استاندارد بین‌المللی

ISO
۱۴۶۳

چاپ چهارم
۰۵ ـ ۲۰۲۱

روکش‌های فلزی و اکسیدی- اندازه‌گیری ضخامت روکش- روش میکروسکوپی

فهرست صفحه

پیش‌گفتار ----------۴
۱ حوزهٔ فعالیت ----------۶
۲ مرجع‌های دستوری ----------۶
۳ اصطلاحات و تعریف‌ها ----------۶
۳ـ۱ ضخامت موضعی ----------۷
۴ اصول ----------۷
۵ عوامل مربوط به عدم قطعیت اندازه‌گیری ----------۷
۵-۱ زبری سطح ----------۷
۵-۲ سطح مقطع اریب ----------۷
۵-۳ تغییرشکل روکش ----------۸
۵-۴ گرد کردن لبهٔ روکش ----------۸
۵-۵ اضافه‌روکش ----------۸
۵-۶ اِچینگ (اسیدسابی) ----------۸
۵-۷ لکه‌گیری ----------۹
۵-۸ بزرگنمایی ----------۹
۵-۹ کالیبراسیون میکرومتر تراز ----------۹
۵-۱۰ کالیبراسیون دستگاه اندازه‌گیری طول میکروسکوپ ----------۹
۵-۱۰-۱ عدسی چشمی میکرومتر ----------۹

۵-۱۰-۲ پردازش تصویر دیجیتال ---------- ۱۰
۵-۱۱ یکنواختی بزرگنمایی ---------- ۱۱
۵-۱۲ کیفیت لنز ---------- ۱۱
۵-۱۳ جهت خطوط اندازه‌گیری ----------۱۱
۵-۱۴ طول لوله ----------۱۲
۶ آماده‌سازی مقاطع ----------۱۲
۷ اندازه‌گیری ----------۱۲
۸ عدم قطعیت اندازه‌گیری ----------۱۳
۹ گزارش آزمایش ----------۱۳
ضمیمهٔ A (دستوری) راهنمای آماده‌سازی و اندازه‌گیری مقاطع ----------۱۵

پیش‌گفتار

ایزو ISO مخفف سازمان بین‌المللی استاندارد، فدراسیونی جهانی متشکل از هیئت‌های استاندارد ملی (هیئت‌های عضو ایزو) است. تهیهٔ استانداردهای بین‌المللی به‌طور معمول از طریق کمیته‌های فنی ایزو انجام می‌شود. هر یک از هیئت‌های عضو حق دارد در کمیته‌ای فنی مورد علاقه‌اش نماینده داشته باشد. سازمان‌های بین‌المللی، دولتی و غیردولتی نیز با همکاری ایزو در این کار مشارکت دارند. ایزو با کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیکی (IEC) در مورد تمام موارد استانداردسازی الکتروتکنیکی همکاری نزدیک دارد.

شیوه‌های مورد استفاده برای پیشبرد این سند و همچنین روش‌های مورد نظر برای نگهداری بهتر آن، در رهنمودهای ISO/IEC، قسمت۱ توضیح داده شده‌اند. به‌خصوص، ملاک‌های گوناگون تأیید برای اسناد مختلف ایزو باید مورد توجه قرار گیرند. این سند مطابق با قوانین ویرایشی رهنمودهای ISO/IEC، قسمت۲ نوشته شده است (www.iso.org/directives را ملاحظه کنید).

این امکان را نیز باید مورد توجه قرار داد که برخی عناصر این سند ممکن است موضوع حق ثبت انحصاری باشد. ایزو در قبال شناسایی هیچکدام از این حقوق ثبتی مسئولیتی ندارد. جزئیات هر حق ثبت شناسایی‌شده‌ای در طول پیشبرد این سند در مقدمه و/ یا در فهرست اظهارنامه‌های دریافتی مربوط به ثبت انحصاری ایزو خواهد بود (www.iso.org/patents را ملاحظه نمایید).

نام‌های تجاری مورد استفاده در این سند، صرفاً اطلاعاتی است که برای راحتی کاربران ارائه شده و به منزلهٔ تأیید آنها نیست.

برای توضیح ماهیت افتخاری استانداردها، معنی واژه‌ها و عبارات خاص ایزو، مرتبط با ارزیابی سازگاری بعلاوه اطلاعاتی دربارهٔ پایبندی ایزو به قوانین سازمان تجارت جهانی (WTO) در بازدارنده‌های فنی تجارت (TBT) ، به www.iso.org/iso/foreword.html مراجعه کنید.

این سند توسط کمیتهٔ فنی ISO/TC ۱۰۷ ، روکش‌های فلزی و غیرآلی، با همکاری کمیتهٔ فنی استانداردسازی اروپا CEN/TC ۲۶۲، روکش‌های فلزی و سایر روکش‌های معدنی، از جمله برای حفاظت در برابر خوردگی و تستِ خوردگی تهیه شده است. فلزات و آلیاژها، طبق توافق‌نامهٔ همکاری فنی بین ایزو و CEN (توافقنامه وین)، تهیه شده است.

این سند، ویرایش چهارم و بازنگری فنی ویرایش سوم (ISO ۱۴۶۳:۲۰۰۳) است که آن را لغو کرده و جایگزینش می‌شود.

تغییرات اصلی به قرار زیر است:

ـ پردازش تصویر دیجیتال برای میکروسکوپ‌های نوری اضافه شده است.

ـ نکات و روش‌های بیشتری برای تهیهٔ ریزمقطع‌ها اضافه شده است.

ـ یک دستور اسیدسابی (اِچینگ) خطرناک از ضمیمهٔ C حذف شده است.

هرگونه بازخورد یا سؤال در مورد این سند باید به سازمان استاندارد ملی مربوطه‌اش ارسال شود.

فهرست کاملی از این سازمان‌ها را می‌توان در سایت www.iso.org/members.html یافت.

روکش‌های فلزی و اکسیدی- اندازه‌گیری ضخامت روکش- روش میکروسکوپی

هشدار ـ استفاده از این سند، مواد، عملیات و تجهیزات خطرناکی را در برگرفته است. این سند قصد ندارد به تمام مشکلات ایمنی مرتبط با استفاده از آن‌ها بپردازد. مسئولیت با کاربران این سند است که قبل از اِعمال این سند، اقدامات لازم برای اطمینان از ایمنی و سلامت پرسنل خود را انجام دهند.

۱ ـ حوزهٔ فعالیت

این سند با بررسی میکروسکوپی مقاطع عرضی و با استفاده از میکروسکوپ نوری، روشی را برای اندازه‌گیری ضخامت موضعی روکش‌های فلزی، لایه‌های اکسیدی و روکش‌های چینی و لعاب‌های متفاوت دیگر مشخص می‌کند.

۲ ـ مرجع‌های دستوری

این سند هیچگونه مرجع دستوری ندارد.

۳ـ اصطلاحات و تعریف‌ها

به منظور اهداف این سند، اصطلاحات و تعریف‌های زیر اعمال می‌شود:

ISO و IEC پایگاه داده‌های اصطلاحات را به منظور استانداردسازی در آدرس‌های زیر اداره می‌کنند:

ـ سیستم عامل مرورگر آنلاین ISO: موجود در https://www.iso.org/obp

ـ IEC Electropedia: موجود در http://www.electropedia.org

۱ـ۳

ضخامت موضعی

میانگین ضخامت تعدادی مشخص در موضعی مشخص که اندازه‌گیری شده است.

(منبع: ISO: ۲۰۶۴:۱۹۹۶,۳.۴)

۴- اصول

بخشی از نمونهٔ آزمایشی بریده و کار گذاشته می‌شود. سطح مقطع کارگذاشته‌شده با روش‌های مناسب آسیاب، پرداخت و اسیدسابی (اِچینگ) آماده می‌شود. ضخامت سطح مقطع روکش با استفاده از مقیاسی کالیبره‌شده اندازه‌گیری می‌شود.

نکته: این روش‌ها برای فلزنگارهای (متالوگرافرهای) باتجربه آشناست، با این حال، راهنمایی‌هایی برای اپراتورهای کم‌تجربه‌تر در بند ۵ و ضمیمهٔ A ارائه شده است.

۵- عوامل مربوط به عدم قطعیت اندازه‌گیری

۱ـ۵

زبری سطح

اگر روکش یا زیرلایهٔ آن دارای سطحی ناصاف باشد، ممکن است یک یا هر دو سطح مشترک محدودکنندهٔ مقطع روکش، بیش از حد نامنظم باشند و در نتیجه امکان اندازه‌گیری دقیق را فراهم نمی‌کنند (A.۶ را ببینید).

۲ـ۵

سطح مقطع اریب

اگر سطح مقطع بر سطح روکش عمود نباشد، ضخامت اندازه‌گیری‌شده بیشتر از ضخامت واقعی خواهد بود، برای مثال، مقطعی با داشتن ۱۰ درجه نسبت به سطح عمود، عدم قطعیتی ۱/۵٪ می‌دهد.

نکته: B۱ در مورد سطوح اریب راهنمایی می‌کند.

۵ ـ ۳

تغییرشکل روکش

تغییرشکل زیان‌بخش روکش بر اثر دما یا فشار بیش از حد به هنگام نصب و آماده‌سازی مقاطع روکش‌های نرم یا روکش‌هایی که در دمای پایین ذوب می‌شوند و همچنین بر اثر سایش بیش از حد مواد ترد، هنگام آماده‌سازی مقاطع ایجاد می‌شود.

۵ ـ ۴

گرد کردن لبهٔ روکش

اگر لبهٔ مقطع روکش گرد باشد، یعنی اگر مقطع روکش تا لبه‌های آن کاملا صاف نباشد، ضخامت واقعی را نمی‌توان به صورت میکروسکوپی مشاهده کرد. گرد شدن لبه‌ها به‌خاطر نصب، سنگ‌زنی، پرداخت یا اِچینگ نامناسب ایجاد می‌شود. معمولا با اضافه‌روکش قبل از نصب نمونهٔ آزمایشی این مشکل به حداقل می‌رسد (A.۲ را ملاحظه نمایید).

۵ ـ ۵

اضافه‌روکش

اضافه‌روکش نمونهٔ آزمایشی، از لبه‌های روکش هنگام آماده‌سازی مقاطع حفاظت و درنتیجه از اندازه‌گیری غلط جلوگیری می‌کند. حذف مواد روکش برای اضافه‌روکش در هنگام آماده‌سازی سطح، منجر به اندازهٔ کم ضخامت می‌شود.

۵ ـ ۶

اِچینگ (اسیدسابی)

در اچینگ خوب، خط تیره‌ای کاملا واضح و باریک در سطح مشترک دو فلز ایجاد می‌شود. اچینگ زیاده از حد، باعث ایجاد خطی کم‌وضوح یا پهن و در نتیجه اندازه‌گیری غلط می‌شود.

۵ ـ ۷

لکه‌گیری

صیقل‌کاری یا روکش‌کاری (آبکاری) اضافی نادرست با فلزی نرم‌تر، موجب لکه‌دارشدن فلزی بر فلز دیگر می‌شود و مرز بین روکش و زیرلایه را پنهان می‌کند. این مشکل را می‌توان با تکرار آماده‌سازی مقطع فلز روکش‌دار تا زمانی که امکان اندازه‌گیری مجدد ضخامت به‌دست آید (به A.۳ و A.۵ مراجعه کنید) و همچنین با اضافه‌روکشی با فلز سخت‌تر، کاهش داد.

۵ ـ ۸

بزرگنمایی

به ازای هر ضخامت روکش مفروضی، معمولا عدم قطعیت اندازه‌گیری با کاهش بزرگنمایی افزایش می‌یابد. بزرگ‌نمایی باید طوری انتخاب شود که میدان دید بین ۱/۵ تا ۳ برابر ضخامت روکش باشد.

۵ ـ ۹

کالیبراسیون میکرومتر تراز

هرگونه عدم قطعیت در کالیبراسیون میکرومتر تراز، در اندازه‌گیری نمونه منعکس خواهد شد. از یک استاندارد طول مناسب و قابل ردیابی باید استفاده شود.

۵ ـ ۱۰

کالیبراسیون دستگاه اندازه‌گیری طول میکروسکوپ

۵ ـ ۱۰ ـ ۱ عدسی چشمی میکرومتر

عدسی چشمی میکرومتر فیلار، وسایل اطمینان‌بخشی برای اندازه‌گیری نمونه فراهم می‌کند. اندازه‌گیری از کالیبراسیون عدسی چشمی دقیق‌تر نخواهد شد. چنانچه کالیبراسیون بستگی به اپراتور داشته باشد، عدسی چشمی باید توسط شخصی که اندازه‌گیری را انجام می‌دهد، کالیبره شود.

کالیبراسیون عدسی چشمی میکرومتر به‌طور منطقی کمتر از ۱٪ است. باید دانست فاصلهٔ بین دو خط میکرومتر تراز مورد استفاده در کالیبراسیون باید نزدیک ۲/ ۰ میکرومتر یا ۰/۱ ٪ هر کدام بیشتر بود، باشد.

برخی پراکندگی تصویر عدسی‌های چشمی میکرومتری دارای خواص غیرخطی‌اند که عدم قطعیت تا ۱٪ را برای اندازه‌گیری فواصل کوتاه ایجاد می‌کنند.

عدم قطعیت‌ها با واکنش منفی حرکت عدسی چشمی میکرومتری ایجاد می‌شوند. برای جلوگیری از این نوع عدم قطعیت، اطمینان حاصل کنید حرکت نهایی در مدت تراز خط مویی، همواره در یک جهت انجام شود.

۵ ـ ۱۰ ـ ۲ پردازش تصویر دیجیتال

امروزه میکروسکوپ‌های با لولهٔ سه‌چشمی، آداپتورهای دوربین با لنزهای منعکس‌کننده و دوربین‌های دیجیتال متصل به رایانهٔ مجهز به نرم‌افزار ضبط و پردازش تصویر، از هنرهای پیشرفته هستند. دیگر اندازه‌گیری همانند ۵ ـ ۱۰ ـ ۱ ، دقیق‌تر از تنظیم و کالیبراسیون عملکرد اندازه‌گیری طول (ترکیب سخت‌افزار و نرم‌افزار) نخواهد بود.

برای تنظیم، تصاویر دیجیتالی میکرومتر صحنه (در هر دو جهت موازی محورهای x و y تصویر) برای هر ترکیب از موضوع، در صورت وجود تغییردهندهٔ بزرگنمایی واسط و تنظیم وضوح دوربین (رزولوشن کامل و تنظیمات معمول پیکسل‌های ترکیبی) ضبط می‌شود. طول در فضای شیء نشان داده شده توسط یک پیکسل تصویر دیجیتال با اندازه‌گیری فاصلهٔ شناخته‌شده بر میکرومتر صحنه با عملکرد مربوطهٔ نرم‌افزار، محاسبه و سپس در نرم‌افزار ذخیره می‌شود. معمولا تصاویر پس از چنین تنظیماتی، به صورت «کالیبره‌شده» ثبت می‌شوند، یعنی با ضریب میکرومتر بر پیکسل مختص تصویر، با انتخاب موضوع، در صورت وجود تغییردهندهٔ بزرگنمایی واسط و تنظیمات پیکسلی دوربین در نرم‌افزار، در زمان ثبت تصویر.

تنظیم و/ یا کالیبراسیون برای مدت طولانی پایدار است. علاه بر این، تا زمانی که تغییری در لوله اعمال نشود، در صورت وجود رابط تغییردهندهٔ بزرگنمایی و تا زمانی که از همان وضوح دوربین (تعداد پیکسل‌ها در جهت x و y) برای تنظیم و/ یا کالیبراسیون و اندازه‌گیری استفاده شود، آداپتور دوربین یا خود دوربین به اپراتور وابسته نیستند. به‌طور معمول، ثبت تصاویر در فواصل معین زمانی از میکرومتر صحنه و اندازه‌گیری فواصل شناخته‌شده کافی است. زمانی که انحراف بین طول اندازه‌گیری‌شده و طول مورد تأیید، کمتر از حد معقول عدم قطعیت برای اندازه‌گیری‌های طول است، به عنوان مثال۱٪ ،که آزمایشگاه به دنبال آن است، کالیبراسیون هنوز معتبر است و نیازی به تنظیم مجدد نیست.

۵ ـ ۱۱

یکنواختی بزرگنمایی

اگر بزرگنمایی در کل میدان دید یکنواخت نباشد، عدم قطعیت رخ می‌دهد. بنابراین، اطمینان حاصل کنید که هم کالیبراسیون و هم اندازه‌گیری در قسمتی از میدان دید با محدوده‌های اندازه‌گیری‌شده مبتنی بر محور بصری انجام می‌شود.

۵ ـ ۱۲

کیفیت لنز

از آنجا که عدم وضوح تصویر به عدم قطعیت اندازه‌گیری کمک می‌کند، اطمینان حاصل کنید که از لنزهای با کیفیت خوب استفاده می‌شود.

نکته: گاهی اوقات، وضوح تصویر را می‌توان با استفاده از نور تک‌رنگ بهبود بخشید.

۵ ـ ۱۳

جهت خطوط اندازه‌گیری

اطمینان حاصل کنید که حرکت مویی عدسی چشمی برای تراز یا خط اندازه‌گیری نرم‌افزار پردازش تصویر دیجیتالی، عمود بر محدودهٔ سطح مقطع روکش است، به‌عنوان مثال عدم تراز ۱۰درجه موجب عدم قطعیت ۱/۵٪ می‌شود.

۵ ـ ۱۴

طول لوله

تغییر در طول لوله موجب تغییر در بزرگنمایی می‌شود و اگر این تغییر بین زمان کالیبراسیون و زمان اندازه‌گیری رخ دهد، این اندازه‌گیری در عدم قطعیت شکل خواهد گرفت. مراقب باشید از تغییر در طول لوله اجتناب کنید، چرا که ممکن است زمانی که عدسی چشمی در داخل لوله جابجا می‌شود، زمانی که فوکوس لوله عدسی چشمی تغییر می‌کند، زمانی که آداپتور دوربین تغییر موقعیت می‌دهد یا عوض می‌شود و زمانی که برای برخی میکروسکوپ‌ها فوکوس دقیق تنظیم شده است، این مسئله رخ دهد.

۶

آماده‌سازی مقاطع

نمونه را آماده و نصب کنید، بسابید، صیقل دهید و اسیدسابی (اِچینگ) کنید، طوری‌که:

الف) برش عرضی (مقطع) عمود بر روکش باشد.

ب) سطح تخت باشد و تمام عرض تصویر روکش در بزرگنمایی مورد استفاده برای اندازه‌گیری، هم‌زمان با هم واضح باشد.

پ) تمام موادِ تغییر شکل یافته بر اثر برش خارج شده باشند.

ت) محدودهٔ مقطع روکش جز با داشتن ظاهری متضاد یا با خطی باریک و کاملا روشن، به‌وضوح مشخص نمی‌شود.

نکته: راهنمایی‌های بیشتر در بند ۵ و در ضمیمهٔ A ارایه شده است. برخی اسیدسابی‌های (اچینگ‌های) معمول در ضمیمهٔ C توضیح داده شده‌اند.

۷

اندازه‌گیری

۷ ـ ۱ به عوامل ذکر شده در بند ۵ و ضمیمهٔ A توجه لازم را مبذول دارید.

۷ ـ ۲ میکروسکوپ و دستگاه اندازه‌گیری‌اش را با میکرومتر تراز تأیید یا مدرج شده، کالیبره کنید.

۷ ـ ۳ عرض تصویر سطح مقطع روکش را حداقل در پنج نقطه از طول مقطع اندازه‌گیری کنید.

نکته: راهنمایی دربارهٔ اندازه‌گیری روکش‌های اریبی سطح مقطع و اریبی دندانه‌ای‌ساز در ضمیمهٔ B ارائه شده است.

۸

عدم قطعیت اندازه‌گیری

استفاده، کالیبره و روش آماده‌سازی مقطع برای میکروسکوپ و تجهیزات همراهش، باید به گونه‌ای باشد که بگذارد ضخامت روکش در محدودهٔ یک میکرون یا ۱۰٪ ، هرکدام بیشتر بود، شود. این روش قادر است اندازهٔ مطلق عدم قطعیت ۰/۸ میکرون و برای ضخامت بیشتر از ۲۵ میکرون، عدم قطعیتی با اندازه منطقی ۵٪ یا بهتر را نشان دهد (همچنین به B.۳ مراجعه کنید). با این حال، با آماده‌سازی دقیق نمونه و به‌کارگیری ابزار مناسب، این روش قادر به تأمین عدم قطعیت اندازه‌گیری ۰/۴ میکرون تحت شرایط تکرارپذیر است.

۹

گزارش آزمایش

گزارش آزمایش باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف) مرجعی برای این سند، یعنی ISO۱۴۶۳:۲۰۲۱

ب) شناسه یا هویت نمونه آزمایشی

پ) نتایج آزمایش، نشان‌دهندهٔ :

۱ ـ محل قطعهٔ روکش‌شده که مقطع در آن ساخته شده است

۲ ـ اندازهٔ ضخامت در هر نقطه، برحسب میکرون (درصورتی که بیش از ۱ میلیمتر باشد، برحسب میلیمتر) در هر نقطه (۷ ـ۳ را ملاحظه نمایید).

۳ ـ ضخامت موضعی، یعنی میانگین عددی ضخامت‌های اندازه‌گیری‌شده

ت) هرگونه انحراف از روش‌های مشخص‌شده

ث) هر ویژگی غیرعادی (ناهنجاری) مشاهده‌شده در طول آزمایش

ج) تاریخ آزمایش.