INSO
6252-9
1st. Edition
2014

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

استاندارد ملی ایران
۶۲۵۲-۹
چاپ اول
۱۳۹۲

اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل شده- قسمت ۹: طبقه‌بندی تمیزی سطوح بر اساس غلظت ذرّات

Cleanrooms and associated controlled environments- Part 9: Classification of surface cleanliness by particle concentration

ICS: 13.040.35

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب 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 وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا، ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فن‌آوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف-کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی 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.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین‌شده تهیه می‌کنند در کمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته‌شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد، به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی 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 نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی‌شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
" اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل شده-
قسمت ۹ : طبقه‌بندی تمیزی سطوح بر اساس غلظت ذرّات "

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
مرندی، وحید (فوق لیسانس مهندسی شیمی)	انستیتو پاستور ایران
دبیر:	
طیـــار، فاطمه (لیسانس شیمی)	سازمان ملی استاندارد ایران
اعضاء:	
اندجی گرمارودی، گیتی (لیسانس تغذیه)	کارشناس استاندارد
جدیدیان، زهرا (دکتری حرفه ای داروسازی)	وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
زارع شحنه، ابوالقاسم (دکتری مهندسی مکانیک)	سازمان انرژی اتمی ایران
طیّـــار، سحـــر (فوق لیسانس صنایع غذایی)	اداره کل استاندارد استان فارس
گرده، سوزان (لیسانس میکربیولژی)	شرکت مهندسی تحقیقاتی توفیق دارو
گرمارودی، لاله (لیسانس صنایع غذائی)	دانشگاه پیام نور
محامدی، سید جلال (دکتری حرفه ای داروسازی)	کارخانه یزد سرنگ

ملکمی، هنری (لیسانس مهندسی مکانیک)	مهندسان مشاور اندیشه توان تهویه
میری، مرتضی (لیسانس علوم)	شرکت تهران سکو
نقیبی، فرحناز (لیسانس شیمی)	شرکت میبد یاس
نوروزیان، داریوش (دکتری بیوشیمی)	انستیتو پاستور ایران
یزدی، حمیدرضا (فوق لیسانس علوم آزمایشگاهی)	شرکت فرژن پویش

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد		ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		ج
پیش گفتار		ه
مقدمه		و
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	اصطلاحات و تعاریف	۲
۴	عبارات اختصاری	۳
۵	سامانه طبقه‌بندی	۴
۶	نمایش انطباق	۸
۷	پیوست الف (اطلاعاتی) ویژگی‌های سطح	۱۲
۸	پیوست ب (اطلاعاتی) توصیفگر برای بازه‌های خاص از اندازه ذرات	۱۷
۹	پیوست پ (اطلاعاتی) متغیرهای مؤثر بر طبقه‌بندی SCP	۲۱
۱۰	پیوست ت (اطلاعاتی) روش های اندازه گیری برای تعیین تمیزی سطوح بر اساس غلظت ذرات	۲۴
۱۱	پیوست ث (اطلاعاتی) کتاب‌نامه	۳۷

پیش گفتار

استاندارد «اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل‌شده- قسمت ۹: طبقه‌بندی تمیزی سطوح بر اساس غلظت ذرّات» که پیش‌نویس آن درکمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین‌شده و در چهارصد و چهلمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۹۲/۱۲/۲۱ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

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

ISO 14644-9 :2012, Cleanrooms and associated controlled environments -Part 9: Classification of surface cleanliness by particle concentration

اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل شده-
قسمت ۹:
طبقه‌بندی تمیزی سطوح بر اساس غلظت ذرّات

۱- هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، طبقه‌بندی تمیزی بر اساس غلظت ذرات بر روی سطوح جامد برای کاربرد در اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل شده مرتبط، می‌باشد. در پیوست‌های (الف) تا (ت) توصیه‌هایی درخصوص روش‌های آزمون و اندازه‌گیری، هم‌چنین اطلاعاتی درخصوص ویژگی‌های سطوح ارائه شده است. این استاندارد، برای کلیه سطوح جامد در اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل‌شده مرتبط مانند دیوارها، سقف‌ها، کف‌ها، محیط‌های کار، ابزارها، تجهیزات و فرآورده‌ها کاربرد دارد. درجه‌بندی تمیزی سطوح بر اساس غلظت ذرات (SCP)[1]، محدود به ذرّاتی در اندازه‌های ۰٫۰۵ تا ۵۰۰ میکرومتر کاربرد دارد.

این استاندارد برای موارد ذیل کاربرد ندارد.

- الزامات تمیزی و مناسب بودن سطوح برای فرآیندهای خاص؛
- رویه‌های تمیزکاری سطوح؛
- ویژگی‌های مواد؛
- ارجاعات به نیروهای پیوند دهنده تعاملی[2] یا فرآیندهای ایجادکننده آن که معمولاً وابسته به زمان و وابسته به فرآیند می‌باشند؛
- انتخاب و استفاده از روش‌های آماری برای طبقه‌بندی و آزمون؛
- دیگر ویژگی‌های ذرّات مانند: بار الکتریسیته ساکن[3]، بار یونی، وضعیت میکرب شناسی و غیره.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجـــاع شده است. به این ترتیب آن مقررات، جزیی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

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

استفاده از مرجع ذیل برای استفاده از این استاندارد الزامی است:

1- Surface Cleanliness by Particle concentration
2- Interactive bonding forces
3- Electrostatic

استاندارد ملی ایران شماره ۶-۶۲۵۲: سال ۱۳۸۸، اتـاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل‌شده ـ قسمت ۶: واژه نامه.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین‌شده در استاندارد ملی ایران شماره ۶-۶۲۵۲: سال ۱۳۸۸، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۳-۱

توصیف‌گر محدوده‌های خاص اندازه ذرات

توصیف‌گر تفاضلی که طبقه تمیزی سطوح را بر اساس غلظت ذرّات در محدوده‌های خاص اندازه ذرات، بیان می‌کند.

یادآوری - این توصیف‌گر می‌تواند برای محدوده‌های اندازه ذرّاتی که به صورت خاص، موردنظر هستند یا محدوده‌های اندازه ذراتی که خارج از محدودهٔ سامانه طبقه‌بندی می‌باشند، هم‌چنین به صورت مستقل، مشخص شده یا به عنوان مکملی برای طبقات تمیزی سطوح به کار رود.

۳-۲

روش اندازه‌گیری مستقیم

ارزیابی آلودگی بدون هیچ مرحلهٔ واسطه‌ای می‌باشد.

۳-۳

روش اندازه‌گیری غیرمستقیم

ارزیابی آلودگی با مراحل واسطه‌ای می‌باشد.

۳-۴

سطح جامد

به مرز میان سطح جامد و یک فاز ثانویه گفته می‌شود.

۳-۵

ذره سطحی

ماده جامد یا مایع که به سطح موردنظر، متصل و توزیع شده را گویند که شامل ماده فیلمی شکلی که کل سطح را می‌پوشاند، نمی‌شود.

یادآوری - ذرّات سطحی توسط تعاملات شیمیایی یا فیزیکی، متصّل می‌شوند.

۳- ۶

تمیزی سطوح بر اساس غلظت ذرات (SCP)

به حالت سطح با توجه به غلظت ذرات روی آن گفته می‌شود.

یادآوری - تمیزی سطح بستگی به ویژگی‌های ماده و طراحی، میزان تنش (پیچیدگی تنش‌های اعمال‌شده بر سطح) و حالات محیطی متداول، در کنار سایر عوامل دارد.

۳-۷

تمیزی سطوح بر اساس درجه غلظت ذرات (طبقهٔ SCP)

شماره طبقه‌بندی است که بیشینه غلظت سطحی مجاز برای اندازه مشخصی از ذرات را با واحد ذرات بر مترمربع بیان می‌کند (طبقه SCP از ۱ تا ۸).

۳-۸

تمیزی سطوح بر اساس طبقه بندی غلظت ذرات (طبقه‌بندی SCP)

میزانی (یا فرآیند تشخیص یا تعیین میزانی) است که بیشینه غلظت‌های سطحی مجاز برای اندازه مشخصی از ذرات با واحد ذرات بر مترمربع را نمایش می‌دهد که به صورت *ISO SCP* درجه *N* بیان می‌شود.

۳-۹

غلظت ذرات سطح

تعداد ذرات خاص به ازای واحد سطح موردنظر می‌باشد.

۴ عبارات اختصاری

در این استاندارد، عبارات اختصاری ذیل به کار می‌رود:

میکروسکپ نیروی اتمی	AFM [1]
شمارنده چگالشی هسته	CNC [2]
اسپکتروسکپی پراکندگی انرژی اشعه x	EDX [3]

1 - Atomic Force Microscopy

2 - Condensation Nucleus Counter

3 - Energy Dispersive X-ray Spectroscopy

اسپکتروسکپی الکترونی برای آنالیز شیمیائی ESCA [۱]

تخلیه الکتریسیته ساکن ESD [۲]

فروسرخ (اسپکتروسکپی جذبی) IR [۳]

شمارنده اپتیکی ذرات OPC [۴]

پلی اتیلن ترفتالات PET [۵]

تمیزی سطوح براساس غلظت ذرات SCP [۶]

الکترونی روبشی SEM [۷]

فرابنفش (اسپکتروسکپی) UV [۸]

اسپکتروسکپی اشعه x WDX [۹]

۵ - سامانه طبقه‌بندی

۵-۱- الگوی طبقه‌بندی INSO-SCP

طبقه تمیزی سطوح بر اساس غلظت ذرّات (SCP) در یک اتاق تمیز یا محیط‌های کنترل‌شده وابسته باید با یک عدد طبقه‌بندی (N) بیان شود به طوری که بیشینه غلظت کلّ ذرات روی سطوح برای اندازه مجاز از ذره مورد نظر را مشخص نماید. N باید توسط معادله ذیل و با در اختیار داشتن بیشینه مجاز غلظت کل ذرات ($C_{SCP;D}$) بر حسب تعداد ذرّات بر مترمربع از سطح، هم‌چنین هر اندازه مورد نظر ذره (D) به دست آید.

$$C_{SCP;D} = K\frac{10^N}{D} \qquad (۱)$$

که در آن:

$C_{SCP;D}$ بیشینه مجاز غلظت کل ذرّات (بر حسب تعداد ذرّه بر مترمربع از سطح) برای ذرّاتی بزرگ‌تر یا مساوی با اندازه موردنظر از ذرّات می‌باشد. این عدد با کم‌تر از سه رقم اعشار به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد می‌شود.

1- Electron Spectroscopy for Chemical Analysis
2- Electro Static Discharge
3- Infrared (absorption spectroscopy)
4- Optical Particle Counter
5- Poly Ethylene Terephthalate
6- Surface Cleanliness by Particle concentration
7- Scanning Electron Microscopy
8- Ultra Violet (spectroscopy)
9- Wavelength-Dispersive X-ray spectroscopy

N عدد طبقه‌بندی SCP است که محدود به SCP درجه ۱ تا SCP درجه ۸ می‌شود. عدد مربوط به درجه SCP با قطر (D) ذره اندازه‌گیری‌شده (بر حسب میکرومتر) بیان می‌شود.

یادآوری – N نمای ۱۰ برای غلظت ذرّاتی است که اندازه مرجع ۱ میکرومتر دارند.

D اندازه ذره مورد نظر بر حسب میکرومتر می‌باشد.

K عدد ثابت ۱ و برحسب میکرومتر می‌باشد.

یادآوری ۱ – درجه SCP بر حسب غلظت ذرات می‌تواند به دلیل ویژگی‌های پویای[1] ایجاد و انتقال ذرّات، مقداری وابسته به زمان و فرآیند داشته باشد.

یادآوری۲ – به دلیل پیچیدگی بررسی‌های آماری که فعلاً در مراجع تکمیلی، در اختیار می‌باشد، انتخاب و استفاده از روش‌های آماری برای درجه‌بندی و آزمون در این قسمت از استاندارد ملی ایران شماره ۶-۶۲۵۲: سال ۱۳۸۸، توصیف نشده است.

غلظت $C_{SCP;D}$ که از معادله (۱) به دست می‌آید باید مقداری قطعی باشد. جدول (۱)، درجات SCP انتخابی و بیشینه تجمّعی مجاز از غلظت سطحی کل را برای اندازه‌های مورد نظر از ذرات را نمایش می‌دهد.

1- Dynamic characteristic

جدول ۱ - طبقات SCP انتخابی برای اتاق‌های تمیز و محیط‌های تمیز و محیط‌های کنترل شده مرتبط

تعداد ذرات در مترمربع

SCP طبقه	اندازه ذرات								
	≥ 0.05 µm	≥ 0.1 µm	≥0.5 µm	≥ 1 µm	≥ 5 µm	≥ 10 µm	≥ 50 µm	≥100 µm	≥500 µm
SCP طبقه۱	(۲۰۰)	۱۰۰	۲۰	(۱۰)					
SCP طبقه ۲	(۲۰۰۰)	۱۰۰۰	۲۰۰	۱۰۰	(۲۰)	(۱۰)			
SCP طبقه ۳	(۲۰۰۰۰)	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	(۲۰۰)	(۱۰۰)			
SCP طبقه ۴	(۲۰۰۰۰۰)	۱۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	(۲۰۰)	(۱۰۰)	
SCP طبقه ۵		۱۰۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	(۲۰۰)
SCP طبقه ۶		۱۰۰۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰
SCP طبقه ۷				۱۰۰۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰
SCP طبقه ۸						۱۰۰۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰

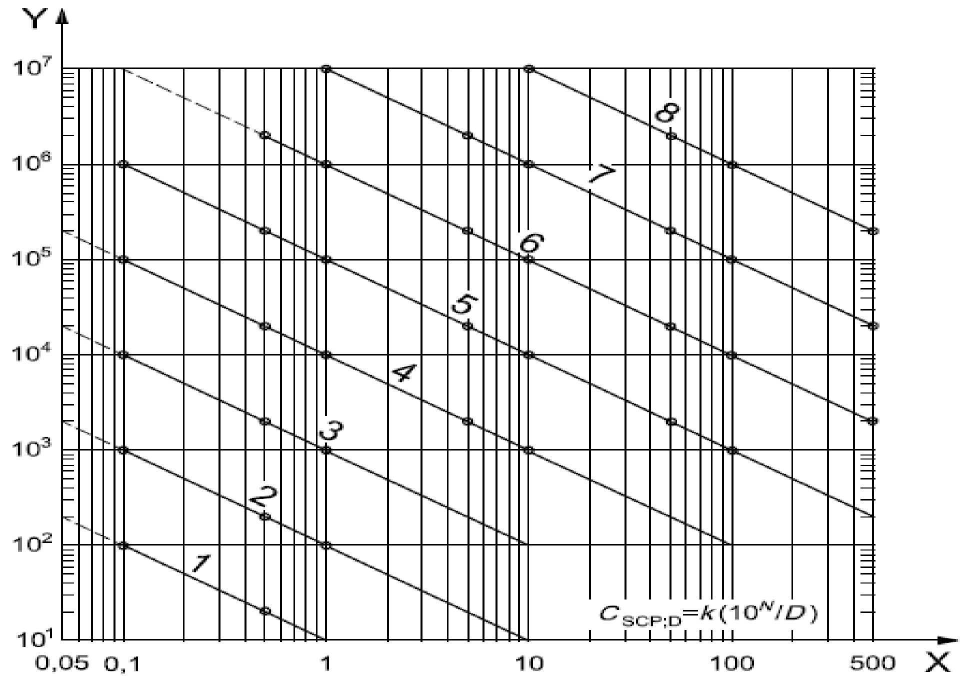
مقادیر جدول ۱، غلظت ذرات با اندازه مربوط به ذره بوده و طبقه SCP هر سطح ۱ مترمربعی بزرگتر یا مساوی با اندازه موردنظر از ذرات می‌باشد.

برای اعداد داخل کمانک[1]، اندازه متناظر ذرات نباید به منظور طبقه‌بندی به کار رود. اندازه ذره دیگری را به این منظور، انتخاب کنید.

کمینه سطح مورد آزمون باید از نظر آماری، شاخص سطح موردنظر باشد.

یادآوری – طبقه‌بندی درجات پائین‌تر SCP مستلزم اندازه‌گیری‌های متعدد برای ایجاد یک مقدار معنی‌دار می‌باشد.

۱- Parentheses



راهنما:

X اندازه موردنظر ذرات و D (µm)

Y غلظت ذرات روی سطح ≥ D و $C_{SCP;D}$ (تعداد ذرات بر مترمربع)

۱ SCP درجه ۱

۲ SCP درجه ۲

۳ SCP درجه ۳

۴ SCP درجه ۴

۵ SCP درجه ۵

۶ SCP درجه ۶

۷ SCP درجه ۷

۸ SCP درجه ۸

خطوط پُر نشان داده شده روی نمودار باید به منظور درجه‌بندی به‌کار روند. خطوط نقطه چین نباید به این منظور به کار برده شوند.

یادآوری– معمولاً توزیع ذرات روی سطوح، توزیع یکسان نیست که توسط عوامل مختلفی مانند: زبری، تخلخل ، بار برق-ایستا، سازوکارهای تجمّع و غیره نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرند (به پیوست الف مراجعه شود).

مثال – SCP درجه ۱ مبیّن آن است که ۱ متر مربع از سطح می‌تواند حامل بیشینهٔ $۱۰^{۵}$ ذره با اندازه‌ای بزرگتر یا مساوی ۱ میکرومتر (D =۱) باشد. SCP درجه ۵ نیز مبیّن آن است که ۱ مترمربع از سطح می‌تواند حامل بیشینهٔ $۱۰^{۴}$ ذره با اندازه‌ای بزرگتر یا مساوی ۱۰ میکرومتر (D=۱۰) باشد. هر ذره اندازه‌گیری شدهٔ دیگر (D=X) که منجر به غلظتی می‌شود که پایین‌تر از خط درجه SCP مربوط به آن باشد، در محدوده مشخصات SCP درجه ۵ (x µm) قرار می‌گیرد.

شکل ۱ – طبقات SCP

برای اندازه ذرّاتی خارج از سامانه درجه‌بندی و در مواردی که تنها بازۀ باریکی از ذرّه یا اندازه‌های مشخصی از ذرّات، موردنظر باشد می‌توان از یک توصیف‌گر، استفاده نمود (به پیوست ب مراجعه شود).

۵-۲ نحوۀ نمایش

عدد درجه SCP باید مطابق چنین الگویی بیان شود: درجۀ SCP N (قطر µm)

نحوۀ نمایش درجه SCP برای اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل‌شده وابسته باید شامل موارد ذیل نیز باشد:

الف) نوع سطح اندازه‌گیری‌شده؛

ب) مساحت سطح اندازه‌گیری‌شده؛

پ) روش استفاده‌شده برای اندازه‌گیری.

جزئیات روش‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری شامل روش‌های نمونه‌برداری و ابزار اندازه‌گیری باید از گزارشات آزمایش، قابل استخراج باشد.

اندازه ذرات مورد نظر باید با توافق بین مشتری و تأمین‌کننده یا مجری عملیات سنجش، تعیین شود.

درجه‌بندی SCP باید در ارتباط با قطر ذرّه اندازه‌گیری شده، بیان شود.

مثال ۱- SCP (۰/۱ µm) درجه ۲ ؛ ماده شیشه‌ای یا ویفری[1]، مساحت ۳۱۰ سانتی‌مترمربع با شمارش ذرات سطحی.

مثال ۲- SCP (۰/۵ µm) درجه ۵ ؛ دیواره داخلی بطری، مساحت ۲۰۰ سانتی‌مترمربع با شمارش ذرات مایع - متفرّق در مایع.

۵-۳- اطلاعات عمومی درخصوص تمیزی سطوح از نظر غلظت ذرات

معمولاً غلظت ذرّات موجود در هوا و غلظت ذرّات سطح با هم مرتبط می‌باشند. این ارتباط به عوامل متعددی مانند تلاطم هوا، شدّت[2] تجمّع، زمان تجمّع، سرعت تجمّع، غلظت موجود در هوا و ویژگی‌های سطحی همانند بار برق- ایستا، بستگی دارد (به بند الف- ۲- ۴ مراجعه شود).

به منظور تعیین تمیزی سطح از نظر غلظت ذرات، متغیرهای متعدد (به پیوست پ مراجعه شود) و ویژگی‌های سطحی‌ای که مؤثر بر آزمایش‌اند (به پیوست الف مراجعه شود)، باید محسوب شوند.

۶- نمایش انطباق

۶-۱- اصول

انطباق با الزامات درجه SCP (چنان‌که مشتری، مشخص کرده است) با انجام آزمون‌ها و مستندسازی نتایج و شرایط انجام آزمون، مورد تصدیق قرار خواهد گرفت.

---

1 - Wafer
2- Rate

جزئیات نمایش انطباق (به بند۴-۳ مراجعه شود) باید پیش از انجام آزمون، بین مشتری و تأمین‌کننده یا مجری عملیات توافق شود.

۶-۲ آزمون

آزمون‌های انجام‌شده به منظور نمایش انطباق باید در محیطی کنترل‌شده، با استفاده از روش‌های مناسب آزمون و ابزار دقیق واسنجی‌شده[1]، در هر زمان ممکن به انجام برسد.

روش‌های اندازه‌گیری مستقیم- غیرمستقیم را می‌توان به منظور نمایش انطباق، استفاده کرد که در پیوست ت آمده است. فهرست روش‌های معمول که توصیف شده‌اند، مفصّل نیست. روش‌های جایگزین با درستی[2] قابل مقایسه را می‌توان با توافق، مشخص نمود.

یادآوری - اندازه‌گیری با روش‌های مختلف، حتّی اگر به درستی هم انجام شود می‌تواند نتایجی متفاوت و با اعتبار یکسان داشته باشد.

اندازه‌گیری‌های مکرّر، مورد توصیه می‌باشد.

روش و محیط آزمون بایستی بین مشتری و تأمین‌کننده یا مجری عملیات توافق شود.

باید ملاحظاتی برای کاهش بار برق- ایستا در اطراف ناحیه آزمون داشت چرا که بار برق-ایستا، تجمّع ذرّات روی سطوح را شدّت می‌بخشد. چنان‌چه سطح موردنظر، نه رسانا نه متّصل به زمین[3] یا از نظر بار، خنثی باشد، بار برق-ایستا می‌تواند ایجاد شود (به پیوست الف مراجعه شود). بنابراین جواب آزمون می‌تواند تغییر کند.

۶-۳ گزارش آزمون

نتایج آزمون هر سطح بایستی ثبت و به صورت جامع، با قید انطباق یا عدم انطباق با درجه/ درجات SCP مشخص، گزارش شود.

گزارش آزمون باید حداقل، شامل موارد ذیل باشد.

الف- اطلاعات پایه

- تاریخ و ساعت آزمون؛
- نام و نشانی سازمان مجری آزمون؛
- نام آزمایش‌کننده.

1- Calibrated
2- Accuracy
3- Grounded

ب- مراجع مورد استفاده

- استانداردها؛
- راهنماها؛
- قوانین؛
- شماره و سال انتشار این استاندارد ملّی ایران مثلاً، استاندارد ملّی ایران شماره ۹-۶۲۵۲ : سال ۱۳۹۳.

پ-اطلاعات محیطی

- شرایط محیطی برای نمونه‌برداری (مانند: دما، رطوبت و تمیزی)؛
- شرایط محیطی برای اندازه‌گیری (مانند: دما، رطوبت و تمیزی)، این موارد برای روش‌های مستقیم، ضروری نمی‌باشند؛
- محل مورد استفاده برای اندازه‌گیری (اتاق یا جای دیگر).

ت- نمونه مورد آزمایش[1]

- شناسایی ماده تحت آزمون؛
- توصیف ماده تحت آزمون؛
- نمودار[2] یا نقشه ساده[3] از ماده مورد آزمایش.

ث- طرح آزمون[4]

- عکس یا نقشه ساده از طرح آزمون؛
- توصیف متغیرهای عملیاتی؛
- توصیف نقاط اندازه‌گیری؛
- توصیف سخت‌افزار مورد استفاده در آزمون طراحی‌شده.

ج- وسائل اندازه‌گیری

- شناسایی ابزار دقیق و ابزار اندازه‌گیری مورد استفاده و گواهی‌های جاری معتبر کالیبراسیون؛
- بازه اندازه‌گیری ابزار مورد استفاده برای اندازه‌گیری؛
- مرجع گواهی‌های واسنجی.

1- Specimen
2- Graph
3- Sketch
4- Test set-up

چ- انجام آزمون

- جزئیات مربوط به رویّه آزمون مورد استفاده با هر اطلاعات موجود که انحراف از رویه را توصیف کند (براساس توافق)؛
- شرایط سطح، قبل از نمونه‌برداری (یعنی پس از تمیزکاری، پس از بسته‌بندی، در شرایط محیط یا خلأ)؛
- روش یا رویه مشخص‌شده برای آزمون و اندازه‌گیری؛
- وضعیت اتاق تمیز[1] در حین نمونه‌برداری و اندازه‌گیری؛
- روش مشخص آزمون؛
- کلیه مستندات توافق‌شده (یعنی: اطلاعات خام، غلظت ذرّات زمینه، تصاویر، نمودارها، تمیزکاری و بسته‌بندی)؛
- مدّت، محّل و موقعیت نمونه‌برداری (برای استفاده در روش‌های مستقیم، ضروری نیست)؛
- مدّت، محّل و موقعیت اندازه‌گیری (برای استفاده در روش‌های مستقیم، ضروری نیست)؛
- مشاهدات قابل توجه در حین نمونه‌برداری/ اندازه‌گیری (در صورت لزوم)؛
- تعداد اندازه‌گیری‌های انجام‌شده؛
- شناسایی روشن موقعیت و محدودۀ سطحی که اندازه‌گیری‌شده و نام‌گذاری نقاط مشخص‌شده (در صورت کاربرد).

ح- نتایج و تحلیل

- بازرسی چشمی سطح آزمون قبل و بعد از اندازه‌گیری (در صورت لزوم)؛
- مقادیر اندازه‌گیری یا تحلیل آنها؛
- بیان کیفیت داده‌ها؛
- بازه موردنظر از اندازه ذرّات؛
- نتایج آزمون، شامل داده‌های غلظت ذرّات برای اندازه ذرّات موردنظر برای کلیه آزمون‌های انجام‌شده؛
- بیان درجه تمیزی سطوح بر اساس غلظت ذره به صورت: SCP درجۀ N؛
- معیار قبول برای سطح تمیز، چنانچه بین مشتری و تأمین‌کننده (مجری عملیات)، توافق شده باشد.

1- Occupancy state

پیوست الف
(اطلاعاتی)
مشخصه‌های سطح

الف-۱ توصیف سطح

معمولاً یک سطح با بافت (مانند: زبری، تخلخل)، خواص مکانیکی (مانند: سختی) و خواص فیزیکوشیمیایی (مانند: بار سطحی الکتریسیته ساکن و تنش سطحی) خود، ویژگی می‌یابد. هریک از این خواص باید پیش از انتخاب روش آزمون برای درجه‌بندی تمیزی سطح یا به عنوان کمک به تفسیر نتایج آزمون، درنظر گرفته شوند.

الف-۲- مشخصه‌های سطح

الف-۲-۱ زبری

الف-۲-۱-۱ توصیف

از آن‌که زبری سطح، بسیاری از خواص فیزیکی را متأثّر می‌کند، زبری سطح را نه می‌توان به راحتی با یک متغیر منفرد توصیف نمود، نه می‌توان آن را به عنوان خاصیت ذاتی سطح در نظر گرفت. زبری در دو تراز اساسی وجود دارد: در زوایای قائم بر سطح (به طوری به صورت ارتفاع، ویژگی می‌یابد) و در تراز سطحی که به عنوان بافت، شناسایی شده و با موجی بودن (مواجیّت) ویژگی می‌یابد. زبری سطح می‌تواند توسط روش‌های مکانیکی یا اپتیکی، تعیین شود.

الف- ۲-۱-۲ آزمون

یکی از روش‌های مکانیکی معمول برای تعیین زبری، قلم سوزنی[1] است (به عنوان مثال: به استاندارد ISO 4287 یا ISO 4288 مراجعه شود).

روش‌های اپتیکی که برای تعیین زبری و بافت‌های متخلخل استفاده می‌شود معمولاً میکروسکپی (عدسی‌دار[2]، هم‌کانون[3]، بر پایه تداخل‌سنجی[4]، با / بدون اثر تونلی، مقطع‌زنی جزیی[5]) می‌باشند.

الف-۲-۲ تخلخل

الف-۲-۲-۱ تعریف و توصیف

1- Stylus instrument
2- Optical
3- Confocal
4- Interferometry
5- Taper sectioning

تخلخل، معیاری از فضاهای توخالی در یک ماده می‌باشد که به صورت عدد اعشاری بین صفر و یک، یا درصدی بین ۰ تا ۱۰۰ بیان می‌شود.

- تخلخل مؤثر[۱] - که تخلخل آزاد[۲] نیز نامیده می‌شود به جزیی از حجم کلّی اشاره می‌کند که سیال به طور مؤثر در آن جریان می‌یابد.

- تخلخل درشت[۳] - به تخلخلی با قطر بزرگ‌تر یا مساوی ۵۰ نانومتر گفته می‌شود. جریان سیال در داخل تخلخل درشت با نفوذ توده‌ای[۴] توصیف می‌شود.

- تخلخل متوسط[۵] - به تخلخلی با قطر بزرگ‌تر یا مساوی ۲ نانومتر اما کوچکتر از ۵۰ نانومتر گفته می‌شود.

- تخلخل ریز[۶] - به تخلخلی با قطر کوچک‌تر از ۲ نانومتر گفته می‌شود. حرکت در تخلخل ریزها از طریق نفوذ فعّال، انجام می‌شود.

الف-۲-۲-۲ آزمون

راه‌های متعددی برای تخمین تخلخل یک ماده خاص یا مخلوطی از مواد (که ماتریس مواد نامیده می‌شود) وجود دارد.

"روش حجم/چگالی"، سریع و بسیار درست می‌باشد (به طور عادی در محدوده ٪۲± تخلخل واقعی). حجم و وزن ماده، اندازه‌گیری می‌شود. وزن ماده تقسیم بر چگالی آن، حجم اشغال شده ماده را منهای حجم فضاهای خالی می‌دهد. بنابراین به سادگی، حجم فضای توخالی برابر حجم کل منهای حجم ماده می‌باشد یا:

(حجم فضای توخالی) = (حجم کلّ) – (حجم ماده)

"روش اشباع آب" کمی دشوارتر، اما درست‌تر و مستقیم‌تر می‌باشد. حجم معلومی از ماده و حجم معلومی از آب را بگیرید. ماده را به آرامی در آب فرو ببرید و بگذارید در این حین با آب، اشباع شود. بگذارید برای چند ساعت در این حالت، باقی بماند تا مطمئن شوید ماده کاملاً اشباع شده است. سپس آب باقیمانده را از بالای بشر (ظرف محتوی آب) کشیده و حجم آن را اندازه‌گیری کنید. حجم کل آبی که از ابتدا داخل بشر بوده منهای حجم آب باقیمانده در ظرف، حجم فضای توخالی است یا:

(حجم فضای توخالی) = (حجم کل آب) – (حجم آب باقی‌مانده در ظرف)

1- Effective porosity
2- Open prosity
3- Macro prosity
4- Bulk diffuoinon
5- Mesoprosity
6- Micro prosity

"تخلخل‌سنجی با نفوذ جیوه"، نیاز به قرارگیری نمونه در ابزار پُرکن خاصی دارد که توانایی تخلیهٔ نمونه و سپس، ورود جیوه مایع را داشته باشد. متعاقباً اندازه لفاف جیوه، به صورت تابعی از افزایش فشار اعمال شده، اندازه‌گیری می‌شود. هرچه فشار اعمال‌شده بیشتر باشد، جیوه وارد فضای خالی کوچکتری خواهد شد. معمولاً این روش برای فضاهایی بین ۰/۰۰۳۵ تا ۳۰۰ میکرومتر به‌کار می‌رود. به دلیل ملاحظات فزاینده ایمنی در مورد استفاده از جیوه، تعدادی روش‌های نفوذ غیرجیوه نیز توسعه یافته و بایستی به عنوان جایگزین، درنظر گرفته شوند.

"جذب گاز نیتروژن"، برای تعیین فضای توخالی ریز در مواد به‌کار می‌رود. در فضاهای خیلی کوچک، گاز نیتروژن روی دیواره فضاهایی که قطری کمتر از ۰/۰۹۰ میکرومتر دارند، میعان می‌یابد. این چگالش توسط حجم یا وزن، اندازه‌گیری می‌شود.

الف-۲-۳ سختی

استانداردهای متعددی (ملّی و بین‌المللی) درخصوص آزمون‌های سختی برای هرنوع ماده وجود دارد. اغلب، سختی با نیروی نفوذ یک گلوله یا نوک الماسه، بر اثر برخورد یک جسم سخت یا خواص بازپرشی[۱] یک اصابتگر[۲]، اندازه‌گیری می‌شود.

برای فلزات در استاندارد ASTM E 18-07 روش راکول، برنیل، شور، ویکرز[۳] آورده شده است. هندسه و فشار در ابتدای آزمون (به عنوان تابعی از ضخامت نمونه)، ترکیب فلز و سختی گمانه‌زنی‌شده، انتخاب می‌شوند.

الف-۲-۴ الکتریسیته ساکن

الف-۲-۴-۱ تعریف و توصیف

برق ایستا به صورت بار الکتریکی ایجادشده بر اثر عدم توازن الکترون‌ها روی سطح یک ماده، تعریف می‌شود. این عدم توازن الکترون‌ها، میدان الکتریکی ایجاد می‌کند که می‌تواند وضعیت تمیزی سطوح را متأثر نماید. تخلیه برق-ایستا (ESD)[۴] به عنوان انتقال بار بین اجرامی با پتانسیل الکتریکی متفاوت، تعریف می‌شود.

هر حرکت نسبی و جداسازی فیزیکی مواد یا جریان جامدات، مایعات یا گازهای پر ذرّه[5] می‌تواند بارهای برق-ایستا ایجاد کند. منابع معمول ESD شامل کارکنان، موارد ساخته‌شده از مواد معمول پلیمری و تجهیزات فرآیندی می‌باشند. ESD می‌تواند با تماس مستقیم با یک منبع باردار یا بار الکتریکی ناشی از اجسام باردار، به قطعات آسیب بزند.

1- Rebound properties
2- Impactor
3- Rockwell, Brinell, Shore, and Vickers method
4- Electro Static Discharge
5- Particle-laden gases

سطوح باردار می‌توانند ذرات آلاینده را به خود جذب و نگه دارند. اگر روش اندازه‌گیری انتخاب شده برای تعیین تمیزی سطح براساس تشخیص غیرمستقیم ذرات روی سطوح باشند (به ت-۲-۳-۳-۵ مراجعه کنید)، نتیجه آن می‌تواند نادرست باشد چراکه زدایش ذرات، کاسته خواهد شد. بنابراین، به خصوص در هنگام استفاده از روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری، باید اقداماتی برای کاهش اثرات ESD انجام داد.

الف-۲-۴-۲ آزمون

تعیین خواص ESD برای سطوح یک نمونه می‌تواند در تخمین اثر بازده زدایش ذرات از سطح، مفید باشند. (مثلاً استانداردهای SEMI E78-0706 ، SEMI E43-0301 ، IEST RP-CC 022.2 ، ISO 10015, IEC 61340-5-1) .

الف-۲-۵ تنش سطحی[1]

الف-۲-۵-۱ تعریف

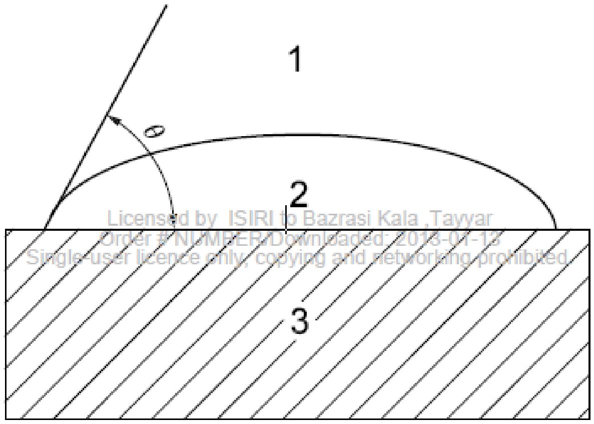
تنش سطحی، انرژی لازم برای افزایش سطح به اندازه یک واحد مساحت می‌باشد که معمولاً با γ نشان داده شده و با واحد ژول برمترمربع (J/m^2) یا نیوتن برمتر (N/m) بیان می‌شود.

الف-۲-۵-۲ آزمون

بهترین روش شناخته شده، اندازه‌گیری زاویه تماس با " قطره‌اندازی[2] " می‌باشد (به مرجع ۲۱ مراجعه کنید).

وقتی یک قطره از مایع در تماس با سطح جامد مسطحی قرار گیرد، شکل آن بستگی به نیروی پیوستگی ملکولی مایع یا نیروی چسبندگی بین مایع و جامد دارد. زاویه تماس بین مایع و جامد به عنوان اندیس تنش سطحی، استفاده می‌شود (به شکل الف-۱ مراجعه کنید). عموماً مشخص شده که مایعاتی با تنش سطحی پایین، به راحتی سطوح بیشتری از جامدات را (با دادن زاویه تماس صفر) مرطوب می‌کنند. چسبندگی ملکولی بین جامد و مایع بیش از پیوستگی بین ملکولی آب می‌باشد.
اندازه‌گیری زاویه تماس با یک روش اپتیکی با بزرگنمایی ۱۰ تا ۵۰ برابر از قطرهٔ انداخته‌شده روی سطح صاف جامد، انجام می‌شود.

2- Superficial tension
3- Set drop



Licensed by ISIRI to Bazrasi Kala ,Tayyar
Order # NUMBER/Downloaded: 2013-01-13
Single-user licence only, copying and networking prohibited

راهنما:

گاز	۱
مایع	۲
جامد	۳

شکل الف- ۱ - حالت یک قطره مایع در تماس با سطح جامد با زاویه تماس °۹۰> ø

پیوست ب

(اطلاعاتی)

توصیفگر برای بازه‌های خاص از اندازه ذرات

ب-۱ کاربرد

برای اندازه ذرّاتی خارج از بازهٔ سامانه درجه‌بندی می‌توان از توصیفگر جرئی، استفاده کرد. این توصیفگر برای بازه‌های خاص از اندازهٔ ذراتی که به صورت ویژه موردنظر باشند نیز می‌تواند استفاده شود. در این موارد، توصیفگر مزبور می‌تواند علاوه بر درجه‌بندی SCP به‌کار رود.

ب-۲ توصیفگر سطحی برای بازه‌های خاص از اندازهٔ ذرات

توصیفگر N_{SS} (غلظت ذرات بازه‌ای خاص از اندازه ذرات) برای بازه‌ای خاص از اندازه ذرات، می‌تواند به‌طور مستقل یا به عنوان مکمّل درجات SCP مشخص شود. این توصیفگر می‌تواند برای هر بازه‌ای از اندازه ذره که موردنظر باشد، به کار رود.

غلظت ذرات سطحی (C_S) در محدودهٔ D_L و D_U از اندازهٔ ذرات، مقداری جزئی است.
N_{SS} برای بازهٔ واحدی از اندازه ذرّه به صورت زیر بیان می‌شود:

$$N_{SS}\,(C_S ; D_L ; D_U)\ a\ ;\ b \qquad \text{(ب-۱)}$$

که در آن:

C_S بیشینه مجاز غلظت سطحی کلّی (با واحد تعداد ذرات در مترمربع از سطح) از بازه مشخص‌شده برای اندازهٔ ذرّات می‌باشد.

D_L حد پایین بازهٔ مشخص شدهٔ اندازه ذرات (با واحد میکرومتر) است.

D_U حد بالا بازهٔ مشخص شده اندازه ذرات (با واحد میکرومتر) است.

a روش اندازه‌گیری مورد استفاده برای تعیین اندازهٔ ذره در بازهٔ مشخص‌شده می‌باشد.

b سطح موردنظر می‌باشد.

مثال ۱ - برای غلظت ذرات روی سطحی فلزی در بازهٔ ۱ تا ۵ میکرومتر، مقدار مورد نیاز ۱۰۰۰۰ ذره بر مترمربع (۱ ذره در سانتی‌مترمربع) می‌باشد. غلظت ذره با یک میکروسکپ اپتیکی (عدسی‌دار) اندازه‌گیری می‌شود. نحوهٔ نمایش، چنین خواهد بود:

سطح فلزی ؛ میکروسکپ عدسی‌دار (۵ ؛ ۱ ؛ ۱۰۰۰۰) N_{SS}

اگر دو یا تعداد بیشتری از بازه‌های ذرات، استفاده شود از فرمول (ب-۲) استفاده کنید. در این حالت، N_{SS} به این صورت استفاده خواهد شد:

(ب - ۲)

$$N_{SS}\begin{pmatrix} C_{S1}; & D_{L1}; & D_{U1} \\ C_{S2}; & D_{L2}; & D_{U2} \\ \dots & & \\ C_{Si}; & D_{Li}; & D_{Ui}; \\ \dots & & \end{pmatrix}\begin{pmatrix} a_1; & b \\ a_2; & b \\ \dots & \\ a_i; & b \end{pmatrix}$$

که در آن:

C_{Si} بیشینه مجاز غلظت سطحی کلّی (با واحد تعداد ذرات در مترمربع از سطح) از بازهٔ i ام اندازهٔ ذرات می‌باشد.

D_{Li} حد پایین بازهٔ i ام اندازه ذرات (با واحد میکرومتر) است.

D_{Ui} حد بالا بازهٔ i ام اندازه ذرات (با واحد میکرومتر) است.

a_i روش اندازه‌گیری مورد استفاده برای تعیین اندازهٔ ذره در بازهٔ i ام می‌باشد.

b سطح موردنظر می‌باشد.

مثال ۲ - برای غلظت ذرات روی سطحی شیشه‌ای بر اساس استفادهٔ همزمان از یک پیمایشگر با نور متفرق[1] برای بازهٔ ۰/۱ تا ۰/۵ میکرومتر و میکروسکپ عدسی‌دار برای بازهٔ ۵ تا ۲۰ میکرومتر، مقدار اندازه‌گیری شده به ترتیب ۹۰۰۰ ذره بر مترمربع (۰/۹ ذره بر سانتی‌متر مربع) و ۵۰۰ ذره برمتر مربع (۰/۰۵ ذره بر سانتی‌مترمربع) می‌باشند. این مقادیر به ترتیب، کمتر از بیشینه حد قابل‌پذیرش ۱۰۰۰۰ ذره بر متر مربع و ۵۰۰ ذره بر متر مربع می‌باشند. نحوهٔ نمایش، چنین خواهد بود:

سطح شیشه‌ای؛ پیمایشگر با نور متّفرق (۰/۵ ؛ ۰/۱ ؛ ۱۰۰۰۰)
سطح شیشه‌ای ؛ میکروسکپ عدسی‌دار (۲۰ ؛ ۵ ؛ ۵۰۰)

1- Scattered-light scanner

هنگامی‌که روش‌های اندازه‌گیری یا سطوح خاصی، از پیش‌تعیین‌نشده یا ضروری نباشند، نمایش a و b می‌تواند حذف گردد. توصیفگر، در این شرایط به صورت زیر بیان می‌شود:

$$N_{SS}\,(C_S\,;\,D_L\,;\,D_U\,) \qquad \text{(ب – ۳)}$$

که در آن:

C_S بیشینه مجاز غلظت سطحی کلّ (با واحد تعداد ذرات در مترمربع از سطح) از بازهٔ مشخص‌شده برای اندازهٔ ذرات می‌باشد.

D_L حد پایین بازهٔ مشخص‌شده اندازه ذرات (با واحد میکرومتر) است.

D_U حد بالا بازه مشخص‌شده اندازه ذرات (با واحد میکرومتر) است.

وقتی تنها یک اندازه از ذره، موردنظر باشد، حد پایینی و بالایی در فرمول (ب - ۳) طی توافق بین مشتری و تأمین‌کننده (مجری عملیات) می‌تواند به صورت اندازهٔ ذره مورد نظر، استفاده شود.

مثال۳- مقدار مورد نیاز برای ذرهٔ ۵ میکرومتری، ۲۰۰ ذره بر مترمربع (۰/۰۲ ذره بر متر مربع) می‌باشد. می‌توان D_L را ۴/۵ میکرومتر و D_U را ۵/۵ میکرومتر، قرار داد. نحوهٔ نمایش، چنین خواهد بود:

N_{SS} (۲۰۰؛ ۴/۵؛ ۵/۵)

هنگامی‌که روش‌های اندازه‌گیری یا سطوح خاصی، از پیش‌تعیین‌نشده یا ضروری نباشند، نمایش a و b می‌تواند حذف گردد.
توصیفگر برای دو یا تعداد بیشتری از بازه‌ها ذرات، چنین خواهد بود:

(ب – ۴)

$$N_{SS}\begin{pmatrix} C_{S1}; & D_{L1}; & D_{U1} \\ C_{S2}; & D_{L2}; & D_{U2} \\ \ldots & & \\ C_{Si}; & D_{Li}; & D_{Ui}; \\ \ldots & & \end{pmatrix}$$

مثال۴- مقادیر اندازه‌گیری شده برای غلظت ذرّات در محدوده‌های ۰/۱ تا ۰/۵ میکرومتر و ۵ تا ۲۰ میکرومتر، به ترتیب ۹۰۰۰ ذره بر مترمربع (۰/۹ ذره بر سانتی‌متر مربع) و ۵۰۰ ذره برمترمربع (۰/۰۵ ذره بر سانتی‌متر مربع) می‌باشند. آنها به ترتیب پایین‌تر از بیشینه حد قابل‌پذیرش ۱۰۰۰۰ ذره بر مترمربع و ۵۰۰ ذره بر مترمربع می‌باشند. نحوهٔ نمایش، چنین خواهد بود:

(ب– ۵)

$$N_{SS} \quad \begin{bmatrix} ۰/۵ ; & ۰/۱ ; & ۱۰۰۰۰ \\ ۲ ; & ۵ ; & ۵۰۰ \end{bmatrix}$$

پیوست پ

(اطلاعاتی)

متغیرهای مؤثر بر طبقه‌بندی SCP

پ-۱ پیش‌زمینه

متغیرهایی که می‌توانند آزمون و اندازه‌گیری سطوح را تحت‌تأثیر قرار دهند، در بند پ-۲ معرفی شده‌اند. این اطلاعات، مفصّل نبوده و بر اساس ترتیب نیز نمی‌باشند. اطلاعات جزیی‌تر در مورد روش‌های اندازه‌گیری و ویژگی‌های سطوح در پیوست «ت» آورده شده است.

پ-۲ متغیرها

پ-۲-۱ خواص فیزیکی/شیمیایی

- وضعیت انرژی سطح- جذب و زدایش ذرّات می‌تواند به عنوان مثال با ویژگی‌های پیوستگی/ چسبندگی با خواص آب دوستی[1]/ آب‌گریزی[2] سطح، متأثر گردد.

- تخلخل سطح- در بیشتر موراد، هرچه درجه تخلخل بیشتر باشد، تمایز بین ناصافی سطح و تشخیص ذرات، پیچیده‌تر است.

- تمیزی پذیری سطح- هنگامی‌که تمیز کردن سطوح، سخت باشد، تمایز بین ناصافی سطح و تشخیص ذرات، پیچیده‌تر است.

- ویژگی‌های اپتیکی سطح- هنگامی که روش‌های آزمون مستقیم، استفاده شوند، ویژگی‌های اپتیکی مختلف سطحی که باید آزمون شوند منجر به نتایج مختلفی از اندازه‌گیری خواهند شد، این اختلاف برای روش‌های غیرمستقیم، قابل‌توجه نمی‌باشد.

- خواص الکتریسیته ساکن سطح- خواص برق-ایستایی سطح بر جذب و زدایش آلودگی باردار- ESD تأثیر خواهند گذارد.

- خواص مغناطیسی سطح- خواص مغناطیسی سطح بر جذب و زدایش مواد با خواص مغناطیسی، تأثیر خواهند گذارد.

پ-۲-۲ شکل سطح و ذرّات

1- Hydrophilic
2- Hydrophobic

- شکل ظاهری[1] ذرّه (گرد، صاف، بیضی، تیز و غیره) و موضع‌نگاری[2] سطح می‌تواند روی نتایج اندازه‌گیری، اثر نماید.

- شرایط سطح (تمیزبودن، قالب‌گیری شدگی[3]، صیقلی بودن و غیره). نیروی پیوستگی ذرات حسب شرایط سطوح، تفاوت می‌کند. این تفاوت بر بازده زدایش ذرات و قابلیت تمایز بین ذرات، هم‌چنین زبری و تخلخل نیز اثر خواهد گذارد.

- شکل و هندسه ذرات. شکل ذرات نیز می‌تواند بر نتایج اندازه‌گیری، اثر بگذارد. برای مثال، ذرات بلند و ذرات کامل گردد، می‌توانند پس از جدا شدن ذرات از سطح، منجر به مقادیر یکسانی از شمارش اپتیکی ذرات شوند که با مقادیر حاصل از وزن‌سنجی (فرونشینی) کاملاً متفاوت می‌باشند. لیف[4]ها در کلّ، ذرّاتی با نسبت طول به عرض ۱۰ یا بیشتر درنظر گرفته می‌شوند.

پ-۲-۳ قابلیت اندازه‌گیری/ تحلیل و عملیات آماری متناسب برای تحلیل ذرات

تعدّد اندازه‌گیری‌ها باید منجر به نتایج آماری معنی‌دار گردند. بنابراین به منظور تخمین و اطمینان باید از روش آماری متناسبی با توّجه به توزیع تواتر هر اندازه‌گیری (منحصر به فرد)، استفاده نمود.

- قابلیت اندازه‌گیری/ تحلیل: امکان‌پذیری انجام اندازه‌گیری بر حسب دسترس‌پذیری ابزار اندازه‌گیری به نمونه موردنظر می‌باشد.

مثال – انجام اندازه‌گیری داخل حفره‌ها یا ریز- لوله‌ها[5].

- قابلیت تشخیص ذرّات (روش‌های مستقیم یا غیرمستقیم): قابلیت تمایز بین ذرّات فرو نشسته بر سطح و ناصافی‌های سطوح (در روش مستقیم) با قابلیت جداکردن ذرات فرونشستهٔ سطح (روش غیرمستقیم) که بر درجه‌بندی SCP اثر خواهند نمود.

- اندازه هندسی/ مساحت سطح که باید اندازه‌گیری شود: برحسب اندازهٔ هندسی محدوده‌ای از سطح که باید اندازه‌گیری شود، روش‌های متفاوتی را باید انتخاب نمود. در بیشتر موارد، عملیات آماری نمونه‌های متعددی که باید گرفته شود و چگونگی تحلیل مقادیر اندازه‌گیری شده باید اختصاصاً توسعه یابد.

- قابلیت خطی بودن[6]- به منظور معنادار بودن آمار، باید اندازه‌گیری‌های متعددی انجام داد. تأثیر تکرارپذیری اندازه‌گیری با حق انتخاب‌های[1] خطی‌بودن، کم می‌شود.

1- Morphology
2- Topography
3- Extruded
4- Fiber
5- Micro-tubes
1- Inline

- توزیع تواتر اندازه‌گیری‌های منحصر به‌فرد.

- اندازه ذراتی که باید اندازه‌گیری شوند.

- توزیع ذرّات بر روی ناحیه سطحی.

پ-۲-۴ منشأ ذرّات

ذرّات روی سطح می‌توانند مثلاً حاصل اصطکاک مواد، فساد، تجمع ذرّات موجود در هوا یا واکنش شیمیایی مواد گازی با سطح، تشکیل فرآورده‌های جامد یا مایع باشند.

مثال:

$$2NH_3 + H_2O + SO_3 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4$$

1- Option

پیوست ت

(اطلاعاتی)

روش‌های اندازه‌گیری برای تعیین تمیزی سطوح بر اساس غلظت ذرّات

ت-۱ تمیزی سطوح بر اساس غلظت ذرّات

به منظور دستیابی به اطلاعات کمّی در مورد تمیزی سطوح، باید روش اندازه‌گیری متناسبی را انتخاب کرد. در مواردی که نمی‌توان اطّلاعات کمی را روی یک سطح، معلوم نمود می‌توان لااقل نتیجهٔ کیفی حاصل نمود. آن دسته از نتایج کیفی را که نمی‌توان برای تمیزی سطوح از نظر غلظت ذرات را استفاده نمود، در بند ۵ تعریف شده‌اند.

ت – ۲ معیارهای اندازه‌گیری تمیزی سطوح بر اساس غلظت ذرّات

ت-۲-۱ کلیّات

تمیزی سطوح به محض تشخیص آلودگی ذره‌ای، قابل طبقه‌بندی می‌باشد. به عنوان معیاری کمّی برای بررسی و طبقه‌بندی تمیزی سطوح، باید تعداد کلیه ذرّات همراه با ماده نامطلوب را تعیین نمود. تعیین ابعاد و تعداد آنها مربوط به محدودهٔ سطح آلوده شده (آلودگی ذرات سطحی) باید ممکن باشد.

یادآوری – طبقه‌بندی تمیزی منسوجات یا سطوح متخلخل نیز ذرّات ناشی از نمونه موردنظر را محسوب می‌نماید.

ت-۲-۲ الزامات روش اندازه‌گیری

روش اندازه‌گیری الزاماً بر اساس معیارهای تعیین شده برای سطح مورد آزمون و ویژگی‌های آن، انتخاب می‌شود. برخی از مهم‌ترین الزامات در ذیل، خلاصه شده است:

- اطلاعات مربوط به ویژگی‌های ذرات (مانند: اندازه ذرّات، غلظت، توزیع اندازه، جنس، شکل و موقعیت آن)؛

- موقعیت اندازه‌گیری امکان‌پذیر (یعنی استفاده از ابزار اندازه‌گیری قابل حمل که حتی برای سطوح بی‌حرکت بزرگ نیز امکان‌پذیر است)؛

- اندازه‌گیری مستقل از ویژگی‌های سطح (مانند: زبری، موّاج بودن، شکل قطعه موردنظر)؛

- سرعت آزمون و تلاش لازم برای انجام آن (استفاده از نمونه‌برداری تصادفی یا آزمون پیوسته[1])؛

- انعطاف‌پذیری (یعنی آیا روش آزمون می‌تواند به سرعت روی سطوح مختلف از اجزای متفاوت به کار برده شود)؛

1- Series testing

- عدم تغییر یا تغییر ناچیز سطح بر اثر رویّه اندازه‌گیری (یعنی سطح موردنظر بر اثر خیس شدن یا سیالاتی که به منظور نمونه‌برداری از روی آن عبور می‌کند، دچار تغییر نشوند).

به منظور الزامات برشمرده، روش‌های اندازه‌گیری توصیف شده در ت-۲-۳ می‌توانند برای هر کاربرد، محدود و طبقه‌بندی شوند.

ت-۲-۳ روش‌های اندازه‌گیری

ت-۲-۳-۱ کلیات

به‌طور آرمانی، تمیزی سطح وقتی سطوح آزمون دارای زبری کم باشند، ارزیابی می‌شود و می‌تواند توسط ابزار اندازه‌گیری انتخاب‌شده، ارزیابی گردد. اساساً از روش‌های ذیل می‌توان برای اندازه‌گیری تمیزی ذره‌ای سطوح، استفاده نمود:

- روش‌های مستقیم؛

- روش‌های غیرمستقیم.

در بیشتر موارد، باید به انجام روش‌های مستقیم که نیازی به نمونه‌برداری ندارد، اولویت داد. به طور کلّی، این روش‌ها مستلزم فعالیت‌های اندازه‌گیری کمتر بوده و توأم با خطاهای کمتری نیز می‌باشند، بنابراین نتایج بازآور[1] بیشتری نسبت به روش‌های غیرمستقیم خواهند داشت. اگرچه بر حسب قطعه موردنظر و الزامات ساخت آن (شکل پیچیده قطعه، سطح زبر) روش‌های غیرمستقیم اغلب تنها روش جایگزین ممکن برای تعیین تمیزی ذره‌ای سطح می‌باشند.

ت-۲-۳-۲ روش‌های مستقیم

در این روش ذرات به طور مستقیم روی سطح آزمون، ثبت و اندازه‌گیری می‌شوند. نه سطح قطعه نه ذرات روی آن بایستی بر اثر اندازهگیری، دچار تغییر یا تاثیر شوند. اگر سطح آزمون نیاز به جابجایی به سوی ابزار اندازه‌گیری داشته باشد، این جابجایی (روش انتقال، بسته‌بندی) باید به‌گونه‌ای انجام شود که از رسیدن هر آلودگی دیگر به سطح، جلوگیری نماید.

این روش‌ها در جدول ت-۱ داده شده که بر اساس الزاماتی که باید رعایت شود، هم‌چنین محدودیت‌های هر روش، طبقه‌بندی شده است.

1- Reproducible

جدول ت-۱- مقایسه روش‌های اندازه‌گیری مستقیم برای تشخیص ذرّات روی سطوح

روش	حد و تشخیص	تعیین غلظت	توزیع اندازه	تحلیل ماده	تحلیل شکل	تعیین موقعیت	قابلیت انتقال	استقلال سطح	قابلیت دسترسی	سرعت آزمون	انعطاف‌پذیری	تأثیر روی سطح
بازرسی چشمی	> 25 µm	+	+	+	+	+	++	+	+	++	++	++
میکروسکپ نوری (با فرآوری تصویر)	> 1 µm	++	++	+	++	++	+	+	+	++	++	++
سامانه‌های [تابش] نور مایل/گذرا/جانبی (با فرآوری تصویر)	> 0.5 µm	++	++	+	+	++	++	+	+	++	++	++
روبش با نور متفرّق	>0.07 µm	++	++	-	++	++	-	-	-	++	-	++
SEM	> 0.01 µm	+	+	++	++	++	-	-	-	-	+	+
ARM	> 0.01 µm	+	+	++	+	++	+	+	+	-	+	+

راهنما: ++:خیلی مناسب، +: تقریباً مناسب، - : نامناسب/ غیرمفید

ذراتی که کاملاً گرد نیستند باید از سمت بزرگ‌ترین محور خود، اندازه‌گیری شوند.

بازده روش‌های نوری در تشخیص ذرّات روی سطوح می‌تواند با استفاده از منابع مناسب نور اضافی و بر اساس اثرات مواد خاص (مثلاً فعالیت فرابنفش یا فروسرخ)، تقویت گردد. برای مثال اگر از یک لامپ فرابنفش استفاده شود، ذرّاتی که به صورت فیزیکی، فعالیت فرابنفش دارند با تضّاد نوری بسیار بهتری، تشخیص داده می‌شوند.

زیر طیف نور مرئی، درجه نور/ بازتاب ذرّات می‌تواند برای تمایز بیشتر آلودگی ذرّه‌ای به کار رود.

ت-۲-۳-۳ روش‌های غیر مستقیم

ت-۲-۳-۳-۱ کلیات

از آنجا که شمارش مستقیم، اغلب به دلیل موارد مربوط به ماده یا خود اندازه‌گیری، ممکن نیست نمونه‌ها باید قبل از بازرسی، آماده شوند. ذرّاتی که باید ثبت شوند از سطح آزمون، جدا شده (نمونه‌گیری) و روی محیط/ سوبسترای[1] دیگری قرار می‌گیرند. سپس این ذرّات با استفاده از روشی به اقتضای محیط/ سوبسترای موردنظر، اندازه‌گیری می‌شوند (استاندارد IEST-STD-CC1246D را ببینید).

چنانچه کلیه ذرات فرونشسته روی سطوح نتوانند توسط روش‌های غیرمستقیم از سطح آزمون جدا شوند، بازده اندازه‌گیری کاهش خواهد یافت.

به دلیل اثرات فیزیکی/ شیمیایی مانند چسبندگی/ پیوستگی، نیروهای برق- ایستایی و غیره، نیروی جداسازی می‌تواند ناکافی باشد که کاهش بازده اندازه‌گیری آلودگی ذرّه‌ای سطح را در پی خواهد داشت، بنابراین اندازه‌گیری مستقیم، ترجیح خواهد داشت.

اگرچه در صورت استفاده از روش‌های بیشتر تهاجمی[2] به منظور جدا کردن ذرات از سطح (مانند روش‌هایی که می‌توانند سطح را بسایند و ذرات اضافی تولید کنند) باید احتیاط نمود. روش آزمون باید برای چنین اثر احتمالی، بررسی شده باشد.

در هنگام استفاده از روش‌های غیرمستقیم، آلودگی زمینه‌ای ذرّات مربوط به محیط واسطه‌ای (مثلاً محیط عبوری از روی سطح) باید معلوم باشد.

ت-۲-۳-۳-۲ روش‌های جداسازی

درخصوص سطوحی که دسترسی به آنها به دلیل شکل پیچیده قطعه، مشکل است، اغلب تنها راه ارزیابی تمیزی سطوح از نظر آلودگی ذره‌ای، نمونه‌گیری از ذرّات جدا شده می‌باشد. هرچه ذرّات، کوچک‌تر شوند، جداسازی آنها از سطح نیز مشکل‌تر خواهد بود، چرا که نیروهای متعدد سطحی (الکتریسیته ساکن، پیوستگی، چسبندگی، موئینگی) نیز افزایش خواهند یافت. به منظور جداسازی ذرّات از سطوح مورد آزمون، می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود:

- استفاده از نوار چسب: ذرّات موردنظر با استفاده از سوبسترای تمیز و چسبناک (نوار چسب یا مُهر چسبناک[3]) جدا می‌شوند (ASTM E1206-6 را ببینید) و مستقیماً وارد فرآیند اندازه‌گیری می‌شوند (ASTM F312-01 را ببینید).

1- Substra
2- Agressive
3- Stamp

- استفاده از جریان سیال[۱] : ذرّات موردنظر با استفاده از جریان عبوری یک سیال تمیز واسطه مثلاً گاز یا مایع جدا می‌شوند (ASTM F24-09 را ببینید). ذرّات وارد شده به سیال واسطه توسط ابزار اندازه‌گیری متناسب (مثلاً شمارنده نور ذره برای گازها) مورد بررسی قرار گرفته یا ذرات موجود در سیال، روی یک سوبسترای جایگزین (با صافی‌کردن[۲] یا فشار[۳])، متجمع شده سپس اندازه‌گیری می‌شوند.

در کلیه شرایط نمونه‌برداری باید به منظور اطمینان از عدم آلودگی بیشتر نمونه‌ها توسط ابزار یا محیط‌های مورد استفاده یا کارکنان، اطمینان حاصل نمود چراکه این آلودگی‌ها، نتیجه اندازه‌گیری را متأثر خواهند نمود. آلودگی وارد شده از محیط، فرآیندها و مواد استفاده شده برای رویه بازرسی باید کمتر از ۱۰٪ تعداد مفروض یا مشخص‌شده ذرّات با اندازه مربوط باشند به‌طوری‌که هر عدد محاسبه‌شده به سمت پایین‌تر، گرد شده باشد (استانداردهای ISO 16232-5,16232-4, 16232-3, 16232-2 را ببینید). به علاوه، روش نمونه‌برداری انتخاب‌شده باید قابلیت جداسازی قابل اطمینان و کامل ذرّات از سطح مورد آزمون را داشته باشد. اعمال جریان سیال توسط دستگاه نمونه‌برداری باید قادر به حصول اطمینان از انتقال کامل ذرات موجود به محیط اندازه‌گیری یا سطح واسط باشد. برای بهینه‌سازی و روش نمونه‌برداری، می‌توان از نمونه‌های شاهد[۴] (حاصل نمونه‌گیری از سطح تمیز) یا نمونه‌هایی از سطوح آلوده طبق روش تعریف‌شده، استفاده نمود.

ت-۲-۳-۳-۳ اندازه‌گیری محیط مورد استفاده برای جداسازی ذرات رسوب بر سطح

ذرات موجود در محیط گازی یا مایع عبوری از سطح که برای جداسازی ذرات فرونشسته بر سطح به کار می‌روند، می‌توانند به‌طور مستقیم با استفاده از شمارنده‌های نوری ذرّات متناسب، اندازه‌گیری شوند (بند ت-۲-۷-۴ را ببینید).

دبی کم[۵] این شمارنده‌های نوری ذرّات، اجازه نمی‌دهد حجم‌های زیاد از سیال عبوری، اندازه‌گیری شوند. بنابراین باید از نمونه‌های معرّف حجم عبوری، استفاده نمود. به خصوص برای ذرّات بزرگ (بزرگ‌تر از ۳ میکرومتر) باید به منظور اجتناب از جدا شدن یا رسوب ذرّات، احتیاط نمود چرا که منجر به نتیجه نادرست اندازه‌گیری خواهد شد. در روش‌های نمونه‌برداری، تجهیزات نمونه‌گیری و لوله‌های مربوط نیز باید در هنگام اندازه‌گیری سیال عبوری، تمیز بمانند.

ت-۲-۳-۳-۴ روش جمع‌آوری

ذرّات جدا شده از سطح آزمون، در محیط گازی یا مایع عبوری وجود دارند. به‌منظور اندازه‌گیری تعداد ذرّات، ابتدا آنها روی یک سطح، تجمع می‌یابند. سپس سطح جایگزین به منظور آزمایش به سوی سامانه‌های اندازه‌گیری مربوط خواهد رفت. برای جمع‌آوری ذرّات، از چنین روش‌ها و ابزارهایی می‌توان استفاده نمود:

1- Flushing
2- Filtration
3- Impaction
4- Blank
5- Flow rate

- سامانه‌های صافی‌کننده (مایع کشیده‌شده از یک غشاء صافی توسط یک مکنده یا مایع ریخته‌شده روی یک صافی): سیال عبوری از غشاء صافی‌ای که اندازه حفره[1] متناسبی برای اندازهٔ ذره موردنظر داراست، عبور می‌کند. صافی‌هایی که حاوی ذرات شده‌اند، سپس خشک شده و به صورت گرانشی (به بند ت-۲-۷-۷ مراجعه کنید) یا میکروسکپی (به بندهای ت-۲-۶-۲ و ت-۲-۷-۲ مراجعه کنید) تحلیل خواهند شد.

- اصابتگرها: ذرّات موجود در محیط گازی عبوری بر روی یک صفحهٔ برخورد، تجمع می‌یابند. سپس این صفحات برخورد، توسط میکروسکپ مورد تحلیل قرار می‌گیرند.

کلیه ابزار و مراحل نقل و انتقال مربوط به فرآیندهای جمع‌آوری، مشمول الزامات تمیزی بالا می‌باشند. درجه تمیزی آنها باید با استفاده از نمونه‌های خالی، بیان شود.

ت-۲-۳-۳-۵ روش‌های غیرمستقیمی که بیشتر استفاده می‌شوند (به جدول ت-۲ مراجعه کنید)

برای اندازه ذرّات قابل جداشدن/ بازده روش‌های اندازه‌گیری غیرمستقیم، ذرات کوچکتر (کوچکتر از تقریبا ۱ میکرومتر) نیاز به زحمت بیشتری برای زدایش از سطح (در اندازه‌گیری غیرمستقیم) دارند. بازده یک روش مشخّص در جداسازی ذرّات از سطوح، نه تنها بستگی به اندازه ذره، بلکه به عوامل ذیل دارد:

- شکل و جنس ذرّات؛

- وجود نیروهای سطحی (مانند: الکتریسیته ساکن، پیوستگی، چسبندگی، مویینگی)؛

-روش‌های جداسازی (مانند: فراصوتی[2]، مگاصوتی، عبور جریان سیال، تخلیه[3]، دمیدن[4]، کشیدن[5]).

به دلیل روش‌های مختلف مورد استفاده برای غلبه بر نیروهای بین ذرات و سطوح، هم‌چنین تعامل بین این نیروها، بازده جدا کردن ذرّات به طور معنی‌داری تفاوت می‌کند. بنابراین، مقادیر مشخّص و ثابت برای بازده روش‌های غیر مستقیم، نمی‌توان ارائه داد.

برای دستیابی به اطّلاعات تکمیلی در مورد روش‌های غیرمستقیم، روش‌های آزمایشگاهی هم‌چون ESCA، EDX، رامان[6]، اسپکتروسکپی فرابنفش یا فروسرخ را می‌توان به منظور مشخصّه‌یابی ذرّات، استفاده نمود.

1- Flow rate
2- Ultrasonic
3- Purging
4- Blowing
5- Drawing
6- Raman

روش	حد رویه جداسازی	تخمین حدود روش اندازه‌گیری	تعیین غلظت	توزیع اندازه	تحلیل ماده	تحلیل شکل	تعیین موقعیت	قابلیت انتقال	استقلال‌سطح	قابلیت دسترسی	سرعت آزمون	انعطاف‌پذیری	تأثیر روی سطح
آزمایش سیال عبوری (مایع/گاز) توسط شمارنده سایه ذرات[1] (> 1 µm)	0.2 µm	> 1 µm	++	++	-	-	-	++	++	++	+	++	-
صافی کردن یا اصابت سیال عبوری و تحلیل میکروسکپی (> 0.5 µm)	0.2 µm	> 1 µm	++	++	+	++	-	+	++	++	-	++	-
آزمایش با عبور مایع توسط OPC (شروع با جداسازی ذرات از سطح با جریان مایع، سپس کشیدن آنها به داخلOPC) (> 0.05 µm)	0.2 µm	>0.2 µm	++	++	-	-	-	++	++	++	+	++	-
آزمایش با عبور گاز توسط OPC (شروع با جداسازی ذرات از سطح با جریان گاز، سپس کشیدن آنها به داخل OPC) (> 0.05 µm)	0.3 µm	>0.3 µm	++	++	-	-	-	++	++	++	+	++	-
صافی‌کردن سیال عبوری و تحلیل ثقل‌سنجی (0.1 mg <)			++	--	-	-	-	++	++	++	-	++	-

راهنما: ++:خیلی مناسب، +: تقریباً مناسب، - : نامناسب/ غیرمفید

یادآوری- استفاده از تحلیل میکروسکپی یا ثقل‌سنجی: قابلیت تحلیل میکروسکپی یا ثقل‌سنجی صافی‌ها بستگی به تعداد کل ذرّات یافته‌شده روی صافی‌ها دارد. اندازه ذرّات، عامل تصمیم‌گیری نیست. مقدار مرجع به‌طور تجربی تعیین شده است که: تحلیل میکروسکپی برای آلودگی‌های بزرگتر از ۳ میلی‌گرم روی یک سطح یک صافی (با اندازه صافی استاندارد ۴۷ میلی‌متر) ممکن نیست (به استانداردهای ISO16232-2، ISO 16232-3، ISO16232-4 ، ISO16232-5 مراجعه شود). تحلیل ثقل‌سنجی با توجه به عدم اندازه‌گیری هیچ ذرّه مجزا و منفرد، برای طبقه‌بندی SCP مناسب نمی‌باشد. این تحلیل برای تعیین جرم کل آلاینده‌های جداشده از سطوح آزمایش، به کار می‌رود.

a اعداد داخل کمانک، حدود تشخیص ابزارهای اندازه‌گیری می‌باشد.

جدول ت-۲- مقایسه روش‌های اندازه‌گیری غیرمستقیم برای تشخیص ذرّات روی سطوح

ت-۲-۴ تعیین تعداد نمونه‌ها

تعداد نقاط مورد استفاده برای اندازه‌گیری و سطح کل مورد رسیدگی، قطعیت آماری نتایج اندازه‌گیری را مشخص می‌کند. از آنجا که نتایج اندازه‌گیری در کلّ، وابسته به متغیرهای مؤثر متعدّدی (هم‌چون: ویژگی‌های

1- Scattering Particle Counter

سطحی خاص، روش اندازه‌گیری انتخاب شده، تمیزی محیط) می‌باشند، تعداد نقاط اندازه‌گیری و تکرار اندازه‌گیری‌ها باید بین مشتری و مجری عملیات اندازه‌گیری، توافق شود.

برای تعیین تعداد نمونه‌هایی که با هدف دستیابی به نتایج اندازه‌گیری تصدیق‌شده از نظر آماری باید گرفته شوند، استانداردهای مربوط با راهنمایی‌هایی مانند: ISO 10576-1 , ISO TS 21748, ISO 5725-2 می‌توانند مفید باشند.

ت-۲-۵ بسته‌بندی نمونه‌های آزمون

ت-۲-۵-۱ بسته‌بندی نمونه‌ها برای آزمون ذرّه

نمونه‌هایی که به منظور ارزیابی ذرّات، به خارج از محدودهٔ نمونه‌برداری ارسال می‌شوند باید به ترتیب ذیل، بسته‌بندی شوند:

الف- آماده‌سازی بایستی توسط کارکنانی که به درستی لباس اتاق تمیز پوشیده‌اند و در داخل محدوده اصلی نمونه‌برداری، انجام شود.

ب- نمونه‌ها باید توسط کارکنانی دارای یک جفت دستکش نوی لاستیکی شسته‌شده یا لاتکسی مخصوص اتاق‌تمیز، جابجا شوند.

پ- هنگامی‌که فرآیند تمیزکاری انجام شده است، ضروری است که نمونه‌ها قبل از قرارگیری در بسته‌بندی یا کیسه، خنک و خشک شوند.

ت- کیسه‌های پلیمری با روکش فلزی (که خود داخل اتاق تمیز، تولید شده‌اند) باید لااقل یک درجه، تمیزتر از الزامات پیش‌بینی‌شده برای نمونه باشند. به منظور پرهیز از خرابی و پارگی، ضخامت کمینه بایستی ۸۰ میکرومتر باشد.

ث- هر نمونه بایستی به طور جداگانه و با استفاده از کیسه داخلی و بیرونی (چنان‌که در بند«ت» توصیف شد) بسته‌بندی شود.

ج- جعبه‌های درزبندی‌شده[۱] سفارشی مانند جعبه‌های حمل ویفر [در صنایع الکترونیک] یا محفظه‌های PET شکل‌داده‌شده با خلأ نیز به شرط دارا بودن یک درجه تمیزی بهتر از نمونه موردنظر، می‌توانند استفاده شوند.

چ- هر نمونه باید به صورت مجزا داخل جعبه سفارشی که در بند (ت) توصیف شد، قرار گیرد تا از ایجاد ذرّه به دلیل سایش یا تماس جلوگیری گردد.

ح- درِ کیسه داخلی بایستی تا شده و با چسب نواری، بسته شود تا از ایجاد ذرّه حین بریدن بعدی، جلوگیری شود و یک برچسب شناسایی نیز روی جداره خارجی آن، نصب شود.

1- Sealed

خ- درِ کیسه بیرونی بایستی درزبندی شده و جوش داده شود تا از مداخلات و دستکاری‌های احتمالی، پرهیز گردد. هم‌چنین باید برچسب مناسبی نیز به منظور اجتناب از بازگشایی خارج از محیط کنترل شده، روی آن نصب شود.

د- در هنگام استفاده از جعبه‌های بسته‌بندی سفارشی (آن‌چنان‌که در بند «ج» توصیف شد)، دو کیسه بیرونی از جنس لایه نازک پلی‌اتیلن با درجه تمیزی اشاره شده در بند (ت) نیز مورد نیاز خواهد بود. کیسه داخلی می‌تواند چسبانده یا جوش داده شود، امّا کیسه بیرونی باید فقط جوش داده شود.

ت-۲-۵-۲ بیرون آوردن از بسته‌بندی

کیسه بیرونی باید فوراً قبل از ورود به محیط کنترل‌شده آزمون، جدا شود.

کیسه داخلی نباید پیش از ورود به محیط کنترل شده آزمون، جدا شود.

باید در هنگام حمل و نقل بسته داخلی از لباس کامل اتاق‌تمیز (شامل سرپوش و صورت‌پوش) استفاده کرد. در هنگام آزمایش نمونه‌ها باید از یک جفت دستکش شسته‌شده لاستیکی یا دستکش لاتکسی اتاق‌تمیز، استفاده نمود.

ت-۲-۶ روش‌های اندازه‌گیری

ت-۲-۶-۱ بازرسی چشمی

در برخی کاربردها به ویژه جایی که تمیزی سطح، پایین است انجام بازرسی چشمی از درجه تمیزی سطح می‌تواند کافی باشد. به کمک برخی ابزارهای کمکی برای چشم (مانند ذره‌بین‌هایی با نور مدرّج یا غنی از تضاد[1]) می‌توان ذرّاتی بزرگ‌تر از ۲۵ میکرومتر را ثبت کرد. اجزا پیچیده می‌توانند به‌سرعت و به‌طور کیفی، دیده شوند. با توجه به اندازه ذرّات و توزیع آنها، اطّلاعات کمّی را نمی‌توان به این ترتیب، حاصل کرد.

ت-۲-۶-۲ میکروسکپ نوری

میکروسکپ‌های نوری، اقتصادی بوده و طیف وسیعی از کاربرد را دارند. آلودگی بر اساس شکل ظاهری آنها، ویژگی‌های بصری (مانند: جذب، شکست نور یا شکست دوگانه) یا توسط تعیین نرخ‌گذاری گرمایی[2] (مانند: رفتارماده حین نرم‌شدن یا ذوب‌شدن) با استفاده از یک میکروسکپ دارای مولد گرما، مشخصه‌یابی می‌شود. ذراتی با اندازه‌های ۱ میکرومتر و بزرگ‌تر می‌توانند روی جامدات یا در نمونه‌های مایع، تشخیص داده شوند(مثلاً: نمونه‌برداری طبق ASTM F303-08 و تحلیل آن طبق ASTM F312-08) از آن‌جا که ذرّات، فاقد تضّاد کافی در برابر سطح هستند، تصویربرداری می‌تواند با روشنایی در زمینه تاریک، بهبود یابد. این روش، نتایج کیفی در

1- Graticale or contrast-rich illumination
2- Thermal rating

پی خواهد داشت. توسط مراحل خودکار نمونه‌برداری و تحلیل خودکار تصویر، محدوده‌های نمونه یا سطح قطعه می‌توانند آزمایش شوند.

ت-۲-۷ سایر سامانه‌های اندازه‌گیری

ت-۲-۷-۱ سامانه‌های اندازه‌گیری توسط تابش نور مورّب، گذرا و جانبی

تصویر یک سطح در میکروسکپ نوری، با استفاده از بزرگ‌نمایی موردنیاز بر روی یک دوربین دیجیتال نقش می‌بندد. در تابش مورّب با نور موازی بر روی سطح، ساختارهای سطحی موجود فقط تا کم‌ترین اندازه، روشن می‌شوند. به این ترتیب، تنها مقدار کمی از نور توسط سطح، متفرّق‌شده و وارد دوربین می‌شود. سطح تمیز به صورت تاریک، نمایان می‌شود. اگرچه در صورتی‌که ذرّات روی سطح وجود داشته باشند توسط نور مورّب، کاملاً روشن‌شده و این ذرّات، نور تفرّق یافته متناسبی ایجاد می‌کند. در تصویر دوربین، نقطه‌های روشنی روی پس‌زمینه تاریک، دیده شده و شکل ظاهری نقطه‌ها می‌تواند با محاسبات رقومی ساده تحلیل تصویر، تحلیل گردد.

ت-۲-۷-۲ میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM)

جایی که توانایی سامانه‌های میکروسکپ نوری به پایان رسیده و سطوح به طور خاص، زبر باشند می‌توان از SEM استفاده نمود. به دلیل عمق میدان کم آنها در بزرگنمایی بالا، بررسی سطوح زبر از حدود سامانه‌های میکروسکپ نوری فراتر انجام می‌شود. اگرچه آزمایش سطوح نارسانا با استفاده از SEM مشکل است چراکه سطوح بر اثر بمباران پرتوی الکترونی، باردار می‌شوند و تصویر مناسبی تشکیل نخواهد شد. سطوح نارسانا به این منظور باید ابتدا با لایه نازکی (که معمولاً فلزی است) پوشانده شده تا رسانا شود. در اینجا خطر تغییر شرایط سطح، وجود دارد. به علاوه، ذرات می‌توانند با پرتوی الکترون، باردار شده و از سطح، جدا شوند. از آنجا که برای انجام آزمون SEM، سطح یا قطعه مورد آزمون باید در خلأ زیاد قرار گیرد، باید توجه نمود تا از آسیب ندیدن قطعه یا تغییر آن در خلأ، اطمینان حاصل نمود. چنانچه SEM به صورت توأم با ابزار تحلیل تصویر استفاده شود، می‌توان سطوح را به صورت خودکار، مورد آزمون قرار داد.

ت-۲-۷-۳ روش‌های اندازه‌گیری متفرّق کننده انرژی (EDX)

ترکیب عنصری ماده تشکیل دهنده ذره می‌تواند با استفاده از روش‌های اندازه‌گیری متفرق‌کننده طول موج WDX یا EDX تعیین شود. هنگامی که EDX به همراه اجزا واسنجی‌کننده استفاده شود، نه تنها اطلاعات کمّی بلکه اطّلاعات کیفی نیز قابل دستیابی است.

ت-۲-۷-۴ شمارش ذرّات به صورت اپتیکی

محیط (هوا، گاز یا مایع) به سوی پرتوی لیزر، هدایت می‌گردد. در هنگام گذر لیزر، چنانچه ذرات در محیط وجود داشته باشند، نور را متفرّق نموده که توسط آشکارساز[1]، ثبت و تحلیل خواهند شد. از شدّت نور متفرّق‌شده می‌توان پی به اندازه ذرّاتی برد که نور به آنها اصابت کرده است. پی بردن به اندازه این ذرّات بر اساس منحنی واسنجی حاصل از ذرّات گرد از جنس لاتکس، انجام خواهد شد، اگرچه قطر به‌دست آمده مساوی شدّت نور متفرّق‌شده (و نه قطر واقعی ذرّه) می‌باشد. نتیجه اندازه‌گیری، توزیع اندازه ذرّات را در حجم مشخص از اندازه‌گیری خواهد داد. برای اندازه‌گیری‌های انجام‌شده در هوا و گازها، حسگرهای متفاوتی در دسترس می‌باشند که می‌توانند ذرّاتی بین ۰/۰۵ میکرومتر تا ۲۵۰۰ میکرومتر (۲/۵ میلی‌متر) را اندازه‌گیری کنند. بازه اندازه‌گیری یک حسگر، بستگی به طراحی اپتیکی آن دارد. ذرّات کوچکتر می‌توانند توسط شمارنده‌های چگالشی هسته (CNC) ثبت شوند. ذرّات با چگالیدن یک مایع، پیش از اندازه‌گیری، بزرگ خواهند شد. ذرّاتی به کوچکی ۰/۰۰۵ میکرومتر می‌توانند با CNC ثبت شوند. اگرچه از آنجا که مایع، چگالیده می‌شود نمی‌توان توزیع ذرات را تعیین کرد. هنگامی‌که از CNC برای اندازه‌گیری ذرات در مایع، استفاده شود، حد تشخیص بزرگتر از ۰/۰۵ میکرومتر، اعمال می‌شود. در کل توسط OPC، اندازه‌گیری گسستهٔ ذرات، انجام می‌شود.

ت-۲-۷-۵ شمارش ذرّات با اطفاء نور[2]

در هر دو روش تشخیص ذرات (اطفاء یا تفرّق نور) تغییر در شدت نور اندازه‌گیری‌شده، تبدیل به پیام[3] الکتریکی می‌شود. روش اطفاء نور برای ذرات ۱ میکرومتری یا بزرگتر، مناسب است. در این روش، آشکارساز مستقیماً به سوی منبع نور بوده و اندازه سایه ذره را در حین گذر پرتو، اندازه می‌گیرد.

ت-۲-۷-۶ ابزار روبش نور تفرّق‌یافته از سطح

روبش‌های نور تفرّق یافته به خصوص برای سطوحی با زبری خیلی کم به‌کار می‌روند، یک لیزر متمرکز، سطح قطعه را توسط زاویه مشخصی از پرتو، پیمایش می‌کند، نوری که مستقیماً از سطح، بازتابیده می‌شود به سوی یک تله‌نور[4] هدایت‌شده و حذف می‌شود. ذرّات موجود روی سطح، موجب می‌شوند که نور لیزر به صورت پراکنده، متفرّق شوند. این نور تفرّق یافته توسط یک تکثیرکننده نور[5] گرفته شده و تقویت می‌شود. با استفاده از تحلیل‌های الکترونیک بعدی می‌توان بر اساس شدّت نور متفرّق شده و اندازه تفرق نور، پی به اندازه و شکل ذرّات برد. با هماهنگ‌سازی موقعیت واقعی لیزر تا تفرّق ایجاد شدهٔ نور، می‌توان توزیع ذرّات سطحی را تعیین نمود. حد آشکارسازی روبش‌های نور تفرّق‌یافته برای ذرّاتی با اندازه بزرگتر از ۰/۰۵ میکرومتر می‌باشد.

1- Photo- detectors
2- Light-extinction
3- Signal
4- Light trap
5- Photo-multiplier

ت-۲-۷-۷ ثقل سنجی

بار ذرّات روی سطح یا ماده مورد آزمون توسط افزایش جرم یک صافی (وزن جزئی) تعیین می‌شود. به این منظور، صافی مزبور پیش و پس از گذراندن مایع، توسط یک ترازوی دقیق توزین می‌شود. ثقل‌سنجی، جرم کل بار ذرّات را تعیین می‌کند ولی توزیع اندازه ذرّات روی صافی را نشان نمی‌دهد. به منظور انجام چنین توزین دقیقی، صافی‌ها باید خیلی با احتیاط، آماده و خشک شوند. به منظور پرهیز از تغییر نتایج به دلیل تأثیرات محیطی، دمای محیط، رطوبت، تمیزی هوا و مراحل حمل و نقل باید همگی ثابت مانده و مراحل حمل و نقل نیز باید به روشی معیّن، انجام شوند. از آنجا که ذرّات منفرد نمی‌توانند با استفاده از ثقل‌سنجی، ثبت شوند این روش عمدتاً برای تعیین بار ذرّه‌ای روی اجزاء بزرگ یا پیچیده استفاده می‌شود. حد اندازه‌گیری تقریباً ۰/۱ میلی‌گرم بر هر صافی می‌باشد.

ت-۲-۷-۸ تحلیل با میکروسکپ اتمی (AFM)

میکروسکپ اتمی، نوعی میکروسکپ با کاوشگر روبشی[1] با وضوح خیلی بالا (با وضوح مشخص اجزای یک نانومتری) می‌باشد که بیش از ۱۰۰۰ برابر، بهتر از حد انکسار نوری است. این میکروسکپ از یک پایه ترازوی ریز یا نوک‌تیز (کاوشگر) در انتهای خود تشکیل‌شده که برای روبش سطح نمونه به کار می‌رود. وقتی نوک به مجاورت سطح نمونه می‌رسد، نیروهای بین نوک و نمونه منجر به انحراف پایه می‌شود. معمولاً این انحراف با یک نقطه لیزر بازتاب یافته از بالای پایه به سوی مجموعه‌ای از فتودیود[2]ها، اندازه‌گیری می‌شود. نقشه سطح حاصل‌شده، موقع‌نگاری نمونه را نمایش می دهد.

ت-۲-۷-۹ تحلیل نتایج اندازه‌گیری

هنگامی‌که (دامنه اندازه‌گیری) یا نتایج به‌طور متقابل، مورد توافق قرار گرفت، روش‌های نمونه‌برداری و اندازه‌گیریی که باید اجرا شود، بایستی توسط مشتری و مجری عملیات، طراحی، قبول، تحلیل و مستند گردند. درجات تمیزی سطح از نظر غلظت ذرّات باید به منظور درجه‌بندی، به کار روند به خصوص اگر باید وجوه اضافی در هنگام مقایسه موقعیت‌ها یا سامانه‌های جداگانه را پوشش داد یا وقتی باید نتایج اندازه‌گیری با روش‌های مشابه اندازه‌گیری (آئروسل[3]، آب‌ویز[4]) را با هم مقایسه نمود.

ت-۳ مستندسازی تمیزی سطوح از نظر غلظت ذرّات

1- Scanning probe
2- Photo diode
3- Aerosol
4- Hydrosol

مستندات باید شامل کلیه اطلاعات ضروری به شرح بند ۶-۳ (مانند شرایط تمیزی و سازگارپذیری اتاق تمیز) باشد تا بازآوری[1] اندازه‌گیری ذرّات را امکان‌پذیر نماید.

1- Reproducibility

پیوست ث

(اطلاعاتی)

کتابنامه

1- ISO 4287:1997, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Terms, definitions and surface texture parameters

2- ISO 4288:1996, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Rules and procedures for the assessment of surface texture

3- ISO 5725-2:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method

4- ISO 10015:1999, Quality management — Guidelines for training

5- ISO 10576-1:2003, Statistical methods — Guidelines for the evaluation of conformity with specified requirements — Part 1: General principles

6- ISO 16232-2:2007, Road vehicles — Cleanliness of components of fluid circuits — Part 2: Method of extraction of contaminants by agitation

7- ISO 16232-3:2007, Road vehicles — Cleanliness of components of fluid circuits — Part 3: Method of extraction of contaminants by pressure rinsing

8- ISO 16232-4:2007, Road vehicles — Cleanliness of components of fluid circuits — Part 4: Method of extraction of contaminants by ultrasonic techniques

9- ISO 16232-5:2007, Road vehicles — Cleanliness of components of fluid circuits — Part 5: Method of extraction of contaminants on functional test bench

10- ISO/TS 21748:2004, Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation

11- IEC 61340-5-1:2007, Electrostatics — Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena — General requirements

12- ASTM E18-07, Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials

13- ASTM E1216-06, Standard Practice for Sampling for Particulate Contamination by Tape Lift

14- ASTM F312-08, Standard Test Methods for Microscopical Sizing and Counting Particles from Aerospace Fluids on Membrane Filters

15- ASTM F24-09, Standard Method for Measuring and Counting Particulate Contamination on Surfaces

16- ASTM F303-08, Standard Practice for Sampling for Particles in Aerospace Fluids and Components

17- CLC/TR 61340-5-2:2008, Electrostatics — Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena; User guide

18- IEST-RP-CC022.2-2004, Electrostatic charge in cleanrooms and other controlled environments

19- IEST-STD-CC1246D, Product Cleanliness Levels and Contamination Control Program

20- SEMI E43-0301, Guide for Measuring Static Charge on Objects and Surfaces

21- SEMI E78-0706, Guide to Assess and Control Electrostatic Discharge (ESD) and Electrostatic Attraction (ESA) for Equipment

22- Adamson, A.W. Physical Chemistry of Surfaces, John Wiley & Sons, New York, 1976