INSO
15627

1st Edition
2019

Identical with
ISO/TS 21623:2017

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۵۶۲۷

چاپ اول
۱۳۹۷

مواجهه در محیط‌کار- ارزیابی مواجههٔ پوستی با نانواشیا و انبوهه‌ها و کلوخه‌های آن‌ها (NOAA)

Workplace exposure- Assessment of dermal exposure to nano- objects and their aggregates and agglomerates (NOAA)

ICS:13.040.30

استاندارد ملی ایران شمارۀ۱۵۶۲۷(چاپ اول): سال۱۳۹۷

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی:۶۱۳۹- ۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱ -۵

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج- شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی ۱۶۳- ۳۱۵۸۵ کرج- ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱(۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.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 به‌موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به‌عهده 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 باتوجه‌به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به‌عنوان 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، به‌عنوان 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 به‌تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به‌عنوان 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 به‌منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. هم‌چنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت محیط‌زیستی، 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«مواجهه در محیط‌کار- ارزیابی مواجهۀ پوستی با نانواشیا و انبوهه‌ها و کلوخه‌های آن‌ها (NOAA)»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
شریعتی، شهاب (دکتری شیمی تجزیه)	عضو هیئت علمی– دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت
دبیر:	
صادقی‌پور شیجانی، معصومه (کارشناسی ارشد محیط زیست)	رئیس اداره هماهنگی و تدوین استاندارد- اداره کل استاندارد گیلان
اعضا: (به ترتیب حروف الفبا)	
آبادیان، محمدرضا (کارشناسی شیمی)	مدیر عامل- شرکت پویندگان بهبود کیفیت
ابراهیمی، سیده مریم (کارشناسی ارشد صنایع غذایی)	مسئول کنترل کیفیت- شرکت کامپوره خزر
اسلامی‌پور، الهه (کارشناسی ارشد زیست‌شناسی)	کارشناس مسئول- ستاد فناوری نانو
باقرزاده، آسان (دکتری محیط‌زیست و توسعۀ پایدار)	مدیر محیط‌زیست و کیفیت منابع آب- شرکت آب منطقه‌ای استان گیلان
جوشنی، پریسا (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	کارشناس آزمایشگاه- دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان
حسینی نصب، سپیده اکرم (کارشناسی ارشد صنایع غذایی)	مدیر کنترل کیفیت– صنایع غذایی نادری
زبده، نسیم (کارشناسی ارشد شیمی)	مدیر کنترل کیفیت- واحد تولیدی لویه
زلفی‌نژاد، کامران (کارشناسی ارشد شیلات)	کارشناس- پژوهشکدۀ آبزی‌پروری آب‌های داخلی ایران
شریفی کیاسرایی، معصومه (دکتری شیمی آلی)	مدیر عامل– آزمایشگاه پارس مبین آزما
شریعتی، فاطمه (دکتری آلودگی دریا)	عضو هیئت علمی– دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

اعضا: (به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
صادق حسنی، صدیقه (دکتری شیمی تجزیه)	عضو هیئت علمی- پژوهشگاه صنعت نفت
فرحناک شهرستانی، لحیا (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	کارشناس– انجمن کارشناسان استاندارد
فرهنگ، سمیه (دکتری بهداشت حرفه‌ای)	عضو هیئت علمی- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
فلاح اسکندرپور، افشین (کارشناس ارشد بیولوژی دریا)	کارشناس- دفتر مدیریت پسماند شهرداری رشت
قماش‌پسند، مریم (دکتری شیمی معدنی)	مدرس- دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان
گل‌بابایی، فریبا (دکتری بهداشت حرفه‌ای)	عضو هیئت علمی- دانشگاه علوم پزشکی تهران
مرات حقی، رافیه (دکتری میکروبیولوژی)	مدیر فنی- آزمایشگاه پارس مبین آزما
منهاج‌نیا، رابعه (دکتری سم‌شناسی)	کارشناس مسئول- کمیتهٔ نانو سازمان دامپزشکی
موقر حسنی، فرحناز (کارشناسی مهندسی مکانیک)	کارشناس- شرکت آب و فاضلاب شهری استان گیلان
میر روشندل، اعظم السادات (دکتری شیمی تجزیه)	رئیس اداره امور آزمایشگاه‌ها- اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان گیلان

ویراستار:

سیفی، مهوش (کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)	نایب رئیس- کمیته فنی متناظر فناوری نانو ISIRI/TC229

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ز
مقدمه ح
۱ هدف و دامنهٔ کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۴ مواجههٔ پوستی با NOAA- شواهد و مسیرهای مواجهه ۷
۴-۱ کلیات ۷
۴-۲ دامنه‌های منبع ۷
۴-۳ مسیرهای مواجهه ۸
۵ رویکرد گام به گام برای ارزیابی مواجههٔ پوستی با NOAA ۱۰
۵-۱ کلیات ۱۰
۵-۲ مرحلهٔ ۱: میز ارزشیابی ۱۱
۵-۲-۱ مرحلهٔ الف ۱: ارزشیابی مخاطرهٔ سم‌شناسی بر اساس ترکیب NOAA ۱۲
۵-۲-۲ مرحلهٔ ب ۱: غربالگری برای پتانسیل ریسک‌های مرتبط با مواجههٔ پوستی با NOAA نامحلول (انعطاف‌ناپذیر) ۱۳
۵-۲-۳ مرحلهٔ پ ۱: غربالگری برای پتانسیل ریسک‌های مرتبط با مواجههٔ پوستی بر اساس عنوان شغلی ۱۶
۵-۳ مرحلهٔ ۲: مشاهدهٔ پتانسیل مواجهه ۱۶
۵-۴ مرحلهٔ ۳: مشاهدهٔ تکمیلی رفتار کارگر ۱۷
۵-۵ مرحلهٔ ۴: تعیین مقدار NOAA ۱۷
۵-۶ مرحلهٔ ۵: ارزشیابی و بازنگری ۱۸
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) صنایع مرتب با استفاده از نانومواد یا محصولات نانوپدید ۱۹
پیوست ب (آگاهی‌دهنده) چگونه آسیب پوستی تعیین می‌شود؟ ۲۳
پیوست پ (آگاهی‌دهنده) روش ارزیابی مواجههٔ پوستی (DREAM) ۲۶
پیوست ت (آگاهی‌دهنده) مواجهه از طریق بلع غیرعمدی ۳۴
پیوست ث (آگاهی‌دهنده) بررسی اندازه‌گیری‌های مواجههٔ پوستی با نانوذرات ۳۸
کتاب‌نامه ۴۴

پیش‌گفتار

استاندارد «مواجهه در هوای محیط‌کار- ارزیابی مواجههٔ پوستی با نانواشیا و انبوهه‌ها و کلوخه‌های آن‌ها (NOAA)» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به‌عنوان استاندارد ملی ایران به‌روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تهیه و تدوین شده، در هفتاد و هشتمین اجلاسیهٔ کمیتهٔ ملی استاندارد فناوری نانو مورخ ۱۳۹۷/۱۲/۱۴ تصویب شد. اینک این استاندارد به‌استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان 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 وخدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

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

ISO/TS 21623: 2017, Workplace exposure- Assessment of dermal exposure to nano-objects and their aggregates and agglomerates (NOAA)

مقدمه

ارزیابی مواجههٔ پوستی، تعامل پویای میان آلاینده‌های محیطی و پوست را بررسی می‌کند. در تقابل با ارزیابی مواجهه از طریق تنفس، ارزیابی مواجههٔ پوستی، به مجموعه‌ای متفاوت از ملاحظات مواجهه نیازمند است. طی دهه‌های اخیر، پیکرهٔ دانش در مورد مواجههٔ پوستی برای بسیاری از انواع مواد گسترش یافته است که از جملهٔ آن می‌توان به نشریات دربارهٔ ارزیابی مواجههٔ پوستی با مواد شیمیایی به‌عنوان مثال، در ISO/TR 14294 & CEN/TS 15279، CEN/TR 15278 اشاره کرد.

درحال‌حاضر، محصولات نانومواد مهندسی‌شده/ساخته‌شده و نانوپدید در مقیاس وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند. مواجههٔ پوستی شغلی با این مواد می‌تواند ارتباط زیست‌شناختی با سلامت انسان داشته باشد. اثرات بالقوهٔ نامطلوب شامل اثرات موضعی پوستی، سمیت سیستماتیک به‌دنبال تنفس/جذب پوست و بلع غیرعمدی از طریق دست به دهان است. این استاندارد راهنمایی را برای ارزیابی مواجههٔ بالقوهٔ پوستی با نانواشیا ساخته‌شده و انبوه‌ها و کلوخه‌های آن‌ها (NOAA) ارائه می‌دهد.

این استاندارد مجموعه‌ای از نتایج یک طرح تحقیقاتی قبل از الزامی شدن است که تحت مجوز M/461، برای فعالیت‌های استانداردسازی در زمینهٔ فناوری‌های نانو و نانومواد اجرا و توسط کمیسیون اروپا منتشر شده است. این تحقیق قبل از الزامی‌شدن، مروری بر سازوکارهای مواجههٔ شغلی پوستی با محصولات نانوذرات یا نانوپدید است که شامل احتمال هم‌زمان دریافت یا جذب می‌شود. این بر اساس شواهد مربوط به مواجههٔ عناوین شناخته‌شدهٔ شغلی است. بخشی از تحقیقات قبل از الزامی‌شدن، شامل کار تجربی روی نفوذ نانوذرات در پوست، انتقال نانوذرات از یک سطح به پوست و کار اکتشافی دربارهٔ امکان‌سنجی میزان کمی مواجههٔ پوستی با NOAA بود [6]-[4].

مواجهه در هوای محیط‌کار- ارزیابی مواجههٔ پوستی با نانواشیا و انبوهه‌ها وکلوخه‌های آن‌ها (NOAA)

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائهٔ راهنمایی برای یک رویکرد نظام‌مند، به‌منظور ارزیابی پتانسیل ریسک‌های شغلی مرتبط با نانواشیا و انبوهه‌ها و کلوخه‌های آن‌ها (NOAA)[1] که ناشی از تولید و استفاده از نانومواد و/یا محصولات نانوپدید است. این استاندارد، راهنمایی را برای شناسایی مسیرهای مواجهه، قسمت‌های مختلف بدن که در معرض قرار گرفته و عواقب بالقوهٔ مواجهه از طریق جذب پوست، اثرات موضعی و بلع غیرعمدی فراهم می‌کند.

این استاندارد، هم‌چنین استفادهٔ شغلی از محصولات حاوی NOAA توسط افراد حرفه‌ای، به‌عنوان مثال استفادهٔ آرایشگران از محصولات مراقبت شخصی، لوازم آرایشی یا مواد دارویی را درنظر می‌گیرد، اما برای مواجههٔ عمدی یا تجویزشده با این محصولات توسط مشتریان، کاربرد ندارد.

این استاندارد به متخصصان بهداشت شغلی، محققان و سایر متخصصان ایمنی در شناسایی پتانسیل مواجههٔ پوستی[2] و پیامدهای بالقوهٔ[3] آن کمک می‌کند.

۲ مراجع الزامی

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

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

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 EN 1540, Workplace exposure— Terminology

2-2 ISO 18158, Workplace air— Terminology

1- Nano- Objects and their Agglomerates and Aggregates
2- Potential dermal exposure
3- Potential consequences

۳ اصطلاحات و تعاریف[۱]

دراین استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود:

۳-۱

کلوخه

agglomerate

مجموعه‌ای از ذرات که به‌شکلی ضعیف یا نسبتاً قوی به یکدیگر متصل شده‌اند، به‌طوری‌که مساحت سطح خارجی منتجهٔ آن‌ها، مشابهٔ مجموع مساحت تک‌تک اجزای تشکیل‌دهنده باشد.

یادآوری۱- نیروهایی که کلوخه را نزدیک به یکدیگر نگه می‌دارد، نیروهای ضعیفی هستند، به‌عنوان مثال، نیروهای واندروالس[۲] یا درهم تنیدگی فیزیکی ساده.

یادآوری ۲- کلوخه‌ها، به‌عنوان ذرات ثانویه نیز در نظر گرفته می‌شوند و ذرات اصلی منشأ، ذرات اولیه نامیده می‌شوند.

[منبع: زیربند ۳-۴ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱-۸۰۰۰۴]

۳-۲

انبوهه

aggregate

ذرهٔ متشکل از ذراتی با پیوندهای قوی یا جوش‌خورده که مساحت سطح خارجی منتجهٔ آن‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از مجموع مساحت سطوح تک‌تک اجزای تشکیل‌دهنده باشد.

یادآوری۱- نیروهایی که انبوهه را کنار یکدیگر نگه‌می‌دارد، نیروهایی قوی هستند، به‌عنوان مثال، پیوندهای کووالانسی[۳] یا یونی یا نتیجهٔ جوش‌خوردن و گره‌خوردگی فیزیکی یا در غیر این‌صورت، ذرات اولیهٔ به هم چسبیدهٔ قبلی.

یادآوری ۲- انبوهه‌ها به‌عنوان ذرات ثانویه نیز در نظر گرفته می‌شوند و ذرات اصلی منشأ، ذرات اولیه نامیده می‌شوند.

[منبع: زیربند ۳-۵ استاندارد ملی ایران- ایزو ۲-۸۰۰۰۴]

۳-۳

حجم تماس پوستی

dermal contact volume

۱- اصطلاحات و تعاریف به‌کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وب‌گاه‌های http://www.iso.org/obp و http://www.electropedia.org/ در دسترس است.

2- Van der Waals

3- Covalent

حجم حاوی جرم مادهٔ عامل که با *سطح مواجههٔ پوستی* (۳-۷) در تماس است.

یادآوری – این حجم معادل با حجمی از لایهٔ پوستی آلوده است و به‌دلایل کاربردی، بیانگر حجمی است که کل جرم ماده را دربرمی‌گیرد.

[منبع: یادآوری 1، زیربند CEN/TR 15278: 2006, 2.2 اصلاح شده]

۳-۴

غلظت مواجههٔ پوستی

dermal exposure concentration

نسبت *جرم مواجههٔ پوستی* (۳-۶) به *حجم تماس پوستی* (۳-۳) یا نسبت جرم مواجههٔ پوستی بر جرم موجود در لایهٔ پوستی آلوده است.

یادآوری – درصورت لزوم، غلظت مواجههٔ پوستی برحسب g / l یا g / kg یا سایر واحدهای مناسب بیان می‌شود.

[منبع: یادآوری 1، زیربند CEN/TR 15278: 2006, 2.4 اصلاح شده]

۳-۵

بار مواجههٔ پوستی

dermal exposure loading

نسبت *جرم مواجههٔ پوستی* (۳-۶) بر *سطح مواجههٔ پوستی* (۳-۷) است.

یادآوری – به‌دلایل کاربردی، می‌توان آن را به‌عنوان نسبت جرم عامل در بخش لایهٔ پوستی آلودهٔ در معرض بر مساحت آن بخش بیان کرد.

[منبع: زیربند CEN/TR 15278: 2006, 2.5]

۳-۶

جرم مواجههٔ پوستی

dermal exposure mass

جرم عامل موجود در *حجم تماس پوستی* (۳-۳) است.

یادآوری ۱- به‌دلایل کاربردی، جرم مواجههٔ پوستی از طریق مقدار عامل موجود برحسب **g** یا درصورت ضرورت، سایر واحدهای اندازه‌گیری در لایهٔ پوستی آلوده تعیین می‌شود.

یادآوری ۲- پیامد فرایند مواجههٔ پوستی یعنی تماس، می‌تواند به‌وسیلهٔ پارامترهای مختلف مواجهه بیان شود.

[منبع: یادآوری1، زیربند CEN/TR 15278: 2006, 2.6 اصلاح شده]

۷-۳

سطح مواجههٔ پوستی

dermal exposure surface

مساحت سطح پوست که یک عامل در آن وجود دارد.

یادآوری– به‌دلایل کاربردی، این مورد از طریق نمایش دو بعدی لایهٔ پوستی آلوده، برحسب cm^2 بازنمود می‌شود

[منبع: زیربند 2.7 ,CEN/TR 15278: 2006]

۸-۳

نانوچندسازه

nanocomposite

جامدی متشکل از مخلوط دو یا چند ماده با فاز جدا، یک یا چند *نانوفاز* (۳- ۱۳) است.

یادآوری ۱- نانو فازهای گازی را شامل نمی‌شود.

یادآوری ۲- مواد با فازهای نانومقیاس که به‌واسطهٔ رسوب‌گذاری تشکیل شده‌اند، به‌تنهایی به‌عنوان مواد نانوچندسازه محسوب نمی‌شوند.

[منبع: زیربند ۴-۲ استاندارد ملی ایران- ایزو ۴ -۱۸۳۹۲]

۹-۳

نانوپدید

nano-enabled

ظهور کارایی یا عملکردی که فقط با فناوری نانو امکان‌پذیر است.

یادآوری– پتانسیل رهایش (آزادشدن) NOAA از محصولاتی که تنها قابلیت تولید با ترکیبات نانوپدید دارند، مرتبط با ارزیابی مواجههٔ پوستی بررسی می‌شود.

[منبع: زیربند ۲-۱۵ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱-۸۰۰۰۴]

۱۰-۳

نانوماده

nanomaterial

ماده‌ای که هر بعد خارجی آن نانومقیاس است یا ساختار داخلی یا ساختار سطحی آن *نانومقیاس* (۳-۱۴) است.

[منبع: زیربند ۲-۴ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱-۸۰۰۰۴]

۳-۱۱

نانوشیء

nano-object

هر قطعهٔ مجزا از ماده با یک، دو یا سه بعد خارجی در *نانو مقیاس* (۳-۱۴) است.

یادآوری- ابعاد خارجی دوم و سوم بر بعد اول و هم‌چنین عمود بر یکدیگر هستند.

[منبع: زیربند ۲-۵ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱-۸۰۰۰۴]

۳-۱۲

نانوذره

nanoparticle

نانو- شیء (۳-۱۱) با همهٔ ابعاد بیرونی *نانومقیاس* (۳-۱۴) که با طول بلندترین وکوتاه‌ترین محورهای نانوشیء به‌طور قابل توجهی تفاوت ندارد.

یادآوری- اگر ابعاد به‌طور قابل توجهی متفاوت باشد (به‌طورمعمول بیش از سه برابر)، اصطلاح‌هایی مانند نانوالیاف یا نانوصفحه می‌تواند به نانوذرات ترجیح داده شود.

[منبع: زیربند ۴-۴ استاندارد ملی ایران- ایزو ۲-۸۰۰۰۴]

۳-۱۳

نانوفاز

nanophase

منطقهٔ مجزای فیزیکی یا شیمیایی یا اصطلاح جمع برای مناطق مجزای فیزیکی از همان نوع در یک ماده با مناطق گسسته با داشتن یک، دو یا سه بعد *نانومقیاس* (۳-۱۴) است.

یادآوری- نانواشیائی که در فاز دیگری قرار گرفته‌اند، یک نانوفاز را تشکیل می‌دهند.

[منبع: زیربند ۳-۱۲ استاندارد ملی ایران- ایزو ۴ -۱۸۳۹۲]

۳-۱۴

نانومقیاس

nanoscale

گسترهٔ اندازهٔ به‌طور تقریب از ۱ nm تا ۱۰۰ nm است.

یادآوری- خواصی که از اندازه‌های بزرگ‌تر برون‌یابی نمی‌شوند، اغلب در این گسترهٔ اندازه نشان داده می‌شوند.

[منبع: زیربند ۲-۱ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱-۸۰۰۰۴]

۱۵-۳

منطقهٔ اطراف دهان

محدودهٔ اطراف دهان

perioral region

perioral area

منطقهٔ اطراف دهان است.

یادآوری– به منبع شمارهٔ [10] کتاب‌نامه مراجعه شود.

۱۶-۳

قسمت لایهٔ پوستی آلوده

skin contaminant layer compartment

SCL

بخش سه بعدی روی لایهٔ شاخی پوست (SC)[1] انسان که چربی پوست، عرق و آب اضافی در نتیجهٔ تبخیر از لایهٔ اپیدرم (TEWL)[2] شامل محصولات شاخی‌شدن پوست[3] و گرنوئوسیت‌های ناقص[4] ایجاد می‌شود.

۱۷- ۳

دامنهٔ منبع

source domain

SD

سازوکار تولید که تعیین‌کنندهٔ مشخصات انتشار ذره برای یک مرحلهٔ خاص چرخهٔ حیات است.

یادآوری– سازوکارهای مختلف، نرخ انتشار، توزیع اندازهٔ ذرات، موقعیت منبع و انتقال NOAA را طی مراحل مختلف چرخهٔحیات (سنتز، استفاده از روش‌های پایین‌دستی، کاربرد یا پالایش محصولات و پایان عمر) مشخص می‌کند [11].

1- Stratum corneum
2- Transepidermal Water Loss
3- Cornification
4- Unshed corneocytes

۴ مواجههٔ پوستی با NOAA- شواهد و مسیرهای مواجهه

۴-۱ کلیات

در این استاندارد، سازوکارهای مواجههٔ پوستی شغلی، شواهد نفوذ در پوست و اثرات موضعی پوست تعریف شده است.

ارتباط مواجههٔ پوستی با NOAA در این استاندارد با توجه به موارد زیر است:

الف- پتانسیل برای نفوذ و اثرات سیستماتیک؛

ب- جذب به‌وسیلهٔ لایهٔ شاخی پوست (SC) و پتانسیل اثر موضعی (پوست)؛

پ- بلع غیرعمدی.

۴-۲ دامنه‌های منبع

یک چارچوب مفهومی منبع- گیرندهٔ مناسب برای نانومواد و محصولات نانوپدید تدوین شده است. همان‌طور که برای مدل‌سازی مواجههٔ شغلی از طریق استنشاق با NOAA با چارچوب مفهومی برای مواجههٔ پوستی تدوین‌شده، این مفهوم دامنه‌های منبع را پیوند می‌دهد. چارچوب مواجههٔ پوستی، مسیرهای مختلف، سازوکارهای پایه و پتانسیل پیامدهای آلودگی پوستی با NOAA را توصیف می‌کند [12].

دامنه‌های منبع (SD)، سازوکارهای مختلف رهایش و در نتیجه ماهیت مختلف احتمالی هواویزهای[1] آزاد شده را منعکس می‌کند و بنابراین با مراحل چرخهٔ حیات NOAA مرتبط است.

- SD 1: طی مرحلهٔ تولید (سنتز) قبل از جمع‌آوری مواد توده، منبع نقطه‌ای یا انتشار ناپایدار[2]، به‌عنوان مثال انتشارهای حاصل از راکتور، نشت از طریق اتصالات و رهایش‌های اتفاقی می‌تواند رخ دهد. در این موارد، نانوذرات گسسته و کلوخه‌های همگن و ناهمگن تشکیل خواهند شد.

- SD 2: هنگام ساخت محصولات، انتقال و حمل پودرهای نانومواد ساخته‌شدهٔ توده‌ای، نانوذرات به‌طورنسبی کم انرژی می‌توانند آزاد شوند، برای مثال طی جمع‌آوری، برداشت، کیسه‌کردن/انداختن کیسه/تخلیهٔ کیسه، تخلیه، برداشتن با قاشق، وزن‌گیری، پراکنش/ترکیب در چندسازه‌ها و غیره. هرچند، پودرها پیش از این در مرحلهٔ کلوخه هستند و نیروهای برشی قوی برای جداشدن ذرات مورد نیاز است. بنابراین، اکثر ذرات آزاد شده، کلوخه‌ها خواهند بود.

-SD 3: طی فراوری بیشتر یا در مرحلهٔ استفاده از یک نانو محصول آمادهٔ مصرف، می‌توان انتظار رهایش حین پراکنش با انرژی به‌طور نسبی بالا را در کاربردهای زیر داشت:

1- Aerosols
2-Fugitive emission

- واسطه‌های جامد، پودری یا (مایع) حاوی نانوذرات بسیار غلیظ (<۲۵٪)، مانند ریخته‌گری/قالب‌ریزی تزریقی، (جت) فرزکاری، به‌هم‌زدن/مخلوط‌کردن. از آن‌جایی که نیروهای برشی قوی‌تر می‌توانند در فرایند پراکنش با انرژی بالا وجود داشته باشند، ممکن است جداشدن ذرات از هم رخ دهد؛

- محصولات آمادۀ مصرف با غلظت به‌طورنسبی کم (<۵٪)، به‌عنوان مثال هنگام استفاده از پوشش‌ها یا پاشش محلول‌ها، هواویزهای نانواندازه ممکن است پس از تبخیر اجزای فاز مایع، به‌طور معمول از اجزای ترکیب‌شده، تشکیل شوند.

- SD 4: طی مرحلۀ استفاده از محصول یا مرحلۀ پایانی حیات آن، فعالیت‌هایی که باعث شکستن و سایش محصولات نهایی ذرات نانوپدید در محل‌های کار می‌شود منجر به رهایش NOAA می‌شوند، به‌عنوان مثال الف) ساییدگی انرژی پایین، سنباده‌زنی دستی یا ب) ماشین‌کاری با انرژی بالا (به‌عنوان مثال سنباده‌زنی، سنگ‌زنی، حفاری، برش، سنگ‌شکنی و غیره). فرایندهای با دمای بالا مانند سوزاندن را شامل می‌شوند. در صورت رهایش، به احتمال زیاد هواویزهای چندجزیی حذف خواهند شد و در مورد ماشین‌کاری نانوذرات محصور به بافت[1] با در نظر گرفتن این‌که، طی فرایندهای حرارتی پس از هسته‌گذاری[2] و تراکم بخارات، نانوذرات می‌توانند تشکیل شوند.

شرایط فرایند، فرایند رهایش (مانند سازوکار، شکل، ترکیب و میزان رهایش) همراه با فرایند انتقال آلودگی پوست (از طریق تماس مستقیم، نشست (نهشت)[3] از هوا یا انتقال از سطوح آلاینده) را تعیین می‌کند. علاوه‌براین، استفادۀ شغلی از محصولات مراقبت شخصی می‌تواند منجر به‌تماس مستقیم محصول با پوست شود. تغییر شکل (مانند تغییر در توزیع اندازۀ ذرات، انباشت و غیره از نانومواد بر روی پوست در مقایسه با رهایش) می‌تواند به‌طور مستقیم به‌وسیلۀ روش یا فرایند مواجهه (مانند انتقال یا تماس مستقیم) یا طی زمان حضور در هوا رخ دهد.

میزان مواجهه، چه غلظت مواجهۀ پوستی، چه جرم یا مساحت سطح مواجهه (بدن) از طریق فرایندهای اساسی رهایش و مواجهه تعیین خواهد شد. علاوه‌براین، زمان مواجهه، مشخصه‌های مواد و شرایط فیزیولوژیکی پوست باید مورد توجه قرار گیرد.

۳-۴ مسیرهای مواجهه

مطالعات مبتنی بر مشاهدات نشان می‌دهد که بیشترین قسمت‌های مواجهۀ بدن، دست‌ها هستند و انتقال نانوذرات از سطوح آلوده، مسیر مواجهۀ غالب است [15]-[13]. هرچند، نشست هواویزهای هوابرد یا تماس مستقیم با محصولات حاوی NOAA نیز می‌تواند سایر قسمت‌های بدن (مانند ساعدها و پیشانی) را آلوده کند. آزمون‌های آزمایشگاهی که به‌عنوان بخشی از تحقیق مقدماتی انجام شده، نشان داد که کارایی انتقال ذرات نانواندازه به‌طورتقریب ۳۰ برابر بیشتر از اندازۀ ذرات میکرونی است و برای ذرات با هر اندازه، نشان داده که بارگذاری با لگاریتم تبدیلی بیشتر، بازدۀ انتقال (پس از محاسبۀ اندازۀ ذرات) کمتر است [6] [4].

3- Matrix-bound nanoparticles
4- Nucleation
1- Deposition

محل مواجهه، از اهمیت خاصی برخوردار است، از آنجایی که ضخامت SC و نیز تراکم فولیکول‌های مو به‌طور قابل توجهی در مکان‌های بدن متفاوت است، که با توجه به پتانسیل نفوذ و اثرات موضعی نانوذرات از طریق پوست، یک پارامتر مهم است [19]-[16]. علاوه بر فیزیولوژی پوست، شرایط پوست و زمان تماس، محل تماس واقعی به پتانسیل مواجهۀ ناخواسته از راه دهان به‌دلیل تماس دست با دهان نیز مربوط می‌شود [20].

ریسک مواجهۀ پوستی از طریق بخش صنعتی و عنوان شغلی، بر اساس گزارشات استفاده از نانومواد و محصولات نانوپدید است (به پیوست الف مراجعه شود). هیچ نشانه‌ای از سطح مواجهۀ پوستی را نمی‌توان از اطلاعات موجود استخراج کرد. هرچند، بر اساس شکل NOAA و محصولات نانوپدید موجود در محیط‌کاری و نوع فعالیت‌های انجام‌شده توسط کارگر، داشتن اولین نشانه از پتانسیل وقوع مواجهۀ پوستی در محل کار و پتانسیل ریسک همراه، امکان‌پذیر می‌شود.

نانوذرات روی پوست به‌وسیله روش‌های مختلف به‌شرح زیر می‌توانند به SC نفوذ کنند و به لایۀ سطحی پوست یا اپیدرم برسند:

الف- از طریق غدد عرق و فولیکول‌های مو، که احتمالا کارآمدترین روش برای نفوذ و تراوش NOAA است؛

ب- مسیر میان سلولی، که فقط برای NOAA بسیار کوچک (<۴ nm) یا در وضعیت پوست آسیب‌دیده امکان‌پذیر است.

پ- مسیر درون‌سلولی برای NOAA بعید است، مناسب باشد، اما ممکن است مربوط به یون‌های آزادشده (فلز) باشد.

شواهد موجود نشان می‌دهد که تنها ذرات بسیار کوچک (<۴ nm) می‌توانند به پوست سالم نفوذ کنند، در حالی که ذرات غیرواکنش‌پذیر نامحلول با اندازۀ بیش از۴۵ nm از طریق پوست سالم جذب نمی‌شوند. نفوذ در محدودۀ اندازۀ متوسط فقط در پوست آسیب‌دیده مشاهده شد که در آن عملکرد ممانعت از ورود به پوست، تحت تأثیر قرار گرفت. NOAA انعطاف‌پذیر/نرم، به‌عنوان مثال لیپوزوم‌ها[1] و میسلی‌ها[2]، به‌ویژه ساختارهای کروی چربی، می‌توانند از این طبقه‌بندی جدا شوند، زیرا لیپوزوم‌های بسیار تغییر شکل‌پذیر، با وجود اندازۀ اسمی معمول آن‌ها در حدود ۱۰۰ nm تا ۲۰۰ nm، به‌علت انعطاف‌پذیری‌شان، می‌توانند از طریق دو لایۀ لیپید SC بسیار باریک‌تر فشرده شوند [21].

هنگام حمل محصولات مایع در محل کار (به‌وسیلۀ هم‌زدن، پاشش و غیره) یا به‌علت میعان بخار، قطرات نانومقیاس حاوی NOAA می‌توانند تشکیل شوند. با توجه به فراریت ماده، این قطرات به‌راحتی می‌توانند بخار شوند یا به‌مدت طولانی در هوا باقی بمانند و حتی می‌توانند در طول زمان به‌علت فرایند میعان افزایش حجم یابند [22]. هنگام تماس این قطرات با پوست (در نتیجۀ مرطوب کردن پوست)، ترکیب شیمیایی مایع، خواص آسیب‌رسانی آن به پوست و مشخصات جذب از راه پوست، صرفنظر از ابعاد اصلی قطرات، باید

1-Liposome
2- Micelle

مورد توجه قرار گیرد. باید به قطرات نانومقیاس ناشی از پاشندگی مایع که می‌تواند NOAA جامد (مانند نمک‌های فلزی) را پس از تبخیرحلال آزاد کند، توجه ویژه شود.

در صورت مواجهه با نانوذرات فلزات (اکسید) (Ni، Cr، Co و غیره) یا نانوذرات کربنی با باقی‌ماندهٔ کاتالیزوری فلزی، پتانسیل رهایش یون‌ها می‌تواند اثرات موضعی پوستی (مانند تحریک و التهاب پوستی ناشی از تماس) ایجاد کند، در صورت نفوذ NOAA به فولیکول‌های مو با جای‌گیری به‌مدت نسبتا طولانی، افزایش می‌یابد. تماس با مواد حساسیت‌زا در مورد انواع خاصی از نانوذرات مورد انتظار است، بااین‌حال اطلاعات زیادی در مطالب علمی در این مورد وجود ندارد [23].

یکپارچگی SC و آسیب آن به‌علت بیماری‌های قبلی و سایر شرایط مرتبط با کار (مانند کار با رطوب و خراشیدگی) می‌تواند به‌راحتی با روش‌های ارزیابی نظری، از جمله پرسشنامه‌ها (به پیوست ب مراجعه شود) ارزیابی شود. اندازه‌گیری‌های زیست‌فیزیکی جداسازی پوست، مانند اندازه‌گیری میزان آب از دست‌رفتهٔ بخش خارجی پوست (TEWL)، در محل کار می‌تواند مفید باشد، اما روش‌ها به‌خوبی تبیین نشده‌اند. درحال‌حاضر هیچ داده‌ای برای ارزیابی پتانسیل مصرف دهانی NOAA از طریق تماس دست و دهان موجود نیست. فرض بر این است که عوامل تعیین‌کنندهٔ مصرف دهانی NOAA با مواد شیمیایی متعارف متمایز نیستند، به‌این معنی که مواجهه از طریق بلع غیرعمدی به‌وسیلهٔ تماس غیرمستقیم به موارد زیر بستگی دارد:

- بار جرمی ماده روی دست یا شیء؛
- کارایی انتقال از دست یا شیء به ناحیهٔ اطراف دهان (نسبت)؛
- کارایی انتقال از ناحیه اطراف دهان به دهان (نسبت) ؛
- سطح دست یا جسم درگیر در تماس (نسبت)؛
- تواتر تماس دستی یا شیء با اطراف دهان.

۵ رویکرد گام به گام برای ارزیابی مواجههٔ پوستی با NOAA

۵-۱ کلیات

ارزیابی میزان مواجههٔ پوستی با NOAA باید از طریق یک ارزیابی غربالگری اولیه با توجه به‌موارد زیر صورت پذیرد:

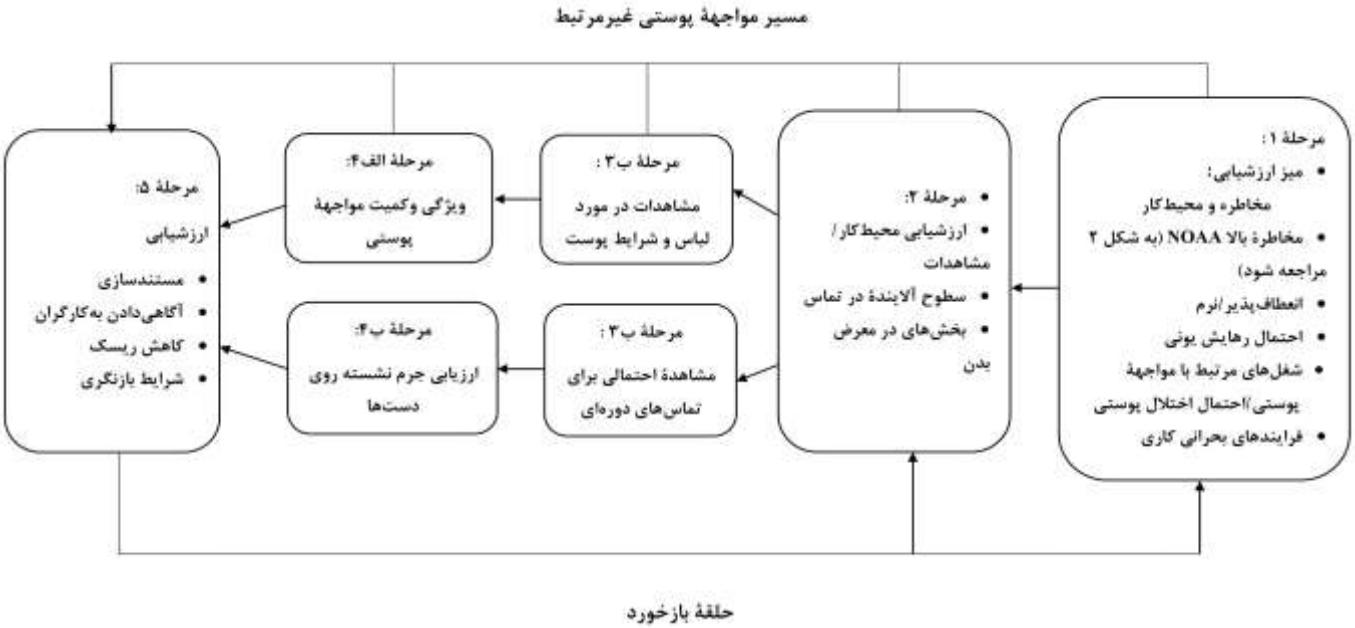
- شناسایی مخاطره‌ها؛
- شناسایی این که چه کسی و چگونه درگیر است؛
- ارزشیابی ریسک‌ها و تصمیم‌گیری برای اقدامات پیش‌گیرانه؛
- ثبت یافته‌های با اهمیت؛

- بازنگری ارزیابی ریسک و در صورت نیاز، به‌روزرسانی.

باتوجه به ارزیابی مواجههٔ پوستی با NOAA در محیط‌کار، یک رویکرد گام به گام به‌منظور ارزیابی شرایط محیط‌کار در یک روش نظام‌مند همراه تمرکز به‌موارد زیر باید ارائه شود:

- پتانسیل مواجههٔ مبتنی بر پتانسیل رهایش؛
- پتانسیل آسیب پوستی.

در شکل ۱، مروری کلی از مرحلهٔ گام به گام ارائه می‌شود. پس از هر گام، باید مشخص شود که آیا شرایط در محیط‌کار بر اساس اطلاعات جمع‌آوری‌شدهٔ حین فرایند ارزیابی، ایمن محسوب می‌شود یا نمی‌شود. اگر وضعیت ایمن در نظر گرفته نشود، گام بعدی ارزیابی باید انجام شود.



شکل ۱- بازنگری رویکرد گام به گام برای ارزیابی مواجههٔ پوستی با NOAA

برای هر یک از مراحل، جزئیات بیشتری در زیر ارائه شده است و هم‌چنین ابزاری برای انجام آن بخش خاص از ارزیابی در حال اجرا است. رنگ‌های «چراغ راهنمایی» در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ سطح نگرانی در رابطه با (پتانسیل) ریسک (سبز= بدون نگرانی یا کم، نارنجی= نگرانی متوسط و قرمز= نگرانی بالا) را نشان می‌دهد. هر گام در این رویکرد می‌تواند منجر به این شود که مواجههٔ پوستی با NOAA، ریسک سلامتی برای کارگران ندارد و پس از آن تا مرحلهٔ ۵ (ارزشیابی) ادامه می‌یابد.

۵-۲ مرحلهٔ ۱: میز ارزشیابی

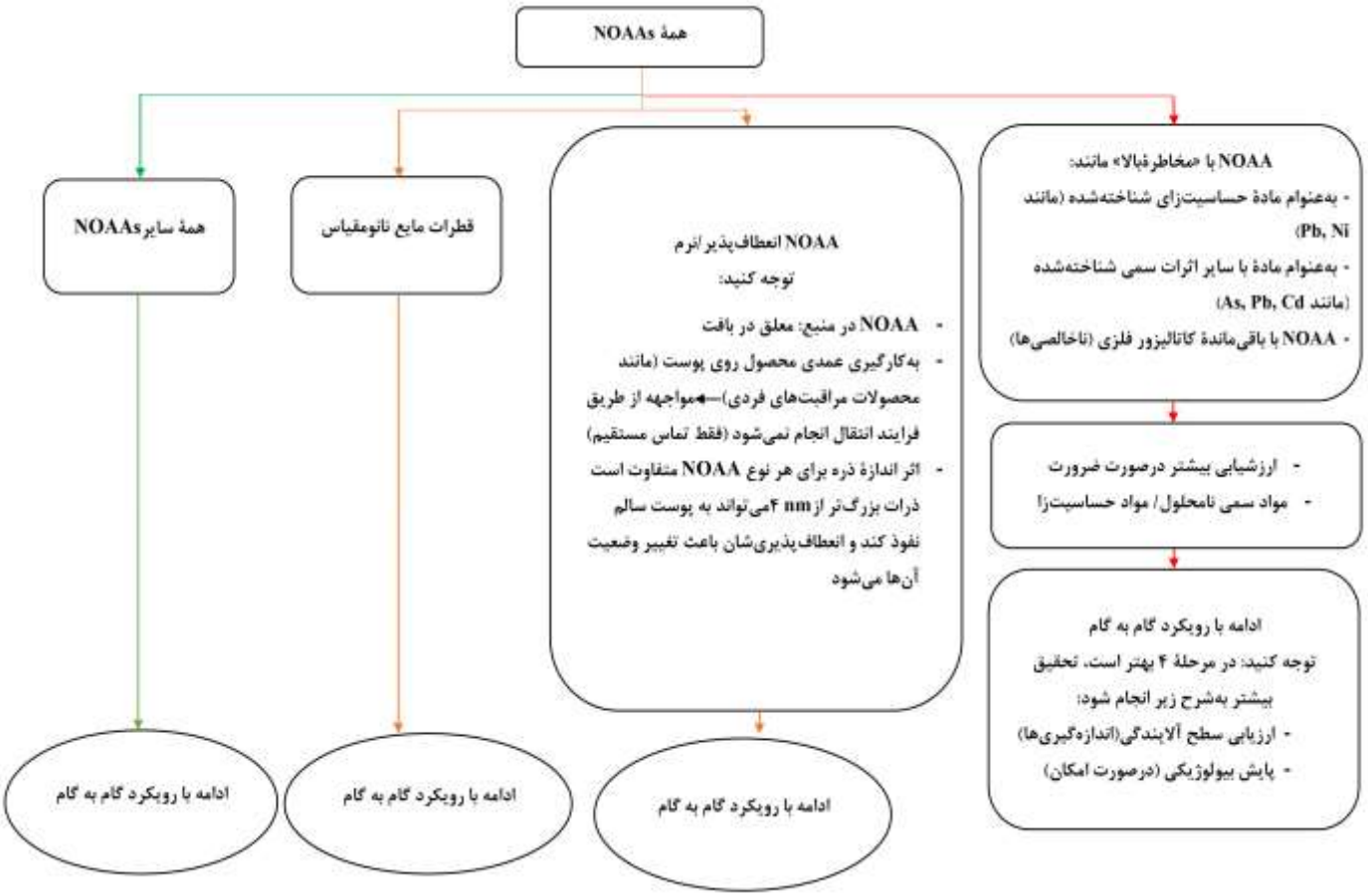
۵-۲-۱ مرحلهٔ الف ۱: ارزشیابی مخاطرهٔ سم‌شناسی براساس ترکیب NOAA

مرحلهٔ الف۱ شامل یک ارزشیابی اولیهٔ (میز) بروز احتمال ریسک‌های سلامتی بر اساس ترکیب/مشخصه‌های NOAA است. در شکل ۲، نمای طرحوارهٔ این ارزشیابی و مرحلهٔ بعدی ارزیابی کلی ارائه شده است.

باید به موارد زیر توجه شود:

- NOAA فلزی، چون پتانسیل رهایش یون‌ها می‌تواند اثرات موضعی پوستی (مانند التهاب و درماتیت پوستی) و جذب فلزات سمی یا حساسیت‌زا ایجاد کند؛
- NOAA با باقی‌ماندهٔ کاتالیزور فلزی، چون پتانسیل رهایش یون‌ها می‌تواند اثرات موضعی پوستی (مانند التهاب و درماتیت پوستی) و جذب فلزات سمی ایجاد کند؛
- NOAA انعطاف‌پذیر/ غیرصلب[1]، به‌دلیل انعطاف‌پذیری آن‌ها، لیپوزوم‌ها و میسل‌ها با اندازهٔ بزرگ‌تر از ۴ nm می‌توانند از طریق پوست سالم نفوذ کنند؛
- قطرات نانومقیاس مایع حاوی NOAA امولسیون یا محلول است که می‌تواند به‌عنوان نانو اشیا مجزا، به‌صورت مستقیم یا پس از تبخیر حلال، عمل کند؛
- سایر مواد سمی، مانند مواد سرطان‌زا، مواد جهش‌زا[2].

در صورت وجود NOAA با «مخاطرهٔ بالا»، ارزشیابی بیش‌تر به‌عنوان بخشی از مرحلهٔ الف ۱ ضروری است. انحلال مواد سمی یا حساسیت‌زا در عرق مصنوعی در شرایط مرتبط فیزیولوژیکی (مانند، دمای $32\ ^{\circ}C$ برای همانندی با درجه حرارت دست‌ها) باید مورد بررسی قرار گیرد.



1- None- rigid
1- Mutagenic substances

یادآوری- فلش‌های رنگی نشان‌دهندۀ تفاوت در سطح نگرانی در رابطه با (پتانسیل) ریسک است: سبز به‌معنی هیچ یا نگرانی کم، نارنجی به‌معنای نگرانی متوسط است و قرمز به‌معنای نگرانی بالا می‌باشد.

شکل ۲- طرحوارۀ کلی ارزشیابی اولیه براساس ترکیب NOAA و گام‌های بعدی

۵-۲-۲ مرحله ب۱: غربالگری برای پتانسیل ریسک‌های مرتبط با مواجهۀ پوستی با NOAA نامحلول (انعطاف‌ناپذیر)

برای سناریوهای مربوطه، لازم است غربالگری برای احتمال ریسک‌های مرتبط با مواجهۀ پوستی با NOAA نامحلول (انعطاف‌ناپذیر) با استفاده از یک برنامۀ ارزیابی اولیه (میز) انجام شود. این غربالگری باید براساس طرح نشان داده در شکل ۳ صورت پذیرد.

شکل ۳ مدلی مفهومی برای ارزیابی پتانسیل ریسک‌های ناشی از مواجهه با NOAA در سناریوهای مختلف را نشان می‌دهد. در سمت چپ این شکل، خطوط یک نمای کلی ساده از مراحل مربوط به فرایند غربالگری پتانسیل ریسک‌ها را ارائه می‌دهد. در ابتدا این شکل اشاره به این دارد که کدام دامنه‌های منبع می‌تواند درگیر شود و ارتباط این دامنه‌های منبع با مشخصات NOAA آزادشده مبتنی بر سازوکار (های) رهایش مربوطه چگونه است. سپس، سازوکارهای اصلی انتقال NOAA به سطح پوست و پتانسیل مربوط به تغییر NOAA با توجه به اندازۀ آن را نشان می‌دهد. بخش بعدی این شکل، پتانسیل مواجهۀ پوستی را با توجه به سطح مواجهه و موقعیت بدن نشان می‌دهد. باتوجه به اندازۀ تقریبی ذرات (یعنی اندازۀ اولیۀ ذرات در ترکیب با تغییرات احتمالی طی انتقال)، نوع NOAA (فلزی یا غیرفلزی) و شرایط پوست، پتانسیل نفوذ در پوست یا وقوع اثرات موضعی می‌تواند برآورد شود. بر اساس ارزشیابی مستندات مواجهه، فرض می‌شود که فقط در صورت نشست مستقیم، غلظت NOAA به‌طور نسبی کم از جریان هوا، توزیع اندازۀ اولیه حین رهایش تحت تاثیر قرار نخواهد گرفت [5],[4]. در این وضعیت، پتانسیل حضور NOAA با اندازۀ ذرات کم‌تر از ۲۰ nm وجود دارد که با توجه به شرایط پوست، منجر به پتانسیل نفوذ مستقیم NOAA از طریق پوست می‌گردد. برای سایر سناریوها، نفوذ پوستی درنظر گرفته نمی‌شود و ریسک‌های عمده می‌تواند اثرات موضعی پوستی ناشی از رهایش یون‌های فلزی یا بلع غیرعمدی باشد. توجه داشته باشید که NOAA انعطاف‌پذیر، مانند میسل‌ها و لیپوزوم‌ها ازاین طرح مستثنی شده‌اند.

همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، مواجهۀ داخلی (جذب) NOAA ناشی از مسیر پوست بسیار خاص است و به‌طورعمده برای NOAA بسیار کوچک یا در اثر پارگی در پوست اتفاق می‌افتد. درغیراین صورت، مسیر اصلی مواجهه، جذب NOAA ناشی از بلع غیرعمدی است.

هنگام استفاده از طرح، (ترکیبی از) فرایندهای احتمالی مواجهه و اندازه‌های بحرانی باید در نظر گرفته شود. در صورتی که این مرحلۀ غربالگری منجر به «نفوذ ناچیز پوستی یا عدم نفوذ» شود و عوامل شغلی آسیب‌رسان وجود نداشته باشد (به مرحلۀ پ۱مراجعه شود)، در رویکرد گام به‌گام، به مرحلۀ بعدی نیازی نیست.

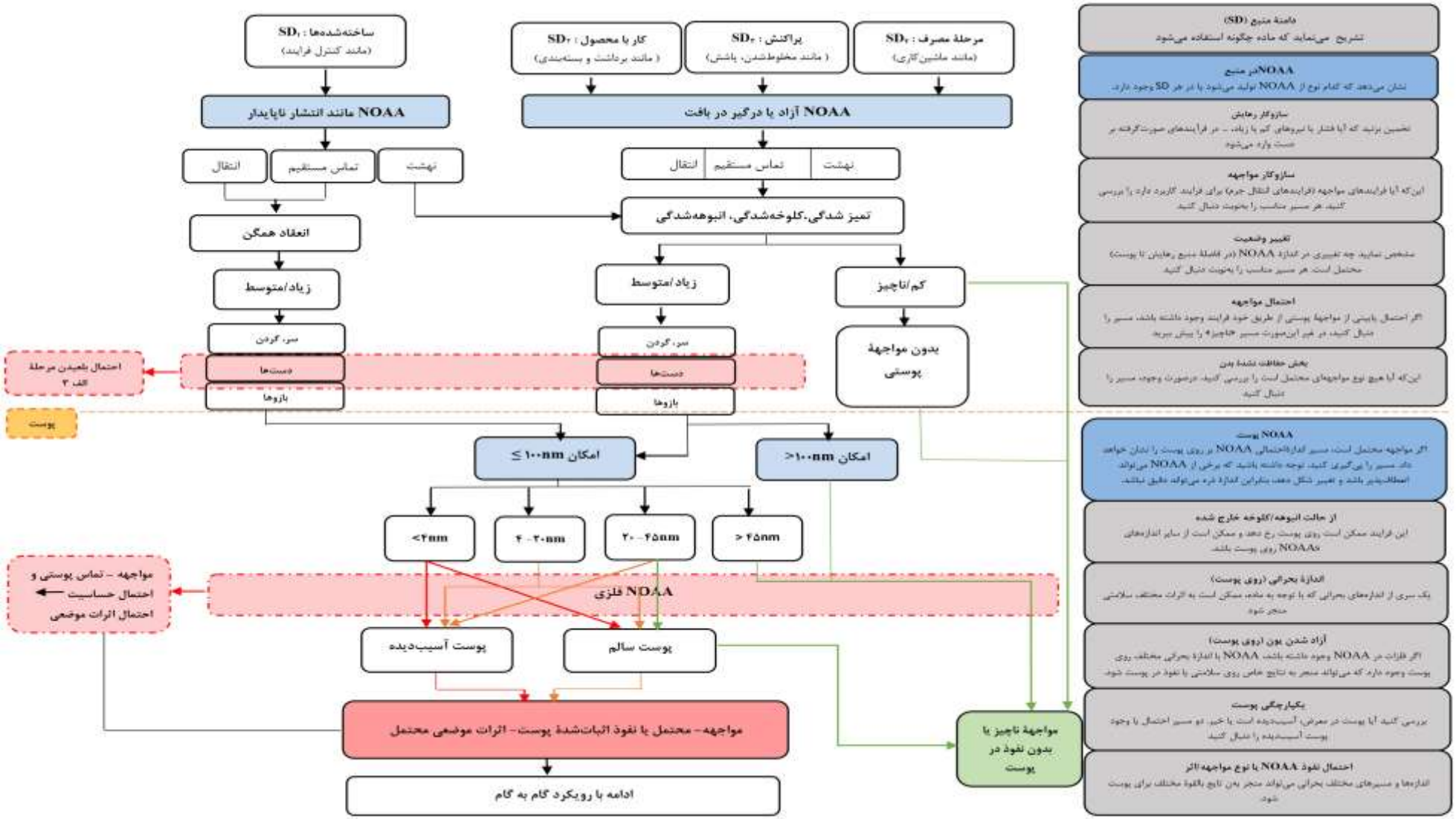
یادآوری ۱- در شکل ۳، از رنگ «چراغ راهنمایی» برای نشان دادن تفاوت در سطح نگرانی در مورد ریسک‌های بالقوه استفاده می‌شود: سبز به‌معنی بدون نگرانی یا نگرانی کم است، نارنجی به‌معنی نگرانی متوسط و قرمز به‌معنای نگرانی بالا است. آبی برای دو مرحله (خطوط افقی) در طرح استفاده می‌شود تا نشان‌دهد که کدام شکل NOAA (در منبع یا در پوست) در دسترس هستند.

توصیه می‌شود تمامی فرایندهای مواجههٔ احتمالی و اندازه‌های بحرانی در نظر گرفته شود. در مورد NOAA فلزی، بهتراست مسیر «NOAA فلزی» و هم‌چنین اندازهٔ مسیرها دنبال شود.

یادآوری ۲- سایر عوامل تاثیرگذار (نفوذ) بر سازوکارهای رهایش شامل فشار، نیروها، سایش و حرارت است. به‌طور کلی، فرض می‌شود که چنانچه فشار/نیروها/حرارت بالا وجود دارد، پتانسیل رهایش NOAA نیز بالا می‌رود.

یادآوری ۳- دسته‌بندی‌های پیشنهاد شدهٔ اندازهٔ بحرانی بر اساس داده‌های تجربی است [6] [4].

مراحل در فرایند غربالگری



شکل ۳- طرحوارهٔ غربالگری برای احتمال ریسک‌های مرتبط با مواجههٔ پوستی با NOAA نامحلول (انعطاف‌ناپذیر)

۵-۲-۳ مرحلۀ پ ۱ : غربالگری برای پتانسیل ریسک‌های مرتبط با مواجهۀ پوستی بر اساس عنوان شغلی

برای سناریوهای مربوطه، غربالگری پتانسیل ریسک‌های مرتبط با مواجهۀ پوستی با NOAA با استفاده از ارزیابی اولیه (میز) باید انجام شود. این غربالگری باید بر اساس موارد زیر باشد:

- عناوین شغلی مرتبط با مواجهۀ پوستی با NOAA؛

- درصورت مواجهۀ پوستی با NOAA، عناوین شغلی با ریسک بالای آسیب پوستی (به جدول ۱ مراجعه شود)؛

جدول ۱- عناوین شغلی با ریسک‌های بالا برای آسیب پوستی در بخش‌های با کاربری شناخته‌شدۀ نانومواد (غیر جامع)

بخش	عنوان شغلی	مثال‌هایی از نانومواد/محصولات
مراقبت بهداشتی	دندانپزشک/دستیار/فن‌ورز	نانوچندسازه
	پرستارها	داروهای دارای نانو مواد
مراقبت شخصی	آرایشگرها آرایش‌گرها/فروشندۀ لوازم آرایشی	انواع محصولات مراقبت شخصی انواع محصولات مراقبت شخصی
ساخت‌وساز	نقاشان ساختمانی	پوشش‌ها، رنگ‌ها
	کارگران تعمیر بتن	ملات‌ها
تمیز کردن	پاک‌کننده‌ها	تمیز کردن و پوشش‌های دافع گرد و غبار
خودرو	تعمیرکاران (بدنه) خودرو	ضد زنگ‌ها، رنگ‌ها، نانوچندسازه‌ها
یادآوری۱- عناوین شغلی که بیماری‌های پوستی زیادی برای آن‌ها گزارش می‌شود، به گزارش مصرف محصولات نانومواد یا نانوپدید یا مواجهه با NOAA برای عناوین شغلی با پتانسیل ریسک بالا با توجه به مواجهۀ پوستی مرتبط می‌شود [4].		

۵-۳ مرحلۀ ۲: مشاهدۀ پتانسیل مواجهۀ پوستی

مشاهدات تکمیلی رفتار کارگر باید نشان دهد که کجا پتانسیل مواجهۀ پوستی (یا بلع غیرعمدی) وجود دارد. این مشاهدات، اولین نشانۀ تکرار تماس‌ها با مواد و سطوح و قسمت‌های در معرض بدن است.

روش ارزیابی مواجههٔ پوستی (DREAM)[1] می‌تواند برای ارزیابی پتانسیل مواجههٔ پوستی از طریق یک رویکرد مشاهدات ساختاری یا در فرم کامل آن [1] یا در فرم ساده شده [15] و هم‌چنین سایر روش‌ها یا مدل‌هایی که در دسترس است، به‌کار رود. روش DREAM بر شناسایی فرایندهای اصلی مواجهه و قسمت‌های اصلی بدن که درگیر است، متمرکز می‌باشد. اطلاعات بیشتر در مورد روش DREAM در پیوست پ آورده شده است. اگر بر اساس این مشاهدات، پتانسیل مواجههٔ پوستی وجود داشته باشد، مراحل الف۳ و ب۳ انجام می‌شود.

۵-۴ مرحلهٔ ۳: مشاهدهٔ تکمیلی رفتارکارگر

الف- یک ارزیابی مشاهده‌ای باید برای بررسی استفادهٔ مناسب از لباس کار و/یا لباس و دستکش محافظ انجام گیرد. استفادهٔ مناسب شامل پوشش مناسب، کنترل سطح پوشیده نشدهٔ بدن، استفادهٔ مداوم فراتر از وظایف شغلی و تعویض مناسب است [24]. علاوه‌براین، وضعیت پوست باید با توجه به‌وجود بریدگی‌ها، قرمزی، تورم، ترشح/پوسته‌شدن، ضخیم‌شدن، ترک‌خوردگی و خشکی بررسی شود. روش‌های ارزشیابی نظری به‌عنوان مثال، شاخص شدت اگزمای دست (HECSI)[2] اصلاح‌شده (به پیوست ب مراجعه شود) می‌تواند یک ابزار ساده برای ارزیابی عملکرد ممانعت پوست در ارتباط با احتمال جذب نانوذرات از آن باشد. گزینهٔ دیگر، اندازه‌گیری TEWL[3] است (به پیوست ب مراجعه شود). اگر سطوح پوستی در معرض وجود دارد و پتانسیل اختلال در ممانعت پوست برای جذب خیلی زیاد است، به مرحلهٔ الف۴ مراجعه کنید.

ب- برای نشانه‌های تماس‌های اطراف دهان، روش توصیف‌شده در منبع شمارهٔ [25] می‌تواند به‌کار رود. با توجه به تماس‌های اطراف دهان (و بنابراین بلع غیرعمدی)، فرایند انتقال (از سطوح به دست‌ها و برعکس، از دست‌ها به ناحیه اطراف دهان و از اشیا آلوده به ناحیهٔ اطراف دهان) مهم هستند. اطلاعات بیشتر در مورد مدل مفهومی یکپارچه مواجههٔ پوستی و بلع غیرعمدی [20] و ابزار ارزیابی مواجههٔ غیرعمدی (IEAT)[4] را می‌توان در پیوست ت مشاهده کرد. در صورت پتانسیل تماس‌های اطراف دهان، مرحلهٔ ب۴ را اجرا کنید.

۵-۵ مرحلهٔ ۴: تعیین مقدار NOAA

کمی‌سازی NOAA یک فعالیت تکمیلی با ارزش در این رویکرد گام به گام در نظر گرفته می‌شود، اگرچه الزامی نیست. نوع کمی‌سازی به مسیر مواجهه بستگی دارد.

الف- مشخصه‌یابی و کمی‌سازی مواجههٔ پوستی با NOAA در زمینهٔ پتانسیل جذب از طریق پوست نیاز به نمونه‌برداری پیشرفته (به عنوان مثال لایه‌برداری)[5] و روش‌های شناسایی (به‌عنوان مثال میکروسکوپی الکترونی از نمونه‌های برداشته‌شده از پوست) دارد. با توجه به‌اندازه و ریخت‌شناسی، برای اطمینان از اطلاعات کلیدی، می‌توان از روش‌های مناسب ارزیابی استفاده کرد (به پیوست ج مراجعه شود). اگر پتانسیل

1- Dermal Exposure Assessment Method
2- Hand Eczema Severity Index
3- Transepidermal water loss
4- Ingestion Exposure Assessment Tool
5-Tape lifting

نفوذ پوستی وجود دارد، استفاده از نمونه‌های برداشته‌شده از پوست همراه با میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM)[1] برای تعیین مشخصات NOAA بر روی پوست از نظر اندازه، ریخت‌شناسی و ترکیب شیمیایی توصیه می‌شود. بااین‌حال، تجزیه و تحلیل میکروسکوپی الکترونی (EM)[2] از نمونه‌های برداشته‌شده از پوست با تکنیک لایه‌برداری با نوار چسب درحال‌حاضر هنوز بسیار چالش برانگیز است.

ب- درصورت احتمال تماس‌های اطراف دهان، نشانه‌ای از بار جرمی دست (ها) و/یا ناحیهٔ اطراف دهان را می‌توان با استفاده از روش‌های حذف (زدایش) متداول که در استانداردهای CEN / TS 15279 و ISO / TR 14294 شرح داده‌شده، ارزیابی نمود. هم‌چنین از دستمال پاک‌کنندهٔ سطح می‌توان به‌عنوان شاخصی از بار آلودگی سطحی استفاده کرد.

توصیه می‌شود، در مورد NOAA دارای مخاطرهٔ بالا که در عرق مصنوعی حل می‌شود (به مرحلهٔ الف۱مراجعه شود)، میزان آلودگی سطوح (نیمکت‌ها، ابزارها و غیره) را در محل کار با استفاده از دستمال‌های پاک‌کنندهٔ سطح ارزشیابی کنید. علاوه‌براین، توصیه می‌شود به‌عنوان بخشی از ارزشیابی ریسک، مواجههٔ داخلی این مواد با استفاده از پایش زیستی (درصورت‌امکان، به‌عنوان مثال برای As، Cr، Co، Ni در ادرار) برای کارگران در معرض، انجام شود [29] -[26]. لطفا توجه داشته باشید که در صورت پایش زیستی، بین سهم (نسبی) تمام مسیرهای مواجهه (پوستی، دهانی یا استنشاقی) تفاوتی وجود ندارد. هرچند، این اطلاعات در رابطه با اثرات سیستماتیک سلامت در نظر گرفته می‌شود.

۵-۶ مرحلهٔ ۵: ارزشیابی و بازنگری

ارزشیابی نتیجهٔ ارزیابی ریسک دارای اهمیت است. این شامل اولویت‌بندی ریسک‌ها، تشکیل یک برنامهٔ عملیاتی برای کاهش ریسک، مستندسازی یافته‌ها و برنامهٔ عملیاتی (در صورت مرتبط‌بودن) و اطلاع‌رسانی به کارگران در مورد نتایج و اقدامات است. علاوه‌براین، تعداد کمی از محل‌های کار باقی می‌مانند. معرفی تجهیزات، مواد و روش کارهای جدید می‌تواند منجر به مخاطرات جدید شود. بنابراین، ارزیابی ریسک باید در فواصل زمانی معین بازنگری و در صورت لزوم به‌روزرسانی شود، مانند ارزیابی تماس پوستی با NOAA (حلقهٔ بازخورد).

1- Scanning Electron Microscopy
2- Electronic Microscopy

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

صنایع مرتبط با استفاده از نانومواد یا محصولات نانوپدید

برای به‌دست آوردن یک دید کلی از بخش‌های صنعتی که در آن‌ها بیشتر نانومواد و محصولات نانوپدید تولید و استفاده می‌شوند، جستجوی مستندات برای شناسایی نظرسنجی‌ها و بازنگری‌های ملی و بین‌المللی تحقیقات این موضوع انجام شد. بر اساس این مستندات، استفاده از NOAA در برخی از بخش‌ها (به‌عنوان مثال ICT/[1]، الکترونیک، بهداشتی، ساخت و ساز، سطوح و پوشش‌ها، منسوجات و کفش‌ها، لوازم آرایشی و مراقبت شخصی، مربوط به خودرو/خودروی سواری) به‌طور گسترده‌ای در مقایسه با سایرین، نشان می‌دهد که تعداد کارگران (به طور بالقوه) احتمالاًدر معرض NOAA هستند، در این بخش‌ها نیز بیش‌تر خواهد بود [4].

جدول ۱- صنایع مرتبط با استفاده از نانومواد‌ها یا محصولات نانوپدید (فهرست کامل نیست)

بخش/صنعت	محصول
فناوری اطلاعات و ارتباطات/الکترونیک	قطعات الکترونیک، الکتروتکنیک، رایانه‌ها (شامل صفحه نمایش)، وسایل الکترونیکی، فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)
	حسگرها، میکروالکترونیک
	مغناطیس‌ها و مواد مغناطیسی
	محاسبات کوانتومی
	باطری‌ها (یون- لیتیم)
	چراغ‌ها
انرژی و محیط‌زیست/فناوری نانو سبز/برنامه‌های کاربردی انرژی	انرژی (تجدیدپذیر)
	نیروگاه‌های سوخت فسیلی
	ذخیره‌سازی انرژی، توزیع و انتقال
	پالایه‌کردن، نمک‌زدایی و تصفیهٔ آب
	حس‌گری
	بهبود محیط‌زیست/کاهش انتشارها به هوا
	کاتالیزگری
	فتوولتائیک
	اپتیک و دستگاه‌های نوری
	محصولات طبیعی و سبز

1- Information and Communications Technology

بخش/صنعت	محصول
	فوتونیک و دستگاه‌های فوتونی
مراقبت بهداشتی	نانوپزشکی: ناقل دارو، مادهٔ حاجب و دستگاه‌های تشخیصی
	منسوجات برای کاربردهای پزشکی
هوافضا/هوانوردی	هوافضا/هوانوردی
ساخت و ساز	سیمان/بتن/تولید بتن مرطوب/اصلاح بتن/بتن پیش‌ساخته
	فولاد
	چوب
	دستگاه‌های فرز (آسیاکاری) [1]
	کاربردهای ساخت و ساز
	مواد عایق
	پوشش‌ها و رنگ
	زیرساخت
	مصالح بنایی و ساختمانی
سنگ	-
سطوح و پوشش‌ها	پوشش‌ها (رنگ‌ها)، اصلاح سطح پوشش سطحی
	تولید رنگ
	براق‌کننده‌ها (سایر)
	نقاشان/روکش‌کنندگان
سرامیک و شیشه	کاربرد/تولید شیشه و سرامیک
امنیتی/دفاعی	امنیتی/دفاعی
صنعت شیمیایی	شیمی پایدار- کاتالیزورها
	صنایع شیمیایی (تولید)
صنعت غذایی	تولید، فراوری، ایمنی و بسته‌بندی مواد غذایی
	تغذیه
نساجی	منسوجات
	کفش‌ها
	مغازه‌های تعمیر کفش
	منسوجات تمیزکاری
لوازم آرایشی/مراقبت شخصی	کرم‌های ضد آفتاب
	لوازم آرایشی (تولید)
	لوازم آرایشی و محصولات مراقبت شخصی
ورزشی	لباس/کفش‌ها
	لوازم ورزشی/کالاها/تجهیزات

بخش/صنعت	محصول
ساعت‌ها/اپتیک	-
صنعت کاغذ	(تولید) کاغذ
چاپ و بسته‌بندی	(تولید) مرکب و تونر
پلاستیک‌ها	تولید پلاستیک‌ها و مواد مصنوعی
	چندسازه‌ها در پلاستیک‌ها/ مواد مصنوعی
تمیز کردن	محصولات تمیزکننده
	خوشبو کنندۀ هوا/افشانه
خودروسازی/خودرو	خودرو/قطعات خودرو/وسایل نقلیۀ موتوری
	تولید تایر
	تعمیر بدنۀ خودرو
	تعمیرگاه‌های خودرو
	روان‌سازها
	تایر
	سوخت/دیزل
	پنجرۀ خودرو
	کمک فنر
تجارت/خرده‌فروشی	تجارت/خرده فروشی
صنایع فلزی	-
خانه و باغ	خانه و باغ (شامل رنگ‌آمیزی)
	محصولات خانگی– بهسازی خانه
کشاورزی	آفت‌کش‌ها/محصولات حفاظت از گیاهان
	کودها
	آبَر جاذب
	کشاورزی
تولید/ساخت نانومواد	تولید پودر
	ساخت نانومواد
	ساخت مواد (واسطه‌ها)
	ساخت رنگ‌ها و رنگدانه‌ها
	ساخت سایر مواد شیمیایی پایه معدنی n.e.c.
	سازندگان پلاستیک در اشکال اولیه
تحقیق و توسعه (به‌طورکلی)	تحقیق و توسعه (به‌طورکلی)
متفرقه	متفرقه
	هم‌گذاری/بازیافت
	لوازم خانگی
	کالاهای بچه
	چندسازۀ تقویت شده

بخش/ صنعت	محصول
	آنتی‌اکسیدان‌ها
	جاذب‌ها
1- Milling machines	

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

چگونه آسیب پوستی تعیین می‌شود؟

ب-۱ کلیات

ارزیابی وضعیت پوست از طریق بررسی چشمی می‌تواند شامل پرسش‌نامه‌ها یا سامانه‌های امتیازدهی باشد مانند پرسش‌نامهٔ شغلی پوست نوردیک[1] (NOSQ-2002) [30]، شاخص شدت اگزمای دست (HECSI) [32] [31]، منواسکور[2] [31]، شاخص شدت اگزمای دست اوسناباروک[3] (OHSI) [31] و امتیاز اگزمای دست برای غربالگری‌های شغلی (HEROS)[4] [33]. علاوه‌براین، تعدادی از شاخص‌های زیست‌فیزیکی به‌منظور بررسی عینی وضعیت پوست، مانند TEWL از سطح پوست، آب‌رسانی پوست و اندازه‌گیری کمی رنگ پوست وجود دارد که می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد [4].

توصیه می‌شود هنگام تعیین سطح آسیب پوستی، توجه شود که آنچه در کارگران به‌صورت انفرادی مشاهده می‌شود، نمی‌تواند به‌طور مستقیم به یک ارزیابی آسیب پوستی در سطح گروه تعمیم داده شود، زیرا بهتر است توجه داشت که آسیب‌های تصادفی پوست ممکن است به‌طور مستقیم مربوط به کار باشد. از سوی دیگر، ترکیب داده‌های تولیدشده در سطح انفرادی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در سطح گروه تولید کند و در نتیجه توصیه می‌شود که این مشاهدات در شرکت و/یا صنعت ثبت/ذخیره شود تا به‌عنوان مثال بتوان روند عمومی در سطح گروه را به‌دست آورد.

ب-۲ نمونه‌ای از پرسش‌نامه

به‌منظور تعیین اختلال پوستی در محل کار پیشنهاد شده است که شاخص اولیهٔ شدت اگزمای دست (HECSI) [32] اصلاح شود تا بتوان تنها جنبه‌های تحریک‌کننده (ترک‌خوردگی و پوسته‌شدگی پوست) را در نظر گرفت و «خشکی» را به‌عنوان یک علامت بالینی به آن افزود.

هر دست به پنج ناحیه (نوک انگشتان، انگشتان (به‌جز نوک‌ها)، کف دست، پشت دست، مچ دست) تقسیم می‌شود.

برای هر یک از این مناطق، شدت سه علامت بالینی مربوط به آسیب پوستی (ترک‌خوردگی و پوسته‌شدگی و خشکی پوست) بر اساس مقیاس اولیه درجه‌بندی می‌شود:

الف- بیماری خفیف؛

ب- بیماری متوسط؛

1- Nordic Occupational Skin Questionnaire
2-Manuscore
3- Osnabrück
4- Hand Eczema Score for Occupational Screening

پ- بیماری شدید.

برای هر ناحیه (مجموع هر دو دست)، به منطقهٔ آسیب دیده (وسعت) امتیاز ۰ تا ۴ داده می‌شود (٪ ۰ = ۰، ٪ ۱ تا ٪ ۲۵= ۱ ، ۲ = ٪ ۵۰ تا ٪ ۲۶، ۳ = ٪ ۷۵ تا ٪ ۵۱، ۴ = ٪ ۱۰۰ تا ٪ ۷۶).

امتیاز به‌دست آمده برای وسعت هر ناحیه در مجموع علائم بالینی آن ناحیه ضرب می‌شود. کل مجموع پنج ناحیه، شاخص امتیاز اختلال پوستی (SDSI)[1] را نشان می‌دهد که از ۰ تا ۱۸۰ متغیر است.

جدول ب-۱- امتیازدهی وضعیت پوست برای به‌دست آوردن شاخص امتیاز اختلال پوستی (SDSI)

علائم بالینی/ناحیه	نوک انگشتان	انگشتان (به‌غیراز نوک)	کف دست	پشت دست	مچ دست
ترک‌خوردگی(F)					
پوسته‌شدگی(S)					
خشکی(D)					
مجموع(F+S+D)					
محدوده(Ex)					
امتیاز ناحیه(AS) مجموع × محدوده	AS نوک انگشتان	AS انگشتان	AS کف دست	AS پشت دست	AS مچ دست
شاخص امتیاز اختلال پوستی (SDSI)	AS نوک انگشتان+AS انگشتان+AS کف دست+AS پشت دست+AS مچ دست				

مثال: کارگری با ترک‌خوردگی‌های شدید در پشت هر دو دست، پوسته‌شدگی و خشکی متوسط در کل کف دست راست، SDSI 20 (از ۱۸۰) را دارد.

جدول ب-۲- مثال عملی

علائم بالینی/ ناحیه	نوک انگشتان	انگشتان (به غیراز نوک)	کف دست	پشت دست	مچ دست
ترک‌خوردگی (F)	۰	۰	۰	۳	۰
پوسته‌شدگی (S)	۰	۰	۲	۰	۰
خشکی (D)	۰	۰	۲	۰	۰
مجموع (F+S+D)	۰	۰	۴	۳	۰
محدوده (Ex)	۰	۰	۲	۴	۰
امتیاز ناحیه (AS) مجموع × محدوده	.	۰	۸	۱۲	۰
شاخص امتیاز اختلال پوستی (SDSI)	۲۰= ۰ + ۸ + ۱۲ + ۰+۰				

1- Skin Disruption Score Index

ب-۳ اندازه‌گیری میزان آب خارج شده از لایهٔ اپیدرم (TEWL)

لایهٔ شاخی پوست (SC) تا حد زیادی به کارکرد حفاظتی پوست کمک می‌کند و از دست‌رفتن آب ازلایهٔ اپیدرم (TEWL) یک اندازه‌گیری غیرتهاجمی آب ازدست‌رفته از بدن در لایهٔ SC جانداران است [34]. این موضوع در افراد مبتلا به درماتیت آتوپیک (AD) [1] [35] و با آسیب پوستی مشاهده شده است [36]. ثبت TEWL به‌شدت تحت تاثیر دمای اتاق و تعریق می‌باشد، اما TEWL در شرایط کنترل‌شده، ممکن است نشان‌گر آسیب پوستی باشد [37]. اندازه‌گیری می‌تواند با استفاده از یک سامانهٔ محفظهٔ باز یا بسته انجام شود.

قبل از اندازه‌گیری بازوی موردنظر باید به‌مدت ۱۰ min در یک اتاق که دما و رطوبت آن با یک سامانهٔ تهویه مطبوع ثابت‌شده، قرار گیرد تا به محیط عادت کند. دما باید در محدودهٔ ۲۰ °C تا ۲۳ °C تنظیم‌شده و رطوبت نسبی در محدودهٔ ٪ ۳۰ تا ٪ ۴۵ حفظ شود. TEWL باید بر روی قسمت جلویی ساعد یا پشت اولین انگشت، با استفاده از یک لوله، پوست را حدود ۱۵ s در تماس قرار دهد. محدودیت این روش تغییرپذیری گسترده بین افراد و فقدان مقادیر دامنهٔ نرمال پذیرفته شده است.

1- Atopic Dermatitis

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

روش ارزیابی مواجههٔ پوستی (DREAM)

روش DREAM یک روش مشاهداتی برای ارزیابی میزان مواجههٔ پوستی با مواد شیمیایی به روش نیمه‌کمی است [38]. روش DREAM به‌دقت از مدل مفهومی اشنایدر[1] و همکاران [12] پیروی می‌کند و ارزیابی مواجههٔ اولیهٔ پوست را با امکان رتبه‌بندی وظایف یا مشاغل ارائه می‌دهد. این مدل در یک پایگاه داده ام اس- اکسس[2] اجرا می‌شود. روش DREAM شامل دو بخش، فهرست موجودی و بخش ارزشیابی است. در قسمت موجودی روش DREAM، عوامل تعیین‌کنندهٔ مربوط در شش ماژول اصلی دسته‌بندی می‌شوند (به جدول پ-۱ مراجعه شود). اطلاعات در مورد جهت و بزرگی اثر عوامل تعیین‌کننده از جمع‌آوری مقالات و با قضاوت متخصص تکمیل شده است. ماژول‌های مورد استفاده در روش DREAM از طریق فرایندهای انتقال در مدل مفهومی اصلی به‌وضوح تعریف نشده است، اما به‌شیوه‌ای عملی‌تر با ماهیت مشاهداتی این مدل سازگار است. یک متخصص بهداشت شغلی با مشاهدهٔ روند و مصاحبه با کارگران، اطلاعات شرکت، مشخصات مواد مورد استفاده، پاکیزگی محیط، بهداشت شخصی، لباس‌های محافظ و مدت مواجهه را جمع‌آوری می‌کند. محقق، «احتمال» و «شدت» یک مسیر خاص مواجهه و توزیع مواجهه را در قسمت‌های مختلف بدن تخمین می‌زند.

جدول پ-۱– عوامل تعیین‌کنندهٔ گروه‌های DREAM در اجزاء

ماژول		شرح
ماژول شرکت		اطلاعات کلی در مورد شرکت و ناظر
ماژول واحد		وجود منبع و لایهٔ آلایندهٔ سطح. فعالیت‌های آلودگی‌زدای در واحد
ماژول عامل		انتشار طبیعی، ویژگی‌های فیزیکی
ماژول مواجهه	مسیرهای مواجهه	احتمال و شدت مسیرهای مواجهه
	برآورد پوشش	مصرف و درجهٔ تاثیر پوشش (محافظ)
ماژول کار		طول مدت کار
ماژول شغلی		راننده‌ها، بهداشت کارگران، مواجههٔ مستمر

روش DREAM شامل فهرست موجودی و بخش ارزشیابی است. بخش فهرست موجودی متشکل از یک پرسش‌نامه چند گزینه‌ای است که به‌صورت سلسله مراتبی در شش ماژول تنظیم شده است: شرکت، واحد، عامل، شغل، کار و مواجهه. پرسش‌نامه پس از مشاهدهٔ کارگران حین کار یا پس آن پر می‌شود. بااین‌حال،

1-Schneider
2-MS-Access

هنگامی‌که امکان‌پذیر نباشد، می‌توان اطلاعات را از طریق مصاحبه با کارگران به‌دست آورد. پرسش‌نامه به عوامل زیر توجه دارد:

- احتمال (P) و شدت (I) فرایندهای مواجههٔ پوست (انتشار (تماس مستقیم)، نشست، انتقال)؛

- عوامل مربوط به نه قسمت از بدن؛

- لایهٔ لباس (CL_{PF})؛

- مشخصات فیزیکی و شیمیایی عامل (E_J)؛

- درصد از کل زمان انجام یک کار (WT).

در بخش ارزشیابی، میزان پتانسیل تماس و تماس پوستی محقق‌شده در واحدهای DREAM بر اساس اطلاعات جمع‌آوری‌شده در فهرست موجودی محاسبه می‌شود. برآورد پتانسیل مواجههٔ پوستی بر اساس محصول «احتمال» و «شدت» هر مسیر مواجهه است و برای ۳۳ عامل تعیین‌کننده در سطح وظیفهٔ شغلی اصلاح شده است (به جدول پ- ۲ مراجعه شود).

پس از در نظر گرفتن لباس و دستکش‌های محافظ، مواجههٔ واقعی محاسبه می‌شود. روش DREAM میزان مواجههٔ نه بخش جداگانه بدن را تخمین می‌زند. در شکل پ-۱ نمای کلی از بخش ارزشیابی DREAM ارائه شده است. با استفاده از پرسش‌نامه هر دو فهرست موجودی و ارزشیابی زیر در یک ابزار دسترسی ادغام می‌شود.

جدول پ-۲- نمای کلی از عوامل تعیین‌کنندهٔ هر ماژول

معرف	دسته‌بندی	دلیل منطقی
ماژول مواجهه- مسیرهای مواجهه		
۱- نشر به لباس و پوست بدون پوشش؛ غوطه‌وری پوست در عامل	غیرمحتمل (<٪ ۱ طول مدت کار) بعضی اوقات (٪ ۱ تا ٪ ۱۰ طول مدت کار) به‌طور مکرر (<٪ ۱۰ تا ٪ ۵۰ طول مدت کار) به طور مداوم (<٪ ۵۰ طول مدت کار)	افزایش تعداد دفعات تماس منجر به سطوح بالاتر مواجهه می‌شود
۲- شدت (= مقدار عامل) نشر	مقدار کم (<٪ ۱۰ بخشی از بدن) مقدار متوسط	افزایش مقدار عامل منجر به سطوح بالاتر مواجهه می‌شود
-	(٪ ۱۰ تا ٪ ۵۰ بخشی از بدن) مقدار زیاد (<٪ ۵۰ بخشی از بدن	-

معرف	دسته‌بندی	دلیل منطقی
۳- شاخص‌های مسیر مواجهه برای نشر(ER_E)، نشست(ER_D) و انتقال (ER_T)	ER_E ER_D ER_T	در مدل مورد نظر، نشر در سطوح مواجههٔ بالاتر از نشست و انتقال، شروع می‌شود
۴- احتمال نشست روی لباس و پوست بدون پوشش	غیرمحتمل (<٪ ۱ طول مدت کار) بعضی اوقات (٪ ۱ تا ٪ ۱۰ طول مدت کار) به‌طور مکرر (<٪ ۱۰ تا ٪ ۵۰ طول مدت کار) به‌طور مداوم (<٪ ۵۰ طول مدت کار)	افزایش تعداد دفعات تماس منجر به سطوح بالاتر مواجهه می‌شود
۵- شدت نشست روی لباس و پوست بدون پوشش	مقدار کم (< ٪ ۱۰ بخشی از بدن) مقدار متوسط (٪ ۱۰ تا ٪ ۵۰ بخشی از بدن) مقدار زیاد (<٪ ۵۰ بخشی از بدن)	افزایش مقدار عامل منجر به سطوح بالاتر مواجهه می‌شود
۶- انتقال به لباس و پوست بدون پوشش: تماس با سطوح یا ابزار رخ می‌دهد	غیرمحتمل (<٪ ۱ طول مدت کار) بعضی اوقات (٪ ۱ تا ٪ ۱۰ طول مدت کار) به‌طور مکرر (<٪ ۱۰تا ٪ ۵۰ طول مدت کار) به‌طور مداوم (<٪ ۵۰ طول مدت کار)	افزایش تعداد دفعات تماس منجر به سطوح بالاتر مواجهه می‌شود
۷-شدت انتقال: میزان آلایندگی سطح تماس	بدون آلودگی امکان آلودگی ≥٪۵۰ سطح تماس > ٪۵۰ از سطح تماس	افزایش آلایندگی منجر به سطوح بالاتر مواجهه می‌شود
۸- فاکتور سطح بدن	سر = ۰٫۶۹ بازو = ۰٫۶۷ ساعد = ۰٫۵۳ دست‌ها = ۰/۴۷ نیم‌تنهٔ جلو= ۱/۲۲ نیم‌تنهٔ پشت = ۱/۲۲ قسمت پایین بدن = ۲/۴۳	ضریب سطحی از بدن، به شکل تقسیم سطح یک بخش مجزا بر میانگین سطح نه بخش بدن تعریف می‌شود

معرف	دسته‌بندی	دلیل منطقی
	ساق پا = ۱/۱۵ پا = ۰/۶۳	
ماژول عامل		
۹- حالت فیزیکی	جامد مایع بخار- گاز	آزمون‌های مقایسهٔ جامدات و مایعات نتایج متناقضی را نشان می‌دهد، بنابراین هر دو ضریب یک دارند. فرض می‌شود، جامدات و مایعات نسبت به بخارها و گازها منجر به سطوح بالاتر مواجهه شوند.
۱۰- غلظت	٪< ۹۰ اجزای فعال مورد نظر ٪ ۱ تا ٪ ۹۰ اجزای فعال مورد نظر ٪< ۱ اجزای فعال مورد نظر	مواجههٔ پوستی با افزایش غلظت جزء فعال در ماده افزایش می‌یابد
۱۱- تبخیر (مایعات): نقطهٔ جوش	۵۰°C> ۵۰°C تا ۱۵۰°C ۱۵۰°C <	مایعات فرار منجر به مواجهه پوستی پایین‌تر ناشی از افزایش حذف می‌شود
۱۲- گرانروی (مایعات)	کم (مانند آب) متوسط (مانند ترکیبات نفتی) بالا (مانند رزین/ خمیر)	گرانروی بالاتر باعث کاهش زدایش از طریق پوست (پوشیده شده) می‌شود. انتظار می‌رود که میزان چسبندگی به‌طور مساوی با گرانروی افزایش یابد
۱۳- فرمولاسیون (جامدات)	پودر/ذرات ریز گرانول/دانه/قرص‌ها/ذرات بسته/توده/پشته	چسبندگی به پوست با اندازهٔ ذرات رابطهٔ عکس دارد. ذرات کوچک‌تر منجر به رهایش بیشتر، افزایش انتقال و چسبندگی به پوست می‌شوند (کاهش حذف)
۱۴- با گرد و غبار (جامدات)	خیر بله	جامدات با گرد و غبار به راحتی از منبع جامدات بدون گرد و غبار منتشر می‌شوند
۱۵چسبندگی/مومی/مرطوب (مواد جامد غیر پودری و بدون گرد و غبار)	خیر بله	جامدات چسبنده، مومی و مرطوب باعث پیوند بهتر با پوست شده، بنابراین سبب کاهش زدایش از پوست (پوشیده شده) می‌شوند
ماژول مواجهه– ضریب پوشش		
۱۶- جنس دستکش یا پارچه	بدون استفاده از دستکش/بخشی از بدن فاقد پوشش است لباس بافته شده نبافتهٔ قابل نفوذ نبافتهٔ غیر قابل نفوذ	استفاده از دستکش (پارچه) باعث کاهش میزان مواجههٔ بیرونی پوست می‌شود
۱۷- فاکتور حفاظت	PFMHA (دست) PFMBP (سایر قسمت‌های بدن)	دستکش دارای فشار و اصطکاک بیشتری نسبت به سایر لباس‌های سایر

معرف	دسته‌بندی	دلیل منطقی
		بخش‌های بدن است
۱۸- تعداد دفعات تعویض	پس از یک‌بار استفاده روزانه هفتگی ماهانه	دستکش‌های (لباس) که به‌طور مکرر تعویض می‌شوند، نسبت به آن‌ها که تعویض نمی‌شوند، به‌ندرت مواجهه را بیش‌تر کاهش می‌دهند
۱۹-اتصال مناسب دستکش‌های نبافت به آستین لباس	خیر بله	دستکش‌هایی که به‌خوبی به لباس متصل باشند نسبت به مواردی که به‌خوبی متصل نیستند، مواجهه را کم می‌کنند
۲۰- پوشیدن دستکش‌های نبافته در طی(مواجهه)	٪ ۰ تا ٪ ۲۵ از طول مدت کار ٪ ۲۵ < تا ٪ ۹۹ از طول مدت کار ٪ ۱۰۰ از طول مدت کار	دستکش‌های پوشیده شده طی کل زمان انجام کار، نسبت به وقتی که در بخشی از مدت انجام کار استفاده می‌شود، بیش‌تر سبب کاهش مواجهه هستند
۲۱- یک جفت دستکش زیر دستکش‌های بیرونی پوشیده شده	خیر بله	استفاده از دومین جفت دستکش‌ها می‌تواند مواجهه را کاهش دهد
۲۲- تعداد دفعات تعویض دستکش‌های داخلی	بعد از هر بار روزانه هفتگی/ماهانه	دستکش‌های داخلی تنها وقتی محافظت می‌کنند که زودبه‌زود عوض شوند؛ در غیراین‌صورت آن‌ها خود تبدیل به یک منبع مواجهه می‌شوند
۲۳- استفاده از کرم محافظ	خیر بله	استفاده از کرم محافظ میزان مواجهه را کاهش می‌دهد
ماژول کار		
۲۴a - مدت اتمام نسبی: زمان نسبی انجام کار = کل	۴ h تا ۸ h روزانه ، هفتگی< ۲۰ h ، ماهانه< ۸۰ h و سالانه<۸۰۰ h	افزایش مدت زمان انجام کار منجر به افزایش مواجههٔ پوستی می‌شود
زمان انجام کار/(فرکانس × طول مدت کار)؛ برآورد مطلق شده	۱ h تا ۴ h روزانه /۴ h تا ۲۰hهفتگی/۱۶ h تا ۸۰ ماهانه /۱۶۰ h تا ۸۰۰ h سالانه ۱۱ min تا ۶۰ min روزانه/۱ h تا ۴ h هفتگی/ ۴ h تا ۱۶ h ماهانه/۴۰ h تا ۱۶۰ h سالیانه روزانه < ۱۱min/۰ h تا ۱ hهفتگی/ ۰ h تا ۴ h ماهانه/۰ h تا ۴۰ h سالیانه	
۲۴b- مدت اتمام نسبی: زمان نسبی انجام کار = کل زمان انجام کار/ (فرکانس × طول مدت کار)؛ برآورد مطلق‌شده	کل زمان انجام کار تقسیم بر کل زمان عملکرد	-

معرف	دسته‌بندی	دلیل منطقی
ماژول شغل		
۲۵- ۲۶- فاکتور بهداشتی کارکنان به‌وسیلهٔ: تواتر شستشوی دست و کارایی آن تعیین‌شده	دست‌ها شسته نشوند شستشو ۲ تا ۱۰ بار در هر شیفت با آب شستشو ۲ تا ۵ بار در هر شیفت (مالش دادن) با صابون یا حلال‌ها شستشو> ۱۰ بار در هر شیفت با آب شستشو> ۵ بار در هر شیفت با صابون (مالش دادن) یا حلال	شستشوی دست میزان مواجهه را کم می‌کند.
۲۷-۲۹- مواجههٔ مستمر = تعویض لباس‌های کار، بلافاصله بعد از کار × کارگرانی که لباس‌های خود را شستشو می کنند× کارگران بلافاصله پس از کار دوش می‌گیرند	لباس کاری که بلافاصله پس از کار عوض می‌شود کارگرانی که مسئول شستن لباس‌های شخصی خودهستند: کارگرانی که بلافاصله پس از کار دوش می‌گیرند	لباس‌های آلوده منجر به مواجهه پس از کار می‌شوند؛ دوش گرفتن مستقیم، مواجههٔ مستمر را کاهش می دهد
۳۰-۳۳- برآورد میزان بهداشتی محیط کار = (سطح بهداشت + جدول کارهای بهداشتی + دستگاه‌های بهداشتی + ابزارهای بهداشتی کار / ۴)	برآوردهای بهداشتی از کف، ماشین‌آلات کار، ماشین‌آلات و ابزار کار که از طریق تواتر تمیز کردن و کارایی آن تعیین می‌شود. تمیز کردن مرطوب یا خشک روزانه و مرطوب؛ تمیز کردن مرطوب یا خشک هفتگی و مرطوب تمیز کردن خشک	افزایش دفعات تمیز کردن منجر به تمیزتر شدن محیط‌کار می‌شود. تمیز کردن مرطوب از خشک کارآمدتر است

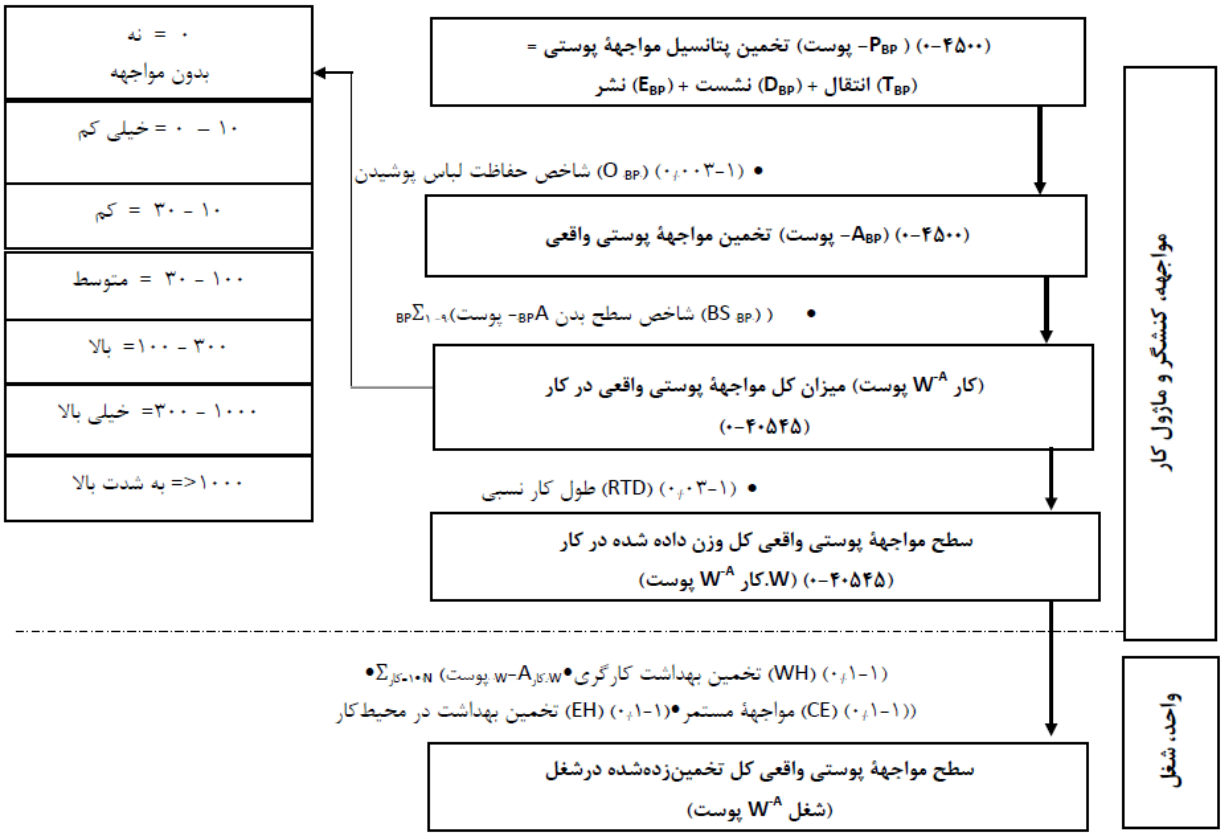
روش DREAM یک روش ارزیابی میزان مواجهه است و بنابراین اعتبارسنجی نشده است، اما قابلیت اطمینان و دقت روش بررسی شدند. دو مقالهٔ بعدی تکرارپذیری ارزیابی [39] و درستی روش‌ها را نشان می‌دهد [40]. آن‌ها دریافتند توافق درون مشاهده‌ای برای رتبه‌بندی مواجههٔ پوستی برای نه قسمت از بدن متوسط تا خوب است (میانگین ضرایب همبستگی اسپیرمن[1] برای جفت ناظر از ۰٫۲۹ تا ۰٫۹۳ مرتب شد)، اما همبستگی برای زمینه‌های کشاورزی و صنعتی متفاوت بود. علاوه‌براین، هنگامی که تخمین‌های DREAM را با مواجهه‌های اندازه‌گیری شده، مقایسه کردند، ضرایب همبستگی اسپیرمن برای مشاهدات فردی، از ۰٫۱۹ تا ۰٫۸۲ رتبه‌بندی شد (برای مواجههٔ دست، منطقی، اما برای مواجههٔ بدن، متوسط بود). تخمین‌های DREAM برای پتانسیل مواجههٔ پوستی، نسبت به تخمین DREAM برای مواجههٔ واقعی پوستی، با اندازه‌گیری، همبستگی کمتری دارد. بررسی‌کنندگان به این نتیجه رسیدند که روش DREAM برای گروه‌های کارگر با تفاوت‌های قابل توجهی در سطوح مواجههٔ پوستی، مناسب است. با این حال، برای سناریوهای سطوح مواجههٔ با اختلاف کم، اندازه‌گیری‌های کمی مواجههٔ پوستی ترجیح داده می‌شود.

در سال ۲۰۰۸، طی پروژه NANOSH، از ۱۰ شرکت اروپایی به‌منظور ارزیابی کمی استنشاق و نیمه‌کمی برای مواجههٔ پوستی با NOAA، بازدید شد که با استفاده از نسخهٔ سازگار با روش مشاهده‌ای DREAM

1- Spearman correlation coefficients

[15]، نشان داده شد که روش DREAM مفید است. نتایج ایـن مطالعـه نشـان داد کـه در ۳۰ مـورد از ۴۵ فعالیت مشاهده شده، دست‌ها از بین اعضای بـدن، بیشـترین احتمـال مواجهـه را دارنـد. مسـیرهای اصـلی مواجهه برای دست‌ها از طریق تماس مستقیم و انتقال بودند. انتقال و تماس مستقیم، مسیرهای اصلی برای مواجههٔ کل بدن بود.

دسته‌بندی DREAM



یادآوری- هر برآورد با مجموعه‌ای از متغیرهای اساسی تعیین می‌شود [38]. محدودهٔ تخمین‌ها در پرانتزها آورده شده است.

شکل پ-۱- خلاصه‌ای از مدل ارزیابی DREAM

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

مواجهه از طریق بلع غیرعمدی

چری[1] و همکاران [41] و اشنایدر[2] و همکاران [12] مدل‌های مفهومی برای بلع غیرعمدی و مواجهۀ پوست منتشر کرده‌اند. از مدل مفهومی چری و همکاران، توسط کریستوفر[3] و همکاران [42] [41]، به‌منظور تدوین یک مدل پیش‌بینی مواجهه از طریق بلع غیرعمدی استفاده شد. هر دو مدل مفهومی، انتقال آلاینده‌ها را از طریق رخدادهای نادر و نامنظم توصیف می‌کند. فرایندهای توصیف‌شده در دو مدل مفهومی، به‌منظور ایجاد یک مدل مفهومی مواجهۀ ترکیبی پوستی/بلع ادغام شده‌اند، که در شکل ت-۱ ارائه شده است [20].

مواجهه از طریق بلع غیرعمدی به‌عنوان مصرف (جذب) مواد از مسیر حفرۀ دهان تعریف شده است، ازطریق فرایندهایی که فرد نسبت به آن‌ها بی‌توجه است. یک مدل اعتبارسنجی‌شدۀ ساده برای توضیح فرایندهای مربوط به مواجهۀ بلع غیرعمدی تدوین شد و ارتباط قوی آن با مواجهۀ پوستی مشخص شد. نقش‌های دست به دهان و شیء به دهان به‌عنوان فرایند مواجهۀ اولیه برجسته قلمداد شد. دو «قسمت» برای مواجهه تعریف شد: منطقۀ اطراف دهانی (به‌عنوان مثال پوست در ناحیۀ خارج از دهان) و حفرۀ دهان. نقش رفتار انسان در تعیین مواجهۀ بلع غیرعمدی نیز مورد بررسی قرار گرفت. این مدل نشان داد که امکان تخمین میزان مواجهۀ بلع غیرعمدی وجود دارد، اگرچه نیازمند توسعه بیشتر است.

این مدل به‌تازگی برای تولید یک ابزار مدل‌سازی مواجهۀ بلع غیرعمدی، به‌نام ابزار ارزیابی مواجهۀ بلع (IEAT)[4] به‌روزرسانی شده است [43]. اطلاعات از طریق مرور مستندات، تجارب آزمایشگاهی در مورد انتقال پوستی و دهانی، مشاهدات میدانی رفتار دست به دهان جمع‌آوری شد. اطلاعات بررسی مستندات برای ایجاد یک پایگاه داده از کارآیی انتقال، همراه با اطلاعات متنی، نسبتی از یک ماده که پس از تماس از یک ناحیه به دیگری منتقل می‌شود، توصیف می‌کند. این اطلاعات با اطلاعات تجارب آزمایشگاهی روی داوطلبان برای ارزیابی کارایی انتقال از دست به دهان، دستکش به دهان، تجهیزات حفاظتی تنفسی (RPE)[5] به دهان، ساعد و لباس به دهان، تکمیل شد. این پایگاه داده برای کمک به شناسایی کارایی انتقال به‌کاررفته در IEAT مورد استفاده قرار گرفت. کار میدانی در تعدادی از کارگاه‌های انگلیس برای جمع‌آوری اندازه‌گیری‌های مواجهۀ اطراف دهان و دست و مشاهدات تماس‌های دست به دهان انجام شد. از اندازه‌گیری‌ها در اعتبارسنجی مدل IEA استفاده شد [44][20]

(http://www.iom-world.org/research/research-expertise/exposure-assessment/ingestion-exposure-assessment-tool/)

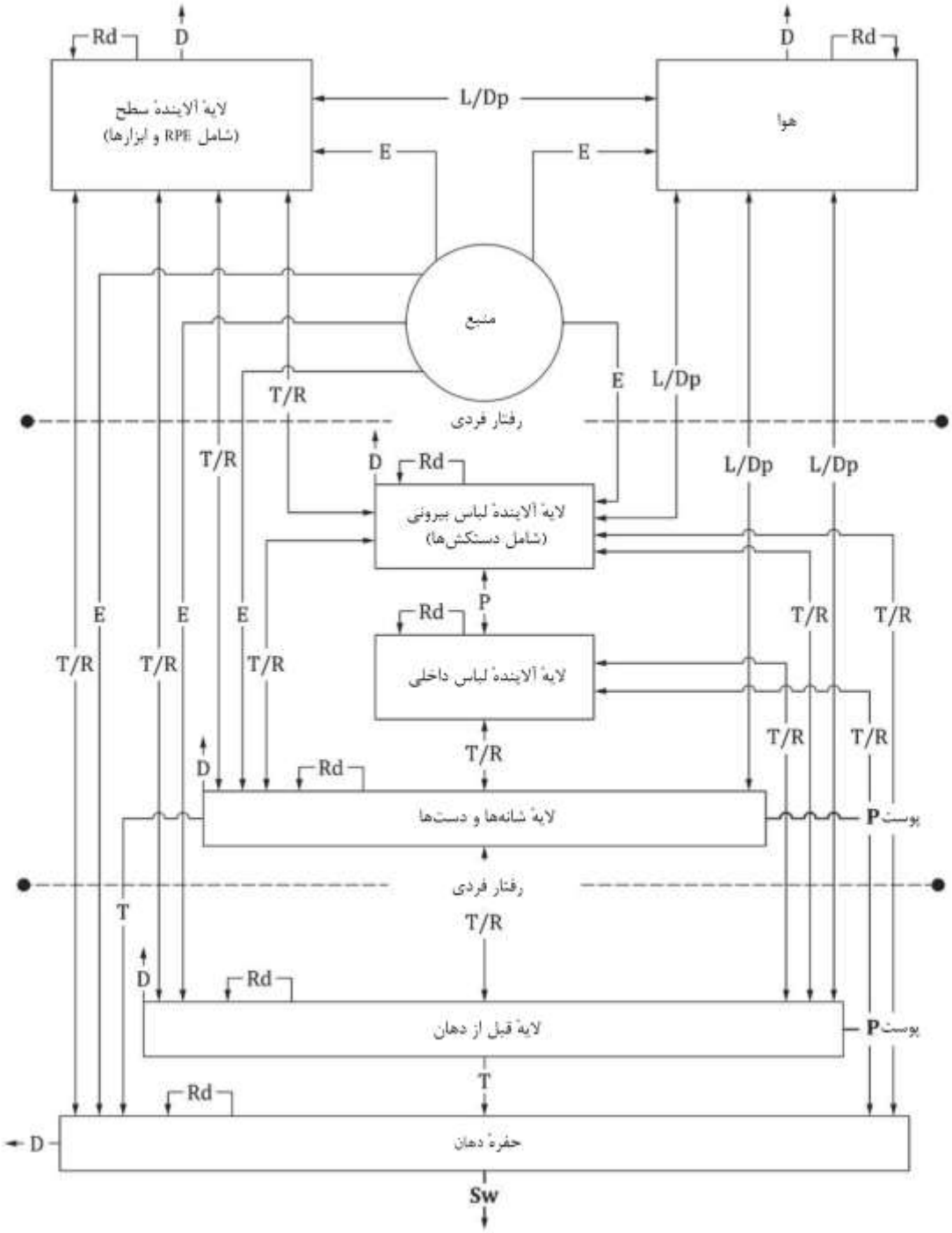
و هم‌چنین اطلاعات مفیدی در مورد مواجهۀ بلع غیرعمدی ارائه داد. از اندازه‌گیری‌ها معلوم‌شده که بین دست‌ها و ناحیۀ اطراف دهان همبستگی زیاد وجود دارد که بر ارتباط بین مواجهۀ پوستی و بلع غیرعمدی تأکید شد.

1-Cherrie
2-Schneider
3-Christopher
4- Ingestion Exposure Assessment Tool
5- Respiratory Protective Equipment

IEAT یک ابزار ارزیابی پیش‌گویانه مواجهه است که می‌تواند برای تخمین میزان مواجههٔ شغلی بلع غیرعمدی مایعات و مواد جامد طی یک شیفت کاری استفاده شود. این مدل کاری بهترین تخمین میانگین هندسی مواجههٔ[1] را برای گروهی از کارگران با الگوهای شغلی مشابه ارائه می‌دهد و نیازی به شناسایی موثر تفاوت‌های بین کارکنان در گروه نیست. مواجهه از طریق بلع غیرعمدی ممکن است زمانی رخ دهد که کارگران هنگام کار با دست‌ها یا اشیا آلوده، دهان خود را لمس کنند. مدل مورد نظر یک مدل درجهٔ یک است و برای استفاده، ساده و آسان می‌باشد. این ابزار برای تخمین بار جرمی مواد در منطقهٔ اطراف دهان (µg) و مواجهه با دست‌ها (µg / cm^2) است. IEAT میزان مواجههٔ اطراف دهان را به‌عنوان یک جایگزین برای مواجهه از طریق بلع غیرعمدی تخمین می‌زند. با این‌حال، شاخص‌های مدل برای نانومواد طراحی نشده است و همان‌طور که در بالا ذکر شد، ذرات بسیار کوچک ممکن است خواص انتقال متفاوت قابل توجه در مقایسه با مواد بزرگ‌تر با اندازهٔ میکرون داشته باشند. مواجهه از طریق بلع غیرعمدی نیز ارتباط نزدیکی با مواجههٔ دست خواهد داشت و ممکن است جدا کردن دو مسیر مواجهه از لحاظ رابطهٔ بین تخمین مواجهه و واکنش زیست‌شناختی دشوار باشد.

یادآوری- IEAT به‌صورت رایگان در دسترس است و می‌تواند از طریق وب‌گاه IOM world.org/ (http://www.iom-) بارگذاری شود.

1- Geometric mean exposure



راهنما:

D آلودگی‌زدایی

Dp نشست

R حذف

Rd توزیع مجدد

L تعلیق مجدد یا تبخیر

E انتشار

Sw بلعیدن

T انتقال

L/Dp نشست و تعلیق مجدد/تبخیر (مسیرهای متضاد)

P سرایت و نفوذ

T/R انتقال و حذف (مسیرهای متضاد)

یادآوری- T/R بین لایهٔ آلایندهٔ سطح و حفرهٔ دهان با خطچین نشان داده شده است که نشان دهندهٔ انتقال از این مسیر تنها برای سطوحی است که قابل انتقال باشند و توانایی جای‌گیری در دهان را دارند.

شکل ت- ۱- مدل مفهومی یکپارچهٔ بلع و پوستی [20]

پیوست ث

(آگاهی‌دهنده)

بررسی اندازه‌گیری‌های مواجههٔ پوستی با نانوذرات

ث-۱ کلیات

یکی از اهداف کلیدی در اندازه‌گیری نشست نانوذرات بر روی پوست، حفظ خواص مربوط به اندازه و شکل آن‌ها طی نمونه‌برداری است تا بتواند مبین مخاطرهٔ موجود روی پوست باشد. روش‌های مختلفی برای نمونه-برداری پوستی وجود دارد که مطابق با ماهیت مادهٔ مورد نمونه‌برداری و شرایط مواجهه انتخاب می‌شود. آن‌ها به‌طورمعمول به سه دستهٔ مجزا از روش نمونه‌برداری طبق استانداردهای بین‌المللی CEN/TS 15279 و ISO/TR 14294 یعنی برخورد مستقیم[1]، حذف و روش‌های درجا، تقسیم می‌شوند.

ث-۲ برخورد مستقیم

بسترهای[2] نمونه‌برداری به‌منظور ایجاد برخورد مستقیم در برابر پودرها یا سوسپانسیون‌ها (تعلیقه‌ها) در مسیر پوست در معرض، مورد استفاده قرار می‌گیرند. یک دستکش پارچه‌ای یا پلاستیکی روی دست یا دستکش ایمنی قرار داده‌شده یا یک تکه پارچه یا جنس دیگر روی پوست یا پوشش بیرونی قرار می‌گیرد. طی دورهٔ نمونه‌برداری، ذرات، جامدات یا سوسپانسیون مایع روی بستر نمونه جمع‌آوری می‌شود. به‌طورمعمول، به‌وسیلهٔ بازیابی از بستر، از طریق جرمی، سنجش می‌شوند و شکل فیزیکی جمع‌شدگی تا زمانی که در بستر نگه‌داشته‌شده، مهم نیست. طی جمع‌آوری روی بستر نمونه‌برداری، نانو ذرات الزاما به همان شکل فیزیکی (جمع‌شده، کلوخه و متلاشی‌شده و غیره) که در روی پوست قرار دارند، رفتار نمی‌کنند. خواص الکترواستاتیک پوست و بستر نمونه‌برداری متفاوت است. مرحلهٔ دوم تشخیص، بازیابی از پد پس از جمع‌آوری است و هم‌چنین می‌تواند خواص ذاتی نانوذرات و توزیع اندازهٔ آن‌ها را تغییر دهد. به‌این‌ترتیب، به‌منظور تثبیت نانوذرات پس از نشست، نوار چسب کربن دو طرفه با درجهٔ میکروسکوپی الکترونی (که رسانا است و VOC_s [3] کم را منتشر می‌کند) یا معادل آن می‌تواند به‌عنوان یک بستر جمع‌آوری برخورد مستقیم، آن‌ها را درجای خود ثابت کند و پس از آن به‌وسیلهٔ میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)[4] آنالیز شود. کرم‌ها و سوسپانسیون‌ها به این شکل تثبیت نمی‌شوند، بنابراین این روش فقط برای پودرها کاربرد دارد. نوع نوار چسب استفاده‌شده باید برای به‌کارگیری در SEM مناسب باشد. رسانایی نوار یک عامل مهم است، زیرا هاله، به‌ویژه در شرایط خلأ بالا از تابش‌های الکترونی ایجاد می‌شود، مگراین‌که بار الکتریکی از بین رفته باشد.

1-Interception
2- Media
3-Volatile Organic Compounds
4- Scanning Electron Microscope

ث-۳ حذف

نانوذرات می‌توانند به‌طور مستقیم از روی پوست (شستشوی دست) یا از پدها، دستکش یا پچ‌ها[1] (به شکل نمونه‌بردارهای برخورد مستقیم که در بالا ذکر شده) یا از نمونه‌بردارهای پوستی، داخل یک سوسپانسیون مایع شسته شوند. برای نانوذرات نامحلول، سوسپانسیون مایع حاصل می‌تواند با پراش لیزری اندازه‌گیری شود. این روش برای تعیین توزیع اندازه‌های سوسپانسیون‌های نانوذرات تا قطر ۹۰ nm، مورد استفاده قرار گرفته است [45]. هرجند این فرایند سوسپانسیون سبب تغییر ویژگی‌های نانوذرات می‌شوند که این تغییر، به اندازهٔ ذراتی که روی پوست یا بستر نمونه‌برداری جمع‌شده است، بستگی دارد. کارایی حذف متنوع کلوخه‌ها و نانوذرات مجزا در شستشوها، می‌تواند به‌شدت تحت تاثیر توزیع اندازهٔ نانوذراتی که سنجش شده‌اند، قرار گیرند. برای نانوذرات محلول، هضم یا انحلال کامل با حجم مشخص از یک حلال مانند آب یا اسید و سپس سنجش غلظت جرمی، مانند اندازه‌گیری‌های مواجههٔ پوستی معمول (مانند غیر NOAA)، اطلاعات جرمی را تولید می‌کند، اما اطلاعات سطح و اندازه را تولید نمی‌کند.

از نوار چسب‌ها برای بازیابی (لایه‌برداری) ذرات گرد و غبار از پوست و از سطوح استفاده می‌شود که پس از آن برای بازیابی جرمی (به شستشو در بالا مراجعه شود) یا تحت SEM بدون اختلال بیشتر (عمدی) مورد بررسی قرار می‌گیرد. هیچ دلیلی برای اطمینان از این موضوع وجود ندارد که نوار چسب قادر به لایه‌برداری نانوذرات به‌اندازهٔ ذرات گرد و غبار بزرگ‌تر، نباشد، اما ممکن است مشکلات فنی در بازیابی نمونه‌ها، به‌ویژه از نمونه‌های پوستی وجود داشته باشد. این حالت می‌تواند با چسبندگی نانوذرات به پوست، روش لایه‌برداری با نوار، نوع نوار مورد استفاده یا شرایط مشاهدهٔ خاص در SEM مرتبط باشد. لایه‌برداری با نوار بالاترین بخش‌های پوست را نیز بازیابی می‌کند. عمق پوست برداشته‌شده به‌وسیلهٔ نوار باتوجه‌به خواص چسب نوار، فشار به‌کار رفته و تعداد نوارهایی که برای برش هر ناحیهٔ مشخص استفاده می‌شوند، متغیر است [46].

ث-۴ روش درجا [2]

ماده اغلب از طریق فلورسانس از خود ماده، تحت تابش فرابنفش با طول موج بلند (UVA)، به‌طور مستقیم بر روی پوست قابل رویت است. این روش نوع ذراتی را که می‌تواند تشخیص داده شود، به‌شدت محدود می‌کند، زیراکه بسیاری از مواد، فلورسان نیستند و روش‌های پایش فلورسانس به‌طورمعمول مختص تحقیقات در مورد الگوهای مواجهه است و برای پایش روزمره در محل کار کاربرد ندارد. با استفاده از این روش، نانوذرات به‌طور مجزا بر روی پوست دیده نمی‌شود، اما مواد به‌صورت توده می‌تواند مشاهده شود. به‌دلیل تصویرسازی گسترهٔ پوست، این روش نمی‌تواند اندازهٔ ذرات را تعیین کند. مزیت روش درجا این است که تودهٔ نانوذرات روی پوستی که در آن قراردارند، مشاهده می‌شوند و بدین‌ترتیب رفتار آن‌ها از لحاظ فیزیکی (جمع‌شده، کلوخه و متلاشی‌شده و غیره) درست مشابه مواجهه در محیط‌کار است.

1- Patches
2- In situ

کمی‌سازی جرمی روی پوست دشوار است، زیرا فلورسانس پوست بر پاسخ فلوئورسنت لایهٔ آلودگی اثر می‌گذارد. اما اگر مخاطرهٔ حاصل از نانوذرات از طریق تماس با پوست، متناسب با مساحت پوست آلوده باشد، اندازه‌گیری سطح پوست آلوده به‌جای سطح نانوذرات یا جرم بر روی پوست، روش بسیار ساده‌ای از ارزیابی فلورسانس است. آلوده‌بودن یا نبودن پوست تصمیمی مهم و نتیجهٔ اولیه‌ای است که از تجزیه و تحلیل تصاویر به‌دست می‌آید که در حالت مطلوب نیاز به تعیین روشن حدود بین پوست آلوده و غیرآلوده دارد.

چری[1] [47] برای دستیابی به‌روش‌های مواجههٔ پوستی آتی که قادر به‌اندازه‌گیری مساحت سطح آلوده و هم چنین آلودگی باشد، مطرح کرد و بنابراین نموداری از آلودگی سطحی در مقابل مساحت ارائه کرد که از آن برای ارزیابی بهتر عواقب مواجههٔ پوستی استفاده می‌شد. این بررسی، به‌ویژه در مورد نانوذرات به‌کار می‌رفت، زیرا مساحت سطح پوست آلوده (در برابر مساحت سطح نانوذرات) می‌توانست عامل مهمی در تعیین مخاطرهٔ ایجادشده به‌وسیلهٔ نانوذرات باشد.

روش‌های کمی‌سازی آلودگی جرمی با توجه به نرم‌افزار و رویکرد هر سامانهٔ پایش فلورسانس متفاوت است. دو روش به‌شرح زیر استفاده می‌شود:

- بار سطحی (جرم در واحد سطح) واسنجی می‌شود. از طرز قرارگیری یک بار سطحی معلوم که از طریق پخش جرم مشخص به‌طور یکنواخت روی مناطق معین پوست به‌دست می‌آید، متوسط روشنایی پیکسل‌های فلوئورسنت بر روی تصویر اندازه‌گیری می‌شود [48]. فرض بر این است که روش اندازه‌گیری کمی‌سازی به بار سطحی در یک حالت غیرخطی وابسته است، زیرا افزایش روشنایی به‌دلیل اثرات پنهان‌سازی ذرات ماده که پی‌درپی روی هم قرار گرفته‌اند، از بین می‌رود، است. جرم کل از طریق جمع نقاط روی تصویر محاسبه می‌شود.

- جرم کل واسنجی می‌شود. روشنایی فلوئورسنت کل پیکسل‌ها سرتاسر سطح تصویر جمع می‌شود که دارای جرم کل مشخصی است و از پخش‌شدن یک جرم معین روی پوست به‌دست می‌آید. این به‌عنوان روش «مجموع پیکسل‌ها»[2] شناخته می‌شود [51] -[49].

به‌منظور بررسی عملکرد هر سه روش، تعیین دامنهٔ کاربرد انجام شد. جزئیات در گزارش پیش از انجام کار اصلی [4] ارائه شده است. خلاصه‌ای از آزمون‌های تجربی و نتایج به‌شرح زیر است: به‌عنوان یک نانوغبار[3]، گرد و غبار $P25TiO_2$ به قطر تقریبی نظری ۵۰nm استفاده شد. علاوه‌براین، فقط برای کار درجا، کرم ضدآفتاب تجاری حاوی نانوذرات TiO_2 با قطر نامشخص استفاده شد. انواع نوار چسب و نوارها مانند ISA TAPE 2000 (نوار جرم‌شناسی)، نوار چسب "ماژیک" [4] برداشتنی (نوارکشویی)، نوار چسب پشتی مس (نوار لغزنده نوار حلزونی)، و نوار چسب کربن- آگار علمی G3348 (که برای نمونه‌برداری از آزبست و شناسایی با استفاده از SEM مناسب است).

1-Cherrie
2-Sumpixels
3- Nanodust
4-Magic

برای روش برخورد مستقیم، نوار چسب‌های مختلف به‌عنوان نمونه‌بردارهای برخورد مستقیم (نشست مستقیم) در معرض $P25TiO_2$ هواویز در محفظه قرار گرفتند. آن‌ها در آزمایشگاه بهداشت و ایمنی (HSL)[1]، SEM در خلاء بالا بررسی شدند. برای روش برداشت، پوست شکم خوک، یک روز پس از کشتار، در معرض غبار $P25TiO_2$ نیز در محفظه قرار گرفت، سپس با استفاده از «نوارهای چسبنده» نوار چسب‌های مختلف و تحت SEM، آزمایشگاه سلامت و ایمنی بررسی شد. پس از آن که پودر برای بارگیری منبع پراکندگی در بالای محفظه منتقل شد، گرد و غبار پراکنده در پوست ساعد انسان مشاهده شد. تنها دو نمونهٔ کوچک تصادفی با استفاده نوارهای لایه‌بردار کربنی گرفته و تحت SEM بررسی شد. در روش درجا، غبار TiO_2 و کرم ضدآفتاب بر روی پوست خوک قرار داده و با انگشت دارای پوشش پخش شد تا حدی نازک می‌گردد که به‌عنوان یک لایهٔ آلاینده در روشنایی روز دیده نشود. سپس از پوست تحت نور فرا بنفش با طول موج بلند عکس‌برداری شد که نواحی تحت پوشش TiO_2 را به‌صورت لکه‌های تیره‌تر نشان داد و از نرم‌افزار پردازش تصویر پایش فلورسانس SMF3، آزمایشگاه سلامت وایمنی برای شناسایی و اندازه‌گیری سطح آلاینده در سطوح مختلف آستانه استفاده شد. نرم‌افزار FIVES، آزمایشگاه بهداشت و ایمنی ابعاد روشنایی را اندازه‌گیری می‌کند و برای اندازه‌گیری «تاریکی» مناسب نیست، اما وارون‌سازی ساده تصویر، مناطق تاریک خاموش را به مناطق روشن‌تر تبدیل می‌کند که شبیه‌سازی فلورسور[2] واقعی است. یک واسنجی خطی راه‌اندازی شد که بار سطحی را به‌روشنایی تصویر معادل‌سازی می‌کند. تغییر آستانه درحالی‌که کل همان ناحیهٔ محدود حفظ شده، اجازه می‌دهد، مناطق بعدی در پوست که بیش از آن آستانه است، مشخص شوند. میزان تغییر روشنایی منطقه، برای دو نوع آلودگی اندازه‌گیری شد.

ابتدا سه نوار اول که در بالا ذکر شد، از اثر هاله[3] در SEM متاثر می‌شود. نوار مسی در این جا بهتر از نوارهای پلاستیکی نبود، زیرا به‌علت چسبندگی فاقد هدایت بود. از سوی دیگر، نوار کربن از اثرات هاله متاثر نشد و بهترین تصاویر ذرات حاصل شد. اگرچه یک پیش اصلاح مانند پوشش پلاتین می‌تواند اثرات هاله در SEM را برای نوارهای غیررسانا از بین ببرد [52]، نوارهایی که نیازی به پیش‌اصلاح ندارند، بیشتر مطلوب هستند. کار روی لایه‌برداری با نوار کربنی متمرکز شد.

تازگی نمونه‌ها به‌وضوح بر کیفیت تصویر SEM اثر گذاشت. نمونه‌های ذخیره‌شده تحت یک SEM جدیدتر قرار گرفتند که نشان داد، با یک ابزار مدرن‌تر می‌توان به‌وضوح و تفکیک‌پذیری دست یافت. بااین‌حال، سلول‌های پوستی چین و چروک داشتند. به‌طورمثال، تعیین توزیع اندازه از یک ناحیهٔ پرچین و چروک پوست دشوار است.

مشخص شد که فشار نمونه‌برداری بر حذف نمونه موثر است. متخصص بهداشت هنگام نمونه‌برداری باید لایه‌بردار کربنی را روی پوست فشار داده و سپس آن را همراه با نمونه بردارد. فشار ثابت عاملی مهم است که

1- Health and Safety Laboratory
2- Fluoresor
۳- اثرات میدان الکتریکی اطراف دستگاه‌های الکترونیکی که می‌تواند سبب یونیزه شده هوای اطراف دستگاه شده و به‌خطر افتادن شاغلین می‌شود.
3- Corona effects

بر تعداد نانوذرات و مقدار پوست لایه‌برداری شده اثر می‌گذارد. حتی در تصاویر با کیفیت مناسب اطمینان از این که تمام نانوذرات از روی پوست لایه‌برداری شده‌اند، امکان‌پذیر نمی‌باشد.

برای گرد و غبار، به‌دلیل تغییرات طبیعی در فلورسانس پوست، شناسایی مساحت سطحی بحرانی آلوده (روشن‌تر از پس‌زمینهٔ پوست) آسان نبود. بخش پر از گرد و خاک به‌تدریج با بخش تمیز پوست مخلوط شده و تعیین حدود آلوده را سخت کرد. برای کرم، سطح بحرانی آلوده (روشن‌تر از پس‌زمینه پوست) در لبه‌ها بهتر مشخص شد و برای شناسایی آسان‌تر است. مشخصهٔ «ترازبندی[1]» در منحنی پاسخ سطح و روشنایی رخ داد. محدودهٔ مساحت سطح، کمی بیش از آستانه‌های دربرگیرندهٔ منطقهٔ آلوده تغییر کرد.

ث-۵ امکان‌سنجی روش‌ها

ث-۵-۱ امکان‌سنجی روش برخورد مستقیم: نوار چسب‌ها

پدهای نوار چسب کربنی دو طرفه به‌خوبی به‌عنوان نمونه‌بردارهای جداساز ساده، موثر، عملی و راحت محسوب می‌شوند که به بیرون لباس یا به‌طور مستقیم روی پوست وصل می‌شوند.

پدها از نمونه‌های توده و پراکندهٔ پودرها به‌شیوه‌ای مناسب برای مشاهدهٔ فوری در SEM خلاء بالا پیش‌اصلاح پوشش‌دهی نمونه‌برداری می‌کنند. آن‌ها اجازهٔ تجزیه و تحلیل توزیع اندازه را می‌دهند، اگرچه در مطالعهٔ حاضر مورد سنجش قرار نگرفته است. آن‌ها برای کرم‌ها یا سوسپانسیون‌ها یا برای پودرهای تماس با پوست از طریق مسیر «تماس انتقال» مناسب نیستند [12]. آن‌ها در معرض تماس تصادفی آسیب‌پذیر هستند، بنابراین نیاز بسیار به غربالگری نمونه‌بردارهای گرد و غبار الکترواستاتیک غیرفعال دارد [53].

رسانایی کم سایر نوارهای نمونه‌برداری منجربه مشکل در SEM خلاء بالا می‌شود، اما SEM محیطی می‌تواند بهتر باشد. هنوز هدایت نوارهای کربنی با پوست انسان مقایسه نشده است، اما در صورت تشابه، آن را تبدیل به یک نمونه‌بردار موثر جایگزین پوست می‌کند.

ث-۵-۲ امکان‌سنجی روش حذف: لایه‌برداری نواری

نوارهای کربن ثابت کرده‌اند که نمونه‌بردارهای رسانای موثر برای حذف پودرهای توده و پراکنده هستند که برای مشاهده در SEM خلاء بالا مناسب می‌باشند. پوست خوک به‌طورکامل جایگزین موفقیت‌آمیزی برای پوست انسان زنده نبود. فرایندهای شستشو طی کشتار می‌تواند تمام لایه‌های سطحی سلول‌های مردهٔ پوست را از پوست خوک بردارد، که با رشد سلول‌های طبیعی و پوست‌اندازی تدریجی، نمونه‌های برداشته‌شده شبیه نمونه‌های گرفته‌شده از یک موجود زنده نباشند.

به‌نظر می‌رسد، مهم‌ترین عامل، فشار نمونه‌برداری است، با فشار ثابت، برداشت سلول‌های پوست پوشیده از آلودگی، مانع مشاهدهٔ آن‌ها در SEM را مهم می‌سازد و فشار کم به‌وضوح، حذف ذرات، به‌جز لایهٔ پوست تحت نفوذ را ممکن می‌کند، بااین‌حال قابلیت اطمینان روش سازگار حذف ذرات، هنوز شناخته نشده است.

1- Leveling

نمونه‌های SEM می‌تواند برای بررسی این‌که آیا آلودگی در شناسایی مخاطره وجود دارد، مورد استفاده قرار می گیرد، اما به‌عنوان وسیله‌ای برای اندازه‌گیری کمی این مخاطره اثبات نشده است. عدم مشاهدۀ ذرات نباید این تصور را ایجاد کند که محل فاقد آن‌ها است.

ث-۵-۳ امکان‌سنجی اندازه‌گیری‌های درجا

روش درجا که در این قسمت توضیح داده شده، برای اندازه‌گیری سطح پوستی آلوده در صورت مصرف مواد فلوئورسنت یا جاذب UV کاربرد دارد. اگرچه ثابت شده است که به‌کارگیری یک دستگاه خاص، برای چندین شکل از پایش در محل با فلوئورسانس، حتی دستگاه‌های ساده مانند جعبه‌های نور فرابنفش فقط برای بررسی دست‌ها با استفاده از عکاسی به‌وسیلۀ ارزیابی به‌کارگیری از یک پردازندۀ تصویر از طریق تعیین آستانه، مناسب است. بااین‌حال، کمی‌سازی بار سطحی، به‌تجهیزات تخصصی محدود می‌شود. برای مواد جاذب UV، محدودۀ دینامیکی، محدود به روشنایی فلوئورسانس پوست طبیعی است. با مواد فلوئورسنتی، محدودۀ دینامیکی بسیار بیشتر از فلوئورسانت پوست طبیعی است. صحت آستانه بر روی تغییرات فلوئورسانس پوست تحت نفوذ بستگی دارد و دو نمونه از پودر و کرم نشان‌دهندۀ مشکل است. لبۀ با کرم مالیده‌شده نسبت به لبۀ آغشته به گردو و غبار، منطقۀ آلوده قابل تشخیص‌تر است

دوز کل از طریق درجه‌بندی عددی یا بار سطحی، به‌طورمعمول به‌عنوان جرمی روی مساحت سطح اندازه‌گیری می‌شود. امکان انجام واسنجی آتی، به‌عنوان مساحت سطح ذرات خاک به‌جای جرم وجود دارد. نانوهواویزهای تک‌پراکنش[1] ممکن است روی پوست بنشیند، برای پاسخ فلوئورسنت عکس گرفته شوند و برای بارگذاری جرمی بازیابی شوند که می‌تواند به مساحت سطح ذرات تبدیل شود و به‌عنوان یک نشست تک‌پراکنش فرض شود. پس از آن پاسخ‌های فلوئورسنت را می‌توان برای مساحت سطح ذرات (و نه فرضی) واسنجی کرد. این فراتر از محدودۀ این کار بود، اما این امکان‌پذیر است و در این‌جا به‌عنوان یک محدودۀ ممکن برای توسعه پیشنهاد شده است. بااین‌حال، قابلیت کاربرد این روش برای اندازه‌گیری مناطق آلودۀ پوست محدود به تحقیق است، در حالی که سایر آلاینده‌ها که می‌توانند بر فلوئورسنت پوست تأثیر بگذارد، ممکن است، حذف شوند. این روش به‌اندازۀ کافی برای اندازه‌گیری‌های محل کار مناسب نیست.

1- Monodisperse

کتاب‌نامه

[1] CEN/TR 15278, Workplace exposure — Strategy for the evaluation of dermal exposure

[2] CEN/TS 15279, Workplace exposure — Measurement of dermal exposure– Principles and methods

[3] ISO/TR 14294, Workplace atmospheres — Measurement of dermal exposure — Principles and methods

[4] Final Report pre-normative research Workplace Exposure — Guidance document on assessment of dermal exposure to nano-objects and their aggregates and agglomerates (NOAA) (CEN/TC 137/WG 6 N 96)

[5] Larese Filon F., & Bello D. CHERRIE JW, SLEEUWENHOEK A, SPAAN S, BROUWER DH., Occupational dermal exposure to nanoparticles and nano-enabled products: Part I - Factors affecting skin absorption. Int. J. Hyg. Environ. Health. 2015, **219** (6) pp. 536–544

[6] BROUWER DH. SPAAN S, ROFF M, SLEEUWENHOEK A, TUINMAN I, GOEDE H, VAN DUUREN-STUURMAN B, FILON FL, BELLO D, CHERRIE JW. Occupational dermal exposure to nanoparticles and nano-enabled products: Part 2 - Exploration of exposure processes and methods of assessment. Int. J. Hyg. Environ. Health. 2016, **219** (6) pp. 503–512

[7] ISO/TS 80004-2, Nanotechnologies — Vocabulary — Part 2: Nano-objects

یادآوری- استاندارد ملی ایران شمارهٔ ایران- ایزو ۲- ۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، فناوری نانو- واژه‌نامه- قسمت ۱: اصطلاحات اصلی، با استفاده ازاستاندارد ISO/TS 80004-2: 2015 تدوین شده است.

[8] ISO/TS 80004-1, Nanotechnologies — Vocabulary — Part 1: Core terms

یادآوری- استاندارد ملی ایران شمارهٔ ایران- ایزو ۲- ۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، فناوری نانو- واژه‌نامه- قسمت ۲: نانواشیا، با استفاده از استاندارد ISO/TS 80004-1: 2015 تدوین شده است.

[9] ISO/TS 80004-4, Nanotechnologies — Vocabulary — Part 4: Nanostructured materials

یادآوری- استاندارد ملی ایران شمارهٔ ایران- ایزو ۴- ۱۸۳۹۲: سال ۱۳۹۳، فناوری نانو- واژه‌نامه- قسمت ۴: مواد نانوساختاریافته با استفاده از استاندارد ISO/TS 80004-4: 2011 تدوین شده است.

[10] Gorman Ng M., & Semple S. CHERRIE JW, CHRISTOPHER Y, NORTHAGE C, TIELEMANS E, VEROUGHSTRAETE V, VAN TONGEREN M. The relationship between inadvertent ingestion and dermal exposure pathways: a new integrated conceptual model and a database of dermal and oral transfer efficiencies. Ann. Occup. Hyg. 2012, **56** (9) pp. 1000–1012

[11] Schneider T. BROUWER DH, KOPONEN IK, JENSEN KA, FRANSMAN W, VAN DUUREN-STUURMAN B, VAN TONGEREN M, TIELEMANS E. Conceptual model for assessment of inhalation exposure to manufactured nanoparticles. J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol. 2011, **21** (5) pp. 450–463

[12] Schneider T., & Vermeulen R. BROUWER DH, CHERRIE JW, KROMHOUT H, FOGH CL. Conceptual model for assessment of dermal exposure. Occup. Environ. Med. 1999, **56** pp. 765–773

[13] Chunying C., Zhang L., Martin J., Gai G., Bello D. Exposures to Nano Titanium Dioxide in a Large Scale Manufacturing Facility: A Preliminary Investigation. Abstract X2012 Conference, Boston, 2012

[14] Methner M., Crawford C., Geraci C. Evaluation of the potential airborne release of carbon nanofibers during the preparation, grinding, and cutting of epoxy-based nanocomposite material. J. Occup. Environ. Hyg. 2012, **9** (5) pp. 308–318

[15] Van Duuren-Stuurman B., Pelzer J., Moehlmann C., Berges M., Bard D., Wake D. A structured observational method to assess dermal exposure to manufactured nanoparticles DREAM as an initial assessment tool. Int. J. Occup. Environ. Health. 2010, **16** pp. 399–405

[16] Lademann J., & Patzelt A. RICHTER., ANTONIOU C, STERRY W, KNORR F. Determination of the cuticula thickness of human and porcine hairs and their potential influence on the penetration of nanoparticles into the hair follicles. J. Biomed. Opt. 2009, **14** (2) p. 021014

[17] Lademann J., & Richter H. MEINKE MC, LANGE-ASSCHENFELDT B, ANTONIOU C MAK WC, RENNEBERG R, STERRY W, PATZELT A. Drug delivery with topically applied nanoparticles: science fiction or reality. Skin Pharmacol. Physiol. 2013, **26** (4-6) pp. 227–233

[18] Otberg N., Richter H., Schaefer H., Blume-Peytavi U., Sterry W., Lademann J. Variations of hair follicle size and distribution in different body sites. J. Invest. Dermatol. 2004, **122** (1) pp. 14–19

[19] Rancan F., Gao Q., Graf C., Troppens S., Hadam S., Vogt A. Skin penetration and cellular uptake of amorphous silica nanoparticles with variable size, surface functionalization and colloidal stability. ACS Nano. 2012, **8** pp. 6829–6842

[20] Gorman Ng M., & Semple S. CHERRIE JW, CHRISTOPHER Y, NORTHAGE C, TIELEMANS E, VEROUGHSTRAETE V, VAN TONGEREN M. The relationship between inadvertent ingestion and dermal exposure pathways: a new integrated conceptual model and a database of dermal and oral transfer efficiencies. Ann. Occup. Hyg. 2012, **56** pp. 1000–1012

[21] Larese Filon F., Mauro M., Adami G., Bovenzi M., Crosera M. Nanoparticles skin absorption: New aspects for a safety profile evaluation. Regul. Toxicol. Pharmacol. 2015, **72** (2) pp. 310–322

[22] Nagel D., Stockmann R., Schaber K. Berechnung der Verdunstungseinflüsse auf die Aerosolmesstechnik bei der Bewertung von Kühlschmierstoffabscheidern. Gefahrst. Reinhalt. Luft. 2007, **67** pp. 297–303

[23] JOURNEAY WS, GOLDMAN RH. Occupational handling of nickel nanoparticles: a case report. Am. J. Ind. Med. 57 2014, **(9)** pp. 1073-1076

[24] RAWSON BV. COCKER J, EVANS PG, WHEELER JP, AKRILL PM. Internal contamination of gloves: Routes and consequences. Ann. Occup. Hyg. 2005, **49** (6) pp. 535–541

[25] Christopher Y. Inadvertent ingestion exposure to hazardous substances in the workplace. PhD Thesis. Aberdeen, UK: University of Aberdeen, 2008

[26] Larese Filon F., Mauro M., Adami G., Bovenzi M., Crosera M. Nanoparticles skin absorption: New aspects for a safety profile evaluation. Inadvertent ingestion exposure:

hand- and object- to mouth behaviour among workers. Regul. Toxicol. Pharmacol. 2015, **72** (2) pp. 310–322

[27] MARIE-DESVERGNE C1. DUBOSSON M, TOURI L, ZIMMERMANN E, GAUDE-MÔME M, LECLERC L, DURAND C, KLERLEIN M, MOLINARI N, VACHIER I, CHANEZ P, MOSSUZ VC. Assessment of nanoparticles and metal exposure of airport workers using exhaled breath condensate. J. Breath Res. 2016, **10** (3) p. 036006

[28] LI Y, YU H, ZHENG S, MIAO Y, YIN S, LI P, BIAN Y Direct Quantification of Rare Earth Elements Concentrations in Urine of Workers Manufacturing Cerium, Lanthanum Oxide Ultrafine and Nanoparticles by a Developed and Validated ICP-MS. Int. J. Environ. Res. Public Health 2016, **13** (3) 350 (doi:10.3390)

[29] The use of ICP-MS for human biomonitoring [Biomonitoring Methods, 1999], The MAK Collection for Occupational Health and Safety 2012 pp. 1–45 (published in the series Analyses of Hazardous Substances in Biological Materials, Vol. 6, 1999

[30] SUSITAIVAL P FLYVHOLM MA, MEDING B, KANERVA L, LINDBERG M, SVESSON A, OLAFSSON JH. Nordic Occupational Skin Questionnaire (NOSQ-2002): a new tool for surveying occupational skin diseases and exposure. Inadvertent ingestion exposure: hand- and object- to mouth behaviour among workers 2003, **49** pp. 7-76

[31] Weistenhöfer W., Baumeister T., Drexler H., Kütting B. An overview of skin scores used for quantifying hand eczema: a critical update according to the criteria of evidence-based medicine. Br. J. Dermatol. 2010, **162** pp. 239–250

[32] Held E., & Skoet R. JOHANSEN JD, AGNER T. The hand eczema severity index(HECSI): a scoring system for clinical assessment of hand eczema. A study of inter-and intra-observer reliability. Br. J. Dermatol. 2005, **152** pp. 302–307

[33] Weistenhöfer W., Baumeister T., Drexler H., Kütting B. How to quantify skin impairment in primary and secondary prevention? HEROS: a proposal of a hand eczema score for occupational screenings. Br. J. Dermatol. 2011, **164** pp. 807–813

[34] Nikolovski J. STAMATAS GN, KOLLIAS N, WIEGAND BC. Barrier function and water-holding and transport properties of infant stratum corneum are different from adult and continue to develop through the first year of life. J. Invest. Dermatol. 2008, **128** pp. 1728–1736

[35] IRVINE AD. MCLEAN WH, LEUNG DY. Filaggrin mutations associated with skin and allergic diseases. N. Engl. J. Med. 2011, **365** pp. 1315–1327

[36] JUNGBAUER FH. VAN DER HARST JJ, GROOTHOFF JW, COENRAADS PJ. Skin protection in nursing work: promoting the use of gloves and hand alcohol. Contact Dermat. 2004, **51** (3) pp. 135–140

[37] DU PLESSIS J, STEFANIAK A, ELOFF F, JOHN S, AGNER T, CHOU TC, NIXON R, STEINER M, FRANKEN A, KUDLA I, HOLNESS L. International guidelines for the in vivo assessment of skin properties in non-clinical settings: Part 2. Transepidermal water loss and skin hydration. Skin Res. Technol. 2013, 19 (3) pp. 265-278

[38] Van Wendel De Joode B. BROUWER DH, VERMEULEN R, VAN HEMMEN JJ, HEEDERIK D, KROMHOUT H. DREAM: a method for semi-quantitative dermal exposure assessment. Ann. Occup. Hyg. 2003, **47** (1) pp. 71–87

[39] Van Wendel De Joode B. VAN HEMMEN JJ, MEIJSTER T, MAJOR V, LONDON L, KROMHOUT H. Reliability of a semi-quantitative method for dermal exposure assessment (DREAM). J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol. 2005a, **15** (1) pp. 111–120

[40] Van Wendel De Joode B., & Vermeulen R. VAN HEMMEN JJ, FRANSMAN W, KROMHOUT H. Accuracy of a semiquantitative method for Dermal Exposure Assessment (DREAM). Occup. Environ. Med. 2005b, **62** (9) pp. 623–632

[41] CHERRIE JW. SEMPLE S, CHRISTOPHER Y, SALEEM A, HUGHSON GW, PHILIPS A. How important is inadvertent ingestion of hazardous substances at work? Ann. Occup. Hyg. 2006, **50** pp. 693–704

[42] CHRISTOPHER Y, & SEMPLE S HUGHSON GW, VAN TONGEREN M, CHERRIE JW. Inadvertant ingestion exposure in the workplace. HSE Books 2007 (Research project R551), 2007

[43] Gorman Ng M., Davis A., Van Tongeren M., Crowy H., Semple S. Inadvertent ingestioZn exposure: hand- and object- to mouth behaviour among workers. J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol. 2016, **26** (1) pp. 9–16

[44] Gorman Ng M., Van Tongeren M., Semple S. Simulated transfer of liquids and powders from hands and clothing to the mouth. J. Occup. Environ. Hyg. 2014, **11** pp. 633–644

[45] KASSEM MA. RAHMAN AA, GHORAB MM, AHMED MB, KHALIL RM. Nanosuspension as an ophthalmic delivery system for certain glucocorticosteroid drugs. Int. J. Pharm. 2007, **340** pp. 126–133

[46] Lademann J., Jacobi U., Surber C., Weigmann H.-J., Fuhr J. The tape stripping procedure – evaluation of some critical parameters. Eur. J. Pharm. Biopharm. 2009, **72** pp. 317–323

[47] CHERRIE J. Modeling dermal exposure [Video]. Keynote lecture at Occupational and Environmental Exposure of Skin to Chemicals conference. Available from http://www.slideshare.net/JohnCherrie/modeling-dermal-exposure-oeesc-keynote-talk, 2013

[48] ROFF MW. Accuracy and Reproducibility of Calibrations on the Skin using the FIVES Fluorescence Monitor. Ann. Occup. Hyg. 1997, **41** (3) pp. 313–324

[49] ARCHIBALD BA. SOLOMON KR, STEPHENSON GR. Estimation of pesticide exposure to greenhouse applicators using video imaging and other assessment techniques. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1995, **56** pp. 226–235

[50] BIERMAN EPB. BROUWER DH, VAN HEMMEN JJ. Implementation and evaluation of the fluorescent tracer technique in greenhouse exposure studies. Ann. Occup. Hyg. 1998, **42** pp. 467–475

[51] FENSKE RA. BIRNBAUM S. Second Generation VITAE System. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1977, **58** pp. 636–645

[52] Hedmer M., Ludvigsson L., Isaxon C. NILSSON PT, SKAUG V, BOHGARD M, PAGELS JH, MESSING ME, TINNERBERG H. Detection of Multi-walled Carbon Nanotubes and Carbon Nanodiscs on Workplace Surfaces at a Small-Scale Producer. Ann. Occup. Hyg. 2015, **59** (7) pp. 836–852

[53] Thorpe A., & Hemingway M. Monitoring of urban particulate using an electret-based passive sampler. Appl. Occup. Environ. Hyg. 1999, **14** pp. 750–758