



سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization

استاندارد ملی ایران ۱-۲۳۸۲۴: سال ۱۴۰۴

INSO 23824-1:2025

(ISO 24261-1:2020, IDT)

فناوری نانو - فناوری حباب ریز - روش حذف برای مشخصه‌یابی
نمونه - قسمت ۱: رویه ارزشیابی

**Nanotechnologies - Fine bubble technology - Elimination method for
sample characterization - Part 1: Evaluation procedure**

ICS: 07.030

استاندارد ملی ایران ۱-۲۳۸۲۴: سال ۱۴۰۴، فناوری نانو - فناوری حباب ریز - روش حذف برای مشخصه‌یابی
نمونه - قسمت ۱: رویه ارزشیابی

**INSO 23824-1:2025, Nanotechnologies -Fine bubble technology - Elimination method for
sample characterization - Part 1: Evaluation procedure**

Published by:

**Iran National Standards Organization
(INSO)**

ناشر:

سازمان ملی استاندارد ایران

Tehran:

No. 2592, Valiasr Avenue, Vanak Square,
Tehran

Postal code: 1435694561

P.O. Box: 14155-6139

Tel: +98 21 88879461-5

Fax: +98 21 88887103

تهران:

تهران، میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

کد پستی: ۱۴۳۵۶۹۴۵۶۱

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹

تلفن: ۰۲۱ ۸۸۸۷۹۴۶۱-۵

دورنگار: ۰۲۱ ۸۸۸۸۷۱۰۳

Karaj:

Standard Square, Karaj

Postal code: 3174734563

P.O. Box: 31585-163

Tel: +98 26 32806031-8

Fax: +98 26 32808114

کرج:

کرج، میدان استاندارد

کد پستی: ۳۱۷۴۷۳۴۵۶۳

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳

تلفن: ۰۲۶ ۳۲۸۰۶۰۳۱-۸

دورنگار: ۰۲۶ ۳۲۸۰۸۱۱۴

standard@inso.gov.ir

www.inso.gov.ir



به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

اولین گام نظام‌مند در حوزه استانداردسازی در ایران در سال ۱۳۰۴ با تصویب قانون اوزان و مقیاس‌ها برداشته شد. در سال ۱۳۳۲ با توجه به نیاز کشور به تشکیلاتی خاص برای انجام فعالیت‌های مرتبط با نظارت و انطباق کالاها با استانداردهای مرتبط از جمله کالاهای صادراتی، مرحله مطالعاتی راه‌اندازی اداره استاندارد آغاز و در سال ۱۳۳۹ قانون تأسیس مؤسسه استاندارد مصوب شد.

در سال ۱۳۴۴ با افزایش توانمندی‌های مؤسسه در زمینه‌های مختلف از جمله تدوین استانداردهای ملی، نظارت بر کیفیت کالاهای تولید داخل، صادراتی و وارداتی، توسعه فعالیت‌های آزمایشگاهی و صدور گواهی‌نامه‌های مرتبط و پس از تأسیس آزمایشگاه‌های تخصصی، با تصویب اساسنامه مؤسسه در مجلس شورای ملی، نام مؤسسه استاندارد به مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تغییر یافت.

در سال ۱۳۹۶ به موجب قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد و با هدف افزایش پوشش استاندارد به تمامی محصولات، روزآمدسازی، تقویت، توسعه و ترویج استانداردها و تحکیم جایگاه مؤسسه در سطح کشور، عنوان مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر یافت.

به موجب این قانون، سازمان ملی استاندارد ایران به عنوان یک دستگاه اجرایی مستقل زیر نظر مستقیم رئیس جمهور اداره می‌شود و مرجع رسمی حاکمیتی در زمینه سیاست‌گذاری، حسن نظارت و هدایت نظام استاندارد و اطمینان بخشی به کیفیت کالاها و خدماتی است که در داخل کشور تولید، ارائه و/یا به کشور وارد یا از کشور صادر می‌شود.

فعالیت‌های سازمان ملی استاندارد ایران در چهار محور انجام می‌شود، در اینجا به برخی از فعالیت‌های هر محور اشاره شده است:

۱- استانداردسازی: تعیین، تدوین، به‌روزرسانی و نشر استانداردهای ملی، مشارکت در تدوین استانداردهای منطقه‌ای و بین‌المللی از طریق عضویت فعال در کارگروه‌های فنی، آموزش و ترویج استانداردها و فراهم کردن امکان دسترسی مردم به مشخصات و اطلاعات مربوط به استانداردهای کالا و خدمات در سطح کشور؛

۲- اندازه‌شناسی: برنامه‌ریزی و نظارت بر امور اندازه‌شناسی قانونی کشور، ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها به عنوان سامانه رسمی اندازه‌شناسی قانونی در کشور و واسنجی وسایل سنجش؛

۳- تأیید صلاحیت: تأیید صلاحیت نهادهای ارزیابی انطباق مانند آزمایشگاه‌های آزمون و واسنجی، نهادهای بازرسی‌کننده داخلی و خارجی، نهادهای گواهی‌کننده محصول، گواهی‌کننده اشخاص حقیقی و حقوقی و گواهی‌کننده سامانه‌های مدیریتی؛

۴- ارزیابی انطباق: نظارت بر حسن اجرای استانداردها و تمام کالاها و خدمات دارای پروانه کاربرد نشان استاندارد، کنترل کیفیت کالاهای وارداتی به منظور جلوگیری از ورود کالاهای نامرغوب و حمایت از مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان داخلی، کنترل کیفیت کالاهای صادراتی به منظور فراهم کردن امکان رقابت با کالاهای مشابه خارجی و حفظ بازارهای بین‌المللی.

در حوزه تدوین استانداردهای ملی، سازمان ملی استاندارد ایران از طریق نیازسنجی و جمع‌آوری اطلاعات از وزارتخانه‌ها، سازمان‌ها، واحدهای تولیدی و خدماتی، مراکز علمی، دانشگاهی و پژوهشی، کارگروه‌های فنی، اتحادیه‌ها و انجمن‌های صنفی و صنعتی و دفاتر تخصصی سازمان نسبت به برگزاری کارگروه ملی برنامه‌ریزی استاندارد و تعیین اولویت‌های تدوین و تجدیدنظر استانداردها اقدام می‌کند.

براساس روش اجرایی فرایند تدوین استانداردهای ملی، تهیه پیش‌نویس استانداردهای ملی به دبیران واجد شرایط واگذار می‌شود تا این پیش‌نویس‌ها را براساس منابع معتبر، دستاوردهای علمی، فناوری‌های نوآیند و تجربه جمعی، با هدف ارتقای منافع جامعه تدوین کنند. پیش‌نویس استانداردها سپس به منظور نظرسنجی برای مراجع ذی‌نفع و ذی‌ربط ارسال و در کارگروه ملی تصویب استاندارد، مطرح و در صورت تأیید به عنوان استاندارد ملی مصوب می‌شوند. استانداردهای مصوب پس از اختصاص شماره ملی از طریق درگاه اطلاع‌رسانی سازمان در دسترس عموم قرار می‌گیرند.

آشنایی با استانداردهای تخصصی دستگاههای اجرایی

در راستای قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ماده ۳، تبصره ۳ که به موجب آن تمامی دستگاههای اجرایی وظیفه دارند در راستای توسعه استانداردهای ملی، استانداردهای دستگاه اجرایی مربوط را در کمیسیونهای ذی ربط طرح و تدوین کرده و سپس برای بررسی و تصویب در کارگروههای ملی تصویب استاندارد به سازمان ملی استاندارد ارائه کنند، ستاد توسعه فناوریهای نانو و میکرو با بهره گیری از تخصص و توانمندی ذی ربطان نسبت به تهیه این استاندارد ملی اقدام کرده است.

برای آشنایی با فعالیتهای صورت گرفته در ستاد توسعه فناوریهای نانو و میکرو به وبگاه www.nano.ir مراجعه شود.

کمیسیون تدوین استاندارد

سمت و محل اشتغال

مشارکت کنندگان

رئیس:

عضو هیئت علمی بازنشسته دانشگاه شهید بهشتی

فاضلی، مجتبی

دکتری مهندسی محیط زیست

دبیر:

کارشناس سازمان ملی استاندارد ایران و دبیر کارگروه فنی فناوری

شاگری، روشنگر

حباب ریز INSO/ISO/TC 281

کارشناسی ارشد فیزیک اتمی و مولکولی

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

عضو هیئت علمی و رئیس مرکز پژوهشی استحصال آب از منابع

تیزقدم غازانی، مصطفی

غیرمتعارف دانشگاه شهید بهشتی

دکتری مهندسی محیط زیست

کارشناس دفتر حفاظت و مدیریت زیست محیطی آب و خاک

رستمی، اقبال

سازمان حفاظت محیط زیست

دکتری مهندسی محیط زیست

عضو هیئت علمی و رئیس مرکز آموزش های تخصصی دانشگاه

رشیدی مهرآبادی، عبدالله

شهید بهشتی

دکتری مهندسی محیط زیست

رئیس هیئت مدیره شرکت راصد توسعه فناوری های پیشرفته و

سهرابی جهرمی، ابوذر

رئیس کارگروه فنی فناوری حباب ریز INSO/ISO/TC281

دکتری فناوری نانو

مشاور گروه استاندارد و ایمنی ستاد توسعه فناوری های نانو و

سیفی، مهوش

میکرو و نایب رئیس کارگروه فنی فناوری نانو

کارشناسی ارشد مدیریت دولتی

INSO/ISO/TC229

عضو هیئت علمی بازنشسته پژوهشگاه صنعت نفت و مدیر تحقیق

صادق حسنی، صدیقه

و توسعه شرکت آرال تجهیز آزما

دکتری شیمی تجزیه - الکتروشیمی

مدیر کیفیت شرکت مهندسی نوآوران ژرفانگر ایرانیان

فاضلی ویسری، سمیه

مدیر آزمایشگاه دینامیک سیالات محاسباتی دانشکده فناوری های

کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه

نوبین و مهندسی هوافضای دانشگاه شهید بهشتی

مخدوم، عادل

دکتری مهندسی هوا فضا

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
و	پیشگفتار
ز	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ الزامات
۲	۱-۴ نمونه
۲	۲-۴ ابزار دقیق اندازه گیری
۳	۵ محیط
۳	۶ ارزشیابی بازده حذف حباب ریز
۳	۱-۶ کلیات
۳	۲-۶ نرخ کاهش
۴	۳-۶ تایید انبوهش آلاینده ها
۴	۴-۶ رویه ارزشیابی حذف حباب ریز
۵	۷ گزارش آزمون
۵	۱-۷ گزارش نتایج آزمون
۶	۲-۷ گزارش شرایط آزمون
۷	پیوست «الف» (آگاهی دهنده) شبیه سازی های فرایند حذف حباب های ریز
۱۰	پیوست «ب» (آگاهی دهنده) کاهش غلظت ناشی از حذف حباب های ریز و انبوهش ذرات
۱۳	کتابنامه
۱۴	فهرست الفبایی واژه های به کاررفته به ترتیب الفبای فارسی
۱۴	فهرست الفبایی واژه های به کاررفته به ترتیب الفبای انگلیسی

پیشگفتار

این استاندارد به استناد قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ماده ۷، بند ۱، مصوب ۱۳۹۶/۱۰/۰۲ منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران براساس استاندارد ملی ایران ۵ و روش اجرایی تدوین استانداردهای ملی ایران تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفتهای ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم، فناوری و خدمات، استانداردهای ملی در صورت لزوم تجدیدنظر شده یا برای آنها اصلاحیه و/یا تصحیح‌نامه منتشر می‌شود.

این استاندارد در جلسه شماره ۱۶۴ مورخ ۱۴۰۴/۰۸/۰۵ کارگروه ملی تصویب استانداردهای فناوری نانو مصوب شده است.

این استاندارد بر مبنای پذیرش منبع زیر به روش «همسان» تهیه و تدوین شده است:

– ISO 24261-1:2020, *Nanotechnologies - Fine bubble technology - Elimination method for sample characterization - Part 1: Evaluation procedure*

مقدمه

به تازگی کاربرد فناوری حباب‌های ریز در بازارهایی مانند تمیزکاری، تصفیه آب، کشاورزی، آبی‌پروری و همچنین حوزه‌های زیست‌پزشکی شاهد رشد بوده است. اکنون، روش‌هایی برای ارزشیابی سامانه‌های تولید این حباب‌ها الزامی است. به‌ویژه، مشخصه‌هایی مانند شاخص‌های غلظت عددی و اندازه حباب‌های ریز برای این ارزشیابی‌ها اجتناب‌ناپذیر است.

علاوه‌براین، پراکنه حباب ریز در آب می‌توانند حاوی ذرات جامد و مایع دیگری باشد. این مسئله یک نگرانی جدی است، زیرا ممکن است ارزشیابی مشخصه‌های حباب‌های ریز را غیرممکن سازد. به همین دلیل، رسیدگی به این نگرانی یک وظیفه فوری است.

روش‌های اندازه‌گیری متعددی به‌طور گسترده برای ارزشیابی شاخص‌های غلظت عددی و اندازه ذرات استفاده می‌شوند. با این حال، روش‌های اندکی برای تمایز حباب‌ها از سایر ذرات در پراکنه‌های حباب ریز وجود دارد.

راهکار حل این مشکل، استفاده از پدیده‌ای است که طی آن حباب‌ها پس از حل شدن و شناورسازی بدون هیچ‌گونه باقی‌مانده‌ای حذف می‌شوند. اگر روشی برای حذف حباب‌های ریز در یک گستره اندازه مشخص شناخته شود، امکان متمایز کردن حباب‌های ریز از سایر ذرات جامد و مایع وجود دارد. ذرات حذف‌شده می‌توانند همان حباب‌های ریز باشند. اگر بیشتر حباب‌های ریز کاهش یابند، محلولی که فاقد حباب‌های ریز است، می‌تواند به‌عنوان محلول شاهد^۱ برای اندازه‌گیری‌ها به‌عنوان پس‌زمینه استفاده شود. از آنجایی که انتظار می‌رود فنون حذف حباب‌های ریز در آینده توسعه یابند، استانداردسازی این فنون و روش‌های ارزشیابی آن‌ها الزامی است.

هدف این استاندارد تعیین روش ارزشیابی بازده حذف حباب‌های ریز از پراکنه‌های حباب‌های ریز در آب است. استانداردسازی برای ارزشیابی بازده حذف حباب‌های ریز، امکان مقایسه آسان و واضح بین فنون مختلف حذف را فراهم و به بهینه‌سازی شرایط برای هر یک از این فنون کمک می‌کند.

¹ blank solution

فناوری نانو - فناوری حباب ریز - روش حذف برای مشخصه‌یابی نمونه - قسمت ۱: رویه ارزشیابی

۱ هدف و دامنه کاربرد

این استاندارد، رویه ارزشیابی حذف حباب‌های ریز را برای پراکنه حباب‌های ریز در آب مشخص می‌کند. این استاندارد فقط برای حباب‌های ریزی که فاقد پوسته هستند کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

مراجع زیر، مدارکی هستند که در متن این استاندارد به کل یا بخشی از محتوای آن‌ها به صورت الزامی ارجاع داده شده است؛ بنابراین، محتوای ارجاع داده شده، جزئی از الزامات این استاندارد محسوب می‌شود. در خصوص مراجع دارای تاریخ، فقط همان ویراست کاربرد دارد. در خصوص مراجع بدون تاریخ، آخرین ویراست آن مرجع (شامل هرگونه اصلاحیه/تصحیح‌نامه) کاربرد دارد.

– ISO 20480-1, *Fine bubble technology - General principles for usage and measurement of fine bubbles - Part 1: Terminology*

نکته: استاندارد ملی ایران ۱-۱۵۵۸۸، فناوری حباب ریز - اصول کلی برای استفاده و اندازه‌گیری حباب‌های ریز - قسمت ۱: واژگان، براساس ISO 20480-1 تدوین شده است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ISO 20480-1، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود.^۱

۱-۳

حذف حباب‌های ریز

elimination of fine bubbles

فرایند کاهش شاخص غلظت حباب‌های ریز

۲-۳

پراکنه حباب ریز

fine bubble dispersion
FBD

^۱ اصطلاحات و تعاریف به کاررفته در استانداردهای IEC و ISO در وبگاه‌های زیر قابل دسترسی است.

<http://www.iso.org/obp>

<http://www.electropedia.org/>

مایع حاوی حباب‌های ریز

[منبع: استاندارد ISO 20298-1:2018، مدخل اصطلاحی 3.1]

۴ الزامات

۱-۴ نمونه

پراکنه حباب ریز که قرار است ارزشیابی شود، باید با استفاده از سامانه‌های تولید حباب ریز تمیز و با بهره‌گیری از آب خالص و گاز خالص مانند هوا، نیتروژن و اکسیژن، تولید شوند.

سطح خلوص آب و گاز به نمونه‌ای بستگی دارد که شاخص‌های اندازه و غلظت حباب‌های ریز آن لازم است ارزشیابی شود، زیرا حذف حباب‌های ریز یکی از فرایندهای ارزشیابی برای نمونه‌های مشخص است. بنابراین، سطح خلوص را نمی‌توان به‌طور کلی به‌عنوان شرط اندازه‌گیری برای ارزشیابی بازده حذف تعیین کرد.

پراکنه حباب ریز نباید حاوی عوامل پایدارکننده^۱ باشد.

اگر درستی اندازه‌گیری شاخص‌های اندازه و غلظت بسیار مهم باشد (به‌عنوان نمونه، برای اهداف تایید صلاحیت)، استفاده از آب با سطح خلوص درجه ۱ ایزو^۲ مطابق استاندارد ISO 3696 برای تولید پراکنه حباب ریز توصیه می‌شود.

۲-۴ ابزار دقیق اندازه‌گیری

هنگامی که ابزار دقیق اندازه‌گیری برای ارزشیابی حذف حباب‌های ریز در پراکنه حباب‌های ریز در آب انتخاب می‌شوند، باید پارامترهای مرتبط با غلظت و گستره اندازه تأیید شوند که این پارامترها به مشخصه‌های نمونه مورد ارزشیابی بستگی دارند.

الف) غلظت عددی کل و/یا غلظت حجمی کل، شامل حباب‌های ریز و آلاینده‌هایی مانند ذرات جامد و مایع، می‌تواند اندازه‌گیری شود. هنگامی که غلظت از گستره اندازه‌گیری فراتر می‌رود، برای رقیق کردن پراکنه حباب‌های ریز در آب، می‌توان از رقیق‌کننده آب استفاده کرد.

ب) گستره اندازه کل، شامل حباب‌های ریز، آلاینده‌ها و انبوهه‌های ناشی از آلاینده‌ها می‌تواند اندازه‌گیری شود. برای تأیید انبوهه‌های بزرگتر می‌توان از یک ابزار دقیق اندازه‌گیری دیگر استفاده کرد.

مثال: برای ارزشیابی غلظت عددی می‌توان از روش آنالیز ردیابی ذرات و برای ارزشیابی غلظت حجمی می‌توان از روش پراش لیزری استفاده کرد. برای جزئیات بیشتر فنون اندازه‌گیری که می‌تواند برای پراکنه حباب ریز در آب استفاده شوند، می‌توان به استاندارد ISO/TR 23015 مراجعه کرد.

¹ stabilizing

² ISO Grade 1

۵ محیط

برای جلوگیری از هرگونه آلودگی با ناخالصی‌ها، لازم است طبقه‌بندی تمیزی هوا در محل اندازه‌گیری‌ها به کار گرفته شود. برای حفظ پایداری حباب‌های فراریز، دما و فشار محیط لازم است ثابت باشند. تمیزی هوا، دمای محیط و فشار جو، به محیط ارزشیابی شاخص‌های اندازه و غلظت نمونه‌های مشخص بستگی دارد؛ زیرا حذف حباب‌های ریز یکی از فرایندهای ارزشیابی برای نمونه‌های مشخص شده است. بنابراین، محیط را نمی‌توان به‌طور کلی برای ارزشیابی بازده حذف، تعیین کرد. اگر درستی اندازه‌گیری شاخص‌های اندازه و غلظت بسیار مهم باشد (به‌عنوان نمونه، برای اهداف تایید صلاحیت)، توصیه می‌شود که محیط تولید و اندازه‌گیری پراکنه حباب ریز در آب، تمیزی هوا در طبقه^۱ ۷ ایزو^۱ مطابق استاندارد ISO 14644-1 باشد.

۶ ارزشیابی بازده حذف حباب ریز

۱-۶ کلیات

حباب‌های ریز را می‌توان از پراکنه حباب ریز در آب با استفاده از روش‌هایی مانند فراصوت، جزء جزء کردن^۲ فرامرکزگریزی^۳ و انجماد حذف کرد. اگر بیشتر حباب‌های ریز از پراکنه حباب ریز در آب حذف شوند، این آب می‌تواند به‌عنوان آب شاهد استفاده شود.

۲-۶ نرخ کاهش

لازم است بازده حذف با استفاده از نرخ کاهش عددی و نرخ کاهش حجمی ارزشیابی شود که به ترتیب با فرمول (۱) و فرمول (۲) تعریف شده است.

$$r_0 = (q_{0,b} - q_{0,a}) / q_{0,b} \times 100 \quad (۱)$$

که در آن:

r_0 نرخ کاهش عددی (/.)؛

$q_{0,a}$ شاخص غلظت عددی در گستره اندازه مشخص شده پس از فرایند حذف؛

$q_{0,b}$ شاخص غلظت عددی در گستره اندازه مشخص شده پیش از فرایند حذف.

$$r_3 = (q_{3,b} - q_{3,a}) / q_{3,b} \times 100 \quad (۲)$$

که در آن:

^۱ ISO Class 7

^۲ fractionation

^۳ ultracentrifugal fractionation

r_3 نرخ کاهش حجمی (%/);

$q_{3,a}$ شاخص غلظت حجمی در گستره اندازه مشخص شده پس از فرایند حذف؛

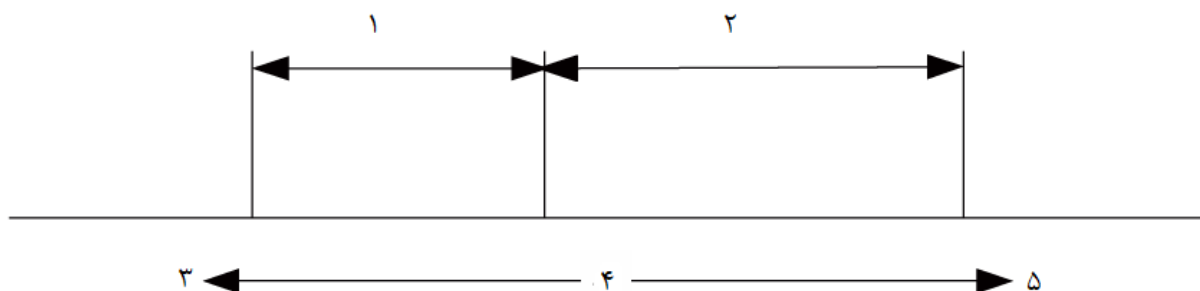
$q_{3,b}$ شاخص غلظت حجمی در گستره اندازه مشخص شده پیش از فرایند حذف.

۳-۶ تأیید انبوهش^۱ آلاینده‌ها

شاخص غلظت عددی آلاینده‌های کوچک ممکن است به دلیل انبوهش این ذرات در فرایند حذف، کاهش یابد. در این حالت، شاخص غلظت در گستره اندازه بزرگتر ممکن است به دلیل همین انبوهش افزایش یابد. تأیید تغییرات در مقدار ذرات در گستره اندازه بزرگتر با استفاده از شاخص غلظت عددی بسیار دشوار است، بنابراین برای تأیید انبوهش لازم است از شاخص غلظت حجمی استفاده شود (به پیوست «الف» و پیوست «ب» مراجعه شود).

بر این اساس، کاهش شاخص غلظت عددی ذرات کوچک نمی‌تواند مستقیماً به حذف حباب‌های ریز مرتبط باشد، و برای تأیید بازده واقعی حذف حباب‌های ریز، لازم است هر دو شاخص غلظت عددی و شاخص غلظت حجمی آنالیز شوند.

لازم است تغییر در شاخص غلظت حجمی ذرات در گستره اندازه بزرگتر، حتی در ارزشیابی بازده حذف در یک گستره اندازه باریک و مشخص، تأیید شود. به شکل ۱ مراجعه شود.



راهنما:

- | | |
|---|---|
| ۱ | گستره اندازه مشخص شده برای محاسبه نرخ کاهش عددی |
| ۲ | گستره اندازه بزرگتر و مشخص شده برای محاسبه شاخص کاهش حجمی |
| ۳ | به سمت گستره کوچک |
| ۴ | اندازه ذره/اندازه حباب |
| ۵ | به سمت گستره بزرگ |

شکل ۱: گستره اندازه برای محاسبه نرخ‌های کاهش

۴-۶ رویه ارزشیابی حذف حباب ریز

ارزشیابی حذف حباب‌های ریز باید مطابق رویه زیر انجام شود:

¹ aggregation

- الف) پراکنه حباب ریز را به صورت یکنواخت در آب پراکنده کنید.
- ب) شاخص غلظت عددی را در گستره اندازه مشخص شده اندازه گیری کنید.
- پ) شاخص غلظت حجمی را در گستره اندازه بزرگتر مشخص شده اندازه گیری کنید.
- ت) حباب های ریز را از پراکنه حباب ریز حذف کنید.
- ث) پراکنه حباب ریز را پس از مرحله (ت) همگن کنید.
- ج) شاخص غلظت عددی را در گستره اندازه مشخص شده اندازه گیری کنید.
- چ) شاخص غلظت حجمی را در گستره اندازه بزرگتر و مشخص شده اندازه گیری کنید.
- ح) نرخ کاهش عددی را در گستره اندازه مشخص شده با فرمول (۱) محاسبه کنید.
- خ) نرخ کاهش حجمی را در گستره اندازه بزرگتر و مشخص شده با فرمول (۲) محاسبه کنید.
- د) بازده حذف را با تحلیل نرخ کاهش عددی و نرخ کاهش حجمی ارزشیابی کنید. افزایش مقدار ذرات بزرگ را می توان با استفاده از نرخ کاهش حجمی تأیید کرد.
- ذ) نرخ کاهش عددی در گستره اندازه مشخص شده در صورتی می تواند به عنوان بازده حذف حباب های ریز از پراکنه حباب ریز استفاده شود که افزایش مقدار ذرات بزرگ به دلیل انبوهش آلاینده ها با فرایند حذف، قابل چشم پوشی باشد.
- لازم است این احتمال در نظر گرفته شود که پیکربندی سامانه برای تحقق روش حذف، ممکن است ذرات یا حباب های ریز اضافی تولید کند. اگر شرایط یا پارامترهای لازم برای بهترین بازده حذف مشخص شدند، لازم است فرایند حذف تحت همان شرایط و پارامترها و با استفاده از آب خالص اجرا شود تا تأیید شود که غلظت ذرات و حباب های ریز تولید شده با این پیکربندی سامانه، قابل چشم پوشی است.

۷ گزارش آزمون

۱-۷ گزارش نتایج آزمون

اطلاعات زیر لازم است گزارش شوند:

- الف) نرخ کاهش عددی و نرخ کاهش حجمی،
- ب) گستره های اندازه مشخص شده برای نرخ کاهش عددی و نرخ کاهش حجمی؛
- پ) روش حذف؛
- ت) بازده حذف؛
- ث) بیانیه تأیید در مورد اطمینان پذیری نتایج اندازه گیری.

۲-۷ گزارش شرایط آزمون

لازم است اطلاعات زیر گزارش شوند:

- الف) واسط گازی و مایع؛
- ب) شرایط محیطی پراکنه حباب ریز مانند دما، رطوبت نسبی و فشار؛
- پ) تاریخ و زمان اندازه‌گیری؛
- ت) مشخصات ابزار دقیق اندازه‌گیری؛
- ث) مشخصات کارشناس مسئول اندازه‌گیری؛
- ج) مشخصات محل اندازه‌گیری.

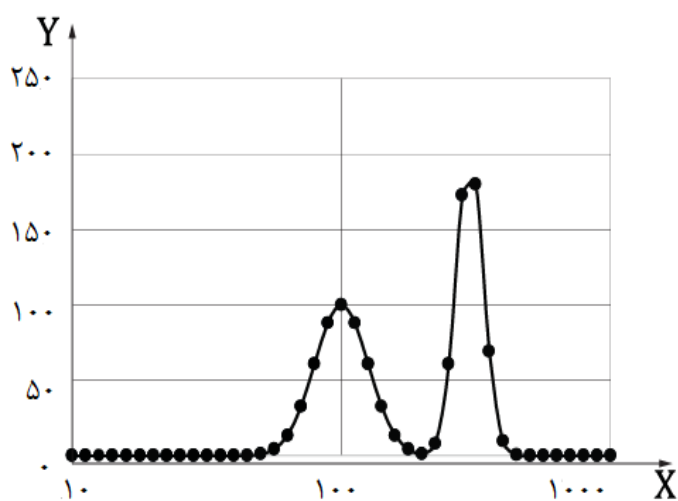
پیوست «الف» (آگاهی‌دهنده)

شبیه‌سازی‌های فرایند حذف حباب‌های ریز

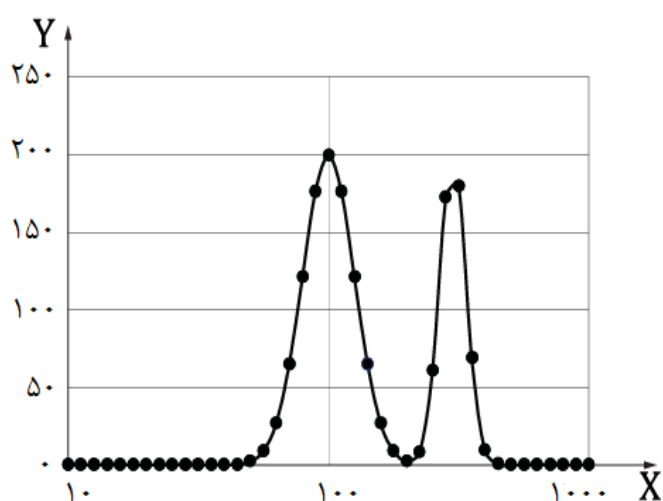
یک مثال که بازده فرایند حذف حباب‌های ریز را تحت شرایط جدول الف-۱ توضیح می‌دهد، در شکل الف-۱ نشان داده شده است.

مانند این مثال، اگر بازده حذف برابر یا کمتر از ۵۰٪ باشد، وجود حباب‌های ریز در گستره ۴۰ nm تا ۲۰۰ nm ممکن است براساس کاهش غلظت عددی ذرات در گستره اندازه مشخص‌شده، تأیید شود. این ارزشیابی ممکن است کیفی باشد تا فقط وجود حباب‌های ریز را تأیید کند. ذرات باقی‌مانده در گستره ۲۰۰ nm تا ۴۰۰ nm ممکن است آلاینده یا حباب‌های ریز باشند. برخی فرایندهای حذف ممکن است به‌طور کامل مؤثر نباشد و برخی دیگر فقط برای یک گستره اندازه حباب مشخص‌شده مؤثر باشد.

برای حذف حباب‌های ریز، لازم است رابطه بین روش حذف و بازده آن در گستره اندازه مشخص برای شرایط مرتبط بررسی شود.



ب) پس از فرایند حذف حباب‌های ریز



الف) پیش از فرایند حذف حباب‌های ریز

راهنما:

X اندازه ذره (nm)
Y غلظت عددی (million/ml)

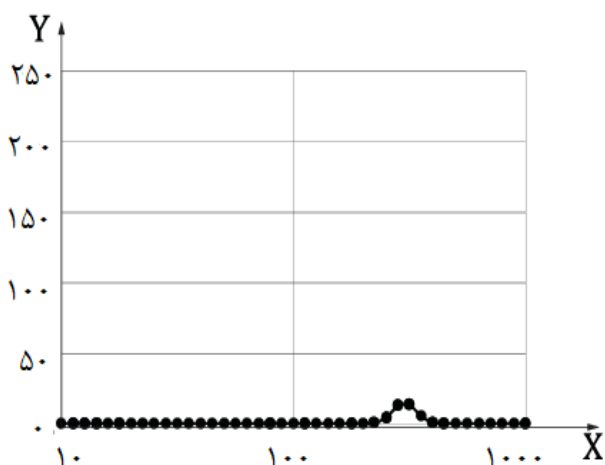
شکل الف-۱: مثالی از کاهش قله حباب

جدول الف-۱: مثالی از نرخ کاهش

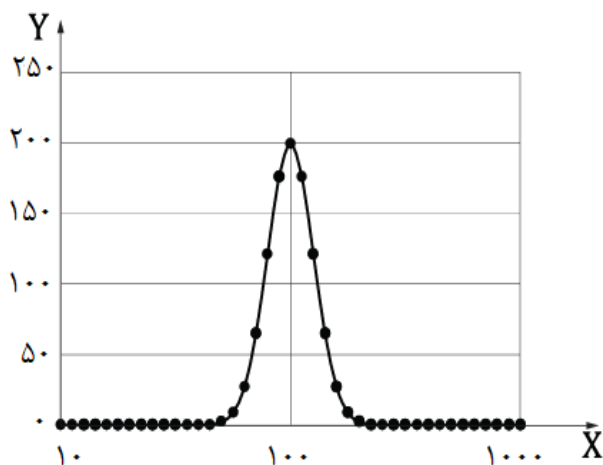
۲۰۰ - ۴۰۰	۴۰ - ۲۰۰	گستره اندازه، nm
۰	۵۰	نرخ کاهش عددی، %

برخی از فرایندهای حذف ممکن است باعث انبوهش ذرات کوچک شوند. در این حالت، کاهش ذرات کوچک معادل وجود حبابهای ریز نیست.

همانطور که در شکل الف-۲ نشان داده شده، ذرات آلاینده کوچک ممکن است با برخی فرایندهای حذف، انبوهههایی را ایجاد کنند. باین حال، غلظت عددی این انبوههها بسیار کم می شود و تأیید وجود این انبوههها با آنالیز براساس غلظت عددی بسیار دشوار است. بنابراین، لازم است از آنالیز براساس غلظت حجمی استفاده شود، زیرا همانطور که در شکل الف-۳ نشان داده شده است، غلظت حجمی کل می تواند پس از فرایند حذف حفظ شود.



ب) پس از فرایند حذف حبابهای ریز

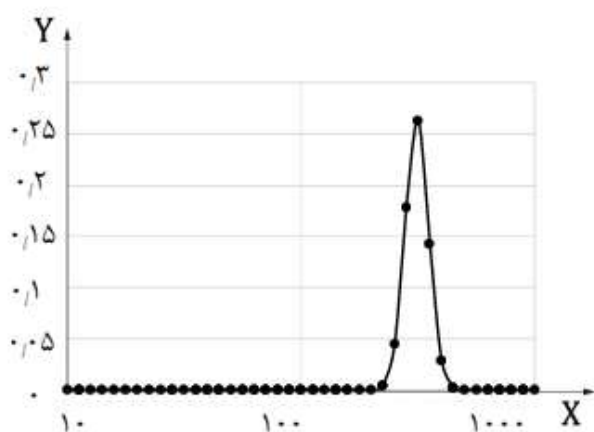


الف) پیش از فرایند حذف حبابهای ریز

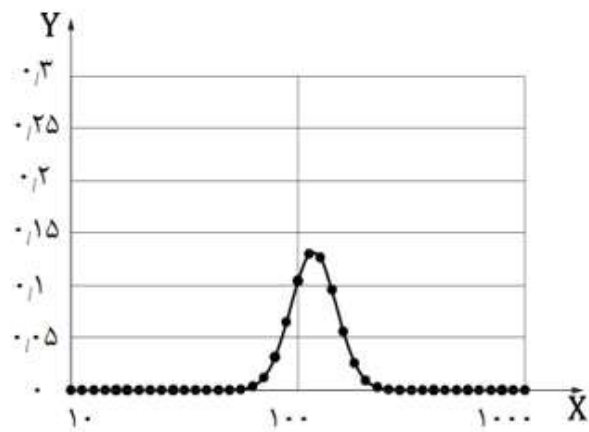
راهنما:

X اندازه ذره (nm)
Y غلظت عددی (million/ml)

شکل الف-۲: تحلیل براساس غلظت عددی برای تأیید انبوهههای ذرات



ب) پس از فرایند حذف حباب‌های ریز



الف) پیش از فرایند حذف حباب‌های ریز

راهنما:

X اندازه ذره (nm)
Y غلظت حجمی (nl/ml)

شکل الف-۳: تحلیل براساس غلظت حجمی برای تأیید انبوهه‌های ذرات

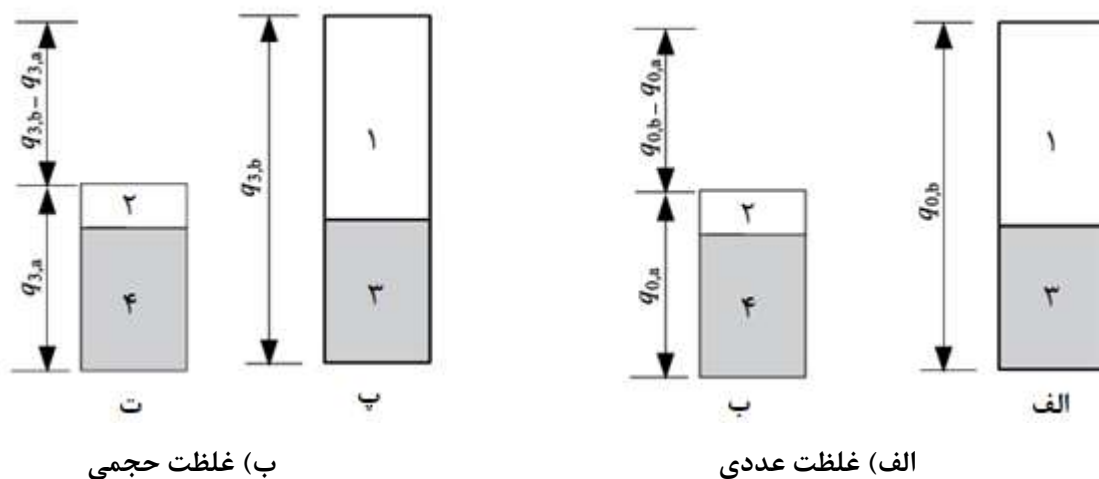
پیوست «ب»
(آگاهی‌دهنده)

کاهش غلظت ناشی از حذف حباب‌های ریز و انبوهش ذرات

فرایند حذف حباب‌های ریز مانند فراصوت تحت شرایط مشخص، گاهی باعث انبوهش آلاینده‌ها می‌شود. غلظت عددی انبوهه‌ها در مقایسه با غلظت عددی آلاینده‌ها قبل از انبوهش ناشی از فرایند حذف حباب‌های ریز، بسیار کم می‌شود. بنابراین، کاهش غلظت عددی نمونه‌ای که قرار است ارزشیابی شود، معادل حذف حباب‌های ریز نیست. در همین حال، غلظت حجمی نمونه به دلیل انبوهش کاهش نمی‌یابد.

شکل ب-۱ کاهش غلظت ناشی از حذف حباب‌های ریز را نشان می‌دهد. در این حالت، تصویر کاهش غلظت حجمی مشابه غلظت عددی است. شکل ب-۲ کاهش غلظت ناشی از انبوهش را نشان می‌دهد. یک انبوهه از ذرات آلاینده بسیاری ساخته شده است. بنابراین، غلظت عددی نمونه‌ای که باید ارزشیابی شود، بسیار کوچک می‌شود. با این حال، حجم کل آلاینده‌ها پیش و پس از انبوهش تغییر نمی‌کند. بنابراین، غلظت حجمی تغییری نمی‌کند.

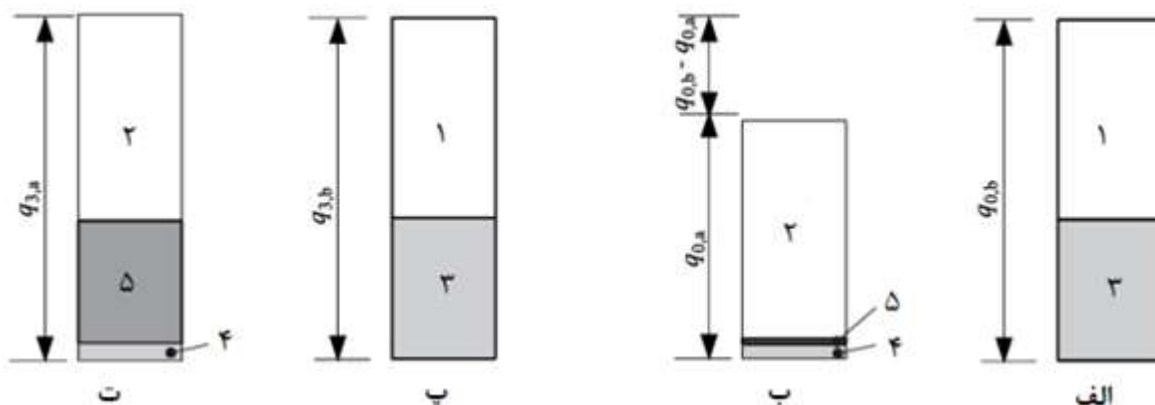
چنان‌که پیش‌تر اشاره شد، تحلیل براساس غلظت حجمی ممکن است برای تمایز بین حذف حباب‌های ریز و انبوهش، مؤثر باشد.



راهنما:

الف	پیش از فرایند حذف حباب ریز
ب	پس از فرایند حذف حباب ریز
پ	پیش از فرایند حذف حباب ریز
ت	پس از فرایند حذف حباب ریز
۱	حباب‌های ریز پیش از فرایند حذف حباب ریز
۲	حباب‌های ریز پس از فرایند حذف حباب ریز
۳	آلاینده‌ها پیش از فرایند حذف حباب ریز
۴	آلاینده‌ها پس از فرایند حذف حباب ریز
$q_{0,a}$	شاخص غلظت عددی در گستره اندازه مشخص شده پس از فرایند حذف
$q_{0,b}$	شاخص غلظت عددی در گستره اندازه مشخص شده پیش از فرایند حذف
$q_{3,a}$	شاخص غلظت حجمی در گستره اندازه مشخص شده پس از فرایند حذف
$q_{3,b}$	شاخص غلظت حجمی در گستره اندازه مشخص شده پیش از فرایند حذف

شکل ب-۱: کاهش غلظت ناشی از حذف حباب‌های ریز



(ب) غلظت حجمی

(الف) غلظت عددی

راهنما:

الف	پیش از فرایند حذف حباب ریز
ب	پس از فرایند حذف حباب ریز
پ	پیش از فرایند حذف حباب ریز
ت	پس از فرایند حذف حباب ریز
۱	حباب‌های ریز پیش از فرایند حذف حباب ریز
۲	حباب‌های ریز پس از فرایند حذف حباب ریز
۳	آلاینده‌ها پیش از فرایند حذف حباب ریز
۴	آلاینده‌ها پس از فرایند حذف حباب ریز
۵	انبوه‌های ناشی از فرایند حذف حباب ریز
$q_{0,a}$	شاخص غلظت عددی در گستره اندازه مشخص شده پس از فرایند حذف
$q_{0,b}$	شاخص غلظت عددی در گستره اندازه مشخص شده پیش از فرایند حذف
$q_{3,a}$	شاخص غلظت حجمی در گستره اندازه مشخص شده پس از فرایند حذف
$q_{3,b}$	شاخص غلظت حجمی در گستره اندازه مشخص شده پیش از فرایند حذف

شکل ب-۲: کاهش غلظت ناشی از انبوهش

نکته: اگر آلاینده‌ها دارای مقداری انبوهه باشند، ممکن است به عنوان نتیجه فرایند حذف حباب‌های ریز مانند فراصوت تحت شرایط خاص، از هم جدا شده و پراکنده شوند. در این حالت، غلظت عددی می‌تواند افزایش یابد.

کتابنامه

- [1] ISO 3696:1987, *Water for analytical laboratory use - Specification and test methods*
 - [2] ISO 14644-1:2015, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration*
- نکته: استاندارد ملی ایران ۱-۶۲۵۲، *اتاق‌های تمیز و محیط‌های کنترل‌شده مرتباً - قسمت ۱: طبقه‌بندی تمیزی هوا براساس تراکم ذرات براساس استاندارد ISO 14644-1*، تدوین شده است.
- [3] ISO 20298-1:2018, *Fine bubble technology - Sampling and sample preparation for measurement - Part 1: Ultrafine bubble dispersion in water*
 - [4] ISO 20480-2, *Fine bubble technology - General principles for usage and measurement of fine bubbles - Part 2: Categorization of the attributes of fine bubbles*
 - [5] ISO 21910-1, *Fine bubble technology - Characterization of microbubbles - Part 1: Off-line evaluation of size index*
 - [6] ISO/TR 23015, *Fine bubble technology - Measurement technique matrix for the characterization of fine bubbles*

فهرست الفبایی واژه‌های به‌کاررفته به‌ترتیب الفبای فارسی

واژه فارسی	نشانی	معادل انگلیسی
پراکنه حباب ریز	۲-۳	fine bubble dispersion
حذف حباب‌های ریز	۱-۳	elimination of fine bubbles

فهرست الفبایی واژه‌های به‌کاررفته به‌ترتیب الفبای انگلیسی

معادل فارسی	نشانی	واژه انگلیسی
حذف حباب‌های ریز	۱-۳	elimination of fine bubbles
پراکنه حباب ریز	۲-۳	fine bubble dispersion
		FBD → fine bubble dispersion