INSO
5909
1st Edition
2021

Identical with:
ASTM D8208:
2019

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۵۹۰۹
چاپ اول
۱۳۹۹

دارای محتوای رنگی

فناوری نانو- جمع‌آوری نانوذرات غیرلیفی با استفاده از نمونه‌بردار نانوذرات مبتنی بر الگوی نهشت تنفسی(NRD)-آیین کار

Nanotechnologies— Collection of non-fibrous nanoparticles using a Nanoparticle Respiratory Deposition (NRD) sampler— Code of practice

ICS: 07.120; 13.040.30

استاندارد ملی ایران شماره ۵۹۰۹ (چاپ اول): سال ۱۳۹۹

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی:۶۱۳۹ - ۱۴۱۵۵تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱-۵

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج - شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی ۱۶۳-۳۱۵۸۵کرج- ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱(۰۲۶)

دورنگار:۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http:// www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

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

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

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

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@ isiri.gov.ir

Website: http://www. isiri.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۷ قانون اصلاح تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد-کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروفن (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات محیط‌زیستی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. هم-چنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقاء 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 Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«فناوری نانو- جمع‌آوری نانوذرات غیرلیفی با استفاده از نمونه‌بردار نانوذرات مبتنی بر الگوی نهشت تنفسی (NRD)-آیین کار»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
گلبابایی، فریده (دکتری مهندسی بهداشت حرفه‌ای)	عضو هیئت علمی- دانشگاه علوم پزشکی تهران
دبیر:	
فرهنگ دهقان، سمیه (دکتری مهندسی بهداشت حرفه‌ای)	عضو هیئت علمی- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اخلاقی پیرپشته، الهام (کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای)	عضو مستقل
اسلامی‌پور، الهه (کارشناسی ارشد زیست‌شناسی)	کارشناس-کارگروه استاندارد و ایمنی - ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
سهرابی جهرمی، ابوذر (دکتری فناوری نانو)	رئیس هیئت مدیره- شرکت راصد توسعه فناوری‌های پیشرفته
کلانتری، صبا (دکتری مهندسی بهداشت حرفه‌ای)	عضو هیئت علمی- دانشگاه علوم پزشکی تهران
منهاج‌نیا، رابعه (دکتری سم‌شناسی)	کارشناس مسئول- کمیته فناوری نانو سازمان دامپزشکی
ویراستار:	
سیفی، مهوش (کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)	نایب رئیس- کمیته فنی متناظر فناوری نانو ISIRI/TC 229

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار و
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۲
۳ اصطلاحات و تعاریف ۳
۴ خلاصه استاندارد ۳
۵ اهمیت و کاربرد ۴
۶ تداخلات ۸
۷ دستگاه ۸
۷-۱ تجهیزات نمونه‌برداری ۸
۸ روش‌های اجرایی نمونه‌برداری ۱۲
۸-۱ هم‌گذاری نمونه‌بردار ۱۲
۸-۲ دبی نمونه‌بردار ۱۳
۸-۳ جمع‌آوری نمونه ۱۴
۸-۳-۱ دوره نمونه‌برداری ۱۴
۸-۳-۲ موقعیت قرارگیری نمونه‌بردار ۱۵
۸-۳-۳ جمع‌آوری نمونه‌ها ۱۵
۸-۳-۴ انتقال نمونه ۱۶
۹ گزارش ۱۷
پیوست (آگاهی‌دهنده) ارزشیابی نمونه‌بردار **NRD** ۱۸
کتاب‌نامه ۲۱

پیش گفتار

استاندارد «فناوری نانو- جمع‌آوری نانوذرات غیرلیفی با استفاده از نمونه‌بردار نانوذرات مبتنی بر الگوی نهشت تنفسی (NRD)-آیین کار» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده‌است، در نود و پنجمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد فناوری نانو مورخ ۱۳۹۹/۱۲/۲ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

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

ASTM D8208: 2019, Standard practice for collection of non-fibrous nanoparticles using a Nanoparticle Respiratory Deposition (NRD) sampler

فناوری نانو- جمع‌آوری نانوذرات غیرلیفی با استفاده از نمونه‌بردار نانوذرات مبتنی بر الگوی نهشت تنفسی (NRD)-آیین کار

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی درج نشده است. درصورت مواجهه با چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط بهداشت و ایمنی مناسب و اجرای آن بر عهده کاربر این استاندارد است.

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، شرح دستگاه و روش‌های اجرایی معین برای جمع‌آوری نانوذرات فلزی غیرلیفی هوابرد است که در طول فعالیت‌های کاری تولید می‌شوند.

۱-۲ نمونه‌بردارهای نانوذرات مبتنی بر الگوی نهشت تنفسی(NRD)[1] به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که از منحنی نهشت ماده نانوذره‌ای (NPM)[2] تبعیت می‌کنند. این منحنی بر مبنای مدل ارائه‌شده توسط کمیسیون بین‌المللی حفاظت رادیولوژیکی (ICRP)[3] برای نهشت ذرات کوچکتر از ۳۰۰ nm (حداقل اندازه نهشت برای ذرات زیرمیکرونی) همراه با حذف ذرات بزرگتر است.

۱-۳ این استاندارد، برای نمونه‌برداری فردی و محیطی در طی فرایندهای کاری و موقعیت‌هایی که ممکن است نانوذرات فلزی تولید شود (به‌عنوان‌مثال، جوشکاری، ذوب، میدان‌های تیراندازی)، کاربرد دارد.

۱-۴ این استاندارد، برای متخصصین باتجربه که از افزاره‌های نمونه‌برداری از هوای محیط‌کار (مانند نمونه‌بردار سیکلونی) استفاده می‌کنند، درنظر گرفته شده‌است.

۱-۵ این استاندارد، برای نمونه‌برداری از نانوذرات لیفی مانند نانولوله‌های کربنی کاربرد ندارد.

۱-۶ در این استاندارد به‌دلیل تفاوت در مدل‌ها و سازنده‌های مختلف افزاره و دستگاه‌های مناسب نمونه‌برداری، دستورالعمل‌های عملیاتی به‌طور مشروح ارائه نشده‌است. انتظار می‌رود، کاربر دستورالعمل‌های اختصاصی ارائه‌شده توسط سازندگان هر یک از تجهیزات را دنبال کند. این استاندارد، به مقایسه صحت دستگاه‌های مختلف و یا دقت افزاره‌های مشابه از نظر سازنده و مدل نمی‌پردازد.

۱-۷ این استاندارد، شامل نکات توضیحی است که جزء الزامی و اجباری روش کار محسوب نمی‌شوند.

۱-۸ مقادیر بیان‌شده در سیستم بین‌المللی یکاها (SI) به‌عنوان استاندارد درنظر گرفته شده‌اند. هیچ واحد اندازه‌گیری دیگری در این استاندارد وجود ندارد.

1- Nanoparticle Respiratory Deposition
2- Nanoparticulate Matter
3- International Commission on Radiological Protection

۱-۹ این استاندارد طبق اصول شناخته‌شده بین‌المللی استانداردسازی تدوین شده‌است که در سند «تصمیم‌گیری در مورد اصول تدوین استانداردها، راهنماها و توصیه‌ها» توسط کمیته موانع فنی تجارت (TBT)[1] مربوط به سازمان تجارت جهانی(WTO)[2]، منتشرشده‌است.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده‌است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شود.

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

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استانداردهای ASTM

2-1-1 ASTM D1356, Standard Terminology Relating to Sampling and Analysis of Atmospheres

2-1-2 ASTM D4532, Test Method for Respirable Dust in Workplace Atmospheres Using Cyclone Samplers

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۹۴۰: سال۱۳۹۸، اندازه‌گیری گردوغبار قابل‌تنفس موجود در اتمسفرهای محیط کار با استفاده از نمونه‌بردارهای سیکلونی- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D 4532: 2015 تدوین شده‌است.

2-1-3 ASTM D 4840, Standard Guide for Sample Chain-of-Custody Procedures

2-1-4 ASTM D5337, Standard Practice for Flow Rate Adjustment of Personal Sampling Pumps

2-1-5 ASTM D6785, Standard Test Method for Determination of Lead in Workplace Air Using Flame or Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry

2-1-6 ASTM D6832, Standard Test Method for the Determination of Hexavalent Chromium in Workplace Air by Ion Chromatography and Spectrophotometric Measurement Using 1,5-diphenylcarbazide

2-1-7 ASTM D7035, Standard Test Method for Determination of Metals and Metalloids in Airborne Particulate Matter by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES)

2-1-8 ASTM D7202, Standard Test Method for Determination of Beryllium in the Workplace by Extraction and Optical Fluorescence Detection

1- Technical Barriers to Trade
2- World Trade Organization

2-1-9 ASTM D7439, Standard Test Method for Determination of Elements in Airborne Particulate Matter by Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry

2-1-10 ASTM E1370, Standard Guide for Air Sampling Strategies for Worker and Workplace Protection

۲-۲ استانداردهای ISO

2-2-1 ISO 7708, Air quality - Particle size fraction definitions for health-related sampling

2-2-2 ISO 13137, Workplace amospheres-Pumps for personal sampling of chemical and biological agents- Requirements and test methods

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۴۴۷: سال۱۳۹۵، هوای محیط کار- پمپ‌های نمونه‌برداری فردی از عوامل شیمیایی و زیستی- الزامات و روش‌های آزمون با استفاده از استاندارد ISO 13137: 2013 تدوین شده‌است.

2-2-3 ISO 13138, Air quality- Sampling conventions for airborne particle deposition in the human Respiratory System

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۵۸۷: سال۱۳۹۶، کیفیت هوا- توافق‌های نمونه‌گیری از رسوب ذرات هوایی در سامانه تنفسی با استفاده از استاندارد ISO 13138: 2012 تدوین شده‌است.

2-2-4 ISO 14644-1, Cleanrooms and associated controlled environments—Part 1: Classification of air ceanliness by particle concentration

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۶۲۵۲: سال۱۳۹۶، اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل‌شدهٔ مرتبط- قسمت۱: طبقه‌بندی تمیزی هوا بر اساس تراکم ذرات با استفاده از استاندارد ISO 14644-1: 2015 تدوین شده‌است.

2-2-5 ISO 17205, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

یادآوری- استاندارد ملی ایران- ایزو آی ای سی شماره ۱۷۰۲۵: سال۱۳۸۶، الزامات عمومی برای احراز صلاحیت آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون با استفاده از استاندارد ISO 17205: 2005 تدوین شده‌است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف ارائه‌شده در استاندارد ASTM D1356 به‌کار می‌رود.

۴ خلاصه استاندارد

۴-۱ یک نمونه‌بردار NRD در یک مدار نمونه‌برداری قرار داده می‌شود و میزان دبی (هواگذر[1])آن با استفاده از یک فلومتر[2]کالیبره‌شده روی ۲٫۵ L/min تنظیم می‌شود. این نمونه‌بردار برای جمع‌آوری نانوذرات غیرلیفی با قطر معادل آیرودینامیکی ۰٫۳ µm> مطابق با ویژگی عملکردی منتشرشده، طراحی شده‌است [1].

1- Flow rate
2- Flow rate meter

۴-۲ نمونه‌بردار NRD برای جمع‌آوری نانوذرات غیرلیفی (به‌عنوان مثال، نانوذرات فلزی هوابرد)[1] در محیط‌کار موردنظر استفاده می‌شود. با این نمونه‌بردار، نمونه فردی و محیطی را می‌توان جمع‌آوری کرد.

۴-۳ نمونه جمع‌آوری‌شده در صفحه انتشار[2] نمونه‌بردار NRD را می‌توان برای آماده‌سازی نمونه و آنالیز آن به آزمایشگاه منتقل کرد (به‌عنوان مثال، حل‌کردن مقادیر ناچیز فلزات مطابق با روش آزمون ASTM D7035 و آنالیز با روش آزمون ASTM D7439).

یادآوری- نمونه‌هایی که با استفاده از این استاندارد به‌دست می‌آیند ممکن است به‌منظور آنالیز عنصری آنها علاوه‌بر طیف‌سنجی- جرمی پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-MS)[3] ، سایر روش‌های آنالیز عنصری (به‌عنوان مثال: طیف‌سنجی جذب اتمی کوره گرافیتی (GFAAS)[4] ، با روش آزمون ASTM D6785)، یون‌کروماتوگرافی برای کروم شش ظرفیتی ((Cr (VI)) (به روش آزمون ASTM D6832 مراجعه شود)، روش نوری فلورسانس برای مقادیر فوق‌العاده ناچیز بریلیم (به روش آزمون ASTM D7202 مراجعه شود) و موارد دیگر نیز مناسب باشند.

۵ اهمیت و کاربرد

۵-۱ مواجهه با تراکم‌های[5] زیاد ذرات فلزی غیرلیفی ریز[6] و فرارین[7] معلق در هوا، شامل منگنز (Mn)، کروم (Cr) و نیکل (Ni) که در طی فرآیندهایی با انرژی بالا مانند جوشکاری یا ذوب تولید می‌شوند، ممکن است اثرات سوء سلامتی به‌همراه داشته باشد. مطالعات حیوانی و همه‌گیرشناختی[8] مرتبط با جوشکاری و فرآیندهای فرآیندهای کاری مربوط به آن، طیف گسترده‌ای از اثرات سوء سلامتی، از جمله اثرات بر دستگاه تنفسی فوقانی (التهاب مخاط بینی و حنجره)، اثرات ریوی (پنومونیت[9]، برونشیت[10] مزمن، کاهش عملکرد ریوی)، اختلالات عصبی بالقوه (پارکینسون[11] ناشی از منگنز) و افزایش میزان سرطان ریه و مرگ ناشی از پنوموکونیوز[12] را نشان می‌دهد. منگنز با بیماری‌های عصبی مرتبط است.

1- Airborne metal nanoparticles
2- Diffusion stage
صفحه انتشار بخشی از دستگاه نمونه‌برداری است که ذرات را بر اساس سازوکار انتشار، جمع آوری می‌کند.
3- Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry
4- Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry
5- Concentration
6- Fine
7- Ultrafine
8- Epidemiological
9- Pneumonitis
10- Bronchitis
11- Parkinsonism
12- Pneumoconiosis

۵-۲ نانوذرات تولیدشده از فلزات یا اکسیدها و کالکوژنیدهای[1] آنها، کاربردهای صنعتی بسیاری یافته‌اند. نمونه‌هایی از نانوفلزات شامل نقره (Ag)، طلا (Au)، آهن (Fe)، مس (Cu)، کادمیم (Cd)، روی (Zn)، پلاتین (Pt) و سرب (Pd) است. نمونه‌هایی از نانواکسیدهای فلزی شامل اکسیدآلومینیم (Al_2O_3)، اکسیدمنیزیم (MgO)، دی‌اکسید زیرکونیم (ZrO_2)، اکسید سریم(IV) (CeO_2)، دی‌اکسید تیتانیم (TiO_2)، اکسیدروی (ZnO)، اکسید آهن(III) (Fe_2O_3) و اکسید قلع(II) (SnO)؛ نمونه‌هایی از سولفیدهای نانوفلزی شامل مونوسولفید مس (CuS)، سولفید کادمیم (CdS)، سولفید روی (ZnS)، سولفید نقره (AgS)، سولفید قلع (SnS) و بسیاری از سولفیدهای نیکل و کبالت (Co)؛ نمونه‌هایی از سلنیدهای[2] نانوفلزی شامل سلنید روی (ZnSe)، سلنید کادمیم (CdSe) و سلنید جیوه (HgSe) است. تولید و استفاده از این نانوذرات هر دو می‌تواند منجر به استنشاق ذرات و در نتیجه اثرات سوء آن شود. ارتباط بیشتری بین اثرات زیان‌آور سلامتی و استنشاق نانوذرات در مقایسه با ذرات بزرگتر از همان ترکیب وجود دارد.

۵-۳ به‌طورکلی روش‌های نمونه‌برداری هواسُل، چگونگی جمع‌آوری نمونه‌هایی از هوای محیط کار را با استفاده از نمونه‌برداری‌های تنفسی و مرتبط مشخص می‌کند. این روش‌های ارزیابی مواجهه، علاوه‌بر استفاده از نمونه‌بردارهای استنشاقی و صدری[3] (به استاندارد ISO 7708 مراجعه شود)، در کنار روش‌های آنالیز وزنی، برای برای اندازه‌گیری میزان مواجهه با نانوذرات کافی نیستند. ذرات بزرگتر از µm ۱، وزن قابل‌ملاحظه‌تری نسبت به نانوذرات معمول در فیوم‌ها[4] (دمه‌ها) دارند و این موضوع قابلیت آشکارسازی نانوذرات را به روش وزن‌سنجی فیلتر نمونه‌برداری، با ابهاماتی همراه می‌کند. علاوه‌براین، بیشتر نمونه‌بردارهایی که براساس انتخاب ذره با اندازه مشخص عمل می‌کنند، کسری از ذرات آئروسل را جداسازی می‌کند که می‌تواند به مجاری تنفسی نفوذ پیدا کند. نهشت ذره که تحت‌تأثیر سازوکارهای برخورد[5]، برخورد مستقیم[6] و انتشار (به استاندارد :ISO 13138 2012 مراجعه شود) است، معمولا با این نمونه‌بردارها بیشتر از مقدار واقعی تخمین زده می‌شوند.

۵-۴ اندازه‌گیری تراکم‌های نانوذرات هوابرد به‌صورت مجزا از ذرات بزرگتر، موردنیاز است. یک نمونه‌بردار NRD به‌طور انتخابی نانوذرات را به روشی مشابه نهشت معمول آنها در مجاری تنفسی انسان جمع‌آوری می‌کند. همانطور که توسط ICRP شرح داده شده‌است، جنبش مداوم نانوذرات باعث انتشار و نهشت بالقوه آنها در تمام نواحی مجاری تنفسی، از راه‌های هوایی سر تا ناحیه عمیق آلوئولی، می‌شود [2]. نمونه‌بردارهای NRD منطبق با منحنی نهشت ماده نانودره‌ای (NPM) مبتنی بر مدلICRP، برای نهشت ذرات کوچکتر از ۳۰۰ nm

1- Chalcogenides
2- Selenides
3- Thoracic
3- Fumes
5- Impaction
6- Interception

(کوچکترین اندازه نهشت برای مواد نانوذره‌ای[1]) به‌هنگام حذف ذرات بزرگتر، طراحی شده‌اند [1]. نمونه‌بردارهای انتخابگر-اندازه[2] (قابل‌تنفس[3]، صدری و قابل‌استنشاق[4]) به جای روند نهشت ذره، از انتشار آن تقلید می‌کنند. بسیاری از مطالعات درخصوص فیوم‌های جوشکاری یادآور شده‌اند که توزیع اندازه ذرات فیوم جوشکاری، حداقل میزان نهشت در راه‌های هوایی را مشخص می‌کنند، به‌طوری‌که بخش قابل‌توجهی از فیوم پس از استنشاق در مجاری هوایی نهشت نمی‌کنند [3-7]. هرچند، استفاده از نمونه‌بردار NRD ارزیابی مواجهه از دیدگاه تخمین میزان نهشت [8] را امکان‌پذیر نموده و یک روش فیزیولوژیکی و مرتبط‌تر برای اندازه‌گیری مخاطرات واقعی ناشی از مواجهه با نانوذرات برای کارگران (مانند جوشکارها) را فراهم می‌کند. این دانش برای توسعه مطالعات سم‌شناسی با هدف یافتن ارتباط بین نهشت نانوذرات فلزی و اثرات سوء سلامتی، حیاتی است.

۵-۵ فیوم‌های جوشکاری که متاثر از نانوذرات تصادفی (ذرات با هر بعد خارجی در مقیاس نانو) هستند، اغلب شامل ذرات بزرگتر تولیدشده ناشی از پاشش مواد مذاب روی سطح جوش[5] نیز می‌شوند. مطالعات حیوانی و همه‌گیرشناختی فعلی، مواجهه با فیوم‌های جوشکاری را بدون تمایز بین نانوذرات و ذرات بزرگتر بررسی می‌کنند. مشخص شده‌است که نانوذرات فیوم‌های جوشکاری در مقایسه با ذرات بزرگتر، باعث ایجاد اثرات سمی‌تر در سطح سلولی و تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)[6] واکنش پذیرتر می‌شوند.

۵-۶ در ابتدا، یک نمونه‌بردار NRD با صفحات نایلونی[7] به‌عنوان صفحه انتشار برای جمع‌آوری نانوذرات [1]، از جمله فیوم جوشکاری [8,9]، طراحی شد، اگرچه در آن زمان، اشاره شد که این آزمون‌های آزمایشگاهی شامل ذرات کلوخه‌شده، مانند آنهایی که فیوم‌های جوشکاری را مشخصه‌یابی می‌کنند، نبوده است. سپس مشخص شد که یک سازوکار جمع‌آوری تکمیلی، یعنی برخورد مستقیم، نقش مهمی را در جمع‌آوری نمونه نانوذرات کلوخه‌شده با تراکم‌های بالاتر ایفا می‌کند. عملکرد صفحات نایلون برای ذرات کلوخه تحت‌تأثیر کسر بار تجمعی نانوذرات[8] بیش از mg ۱ قرار می‌گیرد. با افزایش افت فشار در صفحات نایلونی تا حد KPa ۱۴٫۳ (۵۷ اینچ آب) [5] تغییر در عملکرد اتفاق می‌افتد که با خرابی بسیاری از پمپ‌های نمونه‌برداری همراه است. مطابق با مقدار حد آستانه (TLV)[9] انجمن متخصصین بهداشت صنعتی امریکا (ACGIH)[10] برای فیوم‌های جوشکاری

1- Submicrometre particles
2- Size-selective samplers
3- Inhalable
4- Respirable
5- Splatter
6- Reactive Oxygen Species
7- Nylon Screens
8- Accumulated nanoparticle fraction loadings
9- Threshold Limit Value
10- American Conference of Governmental Hygienists

($5\ mg/m^3$)، با یک نمونه یک ساعته در دبی ۲٫۵ L/min، میزان ۰٫۷۵ mg فیوم‌های جوشکاری جمع‌آوری می‌شود. از آنجا که کسر نانوذرات فیوم‌های جوشکاری معمولاً کمتر از نیمی از جرم کل آلاینده‌های حاصل از فرایند جوشکاری موجود در هوا است [3]، در مطالعات میدانی، صفحات نایلونی در نمونه‌برداری از فیوم‌ها جوشکاری به مدت یک ساعت یا کمتر، موثر هستند.

۵-۷ بستره جدید صفحه انتشار، یعنی فوم پلی‌اورتان، مشخصه‌هایی دارد که بیشتر شبیه مجاری تنفسی انسان است (به‌عنوان مثال مرجع [10]) و ممکن است برای جمع‌آوری ذرات کلوخه‌شده در حالاتی که بار تراکمی بالا است، ترجیح داده‌شود [11]. علاوه براین، فوم پلی‌اورتان، حاوی دی‌اکسید تیتانیم نیست، لذا استفاده از این نمونه‌بردار را برای ارزیابی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیم، امکان‌پذیر می‌کند.

۵-۸ نمونه‌بردار با فوم‌پلی‌اورتان نشان داده‌است که هنگام نمونه‌برداری از نانوذرات کروی تا قطر ۱۰۰ nm، به شدت از منحنی نهشت ICRP تبعیت می‌کند. ذرات کلوخه جمع آوری‌شده در فوم با افزایش اندازه و فاکتور شکل، از منحنی انحراف پیدا می‌کنند [11]. در شکل ۳ از مرجع [11]؛ منحنی مدل‌سازی رفتار ذرات طی عبور از فوم با توجه به فاکتور شکل پویایی[1] هواسل تنظیم شده و نشان می‌دهد جمع‌آوری نمونه‌بردار، برای تطبیق یافتن با منحنی اصلاح‌شده ذرات در اندازه بزرگتر، ادامه می‌یابد. چون ثابت شده‌است که این فوم جایگزین مناسبی برای محل نهشت ذرات با اندازه بزرگتر در ریه است، می‌توان فرض کرد که مدل فوم تنظیم‌شده نیز از رفتار نانوذرات کلوخه‌شده در ریه تبعیت می‌کند. افزایش نهشت کلوخه‌های بزرگتر ذرات سیلیس در ریه ریخته‌گران مشاهده شده‌است [12] که نشان می‌دهد برای کلوخه‌ها در این محدوده اندازه ممکن است تنظیم با منحنی ICRP، لازم باشد. هرچند، تا زمانی که تحقیقات بیشتری یک تنظیم دقیق‌تر را برای منحنی نهشت ICRP برای ذرات کلوخه‌شده در مجاری هوایی انسان شناسایی کند، رابطه جمع‌آوری فوم با نهشت در مجاری هوایی یک فرضیه باقی خواهد ماند.

۵-۹ برای آزمایش‌هایی که در آن‌ها افزاره نمونه‌بردار و فیلترها با توجه به توزیع اندازه هواسلی که ربایش می‌کنند، مقایسه می‌شوند، یک اندازه‌گیری درست جریان‌هوا در نمونه‌بردار NRD لازم است. نرخ دبی بر کارایی یک نمونه‌بردار در ربایش ذرات با اندازه خاص آئرودینامیکی، تأثیر می‌گذارد. همچنین، دبی نمونه‌بردار، ممکن است بر توزیع ذرات هواسل جمع‌آوری‌شده بر روی فیلترها و نهشت‌شده بر روی دیواره‌ها و بستره‌های

1- Dynamic

جمع‌آوری نمونه‌بردار، تأثیرگذار باشد. برای تعیین تراکم هواسل از جرم ذرات جمع‌آوری‌شده، تنظیم و اندازه‌گیری دقت دبی، ضروری است.

یادآوری - به راهنمای ASTM E1370 ، مربوط به توسعه راهبردهای مناسب اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه، مراجعه کنید.

۶ تداخلات

۶-۱ آلودگی‌های عنصری با مقادیر ناچیز به‌عنوان یک مشکل شایع، هنگام نمونه‌برداری و آنالیز، نیاز به دقت زیادی در دارند [9]. گاهی اوقات مقادیر زمینه برخی از آنالیت‌های[1] عنصری خاص در نمونه‌برداری (به‌عنوان مثال کروم) می‌تواند مشکل‌ساز باشد، ازاین‌رو به‌ویژه هنگام آنالیز عنصری با مقادیر بسیار ناچیز، دقت خاص لازم است. درصورت یافتن مقادیر زمینه قابل‌توجهی از عناصر موردنظر (به‌عنوان مثال در مدیای[2] شاهد، شاهد میدانی[3]، واکنشگرها، تجهیزات آزمایشگاهی)، اقدامات اصلاحی لازم است.

۶-۲ از دی‌اکسید تیتانیم اغلب برای سفیدکردن مواد استفاده می‌شود و این حالت در مورد نایلون نیز صدق می‌کند. از این رو صفحات نایلونی برای ارزیابی مواجهه با دی‌اکسید نانوتیتانیم، مناسب نیستند. مقادیر پایین کادمیم در نمونه شاهد فوم پلی‌اورتان، مشاهده شده‌است [5] که ممکن است به دلیل تداخلات طیف‌سنجی جرمی ناشی از سطح بالای قلع باشد. تحقیقات آینده ممکن است موید آن باشد که این تداخل قابل برطرف شدن است [13].

۶-۳ این روش ممکن است برای اندازه‌گیری نانولوله‌های‌کربنی به‌عنوان یک ماده لیفی یا ماده‌ای با نسبت منظر[4] بالا قابل‌استفاده نباشد، زیرا ممکن است آنها مطابق با معیار جمع‌آوری ترجیح داده‌شده برای این مواد نمونه‌برداری نشوند. برای تعیین عملکرد مناسب مبتنی بر انتخاب اندازه این مواد و اینکه آیا با نمونه‌بردار سازگاری دارند یا نه، تحقیقات بیشتری لازم است.

۷ دستگاه

۷-۱ تجهیزات نمونه‌برداری

1- Analytes
2- Media
3- Field blank
4- Aspect ratio

۷-۱-۱ تجهیزات معمول جابه‌جایی، از جمله: دستکش پلاستیکی (فاقد پودر) و ظروف جابه‌جایی نمونه و تجهیزات جانبی معمول، شامل برچسب و نشان‌گذار برچسب، دفترچه یادداشت یا افزاره الکترونیکی ثبت داده و ماشین‌حساب، درصورت لزوم است.

۷-۱-۲ گریس[1] خلاء-بالا[2] و اورینگ[3] یدکی، برای هم‌گذاری نمونه‌بردار و تمیزکردن واکنشگرها درصورت نیاز، یعنی وقتی که از نمونه‌بردارهای پاک‌کننده موجود در بازار استفاده نمی‌شود (استفاده مجدد به‌دلیل خطر آلودگی توصیه نمی‌شود، درصورت استفاده مجدد از نمونه‌بردارها، کاربران باید واکنشگرها را به‌گونه‌ای انتخاب کنند که از انطباق با موارد مطرح‌شده در زیربند ۸-۱-۱، اطمینان حاصل شود).

۷-۱-۳ نمونه‌بردارهای NRD (شکل ۱)، برای جمع‌آوری نانوذرات مطابق با معیار مواد معلق نانوذره‌ای طراحی شده‌اند. نمونه‌بردارهایNRD چندبار مصرف به‌صورت تجاری در دسترس هستند. از سوی دیگر، نمونه‌بردارهای NRD چندبارمصرف ممکن است توسط کاربر، تمیز و مجدد مورداستفاده قرار گیرد، اما این کار توصیه نمی‌شود (به زیربند ۸-۱ مراجعه شود).

۷-۱-۴ صفحات نایلونی: هشت صفحه نایلونی آب‌دوست ۲۵ mm با اندازه منافذ ۱۱ µm و تخلخل ٪ ۶ یا فوم پلی‌اورتان: قطر ۲۵ mm ، طول ۴۰ mm، ۹۰ تا ۱۰۰ منفذ در هر اینچ مربع (ppi)، برای متناسب‌سازی نمونه‌بردار درنظر گرفته می‌شود. صفحات یا فوم در صفحه انتشار افزاره NRD قرار می‌گیرند (شکل ۲). اندازه نگهدارنده صفحه انتشار متناسب با اندازه بستره (صفحات یا فوم)، متفاوت است. قبل از استفاده از فوم باید از مواجهه آن با نور فرابنفش، از جمله نور خورشید محافظت شود و در جای خشک و خنک نگهداری شود.

۷-۱-۵ پمپ‌های نمونه‌برداری، با دبی قابل‌تنظیم و قابل‌حمل، برای نمونه‌برداری فردی مورداستفاده قرار می‌گیرند. پمپ‌ها باید با استاندارد ISO 13137 مطابقت داشته باشند و بتوانند میزان دبی انتخابی L/min ۲٫۵±۰٫۱ و تا ٪ ۵ مقدار اسمی را در طول دوره نمونه‌برداری حفظ کنند. پمپ‌های نمونه‌برداری که مطابق استاندرد ISO 13137 هستند، می‌توانند دبی L/min ۳ را در برابر افت فشار kPa ۴ تامین کنند و بهتر است بتوانند دبی را در برابر افت فشار kPa ۳٫۵۴ در نمونه‌بردار NRD فاقد بستره تا L/min ۲٫۵، حفظ کنند.

1- Grease
2- High-vacuum
3- O-ring

۷-۱-۶ لوله‌ها و اتصالات قابل‌انعطاف[1]، قطر داخلی ۵ mm، قطر خارجی ۰٫۸ mm، با طول مناسب تا اتصال بین پمپ‌های نمونه‌برداری تا نمونه‌بردار را، فراهم کند.

۷-۱-۷ سیکلون آلومینیومی برای ذرات قابل‌استنشاق، ۲۵ mm که مطابق با الزامات روش آزمون ASTM 4532 (شکل ۳) است.

۷-۱-۸ مبدل[2] برای اتصال بین ورودی سیکلون و فلومتر که جهت استفاده سیکلون آلومینیومی ۲۵ mm مناسب است.

۷-۱-۹ نگهدارنده کاست فیلتر، رسانا، ۲۵ mm که برای نگه‌داشتن نمونه‌بردار NRD و سیکلون مناسب است (شکل ۴).

۷-۱-۱۰ فلومتر، قابل‌حمل، که می‌تواند با دقت ٪ ۲± نرخ جریان‌حجمی را اندازه‌گیری کند. فلومتر باید طبق روشی کالیبره شود که در استانداردهای ملی یا بین‌المللی (مانند استاندارد ASTM D5337) وجود دارد و توسط ارائه‌دهنده کالیبراسیون مطابق استاندارد ISO 17025 که برای ارائه چنین خدمات کالیبراسیونی به‌کار می‌روند، قابل‌ردیابی باشد. در بسیاری از فلومترهای جدید، داده‌های خروجی به‌صورت الکترونیکی هستند و امکان محاسبه میانگین‌ها را فراهم می‌کنند.

۷-۱-۱۱ پنس با نوک تخت، غیرفلزی، که برای برداشتن و گذاشتن فیلترها در نمونه‌بردار NRD مورداستفاده قرار می‌گیرند.

۷-۱-۱۲ زمان‌سنج، که برای ثبت زمان شروع و پایان دوره‌های نمونه‌برداری مورداستفاده قرار می‌گیرد.

شکل۱ - محفظه نمونه‌بردارNRD

1- Flexible tubing
2- Adapter

شکل۲- اجزاء نمونه‌بردارNRD

شکل۳- سیکلون آلومینیومی برای ذرات قابل استنشاق

شکل۴- هم‌گذاری نمونه‌بردارNRD و سیکلون آلومینیومی

۸ روش‌های اجرایی نمونه‌برداری

۸-۱ هم‌گذاری نمونه‌بردار

۸-۱-۱ تمیزکردن نمونه‌بردارها– نمونه‌بردارهای یکبار مصرف NRD به‌دلیل عدم ریسک آلودگی ترجیح داده می‌شوند، اما در غیراین‌صورت، در مورد نمونه‌بردارهای چندبار مصرف، باید یک روش اجرایی پاکسازی توسط کاربر برای اطمینان از تمیزی کامل مواد پاک‌کننده (مانند مواد شوینده)، به‌کار گرفته شود و اینکه این مواد، نمونه‌بردار را آلوده نمی‌کند.

۸-۱-۲ آماده‌سازی نمونه‌بردار NRD - از دستکش تمیز قبل از دست‌زدن به نمونه‌بردارها استفاده کنید تا ریسک آسیب یا آلودگی به حداقل برسد.

۸-۱-۳ جابه‌جایی فوم پلی‌اورتان یا صفحات نایلونی- فوم و صفحات را فقط با پنس تمیز غیرفلزی نوک صاف و در یک محل تمیز و بدون آلودگی و عاری از تراکم بالای ذرات هوا جابه‌جا کنید (مانند محیط کلاس ۵ اتاق تمیز، به استاندارد ISO 14644-1 مراجعه شود).

۸-۱-۴ بارگذاری فوم یا صفحات نایلون در نمونه‌بردارها- بسته به اینکه از صفحات نایلونی یا فوم استفاده شود، اندازه متفاوتی از صفحه انتشار در نمونه‌بردار NRD، موردنیاز است. صفحه انتشار مناسب را با یک قطعه فوم پلی‌اورتان تمیز یا هشت صفحه نایلونی متوالی بارگذاری کنید. ورودی هر نمونه‌بردار را مهروموم کنید (برای جلوگیری از ورود آلودگی) و بر روی هر نمونه‌بردار برچسب بزنید تا به‌طور مشخص شناسایی شود.

۸-۱-۵ روغن‌کاری صفحات برخورد- درحالی‌که هنوز دستکش تمیز به دست دارید، یک لایه نازک از گریس قابل‌استفاده در خلاء بالا را به صفحه برخورد در مرحله برخورد نمونه‌بردار NRD بمالید.

۸-۱-۶ قبل از آماده‌سازی نهایی، اورینگ‌های بالای سیکلون را بررسی کنید تا از قابلیت تعمیر آنها مطمئن شوید و درصورت لزوم آنها را تعویض کنید. نمونه‌بردار را به سیکلون وصل کنید، اطمینان حاصل کنید که دستگاه به‌درستی مهروموم شده و کاملاً به‌هم متصل هستند.

۸-۲ دبی نمونه‌بردار

۸-۲-۱ دبی موردنیاز برای عملکرد بهینه «نمونه‌بردار برخوردی»[1] و صفحه انتشار نمونه‌بردار NRD، ۲٫۵±۰٫۱ L/min تعیین شده‌است. دبی اولیه را روی ۲٫۵±۰٫۱ L/min تنظیم کرده و میزان آن را پس از نمونه‌برداری اندازه‌گیری کنید تا مشخص شود آیا دبی پمپ‌ها از حد قابل‌قبول نسبت به مقدار اولیه افت کرده است یا خیر. به‌طور معمول، مقداری کمتر از ٪ ۵± موردقبول است (استاندارد ASTM D5337). در برخی شرایط ممکن است دوره نمونه‌برداری کوتاه باشد و احتمال تغییر در عملکرد پمپ حداقل باشد، لذا کاربر ممکن است فقط خواندن دبی قبل از نمونه‌برداری را ضروری تشخیص دهد.

۸-۲-۲ تنظیم دبی در یک محل تمیز، جایی که تراکم نانوذرات کم باشد، خروجی فلومتر را به ورودی مبدل با استفاده از لوله انعطاف‌پذیر وصل کنید.

۸-۲-۳ نمونه‌بردار NRD کاملاً هم‌گذاری‌شده را درون یک نگهدارنده کاست‌فیلتر قرار دهید (شکل ۴). مشاهده کنید که نگهدارنده دارای یک شکاف در پشت پایه است که هم‌تراز با صفحه پایین سیکلون می‌باشد (توجه داشته باشید که نوع حاوی صفحات نایلونی به نگهدارنده‌ای متفاوت از نوع حاوی فوم پلی‌اورتان نیاز دارد).

۸-۲-۴ درزبند محافظتی نمونه‌بردار NRD را بردارید و لوله نگهدارنده کاست‌فیلتر را به خروجی نمونه‌بردار (که روی کاست رسانا قرار دارد) وصل کنید.

۸-۲-۵ لوله قابل‌انعطاف را بین ورودی پمپ و خروجی نگهدارنده کاست‌فیلتر وصل کنید (شکل ۴).

1- Impactor

۸-۲-۶ قسمت پایین سیکلون را در داخل مبدل سُر دهید و محکم فشار دهید تا از اتصال مناسب[1] اطمینان حاصل شود.

۸-۲-۷ پمپ و فلومتر را روشن کرده و اجازه دهید حداقل سه دقیقه گرم شوند.

۸-۲-۸ دبی پمپ را یکبار قرائت کنید و درصورت لزوم دبی پمپ را (با استفاده از پیچ تنظیم یا تنظیمات رقمی (دیجیتالی)، بسته به مدل پمپ برای به رسیدن به عدد L/min ۰٫۱±۲٫۵ تنظیم کنید.

۸-۲-۹ درصورت لزوم میزان دبی را از حافظه پمپ پاک کنید و ده قرائت دیگر را انجام دهید و از آنها میانگین بگیرید.

۸-۲-۱۰ دو مرحله قبلی را تکرار کنید تا میانگین ده قرائت در محدوده L/min ۰٫۱±۲٫۵ شود.

۸-۲-۱۱ شماره سریال نمونه‌بردار NRD، شماره سریال پمپ و میانگین دبی قبل از نمونه‌برداری را ثبت کنید (به‌صورت الکترونیکی یا به‌صورت داده‌ها یا هر دو).

۸-۲-۱۲ محفظه را از سیکلون جدا کنید، پمپ نمونه‌برداری را خاموش کرده و نمونه‌بردار را مهروموم کنید (برای جلوگیری از ورود آلودگی در هنگام جابه‌جایی به محل نمونه‌گیری).

۸-۲-۱۳ مراحل ۸-۲-۲ تا ۸-۲-۱۲ را برای هر نمونه‌بردارNRD و پمپ نمونه‌برداری تکرار کنید.

۸-۳ جمع‌آوری نمونه

۸-۳-۱ دوره نمونه‌برداری

۸-۳-۱-۱ دوره نمونه‌برداری را متناسب با حجم کار اندازه‌گیری انتخاب کنید و اطمینان حاصل کنید که به اندازه کافی طولانی است که بتواند ماده موردنظر را با عدم قطعیت قابل‌قبول در سطح معنی‌داری در مسائل بهداشت صنعتی جمع‌آوری کند. برای فرآیندهایی با مواجهه پایین (به‌عنوان مثال، ۱۰۰۰۰< ذره در cm^3 در حضور تهویه مکنده موضعی)، مدت زمان نمونه‌برداری حداقل ۶۰ دقیقه توصیه می‌شود. برای فرآیندهایی با تراکم‌های بالای مواجهه (به‌عنوان مثال، ۲۰۰۰۰۰< ذره در cm^3، به‌دلیل عدم وجود تهویه مکنده موضعی)،

1- Snug fit

مدت زمان نمونه‌گیری ۱۵ دقیقه الی ۲۰ دقیقه، بارگذاری مناسبی را برای نمونه‌برداری برمبنای محل کار فراهم می‌کند.

یادآوری ۳ - فوم پلی‌اورتان به‌عنوان یک بستره جمع‌آوری در بارگذاری‌های بالا حساسیت ویژه‌ای ندارد و صرفا افزایش اندکی در کارایی نمونه‌برداری (٪ ۱۱) پس از ۲۰ ساعت نمونه‌برداری با بارگذاری mg ۱۹ مشاهده شده‌است [11].

۸-۳-۲ موقعیت قرارگیری نمونه‌بردار

۸-۳-۲-۱ نمونه‌برداری فردی- نمونه‌بردار باید در منطقه تنفسی کارگر، در نزدیکی دهان و بینی قرار گیرد که به‌طور منطقی عملی باشد. به‌عنوان مثال، به یقه پیراهن کارگر بسته شود. پمپ نمونه‌برداری را به روشی به کارگر وصل کنید که حداقل ناراحتی را ایجاد کند، به‌عنوان مثال به کمربند دور کمر وی متصل کنید.

۸-۳-۲-۲ نمونه‌برداری محیط با توجه به هدف نمونه‌برداری برای آنالیز عنصری- نمونه‌بردار را در محل موردنظر قرار دهید، به‌عنوان مثال، (الف) در نزدیکی یک منبع انتشار یا (ب) دور از فعالیت‌های کاری.

۸-۳-۳ جمع‌آوری نمونه‌ها

۸-۳-۳-۱ پس از آماده شدن برای نمونه‌برداری، محافظ ورودی (مانند یک درپوش) را از نمونه‌بردار جدا کرده و پمپ نمونه‌برداری را روشن کنید. در شروع دوره نمونه‌برداری، زمان و دبی جریان را ثبت کنید.

۸-۳-۳-۲ برای نمونه‌برداری طولانی مدت، به‌صورت دوره‌ای (به طور معمول حداقل هر min ۶۰) دبی پمپ نمونه‌برداری را (با استفاده از فلومتر) بررسی کنید. اگر میزان دبی به‌طور قابل‌توجهی تغییر کرده‌است، (تغییر ٪ ۵<)، نمونه را فاقد اعتبار در نظر بگیرید. درصورتی که مشکوک است، نمونه‌برداری بیش از مقدار مجاز اتفاق افتاده‌است، باید نمونه‌های متوالی گرفته شود (به راهنمای ASTM E1370 مراجعه شود).

۸-۳-۳-۳ در پایان دوره نمونه‌برداری، زمان را ثبت کرده و مدت زمان نمونه‌برداری را تعیین کنید. میزان دبی را در پایان دوره نمونه‌برداری با استفاده از فلومتر اندازه‌گیری کرده و مقدار اندازه‌گیری‌شده را ثبت کنید. اگر شواهدی وجود دارد که پمپ نمونه‌برداری در کل دوره نمونه‌برداری به‌درستی کار نکرده است، نمونه را فاقد اعتبار درنظر بگیرید.

۸-۳-۳-۴ مشخصات نمونه و کلیه داده‌های مربوط به نمونه‌برداری (مانند فعالیت کاری، دوره نمونه‌برداری، مکان(های) نمونه‌برداری، میانگین دبی، حجم هوای نمونه‌برداری‌شده) را ثبت کنید. میانگین دبی را با میانگین‌گیری از دبی در شروع و پایان دوره نمونه‌برداری محاسبه کنید. حجم هوای نمونه‌برداری‌شده را به لیتر با ضرب میانگین دبی (L/min) در مدت زمان نمونه‌برداری (min) محاسبه کنید.

۸-۳-۴ انتقال نمونه

۸-۳-۴-۱ یک جفت دستکش تمیز بپوشید و نمونه‌ها را در یک منطقه تمیز و عاری از آلودگی و تراکم بالای ذرات هوا جدا کنید (مانند محیط طبقه ۵، به استاندارد ISO 14644-1: 2015 مراجعه شود)، مدیای جمع‌آوری در صفحه انتشار (صفحات یا فوم) را از نمونه‌بردار جدا کنید، هر نمونه (با پنس تمیز نوک صاف) را در یک ظرف جابه‌جایی برچسب زده و کاملا درزبندی کنید. توجه کنید که نمونه جمع‌آوری‌شده از مدیای جمع‌آوری نمونه‌بردار، بیرون ریخته نشود.

۸-۳-۴-۲ نمونه‌ها را در ظروف مقوایی محکم، پلاستیک، فلزی یا هر ظرف دیگری که برای جلوگیری از آسیب رسیدن به نمونه‌ها در حین انتقال ساخته‌شده و برای اطمینان از جابه‌جایی مناسب، برچسب زده و به آزمایشگاه منتقل کنید.

۸-۳-۴-۳ روش(های) آماده‌سازی و آنالیز نمونه را برای آزمایشگاه مشخص کنید تا برای اندازه‌گیری بعدی آنالیت‌های موردنظر در نمونه‌بردار NRD مورداستفاده قرار گیرد، مانند روش‌های آزمون ASTM D7035 یا ASTM D7439 [14].

۸-۳-۴-۴ بستره‌های فومی ممکن است برای قرارگرفتن در ظروف اجاق ماکروویو خیلی بزرگ باشند و همچنین ممکن است باعث افزایش فشار بیش از حد گازهای آزادشده در هنگام هضم اسیدی با کمک امواج ماکروویو شوند که این موضوع می‌تواند یک خطر ایمنی درنظر گرفته شود. فوم را می‌توان با استفاده از چاقوی سرامیکی به قسمت‌های قابل‌کنترل‌تری تقسیم کرد و سپس به‌صورت یک‌جا آنها را هضم کرد. روشی که برای آنالیز فوم‌های NRDS با اصلاح اندازه فوم استفاده می‌شود، در منبع [15] ارائه شده‌است.

۸-۳-۴-۵ زنجیره حفاظت- از روش‌های اجرایی حفاظتی در زنجیره نمونه‌برداری پیروی کنید تا از قابلیت ردیابی نمونه اطمینان حاصل کنید. مطمئن شوید که مستندسازی نمونه‌ها برای ایجاد زنجیره حفاظتی مطابق با راهنمای ASTM D4840 مناسب است.

۹ گزارش

۹-۱ داده‌های گزارش‌شده باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

۹-۱-۱ اشاره به استفاده از این استاندارد برای جمع‌آوری نمونه NRD؛

۹-۱-۲ کلیه اطلاعات نمونه و زنجیره حفاظتی؛

۹-۱-۳ نرخ دبی نمونه؛

۹-۱-۴ مدت زمان نمونه‌برداری؛

۹-۱-۵ داده‌های کاربردی تضمین کیفیت/کنترل کیفیت؛

۹-۱-۶ مشخص کردن فرد (افراد) و سازمان متولی نمونه‌برداری؛

۹-۱-۷ اطلاعات مربوط به روش (های) اجرایی مورداستفاده در نمونه‌برداری؛

۹-۱-۸ اطلاعات مربوط به تجهیزات مورداستفاده؛ و

۹-۱-۹ هرگونه اطلاعات دیگری که مناسب تشخیص داده شود.

پیوست الف
(آگاهی‌دهنده)
ارزشیابی نمونه‌بردار NRD

الف-۱ مشخصه‌های نمونه‌بردار NRD

الف-۱-۱ نهشت موثر بر روی صفحات جمع‌آوری و فوم یک نمونه‌بردار NRD موجود در بازار با استفاده از فلورسئین آمونیم، کلرید سدیم و فیوم فلزی تولیدشده از میله‌های جوشکاری با استفاده از تخلیه الکتریکی موردآزمون قرار می‌گیرند [1,11].

الف-۲ حدود آشکارسازی و کمی‌سازی

الف-۲-۱ مقادیر حدود آشکارسازی (LOD)[1] و حدود تعیین کمی (LOQ)[2] برای منگنز، کروم و نیکل اندازه‌گیری‌شده به‌وسیله صفحات جمع‌آوری نمونه‌بردار NRD شاهد و نمونه‌های اسپایک[3] عفونی با مقادیر کم، تعیین شده‌است و در جدول الف-۱ ارائه شده است.

یادآوری - آماده‌سازی و آنالیز نمونه با استفاده از روش هضم‌اسیدی با کمک امواج ماکروویو مطابق با روش آزمون ASTM D7035 و آنالیز ICP-MS مطابق با روش آزمون ASTM D7439 انجام شد [8].

جدول الف-۱- حدود آشکارسازی و تعیین کمی فلزات منتخب روی صفحات نایلونی

فلز	LOD، شاهد (میکروگرم/۸ عدد صفحه)	LOQ، شاهد (میکروگرم/۸ عدد صفحه)	LOD، نمونه اسپایک با سطح پایین (میکروگرم/۸ عدد صفحه)	LOQ، نمونه اسپایک با سطح پایین (میکروگرم/۸ عدد صفحه)
منگنز	۱٫۱	۳٫۳۳	۰٫۸۹	۲٫۶
کروم	ND*	ND	۰/۴	۱/۴۲
نیکل	۰٫۴	۱٫۱۴	۰٫۳	۰٫۸۳
* آشکارسازی نشده				

الف-۲-۲ مقادیر میانه زمینه عناصر روی قطعات کوچک فوم تجاری (n=10) که با روش اجرایی اختصاصی تمیز شده‌است، پس از هضم ماکروویو در ترکیبی از اسیدهای (نیتریک- هیدروکلریک-هیدروفلوئوریک) با پراکسید

1- Limits of Detection
2- Limits of Quantitation
3- Spike

هیدروژن و از طریق طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شده القایی تعیین می‌شود که در جدول الف-۲ ارائه شده‌است. توجه داشته باشید که Sn (تقریبا ۱۰ µg بر فوم) یک عامل اتصال‌دهنده[1] است و با شستشو از بین نمی‌رود. نتایج با توجه به اندازه فوم مورداستفاده در نمونه‌بردار NRD مقیاس‌بندی شده‌است.

جدول الف-۲ تعیین آشکارسازی مقادیر زمینه فلزات منتخب در فوم پلی‌اورتان

فلزات	مقادیر در نمونه شاهد (µg بر فوم)
Al	۱٫۹
Mg	۱/۸
Fe	۱٫۴
Se	۰٫۹۸
Ti	۰٫۳۴
Zn	۰٫۳
Cu	۰٫۱۵
B	۰٫۱۳۹
W	۰٫۰۵۷
Mn	۰٫۰۵۶
Ba	۰٫۰۵۱
Ni	۰٫۰۳۳
Cr	۰٫۰۲۸
V	۰٫۰۱۹
Pb	۰٫۰۱۸
Mo	۰٫۰۱۶
Sr	۰٫۰۱۴
As	۰٫۰۰۹
Co	۰٫۰۰۶
Pt	۰٫۰۰۴
Ce	۰٫۰۰۳

الف-۳ یک نمونه‌بردار NRD تجاری با صفحات نایلونی برای تعیین فلزات با مقادیر ناچیز در نمونه‌های فردی نانوذرات که از ۴۴ کارگر در حین فرآیندهای جوشکاری جمع‌آوری شده‌است، در یک محیط واقعی موردآزمون قرار گرفته‌است [9].

1- Cross-linking agent

الف-۴ یک نمونه‌بردار NRD تجاری با فوم پلی‌اورتان در برابر افزاره‌ای که توزیع اندازه هواسل را ارائه می‌دهد، در سه شرایط کاری مختلف موردآزمون قرار گرفته‌است [16]. همبستگی خوبی در دو محیط کار (۱- ماشین‌کاری وسایل‌نقلیه سنگین به همراه تاسیسات هم‌گذاری و ۲- میدان تیراندازی) مشاهده شد که در آن ذرات بزرگ هواسل غالب نبودند، اما در یک کارخانه آهن که ٪ ۹۵ ذرات در آن قطر معادل آیرودینامیکی بزرگتر از ۱ µm داشتند، همبستگی چندان خوب نبود.

کتاب‌نامه

[1] Cena, L. G., Anthony, T. R., and Peters, T. M., "A Personal Nanoparticle Respiratory Deposition (NRD) Sampler," Environmental Science and Technology, Vol 45, 2011, pp. 6483–6490.

[2] International Commission on Radiological Protection (ICRP), Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection, Publication No. 66, Elsevier Science, Ltd.: Oxford, UK, 1994.

[3] Hewett, P., "The Particle Size Distribution, Density, and Specific Surface Area of Welding Fumes from SMAW and GMAW Mild and Stainless Steel Consumables," American Industrial Hygiene Association Journal, Vol 56, 1995, pp. 128–135.

[4] Hewett, P., "Estimation of Regional Pulmonary Deposition and Exposure for Fumes from SMAW and GMAW Mild and Stainless Steel Consumables," American Industrial Hygiene Association Journal, Vol 56, 1995, pp. 136—142.

[5] Zimmer, A. T., and Biswas, P., "Characterization of the Aerosols Resulting from Arc Welding Processes," Journal of Aerosol Science, Vol 32, 2001, pp. 993–1008.

[6] Lehnert, M., Pesch, B., Lotz, T., et al., "Exposure to Inhalable, Respirable, and Ultrafine Particles in Welding Fume," Annals of Occupational Hygiene, Vol 56, 2012, pp. 557–567.

[7] Pesch, B., Weiss, T., Kendzia, B., et al., "Levels and Predictors of Airborne and Internal Exposur to Manganese and Iron among Welders," Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, Vol 22, 2012, pp. 291–298.

[8] Cena, L. G., Keane, M. J., Chisholm, W. P., Stone, S., Harper, M., and Chen, B. T., "A Novel Method for Assessing Respiratory Deposition of Welding Fume Nanoparticles," Journal of Occupational and Environmental Hygiene, Vol 11, 2014, pp. 771–780.

[9] Cena, L. G., Keane, M. J., Chisholm, W. P., Stone, S., Harper, M., and Chen, B. T., "A Novel Method
for Assessing Respiratory Deposition of Welding Fume Nanoparticles," Journal of Occupational and Environmental Hygiene, Vol 11, 2014, pp. 771–780.

[10] Koehler, K.A. Clark, P., and Volckens, J., "Development of a Sampler for Total Aerosol Deposition in the Human Respiratory Tract," Annals of Occupational Hygiene, Vol 53, 2009, pp. 731–738.

[11] Mines, L. W. D., Park, J. H., Mudunkotuwa, I. A., Anthony, T. R., Grassian V. H., and Peters, T. M., ''Porous Polyurethane Foam for Use as a Particle Collection Substrate in a Nanoparticle

Respiratory Deposition Sampler," Aerosol Science and Technology, Vol 50, 2016, pp. 497–506.

[12] Scheckman, J. H., and McMurry, P. H., "Deposition of Silica Agglomerates in a Cast of Human Lung Airways: Enhancement Relative to Spheres of Equal Mobility and Aerodynamic Diameter," Journal of Aerosol Science, Vol 42, 2011, pp. 508–516.

[13] Dillner, A. M., Shafer, M. M., and Schauer, J. J., "A Novel Method Using Polyurethane Foam (PUF) Substrates to Determine Trace Element Concentrations in Size-Segregated Atmospheric Particulate Matter on Short Time Scales," Aerosol Science and Technology, Vol 41, 2007, pp. 75–85.

[14] Ashley, K., Shulman, S. A., Brisson, M. J., and Howe, A. M., "Interlaboratory Evaluation of Trace Element Determination in Workplace Air Filter Samples by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry," Journal of Environmental Monitoring, Vol 14, 2012, pp.360–367.

[15] Mudunkotuwa, I., Anthony, T. R., Grassian, V., and Peters, T. M., "Accurate Quantification of TiO2 Nanoparticles Collected on Air Filters Using a Microwave-Assisted Acid Digestion Method," Journal of Occupational and Environmental Hygiene, Vol 13, 2015, pp. 1–28.

[16] Stebounova, L. V., Gonzalex-Pech, N. I., Park, J. H., Anthony, T. R., Grassian, V. H., and Peters, T.M., "Particle Concentrations in Occupational Settings Measured with a Nanoparticle Respiratory Deposition (NRD) Sampler," Annals of Work Exposures and Health, Vol 62, 2018, pp. 699–710.

[17] Deposition (NRD) Sampler," Annals of Work Exposures and Health, Vol 62, 2018, pp. 699–710.