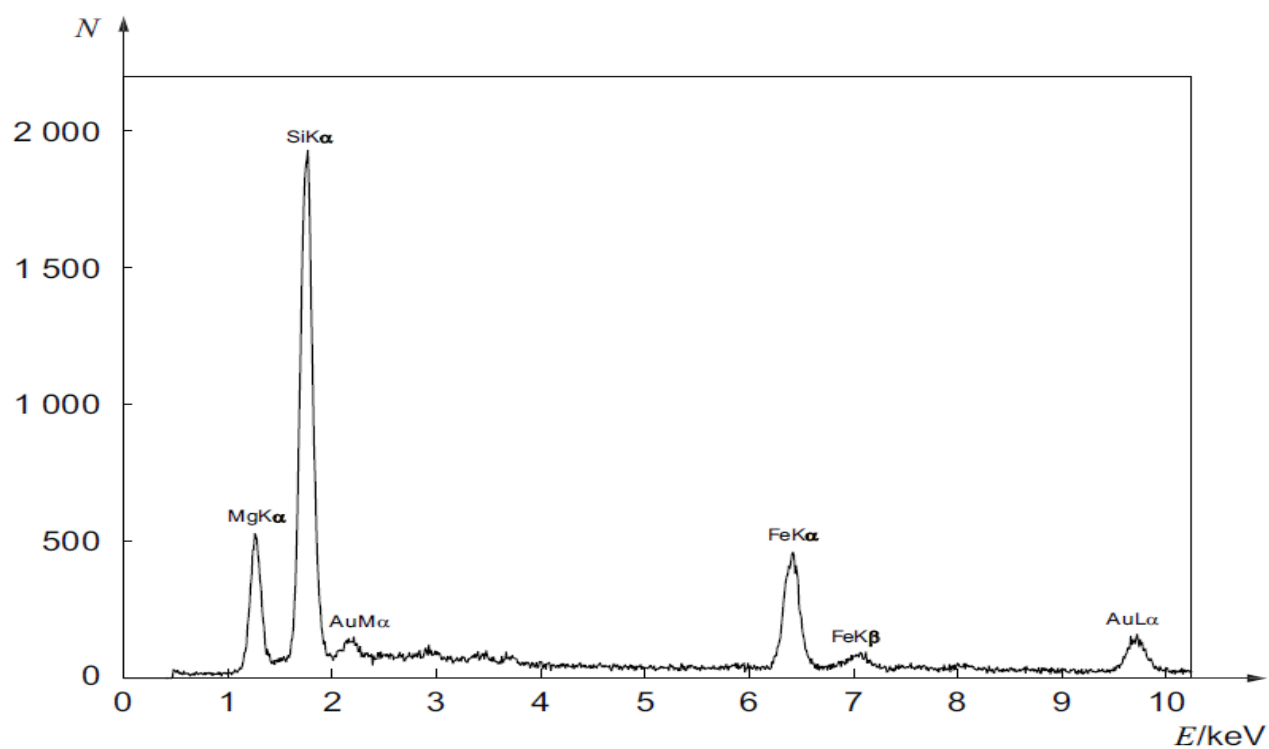
راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ج ۵- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از SRM ۱۸۶۷ اکتینولیت.

پیک‌های طلا ناشی از شبکه نمونه طلا



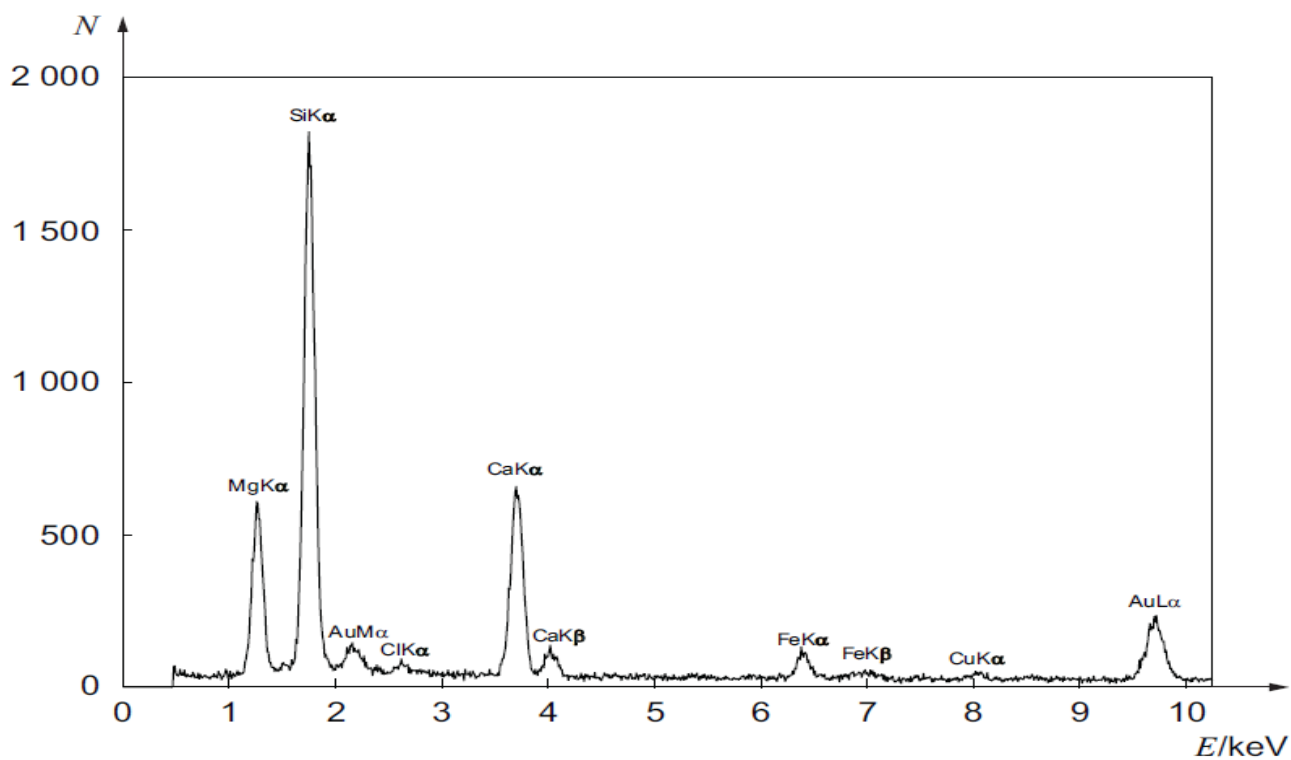
راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ج ۶ طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از SRM ۱۸۶۷ آنتوفیلیت.

پیک‌های طلا ناشی از شبکه نمونه طلا



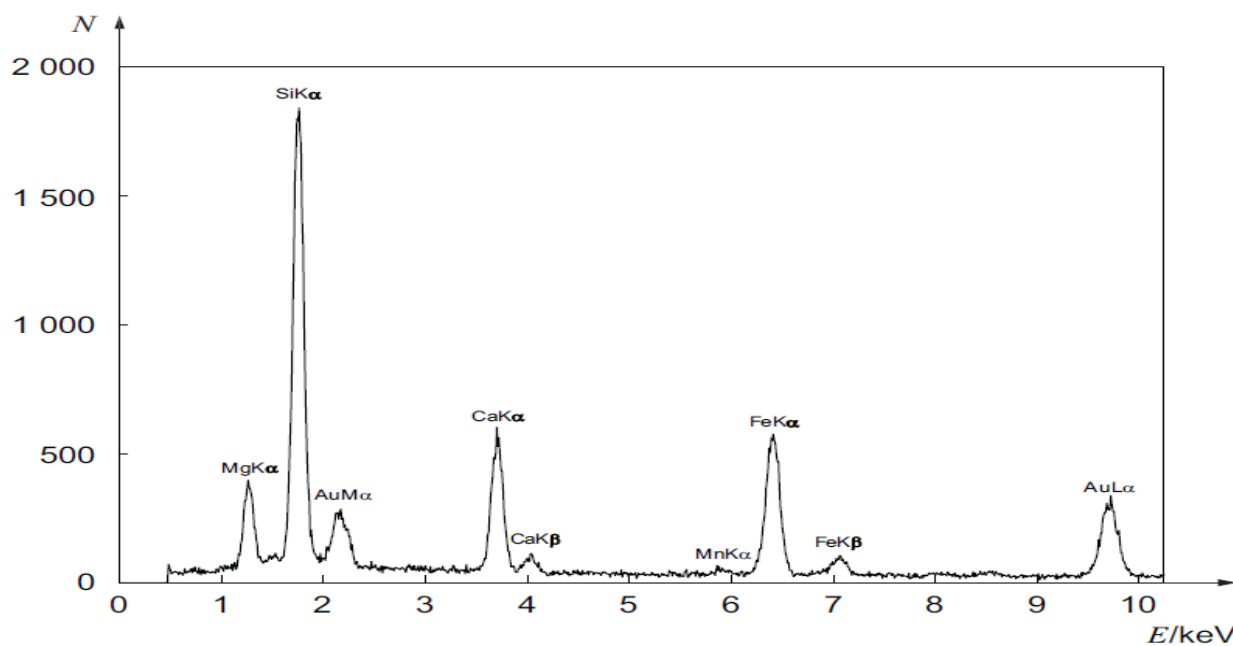
راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ج ۷- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از HSE تریمولیت.

پیک‌های کوچک مس و طلا ناشی از شبکه نمونه طلا



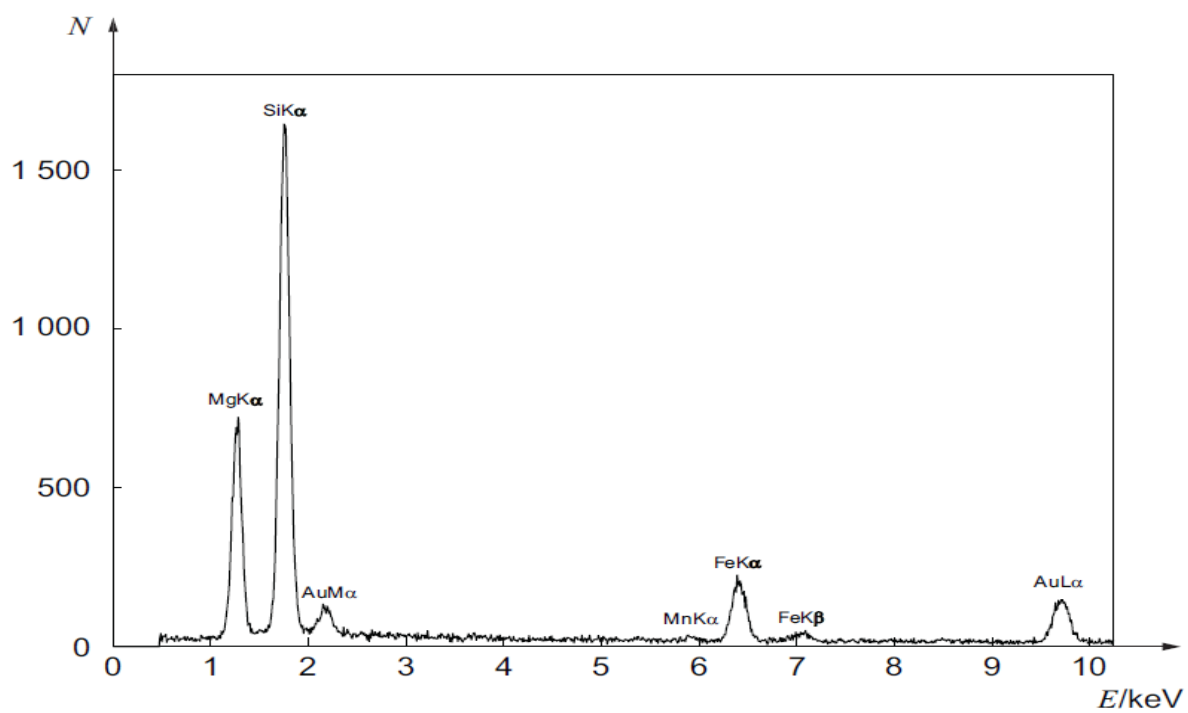
راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ج ۸- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از HSE اکتینولیت.

پیک‌های طلا ناشی از شبکه نمونه طلا



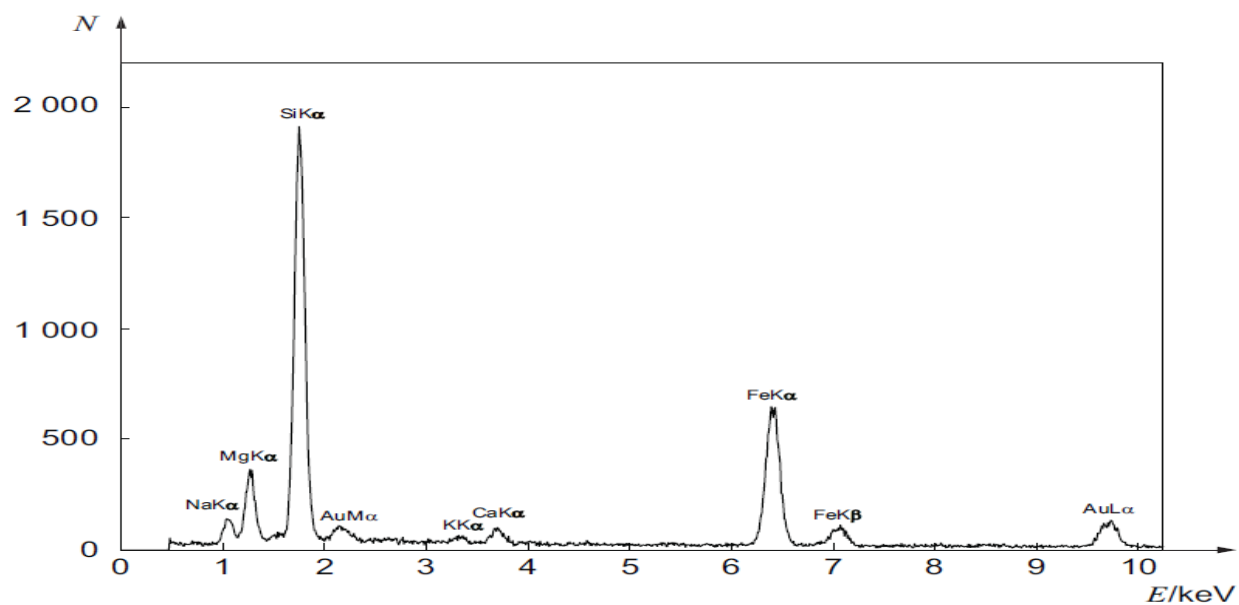
راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ج ۹- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از HSE آنتوفیلیت.

پیک‌های طلا ناشی از شبکه نمونه طلا



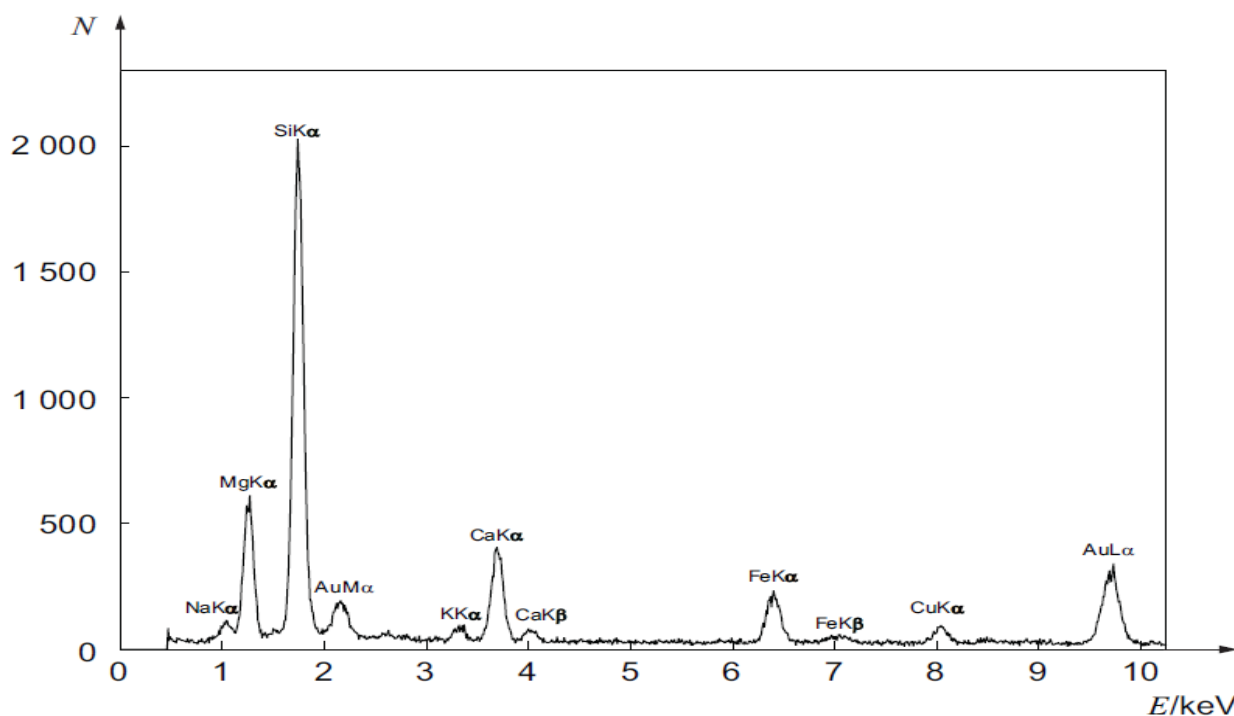
راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ج ۱۰- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از کروسیدولیت بولیوبایی.

پیک‌های طلا ناشی از شبکه نمونه طلا



راهنما

N تعداد

E انرژی اشعه X

شکل ج ۱۱- طیف پراکنش انرژی اشعه X به دست آمده از آزمونهای ریچتریت/وینچیت.

پیکهای کوچک مس و طلا ناشی از شبکه نمونه طلا

ج-۳ پراش الکترون (ED)

تکنیک ED می‌تواند کیفی یا کمی باشد. ED کیفی شامل آزمایش بصری از ویژگی‌های عمومی الگوی ED به دست آمده در صفحه مشاهده شده TEM از الیافی که به طور تصادفی جهت‌دار شده‌اند، بدون اندازه‌گیری دقیق است.

وقتی الیاف به سمت محورهای خود کج شده‌اند، الگوهای ED به دست آمده از الیاف دارای تقارن استوانه‌ای، مانند کریستوتایل، تغییر نمی‌کنند و الگوهای تصادفی جهت‌دار الیاف این مواد معدنی می‌تواند به صورت کمی تفسیر شوند. برای الیافی که تقارن استوانه‌ای ندارد، فقط آن دسته از الگوهای ED به دست آمده از الیافی که متمایل به محور اصلی کریستالوگرافی و تقریباً به موازات امتداد پرتو الکترونی است، می‌تواند به صورت کمی تفسیر شود. این نوع از الگوی ED باید به عنوان یک الگوی ED منطقه محور اشاره شود. به منظور تفسیر کمی یک الگوی ED منطقه محور، باید با توجه به علم عکاسی گزارش شود و همنواختی آن باید با ساختارهای مواد معدنی شناخته شده بررسی شود. یک برنامه کامپیوتر ممکن است برای مقایسه اندازه‌گیری‌های الگوی ED منطقه محور با داده‌های متناظر

محاسبه شده از ساختارهای مواد معدنی شناخته شده مورد استفاده قرار گیرد. الگوی ED منطقه محور به دست آمده توسط آزمایش یک الیاف در یک جهت‌گیری خاص می‌تواند، مجوز بدون ابهام شناسایی الیاف معدنی به صورت ناکافی باشد اما اغلب ممکن است الیاف را به زاویه دیگری کج کرد و یک الگوی ED متفاوت مشابه با محور منطقه دیگری گزارش کرد. زاویه بین دو محور منطقه همچنین می‌تواند برای همناختی با ساختار یک ماده معدنی مشکوک بررسی شود.

توصیه می‌شود برای آزمایش بصری الگوی ED، طول دوربین TEM به مقدار کم تقریباً ۲۵۰ mm تنظیم شود و سپس الگوی ED از طریق دوربین دوچشمی مشاهده شود. این روش امکان تنزل درجه فیبر توسط تابش الکترونی را به حداقل می‌رساند با این حال، الگو به وسیله زاویه انحراف صفحه نمایش دهنده تغییر شکل می‌دهد.

اگر اندازه‌گیری دقیق الگو امگان دارد، هنگام ثبت الگوی ED، توصیه می‌شود از دوربینی با طول ۲ متر استفاده شود. لازم است، زمانی که یک الگوی ED به دست آمده که به صورت بصری ارزیابی یا ثبت شده است؛ ارتفاع نمونه باید به درستی بر مرکزیت نقطه تنظیم شده باشد و تصویر باید بر صفحه دریچه دیافراگم ناحیه انتخاب شده متمرکز باشد. اگر این کار انجام نشود، ممکن است برخی از اجزای الگوی ED از منطقه انتخاب شده سرچشمه نگرفته باشند. به طور کلی، لازم است که از کوچک‌ترین دریچه دیافراگم ED که در دسترس است، استفاده شود.

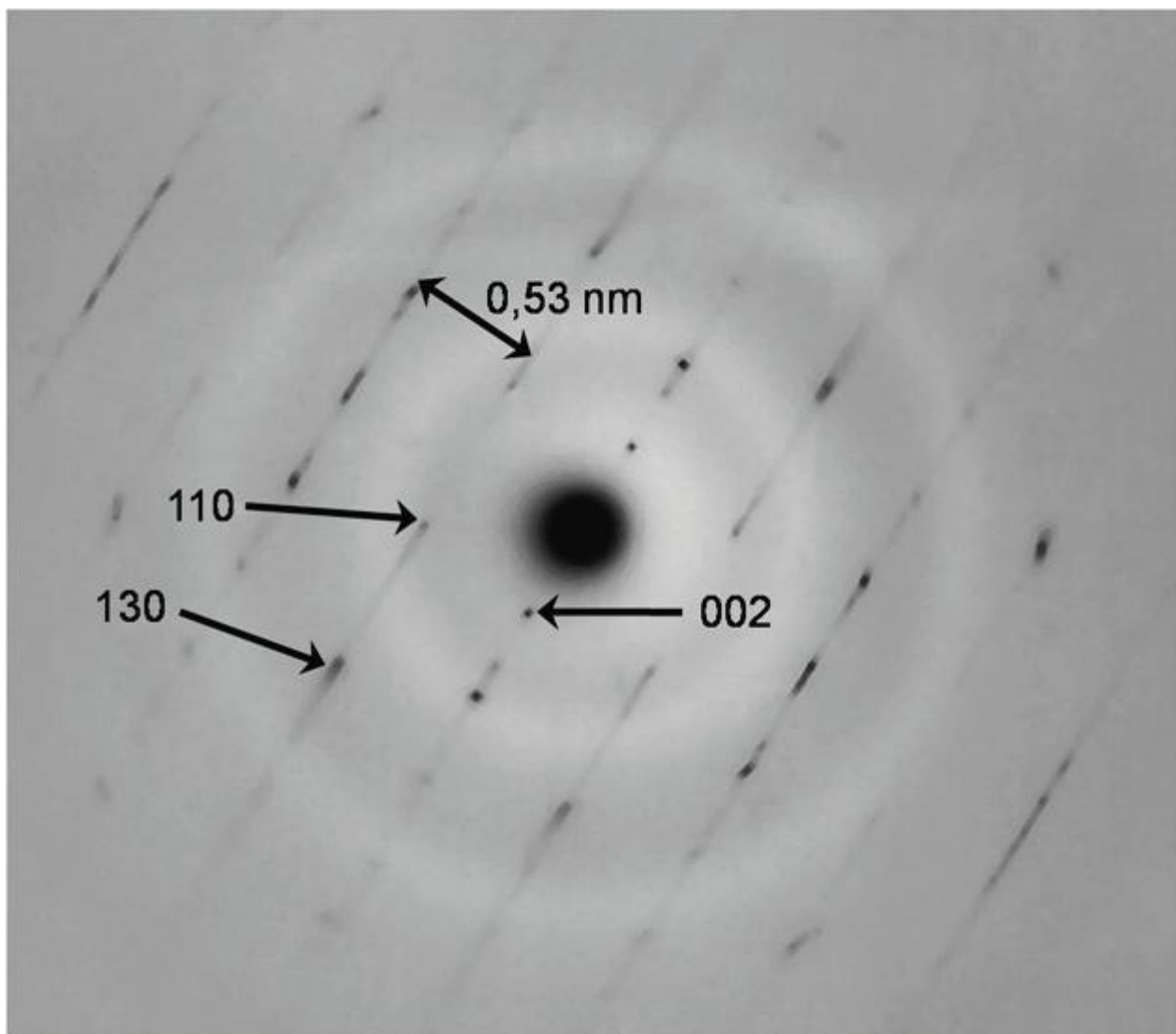
برای اندازه‌گیری‌های دقیق از الگوی ED، توصیه می‌شود که از یک استاندارد کالیبراسیون داخلی استفاده شود. پوشش نازکی از طلا و یا دیگر مواد مناسب کالیبراسیون، به قسمت زیرین نمونه TEM متصل کنید. این پوشش می‌تواند با تبخیر در خلاء یا به صورت ساده‌تر، توسط کاتد پرانی^۱ متصل شود. غشای طلای پلی‌کریستالی بازدهی پراش حلقه‌های هر الگوی ED را مشخص می‌کند و این حلقه‌ها اطلاعات مورد نیاز کالیبراسیون را مهیا می‌کنند. اگر فاصله‌ی خطی لایه‌ی الگوی ED همان‌طور که برای الیاف‌های آزمون انتظار می‌رود حدود ۰/۵۳ nm باشد (به بند [۳۰] کتابنامه مراجعه شود) برای تعیین آن به طور متناوب، یک دریچه دیافراگم عدسی شیئی کالیبره شده می‌تواند اضافه شود. این کار حتی زمانی که صفحه تصویر از طریق دوربین دوچشمی مشاهده می‌شود به خوبی عمل می‌کند.

برای تشکیل یک الگوی ED، تصویر فیبر را به مرکز صفحه تصویر مشاهده شده ببرید، ارتفاع نمونه را در حالت مرکزیت تنظیم کنید و یک دریچه دیافراگم ناحیه انتخاب شده‌ی مناسب به سوی پرتو الکترونی تعبیه کنید، بنابراین الیاف، یا قسمتی از آن، بخش بزرگی از منطقه روشن شده را اشغال می‌کند. اندازه دریچه دیافراگم و بخشی از الیاف باید طوری باشد که ذراتی غیر از آن‌هایی که آزمایش شده‌اند از منطقه انتخاب شده بیرون نگه داشته شوند. الگوی ED را از طریق دوربین دوچشمی مشاهده کنید. توصیه می‌شود در طول مشاهدات، لنزهای عدسی شیئی به نقطه‌ای که کامل‌ترین الگوی ED به دست آمده است تنظیم شده باشد. اگر هنوز الگوی ED به دست آمده ناکامل است، ذره را در اطراف منطقه انتخاب شده برای بهینه سازی الگوی ED، یا برای از بین بردن امکان تداخل ذرات مجاور حرکت دهید.

¹ - Sputtering

الگوهای ED بویژه می‌توانند برای تمایز تالک الیافی از آزبست آنتوفیلیت که هر دو دارای طیف EDXA مشابه هستند مفید باشند. ED تالک یک الگوی شبه شش ضلعی تولید می‌کند که چنانچه الیاف با استفاده از گونیا کج شده باشد تغییر نمی‌کند. از سوی دیگر آزبست‌های آنتوفیلیت، لکه‌های مناسب تولید می‌کنند که هنگامی که الیاف با استفاده از گونیا کج می‌شوند در امتداد خطوط لایه ظاهر و ناپدید می‌شوند. الگوهای ED همچنین می‌تواند ابزار تشخیص مفیدی برای کریستال‌ها باشد که به سختی با ماتریس EDXA که بی‌نتیجه است پوشش داده شود. آشکارسازی بازتاب‌های ۰۰۲، ۱۱۰ و ۱۳۰ همان‌طور که در شکل ج-۱۲، در ارتباط با فاصله‌ی خط لایه‌ی ۰٫۵۳ nm نشان داده شده است، حضور کریستال‌ها را اثبات می‌کند.

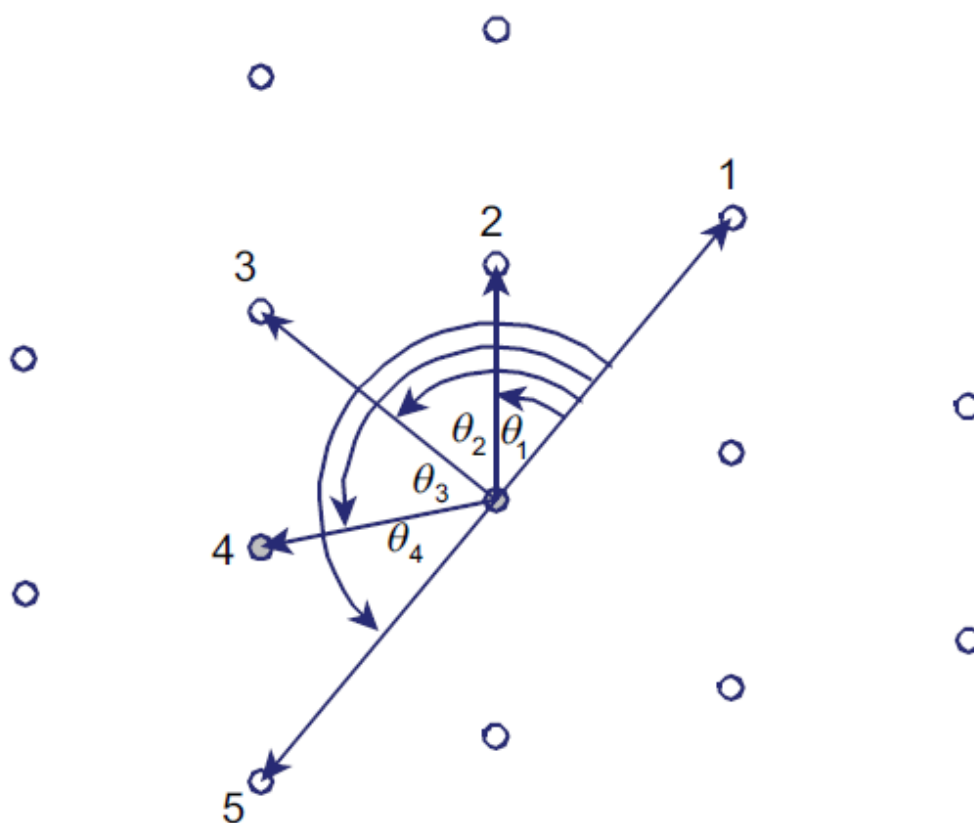
آنالیز نمونه‌های آزمایشگاهی به ندرت نیاز به اندازه‌گیری‌های منطقه محور دارد. با این حال، اگر یک آنالیز ED منطقه محور بر روی الیاف انجام شود، نمونه باید در نگه‌دارنده مناسب قرار داده شود. هر اندازه که نگه‌دارنده آزادتر باشد این امکان فراهم می‌شود تا شبکه نمونه چرخش کامل داشته باشد و شبکه به سمت یک محور واحد کج شود. نمونه را تا زمانی که تصویر الیاف نشان دهد که الیاف در جهت طول خود منطبق با محور شیب گونیا است، بچرخانید و ارتفاع نمونه را تا زمانی که الیاف در حالت مرکزیت است تنظیم کنید. الیاف را تا زمانی که الگوی ED نشان دهد که متقارن و دارای آرایه دو بعدی از نقاط است، کج کنید. تشخیص شرایط همترازی منطقه محور نیاز به تجربه در بخش عملیات دارد. توصیه می‌شود هنگام کج کردن الیاف برای به دست آوردن شرایط منطقه محور روشی که در آن فراوانی‌های لکه‌ها متفاوت است ملاحظه شود. اگر بازتاب‌های ضعیف در برخی از نقاط بر روی یک ماتریس از بازتاب‌های قوی رخ دهد، امکان جفت شدن یا تجزیه‌های چند گانه وجود دارد و توصیه می‌شود برای اندازه‌گیری و تفسیر، برخی احتیاط‌ها در انتخاب پراش لکه‌ها اعمال شود. بحث کامل در باره تجزیه الکترونی و تجزیه چندگانه را می‌توان در مراجع بندهای [۲۶] - [۲۹] کتابنامه یافت.



شکل ج-۱۲- الگوی SAED کریستال

قطعی نبودن تشخیص همه الگوهای منطقه محوری که می‌تواند به دست آید، مهم است. توصیه می‌شود فقط بازتاب الگوهایی که دقیقاً در جهت مشابه دو شاخص هستند، حداقل در یک جهت ثبت شود. الگوهایی که در آن همه d -فاصله‌ها کمتر از حدود 0.3 nm است، قطعی نیستند. راهنمایی مفید است که پایین‌ترین زاویه شکست توصیه شده در شعاع کوچکترین حلقه از الگوی پراش طلا (۱۱۱) باشد و معمولاً قطعی‌ترین الگوها دارای فاصله کوچکتر بین بازتاب هستند. تشخیص این امر به ویژه وقتی مهم است که از ED برای تمایز بین مواد معدنی مختلف از ترکیبات مشابه استفاده می‌شود، شواهدی مبنی بر اینکه الگوی ED هم‌نواخت با ساختار بلوری از یک ماده معدنی خاص است اثبات نشده است، مگر اینکه الگوی ED نیز ناهم‌نواخت با ساختارهای بلوری دیگر مواد معدنی ممکن نشان داده شده باشد.

برنامه‌های کامپیوتر مانند XIDENT (به بند [۳۱] کتابنامه مراجعه شود) روش مناسبی برای بررسی همناختی هر الگوی ED داده شده با داده‌های کریستالوگرافی برای مواد معدنی منحصر به فرد است. برنامه XIDENT مزیتی است که در آن هیچ دانشی از جهت‌گیری کریستالی مورد نیاز نیست. همه الگوهای ED ممکن است در تمام جهات محاسبه شوند و با الگوی ED مشاهده شده مقایسه شوند. اگر نتایج به دست آمده از یک الگوی ED هیچ ابهامی را در شناسایی یک الیاف رفع نکند، یک الگوی ED دوم به دست آمده از یک الیاف در جهت‌گیری متفاوت می‌تواند آزمایش شود و زاویه انحراف مشاهده شده بین دو جهت‌گیری می‌تواند با زاویه نظری محاسبه شده از ساختار بلوری مشکوک مقایسه شود. همانطور که در شکل ج-۱۳ نشان داده است، به منظور استفاده از برنامه XIDENT پنج نقطه، از نزدیکترین نقاط به نقطه مرکزی، همراه با دو خط متقاطع از الگوی منطقه محور برای اندازه‌گیری انتخاب می‌شوند. فاصله‌های این نقاط از نقطه مرکزی و چهار زاویه نشان داده شده، اطلاعات لازم را برای آنالیز فراهم می‌کند. از آنجا که نقطه مرکزی معمولاً بسیار بیش از حد در معرض دید است، نقطه شروع تعریف شده خوبی برای این اندازه‌گیری‌ها نیست. فاصله‌های الزام شده که بهترین دستاورد سنجش بین جفت نقطه‌های متقارن مرتب شده در اطراف نقطه مرکزی است، ترجیحاً توسط فاصله‌های تکراری مختلف جدا می‌شوند.



شکل ج ۱۳- اندازه‌گیری فاصله‌گذاری و زوایا در یک الگوی ED منطقه محور

پیوست چ
(اطلاعاتی)
مثالی از گزارش نمونه برداری

تاریخ:	نمونه گرفته شده توسط:
ساختمان و منطقه:	

اتاق:	شناسایی نمونه:
منطقه نمونه برداری:	
مرجع:	شماره نقشه:
شماره نقشه ساده:	موقعیت در نقشه:
جزئیات نمونه:	شماره عکس:
توضیحات:	

پیوست ح
(اطلاعاتی)
مثالی از گزارش آزمون

تاریخ آنالیز:		
تحلیل گر:	امضاء:	
یادآوری: این استاندارد مربوط به آنالیز کیفی آزمونها در محصولات تجاری است. در این روش نور میکروسکوپی قطبنده با پراکندگی لکه، روشی پیش فرض برای شناسایی آزمونها است. اگر برای تعیین ویژگیهای نمونه در شناسایی آزمونها، نیاز به استفاده از هر کدام از روشهای انتخابی میکروسکوپ الکترونی باشد، روش مورد استفاده نشان داده شده است. اگر به منظور تعیین حالت‌های نظم‌بخشی به یک ماده حاوی آزمون، کمیت‌پذیری دقیق کسر جرمی آزمونها تقریباً در دامنه کسر جرمی زیر ۵٪ مورد نیاز باشد، از سایر قسمت‌های این استاندارد استفاده کنید.		

نمونه	آزمونها	کسر جرمی تخمینی آزمونها	فیبرهای غیر آزمونی	توضیحات
نمونه ۱-۲۰۰۵۰۴۱۱ پوشش لوله کاغذ خاکستری پیچ‌خورده	کریستوتایل	۵٪ تا ۵۰٪	سلولز بروسیت	مواد مزاحم از نمونه خاکستر گیری شده جدا شده است
نمونه ۲-۲۰۰۵۰۴۱۲ پوشش لوله ماده الیافی سفید	آموسیت کریستوتایل	۵٪ تا ۵۰٪ ۰٫۱٪ تا ۵٪	نامشخص	
نمونه ۳-۲۰۰۵۰۱۲ محافظ آتش ستون ماده الیافی آبی	کروسیدولیت	۵۰٪ تا ۱۰۰٪	نامشخص	
نمونه ۱-۲۰۰۵۰۱۳ پوشش لوله ماده الیافی کرم مایل به سفید	آشکار نشد	۰٪	پشم معدنی	
نمونه ۲-۲۰۰۵۰۱۳ گچکاری ماده سفید	تریمولیت	۰٫۱٪ تا ۵٪	نامشخص	
نمونه ۳-۲۰۰۵۰۱۳ کاشی سقف ماده الیافی خاکستری	کریستوتایل	۰٫۱٪ تا ۵٪	ماده معدنی سلولز	کریستوتایل در شناسایی با PLM بسیار عالی است. کریستوتایل با روش TEM شناسایی شد.

پیوست خ

(اطلاعاتی)

کتابنامه

- [1] ISO 7348:1992, Glass containers — Manufacture — Vocabulary
- [2] ISO 10312, Ambient air — Determination of asbestos fibres — Direct transfer transmission electron microscopy method
- [3] ISO 10934-1:2002, Optics and optical instruments — Vocabulary for microscopy— Part 1: Light microscopy
- [4] ISO 13794:1999, Ambient air — Determination of asbestos fibres — Indirect-transfer transmission electron microscopy method
- [5] ISO 14686:2003, Hydrometric determinations — Pumping tests for water wells — Considerations and guidelines for design, performance and use
- [6] ISO 14952-1:2003, Space systems — Surface cleanliness of fluid systems — Part 1: Vocabulary
- [7] ISO 14966, Ambient air — Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles — Scanning electron microscopy method
- [8] AS 4964:2004, Method for the qualitative identification of asbestos in bulk samples
- [9] EN 143, Respiratory protective devices — Particle filters — Requirements, testing, marking
- [10] EPA/600/R-93/116:1993, Test method, method for the determination of asbestos in bulk building materials. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency
- [11] MDHS 77, Asbestos in bulk materials — Sampling and identification by polarised light microscopy (PLM). Sudbury: HSE (UK Health and Safety Executive) Books, 1999
- [12] NF X46-020:2008, Repérage amiante — Repérage des matériaux et produits contenant de l'amiante dans les immeubles bâtis — Mission et méthodologie [Location of asbestos — Location of materials and products containing asbestos in buildings — Mission and methodology]
- [13] VDI 3866 Part 1:2000, Determination of asbestos in technical products — Principle — Sampling and sample preparation
- [14] VDI 3866 Part 4:2002, Determination of asbestos in technical products — Phase contrast optical microscopy method
- [15] VDI 3866 Part 5:2004, Determination of asbestos in technical products — Scanning electron microscopy method
- [16] Wahlstrom, E.E. Optical crystallography, 2nd edition. New York, NY: Wiley, 1943
- [17] McCrone, W.c., mccrone, I.B., Delly, J.G. Polarized light microscopy. Chicago, IL: McCrone Research Institute, 1984
- [18] McCrone, W.C. Asbestos identification. Chicago, IL: McCrone Research Institute, 1987
- [19] Su, S.-C. Dispersion staining: Principles, Analytical relationships and practical applications to the determination of refractive index. Microscope 1998, 46, pp. 123–146.

- [20] Meeker, G.P., Bern, a.m., BroWnfield, i.k., loWers, h.a., sutley, s.J., hoefen, t.m., Vance, J.S.
The composition and morphology of amphiboles from the Rainy Creek Complex, Near Libby, Montana. *Am. Mineral.* 2003, 88, pp. 1955–1969
- [21] Emmons, R.C. A set of thirty immersion media. *Am. Mineral.* 1929, 14, pp. 482–483
- [22] tylee, B.e., DaVies, l.s.t., aDDison, J. Asbestos reference standards — Made available for analysts. *Ann. Occup. Hyg.* 1996, 40, pp. 711–714
- [23] Leake, B.E. Nomenclature of amphiboles. *Am. Mineral.* 1978, 63, pp. 1023–1052
- [24] Leake, B.E., Woolley, a.r., arPs, c.e.s., Birch, W.D., GilBert, m.c., Grice, J.D., et al.
Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association
Commission on new minerals and mineral names. *Mineral. Mag.* 1997, 61, pp. 295–321.
- [25] TimBrell, V. Characteristics of the International Union Against Cancer standard reference samples of asbestos. *Proceedings, Pneumoconiosis International Conference, Johannesburg, 1969*
- [26] Wenk, H.R., editor. *Electron microscopy in mineralogy.* New York, NY: Springer, 1976
- [27] GarD, J.A., editor. *The electron optical investigation of clays.* London: Mineralogical Society, 1971
- [28] hirsch, P.B., hoWie, a., nicholson, r.B., Pashley, D.W., Whelan, M.J. *Electron microscopy of thin crystals.* London: Butterworths, 1965, pp. 18–23
- [29] alDerson, r.h., halliDay, J.S. Electron diffraction. In: Hay, D.H., editor. *Techniques for electron microscopy*, 2nd edition. Oxford: Blackwell Scientific, 1965, pp. 478–524.
- [30] WeBBer, J.S. A simple technique for measuring asbestos layer-line spacings during TEM analysis. *Microscope* 1998, 46, pp. 197–200.
- [31] rhoaDes, B.I. XIDENT — A computer technique for the direct indexing of electron diffraction spot patterns. Dept. of Mechanical Engineering, Univ. of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 1976.