

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

دستورالعمل دانه‌بندی مواد معدنی

ضابطه شماره ۷۱۰

وزارت صنعت، معدن و تجارت
معاونت امور معادن و صنایع معدنی
دفتر نظارت و بهره‌برداری



www.mimt.gov.ir

سازمان برنامه و بودجه کشور
معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی
امور نظام فنی و اجرایی

nezamfanni.ir



omoorepeyman.ir

شماره:	۹۶/۱۷۴۰۱۵۷	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ:	۱۳۹۶/۱۲/۱۵	
موضوع: دستورالعمل دانه بندی مواد معدنی		
<p>در چارچوب نظام فنی و اجرایی یکپارچه کشور موضوع ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور و ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲، به پیوست ضابطه شماره ۷۱۰ امور نظام فنی و اجرایی، با عنوان «دستورالعمل دانه بندی مواد معدنی» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.</p> <p>رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۷/۰۴/۰۱ الزامی است.</p> <p>امور نظام فنی و اجرایی این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.</p>		
<p>محمد باقر نوبخت</p> 		
		

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی

مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
 - ۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.
 - ۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.
 - ۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.
- کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علیشاه، سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام

فنی و اجرایی، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

Email: nezamfanni@mporg.ir

web: nezamfanni.ir



پیشگفتار

نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات وزیران) به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تاکید جدی قرار داده است و این امور به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظام فنی اجرایی کشور وظیفه تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی طرح‌های توسعه‌ای کشور را به عهده دارد.

ابعاد و نحوه توزیع ابعادی ذرات به عنوان یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها و خواص مواد معدنی تاثیر عمده‌ای بر رفتار این مواد در فرآیندهای صنعتی دارد. تنوع مواد معدنی، استفاده از روش‌ها و ابزار مناسب را برای دانه‌بندی و تعیین توزیع ابعادی ذرات در آزمایشگاه‌ها ضروری می‌سازد.

تعیین ابعاد و توزیع ابعادی با ابزار و روش‌های متعددی انجام می‌شود. از آنجایی که این ابزار بر مبنای اصول فیزیکی متفاوت استوار است، نتایج حاصل از روش‌های مختلف دارای تفاوت‌هایی است. حتی در شرایطی که مبنای فیزیکی مورد استفاده یکسان باشد به دلیل مبنای متفاوتی که در ساخت این ابزار به کار برده شده، ممکن است نتایج مشابهی به دست نیاید. از این رو تهیه دستورالعملی که مراحل مختلف یک بررسی دانه‌بندی از آماده‌سازی نمونه تا انجام آزمایش و ارایه و تحلیل نتایج را شامل شود منجر به یکسان‌سازی مراحل اجرای دانه‌بندی و قابلیت استناد به نتایج حاصله از دانه‌بندی در مراکز مختلف خواهد شد.

ضابطه حاضر با عنوان «**دستورالعمل دانه‌بندی مواد معدنی**» در چارچوب برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن تهیه شده است و در آن دستورالعمل انجام صحیح دانه‌بندی مواد دانه‌ای مرتبط با بخش فرآوری مواد معدنی و صنایع معدنی، در مقیاس آزمایشگاهی ارایه شده است.

با همه‌ی تلاش‌های انجام شده قطعا هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که امید است، کاربرد عملی و در سطح وسیع این ضابطه توسط مهندسان موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم آورد. در پایان، از تلاش‌ها و جدیت جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان امور نظام فنی و اجرایی همچنین جناب آقای دکتر جعفر سرقینی مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی بخش معدن کشور، کارشناسان دفتر نظارت و بهره‌برداری معادن و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این ضابطه، تشکر و قدردانی می‌نماید. امید است شاهد توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران در خدمت به مردم شریف ایران اسلامی باشیم.

حمیدرضا عدل

معاون فنی، امور زیربنایی و تولیدی

بهمن ماه ۱۳۹۶



مجری طرح

جعفر سرقینی

اعضای شورای عالی به ترتیب حروف الفبا

فرزانه آقارمضانعلی

عباسعلی ایروانی

بهروز برنا

محمد پریزادی

عبدالعلی حقیقی

جعفر سرقینی

علیرضا غیاثوند

حسن مدنی

هرمز ناصرینا

اعضای کارگروه فرآوری به ترتیب حروف الفبا

احمد امینی

عبدالعلی حقیقی

محمد رضا خالصی

بهرام رضایی

فرشته رشچی

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین به ترتیب حروف الفبا

مهدی ایران نژاد

بهرام رضایی

علیرضا غیاثوند

حسن مدنی

بهباز مهربانی

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه

خانم فرزانه آقارمضانعلی

آقای علیرضا غیاثوند

آقای اسحق صفرزاده

معاون امور معادن و صنایع معدنی - وزارت صنعت، معدن و تجارت

کارشناس ارشد مهندسی صنایع - سازمان برنامه و بودجه کشور

کارشناس ارشد مدیریت کارآفرینی (کسب و کار) - وزارت صنعت، معدن و تجارت

کارشناس مهندسی معدن - سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

کارشناس ارشد مهندسی معدن - سازمان برنامه و بودجه کشور

کارشناس ارشد زمین شناسی

دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - وزارت صنعت، معدن و تجارت

کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی - وزارت صنعت، معدن و تجارت

کارشناس ارشد مهندسی معدن - دانشگاه صنعتی امیرکبیر

کارشناس ارشد مهندسی معدن - سازمان نظام مهندسی معدن

کارشناس ارشد مهندسی فرآوری مواد معدنی - سازمان زمین شناسی و اکتشافات

معدنی کشور

کارشناس ارشد زمین شناسی

دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - دانشگاه تربیت مدرس

دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دکترای مهندسی متالورژی - دانشگاه تهران

دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - دانشگاه صنعتی امیرکبیر

کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی - وزارت صنعت، معدن و تجارت

کارشناس ارشد مهندسی معدن - دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دکترای زمین شناسی اقتصادی - دانشگاه خوارزمی

رئیس گروه امور نظام فنی و اجرایی

رئیس گروه ضوابط و معیارهای معاونت امور معادن و صنایع معدنی

کارشناس معدن امور نظام فنی و اجرایی

پیش نویس این گزارش توسط دکتر علی اکبر عبدالله زاده تهیه و پس از بررسی و تایید توسط کارگروه فرآوری، به تصویب شورای

عالی برنامه رسیده است.



فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳	۱-۱- آشنایی.....
۳	۲-۱- کاربرد.....
۴	۳-۱- تعاریف و مفاهیم.....
۶	۴-۱- توزیع ابعادی ذره.....
۷	۵-۱- نمایش نتایج تحلیل ابعادی.....
۷	۱-۵-۱- بیان مقدار ذرات کوچکتر و یا بزرگتر از یک اندازه خاص.....
۷	۲-۵-۱- نمایش نموداری.....
۸	۶-۱- تجهیزات دانه‌بندی.....
۹	۱-۶-۱- سرندهای آزمایشگاهی.....
۹	۲-۶-۱- انواع مختلف سانتریفوژهای آزمایشگاهی.....
۹	۳-۶-۱- میکروسکوپ‌های نوری و الکتریکی.....
۹	۴-۶-۱- ابزار و وسایل آزمایش‌های ته‌نشینی.....
۹	۵-۶-۱- نرم‌افزارهای آنالیز تصویر.....
۹	۷-۱- روش‌های مختلف دانه‌بندی.....
۱۰	۱-۷-۱- سرند کردن.....
۱۰	۲-۷-۱- طبقه‌بندی هوایی.....
۱۰	۳-۷-۱- دانه‌بندی به روش میکروسکوپی.....
۱۱	۴-۷-۱- پردازش تصویری.....
۱۱	۵-۷-۱- اندازه‌گیری طول و تری.....
۱۲	۶-۷-۱- روش‌های الکترو- آکوستیک.....
۱۲	۷-۷-۱- فلوسیتومتری.....
۱۲	۸-۷-۱- دانه‌بندی به روش لیزری.....
۱۳	۹-۷-۱- شمارنده‌های نوری ذرات.....
۱۳	۱۰-۷-۱- سنجش فاز دوپلر.....
۱۳	۱۱-۷-۱- مدت حرکت در هوا.....
۱۳	۱۲-۷-۱- میرایی فراصوت.....
۱۴	۱۳-۷-۱- روش‌های ته‌نشینی تعیین اندازه ذره.....
۱۴	۸-۱- عوامل موثر در انتخاب روش تعیین ابعادی ذرات.....
۱۴	۹-۱- طبقه‌بندی روش‌های آزمایشگاهی تعیین توزیع ابعادی ذرات.....
۱۵	۱۰-۱- مقایسه روش‌های مختلف اندازه‌گیری ابعادی ذرات.....



۱۶	..... ۱۱-۱- شرایط آزمایش دانه‌بندی.....
۱۶	..... ۱-۱۱-۱- اسناد و اطلاعات مورد نیاز برای آزمایش.....
۱۷	..... ۲-۱۱-۱- مهارت فردی.....
۱۸	..... ۳-۱۱-۱- امکانات مورد نیاز در آزمایشگاه.....
۱۸	..... ۴-۱۱-۱- توصیه‌های عملیاتی.....
۱۸	..... ۵-۱۱-۱- منابع اصلی خطا در توزیع ابعادی ذرات.....

فصل دوم: تجزیه ابعادی

۲۳	..... ۱-۲- آشنایی.....
۲۳	..... ۲-۲- دستورالعمل دانه‌بندی به روش سرند کردن.....
۲۳	..... ۱-۲-۲- روش متداول تجزیه سرندي.....
۲۵	..... ۲-۲-۲- سرند کردن به روش دستی.....
۲۶	..... ۳-۲-۲- دانه‌بندی با لرزاننده مکانیکی (دستگاه تجزیه سرندي).....
۲۷	..... ۴-۲-۲- سرند کردن به روش تر.....
۲۷	..... ۵-۲-۲- سرند کردن به روش ترکیبی خشک و تر.....
۲۸	..... ۶-۲-۲- وزن کردن.....
۲۸	..... ۷-۲-۲- محاسبات.....
۲۸	..... ۸-۲-۲- توصیه‌هایی برای انجام تجزیه سرندي با سرندهای مشبک.....
۲۹	..... ۹-۲-۲- ارایه نتایج آزمایش تجزیه سرندي به روش ترسیمی.....
۳۰	..... ۳-۳-۲- دانه‌بندی به روش ته‌نشینی ثقلی - پی‌پت اندرسون.....
۳۰	..... ۱-۳-۲- هدف و محدوده کاربرد.....
۳۰	..... ۲-۳-۲- تجهیزات مورد نیاز.....
۳۰	..... ۳-۳-۲- مواد مصرفی.....
۳۱	..... ۴-۳-۲- مقدار نمونه.....
۳۱	..... ۵-۳-۲- روش آزمایش.....
۳۱	..... ۶-۳-۲- محاسبات.....
۳۲	..... ۷-۳-۲- دقت و صحت.....
۳۲	..... ۴-۲- دانه‌بندی به روش ته‌نشینی - سیکلوسایزر.....
۳۲	..... ۱-۴-۲- هدف و محدوده کاربرد.....
۳۳	..... ۲-۴-۲- خلاصه روش آزمایش.....
۳۳	..... ۳-۴-۲- نکات کاربردی.....
۳۳	..... ۴-۴-۲- تجهیزات مورد نیاز.....
۳۳	..... ۵-۴-۲- مواد شیمیایی مورد نیاز.....
۳۳	..... ۶-۴-۲- تهیه نمونه مورد نیاز.....
۳۴	..... ۷-۴-۲- روش تنظیم دستگاه.....
۳۴	..... ۸-۴-۲- روش آزمایش.....



- ۳۶ ۵-۲-دانه‌بندی به روش تفرق (پراکنش) نور.....
- ۳۶ ۱-۵-۲-هدف و محدوده کاربردی.....
- ۳۶ ۲-۵-۲-خلاصه روش آزمایش.....
- ۳۶ ۳-۵-۲-نکات کاربردی.....
- ۳۶ ۴-۵-۲-تداخل امواج.....
- ۳۷ ۵-۵-۲-تجهیزات مورد نیاز.....
- ۳۷ ۶-۵-۲-مواد شیمیایی مصرفی.....
- ۳۷ ۷-۵-۲-نمونه‌برداری و مقدار نمونه.....
- ۳۷ ۸-۵-۲-روش تنظیم دستگاه.....
- ۳۸ ۹-۵-۲-روش آزمایش.....

فصل سوم: دستورالعمل دانه‌بندی مواد خاص

- ۴۱ ۱-۳-تجزیه سرندي كانسنگ‌های فلزی و مواد مرتبط با سرندي ۴/۷۵ میلی‌متر و بزرگتر.....
- ۴۱ ۱-۱-۳-هدف و محدوده کاربرد.....
- ۴۱ ۲-۱-۳-تجهیزات و مواد مصرفی.....
- ۴۱ ۳-۱-۳-آماده‌سازی نمونه.....
- ۴۱ ۴-۱-۳-روش آزمایش.....
- ۴۲ ۵-۱-۳-محاسبات.....
- ۴۲ ۲-۳-تجزیه سرندي كانه‌های فلزی و مواد مرتبط با سرندي ۴/۷۵ میلی‌متر و کوچکتر.....
- ۴۲ ۱-۲-۳-هدف و محدوده کاربرد.....
- ۴۳ ۲-۲-۳-روش آزمایش.....
- ۴۳ ۳-۲-۳-تجهیزات و مواد مصرفی.....
- ۴۳ ۴-۲-۳-آماده‌سازی نمونه.....
- ۴۳ ۵-۲-۳-آماده‌سازی سرندها.....
- ۴۴ ۶-۲-۳-واسنجی سرندها.....
- ۴۴ ۳-۳-سرندي کردن به روش خشک.....
- ۴۴ ۴-۳-سرندي کردن به روش تر.....
- ۴۵ ۱-۴-۳-آزمایش با یک سرندي.....
- ۴۵ ۲-۴-۳-آزمایش با چند سرندي.....
- ۴۵ ۵-۳-محاسبات.....
- ۴۵ ۶-۳-تنظیم گزارش.....
- ۴۵ ۷-۳-دقت و خطا.....
- ۴۶ ۸-۳-دانه‌بندی پودرهای سیلیس و آلومینا به روش پراش اشعه لیزر.....
- ۴۶ ۱-۸-۳-هدف و محدوده کاربرد.....



۴۶	.....۳-۸-۲- خلاصه روش آزمایش
۴۶	.....۳-۸-۳- نکات کاربردی
۴۶	.....۳-۸-۴- تداخل امواج
۴۷	.....۳-۸-۵- تجهیزات مورد نیاز
۴۷	.....۳-۸-۶- مواد مصرفی
۴۷	.....۳-۸-۷- نمونه‌گیری و مقدار نمونه
۴۷	.....۳-۸-۸- روش تنظیم دستگاه و استانداردها
۴۸	.....۳-۸-۹- روش آزمایش
۴۸	.....۳-۸-۱۰- دقت و صحت
۴۹	.....۳-۹-۹- دانه‌بندی رسوبات رودخانه‌ای
۴۹	.....۳-۹-۱- هدف و محدوده کاربرد
۴۹	.....۳-۹-۲- روش آزمایش
۵۰	.....۳-۱۰-۱- تجزیه سرندي زغال‌سنگ و تعيين اندازه دانه‌های زغال‌سنگ
۵۰	.....۳-۱۰-۱- هدف و محدوده کاربرد
۵۰	.....۳-۱۰-۲- دستگاه‌ها و تجهیزات
۵۳	.....۳-۱۰-۳- نمونه‌برداری
۵۳	.....۳-۱۰-۴- آماده‌سازی و تقسیم نمونه
۵۴	.....۳-۱۰-۵- آماده‌سازی نمونه
۵۴	.....۳-۱۰-۶- روش آزمایش
۵۷	.....۳-۱۰-۷- محاسبات
۵۸	.....۳-۱۰-۸- ارایه نتایج آزمایش با منحنی
۵۸	.....۳-۱۰-۹- تعیین ابعاد زغال‌سنگ با استفاده از تجزیه سرندي
۵۹	.....۳-۱۱-۱۱- دستورالعمل تجزیه سرندي نمک سنگی
۵۹	.....۳-۱۱-۱- هدف و محدوده کاربرد
۵۹	.....۳-۱۱-۲- تجهیزات مورد استفاده
۵۹	.....۳-۱۱-۳- فرآیند تجزیه سرندي

فصل چهارم: راهنمای تهیه گزارش

۶۳	.....۴-۱- فهرست
۶۳	.....۴-۲- روش پراش نور
۶۴	.....۴-۳- روش پراش اشعه لیزر
۶۴	.....۴-۴- فرم های گزارش نتایج آزمایش
۶۴	.....۴-۴-۱- روش تجزیه سرندي
۶۴	.....۴-۴-۲- دانه‌بندی به روش ته‌نشینی ثقیل - پی‌پت اندرسون
۶۴	.....۴-۴-۳- دانه‌بندی به روش ته‌نشینی - سیکلوسایزر

پیوست: استانداردهای دانه‌بندی



فصل ۱

کلیات



۱-۱- آشنایی

تنوع کانی‌ها و مواد معدنی و روش‌های متعدد اندازه‌گیری در صنایع فرآوری مواد معدنی، عملیات آزمایشگاهی تعیین دانه‌بندی را برای مهندسان و تکنسین‌ها بسیار مشکل و پیچیده کرده است. از این‌رو لزوم وجود دستورالعمل برای انتخاب روش(های) مناسب و صحیح ارزیابی ابعادی مواد معدنی همواره احساس می‌شود. دامنه کاربرد این دستورالعمل را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- واحدها و کارخانه‌های صنعتی و پیشاهنگ فرآوری مواد معدنی (به ویژه در واحد آزمایشگاه و کنترل کیفیت)
- دانشگاه‌ها و مراکز علمی که به نوعی با مواد معدنی در ارتباط‌اند.
- مراکز تحقیقاتی و پژوهشی مرتبط با مهندسی فرآوری مواد معدنی یا مرتبط با صنایع استفاده‌کننده محصولات تولید شده معدنی

- آزمایشگاه‌های دارای محیط کار کوچک و آزمایشگاه‌های دولتی و خصوصی در صنایع اکتشاف و استخراج معدن، مهندسی شیمی معدنی، متالورژی استخراجی، کانی‌های صنعتی، مصالح ساختمانی و مقاومت مصالح، مکانیک خاک و سنگ، زیست‌محیطی معدنی، کشاورزی و موارد مشابه

۱-۲- کاربرد

مهم‌ترین کاربرد روش‌های تعیین دانه‌بندی و ارزیابی ابعادی مواد در فرآوری مواد معدنی به شرح زیر است:

- رسم منحنی توزیع ابعادی ذرات و تعیین میزان بخش‌های مختلف ابعادی
 - کنترل و بهینه‌سازی عملیات خردایش مانند سنگ‌شکنی، آسیا کردن و میکرونیزاسیون به ویژه در مراحل نهایی فرآیند
 - تعیین بار در گردش در مدارهای بسته
 - موازنه جرم در گره‌های فرآیندی که خردایش در آن‌ها انجام نمی‌گیرد.
 - تعیین میزان نرمه‌زایی و استفاده در کنترل تجهیزات نرمه‌زایی
 - تعیین درجه آزادی
 - تعیین عملکرد، کارایی و بازدهی تجهیزات طبقه‌بندی
 - بررسی تاثیر توزیع ابعادی ذرات در بار اولیه در دستگاه‌های طبقه‌بندی‌کننده و جداکننده
 - امکان‌سنجی افزایش عیار ماده معدنی در محدوده‌های خاص ابعادی در فرآیندهای فرآوری، نحوه عملکرد و میزان تاثیر آن
 - آماده‌سازی بار اولیه برای دیگر تجهیزات آزمایشگاهی و موارد مشابه
- روش‌های تعیین دانه‌بندی باید دقیق، مطمئن و در مواردی به ویژه کنترل عملکرد خط تولید سریع باشند، زیرا بر مبنای نتایج آزمایشگاهی ممکن است تغییرات قابل توجهی در مسیر داده شود.



۱-۳- تعاریف و مفاهیم

هر چند در نشریه شماره ۴۴۱ سازمان برنامه و بودجه کشور با عنوان "تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های واحدهای کانه‌آرایی" واژه‌های مرتبط با موضوع بازتاب یافته، اما در این مبحث به ذکر چندین واژه مهم بسنده شده که عیناً از واژه‌نامه یاد شده برگرفته و بعضی واژه‌های مرتبط نیز اضافه شده است.

ذره: قطعه مجزای یک ماده صرف نظر از اندازه آن

پودر: مخلوطی از ذرات جامد خشک

مواد دانه‌ای: موادی که از دانه‌های مجزا تشکیل شده‌اند.

دانه‌بندی: مجموعه اطلاعاتی که در یک نمونه از سنگ معدنی خرد شده، ابعاد متوسط دانه‌ها و یا توزیع حجمی و یا وزنی آن ماده در ابعاد مختلف را مشخص می‌کند.

اندازه ذره: کوچکترین اندازه دهانه سرنندی که ذره می‌تواند از آن عبور کند.

شکل ذره: نقشه تمامی نقاط در مرزهای یک ذره را شکل ذره می‌گویند. شکل ذرات هم مانند اندازه ذرات تاثیر بسزایی در

تعیین دانه‌بندی دارد. شکل ذره را می‌توان به صورت‌های زیر توصیف کرد:

- توصیف کیفی: در این شیوه توصیف ذرات به انواع هم‌بعد، ستونی، سوزنی، الیافی، تخت، صفحه‌ای، فلسی، دندانه‌دار، گوشه‌دار، نامنظم، گرد شده و دانه‌ای تقسیم می‌شود (شکل ۱-۱).

- توصیف کمی: در این توصیف بیان فرم‌های ابعادی به شرح زیر است:

- کشیدگی^۳: نسبت طول (L) یا کوتاه‌ترین طول (L_G) به عرض (B) در تصویر یک ذره (عموماً در مورد ذرات خیلی بلند کاربرد دارد).

- ضریب فلسی^۴: نسبت عرض (B) به ضخامت (T) در یک ذره

- نسبت تصویر^۵ یا نسبت کشیدگی: نسبت حداکثر قطر فرت^۶ به حداقل آن، همچنین به نسبت طول به عرض در ذرات نسبتاً

کوتاه، زمانی که عرض تقریباً با ضخامت برابر باشد نیز اطلاق می‌شود.

- گردشگی: گردشگی با رابطه ۱-۱ محاسبه می‌شود.

$$C = 4A / \pi L^2 \quad (1-1)$$

که در آن:

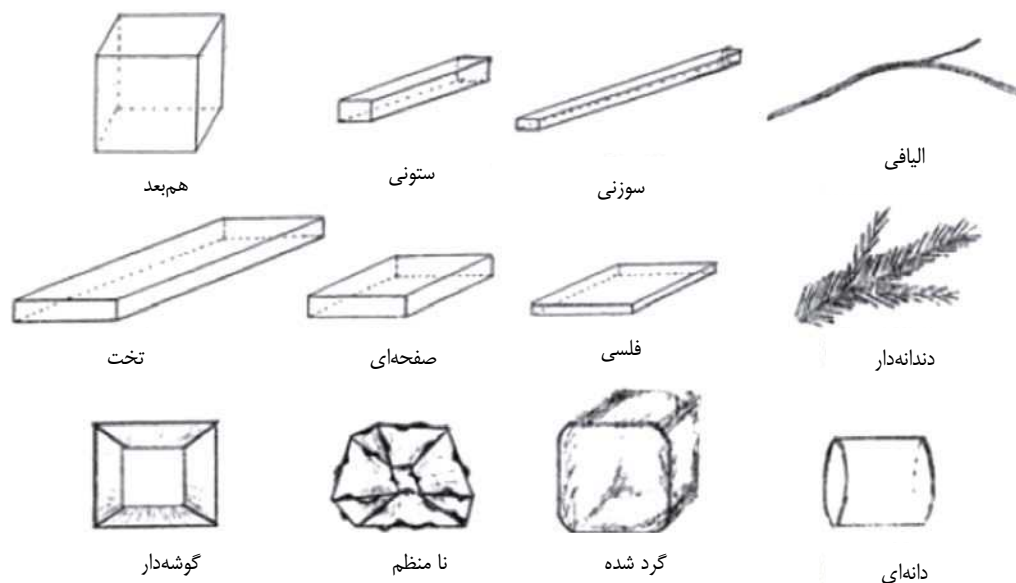
A مساحت سطح تصویر

L طول

- 1- Particulate material
- 2- Particle size
- 3- Elongation
- 4- Flakiness
- 5- Aspect ratio
- 6- Frot diameter



C گردشگری



شکل ۱-۱- توصیف کیفی اشکال ذره

کره معادل^۱: کره‌ای که در ارتباط با اصول اندازه‌گیری مد نظر، ویژگی‌های مشابه با ذره دارد.

در روش‌هایی مانند میکروسکوپی، سرند کردن و ته‌نشینی می‌توان کره معادل را تعیین کرد.

در روش‌هایی مانند دانه‌بندی لیزری، جهات مختلف ذره غیرکروی ممکن است به الگوهای پراش متفاوت منجر شود.

قطر معادل سطح تصویر شده (D_A): قطر کره‌ای که سطح تصویر افقی آن معادل با سطح تصویر ذره است.

قطر معادل مساحت سطح (D_S): قطر کره‌ای که مساحت آن برابر با مساحت ذره است.

قطر معادل حجم (D_V): قطر کره‌ای که حجمی برابر با حجم ذره دارد.

قطر معادل سطح حجم (D_{SV}): قطر کره‌ای که نسبت سطح به حجم آن برابر با نسبت سطح به حجم ذره است.

قطر معادل دراگ (نیروی مقاوم حرکت) (D_d): قطر کره‌ای که در مقایسه با ذره، در حین حرکت در یک سیال و با سرعت یکسان

مقاومت مشابهی دارد.

قطر معادل سقوط آزاد (D_f): قطر کره‌ای که سرعت سقوط آن در یک سیال برابر با سرعت سقوط ذره است.

قطر معادل سرند (مش سرند)^۲ (D_{si}): قطر ذراتی که از دهانه یک سرند عبور می‌کنند (اندازه دهانه واسنجی شده یا اسمی یک

سرند).

قطر استوکس (D_{st}): قطر کره‌ای که سرعت ته‌نشینی مشابه با سرعت ته‌نشینی ذره در شرایط قانون استوکس دارد. قطر استوکس

از بقیه قطرهای تعریف شده کوچکتر است.



1- Equivalent sphere

2- Near mesh

اندازه میانه^۱ (D_{50}): اندازه ذره در نقطه‌ای از نمودار توزیع فراوانی ذره که ۵۰ درصد ذرات ریزتر و ۵۰ درصد ذرات درشت‌تر از آن اندازه‌اند.

نقطه جدایش^۲: اندازه دهانه‌ای که مطابق با آن اجازه عبور به بخش ریزتر از حد جدایش داده می‌شود و ذرات درشت‌تر از حد جدایش از آن عبور نمی‌کنند.

محدوده ابعادی^۳: محدوده بین ریزترین و درشت‌ترین ذره در یک نمونه

فراکسیون ابعادی^۴: فاصله بین دو اندازه ابعادی

تجزیه ابعادی^۵: تقسیم نمونه به فراکسیون‌های مختلف ابعادی

منحنی توزیع ابعادی^۶: بیان نموداری نتایج آزمایش تجزیه ابعادی

منحنی درصد تجمعی مواد دانه درشت: نموداری است که در یک محور آن (محور Y) درصد وزنی تجمعی مواد و در محور دیگر اندازه مربوطه درج می‌شود.

منحنی درصد تجمعی مواد ریزدانه: نموداری است که در یک محور آن درصد وزنی مواد ریزدانه و در محور دیگر اندازه مربوطه درج می‌شود.

۱-۴- توزیع ابعادی ذره^۷

توصیف ابعاد و فراوانی ذرات موجود در یک نمونه را با این پارامتر بیان می‌کنند. نتایج توزیع ابعادی ذرات را می‌توان به صورت جدول و یا نمودار نشان داد.

- توزیع تفریقی ابعادی^۸: درصد فراوانی مواد در هر محدوده ابعادی یا درصد وزنی مواد با یک هیستوگرام یا منحنی رسم می‌شود. نمایش به صورت تفریقی این مزیت را دارد که به طور مستقیم نماها و محدوده‌هایی که فراوانی بیشتری دارند را نشان می‌دهد.

- توزیع تجمعی ابعادی^۹: درصد فراوانی مواد در محدوده ابعادی درشت‌تر یا ریزتر از یک اندازه معین رسم می‌شود. منحنی تجمعی موجب دسترسی آسان به توزیع اندازه ذره به صورت درصد مانند D_{10} ، D_{50} ، D_{80} ، D_{90} و D_{95} می‌شود که به ترتیب نشانگر ابعادی است که ۱۰، ۵۰، ۸۰، ۹۰ و ۹۵ درصد ذرات در توزیع، اندازه ریزتر از آن دارند.

- 1- Median size
- 2- Point of separation
- 3- Size range
- 4- Size fraction
- 5- Size analysis
- 6- Size distribution graph
- 7- Particle size distribution
- 8- Differential or fractional size distributions
- 9- Cumulative size distributions



۱-۵- نمایش نتایج تحلیل ابعادی

۱-۵-۱- بیان مقدار ذرات کوچکتر و یا بزرگتر از یک اندازه خاص

این روش عموماً در مواردی که کیفیت محصول تحت تاثیر ابعاد حدی خاص قرار می‌گیرد، کاربرد دارد. برخی مقادیر متداول که از این طریق برای بیان نحوه توزیع ابعادی ذرات به کار می‌روند شامل D_{90} یا D_{10} است.

۱-۵-۲- نمایش نموداری

در اغلب موارد نتایج آزمایش تجزیه ابعادی به صورت نمودار بیان می‌شود. مقیاس محورها در نمودارها بسته به پهنای محدوده دانه‌بندی، ممکن است خطی یا لگاریتمی انتخاب شود. مقیاس خطی، درون‌یابی را تسهیل می‌کند و معمولاً برای توزیع‌های ابعادی محدود به کار می‌آید. مقیاس لگاریتمی، موجب تفکیک‌پذیری بهتر در بازه ذرات با اندازه کوچک می‌شود و برای توزیع ابعادی گسترده توصیه می‌شود. مطابق شکل ۱-۲ رایج‌ترین روش‌های رسم منحنی دانه‌بندی، به شرح زیر است:

الف- خطی - خطی (A)

- در این روش هر دو محور افقی و قائم مقیاس خطی دارند.
- این روش رایج‌ترین روش رسم منحنی‌های مختلف است.
- در مورد بخش‌های دانه‌ریز، ابعاد دانه‌ها به قدری به یکدیگر نزدیک می‌شوند که عملاً از آن بخش منحنی نمی‌توان استفاده کرد.

ب- لگاریتمی - خطی یا نیمه‌لگاریتمی (B)

- در این روش محور قائم خطی و محور افقی لگاریتمی است.
- چنانچه نسبت دهانه سرندهای متوالی انتخاب شده ثابت باشد، فواصل آن‌ها بر روی محور افقی یکسان است.
- در بخش دانه درشت ماده مورد نظر مترکم‌تر و در بخش دانه ریز گسترده‌تر است.
- نمایش بخش دانه ریز با همان دقت بخش دانه درشت امکان‌پذیر است.

پ- لگاریتمی - لگاریتمی (C)

از این روش تنها زمانی استفاده می‌شود که دانه‌بندی ماده مورد نظر از تابع گادین پیروی کند.

ت- لگاریتمی - لگاریتم عکس درصد تجمعی وزنی (D)

از این روش زمانی استفاده می‌شود که دانه‌بندی ماده مورد نظر از تابع رزین-راملر پیروی کند.

ث- خطی - توزیع نرمال (E)

از این روش زمانی استفاده می‌شود که دانه‌بندی ماده مورد نظر از تابع توزیع نرمال پیروی کند.

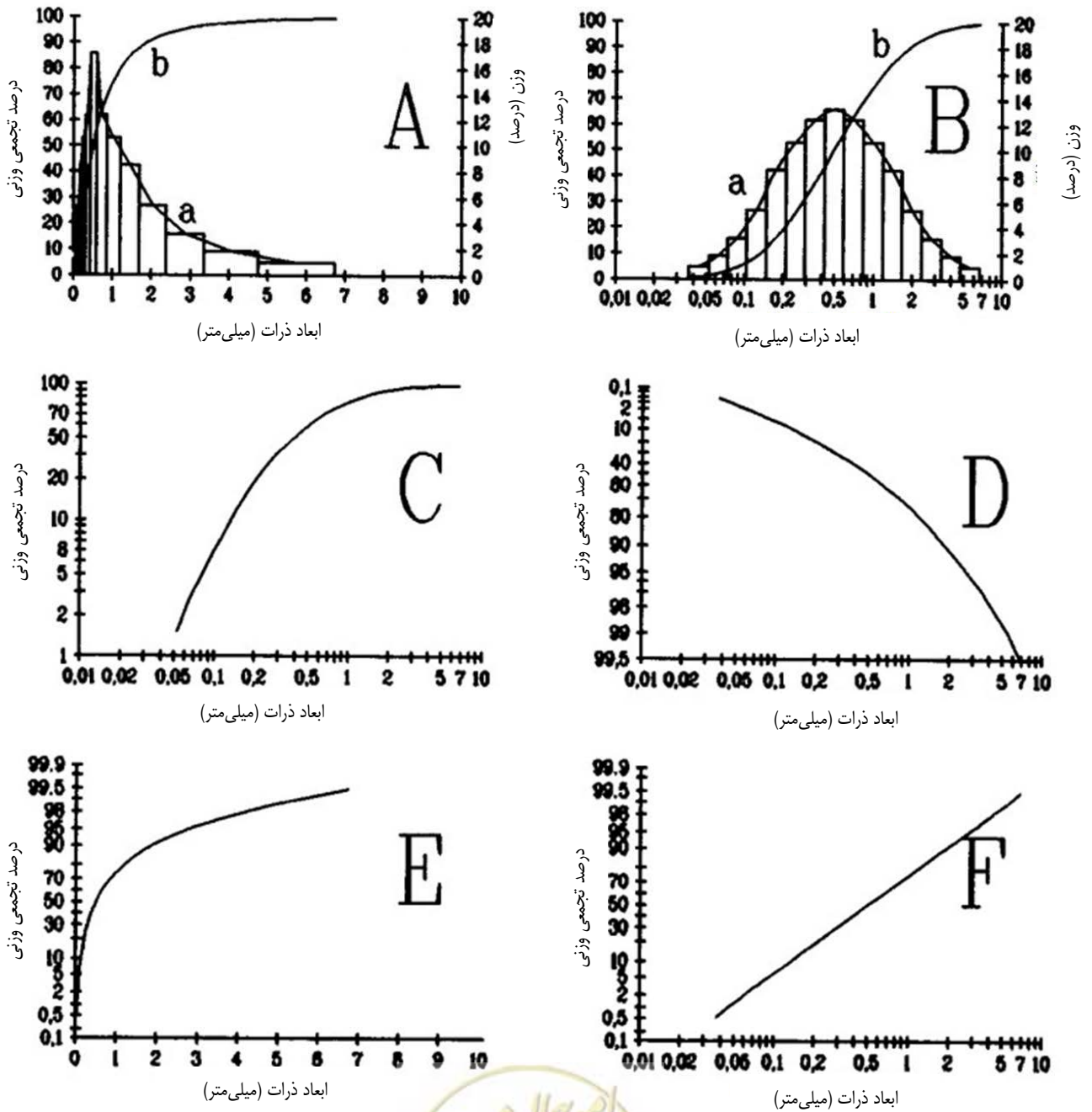
ج- لگاریتمی - توزیع نرمال (F)

زمانی این روش به کار برده می‌شود که دانه‌بندی ماده مورد نظر از تابع نرمال پیروی کند.



۶-۱- تجهیزات دانه‌بندی

با توجه به روش مورد استفاده، وسایل و تجهیزات زیادی در دانه‌بندی مواد استفاده می‌شوند که برخی از این وسایل به طور اختصاصی برای این منظور ساخته شده‌اند.



شکل ۶-۱- روش‌های مختلف رسم منحنی دانه‌بندی



۱-۶-۱- سرندهای آزمایشگاهی

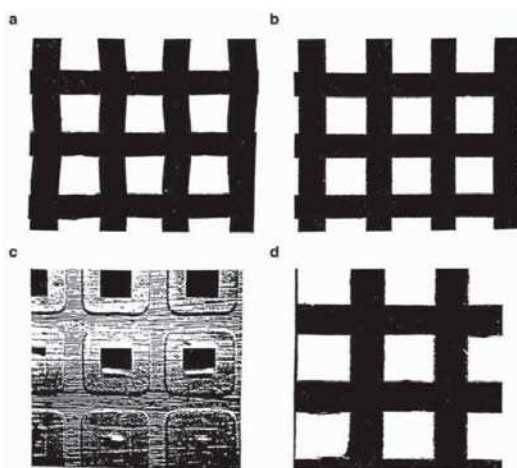
انواع سرندهای آزمایشگاهی به شرح زیر است:

الف- سرندهای سیمی (شکل ۳-۱)

ب- سرندهای با صفحات مشبک^۱

پ- سرندهای دقیق ساخته شده با ابزار الکتریکی (شکل ۳-۱)

ت- سرندهایی با دقت مضاعف



شکل ۳-۱- انواع بافت سرندهای آزمایشگاهی (a) سرند سیمی بافته شده، (b,c) سرندهای ساخته شده با وسایل الکتریکی (d)

۱-۶-۲- انواع مختلف سانتریفوژهای آزمایشگاهی

انواع سانتریفوژهای آزمایشگاهی به شرح زیر است:

الف- سانتریفوژهای دیسکی^۲

ب- فوتوسانتریفوژ کووتی^۳

۱-۶-۳- میکروسکوپهای نوری و الکتریکی

۱-۶-۴- ابزار و وسایل آزمایشهای ته نشینی

۱-۶-۵- نرم افزارهای آنالیز تصویر

۱-۶-۷- روشهای مختلف دانه بندی

روشهای مختلف اندازه گیری ابعاد ذرات را می توان بر اساس نحوه اندازه گیری ابعاد و توزیع دانه بندی به سه گروه تقسیم کرد:

- 1- Perforated screen
- 2- Disc centrifuge
- 3- Cuvette photo centrifuge



گروه اول: روش‌هایی که مبنای اندازه‌گیری در آن‌ها جدایش فیزیکی ذرات با ابعاد مختلف است، مانند سرنده کردن، روش‌های ته‌نشینی و کلاسیفایر هوایی

گروه دوم: روش‌هایی که مبنای اندازه‌گیری در آن‌ها شمارش تعداد سیگنال‌های ناشی از اثر هر ذره است. مانند روش‌های میکروسکوپی (نوری و الکترون روبشی)، آنالیز تصویری، مدت حرکت ذره در هوا و طول وتری

گروه سوم: روش‌هایی که سیگنال‌های دریافتی از مجموعه‌ای از ذرات با استفاده از مدل‌های ریاضی به توزیع دانه‌بندی تبدیل می‌شود. مانند میرایی فراصوت، پراش نور و لیزر

روش‌های گروه اول، روش‌های متداول در آزمایشگاه‌های مرتبط با مواد معدنی برای اندازه‌گیری ابعاد ذرات هستند و نیاز به تجهیزات ساده‌ای دارند.

روش‌هایی که در گروه‌های دوم و سوم قرار می‌گیرند نیاز به تجهیزات بسیار پیشرفته دارند و برای انجام آزمایش با آن‌ها باید به دستورالعمل شرکت سازنده مراجعه کرد. همچنین گذراندن دوره‌های آموزشی خاص برای آزمایش‌کننده ضروری است.

۱-۷-۱- سرنده کردن

سرنده کردن^۱ یکی از محدود روش‌هایی است که به وسیله آن می‌توان مقدار نسبتاً زیادی از مواد را به طور فیزیکی به بخش‌های مختلف تقسیم کرد و بخش‌های جدا شده را می‌توان به دقت وزن کرد. بنابراین تعیین تابع توزیع ابعاد ذرات (بر پایه جرم) بسیار دقیق خواهد بود.

در عمل، سرنده کردن تنها روش تجزیه ابعادی ذرات درشت‌تر از چند میلی‌متر است. سرنده را می‌توان به راحتی برای تجزیه ابعادی چند سانتی‌متر تا حدود ۵۰ میکرون به کار برد. چنانچه دقت کافی وجود داشته باشد، حد پایین این بازه با تجهیزات خاصی مانند فراصوت به ۵ میکرون نیز می‌رسد. از فراکسیون‌های به دست آمده می‌توان در تحلیل اولیه، طی فرآیند و بعد از فرآوری استفاده کرد.

۱-۷-۲- طبقه‌بندی هوایی

این طبقه‌بندی‌کننده‌ها تنها برای نمونه‌های با قابلیت پراکنده شدن در هوا، قابل استفاده‌اند. طبقه‌بندی هوایی اغلب به منظور تقسیم نمونه به دو بخش درشت‌تر و ریزتر از اندازه‌ای خاص استفاده می‌شود. طبقه‌بندی هوایی شامل جریان متقاطع و مخالف است.

۱-۷-۳- دانه‌بندی به روش میکروسکوپی

در این روش، امکان بازبینی مستقیم تصاویر ذرات به صورت ساکن و یا به صورت بر خط (آنلاین^۲) وجود دارد. روش کار به این صورت است که این داده‌ها با استفاده از تحلیل رقومی تصاویر کمی می‌شوند، ولی می‌توان اندازه‌گیری‌های مستقیم را هم توسط اپراتور انجام داد. در مورد ذرات ساکن، میکروسکوپ نوری بیشتر مورد استفاده است. میکروسکوپ نوری در ذرات بزرگتر از حدود ۰٫۳ میکرون قابل استفاده است و اندازه‌گیری کمی ذرات را می‌توان بر روی ذرات ۲ میکرون یا بزرگتر انجام داد. برای تعیین اندازه ذره

1- Sieving
2- Online



می‌توان از هر دو فرآیند دستی و پردازش تصویر استفاده کرد. اگر بزرگ‌نمایی بیشتری مورد نیاز باشد، از میکروسکوپ الکترونی استفاده می‌شود که امکان بررسی ذرات در حد زیر یک میکرون را دارد.

۱-۷-۴- پردازش تصویر

در مورد ذرات بسیار ریز، تصاویر معمولاً بعد از بزرگ‌نمایی در یک میکروسکوپ (نوری یا الکترونی) ارزیابی می‌شوند. تصاویر به صورت رقومی با استفاده از برخی کدها و الگوریتم‌ها پردازش شده و در نهایت اطلاعات ابعاد و شکل ذرات ارایه می‌شود. دقت نتایج به بزرگ‌نمایی، کیفیت تصاویر و الگوریتم پردازش آن‌ها بستگی دارد.

۱-۷-۵- اندازه‌گیری طول وتری

این روش با نام‌های "روش انعکاس پرتوی متمرکز"^۱ و "روش زمان انتقال"^۲ هم شناخته می‌شود. در این روش یک پرتوی لیزر متمرکز چرخشی یا لرزشی، ذرات در حال عبور از ناحیه اندازه‌گیری را پیمایش می‌کند. ذرات در یک بشر با همزن در محیط آزمایشگاه قرار داده می‌شوند. به این ترتیب با استفاده از اندازه‌گیری زمان انعکاس و سرعت اشعه لیزر طول وتری را اندازه می‌گیرند. برای اندازه‌گیری و انتخاب سیگنال‌هایی که از ذرات موجود در صفحه کانونی ساطع می‌شود، از آهنگ افزایش سیگنال‌های اندازه‌گیری شده استفاده می‌شود. مشکل این روش این است که ممکن است برای یک ذره خاص طول‌های وتری متعددی به دست آید. ضمن آن که این بازه به شکل ذره هم بستگی دارد. اغلب طول‌های وتری برای نظارت بر عملکرد فرآیند و کنترل آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. طول‌های وتری را می‌توان به توزیع ابعادی ذرات تبدیل کرد. البته زمانی که یک مدل مناسب برای خروجی دستگاه نسبت به شکل و ابعاد ذره وجود داشته باشد و ذرات در مسیر جهت‌یافتگی‌شان حرکت کنند. یک مزیت دستگاه‌های درخط این است که می‌توانند در غلظت‌ها، دماها و فشارهای بالا به کار روند (تا ۴۰ درصد حجمی (v/v)، ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۰۰ اتمسفر یا ۵ مگاپاسکال). این مزیت استفاده از این روش در بسیاری از فرآیندها به صورت اندازه‌گیری درخط را فراهم می‌سازد (شکل ۱-۴).

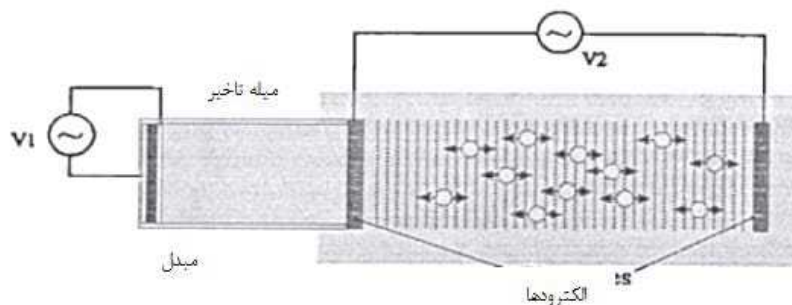


شکل ۱-۴- ابزار اندازه‌گیری طول وتری به روش FBRM

- 1- Focused beam reflectance method (FBRM)
- 2- Time of transition technique (TOT)

۱-۷-۶- روش‌های الکترو-آکوستیک^۱

این گروه از روش‌ها بر اساس اندرکنش متقابل صوت و یک میدان الکتریکی در ارتباط با جابه‌جایی دینامیکی ذرات کلوییدی در سوسپانسیون استوار است. این جابه‌جایی تابعی از ابعاد ذرات و پتانسیل بار الکتریکی در سطح ذره (پتانسیل زتا^۲) است. ساختار اصلی روش به این صورت است که یک موج صوتی ایستا در سوسپانسیون برقرار شده و اختلاف پتانسیل بین دو نقطه اوج و قعر در موج صوتی به نام اثر پتانسیل نوسان کلوییدی^۳، اندازه‌گیری می‌شود. برای ایجاد موج صوتی یک ولتاژ متناوب (V_1) بر مبدل اعمال می‌شود. موج صوتی از میله تاخیری گذشته و بدون سوسپانسیون وارد می‌شود. در این قسمت گرادیان فشار موج صوتی باعث می‌شود ذرات نسبت به فاز پیوسته نوسان کنند. حرکت ذرات موجب ایجاد یک پلاریزاسیون دو لایه‌ای می‌شود. علامت و بزرگی لحظه‌ای این پلاریزاسیون متناسب با زمان و مکان تغییر می‌کند. الکترودهایی که در نقاط مختلف قرار گرفته‌اند، پتانسیل الکتریکی ماکروسکوپی را بر حسب بار الکتریکی ذرات منفرد اندازه می‌گیرند. سپس حداکثر اختلاف پتانسیل در نیمه فاصله طول موج به دست می‌آید. سیگنال حاصل به وسیله جابه‌جایی دینامیکی یا الکتروفورتیک^۴ تعیین می‌شود که مقدار آن به اندازه ذره، چگالی و پتانسیل زتا بستگی دارد.



شکل ۱-۵- اندازه‌گیری به روش الکترو-آکوستیک

۱-۷-۷- فلوسیتومتری

در این روش، مخلوط رقیقی حاوی ذرات پراکنده در یک محیط مایع در یک محفظه جریان متمرکز می‌شوند تا از یک ناحیه حساس عبور کنند. مشخصات ذرات به روش‌های تفرق نور در زاویه‌ای معلوم، میزان جذب نور، با رفتار فلوتورسنت و یا مقاومت ظاهری الکتریکی تعیین می‌شود.

۱-۷-۸- دانه‌بندی به روش لیزری^۵

در این روش، الگوی پراش نور لیزر تک رنگ حاصل از برخورد نور لیزر با مجموعه‌ای از ذرات پراکنده در محیط پراکندگی، به وسیله تعدادی از آشکارسازها در زوایای مختلف و اکثراً در جهت جلو اندازه‌گیری می‌شود. سپس سیگنال‌های ثبت شده به وسیله

- 1- Electro-acoustic techniques
- 2- Zeta potential
- 3- Colloid vibration potential (CPV)
- 4- Electrophoretic
- 5- Laser diffraction



آشکارسازها با به کار بردن مدل‌های ریاضی ارایه شده از جمله تئوری پراش فرانیهوفر^۱ در ذرات درشت‌تر و تئوری مای^۲ برای ذرات ریزتر به توزیع دانه‌بندی ذرات تبدیل می‌شوند. اندازه‌گیری ممکن است به صورت در خط و خارج از خط انجام شود. در اجرای این آزمایش شفاف و متفاوت بودن ضریب شکست محیط پراکندگی با ضریب شکست ذرات اهمیت ویژه‌ای دارد.

۱-۷-۹- شمارنده‌های نوری ذرات

در روش شمارنده‌های نوری ذرات^۳، جریانی از هوا یا مایع حاوی ذرات، به ناحیه کوچک اندازه‌گیری هدایت می‌شود. در این ناحیه هر ذره رفتار منحصر به خود را در پاسخ به میرایی یا تفرق نور نشان می‌دهد. در روش میرایی نور، معمولاً بازه بسیار باریک زاویه‌ای و در روش تفرق نور یک بازه وسیع زاویه‌ای، مد نظر قرار می‌گیرد. اغلب از میرایی نور برای ذرات درشت‌تر و اندازه‌گیری غلظت ذراتی با ضریب میرایی معلوم استفاده می‌شود. از تفرق نور زمانی استفاده می‌شود که شدت نور پراکنده شده هر ذره منفرد بر اساس تنظیم یا رفتار تفرق معلوم ذرات، با اندازه ذره مرتبط باشد. برای اندازه‌گیری، از هر دو نور سفید یا نور تک رنگ (لیزر) استفاده می‌شود.

۱-۷-۱۰- سنجش فاز دوپلر

در روش فاز دوپلر^۴ یک پرتو لیزری به دو پرتو موازی تقسیم می‌شود سپس این دو پرتو متمرکز می‌شوند تا از یک نقطه از پیش تعیین شده عبور کنند و در آن ناحیه اندازه‌گیری را تشکیل دهند. جابه‌جایی فاز بین سیگنال‌های متوالی دوپلر از آشکارسازهای مختلف با ابعاد ذره مرتبط است.

۱-۷-۱۱- مدت حرکت در هوا

در روش مدت حرکت در هوا^۵، یک جریان هوا حاوی ذرات کلوییدی هنگام عبور از یک نازل^۶ به شدت شتاب می‌گیرد (سرعتی در حدود ۲۰۰ متر بر ثانیه) هم‌زمان با هوای تازه غلاف متمرکز می‌شود. اغلب قطر آیرودینامیکی ذرات از طریق این مدت اندازه‌گیری شده، حاصل می‌شود. برای به حداقل رساندن احتمال وجود بیش از یک ذره در مقابل اشعه لیزر و در ناحیه اندازه‌گیری، غلظت ذرات باید کم باشد. در ابزار جدید تا حدودی امکان شناسایی وضعیتی که تعداد بیشتری ذره در ناحیه اندازه‌گیری وجود داشته باشند، میسر شده است.

۱-۷-۱۲- میرایی فراصوت

در روش فراصوت^۷، میرایی و یا کاهش سرعت فراصوت به وسیله مجموعه ذرات معلق در مایع، در فرکانس‌های مختلف^۸ اندازه‌گیری می‌شود.

- 1- Fraunhofer
- 2- Mie
- 3- Optical particle counters (OPC)
- 4- Phase doppler anemometry
- 5- Time of flight (TOF)
- 6- Nozzle
- 7- Ultrasound attenuation
- 8- Frequencies



۱-۷-۱۳- روش‌های ته‌نشینی تعیین اندازه ذره

اکثر ذرات به علت وجود نیروی ثقل در هوا یا آب ته‌نشین می‌شوند. این پدیده اساس روش ته‌نشینی ثقلی را برای تعیین توزیع اندازه ذره تشکیل می‌دهد. تئوری ته‌نشینی استوکس، سرعت پایدار یا سرعت سقوط نهایی ذرات را به صورت تابعی از اندازه و چرمشان در یک میدان گرانشی بیان می‌کند. بر حسب نحوه اجرا، سه روش ته‌نشینی متفاوت عبارتند از:

- روش ته‌نشینی گرانشی

- روش ته‌نشینی سانتریفوژ

- روش ته‌نشینی جز به جز

برای تعیین توزیع ذرات از روش‌های خشک کردن و توزین نمونه‌های جمع‌آوری شده، توزین ذرات ته‌نشین شده در انتهای ظرف و یا اندازه‌گیری میرایی نور مرئی، اشعه ماورای بنفش یا اشعه‌های ایکس استفاده می‌شود. روش نمونه‌برداری، خشک کردن و توزین آسان‌ترین روش است. میرایی اشعه X ساده‌ترین روش در بین روش‌های با استفاده از میرایی نورها یا اشعه‌های مختلف است.

۱-۸- عوامل موثر در انتخاب روش تعیین ابعادی ذرات

مهم‌ترین عوامل موثر در انتخاب روش تعیین ابعادی ذرات به شرح زیر است:

الف- قطر معادل

ب- مخرب و یا غیرمخرب بودن روش

پ- مدت زمان مورد نیاز

ت- هزینه‌ها

ث- کمیت مورد اندازه‌گیری

ج- محدوده ابعادی موثر در هر روش

چ- مقدار و نوع نمونه مورد نیاز

ح- تعداد نقاط مورد نیاز برای رسم منحنی توزیع ابعادی

خ- نوع تحلیل

د- مهارت فردی

ذ- خودکار بودن روش‌ها

۱-۹- طبقه‌بندی روش‌های آزمایشگاهی تعیین توزیع ابعادی ذرات

در جدول ۱-۱ طبقه‌بندی روش‌های آزمایشگاهی تعیین توزیع ابعادی ذرات ارائه شده است.



۱-۱۰ - مقایسه روش‌های مختلف اندازه‌گیری ابعادی ذرات

در جدول ۱-۲ مقایسه روش‌های مختلف اندازه‌گیری ابعاد ذرات ارائه شده است.

جدول ۱-۱ - طبقه‌بندی روش‌های آزمایشگاهی تعیین توزیع ابعادی ذرات

روش	آماده‌سازی نمونه	نوع و ابعاد ذره	روش توزیع ابعادی
سرنند کردن (روش تر یا خشک)			
سرنند سیمی	دارد	چشمه سرنندی	جرمی
	دارد		
سرنند مشبک			
میکروسکوپی (روش خشک)			
نوری	دارد	- معادل سطح تصویر شده - قطر فرت - قطر مارتین	بر اساس تعداد
	دارد	- قطر معادل برشی - حداکثر طول وتری	
الکترونی			
ته‌نشینی ثقلی (روش تر)			
تجمعی (غیر از فرت و سدیمتاسیون)	دارد	- قطر استوکس - قطر فرت	جرمی
ته‌نشینی با روش گریز از مرکز (به روش تر)			
دو لایه - نموی - تجمعی	دارد	- قطر استوکس - قطر فرت	جرمی
هموزن - نموی			
طبقه‌بندی در یک جریان			
الوتریاسیون ثقلی (خشک)	دارد	- قطر استوکس - قطر فرت	جرمی
الوتریاسیون سانتیفیوژ (خشک)	دارد		
سیکلونی (تر یا خشک)	دارد		جرمی
شمارنده ذرات (تر یا خشک)	دارد	- معادل سطح تصویر شده - قطر معادل مساحت سطح	با تعداد
جز به جز کردن جریان در میدان کروماتوگرافی هیدروگرافی	دارد	قطر معادل دراگ	وابسته به نوع آشکارساز
پراش فرانیهوفر (لیزر)	دارد	قطر معادل لیزر	حجمی
پراش نور بر اساس تئوری مای (لیزر)	ندارد		
اسپکتروسکوپی همبستگی فوتون	-		
لیزر مادون قرمز پویشی	دارد	طول وتری	با تعداد
اندازه‌گیری آبرودینامیک در جریان نازل	-	قطر معادل دراگ	
روش تیره‌سازی مش	-	قطر معادل سرنندی	
سنجش فاز لیزر دوپلر	ندارد	قطر معادل لیزر	تنها با متوسط‌گیری
زمان انتقال	ندارد		با تعداد
تعیین مساحت سطح			
نفوذسنجی	ندارد	قطر معادل سطح - حجم	تنها با متوسط‌گیری سطح و حجم
ته‌نشینی با مانع	ندارد		
نفوذ گاز	ندارد		
جذب گاز	ندارد		
جذب از محلول	ندارد		
میکروکالریمتری جریان	ندارد		



جدول ۱-۲- مقایسه روش‌های مختلف اندازه‌گیری ابعاد ذرات

روش	بازه دانه‌بندی (میکرون)	نوع ابعاد (قطر معادل)	کمیت	نوع نمونه*	مقدار نمونه	زمان اندازه‌گیری (دقیقه)	کیفیت	هزینه سرمایه‌گذاری**	در خط / بر خط
سرند کردن	۵-۱۰۰	سرند	جرم	P, Su	زیاد	۲۰	+	کم	-
ته نشینی	۰٫۰۰۲-۲۰۰	قطر استوکس	جرم، نوری	Su	کم، متوسط	>۱۵	++	کم تا متوسط	-
آنالیز تصویری	۵۰-۱۰۰	سطح، طول، شکل	تعداد	Pa, Sp, Su	کم، متوسط	۱۰	+	کم تا متوسط	√
میکروسکوپی	۰٫۰۰۱-۵۰۰	طول، شکل، ساختار	تعداد	E, Sp, Su	خیلی کم	۱۰	+	کم	√
اندازه‌گیری طول و تری	۰٫۵-۳۰۰۰	طول و تری	تعداد	A, E, Pa, Su	کم	<۱	-	کم تا متوسط	√
شمارنده ذرات متراکم	۰٫۱-۵۰	آبرودینامیک	جرم	A, Pa	کم	۱۰	+/-	کم	-
ناحیه حساس الکتریکی	۰٫۵-۱۰۰۰	حجم	تعداد	Su	کم	۲	++	کم تا متوسط	-
الکترو-آکوستیک	۰٫۰۰۵-۱۰۰۰	هیدرودینامیک	حجم	Su	کم	۱۰	++	متوسط	-
فلوسیتومتری	۰٫۵-۴۰۰	حجم / سایر موارد	تعداد	E, Su	کم	۱۰	++	زیاد	-
پراش لیزر	۰٫۱-۱۰۴	قطر تفرق	حجم	A, E, Pa, Sp, Su	کم، متوسط	<۱	++	کم	√
شمارنده نوری ذرات	۰٫۱-۲۰۰	مقطع عرضی	تعداد	A, E, Pa, Sp, Su	کم، متوسط	۳	+	کم تا متوسط	√
سنجش فاز دوپلر	۱-۱۰۰۰	مقطع عرضی	تعداد	A, E, Pa, Sp, Su	کم	۱	+	زیاد	√
مدت حرکت در هوا	۰٫۵-۲۰۰	آبرودینامیک	تعداد	A, Pa	کم، متوسط	<۱	+	متوسط	-
میرایی فراصوت	۰٫۱-۳۰۰۰	میرایی	حجم	E, Su	متوسط، زیاد	۵	+	زیاد	√

*P: پودر، Pa: پودر در هوا، Su: سوسپانسیون، Sp: افشانک، A: آئروسول، E: امولسیون

** کم: ۱ تا ۲۵ هزار یورو، متوسط: ۲۵ تا ۵۰ هزار یورو، زیاد: بیش از ۵۰ هزار یورو (این داده‌ها مربوط به سال ۲۰۰۹ است).

۱-۱۱-۱- شرایط آزمایش دانه‌بندی

۱-۱۱-۱-۱- اسناد و اطلاعات مورد نیاز برای آزمایش

- نوع نمونه
- شناسه نمونه
- هدف از انجام مطالعه
- وضعیت نمونه (سنگ معدن، محصول میانی، محصول نهایی و باطله)



- درصد جامد و یا درصد رطوبت
- در صورت محلول بودن (ذکر نام حلال و فاز محلول)
- وزن نمونه
- ابعاد تقریبی نمونه
- اهداف مورد نیاز
- روش نمونه برداری
- زمان و مکان نمونه برداری
- روش مورد نظر (در صورتی که با توجه به ماهیت نمونه روش خاص مد نظر باشد).
- وضعیت آگلومراسیون (مانند استفاده از فلوکولانت)
- خواص رادیو اکتیو و خواص مغناطیسی
- رنگ (در روش های میکروسکوپی)
- ساینده گی
- توضیحات مختصری در مورد تاریخچه نمونه، فرآیندهایی که تاکنون بر روی آن انجام شده و توضیحات ضروری دیگر که لازم است آزمایش کنندگان از آن مطلع باشند.

۱-۱۱-۲- مهارت فردی

مشخصات افراد دارای صلاحیت برای انجام آزمایش دانه بندی در جدول ۱-۳ ارائه شده است. داشتن تجربه کافی، آشنایی با روش های دستگاهی، گذراندن دوره های آزمایشی مرتبط، توانایی تفسیر و تحلیل نتایج دانه بندی، آشنایی با انواع مواد معدنی، آشنایی با متغیرها و خطاهای موجود در روش های گوناگون و برقراری ارتباط بسیار ضروری است.

جدول ۱-۳- مهارت های فردی مورد نیاز برای انجام آزمایش دانه بندی

سابقه	مهارت	شرح کار
۱-۲ سال	کاردان زمین شناسی، معدن (کلیه گرایش ها)، شیمی، متالورژی استخراجی	تهیه کننده نمونه و آماده سازی
۲-۳ سال	کارشناس یا کارشناس ارشد زمین شناسی، معدن (کلیه گرایش ها)، شیمی، متالورژی (استخراجی، سرامیک)	آزمایش کننده (گان)
۳-۵ سال	کارشناس یا کارشناس ارشد زمین شناسی، معدن (کلیه گرایش ها)، شیمی، متالورژی (استخراجی، سرامیک)	تجزیه و تحلیل داده ها (در صورت نیاز)
۲-۳ سال	کارشناس یا کارشناس ارشد زمین شناسی، معدن (کلیه گرایش ها)، شیمی، متالورژی (استخراجی، سرامیک)	نویسنده گزارش



۱-۱۱-۳- امکانات مورد نیاز در آزمایشگاه

- تجهیزات مورد نیاز برای انجام دانه‌بندی (مانند سرنده، لرزاننده، میکروسکوپ و موارد مشابه)
- تقسیم‌کن نمونه
- ترازو با دقت مناسب
- سیستم غبارگیر
- همزن آزمایشگاهی
- مواد شیمیایی مورد نیاز مانند آب مقطر، متفرق‌کننده و موارد مشابه
- لوازم عمومی آزمایشگاهی مانند پیست، سینی، ظروف آلومینیومی، بشر، استوانه مدرج و موارد مشابه
- دستگاه فیلتر آزمایشگاهی و خشک‌کن
- زمان‌سنج
- دماسنج و دانسیته‌سنج
- فرم‌های مورد نیاز

۱-۱۱-۴- توصیه‌های عملیاتی

توصیه‌های عملیاتی شامل موارد زیر است:

- پس از عبور ذرات ریزتر از نصف چشمه سرنده ذرات بزرگتر و یا با ابعاد نزدیک به چشمه در سطح آن تجمع می‌یابد که به آن باردهی بیش از حد می‌گویند زیرا تمرکز ذرات درشت باعث گیر کردن ذرات با ابعاد نزدیک به چشمه سرنده می‌شود. بنابراین با مسدود شدن چشمه‌های سرنده تا زمانی که سرنده تمیز نشود، استفاده از آن مناسب نیست.
- تجمع ذرات ریز و تشکیل ذرات درشت به دلیل رطوبت جزئی نیز از دیگر مواردی است که باید از مکانیزم‌های ترکیبی تر و خشک استفاده شود.
- هنگام سرنده کردن پودرهای نرمی مانند پلاستیک‌ها که قابلیت باردار شدن از طریق الکتریسیته ساکن را دارند، اضافه کردن مقداری پودر کربنات منیزیم، تری‌فسفات کلسیم یا موادی مشابه، معمولاً مشکل را برطرف می‌کند و نیازی به استفاده از روش مرطوب نیست.
- هنگامی که سیم‌های سرنده آسیب دیده و یا خراب باشد نباید تجزیه سرنده را ادامه داد.

۱-۱۱-۵- منابع اصلی خطا در توزیع ابعادی ذرات

الف- خطاهای عمومی

- عدم رعایت فرآیند صحیح
- استفاده از دستگاه نامناسب یا مواد مرجع غیراستاندارد یا نامناسب



ب- خطاهای نمونه برداری

- استفاده از نمونه غیرمعرف
- مقدار نمونه ناکافی
- از بین رفتن نمونه در حین نمونه برداری یا در دستگاه
- تغییر ترکیب شیمیایی نمونه
- تغییر ترکیب فیزیکی نمونه
- خطای غیرعمدی انسانی (مانند شناسه گذاری اشتباه)

پ- خطا در اثر پراکندگی نامناسب

- تر نشدن کافی پودر
- سایش یا خردایش ذرات اولیه
- انحلال یا آماس ذرات
- وجود حباب‌های هوا
- ناپایداری در پراکندگی ذرات، مانند ژله‌ای شدن، ته‌نشینی و آگلومراسیون مجدد

ت- خطاهای اندازه‌گیری

- آماده‌سازی نامناسب دستگاه (عدم واسنجی و عدم تنظیم)
- شرایط نادرست اندازه‌گیری
- مدل اپتیک نامناسب
- استفاده از مدل توزیع ابعادی ذراتی نامناسب
- وجود ذراتی با ابعاد خارج از محدوده دانه‌بندی
- اعتبارسنجی نامناسب دستگاه

ث- خطاهای گزارش‌دهی

- نوشتن داده‌ها به صورت نادرست یا ناقص
- مهارت نداشتن اپراتور
- عدم ثبت داده‌های اندازه‌گیری شده
- تعیین نامناسب نمونه



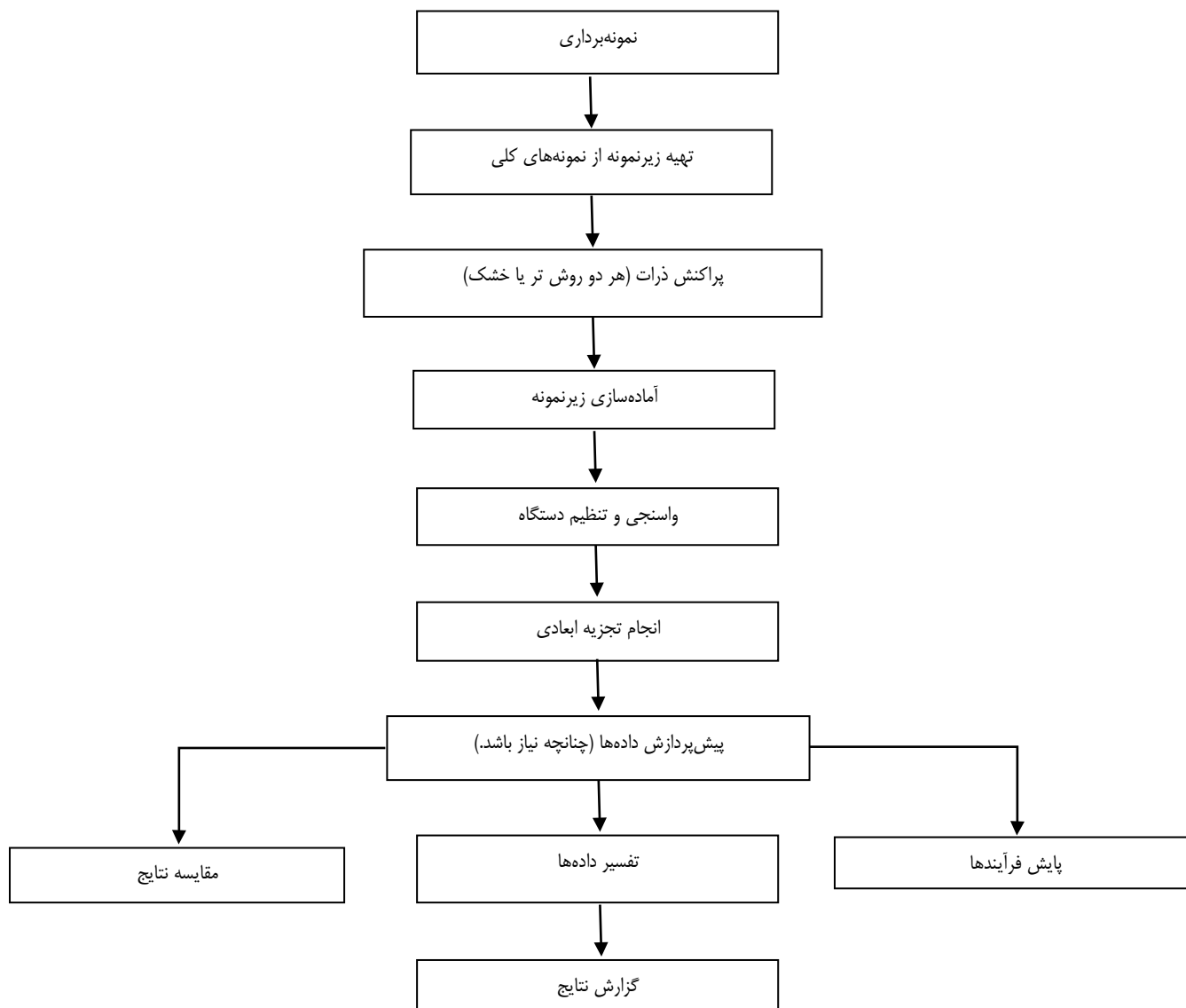
فصل ۲

تجزیه ابعادی



۱-۲- آشنایی

برای انجام دانه‌بندی مواد معدنی باید مجموعه‌ای از فعالیت‌ها به طور متوالی انجام گیرد تا در نهایت بتوان گزارش جامع و کاملی را در مورد تحلیل و ماهیت ابعاد ذرات ارائه داد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- روندنمای فرآیند عمومی تجزیه ابعادی

۲-۲- دستورالعمل دانه‌بندی به روش سرند کردن

۱-۲-۲- روش متداول تجزیه سرندي

الف- حجم پیشنهادی نمونه برای انجام تجزیه سرندي با چشمه‌های دایره‌ای با قطر ۲۰۰ میلی‌متر در جدول ۱-۲ ارائه شده است. مقادیری که در جدول ۱-۲ وجود دارند راهنمای بسیار خوبی برای مواردی هستند که در آنها هنوز استاندارد برای مقدار نمونه

مشخص نشده است.

ب- اگر نمونه کاملاً خشک نباشد، باید آن را در دمای 5 ± 110 درجه سانتی‌گراد خشک کرد. در مواردی که حرارت بر ذرات تاثیر بگذارد از جریان هوا و بدون گرم کردن، آن را خشک کرده یا از لامپ‌های مادون قرمز یا لوازم خشک‌کننده دیگری برای این منظور استفاده می‌شود. نمونه با دقت ۰/۱ درصد وزن شده و ثبت می‌شود.

پ- از سرندهای استاندارد که در ضمیمه این گزارش ذکر شده‌اند، استفاده شود.

ت- اغلب تجزیه سرندي با مجموعه‌ای از سرندها انجام می‌گیرد. هر چه تعداد سرندها بیشتر باشد، اطلاعات بیشتری در مورد توزیع ابعادی نمونه مورد آزمایش به دست می‌آید. در برخی موارد غلیظ‌دانه ریز بودن نمونه از سرندهای درشت‌تر در مجموعه استفاده می‌شود تا سرندهای ریزتر را از سایش بیشتر یا باردهی بیش از حد محافظت کنند. برای مواد دانه‌بندی شده با توزیع دانه‌بندی محدود باید از همه سرندهای موجود در سری سرندهایی که با قاعده ریشه چهارم عدد دو ساخته شده‌اند، استفاده شود. در سایر موارد از جمله سرندي کردن برای کنترل تولید ممکن است یک سرندي کافی باشد.

ث- مجموعه سرندهای انتخاب شده به ترتیب از درشت‌ترین در بالا تا ریزترین در پایین و سینی انتهایی مرتب می‌شوند. نمونه در سرندي بالایی قرار می‌گیرد و روی آن با یک درپوش مناسب بسته می‌شود.

ج- انتخاب سرندها باید به نحوی باشد که کمتر از ۵ درصد مواد در سرندي بالایی باقی بماند و کمتر از این مقدار هم از آخرین سرندي عبور کند.

چ- تجزیه سرندي با هر دو روش دستی یا مکانیکی (لرزان) انجام می‌شود.

جدول ۱-۲- حجم نمونه توصیه شده در تجزیه سرندي با چشمه‌های دایره‌ای به قطر ۲۰۰ میلی‌متر

ماکزیمم حجم مواد روی سرندي (سانتی‌متر مکعب)	حجم نمونه برای تجزیه سرندي (سانتی‌متر مکعب)	ابعاد چشمه سرندي			
		اینچ	میلی‌متر	اینچ	میلی‌متر
۹۰۰	۱۸۰۰	۱	۲۵	۰/۸۷۵	۲۲/۴
۸۰۰	۱۶۰۰	اینچ	۱۹	۰/۷۵	میلی‌متر
۷۰۰	۱۴۰۰	اینچ	۱۶	۰/۶۲۵	میلی‌متر
۵۰۰	۱۰۰۰	اینچ	۱۲/۵	۰/۵	میلی‌متر
۴۰۰	۸۰۰	اینچ	۱۱/۲	۰/۴۳۷۵	میلی‌متر
۴۰۰	۸۰۰	اینچ	۹/۵	۰/۳۷۵	میلی‌متر
۳۰۰	۶۰۰	اینچ	۸	۰/۳۱۲۵	میلی‌متر
۲۵۰	۵۰۰	اینچ	۶/۳	۰/۲۵	میلی‌متر
۲۰۰	۴۰۰	مش	۵/۶	۳/۵	میلی‌متر
۱۵۰	۳۵۰	مش	۴	۵	میلی‌متر
۱۲۰	۲۴۰	مش	۲/۸	۷	میلی‌متر
۱۰۰	۲۰۰	مش	۲	۱۰	میلی‌متر
۸۰	۱۶۰	مش	۱/۴	۱۴	میلی‌متر
۷۰	۱۴۰	مش	۱	۱۸	میلی‌متر
۶۰	۱۲۰	مش	۷۱۰	۲۵	میکرون

ادامه جدول ۲-۱- حجم نمونه توصیه شده در تجزیه سرندي با چشمه‌های دایره‌ای به قطر ۲۰۰ میلی‌متر

ابعاد چشمه سرنند		حجم نمونه برای تجزیه سرندي (سانتی‌متر مکعب)	ماکزیمم حجم مواد روی سرنند (سانتی‌متر مکعب)
۵۰۰	میکرون	۳۵	مش
۳۵۵	میکرون	۴۵	مش
۲۵۰	میکرون	۶۰	مش
۱۸۰	میکرون	۸۰	مش
۱۲۵	میکرون	۱۲۰	مش
۹۰	میکرون	۱۷۰	مش
۷۵	میکرون	۲۰۰	مش
۶۳	میکرون	۲۳۰	مش
۴۵	میکرون	۳۲۵	مش
۳۸	میکرون	۴۰۰	مش

۲-۲-۲- سرنند کردن به روش دستی

- سرنند کردن به روش دستی، روش اولیه و پایه برای تجزیه سرندي است. روش دستی کاملاً به فرد آزمایش‌کننده وابسته است و نتایج متفاوتی بر حسب آزمایشگاه ممکن است به دست آید. در این روش، هر بار تجزیه سرندي با یک سرنند انجام می‌شود. نمونه در یک سرنند خشک و تمیز که زیر آن سینی جمع‌کننده مواد عبوری قرار دارد، ریخته می‌شود.

- در روش سرنند کردن به صورت دستی زمانی که چند سرنند در آزمایش مورد استفاده قرار می‌گیرند، ابتدا آن‌ها را به ترتیب درشتی به ریزی روی هم قرار می‌دهند به نحوی که سرنند درشت در بالا قرار گیرد و نمونه در سرنند بالایی ریخته می‌شود. کل سرنندها به مدت ۲ تا ۳ دقیقه تکان داده می‌شود. کاربردی‌ترین روش برای این کار آن است که این سرنندها را روی یک میز قرار می‌دهند و سرنندها با حرکت چرخشی همراه با ضربه تکان داده می‌شوند. بعد از این تکان مقدماتی، هر کدام از سرنندها جداگانه تکان داده می‌شود. این عمل با درشت‌ترین سرنند شروع می‌شود تا جداسازی کامل شود. موادی که از هر سرنند عبور می‌کند به سرنند کوچکتر بعدی منتقل می‌شود.

- سرنند کردن باید به طور یکنواخت انجام و همیشه همان حرکات چرخشی و ضربه‌ای تکرار شود. در پایان آزمایش مجموعه سرنند، سینی انتهایی و درپوش آن در زاویه ۲۰ درجه نسبت به افق در یک دست نگه داشته می‌شود. سرنند در صفحه شیب‌دار با آهنگ حدود ۱۵۰ بار در دقیقه به بالا و پایین حرکت داده می‌شود و در بالاترین نقطه آن با کف دست مخالف به سرنند ضربه زده می‌شود.

- بهتر است سرنند کردن روی یک کاغذ سفید انجام شود تا از هدر رفتن ذراتی که ممکن است از بین درپوش و سرنند خارج شوند، جلوگیری شود. این ذرات به سرنند باز گردانده می‌شود. بعد از هر ۲۵ ضربه، سرنند حدود یک ششم مساحت یک دایره در یک جهت چرخانده می‌شود.

- برای کمک به چرخش صحیح سرنند، می‌توان درپوش سرنند را با سه خط مستقیم که در مرکز با زاویه ۶۰ درجه همدیگر را قطع می‌کنند، علامت‌گذاری کرد. یکی از این خطها با فلشی که نشان دهنده نقطه شروع است، نشان‌گذاری می‌شود.



- سرند کردن تا زمانی که مواد اضافی که در طول یک دقیقه سرند کردن مستمر از آن خارج می‌شوند و وزن سرند را بیشتر از یک درصد تغییر دهند، ادامه می‌یابد. در گزارش آزمایش تجزیه سرندي، محاسبات تا دقت ۰/۱ درصد انجام گیرد.
- در حالی که سرند بدون درپوش به همراه سینی انتهایی با دو دست نگه داشته می‌شود با حرکت چرخشی ملایم تکان داده می‌شود تا بیشتر مواد ریز از آن عبور کنند و باقی‌مانده مواد نسبتاً عاری از ذرات ریز باشد. این مرحله ممکن است برای سرندهای درشت‌تر از ۱۵۰ میکرون، یک یا دو دقیقه طول بکشد و برای سرندهای ریزتر از ۱۵۰ میکرون، ۳ تا ۴ دقیقه به طول انجامد.
- در ادامه سرپوشی روی سرند می‌گذارند و آن را از سینی انتهایی جدا می‌کنند و محتویات آن را با وارونه کردن، تخلیه می‌کنند. با کمک یک برس به آرامی به کناره سرند ضربه زده می‌شود تا گرد و خاکی که به سرند چسبیده و ذراتی که در سوراخ توری گیر کرده‌اند، جدا شوند. ته سرند هم با برس مخصوص تمیز می‌شود.
- سینی انتهایی تخلیه و به آرامی با برس مخصوصی تمیز می‌شود. مجدداً سرند و سینی زیرین آن متصل و آزمایش با بخش درشت باقی‌مانده تکرار می‌شود. این عمل تا زمانی که بیشتر از یک درصد وزنی مواد باقی‌مانده در طول یک دقیقه از سرند عبور نکند، ادامه می‌یابد.

۲-۲-۳- دانه‌بندی با لرزاننده مکانیکی (دستگاه تجزیه سرندي)

- استفاده از لرزاننده در تمام آزمایشگاه‌هایی که به طور مکرر تجزیه سرندي را انجام می‌دهند، کاربرد دارد. نه تنها جایگزین با روش دستی می‌شود بلکه اگر به جا از آن‌ها استفاده شود نتایج بسیار یکنواخت‌تری به دست خواهد آمد.
- نوعی از لرزاننده‌های مکانیکی طوری طراحی شده است که حرکت دست را شبیه‌سازی می‌کند و با استفاده از حرکت چرخشی به همراه حرکت ضربه‌ای کار سرند کردن را انجام می‌دهد. در انواع دیگر لرزاننده‌های مکانیکی از مکانیزم نوسانی ستونی از هوا (که در درون سرندها جریان دارد) یا از لرزه‌های الکترومغناطیسی استفاده می‌کنند که به این دلیل سرعت بالا و ضربه‌های کوتاه ایجاد می‌شود.
- به هنگام استفاده از هر نوع لرزاننده مکانیکی تعیین مدت زمان مناسب برای هر ماده‌ای که سرند می‌شود لازم است. همچنین برای لرزاننده‌های مکانیکی که امکان تنظیم پارامترهای عملیاتی را دارند تعیین شرایط بهینه برای دستیابی نتایج بهتر لازم است. در آزمایش‌های رایج، زمان کافی برای رسیدن به نتیجه دلخواه، ۳ تا ۵ دقیقه است، در حالی که برای بررسی‌های دقیق‌تر ممکن است زمانی بین ۱۰ تا ۳۰ دقیقه لازم باشد. به هنگام آزمایش روی مواد شکننده که آمادگی تولید نرمه را دارند باید از طولانی کردن مدت زمان سرند پرهیز کرد.

به منظور تعیین مدت زمان لازم سرند کردن به ترتیب زیر عمل می‌شود:

- از یک نمونه با وزن زیاد به وسیله یک تقسیم‌کننده، ۳ تا ۴ نمونه مناسب را جدا می‌کنند. یکی از این نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه، دومی به مدت ۱۰ دقیقه، سومی به ۱۵ مدت دقیقه و چهارمی به مدت ۲۰ دقیقه سرند می‌شود. با ثبت نتایج به دست آمده بر حسب درصد مواد باقی‌مانده در هر سرند، مدت زمان مناسب برای سرند کردن برای دستیابی به شرایط تثبیت شده به دست می‌آید.
- پایان سرند کردن هنگامی است که با یک دقیقه سرند کردن اضافی، در وزن مواد روی هر کدام از سرندها تغییری کمتر از

یک درصد مشاهده شود.

- زمانی که حداکثر دقت مورد نظر باشد، باید آزمایش را تا هنگامی که در مدت ۵ دقیقه کمتر از نیم درصد مواد روی سرنده ریز از آن سرنده عبور کند، ادامه داد. این روش در زمانی مناسب است که نمی‌توان هیچ انتخابی روی استفاده از نوع لرزاننده مکانیکی داشت و یا از هر دو روش دستی و مکانیکی به تناوب استفاده می‌شود.

۲-۲-۴- سرنده کردن به روش تر

تجزیه سرنده تا حد امکان باید روی ماده خشک انجام گیرد. با این وجود در شرایطی که سرنده کردن به روش خشک به سختی انجام شود به حدی که امکان تجدید آن فراهم نباشد و در صورتی که نمونه حاوی مواد محلول در آب نباشد، تجزیه سرنده دقیقی می‌توان به روش تر انجام داد.

برای انجام یک تجزیه سرنده به روش تر ابتدا نمونه را خشک می‌کنند و سپس نمونه را در ریزترین سرنده قرار می‌دهند و با جریان ملایم آب شلنگ با جلو و عقب بردن می‌شویند به نحوی که گرد و غبار تولید نشود و ذرات به بیرون پرتاب نشوند. وقتی آب عبوری از سرنده زلال شد، سرنده به همراه مواد باقی‌مانده روی آن درون یک خشک‌کن و در دمای حداکثر ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد خشک می‌شود. پس از سرد شدن نمونه در دمای محیط، مواد باقی‌مانده روی سرنده وزن می‌شود. این مراحل در سرندهای درشت‌تر تکرار می‌شود. زمان خشک کردن نسبت به مقدار نمونه و ویژگی‌های ماده متفاوت است و باید برای ایجاد یک روش مشخص، ماده را در فواصل زمانی معین و تا زمانی که تغییر خاصی در کیفیت ماده رخ نداده است مرتب وزن کرد.

در مواردی که نمونه به خوبی با آب مخلوط نمی‌شود، ابتدا نمونه خشک شده و به دقت وزن شده را درون یک جام که تا سه چهارم آن با آب پر شده است قرار می‌دهند و محتویات جام را به شدت تکان می‌دهند تا نمونه با آب مخلوط شود. سپس مخلوط را درون سرنده می‌ریزند و روش شستشوی یاد شده را انجام می‌دهند. جام باید بیش از یک مرتبه شسته شود.

افزودن میزان کمی سدیم پیروفسفات یا تری‌فسفات سدیم به آب به پراکنده شدن بهتر ذرات جامد کمک می‌کند. در صورت امکان از یک میله تولیدکننده امواج مافوق صوت برای جدا کردن ذرات به هم چسبیده و پراکنده کردن ذرات استفاده می‌شود، باید توجه کرد که مواد نرم بیش از حد خرد نشوند.

سرنده کردن به روش تر را می‌توان با مجموعه‌ای از سرندهای روی هم و با لرزاننده مکانیکی و با تجهیز کردن لرزاننده مکانیکی به نحوی که جریان باریک آب بتواند از بالا وارد شود و از سرندها عبور کند و از قیف انتهایی خارج شود هم انجام داد.

۲-۲-۵- سرنده کردن به روش ترکیبی خشک و تر

گاه به دلیل وجود ذرات ریز در نمونه که ممکن است منجر به چسبیدن آن‌ها به یکدیگر یا به ذرات درشت‌تر و نیز کور کردن چشمه‌های سرنده شود، سرنده کردن به روش خشک مناسب نیست. ابتدا ذرات درشت را به روش خشک و سپس بقیه را به روش تر سرنده می‌کنند.

در روش ترکیبی خشک و تر نمونه ابتدا با ریزترین سرنده با استفاده از روش تر که در بند ۲-۲-۴ توضیح داده شد، مورد آزمایش قرار می‌گیرد. باقی‌مانده حاوی ذرات درشت‌تر سپس در ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و مطابق با روش مناسب آن که در بخش‌های قبلی ذکر شد، سرنده می‌شود. نتایج کلی بر حسب نمونه خشک اولیه و قبل از آزمایش به روش تر بیان می‌شود.

۲-۲-۶- وزن کردن

- وزن کردن نمونه طبق مراحل زیر انجام می‌گیرد:
- بعد از اتمام دانه‌بندی، مواد باقی‌مانده روی سرندها باید برای ثبت نتایج، توزین شوند.
 - ترازوی این کار باید حداقل دقت ۰/۱ گرم داشته باشد.
 - مواد باقی‌مانده در هر کدام از سرندها جداگانه وزن شوند.
 - از آنجایی که وزن هر فراکسیون دانه‌بندی به صورت درصدی از وزن کل نمونه محاسبه می‌شود، بیشترین حد مجاز خطا برای آزمایش نباید از ۰/۱ درصد کل دفعات توزین تجاوز کند.
 - اگر وزن کل مواد باقی‌مانده در سرندهای متفاوت به علاوه آنچه در سینی انتهایی قرار دارد، از محدوده خطای یاد شده تجاوز نکند می‌توان از آن به جای وزن اولیه برای بیان درصد وزنی بخش‌های مختلف تجزیه سرندها استفاده کرد.
 - اگر بین وزن مجموع ذرات روی سرندها و سینی انتهایی با وزن نمونه اولیه حداکثر تا ۰/۵ درصد اختلاف وجود داشته باشد، می‌توان آن را به وزن ذرات سینی انتهایی اضافه کرد.
 - اگر اختلاف بزرگتر از محدوده یاد شده باشد، باید اعداد و ارقام را دوباره امتحان کرد تا خطایی در توزین، محاسبات، مسدود شدن چشمه سرندها یا از دست دادن مواد در هنگام سرندها کردن به طور اتفاقی رخ نداده باشد.
 - هنگام کار کردن با مقادیر کم نمونه و استفاده از سرندهای با قطر ۷۶ میلی‌متر، غالباً روش مطلوب آن است که وزن هر سرندها و وزن سینی انتهایی مشخص شود تا تعیین اوزان مواد باقی‌مانده بدون خارج کردن آن‌ها از سرندها ممکن باشد (امکان از دست رفتن مواد هنگام خارج کردن آن‌ها).

۲-۲-۷- محاسبات

- محاسبات دانه‌بندی طی مراحل زیر انجام می‌گیرد:
- الف- وزن مواد باقی‌مانده بر روی هر سرندها، داده‌های اصلی هستند که درصدها بر حسب آن‌ها محاسبه می‌شوند. ارایه نتایج باید به شکل درصدی از کل نمونه اولیه که در هر سرندها باقی‌مانده و یا از آن عبور کرده است، باشد.
- ب- درصد مواد باقی‌مانده در هر سرندها با تقسیم وزن کل مواد درشت‌تر از آن سرندها به وزن کل نمونه مورد آزمایش محاسبه می‌شود. وزن کل مواد درشت‌تر شامل مواد باقی‌مانده در سرندها به اضافه تمام مواد موجود در سرندهای درشت‌تر است. این درصد تجمعی بسیار مفید است چرا که نشان دهنده درصد کل مواد درشت‌تر از دهانه یک سرندها خاص در نمونه مورد آزمایش است. جدول‌های مربوط به نتایج آزمایش تجزیه سرندها معمولاً بر اساس درصد مواد عبور کرده از هر سرندها تنظیم می‌شوند.

۲-۲-۸- توصیه‌هایی برای انجام تجزیه سرندها با سرندهای مشبک

- الف- هنگام استفاده از یک لرزاننده نوع الکترومغناطیسی، توصیه می‌شود که سرندها یا سرندهایی که روی هم قرار دارند با سینی انتهایی و درپوش به وسیله دو نوار لاستیکی به لرزاننده بسته شوند، به نحوی که سرندها به هنگام تنظیم میزان لرزش روی موقعیت متوسط یا زیاد، حرکت مختصری داشته باشند.



- ب- از گیره‌های فنری فلزی استفاده نشود زیرا که آن‌ها سرندها را روی هم بسیار محکم نگه می‌دارند و اجازه حرکت دلخواه را نمی‌دهند.
- پ- برای جلوگیری از سایش سرندها و نیز خروج مواد بسیار ریز می‌توان سرندهای مجاور هم را با نواری لاستیکی با عرض کافی در روی هم نگاه داشت.
- ت- هنگام به کارگیری لرزاننده از نوع نوسان‌کننده با هوا به همراه سرندهای ساخته شده با ابزار الکتریکی باید از دستورالعمل‌های موجود پیروی کرد.
- ث- ذرات باقی‌مانده بر روی سرندهای مشبک برای وزن کردن خارج نمی‌شوند، زیرا احتمال از دست رفتن ذرات کوچک در این نقل و انتقال‌ها بسیار زیاد است. این امر موجب خطاهای جدی در نتایج می‌شود.
- ج- برای تعیین وزن، ذرات به همراه سرند وزن می‌شوند. سرندها و سینی‌های انتهایی، قبل و بعد از تجزیه سرندهای وزن می‌شوند تا وزن ذرات باقی‌مانده مشخص شود.
- چ- بعد از آزمایش هنگام خارج کردن ذرات نمونه از سرند، در حالی که سرند وارونه نگه داشته شده است باید با برس مخصوص آن را تمیز کرد و به آرامی ضربه زد. برای خروج ذرات نباید از کوبیدن سرند به جسم دیگر استفاده کرد زیرا این عمل شبکه‌های توری ظریف آن را پاره می‌کند.
- ح- از سرندهای که چشمه‌های آن مسدود شده تا زمانی که پاک نشده و نقاط مسدود آن باز نشده باشد (کمتر از ۱۵ درصد سطح سرند) برای آزمایش‌های بعدی استفاده نشود.
- خ- مقدار نمونه لازم برای سرندهای مشبک را نمی‌توان به دلیل عواملی مانند شکل ذرات، جرم مخصوص، تمایل آن‌ها به تجمع، توزیع دانه‌بندی، تعداد سرندهای استفاده شده در آزمایش و درصد فضای باز سرند به طور دقیق بیان کرد.
- د- مقدار نمونه‌ها باید کم و در حد میلی‌گرم باشد تا آزمایش دقیق انجام شود. البته مقدار نمونه باید در حدی باشد که بدون آنکه هیچ سرندهای بیش از حد باردهی شود بتوان باقی‌مانده‌ای که قابل وزن کردن باشد از آن‌ها به دست آورد زیرا باردهی بیش از حد مشکل مسدود شدن را به وجود می‌آورد.
- ذ- اگر نتوان نمونه‌ای را به راحتی به روش خشک سرند کرد یا نمونه‌ای دارای ذرات کوچکتر از ۴۰ میکرون باشد می‌توان آن را با سرندهای مشبک با یک مایع قطبی شده مناسب یا هیدروکربنی حاوی متفرق‌کننده به روش تر سرند کرد.
- ر- در این روش مجموعه‌ای از سرندها را می‌توان در یک محفظه مکشی به نحوی روی هم گذاشت که منفذی بین آن‌ها نباشد و در هنگام مکش و فشار وارده به محفظه به طور خفیف بلرزد. نمونه موجود در هر سرند به آرامی با مایع به نوبت شسته می‌شود.

۲-۲-۹- ارایه نتایج آزمایش تجزیه سرندهای به روش ترسیمی

ارایه نتایج آزمایش تجزیه سرندهای به روش ترسیمی طبق مراحل زیر انجام می‌شود:

الف- نتایج تجزیه سرندهای معمولاً به منظور مقایسه با ویژگی‌های مورد نیاز و یا برای ارزیابی کلی به صورت منحنی ارایه می‌شوند.



ب- با اعمال درون‌یابی و برون‌یابی بین نقاط اندازه‌گیری، درصد مواد باقی‌مانده یا عبور کرده از سرندهایی که در حقیقت در آزمایش استفاده نشده‌اند، تخمین زده می‌شود.

پ- با این روش می‌توان از نظر تئوری ابعاد دهانه سرندهای را که درصد معینی از مواد از آن عبور می‌کنند یا روی آن باقی می‌مانند، تخمین زد، ولو آن که سرندها در آزمایش مورد استفاده قرار نگیرند و یا حتی سرندهای با این ابعاد چشمه در سری سرندهای استاندارد وجود نداشته باشد.

ت- محور افقی در نمودار یاد شده معمولاً نشان دهنده اندازه چشمه سرنده و محور قائم نشان دهنده درصد مواد باقی‌مانده یا عبور کرده از سرندها است. مقیاس برای محور افقی ممکن است خطی یا لگاریتمی باشد. مزیت مقیاس لگاریتمی امکان ارایه اندازه سرندهای استاندارد است که ارتباط آن‌ها با یکدیگر، ریشه چهارم عدد دو بین دو سرنده متوالی است و در نمودار با فاصله یکسان نشان داده می‌شوند (برای مثال فاصله‌های بین سرندهای ۴/۷۵، ۲/۳۶ و ۱ میلی‌متر (۴، ۸ و ۱۶ مش) همگی مشابه است چرا که سرنده بزرگتر در هر مورد دهانه‌ای دو برابر سرنده کوچکتر دارد). مقیاس محور قائم معمولاً خطی است ولی گاه ممکن است لگاریتمی باشد. در مقیاس خطی اختلاف‌های مشابه در درصد تجمعی ذرات عبور کرده یا باقی‌مانده در فواصل یکسان نشان داده می‌شوند.

۲-۳- دانه‌بندی به روش ته‌نشینی ثقلی - پی‌پت اندرسون

برای دانه‌بندی ابعاد ذرات^۱ ریزتر از ۴۰ میکرون نمی‌توان از سرندها استفاده کرد. کارآیی سرندها به دلیل گرفتگی یا کور شدن چشمه‌ها به شدت کاهش می‌یابد. در این موارد از روش ته‌نشینی ثقلی ذرات در مایعات استفاده می‌شود. ساده‌ترین نوع این روش‌ها، استفاده از پی‌پت اندرسون است. در این روش، توزیع ابعاد ذرات به صورت پیوسته اندازه‌گیری و نمونه به صورت یکنواخت داخل سیال پراکنده می‌شود (شروع هموزن).

۲-۳-۱- هدف و محدوده کاربرد

هدف از این بخش تعیین توزیع دانه‌بندی ذرات به روش ته‌نشینی ثقلی با استفاده از پی‌پت اندرسون است. محدوده ابعادی ذرات در این روش ریزتر از ۴۰ میکرون است. در این روش برای انجام اندازه‌گیری‌ها و محاسبات به وجود یک اپراتور ماهر نیاز است.

۲-۳-۲- تجهیزات مورد نیاز

الف- یک پی‌پت اندرسون

ب- تعدادی بشر ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌لیتری

۲-۳-۳- مواد مصرفی

الف- آب مقطر

ب- ماده متفرق‌کننده



۲-۳-۴- مقدار نمونه

نمونه مورد نیاز حدود ۱۵ گرم از بخش عبور کرده از سرنند ۴۰ میکرون است.

۲-۳-۵- روش آزمایش

الف- ۱۵ گرم نمونه ریزتر از ۴۰ میکرون ناشی از سرنند کردن به روش تر و یا خشک با ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر در داخل پی پت مخلوط شده و به صورت پالپ در آورده می شود.

ب- مقداری آب مقطر به پی پت اضافه شود تا سطح آب به علامت مشخص شده روی استوانه پی پت برسد، در این شرایط درصد جامد پالپ ۳ تا ۵ درصد است.

پ- چند قطره محلول متفرق کننده به پالپ اضافه شود.

ت- ارتفاع دقیق سطح پالپ یا عنوان (h_0) یادداشت شود.

ث- قسمت بالایی پی پت در محل مربوطه قرار گیرد و محکم شود.

ج- دقت شود که شیر دو طرفه پی پت طوری قرار گیرد که لوله پی پت به قسمت مخروطی شکل نمونه بردار وصل شود.

چ- مقداری از پالپ پی پت به داخل نمونه گیر کشیده شود. مکش پالپ به داخل نمونه گیر تا زمانی که به علامت ۱۰ میلی لیتر برسد، ادامه یابد.

ح- شیر دوطرفه باید چرخانده شده و محتوای نمونه بردار به داخل یک بشر ۱۰۰ میلی لیتری تخلیه شود.

خ- زمان این نمونه برداری به عنوان زمان صفر محسوب شود.

د- پس از بستن شیر دوطرفه، پی پت به خوبی تکان داده شده سپس ساکن گذاشته شود.

ذ- بعد از یک دقیقه ارتفاع پالپ به عنوان (h_1) یادداشت شود سپس با دقت، یک نمونه ۱۰ میلی لیتری دیگر گرفته شود.

ر- مجدداً پی پت تکان داده شده و سپس ساکن گذاشته شود.

ز- عملیات یاد شده برای زمان های ۲، ۴، ۸ و ۱۶ دقیقه تکرار شود. ارتفاع پالپ (h_i) قبل از هر نمونه برداری باید یادداشت و پس از هر نمونه برداری پی پت کاملاً تکان داده شود.

ژ- نمونه ها خشک و سپس وزن شوند (S_i).

س- درصد وزنی هر نمونه نسبت به وزن اولین نمونه محاسبه شود (S_0 ، S_i/S_0) وزن اولین نمونه گرفته شده است).

ش- نتایج S_i/S_0 ، t_i و h_i در برگه خلاصه آزمایش (فرم ۴-۲) ثبت شود.

۲-۳-۶- محاسبات

الف- سرعت نسبی از رابطه $v_i = h_i/t_i$ محاسبه شود.

ب- بزرگترین قطر ذرات باقی مانده در پالپ (d_i) در زمان های مختلف از رابطه استوکس محاسبه شود.

پ- نتایج مطابق برگه محاسبات (فرم ۴-۳) ثبت شود.

ت- بر روی یک کاغذ با محورهای لگاریتمی، درصد تجمعی ذرات کوچکتر از یک حد معلوم (S_i/S_0) در مقابل بزرگترین اندازه ذره هر بخش (d_i) رسم شود.

۲-۳-۷- دقت و صحت

- الف- دقت نتایج از ۰/۱۸ درصد برای ذرات درشت‌تر از ۷ میکرون تا ۰/۰۱ درصد برای ذرات یک میکرون متغیر است. دقت تکرارپذیری از ۰/۵ درصد برای ذرات درشت‌تر از ۷ میکرون تا ۰/۱ درصد برای ذرات ریزتر از یک میکرون تغییر می‌کند.
- ب- به دلیل نبود یک استاندارد عمومی قابل قبول، صحت عملکرد دستگاه قابل سنجش نیست.

۲-۴- دانه‌بندی به روش ته‌نشینی - سیکلوسایزر

سیکلوسایزر یکی از ابزارهای دقیق آزمایشگاهی برای تعیین توزیع دانه‌بندی ذرات در محدوده ابعادی ریزتر از ریزترین سرند آزمایشگاهی است. ذرات بر اساس اختلاف سرعت ته‌نشینی که از رابطه استوکس محاسبه می‌شود، از یکدیگر جدا می‌شوند. در سیکلوسایزر چهار پارامتری عملیاتی در شرایط استاندارد به شرح زیر در تعیین حد جدایش موثرند:

- شدت جریان آب: ۰/۷ متر مکعب در ساعت (۱۱/۶ لیتر در دقیقه)

- دمای آب: ۲۰ درجه سانتی‌گراد

- جرم مخصوص ذره: ۲/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب

در شرایط استاندارد، حد جدایش در اولین سیکلون برای برخی مواد به شرح زیر است:

- کوارتز با جرم مخصوص نسبی ۲/۶۵، حد جدایش ۴۴ میکرون

- پیریت با جرم مخصوص نسبی ۵/۲، حد جدایش ۲۷ میکرون

- گالن با جرم مخصوص نسبی ۷/۵، با حد جدایش ۲۲ میکرون

حد جدایش حدی برای سیکلون‌های یک تا ۵ با خطای یک تا ۲ میکرون به شرح زیر است:

- سیکلون ۱ ۴۴ میکرون

- سیکلون ۲ ۳۳ میکرون

- سیکلون ۳ ۲۳ میکرون

- سیکلون ۴ ۱۵ میکرون

- سیکلون ۵ ۱۱ میکرون

۲-۴-۱- هدف و محدوده کاربرد

- الف- این آزمایش برای تعیین توزیع دانه‌بندی برای ذرات ریز (ریزتر از ۴۰ میکرون) که دانه‌بندی آن‌ها به وسیله سرند دقت کافی ندارد، استفاده می‌شود. این آزمایش در محیط پراکندگی آبی انجام می‌شود.
- ب- حد جدایش موثر سیکلوسایزر ۵ تا ۵۰ میکرون برای ذراتی با جرم مخصوص نسبی ۲/۷ (کوارتز) و برای ذراتی با جرم مخصوص بالاتر (گالن با جرم مخصوص نسبی ۷/۵) تا ۴۰ میکرون است.



۲-۴-۲- خلاصه روش آزمایش

آب با شدت جریان مشخص که روی روتومتر قابل خواندن است، به داخل سیکلون‌ها پمپ می‌شود. نمونه جامد از یک ظرف جداگانه وارد مسیر ورودی به سر سیکلون‌ها می‌شود. مواد در عبور از سیکلون‌ها طبق قانون استوکس بر اساس ابعاد طبقه‌بندی و در بین آن‌ها توزیع می‌شوند. توزیع اولیه ذرات خیلی دقیق نیست به طوری که در هر تهریز مقادیری از ذرات ریزتر از اندازه معین نیز یافت می‌شود. با ادامه جریان آب (الوتریاسیون) در هر سیکلون به مدت مشخص، تعداد ذرات کوچکتر از اندازه مشخص به تدریج از مواد باقی‌مانده در تهریز خارج شده و به طرف سرریز رانده می‌شوند. پس از پایان این مدت مجرای خروجی تهریز سیکلون‌ها باز و با برقراری مجدد جریان آب مواد جمع شده در تهریز به داخل بشرهای پیش‌بینی شده تخلیه می‌شوند. نمونه‌ها پس از آگیری و خشک کردن، توزین می‌شوند و به این ترتیب مقدار وزنی هر محدوده ابعادی مشخص می‌شود. حد جدایش موثر پنج سیکلون برای نمونه مورد آزمایش نیز با تعیین ضرایب تصحیح و اعمال آن‌ها بر حد جدایش حدی سیکلون‌ها در شرایط استاندارد، محاسبه می‌شود.

۲-۴-۳- نکات کاربردی

- الف- مدت زمان مورد نیاز برای یک جدایش موثر ۱۰ تا ۳۰ دقیقه است.
- ب- مدت زمان یاد شده برای انجام آزمایش است و شامل مراحل آگیری، خشک کردن و وزن کردن بخش‌های جدا شده نمی‌شود.
- پ- سیکلوسایزر را می‌توان برای کلیه ذراتی که جرم مخصوص نسبی بیشتر از ۱/۴ دارند و در آب حل نمی‌شوند، به کار برد.

۲-۴-۴- تجهیزات مورد نیاز

- الف- دستگاه سیکلوسایزر شامل پنج سیکلون که به طور سری و وارونه نصب شده‌اند، محفظه نمونه، تجهیزات جانبی مخزن آب، پمپ و ابزار کنترلی فشار و جریان سنج (روتومتر) و شیرهای کنترل
- ب- ۵ عدد بشر یک لیتری
- پ- یک عدد بشر ۲ لیتری
- ت- همزن (میله) شیشه‌ای
- ث- کرومومتر
- ج- خشک‌کن (قابلیت گرم کردن تا دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد)
- چ- ترازو (با دقت ۰/۱ گرم)

۲-۴-۵- مواد شیمیایی مورد نیاز

محلول سیلیکات سدیم به عنوان متفرق‌کننده به میزان ۲ تا ۳ درصد وزن نمونه

۲-۴-۶- تهیه نمونه مورد نیاز

- الف- برای تهیه نمونه مورد نیاز لازم است مطابق نشریه شماره ۶۶۰ سازمان برنامه و بودجه کشور با عنوان "دستورالعمل نمونه‌برداری در کانه‌آرایی"، نمونه اولیه به مقدار چند برابر تهیه شود.



- ب- مقدار نمونه مورد نیاز ۲۰ تا ۳۰ گرم با ابعاد ریزتر از ۴۰ میکرون است.
- پ- بخش ریزتر از ۴۰ میکرون نمونه اولیه به روش سرند کردن تر باید جدا شود.
- ت- پس از آبیگری و خشک کردن بخش دانه‌ریز، نمونه مورد نیاز برای آزمایش با کمک تقسیم‌کن در مقیاس کوچک تهیه و از روش تقسیم کردن به روش مخروطی خودداری شود.

۲-۴-۷- روش تنظیم دستگاه

الف- از آنجایی که استفاده از سیکلوسایزر در شرایط گوناگون و با مواد با جرم مخصوص متفاوت انجام می‌شود، حد جدایش در آزمایش، از حد جدایش مرزی هر سیکلون متفاوت است. حد جدایش موثر هر سیکلون در شرایط آزمایش از ضرب فاکتورهای تصحیح در حد جدایش مرزی آن سیکلون محاسبه می‌شود.

$$d_e = d_i \prod f_i \quad (1-2)$$

که در آن:

d_e حد جدایش موثر در شرایط آزمایش

d_i حد جدایش مرزی در شرایط استاندارد

f_i فاکتورهای تصحیح

- ب- مقدار جریان آب در مرحله ورود نمونه و توزیع اولیه ذرات در سیکلون‌ها همواره بیشتر از مرحله الوتریاسیون تنظیم می‌شود. بدین ترتیب حد جدایش در سیکلون‌ها کمتر از حد جدایش مرزی است و ذرات درشت‌تر به سیکلون بعدی منتقل نمی‌شوند. در محاسبات، شدت جریان آب در مرحله الوتریاسیون ثبت می‌شود.
- پ- در مرحله الوتریاسیون، شدت جریان آب باید ثابت باشد.

۲-۴-۸- روش آزمایش

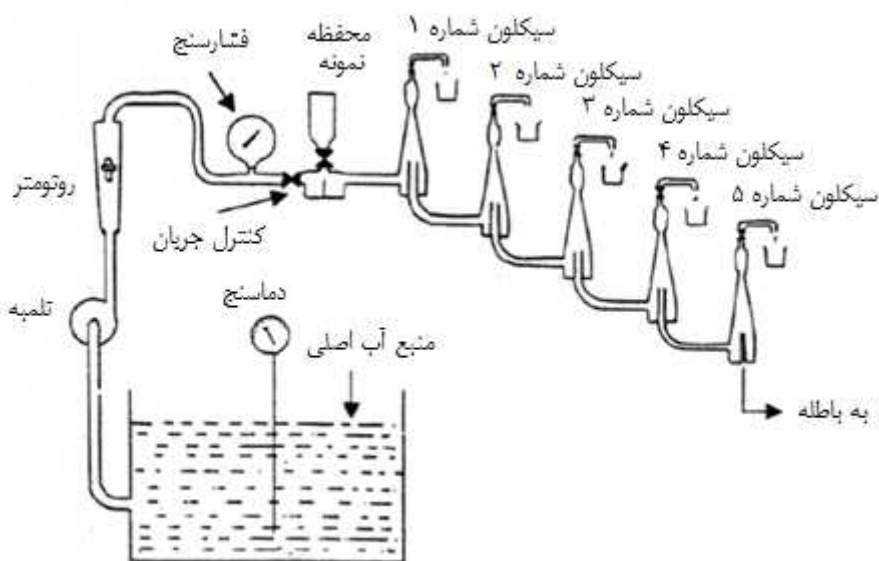
- الف- نمونه‌ای همگن و یکنواخت از ذرات با ابعاد ریزتر از ۴۰ میکرون به وزن تقریبی ۲۰ تا ۳۰ گرم تهیه شود.
- ب- ظرف نمونه سیکلوسایزر از محل آن خارج شود. برای این عمل باید آن را طوری چرخاند تا یکی از نشانه‌های فلزی آن مقابل آزمایش‌کننده قرار گیرد و سپس بیرون کشیده شود. شیر ظرف نمونه را باید باز کرد و نمونه را داخل ظرف نمونه سیکلوسایزر ریخت (دقت شود که تمام ذرات باقی‌مانده در بشر شسته شود و به داخل ظرف بریزد).
- پ- مابقی فضای خالی داخل ظرف نمونه با آب پر شود به نحوی که پس از بستن شیر آن، هوایی داخل آن نباشد.
- ت- ظرف حاوی نمونه در محل آن روی سیکلوسایزر بسته شود.
- ث- مخزن آب دستگاه پر شود.

ج- پمپ آب در حالی که شیر کنترل بسته است، به کار افتد. جریان ورود آب در روی روتامتر نشان داده می‌شود.

چ- شیر کنترل به آهستگی باز تا هوای لوله‌ها خارج شده و به تدریج در موقعیت کاملاً باز قرار داده شود.

ح- برای هواگیری سیکلون‌ها شیرهای ته‌ریز آن‌ها یک به یک باز و پس از خروج هوا بسته شود. در مورد سیکلون شماره سه هواگیری مشکل‌تر است. در این حالت ابتدا علاوه بر شیر ته‌ریز، شیر کنترل نیز بسته شود. بعد از جمع شدن هوای باقی‌مانده در

مجرای ته‌ریز هر دو شیر کاملاً باز شود. در مورد سیکلون شماره پنج به دلیل ارتباط آن با هوای آزاد امکان خارج کردن کامل ستون هوای مرکزی وجود ندارد و همیشه یک ستون از هوا در آن مشاهده می‌شود (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- دستگاه سیکلوسایزر وارمن

خ- در شرایطی که شیر کنترل کاملاً باز است، شیر محفظه نمونه به آهستگی باز شود تا مواد به داخل سیکلون‌ها جریان یابد. باید دقت کرد که مواد بسیار آرام و جزیی وارد سیستم شوند. مدت زمان تخلیه نمونه حدود ۵ دقیقه است. در هنگام ورود مواد به سیستم، سطلی در زیر سرریز سیکلون شماره پنج قرار گیرد.

د- پس از پایان باردهی، شیر کنترل بسته شود. جریان سنج، شدت جریان الوتریاسیون را نشان می‌دهد.

ذ- دستگاه در حدود ۲۰ دقیقه در حالت کار نگه داشته شود.

ر- دمای آب در حین انجام عملیات یادداشت شود و جرم مخصوص جامد محاسبه شود.

ز- پس از سپری شدن زمان الوتریاسیون، شیر کنترل کاملاً باز تا جریان کامل حاصل شود.

ژ- مواد موجود از سیکلون آخر (شماره پنج) تخلیه شود. بدین ترتیب که لوله پلاستیکی که در مجرای ته‌ریز وجود دارد، بیرون آورده شده و با باز کردن شیر ته‌ریز مواد آن داخل یک بشر ۱۰۰۰ میلی‌لیتری کاملاً تخلیه شود.

س- شیر تخلیه سیکلون شماره پنج بسته شده، ته‌ریز سیکلون شماره چهار مطابق مراحل یاد شده تخلیه و این عمل برای مابقی سیکلون‌ها نیز تکرار شود.

ش- مواد موجود در بشرها آبگیری، خشک، توزین و ثبت شود.

ص- مقدار محاسباتی مواد عبور کرده از سرریز سیکلون شماره پنج با محاسبه اختلاف نمونه اولیه با مجموع نمونه‌های جمع شده از ته‌ریز سیکلون‌ها به دست می‌آید.



۲-۵-۵- دانه‌بندی به روش تفرق (پراکنش) نور

۲-۵-۱- هدف و محدوده کاربرد

الف- این آزمایش برای تعیین توزیع دانه‌بندی با استفاده از تفرق نور تابشی به صورت درصد حجمی مواد دانه‌ای است.
ب- این آزمایش هم در محیط پراکندگی آبی و غیر آبی و نیز در محیط گازی برای موادی که امکان واکنش با آب را دارند، انجام می‌شود و برای اندازه‌گیری ذرات در محدوده ابعادی یک تا ۲۰۰۰ میکرون به کار می‌رود.

۲-۵-۲- خلاصه روش آزمایش

نمونه آماده شده در داخل آب یا یک سیال آلی مناسب پراکنده می‌شود و سپس از میان آن اشعه نوری عبور داده می‌شود. اگر آزمایش به صورت خشک انجام شود، نمونه خشک به همراه گاز به داخل اشعه نوری پاشیده می‌شود. ذرات در حین عبور اشعه نور باعث پراکنش آن می‌شوند. آشکارسازهای حساس به نور، نور پراکنده شده را ثبت و آن را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کنند که سپس به وسیله نرم افزار تعبیر و تفسیر می‌شود. سیگنال الکتریکی با به کارگیری روابط مربوط به توزیع دانه‌بندی تفسیر می‌شود. در این محاسبات فرض می‌شود که ذرات کروی‌اند بنابراین نتایج به صورت قطر معادل کروی است.

۲-۵-۳- نکات کاربردی

الف- نتایج به دست آمده بستگی به ابعاد، شکل ذره، خواص فیزیکی و شیمیایی آن دارد. بنابراین در هنگام مقایسه نتایج باید به شرایط عملیاتی آزمایش نیز توجه شود. روش تهیه نمونه و آماده‌سازی آن نیز ممکن است روی نتایج تاثیر بگذارد.
ب- با اینکه سازندگان ابزار اندازه‌گیری پراکنش نور از مبانی تئوریک یکسانی استفاده می‌کنند اما به دلیل برخی تفاوت‌ها در فرضیات و مدل‌های مورد استفاده برای تبدیل شدت نور پراکنده شده به سیگنال و سپس به ابعاد، ممکن است که جواب‌های متفاوتی به دست آید و نیز مقایسه را مشکل سازد.
پ- در اختیار بودن اطلاعات مقدماتی در مورد نحوه توزیع دانه‌بندی نمونه در اجرای بهتر آزمایش و تحلیل نتایج موثر است.

۲-۵-۴- تداخل امواج

الف- حباب‌های هوا موجود در مایع ممکن است سبب پراکنش نور شده و در تحلیل نتایج به عنوان ذره محسوب شوند. برای این آزمایش نیازی به تخلیه مایع از هوا نیست، بلکه نبود حباب‌های آزاد در بازرسی چشمی کافی است.
ب- حضور مواد آلاینده مانند حلال‌های آلی، روغن یا سایر آغشتگی‌های آلی در نمونه ممکن است در آب به صورت امولسیون درآید و سبب پراکنش نور و در نتیجه به عنوان ذره در نتایج محسوب شود. این نمونه‌ها را باید قبل از آزمایش با حلال مناسب شستشو داد یا برای آزمایش و پراکنده‌سازی از یک سیال غیر آبی استفاده کرد.
پ- وجود روغن، آب و یا مواد خارجی در واسطه گازی باعث به هم چسبیدن ذرات و در نتیجه خطا در نتایج می‌شود. واسطه گازی قبل از استفاده باید کاملاً از این گونه ناخالصی‌ها تمیز شود.



ت- اتصال ذرات به یکدیگر یا رسوب آن‌ها در واسطه در حین آزمایش منجر به خطا می‌شود. پراکنده‌سازی نمونه در واسطه باید به خوبی و گاه با استفاده از مواد متفرق‌کننده انجام و پایداری آن در طول آزمایش حفظ شود.

ث- عدم استفاده از مقدار کافی نمونه ممکن است باعث ایجاد اغتشاش الکتریکی و تداخل در جریان آزمایش و دقت کم نتایج شود. مقدار زیاد نمونه نیز باعث میرایی سریع‌تر اشعه تابشی و نیز پراکنش مجدد می‌شود که ممکن است تعیین توزیع دانه‌بندی را با خطا مواجه سازد.

۲-۵-۵- تجهیزات مورد نیاز

الف- دستگاه تعیین دانه‌بندی پراکنش نور بر پایه روش اندازه‌گیری مای یا فرانهوفر یا ترکیبی از این دو استوار است. باید دقت شود که دستگاه و سایر ملزومات متعلقه برای محدوده دانه‌بندی نمونه مورد نظر مناسب باشد.

ب- مایع یا گاز مناسب برای متفرق‌کننده ذرات تامین شود.

۲-۵-۶- مواد شیمیایی مصرفی

مواد شیمیایی مصرفی باید مشخصات زیر را داشته باشند:

- الف- درجه خلوص بالا و کیفیت مناسب
- ب- واسطه مورد استفاده برای متفرق‌کننده (از جمله آب) باید شرایط زیر را داشته باشد:
 - سازگاری شیمیایی با ساختار مواد موجود در نمونه
 - عدم انجام واکنش شیمیایی و انحلال ذرات
 - زلال و عاری از ناخالصی
 - ضد تولید کف
 - اگر متفرق‌کنندگی در محیط گازی انجام می‌گیرد، گاز باید تمیز و خشک باشد.
 - مواد پراکنده‌کننده باید شرایط یاد شده را داشته باشند.

۲-۵-۷- نمونه‌برداری و مقدار نمونه

- الف- نمونه باید مطابق استانداردهای موجود تهیه و به کمک تقسیم‌کن در مقیاس کوچک تقسیم شود.
- ب- حداکثر مقدار نمونه برای پراکنده‌سازی در مایع و گاز نباید به ترتیب از ۲۵ و ۵۰۰ گرم بیشتر باشد.

۲-۵-۸- روش تنظیم دستگاه

الف- تنظیم دستگاه با تعیین موقعیت مکانی تجهیزات نوری انجام می‌شود. در این مورد باید مطابق دستورالعمل سازنده دستگاه عمل شود.

ب- از پودرهای مرجع و استاندارد استفاده شود.



۲-۵-۹- روش آزمایش

الف- ابتدا باید دستگاه به مدت چند دقیقه (تا بیست دقیقه) گرم شود.

ب- سیستم تغذیه نمونه مورد مطالعه نصب و سپس بازه کار دستگاه بر مبنای دستورالعمل شرکت سازنده انتخاب شود.

پ- امتداد نوری^۱ صحیح بر پایه دستورالعمل شرکت سازنده برقرار شود. توصیه می‌شود که در هر بار تغییر سیستم تغذیه نمونه، امتداد نور بازبینی شود.

ت- مقدار زمینه^۲ در طی آزمایش اندازه‌گیری شود. در هنگام اندازه‌گیری زمینه لازم است که واسطه پراکندگی از میان خط نور عبور داده شود. مقدار زمینه نباید از میزان اعلامی سازنده تجاوز کند. در صورت لزوم با انجام تغییرات پیشنهادی سازنده مقدار زمینه در بازه قابل قبول قرار داده شود.

ث- نمونه معرف مطابق دستورالعمل‌ها تهیه شود. برای تهیه زیر نمونه از نمونه یاد شده و به مقدار لازم برای آزمایش از تقسیم‌کن کوچک مقیاس استفاده شود. میزان نمونه مورد آزمایش از مقدار توصیه شده توسط سازنده دستگاه برای رسیدن به شرایط بهینه پراکندگی نور، کمتر نباشد. محدوده دانه‌بندی نمونه تابعی از ابعاد متوسط (d_{50})، جرم مخصوص ذرات و سیستم تغذیه نمونه است و ممکن است وسیع باشد.

ج- مدت اجرای آزمایش متناسب با نمونه باید به گونه‌ای انتخاب شود که امکان آزمایش پی در پی را داشته باشد.

چ- نوع داده‌ها و پارامترهای خروجی دستگاه مطابق با دستورالعمل سازنده دستگاه باشد.

ح- در آزمایش با واسطه مایع، توزیع نمونه مورد آزمایش در مایع به خوبی انجام گیرد. در مورد آزمایش با واسطه گازی نیاز به آماده‌سازی نمونه نیست.

خ- نمونه آماده شده به سیستم تغذیه منتقل شود. در آزمایش با واسطه مایع قبل از اندازه‌گیری به مدت ۲۰ ثانیه جریان نمونه برقرار شود. در آزمایش با نمونه خشک قبل از اندازه‌گیری، عبور ذرات از مقابل منبع نور شروع شود.

د- آزمایش مطابق دستورالعمل سازنده دستگاه انجام شود.

ذ- بعد از انجام آزمایش در سیستم با مایع، برای آزمایش بعدی سیستم تغذیه خالی و به وسیله نمونه تهیه شده دیگر پر شود. در صورت تغییر مایع واسطه از جمله استفاده از مایع آلی به جای آبی و یا برعکس، باید سیستم تغذیه شستشو داده شود تا مقدار زمینه در حد قابل قبول باشد.

ر- پس از انجام آزمایش در سیستم با گاز با برس کشیدن یا مکش داخل سیستم تغذیه تخلیه شود.

ز- برای انجام آزمایش‌های بعدی مراحل یاد شده تکرار شود.



فصل ۳

دستورالعمل دانه‌بندی مواد خاص



۳-۱- تجزیه سرندي کانسنگ‌های فلزی و مواد مرتبط با سرندي ۴/۷۵ میلی‌متر و بزرگتر

۳-۱-۱- هدف و محدوده کاربرد

این آزمایش برای تعیین ابعاد ذرات کانسنگ‌های فلزی و سایر مواد مرتبط با سرندي ۴/۷۵ میلی‌متر و یا سرندهای بزرگتر انجام می‌شود. اپراتور باید مهارت لازم در انجام آزمایش را داشته باشد.

۳-۱-۲- تجهیزات و مواد مصرفی

- سرندها مطابق با یکی از استانداردهای بین‌المللی (از جمله استاندارد آمریکایی ASTM-E11)
- لرزاننده مکانیکی یا دستی
- خشک‌کن، در اندازه‌ای مناسب که قادر باشد دمای بین ۵۰ تا ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد را به طور یکنواخت حفظ کند.
- تقسیم‌کن نمونه (ریفل) با دهانه‌ای که از سه برابر درشت‌ترین ذره نمونه کوچکتر نباشد.
- ترازو دقت کافی داشته باشد.
- ظرف برای نگهداری نمونه‌ها
- برس‌های مویی و برنجی برای تمیز کردن سرندها و ظروف

۳-۱-۳- آماده‌سازی نمونه

- در صورت لزوم، برای کاهش وزن نمونه از تقسیم‌کن یا ابزار مناسب دیگر استفاده شود.
- مقدار نمونه باید در حدی باشد که باعث باردهی بیش از اندازه سرندي نشود.
- نمونه در دمای بین 5 ± 110 درجه سانتی‌گراد خشک شود.
- نمونه تهیه شده با سرندي با چشمه ۴/۷۵ میلی‌متر (۴ مش) سرندي شود. بخش عبور کرده از سرندي توزین شود و در صورت لزوم مطابق با استاندارد مربوطه سرندي شود.

۳-۱-۴- روش آزمایش

- نمونه، از یک سری سرندهای استاندارد که روی هم قرار دارند، همراه با لرزش مناسب عبور داده می‌شود. این روش سرندي کردن برای کلیه ذرات جامد که بتوان آن‌ها را خشک کرد، به کار می‌رود. مراحل انجام آزمایش عبارتند از:
- سرندها و تجهیزات به وسیله برس مخصوص تمیز شوند.
- سرندهای انتخابی روی هم قرار داده شوند و در انتهای سرندي سینی مناسب قرار گیرد.
- موادی که روی سرندي با چشمه‌های ۴/۷۵ میلی‌متر باقی‌مانده‌اند در سرندي بالایی ریخته شوند.
- درپوش در لرزاننده مکانیکی قرار داده شود و فاصله زمانی تکان دادن مطابق آنچه در ادامه آمده تنظیم شود.



- طول مدت سرد کردن یا نقطه پایانی زمانی است که با افزودن زمان سرد کردن تغییری بیش از ۰/۳ درصد در نتایج به دست آمده از سرندها دیده نشود. در مورد مواد بسیار شکننده این حد (۰/۳ درصد) قابل استفاده نیست و مدت زمان لازم با آزمایش معین می‌شود.
- وزن کردن: پس از برداشتن درپوش و خارج کردن سرندها، محتویات هر سرد به یک ظرف خشک منتقل شود. با ضربه زدن و با کمک برس تمامی سرندها تمیز تا ذرات گیر کرده در منافذ سرندها پاک شود. ذرات باقی‌مانده روی هر سرد توزین و سپس ثبت شود.

۳-۱-۵- محاسبات

مجموع وزن ذرات باقی‌مانده روی هر سرد و نیز وزن ذرات ریزتر از سرد ۴/۷۵ میلی‌متر محاسبه شود. جمع کل نباید بیش از یک درصد وزنی با نمونه اولیه اختلاف داشته باشد در غیر این صورت باید آزمایش با نمونه دیگر تکرار شود. مجموع حاصل پس از آزمایش به عنوان وزن کل نمونه در محاسبات وارد می‌شود. درصد مواد باقی‌مانده روی هر سرد مطابق رابطه ۳-۱ محاسبه می‌شود:

$$W = (W_r / W_t) \times 100 \quad (1-3)$$

که در آن:

W درصد مواد باقی‌مانده

W_r وزن مواد باقی‌مانده روی هر سرد (گرم)

W_t وزن کل نمونه (گرم)

درصد مواد عبوری از ریزترین سرد از رابطه ۳-۲ محاسبه می‌شود:

$$W' = (W_p / W_t) \times 100 \quad (2-3)$$

که در آن:

W' درصد مواد عبور کرده

W_p وزن مواد عبور کرده از ریزترین سرد یا باقی‌مانده در سینی انتهایی (گرم)

W_t وزن کل نمونه (گرم)

درصد تجمعی باقی‌مانده روی هر سرد، از مجموع درصد مواد باقی‌مانده روی آن سرد با ذرات باقی‌مانده روی سرندهای ماقبل آن به دست می‌آید.

۳-۲- تجزیه سردی کانه‌های فلزی و مواد مرتبط با سرد ۴/۷۵ میلی‌متر و کوچکتر

۳-۲-۱- هدف و محدوده کاربرد

این آزمایش برای تعیین ابعاد ذرات کانسنگ‌های فلزی و سایر مواد مرتبط با سرد ۴/۷۵ میلی‌متر و یا سرندهای کوچکتر به هر دو روش خشک و تر انجام می‌شود.



۳-۲-۲- روش آزمایش

نمونه از یک سری سرندهای استاندارد که روی هم قرار دارند، عبور داده می‌شود. عبور نمونه از سرندها همراه با عمل تکان دادن سرندها و ضربه اندک به آنها است. روش سرند کردن خشک برای هر ذره جامدی قابل استفاده است به شرط آنکه این ذره‌ها طوری خشک شوند که سبب انسداد چشمه‌های سرند نشوند. سرند کردن به روش تر که با استفاده از یک واسطه مایع انجام می‌شود برای کلیه ذرات جامد که در واسطه حل نشوند، استفاده می‌شود.

۳-۲-۳- تجهیزات و مواد مصرفی

- سرندها مطابق با یکی از استانداردهای بین‌المللی (از جمله استاندارد آمریکایی ASTM-E11)
- لرزاننده مکانیکی
- خشک‌کن، در اندازه‌ای مناسب که قادر باشد دمای بین ۵۰ تا ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد را به طور یکنواخت حفظ کند.
- تقسیم‌کن نمونه با دهانه‌ای به اندازه‌ی ۲۵/۴ میلی‌متر
- ترازو با دقت کافی
- ظرف برای جمع‌آوری نمونه‌ها
- برس‌های مویی و فلزی برای تمیز کردن سرندها و ظروف
- تجهیزات مناسب برای سرند کردن به روش تر که شامل سرندهایی با دیواره‌های بلند است.
- آب یا مایعات دیگر مورد نیاز برای سرند کردن به روش تر

۳-۲-۴- آماده‌سازی نمونه

- در صورت لزوم، برای کاهش وزن نمونه از تقسیم‌کن یا ابزار مناسب دیگر استفاده شود.
- مقدار نمونه باید در حدی باشد که باعث باردهی بیش از اندازه سرند نشود.
- نمونه در دمای بین 5 ± 110 درجه سانتی‌گراد خشک شود.
- نمونه تهیه شده با سرند با چشمه ۴/۷۵ میلی‌متر (۴ مش) سرند شود. بخش عبور کرده از سرند توزین شود و در صورت لزوم مطابق با استاندارد مربوطه سرند شود.

۳-۲-۵- آماده‌سازی سرندها

- سرندهای درشت تا شماره ۸۰ مش (۱۸۰ میکرون) با برس‌های سیمی و سرندهای ریزتر با برس فیبری تمیز شود. قسمت پشت سرند نیز با برس تمیز شده و با زدن ضربات ملایم به بدنه سرند، ذرات گیر کرده در چشمه‌ها آزاد شوند. در صورت لزوم سرندها با محلول آب گرم و صابون شستشو داده شوند. بعد از شستشو، سرندها با دقت خشک شوند.
- در صورت سرند کردن به روش تر، سرندهای با دیواره بلند روی هم قرار داده شوند.
- در صورت امکان برای تمیز کردن سرندها می‌توان از روش فراصوتی استفاده کرد.



۳-۲-۶- واسنجی سرندها

- سرندها باید به وسیله دانه‌های کروی شیشه‌ای استاندارد، واسنجی شوند. این نوع کره‌های شیشه‌ای استاندارد از مراکز و سازمان‌های استاندارد داخلی یا خارجی قابل تهیه هستند.
- استفاده از میکروسکوپ نیز برای حصول اطمینان از واسنجی سرندها امکان‌پذیر است.

۳-۳- سرند کردن به روش خشک

- برای نمونه‌های حاوی کمتر از ده درصد ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (۲۰۰ مش)، سرندهای انتخابی روی هم قرار داده شوند و زیر پایین‌ترین سرند سینی مناسب قرار گیرد. موادی که از سرند با چشمه‌های ۴/۷۵ میلی‌متر عبور کرده‌اند در سرند بالایی ریخته شوند. مجموعه سرندها که روی هم قرار گرفته‌اند به همراه سینی درپوش بر روی لرزاننده مکانیکی قرار داده شوند.
- برای نمونه‌های حاوی بیش از ده درصد ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (۲۰۰ مش)، ابتدا نمونه‌هایی که از سرند با چشمه‌های ۴/۷۵ میلی‌متر عبور کرده‌اند از سرند ۷۵ میکرون به روش تر عبور داده شوند تا جایی که آب خارج شده از سرند شفاف باشد. مواد باقی‌مانده روی سرند خشک شده و مطابق با روش خشک، سرند شوند. در مورد مواد خارج شده از سرند مطابق با بخش سرند کردن به روش تر عمل شود.
- طول مدت سرند کردن یا نقطه پایانی زمانی است که با افزودن زمان سرند کردن تغییری بیش از ۰/۳ درصد در نتایج به دست آمده از سرندها ایجاد نشود. مدت زمان سرند کردن نسبت به نوع نمونه از ۳ تا ۳۰ دقیقه یا بیشتر تفاوت دارد. مدت زمان لازم برای هر ماده با آزمایش معین می‌شود.
- برای وزن کردن نمونه پس از برداشتن درپوش و خارج کردن سرندها، محتویات هر سرند به یک ظرف خشک منتقل شود. با برس تمامی سرندها پاک شود تا ذرات گیر کرده در منافذ سرندها پاک شوند. ذرات باقی‌مانده بر روی هر سرند توزین و سپس ثبت شود.

۳-۴- سرند کردن به روش تر

- سرند کردن به روش تر را می‌توان در یک سرند تک و با شستشوی دستی و یا با استفاده از لرزاننده مکانیکی انجام داد. همچنین می‌توان این روش را با مجموعه سرندها با یک لرزاننده مکانیکی که برای این منظور تجهیز شده است، انجام داد. شستشوی نمونه در یک سرند تک موجب می‌شود تا ذرات بسیار ریز به سرعت از ذرات بزرگتر و درشت‌تر جدا شوند. همچنین این مزیت را دارد که ذرات ریز به هم چسبیده و یا متصل به ذرات درشت‌تر را از هم جدا کند. برای شستشو معمولاً از آب استفاده می‌شود اما در مواردی خاص که احتمال واکنش آب با ذرات وجود دارد، بهتر است از روش خشک استفاده شود. مواد باقی‌مانده روی سرند خشک و در ادامه مطابق با روش خشک با مجموعه سرندها، دانه‌بندی شود.
- برای دقت بیشتر در حد امکان از حجم بهینه مایع استفاده شود.



۳-۴-۱- آزمایش با یک سرند

- موادی که از سرند با چشمه ۴/۷۵ میلی‌متر عبور کرده است در یک سرند با دیوار بلند قرار گیرد و شستشو داده شود تا آنجا که آب خارج شده از سرند شفاف شود.
- مواد عبور کرده از سرند و مواد باقی‌مانده بر روی آن در خشک‌کن و در دمایی بین 5 ± 110 درجه سانتی‌گراد خشک شود.
- محتویات داخل سرند توزین شده و پس از انجام محاسبات لازم ثبت شود.

۳-۴-۲- آزمایش با چند سرند

- سرندهای با دیواره بلند روی هم گذاشته شوند و به آخرین سرند، سینی انتهایی که دارای یک لوله برای تخلیه مایعات است متصل شود. مواد عبور کرده از سرند با چشمه ۴/۷۵ میلی‌متر در سرند بالایی قرار داده شود. درپوش سرندها که مجهز به دو لوله ورودی است روی سرند بالایی نصب شود. سپس این مجموعه با گیره به هم متصل شده و بر روی لرزاننده مکانیکی قرار گیرد. لوله فوقانی به شیر آب وصل و لوله تخلیه پایینی آب درون ظرفی برای جمع‌آوری قرار داده شود. لرزاننده روشن و شیر ورودی آب باز شود. شستشوی نمونه تا جایی که آب خروجی از سرندها شفاف باشد، ادامه یابد. سپس ورود آب قطع و اجازه داده شود تا لرزاننده برای چند دقیقه به کار خود ادامه دهد.
- سرندها از روی دستگاه خارج شده و مواد باقی‌مانده بر روی هر سرند خشک شوند.
- مواد خشک شده توزین شده و پس از تعیین مقادیر مورد نظر ثبت شود.

۳-۵- محاسبات

مجموع وزن ذرات در دانه‌بندی‌های مختلف نباید بیش از یک درصد وزنی با وزن نمونه اولیه قبل از آزمایش اختلاف داشته باشد در غیر این صورت باید آزمایش با نمونه دیگر تکرار شود. درصد مواد باقی‌مانده بر روی هر سرند مطابق روابط ۳-۱ و ۳-۲ محاسبه می‌شود.

۳-۶- تنظیم گزارش

اطلاعات مربوط به ابعاد چشمه سرند، وزن مواد باقی‌مانده یا عبوری از سرند، درصد مواد باقی‌مانده بر روی سرند و درصد تجمعی باقی‌مانده یا عبور کرده در گزارش ارائه می‌شود. داده‌های تجزیه سرندها به صورت تجمعی در نمودار با مقیاس خطی و یا لگاریتمی ارائه می‌شود.

۳-۷- دقت و خطا

- در سرند کردن، خطا معمولاً ناشی از روش سرند کردن است. انتخاب و آماده‌سازی نمونه، سرند مورد استفاده و توزین کردن در مرحله نهایی همگی از عواملی هستند که بر دقت تاثیر می‌گذارند. بعضی اوقات سایش به وسیله ذرات اتفاق می‌افتد که در مورد سرند



با ابعاد ۴/۷۵ میلی‌متر و سرندهای ریزتر این مساله اهمیت ندارد. شکننده بودن، سختی و وزن ذرات و نحوه عملکرد لرزاننده مکانیکی تاثیر کمی بر نتیجه آزمایش دارد. اندازه و شکل ذرات هنگامی که اندازه ذرات و دهانه‌ها به هم نزدیک باشد به نحو قابل ملاحظه‌ای بر احتمال عبور تاثیر می‌گذارد. زمان سرند کردن مهم است، اما نمی‌توان گفت که برای سرند کردن تمام مواد باید یک زمان مشخص به کار گرفته شود. لحظه پایانی سرند کردن برای مواد مختلف به وسیله آزمایش تعیین می‌شود. اگر نمونه حاوی مواد دارای خاصیت مغناطیسی باشد، باید ابتدا این ذرات در میدانی با شدت کمتر از ۳۰۰ گاوس (۶۰ هرتز)، جدا شوند. آزمایش باید صحت و دقت خاصی داشته باشد.

۳-۸-۱- دانه‌بندی پودرهای سیلیس و آلومینا به روش پراش اشعه لیزر

۳-۸-۱-۱- هدف و محدوده کاربرد

این آزمایش برای تعیین توزیع دانه‌بندی پودرهای سیلیس و آلومینا با استفاده از دستگاه پراش اشعه لیزر در محدوده ابعادی ۰/۱ تا ۵۰۰ میکرون انجام می‌شود. در این آزمایش از محیط آبی برای پراکندگی ذرات استفاده می‌شود. این دستورالعمل برای سایر پودرهای مواد سرامیکی غیرپلاستیکی کاربرد دارد.

۳-۸-۱-۲- خلاصه روش آزمایش

نمونه آماده شده شامل ذرات جامد پراکنده شده در داخل آب از میان مسیر اشعه نوری عبور داده می‌شود. ذرات در حین عبور از مقابل اشعه نور سبب پراش آن به اطراف می‌شود. زاویه نور پراکنده شده به طور معکوس و شدت آن به طور مستقیم متناسب با ابعاد ذره است. آشکارسازهای حساس به نور، نور پراکنده شده را ثبت و آن را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کنند که سپس به وسیله نرم‌افزار تعبیر و تفسیر می‌شود. سیگنال الکتریکی با به کارگیری روش "مای" و "فرانهوفر" به توزیع دانه‌بندی تفسیر می‌شود. در این محاسبات ذرات کروی فرض شده و به صورت قطر معادل در نظر گرفته می‌شود.

۳-۸-۱-۳- نکات کاربردی

نتایج به دست آمده بستگی به ابعاد و شکل ذره و نیز خواص فیزیکی و شیمیایی آن دارد. بنابراین در هنگام مقایسه نتایج باید به شرایط عملیاتی آزمایش نیز توجه شود. نحوه تهیه نمونه و آماده‌سازی آن نیز ممکن است بر روی نتایج تاثیر بگذارد. با اینکه سازندگان ابزار اندازه‌گیری پراش نور از مبانی نظری یکسانی استفاده می‌کنند، اما به دلیل برخی تفاوت‌ها در فرضیات و مدل‌های مورد استفاده برای تبدیل شدت نور پراکنده به سیگنال و سپس به توزیع دانه‌بندی، ممکن است که جواب‌های متفاوت به دست آید. در اختیار بودن اطلاعات مقدماتی در مورد نحوه توزیع دانه‌بندی نمونه ممکن است در اجرای بهتر آزمایش و تحلیل نتایج موثر باشد.

۳-۸-۱-۴- تداخل امواج

حباب‌های هوا موجود در مایع سبب پراش نور می‌شوند و در نتیجه به عنوان ذره محسوب خواهند شد. برای این آزمایش خروج حباب‌ها از درون مایع ضروری است. وجود مواد آلاینده مانند حلال‌های آلی، روغن یا سایر آغشتگی‌های آلی در نمونه ممکن است در



آب به صورت امولسیون درآیند و سبب پراش نور و در نتیجه به عنوان ذره در نتایج محسوب شود. این نمونه‌ها را باید قبل از آزمایش با حلال مناسب شستشو داد.

اتصال ذرات به یکدیگر یا رسوب آن‌ها در واسطه در حین آزمایش منجر به دستیابی نتایج همراه با خطا می‌شود. از این رو پایداری مخلوط آب و ذرات باید در طول آزمایش حفظ شود. برای اطمینان از پایداری مخلوط، چند آزمایش با یک نمونه انجام می‌شود که مشابه بودن توزیع، نشانه پایداری مخلوط است. در صورتی که توزیع درشت‌تر شود، پدیده چسبیدن ذرات را نشان می‌دهد و چنانچه توزیع ریزتر شود، وقوع پدیده رسوب را نشان می‌دهد. خواص مخلوط ممکن است با تغییر متفرق‌کننده، استفاده از انرژی فراصوت قبل یا در حین آزمایش و تغییر سرعت پمپ در حین آزمایش، تغییر کند.

عدم استفاده از مقدار کافی نمونه ممکن است سبب ایجاد اغتشاش الکتریکی و تداخل امواج در جریان آزمایش و کسب نتایج با دقت کم شود. زیاد بودن نمونه، میرایی سریع‌تر اشعه تابشی و نیز پراش‌های مجدد را به دنبال دارد و ممکن است توزیع دانه‌بندی را با خطا مواجه کند.

۳-۸-۵- تجهیزات مورد نیاز

دستگاه تعیین دانه‌بندی لیزری بر پایه روش اندازه‌گیری مای یا فرانیهوفر یا ترکیبی از این دو کار می‌کند و باید سیستم مناسب برای برقراری جریان مایع را داشته باشد.

۳-۸-۶- مواد مصرفی

- خلوص مواد شیمیایی: در کلیه آزمایش‌ها باید خلوص بالا و کیفیت مناسب داشته باشند. استفاده از مواد با خلوص پایین‌تر زمانی میسر است که مشخص شده باشد که این مواد اثر منفی بر دقت نتایج ندارند.

- متفرق‌کننده: برای تهیه واسطه، ۱/۵ گرم سدیم متافسفات در یک لیتر آب مقطر حل می‌شود. محلول یاد شده در مقدار مناسب برای پایداری ذرات بدون تولید حباب به کار برده می‌شود. سایر مواد متفرق‌کننده عبارت از سدیم پیروفسفات، فتوفلو^۱، تری تون ایکس^۲ ۱۰۰، تویین ۸۰^۳ است

- متفرق‌کننده مناسب برای انجام آزمایش دانه‌بندی بستگی به نمونه، مقدار مخلوط و سیستم فراصوت دارد.

۳-۸-۷- نمونه‌گیری و مقدار نمونه

نمونه مطابق استانداردهای ارایه شده تهیه و برای آزمایش باید از تقسیم‌کن‌های دقیق در مقیاس استفاده شود.

۳-۸-۸- روش تنظیم دستگاه و استانداردها

- تنظیم دستگاه با تعیین فاصله و موقعیت مکانی تجهیزات نوری انجام می‌شود. در این مورد باید به دستورالعمل سازنده دستگاه مراجعه شود.



- استاندارد معینی برای بررسی عملکرد دستگاه وجود ندارد و برای اطمینان از عملکرد صحیح دستگاه باید از پودرهای استاندارد و مرجع که توسط سازنده تهیه شده استفاده شود.

۳-۸-۹- روش آزمایش

- ابتدا باید دستگاه بر حسب دستورالعمل سازنده به مدت چند دقیقه (تا بیست دقیقه) گرم شود.
- سیستم تغذیه نمونه نصب شود و سپس بازه کار دستگاه بر مبنای دستورالعمل شرکت سازنده انتخاب شود.
- امتداد نوری صحیح بر پایه دستورالعمل شرکت سازنده برقرار شود. توصیه می‌شود که در هر بار تغییر سیستم تغذیه نمونه، امتداد نور بازبینی شود.
- ضریب انکسار نسبی ذرات مورد آزمایش به دستگاه وارد شود. ضریب انکسار ذرات با استفاده از منابع موجود به دست می‌آید. با تقسیم این ضریب انکسار بر ضریب انکسار واسطه (برای آب ۱/۳۳) ضریب انکسار نسبی محاسبه می‌شود.
- پراش زمینه در شرایط مشابه با آزمایش اصلی، اندازه‌گیری شود. در هنگام اندازه‌گیری زمینه لازم است که واسطه از میان خط نور و محفظه اندازه‌گیری عبور داده شود. در هنگام اندازه‌گیری زمینه، واسطه باید عاری از حباب هوا باشد. مقدار زمینه نباید از میزان اعلام شده توسط سازنده تجاوز کند. در صورت لزوم با انجام تغییرات پیشنهادی سازنده مقدار زمینه در بازه قابل قبول قرار داده شود.
- قبل از اضافه کردن نمونه به مخزن باید مقدار کافی از واسطه پراکندگی در محفظه موجود باشد و میزان نمونه نیز مطابق دستورالعمل سازنده دستگاه برای دستیابی به شرایط بهینه پراکندگی نور، انتخاب شود. مقدار نمونه تابعی از ابعاد متوسط (d_{50})، جرم مخصوص ذرات و سیستم باردهی نمونه است.
- مدت اجرای آزمایش متناسب با نمونه انتخاب شود و معمولاً به نحوی تعیین می‌شود که امکان آزمایش پی در پی را داشته باشد.

- نوع داده‌ها و پارامترهای خروجی دستگاه بر طبق دستورالعمل سازنده مشخص شود.
- توزیع نمونه مورد آزمایش در مایع به خوبی انجام گیرد.
- نمونه آماده شده به سیستم تغذیه منتقل شود.
- آزمایش مطابق دستورالعمل سازنده دستگاه انجام شود.
- بلافاصله بعد از انجام آزمایش، برای آزمایش بعدی سیستم، تخلیه و شستشو داده شود. تخلیه و شستشو، هر زمان برای رسیدن به مقدار پراش زمینه در حد قابل قبول انجام گیرد.
- برای انجام آزمایش‌های بعدی مراحل یاد شده تکرار شود.

۳-۸-۱۰- دقت و صحت

- دقت این مطالعه از ۰/۱۸ درصد برای ذرات درشت‌تر از ۷ میکرون تا ۰/۰۱ درصد برای ذرات یک میکرون متغیر است. دقت تکرارپذیری از ۰/۵ درصد برای ذرات درشت‌تر از ۷ میکرون تا ۰/۱ درصد برای ذرات ریزتر از یک میکرون متغیر است.
- به دلیل نبود استاندارد کلی، صحت عملکرد دستگاه را به خوبی نمی‌توان تعیین کرد.



۳-۹- دانه‌بندی رسوبات رودخانه‌ای

۳-۹-۱- هدف و محدوده کاربرد

این دستورالعمل شامل روش‌هایی برای تعیین ابعاد ذرات در رسوبات رودخانه‌ای در محدوده ابعادی درشت‌تر از ۰/۵ میکرون با استفاده از روش‌های دستی است.

۳-۹-۲- روش آزمایش

- نمونه به طور چشمی بررسی تا محدوده ابعاد ذرات تخمین زده شود.
- از جدول ۳-۱ روش‌های آزمایشی مناسب با توجه به ابعاد ذرات تخمینی و اطلاعات مورد نیاز تعیین می‌شود. برای اطلاع از جزئیات هر روش به دستورالعمل‌های مربوطه مراجعه شود. جدول ۳-۲ مقدار لازم نمونه برای هر نوع روش را ارائه می‌دهد.

جدول ۳-۱- راهنمای انتخاب روش آنالیز دانه‌بندی نمونه ابرفتی به روش دستی

سانتریفوژ	الوتربیاتور هوایی	الوتربیاتور آبی	ته‌نشینی	میکروسکوپی	هیدرومتر	شمارش ذرات نوری	شمارش ذرات	سرند کردن		مشاهده	پی‌بت	تخلیه از کف	روش	
								خشک	تر				دانه‌بندی (میلی‌متر)	نمونه ابرفت
وزنی	وزنی	-	وزنی	حجمی / تعداد	وزنی	-	-	وزنی	-	-	وزنی	وزنی	-۰/۰۰۰۴۵ +۰/۰۰۰۴	رس
وزنی	وزنی	وزنی	وزنی	حجمی / تعداد	وزنی	-	-	وزنی	وزنی	-	وزنی	وزنی	+۰/۰۰۰۴ -۰/۰۰۶۲	سیلت
-	-	وزنی	وزنی	حجمی / تعداد	-	حجمی / تعداد	تعداد	وزنی	وزنی	وزنی	-	-	۲-۰/۰۰۶۲	ماسه
-	-	-	-	-	-	حجمی / تعداد	تعداد	وزنی	-	-	-	-	۶۴-۲	گراول
-	-	-	-	-	-	حجمی / تعداد	تعداد	-	-	-	-	-	۲۵۶-۶۴	قلوه سنگ
-	-	-	-	-	-	حجمی / تعداد	تعداد	-	-	-	-	-	۲۵۶ <	تخته سنگ

- برخی روش‌ها فقط درصد ذرات ریزتر از ابعاد خاصی را می‌توانند بیان کنند.
- نتایج به دست آمده از روش‌ها مطابق جدول به صورت درصد وزنی یا درصد حجمی یا شمارش ذرات است.
- خط تیره در جدول به مفهوم "عدم کاربرد روش مورد نظر برای نمونه ذکر شده در ستون اول" است.



جدول ۳-۲- راهنمای تعیین مقدار مناسب نمونه آبرفتی در روش‌های مختلف دانه‌بندی

وضعیت	تخلیه از کف	ظرف	مبدا	سرنده کردن		شمارش ذرات	شمارش ذرات نوری	هیدرومتر	میکروسکوپی	ته‌نشینی	الوتریاتور آبی	الوتریاتور هوایی	سانتریفوژ
				تر	خشک								
وزن نمونه آبرفت	- ۰٫۵ ۱٫۸	۱-۵	۰٫۰۵- ۱۵	>۰٫۰۵	>۰٫۰۵	>۱۰۰	>۱۰۰۰	۴۰۰۰۰	>۷۵۰	۱-۵	۱۰	۰٫۱-۲۰	۰٫۵-۲
واحد	گرم	گرم	گرم	گرم	گرم	تعداد ذره	تعداد ذره	میلی گرم بر لیتر	تعداد ذره	گرم	گرم	گرم	درصد حجمی

۳-۱۰- تجزیه سرنده زغال سنگ و تعیین اندازه دانه‌های زغال سنگ

۳-۱۰-۱- هدف و محدوده کاربرد

- فرآیندهای تعیین ابعاد زغال سنگ، تعیین بخش‌های ابعادی، تعیین توزیع ابعادی ذرات و تجزیه سرنده زغال سنگ با توجه به داده‌های تجزیه سرنده (این روش آزمایش برای تعیین اندازه زغال سنگ پودر شده و تجزیه سرنده آن قابل کاربرد نیست).
- تعیین شرایط دانه‌بندی زغال سنگ قابل فروش
- مقادیر بیان شده بر حسب واحدهای متریک و استاندارد است.
- با این روش هم زغال سنگ اولیه و هم کنسانتره آن را می‌توان مورد آزمایش قرار داد.
- زغال سنگ‌های رتبه^۱ پایین مانند لیگنیت‌ها، زغال سنگ‌های نیمه‌بیتومینه، بیتومینه بسیار فرار و موارد مشابه را باید با دقت خشک و با احتیاط حمل کرد، تا در حین سرنده کردن کاهش کیفیت و از هم پاشیدگی ابعادی آن به حداقل برسد.
- این دستورالعمل برای روش‌های سرنده کردن خشک و تر و برای زغال سنگ‌هایی با ابعاد ۲۰۰ میلی‌متر تا ۳۸ میکرون قابل انجام است.
- تعیین دانه‌بندی زغال سنگ‌های زیر ۳۸ میکرون خارج از دامنه این دستورالعمل است. (دانه‌بندی زغال سنگ‌های زیر ۳۸ میکرون معمولاً به وسیله روش‌های میکروسکوپی نوری، ته‌نشینی، سانتریفوژ، تفرق نور، روش تار کردن و اندازه‌گیری مساحت سطح انجام می‌شود).
- ممکن است با این روش مواد کافی برای انجام آزمایش‌های بعدی (مانند تحلیل شستشوپذیری) تولید نشود.

۳-۱۰-۲- دستگاه‌ها و تجهیزات

سرنده‌ها شامل سیمی و با صفحات مشبک است:

الف- سرنده‌های سیمی

باید سرنده‌های آزمایشگاهی استاندارد مورد استفاده قرار گیرد. در اغلب آزمایش‌ها که درشت‌ترین ذره در نمونه کوچکتر از ۲۵



میلی‌متر است از سرند استاندارد با قطر ۲۰۳ میلی‌متر و عمق ۵۰ میلی‌متر (یا سرندهایی با قطر بیشتر برای مثال ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌متر) استفاده شود. در موارد خاص که مقدار نمونه کم است از سرندهایی با قطر ۷۵ میلی‌متر و عمق ۱۵۰ میلی‌متر استفاده شود. سرندهای آزمون استاندارد باید قابی از جنس فلز برنج یا فولاد ضدزنگ و صفحات سرندی از جنس فلز برنج، برنج فسفری یا فولاد ضدزنگ داشته باشند. در مورد سرندهایی با دهانه‌ای کوچکتر از ۶/۳ میلی‌متر، شکل دهانه سرندها مربعی است.

ب- سرندهایی با صفحات مشبک

این سرندها در اندازه دهانه ۳/۳۶-۱۲۵ میلی‌متر با دهانه مربعی و در اندازه دهانه یک تا ۱۲۵ میلی‌متر با دهانه دایره‌ای و آرایش شطرنجی ساخته می‌شوند. قاب‌های استاندارد این سرندها با اندازه دهانه ۴ میلی‌متر و بیشتر از چوب سخت یا فولاد ساخته شده و به شکل مربع است (ابعاد قاب ۳۰۰، ۴۰۰ و یا ۴۵۰ میلی‌متر است). در مورد اندازه دهانه‌های کوچکتر از ۴ میلی‌متر از قاب‌های دایره‌ای با قطر ۲۰۳ میلی‌متر استفاده می‌شود. زمانی که از سرندهایی با اندازه دهانه ۶/۳ میلی‌متر و بیشتر استفاده می‌شود، دهانه‌های دایره‌ای با آرایش شطرنجی مناسب‌ترند.

یادآوری: زمانی که در یک آزمایش هم از سرندهای مشبک و یا از سرندهای سیمی استفاده می‌شود یا برای مقایسه نتایج حاصل از آنالیز با دو سری سرند (برای مثال در ابعاد ۱۲۵ میلی‌متر تا ۲۵۰ میکرون)، بهتر است تنها از سرندهایی با دهانه مربعی استفاده شود. نتایج تجزیه سرندی با دهانه مربعی با همان اندازه از دهانه دایره‌ای سازگاری ندارد. بنابراین، همه گزارش‌های تجزیه سرندی بدون تعیین نوع دهانه سرند ناقص است.

پ- لرزاننده مکانیکی سرند

- چنانچه استفاده از این وسیله به درستی انجام شود نتایج بسیار بهتری را نسبت به تجزیه سرندی دستی دارد.
- چنانچه اقدامات احتیاطی مناسبی انجام نگیرد این وسیله موجب از بین رفتن و کاهش کیفیت نمونه می‌شود. بنابراین پایش دامنه نوسانات سرند و زمان سرند کردن بسیار مهم است. از دستگاه مکانیکی نوع رتپ^۱ نیز استفاده می‌شود.
- مدت زمان سرند کردن با لرزاننده مکانیکی محدودیت دارد و افزایش این زمان، باعث کاهش کیفیت نمونه می‌شود.
- برخی سازندگان، دستگاه‌هایی را ارائه کرده‌اند که دامنه نوسان یا لرزش پایین، سرعت متغیر و یا ترکیبی از هر دو را دارد بنابراین این دستگاه‌ها برای مواد نرم بسیار مناسب‌اند.
- لرزاننده‌های مکانیکی ناپیوسته نسبت به نوع پیوسته آن‌ها بیشتر قابل قبول‌اند.

ت- سری‌های سرندی استاندارد

- زغال‌سنگ‌های بیتومینه، نیمه‌بیتومینه و لیگنیت: در مورد این زغال‌سنگ‌ها برای ابعاد دهانه بیش از ۶/۳ میلی‌متر باید از سری‌های استاندارد سرندی از نوع صفحه‌ای مشبک و با دهانه دایره‌ای شکل و برای ابعاد دهانه کمتر از ۶/۳ میلی‌متر از سرندهای سیمی استاندارد با دهانه مربعی استفاده کرد (جدول ۳-۳).



جدول ۳-۳- اندازه دهانه در سری استاندارد سرندهای صفحه‌ای مشبک با دهانه دایره‌ای و سیمی بافته شده با دهانه مربع

اندازه دهانه در سری استاندارد سرندهای صفحه‌ای مشبک با دهانه دایره‌ای (میلی‌متر)													
۲۰۰	۱۵۰	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	۶۳	۵۰	۳۷٫۵	۳۱٫۵	۲۵٫۰	۱۹٫۰	۱۲٫۵	۹٫۵	۶٫۳
اندازه دهانه در سری استاندارد سرندهای سیمی بافته شده با دهانه مربعی (میلی‌متر)													
۴٫۷۵	۲٫۳۶	۱٫۱۸	۰٫۶	۰٫۳	۰٫۱۵	۰٫۰۷۵	۰٫۰۳۸۰						

– برای زغال‌سنگ‌های بیتومینه، نیمه‌بیتومینه و لیگنیت خرد شده می‌توان از سری استاندارد سرندهای صفحه‌ای مشبک با دهانه مربعی یا سرندهای سیمی فولادی برای اندازه دهانه ۶٫۳ میلی‌متر یا بیشتر و سرندهای سیمی (استاندارد تیلور و ASTM) برای سرندهایی با اندازه دهانه کوچکتر از ۶٫۳ میلی‌متر به طور متوالی استفاده کرد. این سرندهای متوالی باید دارای قطر یکسان باشند.

– چون سرندهای صفحه‌ای مشبک با دهانه ۶٫۳ میلی‌متر دایره‌ای تولید تهریزی می‌کند که تقریباً با تهریز سرند ۴٫۷۵ میلی‌متری مربعی از نوع سرندهای سیمی مشابه است، بنابراین استفاده هم‌زمان از این دو نوع سرند لزومی ندارد.

– زغال‌سنگ کک‌شو: در این مورد، سری سرندی باید شامل سرندهای صفحه‌ای مشبک یا سرندهای سیمی فولادی با دهانه دایره‌ای شکل با قطر دهانه ۶٫۳ میلی‌متر و بیشتر و از سرندهای سیمی (استاندارد تیلور و ASTM) برای اندازه دهانه کوچکتر از ۶٫۳ میلی‌متر استفاده شود.

– کک شارژ کوره معمولاً دارای دانه‌بندی ۸۰ درصد زیر ۳٫۲ میلی‌متر است. با قبول این ضابطه نباید از سرندهای بزرگتر از ۴٫۷۵ میلی‌متر استفاده کرد.

– برای تعیین اندازه بالایی سری سرندی در مورد این مواد لازم است که از سرندهایی با دهانه درشت‌تر استفاده کرد. – توصیه می‌شود که عملیات سرند کردن در ابتدا با سرند ۴٫۷۵ میلی‌متر انجام شود. سپس سری سرندی طوری تنظیم شود که از اندازه دهانه کوچک شروع شده و طبق معیار تنها ۵ درصد یا کمتر به سرند ۴٫۸ میلی‌متر برسد. برای سهولت ارتباط بین بخش‌های مرتبط، سری سرندهای جدول ۳-۴ به عنوان سری استاندارد برای زغال‌سنگی که به عنوان کک کوره استفاده می‌شود، مد نظر قرار گیرد.

جدول ۳-۴- اندازه دهانه مربعی در سرندهای صفحه‌ای مشبک (میلی‌متر) مناسب برای زغال‌سنگ کک‌شو

۵۰	۳۷٫۵	۲۵٫۰	۱۹٫۰	۱۲٫۵	۹٫۵	۶٫۳
----	------	------	------	------	-----	-----

– آنتراسیت: در این مورد باید از سری سرندهای استاندارد از نوع صفحه‌ای مشبک با دهانه دایره‌ای استفاده کرد. – صفحات سرندی که روی قابی از جنس چوب سخت یا فولاد و با شکل مربعی با اندازه ۴۰٫۶ یا ۵۰٫۸ سانتی‌متر قرار دارند، برای سرند کردن آنتراسیت با اندازه‌های در حدود کمتر از ۴۱ میلی‌متر مناسب است. – برای زغال‌سنگ‌هایی درشت‌تر از این مقدار بهتر است از سرندهایی استفاده شود که قابی مربع یا مستطیل شکل داشته و مساحتی در حدود ۰٫۳۷ تا ۰٫۵۶ متر مربع داشته باشند. – برای سهولت ارتباط بین بخش‌های مرتبط، سری سرندی جدول ۳-۵ به عنوان سری استاندارد برای آنتراسیت مد نظر قرار می‌گیرد.

جدول ۳-۵- اندازه دهانه مربعی در سرندهای صفحه‌ای مشبک (میلی‌متر) مناسب برای آنتراسیت

۸۳	۷۶	۶۲	۴۱	۲۱	۱۴	۸	۴٫۸	۲٫۴	۱٫۲
----	----	----	----	----	----	---	-----	-----	-----

- برای سرندهای کوچکتر از ۶/۳ میلی‌متر سرندهای اضافی از نوع سیمی را می‌توان از جدول سرندهای استاندارد انتخاب کرد. برای سرندهای بالاتر از ۶/۳ میلی‌متر می‌توان از سرندهای صفحه‌ای مشبک با شکل دهانه دایره‌ای یا مربعی مطابق جدول سرندهای استاندارد استفاده کرد.
- برخی اشکال دیگر دهانه ممکن است به طور کامل تری دانه‌بندی زغال‌سنگ را ارایه دهد (دهانه بادامی شکل، مستطیل شکل و موارد مشابه).
- اخیراً استفاده از سرندهایی با دهانه دایره‌ای در عملیات دانه‌بندی در کارخانه‌ها بسیار متداول شده و داده‌های جدیدی را تولید کرده است. بنابراین کارخانه‌های جدیدتر، اغلب عملیات کک‌سازی و روش‌های محاسباتی در مطالعات خردایش را بر اساس سرندهایی با دهانه دایره‌ای انجام می‌دهند. در مقام مقایسه، دهانه‌های دایره‌ای به طور تقریبی با رابطه ۳-۳ با دهانه‌های مربعی معادل‌سازی می‌شود:

$$\text{دهانه مربعی (میلی‌متر)} = \frac{\text{دهانه دایره‌ای (میلی‌متر)}}{۲۵/۱} \quad (۳-۳)$$

۳-۱۰-۳- نمونه‌برداری

- حداقل وزن نمونه کلی جمع‌آوری شده باید مطابق جدول ۳-۶ تعیین شود. چنانچه توده زغال‌سنگی که نمونه‌برداری می‌شود بیش از ۱۰ تن باشد، قبل از تجزیه سرندهای یک نمونه کلی گرفته شده و با روش‌های مناسب تقسیم می‌شود.
- در مورد ذرات درشت‌تر از ۲۱ میلی‌متر و ریزتر از ۵ میلی‌متر از جدول ۳-۶ استفاده می‌شود.

جدول ۳-۶- مقدار نمونه کلی مورد نیاز برای زغال‌سنگ خرد شده غیر از آنتراسیت

نوع نمونه	حداقل جرم مورد نیاز (کیلوگرم)
زغال‌سنگ استخراجی	کمتر از ۱۸۰۰
زغال‌سنگ سرنده شده با حد بالایی بیش از ۱۰۰ میلی‌متر، دهانه دایره‌ای	کمتر از ۱۸۰۰
زغال‌سنگ ریزتر از ۱۰۰ میلی‌متر، دهانه دایره‌ای	کمتر از ۹۰۰
زغال‌سنگ ریزتر از ۵۰ میلی‌متر، دهانه دایره‌ای	کمتر از ۴۵۰
زغال‌سنگ ریزتر از ۲۵ میلی‌متر، دهانه دایره‌ای	کمتر از ۲۱۵
زغال‌سنگ ریزتر از ۱۲/۵ میلی‌متر، دهانه دایره‌ای	کمتر از ۴۵
زغال‌سنگ ریزتر از ۲/۳۶ میلی‌متر	کمتر از ۴/۵
زغال‌سنگ ریزتر از ۰/۶ میلی‌متر	کمتر از ۰/۵

- در مورد آنتراسیت برای تهیه نمونه آزمایشگاهی مورد نیاز برای سرنده کردن مطابق جدول ۳-۷ عمل می‌شود.
- در تهیه نمونه با روش‌های یاد شده مقدار مواد کافی برای انجام فرآیندهای اضافی مانند تعیین درجه شستشوی زغال‌سنگ لحاظ نشده است.

جدول ۳-۷- حداقل جرم تقریبی نمونه آزمایشگاهی برای آنتراسیت

اندازه دانه‌های آنتراسیت (میلی‌متر)	حداقل جرم تقریبی نمونه آزمایشگاهی (کیلوگرم)
۲۱-۱۴	۲۲/۷
۱۴-۸	۱۱/۳
۸-۵	۴/۵

۳-۱۰-۴- آماده‌سازی و تقسیم نمونه

- برای حمل، تقسیم و خشک کردن صحیح نمونه به استانداردهای مربوطه مراجعه شود.
- کاهش مقدار نمونه تا حدی که هنوز معرف کل مواد نمونه‌برداری شده باشد مجاز است ولی کاهش بالاترین اندازه زغال‌سنگ به هیچ وجه مجاز نیست. بنابراین هرگز بالاترین اندازه نمونه‌ای که قرار است تجزیه ابعادی شود نباید کاهش یابد. توصیه می‌شود نمونه‌ها مطابق روش زیر تقسیم شوند:
- زغال‌سنگ‌های درشت‌تر از ۲۵ میلی‌متر و گرد: سرند کردن بدون مخلوط کردن یا تقسیم کردن
- زغال‌سنگ‌های ریزتر از ۲۵ میلی‌متر و گرد: تقسیم کردن نمونه به مقداری بیش از ۵۶/۶ کیلوگرم به وسیله ریفل یا روش چارکی
- زغال‌سنگ‌های ریزتر از ۱۲/۵ میلی‌متر و گرد: تقسیم نمونه به مقداری بیش از ۱۱/۴ کیلوگرم با ریفل یا وسیله دقیق دیگر
- زغال‌سنگ‌های ریزتر از ۴/۷۵ میلی‌متر: تقسیم نمونه به بیش از ۱۰۰۰ گرم به وسیله ریفل
- زغال‌سنگ‌های ریزتر از ۲/۳۶ میلی‌متر: تقسیم نمونه به بیش از ۵۰۰ گرم به وسیله ریفل

۳-۱۰-۵- آماده‌سازی نمونه

- نمونه آزمایشگاهی مرطوب باید مطابق استاندارد خشک شود. در مورد خشک‌کن‌های هوایی، دما در حد ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد بیش از دمای اتاق و تا سقف ۴۰ درجه سانتی‌گراد حفظ می‌شود.
- درجه خشکی مورد قبول در مورد زغال‌سنگ‌های بیتومینه آن نقطه از فرآیند خشک کردن است که طی آن رطوبت به طور آشکار در نمونه وجود نداشته باشد، یا اگر نمونه به میزان قابل قبول از ارتفاع ۱۵۰ میلی‌متری به پایین ریخته شود، ایجاد غبار نکند. این ضابطه در مورد زغال‌سنگ‌های نیمه‌بیتومینه نیز قابل قبول است.
- مواد را باید خشک و سرند کرد. زمانی که مشکلاتی در به دست آوردن نتایج قابل قبول در مورد موادی که به سختی سرند می‌شوند (مانند زغال‌سنگ ریز) وجود داشته باشد، سرند کردن با روش تر انجام شود. در این روش، آب نباید موجب تغییرات فیزیکی مواد شود.

۳-۱۰-۶- روش آزمایش

الف- رعایت نکات عمومی

- قبل از سرند کردن، نمونه به دقت توزین شود. دقت توزین باید ۰/۵ درصد وزنی باشد.
- کار با سرندی شروع شود که بیشترین اندازه دهانه مورد نیاز را دارد.
- مقدار موادی که باید سرند شود تا حد امکان کم باشد تا ذرات زغال‌سنگ به طور مستقیم در تماس با دهانه‌ها قرار گیرند.
- هر نمونه به طور کامل و به صورت بخش‌بخش سرند شود. سپس هر کدام از مواد که به طور جداگانه سرند شده با توجه به بخش‌های خود با یکدیگر ترکیب شود.
- عمل سرند کردن به ترتیب یاد شده با سرندهای متوالی که اندازه دهانه مناسبی دارند ادامه یابد تا زمانی که به کوچکترین اندازه دهانه مورد نظر برسد.

- عملیات سرد کردن را می‌توان با سری سردی نیز انجام داد.
- زمانی که از سرندهای بسیار ریز استفاده می‌شود و به ویژه زمانی که سرد کردن به صورت تر است ابتدا از کوچکترین سرد استفاده شود، تا رس‌ها و دیگر مواد بسیار ریز که ممکن است دهانه‌های سرندهای درشت‌تر را مسدود یا کور کنند، حذف شوند. برای مثال هنگامی که از سرد ۱۵۰ میکرون و سرد ۷۵ میکرون استفاده می‌شود، ابتدا از سرد ۷۵ میکرون استفاده شود تا سرد کردن با سهولت بیشتری انجام شود. چنانچه ذرات بسیار درشت در نمونه وجود داشته باشند، این ذرات اثرات مضر روی اندازه دهانه سرندهای ریز خواهند داشت، بنابراین از یک سرد پوششی (سرد محافظ با دهانه درشت‌تر) برای حذف ذرات بسیار درشت استفاده شود.
- ذرات زغال‌سنگ درشت‌تر از ۶۰۰ میکرون در هنگام سرد کردن در اثر لرزش سرد بیشتر مستعد سایش‌اند. از این رو لازم است از سرد کردن اضافی و افزایش دامنه نوسان سرندها خودداری شود.

ب- سرد کردن دستی

- در سرد کردن دستی باید سعی شود فاصله حرکت افقی ذرات بیش از ۲۰۰ میلی‌متر نباشد. برای سرندهایی با قطر ۲۰۳ میلی‌متر، حداکثر مسافت طی شده ذره حدود ۱۰۰ میلی‌متر و برای سرندهایی با قطر ۷۵ میلی‌متر این مسافت در حدود ۳۷/۵ میلی‌متر یا کمتر باشد. در هنگام سرد کردن باید دقت شود ذرات زغال‌سنگ در اثر برخورد با جداره سرد یا برخورد با یکدیگر دچار خردایش نشوند.
- در مورد ذرات درشت‌تر از ۶۳ میلی‌متر گرد: قطعات زغال‌سنگ را که به آسانی از سرد ۶۳ میلی‌متر دایره‌ای یا درشت‌تر عبور نمی‌کنند باید با دست در یک جهت خاص از دهانه عبور داد. هرگز سرندهای ۶۳ میلی‌متر و درشت‌تر به شدت تکان داده نشوند مگر اینکه برای حذف زغال‌سنگ‌های ریز لازم باشد.
- برای زغال‌سنگ‌های بالای ۶۳ و زیر ۶۳ میلی‌متر گرد: تجزیه سردی با سرد ۶۳ میلی‌متر و سرندهای ریزتر باید سرد به صورت افقی در حدود ۲۰۰ میلی‌متر طوری حرکت داده شود تا قطعات زغال‌سنگ روی سرد بچرخند یا غلت بخورند. عملیات بدون زدن ضربه متوقف شود. برای کامل کردن عملیات به تعداد ۱۰ بار (۵ بار در هر جهت) سرد تکان داده شود.
- در مورد ذرات زغال‌سنگ ریزتر از ۶۳ میلی‌متر گرد: از سرد سیمی با دهانه مربعی استفاده می‌شود. نمونه آزمایشگاهی بر روی یک سرد خشک تمیز که به یک سینی متصل است ریخته شود. تا جایی که ممکن است آزمایش روی یک سرد و بدون وقفه انجام گیرد. سرد کردن برای سرندهای درشت‌تر از ۱۵۰ میکرون تنها یک تا ۲ دقیقه و برای سرندهای ریزتر از ۱۵۰ میکرون ۳ تا ۴ دقیقه طول می‌کشد.
- برای تعیین زمان کامل شدن عملیات لازم است سرد، سینی و کاور روی سرد با یک دست در زاویه حدود ۲۰ درجه نسبت به افق نگه داشته شود. سرد روی صفحه شیب ایجاد شده با آهنگ حدود ۱۵۰ بار در دقیقه بالا و پایین شده و با کف دست دیگر به بالای سرد ضربه زده شود. همه مواد رد شده از سرد به روی سرد برگردانده شود.
- بعد از هر ۲۵ ضربه، سرد در حدود یک‌ششم دور در همان جهت چرخانده شود. برای کمک به چرخش صحیح سرد می‌توان از سه خط متقاطع مستقیم با زاویه داخلی ۶۰ درجه که روی کاور رسم می‌شود، استفاده کرد. یک خط به عنوان شروع‌کننده حرکت نشانه‌گذاری شود.



- عملیات سرد کردن تا زمانی ادامه یابد که موادی که در طول یک دقیقه از سرد عبور می‌کنند جرمی کمتر از یک درصد مواد روی سرد را داشته باشند.
- روش سرد کردن دستی، بسته به اندازه ذرات زغال سنگ کمی متفاوت است.
- سرد کردن با دست روش پایه‌ای و اصلی انجام تجزیه سردی است و برای اعتبارسنجی نتایج سرد کردن مکانیکی نیز استفاده می‌شود.
- ثبات حرکت در سرد کردن دستی بسیار مهم است. باید سعی شود حرکات دایره‌ای و ضربانی یکسان وارد شود.

پ- سرد کردن خشک مکانیکی

- در تعیین زمان سرد کردن با هدف تولید نتایج تحلیلی قابل قبول، با استفاده از سیستم تقسیم‌کننده نمونه چهار زیر نمونه با حجم یا جرم مناسب از نمونه کلی گرفته شود. یکی از نمونه‌ها به مدت ۴ دقیقه، دومی ۱۰ دقیقه، سومی ۱۵ دقیقه و چهارمی به مدت ۲۰ دقیقه سرد شود. نتایج این آزمایش‌ها بر اساس درصد باقی‌مانده روی هر سرد جدول‌بندی شود. زمان سرد کردن مورد نیاز برای دستیابی به نتایج ثابت از این جدول به دست می‌آید.
- زمان رسیدن به دقت قابل قبول در انجام آزمایش‌ها در مواردی که یک سری سردی به کار می‌رود، هنگامی است که در یک دوره ۵ دقیقه‌ای کمتر از نیم درصد مواد از ریزترین سرد عبور کنند. این شیوه برای زمانی که کنترلی روی عملکرد نوع لرزاننده مکانیکی مورد استفاده وجود ندارد یا زمانی که از سرد کردن قابل تعویض دستی یا مکانیکی استفاده می‌شود، بسیار مناسب است.
- در استفاده از لرزاننده مکانیکی نباید کیفیت نمونه کاهش یابد.

ت- سرد کردن به روش تر

- مواد را باید با هوا خشک و به روش خشک سرد کرد. با این حال زمانی که در دستیابی نتایج تجزیه روی مواد زیر ۶۰۰ میکرون مشکلاتی در به دست آوردن نتایج قابل قبول به وجود می‌آید، سرد کردن با روش تر انجام شود. در این روش آب نباید موجب تغییرات فیزیکی مواد شود.
- در موارد زیر باید سرد کردن به روش تر انجام شود:
 - موادی که در اثر سرد کردن، کیفیت نمونه کاهش یا آگلومراسیون می‌شود را نباید خشک کرد.
 - موادی که بسیار ریزاند یا دارای بار الکتریکی ساکن‌اند.
 - ذرات ریزی که به ذرات درشت چسبیده‌اند.
- در نمونه‌های حاوی رس
- نمونه با دقت حدود ۰/۱ گرم وزن شود (در مورد زغال‌سنگ‌های رتبه پایین مانند لیگنیت، نیمه‌بیتومینه، بیتومینه C دارای مواد فرار و موارد مشابه توزین باید با نهایت دقت و احتیاط انجام شود). زمانی که مواد آماده اختلاط با آب شدند نمونه روی ریزترین سرد ریخته شده و با استفاده از یک شلنگ با جریان ملایم آب، شسته شود. در اثر ترشح مواد یا ایجاد گرد و غبار مواد نباید از دست برود. در مورد برخی زغال‌سنگ‌ها باید از برخی مواد ترکنده سطح مانند ایزوپروپیل استفاده شود. زمانی که آب عبور کرده از سرد کاملاً شفاف شد، مواد روی سرد در آن خشک شوند سپس روند سرد کردن از درشت‌ترین سرد شروع می‌شود و دوباره به ریزترین سرد می‌رسد.

– در هنگام خشک کردن، تغییرات وزن نباید بیش از ۰/۱ درصد وزن خشک اولیه باشد.

ث- سرند کردن به روش ترکیبی تر و خشک

زمانی که در نمونه ذرات ریز وجود داشته باشد (که معمولاً وجود دارد) به علت آگلومره شدن، چسبیدن به ذرات درشت، کور کردن دهانه‌های سرند و موارد مشابه در هنگام استفاده از سری سرندی، استفاده از روش خشک به تنهایی جوابگو نیست. بنابراین این مواد ابتدا باید به روش تر حذف و مابقی مراحل با روش خشک انجام شود.

۳-۱۰-۷- محاسبات

الف- تعیین مجموع جرم‌های بخش‌های ابعادی و جرم کل مواد ترکیب شده

– همه جرم‌ها قبل از انجام محاسبه به یک واحد تبدیل شود (مانند گرم).

– جرم‌های بخش‌های مختلف ابعادی به درستی نوشته و به کار برده شود. برای مثال اگر یک بخش ۱۱/۲۵ کیلوگرم و دیگری ۲۰۴ گرم و سومی ۱۴۸ گرم وزن شده است، همه جرم‌ها باید با دقت ۰/۱ کیلوگرم گرد شود. زیرا عدد ۱۱/۲۵ با این دقت گزارش شده است. بنابراین جمع کل برابر است با:

$$۱۱/۲۵ + ۰/۲۰ + ۰/۱۵ = ۱۱/۶۰ \quad (\text{کیلوگرم})$$

ب- چنانچه درصد جرمی، خطای مثبت (اضافه شدن مواد) یا منفی (از دست رفتن نمونه) بیش از ۲ درصد داشته باشد، آزمایش تجزیه سرندی باید دوباره انجام شود. در مورد زغال سنگ نیمه‌بیتومینه در صورت نیاز باید رطوبت ذاتی همراه را نیز به این محاسبات اضافه کرد.

– چنانچه میزان خطا نسبت به وزن اولیه نمونه کمتر از ۲ درصد باشد نتایج قابل قبول است و می‌توان نتایج اصلاح شده (سرشکن شده) را گزارش کرد.

– در سرند کردن به روش تر، اغلب حجم زیادی از پالپ که شامل آب، زغال سنگ و دیگر مواد معدنی است از ریزترین سرند عبور می‌کند. در چنین مواردی برای سهولت در ته‌نشینی به آن‌ها فلوکولانت اضافه شود.

پ- زمانی که با نمونه‌های کم کار می‌شود یا سرند با قطر ۷۵ میلی‌متر استفاده می‌شود، بهتر است وزن خالص هر سرند و سینی تعیین شود تا بدون خالی کردن مواد از سرند وزن آن‌ها محاسبه شود (قبل از هر آزمایش باید سرندها را دوباره وزن کرد و وزن خالص آن‌ها را به دست آورد). هنگام خالی کردن مواد در این حالت‌ها احتمال از دست رفتن مقداری از نمونه زیاد است.

– جرم هر بخش باید به درصد تبدیل شود. در این محاسبه، مخرج کسر باید جرم اصلی نمونه یا مجموع جرم بخش‌ها باشد. درصدها با دقت ۰/۱ درصد گرد و گزارش شود.

– مقدار از بین رفتن یا اضافه شدن به نمونه باید در گزارش‌ها ذکر شود. همچنین اگر از مجموع جرم بخش‌ها به جای جرم اصلی نمونه استفاده شده نیز باید ذکر شود.

– روش معمول دیگر این است که فرض شود کمبود مواد حداکثر تا ۰/۵ درصد به صورت غبار از دست رفته است بنابراین می‌توان آن را به وزن بخش سینی اضافه کرد. چنانچه از این روش استفاده شود این فرض باید در گزارش‌ها قید شود.



۳-۱۰-۸- ارایه نتایج آزمایش با منحنی

- معمولاً نتایج تجزیه سرندي به منظور برخی اهداف مقایسه‌ای یا برای ارزیابی عمومی به صورت منحنی دانه‌بندی گزارش می‌شود. در این صورت درصد باقی‌مانده یا عبور کرده از سرندي که واقعا در آزمایش مورد استفاده قرار نگرفته است را می‌توان با استفاده از درون‌یابی نتایج تخمین زد. برای انجام درون‌یابی معتبر حداقل باید ۶ نقطه وجود داشته باشد.
- نمودارهای رزین- راملر و گودن- شاومن در نمایش نموداری نتایج آزمایش مقبولیت بیشتری دارند.

۳-۱۰-۹- تعیین ابعاد زغال‌سنگ با استفاده از تجزیه سرندي

- تعیین ابعاد معمولاً به صورت بازه پیوسته طبیعی و برای موادی که با استخراج، حمل و نقل، خردایش، سرندي کردن و پرعیارسازی تولید شده‌اند، کاربرد دارد.
- تعیین ابعاد باید نشان دهنده بازه اندازه‌ای باشد که شامل درشت‌ترین و ریزترین سرندي است و این حدود بالایی و پایینی باید بر مبنای داده‌های آزمایشگاهی واقعی شامل ۸۰ درصد مواد یا بیشتر باشد.
- سرندي که به عنوان ریزترین سرندي در سری انتخاب می‌شود، باید به گونه‌ای باشد که کمتر از ۵ درصد مواد در سینی انتهایی جمع شوند.
- سرندي که به عنوان درشت‌ترین سرندي در سری انتخاب می‌شود باید به گونه‌ای باشد که کمتر از ۵ درصد مواد روی آن باقی بمانند.
- برای توصیف ابعاد ابتدا درشت‌ترین سرندي سپس عبارت "X" بعد ریزترین سرندي و در آخر عبارت "میلی‌متر" نوشته می‌شود. گاهی بعد از ذکر ابعاد درشت‌ترین سرندي هم عبارت "میلی‌متر" نوشته می‌شود. در مورد سرنديهای استاندارد ایالات متحده یا سرنديهای سری تیلور به ترتیب "شماره سرندي" یا کلمه "مش" و سپس نام استاندارد مورد استفاده آورده می‌شود. همچنین در مواردی به شکل دهانه سرندي "مربعی" یا "گرد" و نیز درصد ذرات درشت‌تر از درشت‌ترین سرندي بات گرد کردن در حد یک درصد در داخل پرانتز اشاره می‌شود.
- برای توصیف ابعاد مواد ریزتر از کوچکترین سری سرندي یا موادی که تا ابعاد کوچکتر از یک ابعاد خاص خرد شده‌اند از پیشوند "منها (-)" استفاده می‌شود. برای نشان دادن ابعاد موادی که روی درشت‌ترین سرندي یا روی هر سری سرندي باقی می‌مانند از کلمه "بعلاوه (+)" بعد از آن استفاده می‌شود.
- در مورد سرنديهای صفحه‌ای مشبک که برای مواد درشت‌تر از ۶/۳ میلی‌متر استفاده می‌شوند شکل دهانه با عبارت‌های "گرد" و "مربعی" که به ترتیب نشان دهنده دایره‌ای یا مربعی بودن آن است، بعد از ابعاد ریزترین سرندي نشان داده می‌شود.
- مثال‌هایی از روش نمایش ابعاد مواد به شرح زیر است:

(۱۰ درصد بزرگتر از ۲۰۰ میلی‌متر) "مربعی" میلی‌متر ۱۲/۵ × میلی‌متر ۲۰۰

(۲۴ درصد بزرگتر از ۲۰۰ میلی‌متر) "گرد" میلی‌متر ۱۰۰ × میلی‌متر ۲۰۰

شماره ۴ × "مربعی" میلی‌متر ۵۰

سری تیلور، مش ۱۰۰ × ۲۰۰



تیلور، ۰×۲۸ مش

استاندارد ایالات متحده آمریکا، شماره ۳۰ \times شماره ۴

- نمایش اندازه مواد ریزتر از ۶۰۰ میکرون (۲۸ مش) در سری تیلور به یکی از فرم‌های زیر:

"تیلور، ۶۰۰- میکرون"

"تیلور، ۲۸- مش"

"تیلور، ۰×۲۸ مش"

- نمایش اندازه مواد درشت‌تر از سرند شماره ۳۰ در سری استاندارد ایالات متحده به یکی از فرم‌های زیر:

"به علاوه شماره ۳۰"

"# ۳۰ +"

۳-۱۱- دستورالعمل تجزیه سرندي نمک سنگي

۳-۱۱-۱- هدف و محدوده کاربرد

این دستورالعمل برای تعیین توزیع ابعادی ذرات نمونه با سرندهای با چشمه مربعی است.

۳-۱۱-۲- تجهیزات مورد استفاده

- سری سرندهای استاندارد با مقطع دایره، چشمه‌های مختلف و مفتول‌های سیمی

- لرزاننده مکانیکی به همراه متعلقات آن

- خشک‌کن با دمای ۵ ± ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد

- سینی‌ها و ظروف مختلف

- تقسیم‌کن نمونه

- ترازو

۳-۱۱-۳- فرآیند تجزیه سرندي

- تهیه نمونه به مقدار تقریبی ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ گرم (بر حسب تعداد سرندها) با تقسیم کردن متوالی از نمونه اولیه

- خشک کردن نمونه در خشک‌کن و سرد کردن آن در دمای اتاق (به منظور حفاظت مفتول سرندهای ریز چشمه از سرد کردن

نمونه گرم خودداری شود).

- توزین نمونه با دقت ۰/۱ گرم

- قرار دادن سری سرندهای مورد نظر به ترتیب از چشمه‌های درشت تا ریز داخل لرزاننده مکانیکی

- انتقال نمونه بر روی سرند بالایی و شروع به کار لرزاننده حداقل به مدت ۵ دقیقه

- خارج کردن سرندها و توزین کردن نمونه باقی‌مانده روی آنها

- مجموع وزن‌های باقی‌مانده بر روی سرنده با وزن اولیه نمونه نباید بیش از ۰٫۳ درصد اختلاف داشته باشد.
- تهیه گزارش دانه‌بندی نمونه مطابق راهنمای آن



فصل ۴

راهنمای تهیه گزارش



۴-۱- فهرست

فهرست گزارش شامل موارد زیر است:

- مقدمه
- مشخصات نمونه
- شرایط و روش دانه‌بندی
- تجهیزات مورد استفاده
- نتایج
- مشخصات تجهیزات مورد استفاده برای اندازه‌گیری ابعاد ذرات
- مقادیر کلیه پارامترهای مورد نیاز در تنظیم تجهیزات و دستگاه مورد استفاده
- نام نرم‌افزار و شماره نسخه آن که در تجهیزات برای انجام محاسبات مورد نیاز مورد استفاده قرار گرفته است.
- تشریح مبانی مورد استفاده برای محاسبه پارامترهای مورد نظر در دستگاه و خارج از آن
- اطلاعات آماری پایه و تشریح روش محاسبه آن‌ها مانند مقدار انحراف از معیار، درجه آزادی و سطح اعتماد
- اطلاعات مربوط به محدودیت‌های اندازه‌گیری در دستگاه مورد استفاده مطابق دستورالعمل سازنده
- تشریح کامل روش آماده‌سازی نمونه (واسطه پراکندگی، تجهیزات پراکنده‌سازی و مشخصات مخلوط)
- تشریح کامل عملیات اجرایی برای اندازه‌گیری ابعاد ذرات و استانداردهای لحاظ شده در حین اندازه‌گیری
- تشریح کامل تنظیمات و واسنجی تجهیزات مورد استفاده
- اطلاعات کافی در مورد میزان دقت فرآیند اندازه‌گیری و خطاهای احتمالی که ممکن است بروز کند.

۴-۲- روش پراش نور

فهرست گزارش دانه‌بندی به روش پراش نور به شرح زیر است:

- نام دستگاه، مدل و محدوده کارکرد
- نوع و شیوه پراکنده‌سازی
- مدت زمان اجرای یک آزمایش
- شیوه برازش منحنی
- ضریب انکسار نمونه و مستغرق‌کننده
- ابعاد d_{50} نمونه

- منحنی درصد حجمی تفاضلی نسبت به قطر ذرات

- منحنی درصد حجمی تجمعی نسبت به قطر ذرات



۴-۳- روش پراش اشعه لیزر

فهرست گزارش دانه‌بندی به روش پراش اشعه لیزر به شرح زیر است:

- نام دستگاه، مدل و محدوده کارکرد
- نوع و شیوه پراکنده‌سازی
- مدت زمان اجرای یک آزمایش
- شیوه برازش منحنی
- ضریب انکسار نمونه و مستغرق‌کننده
- ابعاد d_{50} نمونه
- منحنی درصد حجمی تفاضلی نسبت به قطر ذرات
- منحنی درصد حجمی تجمعی نسبت به قطر ذرات

۴-۴- فرم‌های گزارش نتایج آزمایش

۴-۴-۱- روش تجزیه سردی

تنظیم گزارش روش تجزیه سردی مطابق فرم ۴-۱ است. نمونه تکمیل شده آن نیز ارایه شده است و در شکل‌های ۴-۱ الف، ب و پ مثالی از ترسیم نتایج تجزیه سردی آزمایشگاهی در نمودار لگاریتمی نشان داده شده است.

۴-۴-۲- دانه‌بندی به روش ته‌نشینی ثقی - پی‌پت اندرسون

- خلاصه گزارش نتایج آزمایش پی‌پت مطابق فرم ۴-۲ و برگه محاسبات مطابق فرم ۴-۳ تنظیم می‌شود (مثال تکمیل شده فرم‌ها در ادامه ارایه شده است).

- بر روی یک کاغذ با محورهای نیم لگاریتمی درصد تجمعی ذرات کوچکتر از یک حد معلوم (S_i/S_0) در مقابل بزرگترین اندازه ذره هر بخش بر روی محور X رسم شود.

۴-۴-۳- دانه‌بندی به روش ته‌نشینی - سیکلوسایزر

- تنظیم گزارش مطابق فرم ۴-۴ خلاصه گزارش نتایج آزمایش سیکلوسایزر است.

- برای تعیین اندازه موثر جدایش، ضرایب تصحیح مطابق شرایط آزمایش بر اساس توضیحات ارایه شده در زیر جدول خلاصه گزارش، محاسبه شده و اندازه موثر جدایش از ضرب کردن اندازه واسنجی سیکلون‌ها در ضرایب تصحیح (شکل‌های ۴-۲ تا ۴-۵ و جدول ۴-۱)، محاسبه می‌شود.

- با استفاده از یک کاغذ با محورهای نیمه‌لگاریتمی (محور افقی لگاریتمی) وزن تجمعی مواد ریزتر از اندازه معلوم (محور قائم) بر حسب اندازه ذرات (محور افقی) رسم می‌شود.



مثال تکمیل شده فرم گزارش تجزیه سرندي

تاریخ آزمایش: ۱۳۹۱/۶/۱۵
وزن نمونه: ۹۱۰ گرم
مدت آزمایش: ۵۵ دقیقه

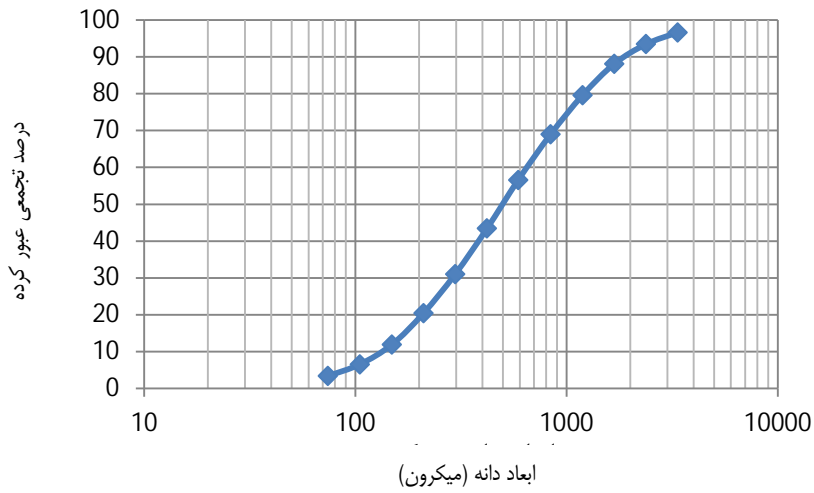
نام شرکت/ درخواست کننده: شرکت معدنی -
نام نمونه مورد آزمایش: کانه سرب و روی
ابعاد درشت‌ترین ذره: ۴۷۵۰ میکرون
ملاحظات: آزمایش تجزیه سرندي به صورت خشک به وسیله لرزاننده مکانیکی

درصد تجمعی		درصد وزنی (۴)	وزن مواد باقی مانده گرم (۳)	دانه‌بندی	
عبور کرده (۶)	باقی مانده (۵)			مش یا ASTM (۲)	میلی متر/ میکرون (۱)
۹۶٫۷	۳٫۳	۳٫۳	۳۰٫۰	۶	۳۳۶۰
۹۳٫۵	۶٫۵	۳٫۲	۲۸٫۸	۸	۲۳۸۰
۸۸٫۱	۱۱٫۹	۵٫۴	۴۸٫۳	۱۲	۱۶۸۰
۷۹٫۶	۲۰٫۴	۸٫۵	۷۶٫۴	۱۶	۱۱۹۰
۶۹٫۰	۳۱٫۰	۱۰٫۶	۹۵٫۵	۲۰	۸۴۰
۵۶٫۶	۴۳٫۴	۱۲٫۴	۱۱۱٫۴	۳۰	۵۹۰
۴۳٫۴	۵۶٫۶	۱۳٫۲	۱۱۸٫۳	۴۰	۴۲۰
۳۱٫۰	۶۹٫۰	۱۲٫۴	۱۱۱٫۴	۵۰	۲۹۷
۲۰٫۴	۷۹٫۶	۱۰٫۶	۹۵٫۵	۷۰	۲۱۰
۱۱٫۹	۸۸٫۱	۸٫۵	۷۶٫۴	۱۰۰	۱۴۹
۶٫۵	۹۳٫۵	۵٫۴	۴۸٫۳	۱۴۰	۱۰۵
۳٫۳	۹۶٫۷	۳٫۲	۲۸٫۸	۲۰۰	۷۴
	۱۰۰٫۰۰	۳٫۳	۳۰٫۰	سینی زیر سرندها	
		۱۰۰٫۰۰	۸۹۹٫۱	کل مواد باقی مانده روی سرندها	
مدیر آزمایشگاه			تکنسین آزمایشگاه		

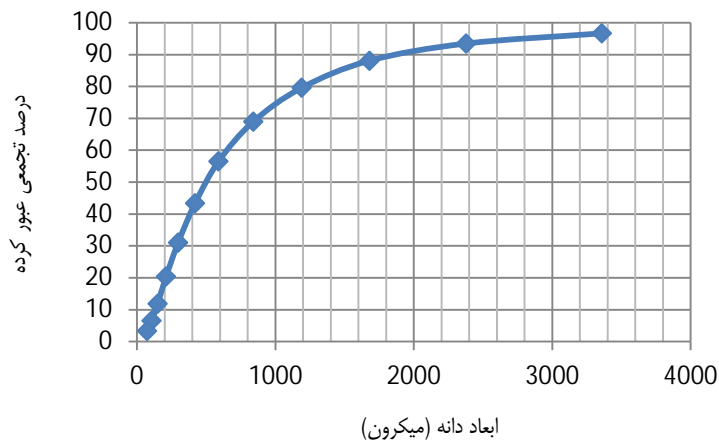
* توضیح ستون‌ها:

- (۱) ابعاد چشمه‌های سرندي مورد استفاده در مجموعه سرندي (میلی متر یا میکرون)
- (۲) شماره مش سرندي مورد استفاده
- (۳) وزن مواد باقی مانده روی هر سرندي
- (۴) درصد وزنی مواد باقی مانده روی هر سرندي که از تقسیم مقدار مواد باقی مانده روی سرندي بر وزن کل محاسبه می‌شود.
- (۵) درصد تجمعی مواد باقی مانده روی یک سرندي که حاصل مجموع ردیف‌های ماقبل آن در ستون (۴) است.
- (۶) درصد تجمعی مواد عبوری از یک سرندي که حاصل تفریق ردیف‌های ستون (۵) از عدد ۱۰۰ است.

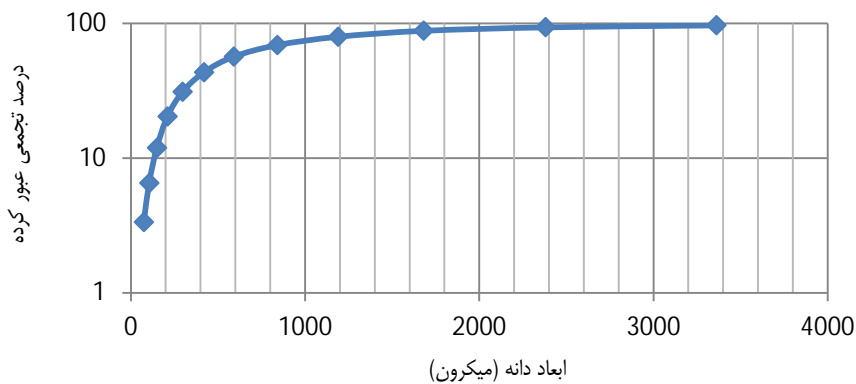




شکل ۴-۱-الف- مثالی از ترسیم نتایج تجزیه سرنندی آزمایشگاهی در نمودار نیمه لگاریتمی



شکل ۴-۱-ب- مثالی از ترسیم نتایج تجزیه سرنندی آزمایشگاهی در نمودار دو محور خطی



شکل ۴-۱-پ- مثالی از ترسیم نتایج تجزیه سرنندی آزمایشگاهی در نمودار تمام لگاریتمی (تابع گودین)



فرم ۴-۲- برگه خلاصه نتایج آزمایش پیت اندرسون

نام شرکت / درخواست کننده:		تاریخ:			
نام نمونه:					
وزن اولیه نمونه (W) (گرم):					
Si/S0	وزن نمونه (گرم)	ارتفاع سطح پالپ (سانتی‌متر)		زمان نمونه‌گیری (ثانیه)	
	S ₀		h ₀	۰	t ₀
	S ₁		h ₁	۶۰	t ₁
	S ₂		h ₂	۱۲۰	t ₂
	S ₃		h ₃	۲۴۰	t ₃
	S ₄		h ₄	۲۸۰	t ₄
	S ₅		h ₅	۹۶۰	t ₅
	S ₆		h ₆	۱۹۲۰	t ₆
توضیحات:					
مدیر آزمایشگاه			تکنسین آزمایشگاه		



فرم ۴-۳- برگه محاسبات آزمایش پی پت اندرسون

نام شرکت/ درخواست کننده:		تاریخ:	
نام نمونه:			
وزن اولیه نمونه (w) (گرم):			
چگالی ذرات جامد (ρ_s) (گرم بر سانتی متر مکعب):			
چگالی آب (ρ_w) (گرم بر سانتی متر مکعب):			
ثابت شتاب گرانش (g) (سانتی متر بر مجذور ثانیه):			
ویسکوزیته مایع (η) (گرم بر سانتی متر در ثانیه):			
سرعت* (cm/s)	قطر حداکثر** (cm)	S_i/S_0	ملاحظات
v_1			
v_2			
v_3			
v_4			
v_5			
v_6			
$*v_i = h_i / t_i$ $**d_i = [18 v_i \eta / g(\rho_s - \rho_w)]^{(0.5)}$			
تکنسین آزمایشگاه		مدیر آزمایشگاه	



مثال تکمیل شده برگه خلاصه نتایج آزمایش پی‌یت اندرسون

نام شرکت/درخواست‌کننده: شرکت -		تاریخ: ۹۱/۶/۱۵				
نام نمونه: پودر کوارتز						
وزن اولیه نمونه (w) (گرم): ۱۵ گرم						
Si/S0	وزن نمونه (گرم)		ارتفاع سطح پالپ (سانتی‌متر)		زمان نمونه‌گیری (ثانیه)	
۵,۶۸	۰,۸۵۲	S ₀	۲۰	h ₀	۰	t ₀
۱۲,۱۹	۱,۸۳	S ₁	۱۸	h ₁	۶۰	t ₁
۱۹,۹	۲,۹۸	S ₂	۱۵	h ₂	۱۲۰	t ₂
۱۹,۴۷	۲,۹۲	S ₃	۱۳	h ₃	۲۴۰	t ₃
۱۲,۳۸	۱,۸۶	S ₄	۱۱	h ₄	۲۸۰	t ₄
۸,۳	۱,۲۴	S ₅	۹	h ₅	۹۶۰	t ₅
۴,۴۸	۰,۶۷	S ₆	۸	h ₆	۱۹۲۰	t ₆
توضیحات:						
مدیر آزمایشگاه				تکنسین آزمایشگاه		



مثال تکمیل شده برگه محاسبات آزمایش پی‌یت اندرسون

نام شرکت / درخواست کننده: شرکت -		تاریخ: ۹۱/۶/۱۵	
نام نمونه: پودر کوارتز			
وزن اولیه نمونه (w) (گرم): ۱۵ گرم			
چگالی ذرات جامد (ρ_s) (گرم بر سانتی‌متر مکعب): ۲٫۷			
چگالی آب (ρ_w) (گرم بر سانتی‌متر مکعب): ۱			
ثابت شتاب گرانش (g) (سانتی‌متر بر مجذور ثانیه): ۹۸۱			
ویسکوزیته مایع (η) (گرم بر سانتی‌متر در ثانیه): ۰٫۰۱			
ملاحظات	S_i/S_0	قطر حداکثر** (cm)	سرعت* (cm/s)
	۵٫۶۸	۰٫۰۰۶	۰٫۳۳۳ v ₁
	۱۲٫۱۹	۰٫۰۰۴	۰٫۱۵ v ₂
	۱۹٫۹	۰٫۰۰۲۶	۰٫۰۶۲ v ₃
	۱۹٫۴۷	۰٫۰۰۱۷	۰٫۰۲۷ v ₄
	۱۲٫۳۸	۰٫۰۰۱۱	۰٫۰۱۱ v ₅
	۸٫۳	۰٫۰۰۰۷	۰٫۰۰۵ v ₆
* $v_i = h_i / t_i$ ** $d_i = [18 v_i \eta / g(\rho_s - \rho_w)]^{(0.5)}$			
مدیر آزمایشگاه		تکنسین آزمایشگاه	



فرم ۴-۴- بر گه خلاصه نتایج آزمایش سیکلوسایزر

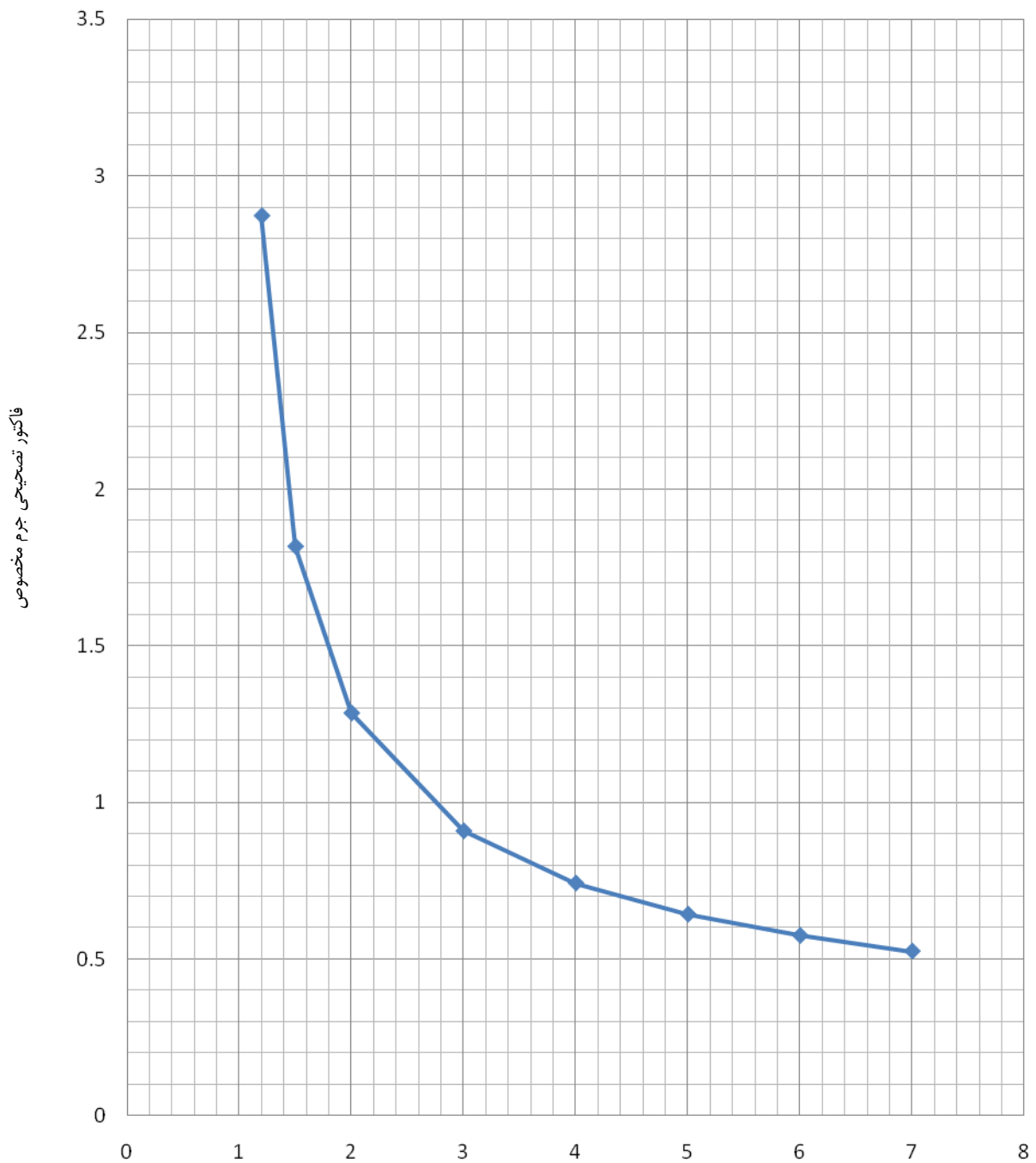
نام شرکت / درخواست کننده:		تاریخ:			
نام نمونه:					
وزن نمونه (W) (گرم):					
وزن مخصوص جامد (ρ) (گرم بر سانتی‌متر مکعب):					
دمای آب (T) (درجه سلسیوس):					
جریان سنج (r) (میلی‌متر): $r(\text{mm}) = 11.1 * r(\text{l/min}) + 52.3 = \dots$ (تبدیل شدت جریان از لیتر بر دقیقه به میلی‌متر)					
زمان الوتریاسیون (t) (دقیقه):					
شماره سیکلون	اندازه واسنجی (میلی‌متر)	حد جدایش موثر (میلی‌متر)	وزن (گرم)		درصد تجمعی مواد ریز (عبور کرده)
			بشر	با نمونه		نمونه
ضرایب تصحیح:					
تصحیح وزن مخصوص			$f_1 = (1.65 / (\rho - 1))^{0.5}$		
تصحیح دما			$f_2 = 10^x$, $x = (1.3272(20 - T) - 0.001053(T - 20)^2) / (2(T + 105))$		
تصحیح جریان آب			$f_3 = 0.00125 (180 - r) + 13.4 / (r)^{0.5}$		
تصحیح مدت الوتریاسیون			$f_4 = 1 - 0.9/t$		
ضریب تصحیح کل:			$f_t = f_1 * f_2 * f_3 * f_4$		
اندازه واسنجی هر سیکلون * f_t = حد جدایش موثر هر سیکلون					
تکنسین آزمایشگاه			مدیر آزمایشگاه		



مثال تکمیل شده برگه خلاصه نتایج آزمایش سیکلوسایزر

نام شرکت / درخواست کننده: شرکت -		تاریخ: ۹۱/۶/۱۵		
نام نمونه: کانه فسفات				
وزن نمونه (W) (گرم): ۳۰ گرم				
وزن مخصوص جامد (ρ) (گرم بر سانتی متر مکعب): ۳,۰۴				
دمای آب (T) (درجه سلسیوس): ۱۰				
جریان سنج (F) (میلی متر): ۱۸۵		تبدیل آهنک جریان از لیتر بر دقیقه به میلی متر		
$r(\text{mm}) = 11.1 \times 11.95 + 52.3 = 185$				
زمان الوتریاسیون (t) (دقیقه): ۶۰				
شماره سیکلون	اندازه کالیبراسیون (μm)	حد جدایش موثر (μm)	وزن (گرم)	
			بشر	با نمونه
۱	۴۴	۴۳,۵۶	۱,۷۰	۱,۷۰
۲	۳۳	۳۲,۶۷	۳,۶۶	۳,۶۶
۳	۲۳	۲۲,۷۷	۵,۹۷	۵,۹۷
۴	۱۵	۱۴,۸۵	۵,۸۴	۵,۸۴
۵	۱۱	۱۰,۹۰	۳,۷۱	۳,۷۱
ضرایب تصحیح:				
تصحیح وزن مخصوص		$f_1 = 0.9$		
تصحیح دما		$f_2 = 1.141$		
تصحیح جریان آب		$f_3 = 0.98$		
تصحیح مدت الوتریاسیون		$f_4 = 0.985$		
ضریب تصحیح کل:		$f_t = 0.991$		
حد جدایش موثر:		اندازه واسنجی هر سیکلون \times حد جدایش موثر هر سیکلون = f_t		
تکنسین آزمایشگاه		مدیر آزمایشگاه		





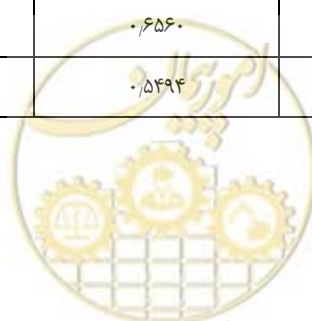
جرم مخصوص (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

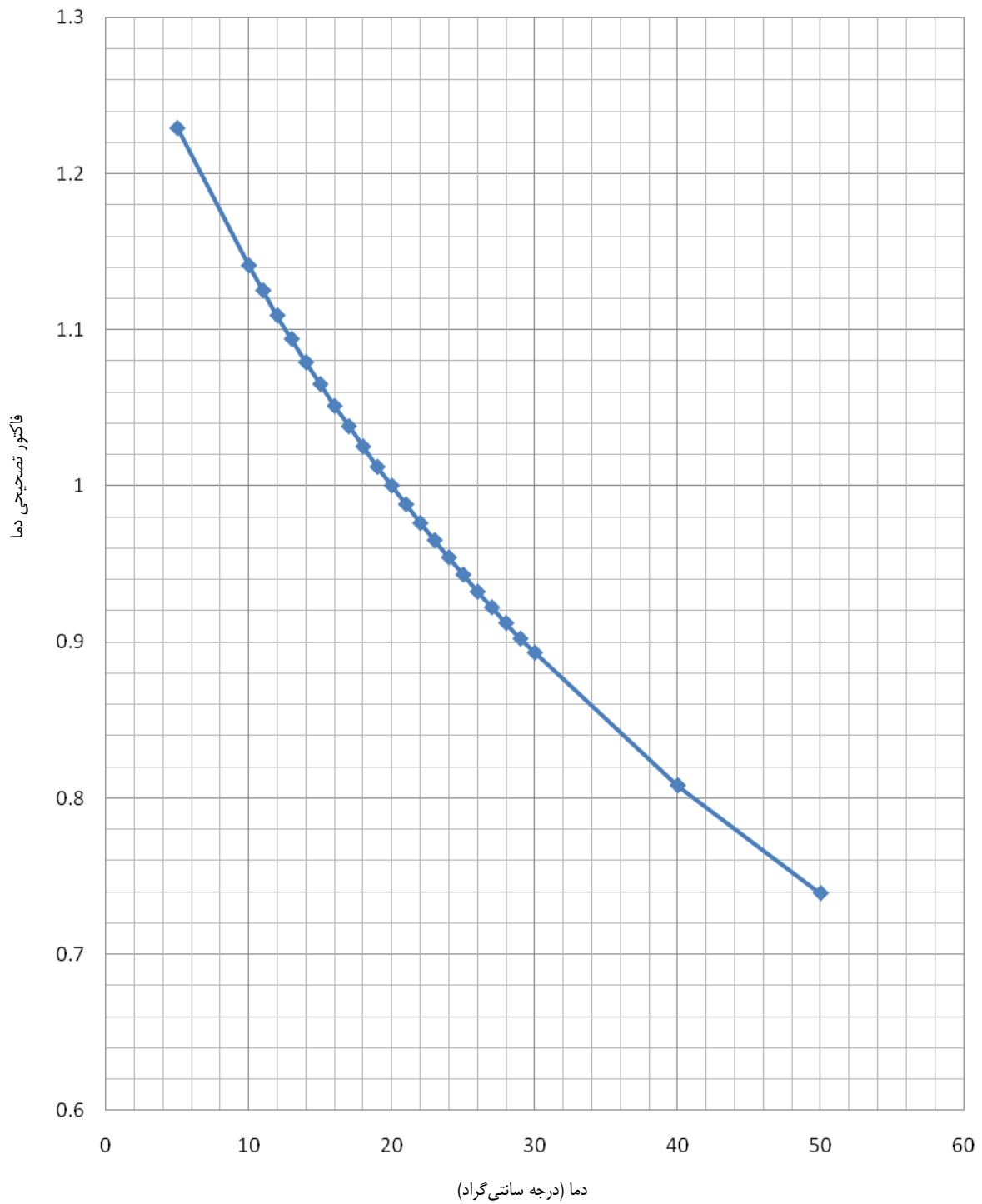
شکل ۴-۲- فاکتور تصحیحی جرم مخصوص (f_1) آزمایش سیکلوسایزر



جدول ۴-۱- آزمایش سیکلوسایزر- جدول فاکتور تصحیح دما (f_2)

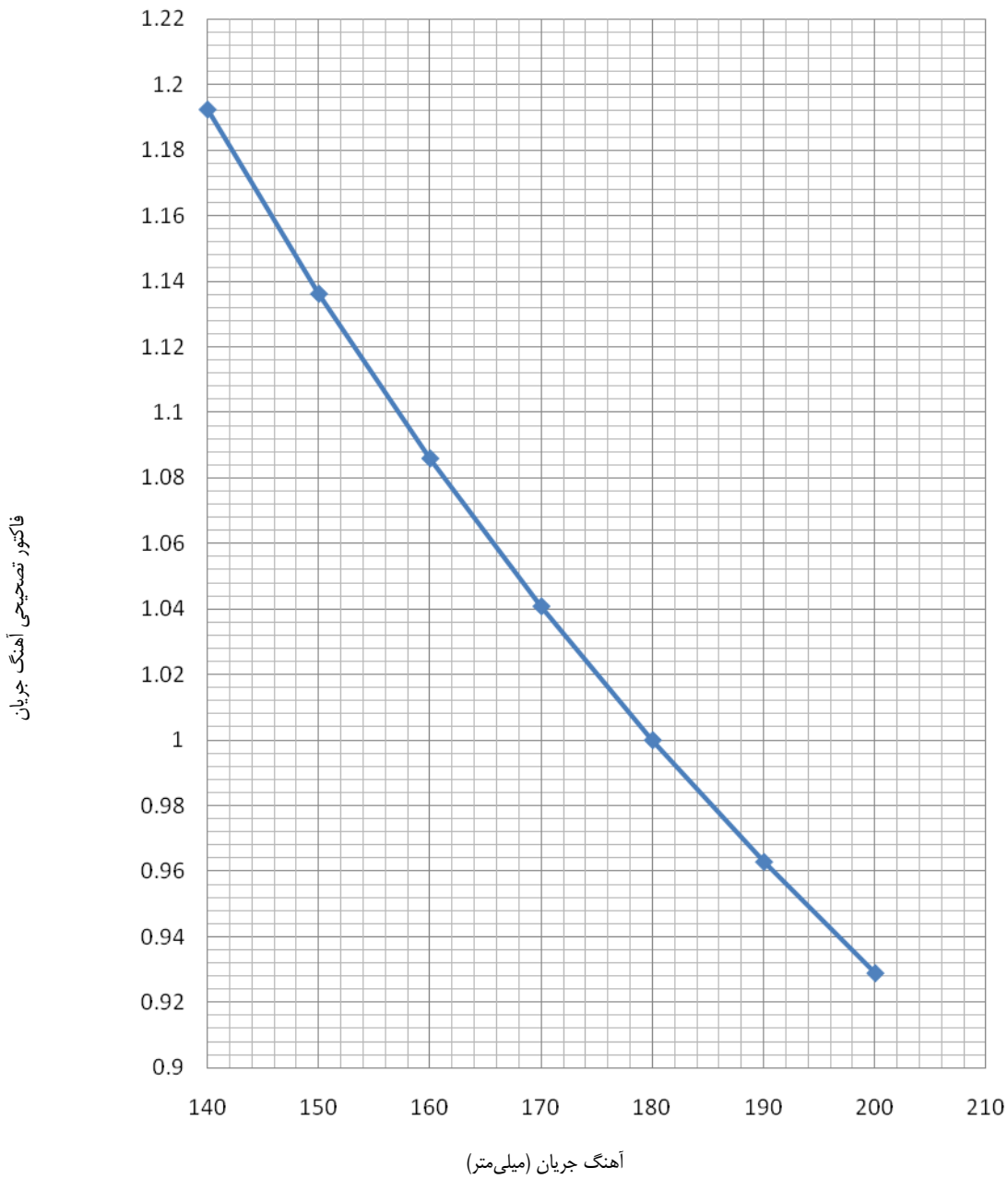
$f_2=(\eta_1/\eta_2)^{0.5}$	ویسکوزیته (سانتی پواز)	دما (درجه سلسیوس)
۱٫۲۲۹	۱٫۵۱۸۸	۵
۱٫۱۴۱	۱٫۳۰۷۷	۱۰
۱٫۱۲۵	۱٫۲۷۱۳	۱۱
۱٫۱۰۹	۱٫۲۳۶۳	۱۲
۱٫۰۹۴	۱٫۲۰۲۸	۱۳
۱٫۰۷۹	۱٫۱۷۰۹	۱۴
۱٫۰۶۵	۱٫۱۴۰۴	۱۵
۱٫۰۵۱	۱٫۱۱۱۱	۱۶
۱٫۰۳۸	۱٫۰۸۲۸	۱۷
۱٫۰۲۵	۱٫۰۵۵۹	۱۸
۱٫۰۱۲	۱٫۰۲۹۹	۱۹
۱٫۰	۱٫۰۰۵۰	۲۰
۰٫۹۸۸	۰٫۹۸۱۰	۲۱
۰٫۹۷۶	۰٫۹۵۷۹	۲۲
۰٫۹۶۵	۰٫۹۳۵۸	۲۳
۰٫۹۵۴	۰٫۹۱۴۱	۲۴
۰٫۹۴۳	۰٫۸۹۳۷	۲۵
۰٫۹۳۲	۰٫۸۷۳۷	۲۶
۰٫۹۲۲	۰٫۸۵۴۵	۲۷
۰٫۹۱۲	۰٫۸۳۶۰	۲۸
۰٫۹۰۲	۰٫۸۱۸۰	۲۹
۰٫۸۹۳	۰٫۸۰۰۷	۳۰
۰٫۸۰۸	۰٫۶۵۶۰	۴۰
۰٫۷۳۹	۰٫۵۴۹۴	۵۰





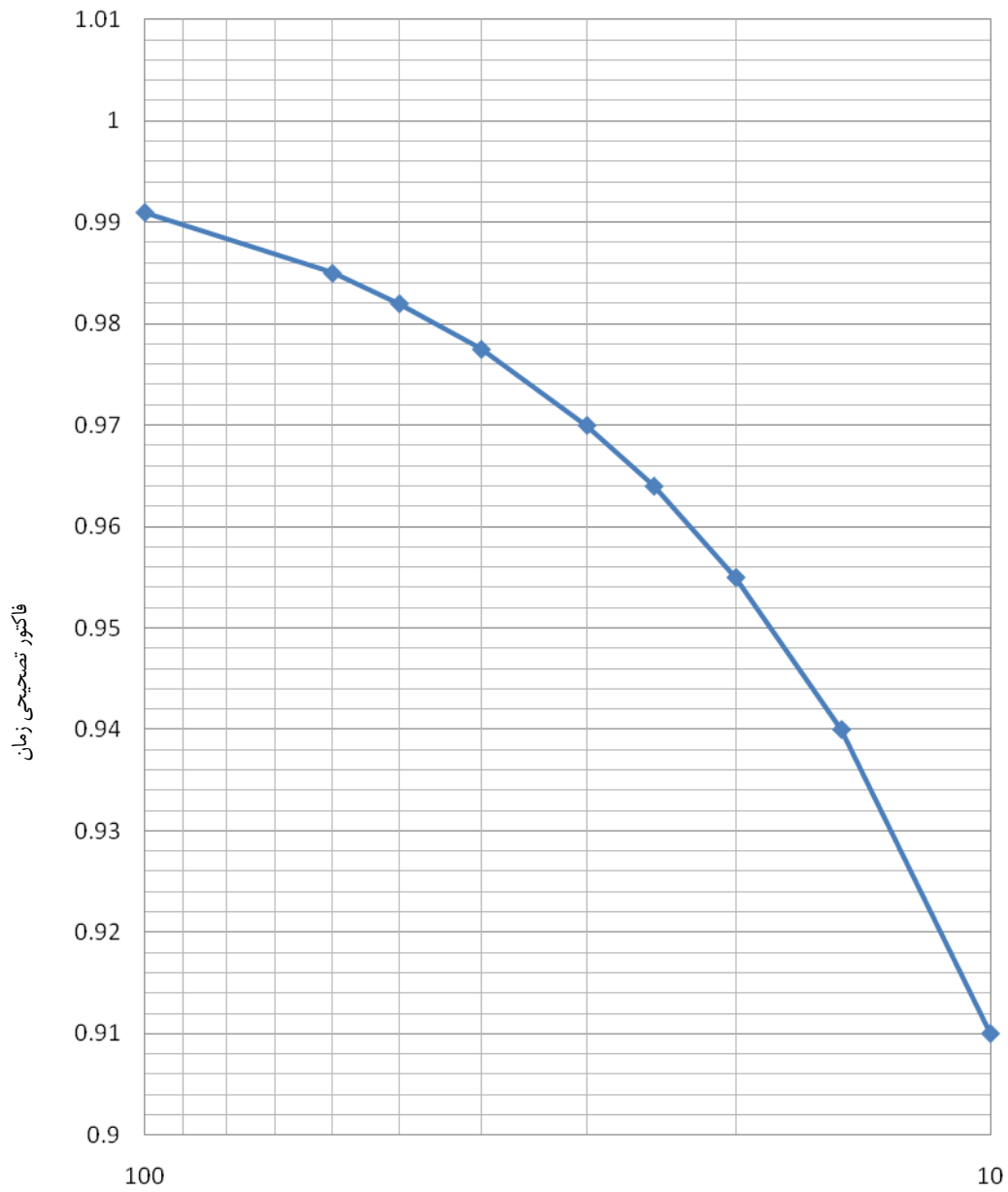
شکل ۴-۳- فاکتور تصحیحی دما (f_2) آزمایش سیکلوسایزر





شکل ۴-۴- فاکتور تصحیحی آهنگ جریان (f_3) آزمایش سیکلوسایزر





آهنگ جریان (میلی متر)

شکل ۴-۵- فاکتور تصحیحی زمان الوترياسيون (f4) آزمایش سيكلوسايزر



پیوست

استانداردهای دانه‌بندی



سال تدوین	عنوان استانداردهای تدوین شده مرتبط با دانه‌بندی مواد دانه‌ای	شماره استاندارد
استاندارد ملی ایران		
۱۳۸۲	سرندهای آزمون - تور فلزی، صفحه فلزی مشبک و ورق الکترو فرمی - اندازه اسمی چشمه‌ها	۲۹۵
۱۳۸۱	روش تعیین مقدار موادی از سنگدانه که از الک ۷۵ میکرون می‌گذرد.	۴۴۶
۱۳۸۷	کربنات سدیم بدون آب با کاربرد صنعتی قسمت نهم: تعیین دانه‌بندی	۶۱۴-۹
۱۳۸۴	سرندهای آزمون و آزمون سرندها - واژه‌ها و اصطلاحات	۱۵۹۸
۱۳۵۶	آزمون الک کردن	۱۵۹۹
۱۳۸۷	خاک - آماده‌سازی خشک نمونه‌های خاک برای آزمون‌های دانه‌بندی و تعیین ثابت‌های خاک - آیین کار	۱۶۸۷
۱۳۷۷	روش آزمون دانه‌بندی سنگدانه‌های ریز و درشت به وسیله الک	۴۹۷۷
۱۳۷۹	سرندهای آزمون: ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، قسمت اول: الک‌های آزمون با توری‌های فلزی	۵۰۰۲-۱
۱۳۸۲	سرندهای آزمون - الزامات فنی و روش‌های آزمون الک‌های آزمون با ورق الکتروفرمی	۵۰۰۲-۳
۱۳۸۱	روش تعیین اندازه دانه فریت در فولاد	۶۰۲۹
۱۳۸۱	رنگ‌ها و مرکب چاپ - روش تعیین دانه‌بندی	۶۴۶۰
۱۳۸۳	درستی (صحت و دقت) روش‌ها و نتایج اندازه‌گیری، قسمت اول: تعارف و اصول کلی	۷۴۴۲-۱
۱۳۸۴	درستی (صحت و دقت) روش‌ها و نتایج اندازه‌گیری، قسمت دوم: روش پایه برای تعیین تکرارپذیری و تجدیدپذیری روش اندازه‌گیری استاندارد	۷۴۴۲-۲
۱۳۸۳	درستی (صحت و دقت) روش‌ها و نتایج اندازه‌گیری - قسمت سوم - اندازه‌های دقت میانی یک روش اندازه‌گیری استاندارد	۷۴۴۲-۳
	خاک - روش آماده‌سازی نمونه‌های تر و خشک خاک برای دانه‌بندی و تعیین ثابت‌های خاکی - آیین کار	۷۸۲۸
۱۳۸۴	ارایه نتایج دانه‌بندی قسمت اول: نمایش ترسیمی	۸۲۰۱-۱
۱۳۸۴	ارایه نتایج دانه‌بندی - قسمت دوم: محاسبه میانگین اندازه/ قطر و گشتاور دانه‌ها از توزیع‌های اندازه دانه	۸۲۰۱-۲
۱۳۸۴	ارایه نتایج دانه‌بندی - قسمت چهارم: توصیف فرآیند طبقه‌بندی	۸۲۰۱-۴
۱۳۸۵	تجهیزات دانه‌بندی زغال‌سنگ - ارزیابی عملکرد	۸۷۳۶
	زغال‌سنگ سخت - تحلیل دانه‌بندی توسط الک کردن	
۱۳۸۶	تجزیه و تحلیل اندازه ذره - روش‌های تجزیه و تحلیل تصویری - قسمت ۲: روش‌های تجزیه و تحلیل تصویری دینامیک	۱۰۰۹۹-۲
۱۳۸۹	تعیین توزیع اندازه ذرات - روش‌های برهم کنش نوری ذره منفرد - قسمت ۱ - طیف‌سنج پراکندگی نور آبروسل	۱۰۱۰۵-۱
۱۳۸۶	تعیین توزیع اندازه ذره - اندازه‌گیری با روش‌های مبتنی بر تعامل نوری ذره منفرد - قسمت دوم: شمارشگر ذره مایع با پراکندگی نوری	۱۰۱۰۵-۲

سال تدوین	عنوان استانداردهای تدوین شده مرتبط با دانه‌بندی مواد دانه‌ای	شماره استاندارد
۱۳۸۶	تعیین توزیع اندازه ذره - اندازه‌گیری با روش‌های مبتنی بر تعامل نوری ذره منفرد - قسمت سوم: شمارشگر ذره مایع با خاموشی نوری	۱۰۱۰۵-۳
۱۳۸۶	تعیین توزیع اندازه ذره - اندازه‌گیری با روش‌های مبتنی بر تعامل نوری ذره منفرد - قسمت چهارم - شمارشگر ذره هوا برد با پراکندگی نوری برای فضاهای تمیز	۱۰۱۰۵-۴
۱۳۸۷	نمایش نتایج آنالیز اندازه ذره - قسمت ۵: روش‌های محاسبه مربوط به آنالیزهای اندازه ذره که از توزیع احتمال نرمال لگاریتمی استفاده می‌کنند.	۱۱۶۱۷-۵
۱۳۸۷	آنالیز اندازه ذره - طیف‌سنجی همبستگی فوتون	۱۱۷۸۹
۱۳۸۸	مواد ذره‌ای - نمونه‌برداری و تقسیم نمونه برای تعیین خواص	۱۲۹۲۲
۱۳۹۰	بتن - تحلیل دانه‌بندی سنگدانه با الک کردن	۱۳۷۶۳
۱۳۸۹	زغال سنگ - دانه‌بندی زغال سنگ پودر شده - نمونه‌برداری و روش آزمون	۱۳۶۹۱
ضوابط و معیارهای فنی، سازمان برنامه و بودجه کشور		
۱۳۸۲	راهنمای آزمایش‌های دانه‌بندی رسوبات	۲۶۹
استاندارد ایزو (ISO)		
۱۹۹۰	Test Sieves and Test Sieving- Nominal size of openings سرندها و آزمون سرندها - اندازه اسمی دهانه	۵۶۵
۱۹۸۱	Paints/ pigments/ extenders- Residue on sieve by wet sieving. رنگ‌ها، رنگ‌دانه‌ها و مواد پرکننده - مواد باقی‌مانده روی سرندها با سرندها کردن تر	۷۸۷-۷
۱۹۹۳	Paints/ pigments/ extenders- Density by pycnometer method. رنگ‌ها، رنگ‌دانه‌ها و مواد پرکننده - اندازه‌گیری چگالی به روش پیکنومتر	۷۸۷-۱۰
۱۹۸۳	Paints/ pigments/ extenders- Residue on sieve by mechanical flushing method. رنگ‌ها، رنگ‌دانه‌ها و مواد پرکننده - مواد باقی‌مانده روی سرندها در روش فلاشینگ مکانیکی	۷۸۷-۱۸
۲۰۰۰	Paints/ pigments/ extenders- Fineness of grind. رنگ‌ها، رنگدانه‌ها و مواد پرکننده - ریزی مواد آسیا شده	۱۵۲۴
۱۹۷۲	Hard coals - Size analysis زغال سنگ سخت - آنالیز ابعادی	۱۹۵۳
۱۹۹۰	Test sieves and test sieving - Vocabulary سرندها و آزمون سرندها - واژگان	۲۳۹۵
۱۹۸۸	Test Sieves and Test Sieving- Methods Using Test Sieves of Woven-wire Cloth and Perforated Metal Plate سرندها و آزمون سرندها - روش‌های با استفاده از سرندهای از جنس پارچه‌های سیمی بافته شده و صفحات فلزی سوراخ شده	۲۵۹۱-۱

سال تدوین	عنوان استانداردهای تدوین شده مرتبط با دانه‌بندی مواد دانه‌ای	شماره استاندارد
۲۰۰۵	Ceramics/ coating powders-Size analysis for range 45–150 μm with electroformed sieves سرامیک‌ها، پودرهای پوشش دهنده: آنالیز ابعادی در محدوده ۴۵–۱۵۰ میکرون با سرندهای الکتروفرم	۲۹۲۶
۲۰۰۰	Test sieves –Technical requirements and testing – Part1: Test sieves of metal wire cloth سرندهای آزمون- ملزومات فنی و آزمایش‌ها- بخش اول: سرندهای آزمون از جنس سیم‌های فلزی	۳۳۱۰-۱
۱۹۹۹	Test sieves —Technical requirements and testing- Part 2: Test Sieves of Perforated Metal Plate سرندهای آزمون- ملزومات فنی و آزمایش‌ها - بخش دوم: سرندهای آزمون از جنس صفحات فلزی سوراخ شده	۳۳۱۰-۲
۱۹۹۰	Test sieves –Technical requirements and testing – Part 3: Test Sieves of Electroformed Sheets سرندهای آزمون- ملزومات فنی و آزمایش‌ها- بخش سوم: سرندهای آزمون از جنس ورق‌های الکتروفرم	۳۳۱۰-۳
۱۹۹۴	Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – part 1: General principles and definitions درستی (صحت و دقت) روش‌های اندازه‌گیری و نتایج آن، قسمت اول: تعاریف و اصول کلی	۵۷۲۵-۱
۱۹۹۴	Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – part 2: Basic method for the determinations of repeatability and reproducibility of a standard measurement method درستی (صحت و دقت) روش‌های اندازه‌گیری و نتایج آن، قسمت دوم: روش پایه برای تعیین تکرارپذیری و تجدیدپذیری یک روش اندازه‌گیری استاندارد	۵۷۲۵-۲
۱۹۹۴	Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – part 3: Intermediate measures of the precision of a standards measurement method درستی (صحت و دقت) روش‌های اندازه‌گیری و نتایج آن- قسمت سوم- دقت اندازه‌های میانی یک روش اندازه‌گیری استاندارد	۵۷۲۵-۳
۱۹۹۲	Ceramics/ coating powders-Size distribution by sieving. سرامیک‌ها، پودرهای پوشش دهنده: تعیین توزیع ابعادی با سرندها	۸۱۳۰-۱
۲۰۰۱	Ceramics/ coating powders- Size distribution by laser diffraction. سرامیک‌ها، پودرهای پوشش دهنده: تعیین توزیع ابعادی با روش پراش لیزر	۸۱۳۰-۱۳
۱۹۸۶	Ceramics/ coating powders- Size analysis for <math><60 \mu\text{m}</math> with electroformed sieves. سرامیک‌ها، پودرهای پوشش دهنده: آنالیز ابعادی ذرات کوچکتر از ۶۰ میکرون توسط سرندهای الکتروفرم	۸۲۲۰
۱۹۹۸	Representation of results of particle size analysis - Part 1 : Graphical representation بیان نتایج آنالیز ابعادی ذره- بخش اول: بیان نموداری	۹۲۷۶-۱
۲۰۰۱	Representation of results of particle size analysis- Part 2:Calculation of average particle sizes/diameters and moments from particle size distributions بیان نتایج آنالیز ابعادی ذره- بخش دوم: محاسبه متوسط اندازه یا قطرهای ذرات از توزیع‌های ابعاد ذره	۹۲۷۶-۲
DIS ^۱	Representation of results of particle size analysis- Part 3: Adjustment to reference model بیان نتایج آنالیز ابعادی ذره- بخش سوم: تصحیح با توجه به مدل مرجع	۹۲۷۶-۳

1- Draft international standard (of ISO)



سال تدوین	عنوان استانداردهای تدوین شده مرتبط با دانه‌بندی مواد دانه‌ای	شماره استاندارد
2001	Representation of results of particle size analysis - Part 4 : Characterization of a classification process بیان نتایج آنالیز ابعادی ذره- بخش چهارم: توصیف یک فرآیند طبقه‌بندی	۹۲۷۶-۴
2005	Representation of results of particle size analysis – Part 5: Methods of calculation relating to particle size analyses using logarithmic normal probability distribution نمایش نتایج آنالیز اندازه ذره- قسمت ۵: روش‌های محاسبه مرتبط با تجزیه اندازه ذره با استفاده از فرم لگاریتمی توزیع نرمال احتمال	۹۲۷۶-۵
DIS	Representation of results of particle size analysis – Part 6: Particle shape and morphology بیان نتایج آنالیز ابعادی ذره- بخش ششم: شکل و شکل‌شناسی ذره	۹۲۷۶-۶
۱۹۹۵	Surface area by gas adsorption اندازه‌گیری مساحت سطح به وسیله جذب گاز	۹۲۷۷
۱۹۹۴	Coal sizing equipment – Performance evaluation تجهیزات دانه‌بندی زغال‌سنگ- ارزیابی عملکرد	۱۰۷۵۲
۱۹۹۳	Paints/ pigments/ extenders- Size distribution by sieving. رنگ‌ها، رنگدانه‌ها و مواد پرکننده- تعیین توزیع ابعادی به وسیله سرنده	۱۱۱۲۵-۲
۱۹۹۳	Paints/ pigments/ extenders- Size distribution by sieving. رنگ‌ها، رنگدانه‌ها و مواد پرکننده- تعیین توزیع ابعادی به وسیله سرنده	۱۱۱۲۷-۲
۲۰۰۱	Gravitational liquid sedimentation-Prat1: General principles and guidelines ته‌نشینی گرانشی در مایعات- بخش اول: اصول کلی و راهبردها	۱۳۳۱۷-۱
۲۰۰۱	Gravitational liquid sedimentation-Prat2: Pipette methods ته‌نشینی گرانشی در مایعات- بخش دوم: روش پیپت	۱۳۳۱۷-۲
۲۰۰۱	Gravitational liquid sedimentation-Prat3: X-ray method ته‌نشینی گرانشی در مایعات- بخش سوم: روش اشعه X	۱۳۳۱۷-۳
---	Determination of Particle Size Distribution by Centrifugal Sedimentation Methods; Part 1: General Principles and Guidelines. Part 2: Photo centrifuge Methods. Part 3:X-ray Method. تعیین توزیع اندازه ذره به وسیله روش‌های ته‌نشینی گریز از مرکز- بخش اول: اصول کلی و راهبردها، بخش دوم: روش‌های فوتوسانتریفوژ، بخش سوم: روش اشعه ایکس	-۱،۲،۳ ۱۳۳۱۸
۲۰۰۷	Determination of Particle Size Distributions - Electrical Sensing ZoneMethod تعیین توزیع اندازه ذره- روش ناحیه حساس الکتریکی	۱۳۳۱۹
۱۹۹۹	Particle Size Analysis – Laser Diffraction Methods; General Principles (revision in progress, DIS) آنالیز اندازه ذره- روش‌های پراش لیزر، اصول کلی (بازبینی روش DIS)	۱۳۳۲۰-۱
۱۹۹۶	Particle Size Analysis – Photon Correlation Spectroscopy. آنالیز اندازه ذره- طیف‌سنجی همبستگی فوتون	۱۳۳۲۱-۱
	Particle size analysis – Image analysis methods – Part 1: Static image analysis methods آنالیز اندازه ذره- روش‌های آنالیز تصویر- بخش اول: روش‌های آنالیز تصویر ایستا	۱۳۳۲۲-۱
۲۰۰۶	Particle size analysis – Image analysis methods – Part 2: Dynamic image analysis methods تجزیه و تحلیل اندازه ذره- روش‌های تجزیه و تحلیل تصویری- قسمت ۲: روش‌های تجزیه و تحلیل تصویری دینامیک	۱۳۳۲۲-۲

سال تدوین	عنوان استانداردهای تدوین شده مرتبط با دانه‌بندی مواد دانه‌ای	شماره استاندارد
۲۰۰۷	Particulate materials – Sampling and Sample Splitting for the determination of Particulate Properties مواد دانه‌ای - نمونه‌برداری و تقسیم نمونه برای تعیین ویژگی‌ها	۱۴۴۸۸
۲۰۰۰	Ceramics/ coating powders- Sample preparation for size distribution Determination. سرامیک‌ها/ پودرهای پوششی - آماده‌سازی نمونه برای تعیین توزیع اندازه	۱۴۷۰۳
۲۰۰۰	Dispersion procedures for powders in liquids روند تفرق پودرها در مایعات	۱۴۸۸۷
DIS	Aerosol electrical mobility analyzers تحلیل‌کننده‌های تحرک الکتریکی آبروسل‌ها	۱۵۹۰۰
۲۰۰۵	Pore size distribution and porosity- Part 1: Mercury porosimeter تعیین توزیع اندازه منافذ و میزان تخلخل - بخش اول: تخلخل‌سنجی با استفاده از جیوه	۱۵۹۰۱-۱
۲۰۰۶	Pore size distribution and porosity- Part 2: Macro- and mesopores by gas sorption تعیین توزیع اندازه منافذ و میزان تخلخل - بخش دوم: منافذ درشت و متوسط با روش جذب گاز	۱۵۹۰۱-۲
۲۰۰۷	Pore size distribution and porosity- Part 3: Micropores by gas sorption تعیین توزیع اندازه منافذ و میزان تخلخل - بخش سوم: منافذ ریز با روش جذب گاز	۱۵۹۰۱-۳
۲۰۰۹	Determination of particle size distribution. Single particle light interaction methods, Part 1: Light scattering aerosol spectrometer تعیین توزیع اندازه ذرات - روش‌های برهم‌کنش نوری ذره منفرد - قسمت ۱ - طیف‌سنجی پراکندگی نور	۲۱۵۰۱-۱
۲۰۰۷	Determination of particle size distribution – Single particle light interaction methods – Part 2: Light scattering liquid-borne particle counter تعیین توزیع اندازه ذره - اندازه‌گیری با روش‌های مبتنی بر تعامل نوری ذره منفرد - قسمت دوم: شمارشگر ذره مایع با پراکندگی نوری	۲۱۵۰۱-۲
۲۰۰۷	Determination of particle size distribution – Single particle light interaction methods – Part 3: Light extinction liquid-borne particle counter تعیین توزیع اندازه ذره - روش‌های برهم‌کنش نوری ذره منفرد - قسمت سوم: شمارشگر ذره مایع با خاموشی نوری	۲۱۵۰۱-۳
۲۰۰۷	Determination of particle size distribution – Single particle light interaction methods – Part 4: Light scattering airborne particle counter for clean spaces تعیین توزیع اندازه ذره - روش‌های برهم‌کنش نوری ذره منفرد - قسمت چهارم - شمارشگر ذره هواگرد با پراکندگی نوری در فضاهای تمیز	۲۱۵۰۱-۴
FDIS ^۱	Dynamic light scattering پراش دینامیکی نور	۲۲۴۱۲
---	Ceramics/ coating powders- Size distribution by laser diffraction سرامیک‌ها/ پودرهای پوششی - تعیین توزیع اندازه به وسیله پراش لیزر	۲۴۲۳۵
PWI ^۲	Focused scanning beam techniques(chord length) روش‌های پرتو پویشی متمرکز (قطر chord)	۲۶۸۲۴

1- Final Draft International Standard (of ISO)

2- Preliminary Work Item



سال تدوین	عنوان استانداردهای تدوین شده مرتبط با دانه‌بندی مواد دانه‌ای	شماره استاندارد
PWI	Validation and calibration of aerosol particle counters اعتبارسنجی و کالیبراسیون شمارنده‌های ذرات آبروسل	۲۶۸۲۴-۲
استاندارد ملی آمریکا ASTM		
۲۰۰۱	Particle Size Distribution of Refractory Metal Powders and Related Compounds by Turbidimetry توزیع اندازه ذره پودرهای فلزی دیرگداز و اجزای وابسته به وسیله روش کدری‌سنجی	B430
۲۰۰۲	Particle Size Distribution of Metal Powders and Related Compounds by X-Ray توزیع اندازه ذره پودرهای فلزی دیرگداز و اجزای وابسته با اشعه ایکس	B761
۲۰۰۲	Liquid Dispersion of Metal Powders and Related Compounds for Particle Size Analysis پراکنده‌سازی پودرهای فلزی و اجزای مرتبط در مایع برای استفاده در آنالیز اندازه ذره	B821
۲۰۰۲	Particle Size Distribution of Metal Powders and Related Compounds by Light Scattering توزیع اندازه ذره پودرهای فلزی دیرگداز و اجزای وابسته با روش پراش نور	B822
۲۰۰۳	De-Agglomeration of Refractory Metal Powders and Their Compounds Prior to Particle Size Analysis جداسازی پودرهای فلزی دیر گداز و ترکیب‌های آن‌ها قبل از آنالیز اندازه ذره	B859
۲۰۰۶	Standard test method for sieve analysis for fine and coarse aggregates روش آزمون استاندارد برای آنالیز سرنندی مصالح دانه ریز و دانه درشت	C136
۲۰۰۹	Ceramic powders, alumina, quartz- Sieve analysis (with wire-cloth sieves) پودرهای سرامیک، آلومینا و کوارتز- آنالیز سرنندی (به وسیله سرندهای پارچه‌ای سیمی)	C371
۲۰۰۹	Ceramic powders, alumina, quartz- Electrical sensing zone method پودرهای سرامیک، آلومینا و کوارتز- روش ناحیه حساس الکتریکی	C690
۲۰۰۳	Practice for Reducing Field Samples of Aggregate to Testing Size روشی برای کاهش مقدار نمونه‌های صحرایی سنگدانه برای استفاده در آزمایش دانه‌بندی	C702
۲۰۰۹	Ceramic powders, alumina, quartz- Wet sieve analysis; (with precision electroformed sieves) پودرهای سرامیک، آلومینا و کوارتز- آنالیز سرنندی تر (به وسیله سرندهای الکتروفرم دقیق)	C925
--	Ceramic powders, alumina, quartz- Gravity sedimentation with X-ray monitoring پودرهای سرامیک، آلومینا و کوارتز- ته‌نشینی ثقلی با پایش اشعه ایکس	C958
--	Ceramic powders, alumina, quartz- Specific surface area by nitrogen adsorption پودرهای سرامیک، آلومینا و کوارتز- تعیین مساحت سطح ویژه با روش جذب نیتروژن	C1069
--	Ceramic powders, alumina, quartz- Laser light scattering پودرهای سرامیک، آلومینا و کوارتز- پراش نور لیزر	C1070
--	Ceramic powders, alumina, quartz- Centrifugal photo sedimentation (Al ₂ O ₃) پودرهای سرامیک، آلومینا و کوارتز- فوتوسدیمتاسیون گریز از مرکز	C1182
--	Ceramic powders, alumina, quartz- Centrifugal photo sedimentation (advanced ceramics) پودرهای سرامیک، آلومینا و کوارتز- فوتوسدیمتاسیون گریز از مرکز (سرامیک‌های پیشرفته)	C1282

سال تدوین	عنوان استانداردهای تدوین شده مرتبط با دانه‌بندی مواد دانه‌ای	شماره استاندارد
۲۰۰۹	Standard Practice for Sampling Aggregates استاندارد نمونه‌برداری از مواد سنگدانه	D75
۲۰۰۷	Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle Size Analysis and Determination of Soil Constants استاندارد آماده‌سازی خشک نمونه‌های خاک به منظور آنالیز اندازه ذره و تعیین ثابت‌های خاک	D421-85
۲۰۰۲	Particle Size Analysis of Soils آنالیز اندازه ذره خاک‌ها	D422
۲۰۰۱	Particle Size (Sieve Analysis) of Plastic Materials اندازه ذره (آنالیز سرنندی) مواد پلاستیکی	D1921
۲۰۰۷	Standard Practice for Wet Preparation of soil samples for Particle Size Analysis and Determination of Soil Constants. استاندارد آماده‌سازی تر نمونه خاک برای انجام آنالیز اندازه ذره و تعیین ثابت‌های خاک	D2217-85
۲۰۰۲	Determining Particle Size of Multicolor Lacquers تعیین اندازه ذره لاک‌های رنگین	D2338
۲۰۰۱	Particle Size Distribution of Catalytic Material by Electronic Counting توزیع اندازه ذره مواد کاتالیستی با شمارنده‌های الکترونیک	D4438
۲۰۰۰	Particle Size Distribution of Catalytic Material by Laser Light Scattering توزیع اندازه ذره مواد کاتالیستی به وسیله روش پراش پرتو لیزر	D4464
۲۰۰۱	Particle Size Distribution of Catalytic Materials by Sieving توزیع اندازه ذره مواد کاتالیستی توسط سرنند کردن	D4513
۲۰۰۲	Rubber Chemicals – Determination of Particle Size of Sulfur by Sieving (Dry) لاستیک‌های شیمیایی - تعیین اندازه ذره گوگرد به وسیله سرنند کردن (خشک)	D4570
۲۰۰۳	Selection of Methods of Particle Size Analysis of Fluvial Sediments (Manual Methods) انتخاب روش‌های آنالیز اندازه ذره رسوبات رودخانه‌ای (روش‌های دستی)	D4822
۲۰۰۱	Particle Size Analysis of Natural and Man-Made Riprap Materials آنالیز اندازه ذره مواد سنگریزه طبیعی و دست ساخت	D5519
۲۰۰۴	Specification for Wire-Cloth Sieves for Testing Purposes خصوصیات سرنندهای سیمی با اهداف آزمونی	E11
۲۰۰۹	Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves استاندارد تعیین خصوصیات سرنندهای سیمی بافته شده و تجزیه سرنندی	E11-09e1
۲۰۰۰	Standard Specification for Precision Electroformed Sieves استاندارد تعیین خصوصیات سرنندهای الکتروفرم دقیق	E161
۲۰۰۳	Particle Size or Screen Analysis at No. 4 (4.75-mm) Sieve and Finer for Metal-Bearing Ores and Related Materials آنالیز سرنندی با سرنند شماره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر) و سرنندهای ریزتر کانه‌های فلزی و مواد مرتبط	E276
۲۰۰۱	Standard Specification for Perforated Plate Sieves for Testing Purposes استاندارد تعیین خصوصیات سرنندهای صفحه‌ای سوراخ شده با اهداف آزمونی	E323
۲۰۱۰	Standard Test Methods for Analysis of Soda Ash (Sodium Carbonate) استاندارد تعیین خصوصیات جوش شیرین (کربنات سدیم)	E359

سال تدوین	عنوان استانداردهای تدوین شده مرتبط با دانه‌بندی مواد دانه‌ای	شماره استاندارد
۲۰۰۳	Particle Size or Screen Analysis at No. 4 (4.75-mm) Sieve and Coarser for Metal-Bearing Ores and Related Materials آنالیز سرنندی با سرنند شماره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر) و سرنندهای درشت‌تر برای کانه‌های فلزی و مواد مرتبط	E389
۱۹۹۲	Standard Test Method for Calibration Verification of Laser Diffraction Particle Sizing Instruments Using Photomask Reticules. استاندارد بررسی واسنجی ابزارهای دانه‌بندی ذرات با پراش لیزر با استفاده از شبکه‌های دوربین نجومی فوتوماسک	E1458
۲۰۰۷	Standard Practice for Calculation of Mean Sizes/Diameters and Standard Deviations of Particle Size Distributions استاندارد محاسبه اندازه متوسط / قطرها و انحراف معیار توزیع‌های اندازه ذره	E2578
استاندارد بریتانیا BS		
۲۰۰۱	Test Sieves – Technical Requirements and Testing; Part 1 Test Sieves of Metal Wire Cloth; Part 2 Test Sieves of Perforated Metal Plate. سرنندهای آزمون - ملزومات فنی و آزمایشی - بخش اول: سرنندهای آزمون با پارچه‌های سیمی فلزی، بخش دوم: سرنندهای آزمون از جنس صفحات فلزی سوراخ شده	۴۱۰-۱
---	Aggregates- Part 1: Methods for determination of particle size and shape- Guide to sampling and testing سنگدانه‌ها - بخش اول: روش‌های تعیین اندازه و شکل ذره، راهنمای نمونه‌برداری و آزمایش	۸۱۲-۱۰۱
---	Aggregates- Part 1: Methods for determination of particle size and shape- Sieve tests سنگدانه‌ها - بخش اول: روش‌های تعیین اندازه و شکل ذره، آزمایش‌های سرنندی	۸۱۲-۱۰۳,۱
---	Aggregates- Part 1: Methods for determination of particle size and shape- Sedimentation test سنگدانه‌ها - بخش اول: روش‌های تعیین اندازه و شکل ذره، آزمایش ته‌نشینی	۸۱۲-۱۰۳,۲
---	Aggregates- Part 1: Methods for determination of particle size and shape- Particle shape; flakiness index سنگدانه‌ها - بخش اول: روش‌های تعیین اندازه و شکل ذره، اندیس خاصیت فلسی	۸۱۲-۱۰۵,۱
---	Aggregates- Part 1: Methods for determination of particle size and shape- Particle shape; elongation index سنگدانه‌ها - بخش اول: روش‌های تعیین اندازه و شکل ذره، اندیس کشیدگی	۸۱۲-۱۰۵,۲
---	Aggregates-Sieving method سنگدانه‌ها - روش‌های سرنند کردن	۹۳۳-۱
---	Aggregates-Particle shape; flakiness index سنگدانه‌ها - شکل ذره، اندیس خاصیت فلسی	۹۳۳-۲
---	Aggregates-Particle shape; elongation index سنگدانه‌ها - شکل ذره، اندیس کشیدگی	۹۳۳-۳
---	Method for Test Sieving. روش آزمایش سرنند کردن	۱۷۹۶
۱۹۹۳	Glossary of Terms Relating to Particle Technology; British Standards Institution فرهنگ واژگان مرتبط با تکنولوژی ذره	۲۹۵۵

سال تدوین	عنوان استانداردهای تدوین شده مرتبط با دانه‌بندی مواد دانه‌ای	شماره استاندارد
---	Determination of Particle Size Distribution, Guide to Powder Sampling. تعیین توزیع اندازه ذره - راهنمایی برای نمونه‌برداری	۳۴۰۶-۱
استاندارد آلمان DIN		
۱۹۹۰-۰۷	Testing of asphalt; determination of grading of mineral aggregate recovered from asphalt تست آسفالت، تعیین طبقه‌بندی سنگدانه معدنی بازیابی شده از آسفالت	۱۹۹۶-۱۴
۱۹۹۸-۱۲	Industrial screens - Woven wire cloth, perforated plate and electroformed sheet - Designation and nominal sizes of openings سرندهای صنعتی - سرندهای بافته شده سیمی، صفحات سوراخ شده و ورقه‌های ساخته شده با وسایل الکتریکی - تخصیص و تعیین اندازه اسمی دهانه	۲۱۹۴
۱۹۹۹-۰۱	Test sieves and test sieving - Vocabulary سرندها و سرندهایی آزمون	۲۳۹۵
۲۰۰۱-۰۹	Test sieves - Technical requirements and testing - Part 1: Test sieves of metal wire cloth سرندهای آزمون - ملزومات تکنیکی و انجام آزمایش - بخش اول: سرندهای آزمون از جنس پارچه‌های سیمی فلزی	۳۳۱۰-۱
۲۰۰۱-۰۹	Test sieves - Technical requirements and testing - Part 2: Test sieves of perforated plates سرندهای آزمون - ملزومات تکنیکی و انجام آزمایش - بخش دوم: سرندهای آزمون از جنس صفحات سوراخ شده	۳۳۱۰-۲
۱۹۹۲-۰۲	Test sieves; technical requirements and testing; test sieves of electroformed sheets سرندهای آزمون - ملزومات تکنیکی و انجام آزمایش - بخش ۳: سرندهای آزمون از جنس ورقه‌های ساخته شده با وسایل الکتریکی	۳۳۱۰-۳
۱۹۶۳-۱۹۸۱	Sieves, Definitions and Symbols سرندها، تعاریف و سمبل‌ها	۴۱۸۵
۲۰۰۰-۰۵	Terms and symbols for screening surface - Part 1: Woven cloth screens لغات و سمبل‌های مرتبط با سطوح سرندهایی - بخش اول: سرندهای پارچه‌ای بافته شده	۴۱۸۵-۱
۲۰۰۰-۰۵	Terms and symbols for screening surfaces - Part 2: Perforated plates لغات و سمبل‌های مرتبط با سطوح سرندهایی - بخش دوم: صفحات سوراخ شده	۴۱۸۵-۲
۲۰۰۰-۰۵	Terms and symbols for screening surfaces - Part 3: Cloth-like screens wedge wire screens and gratings لغات و سمبل‌های مرتبط با سطوح سرندهایی - بخش سوم: سرندهای پارچه مانند، سرندهای سیمی گوه‌ای و شبکه‌بندی سرندها	۴۱۸۵-۳
۱۹۷۶-۱۰	Screening surfaces; woven filament cloth of silk or man-made fibers, dimensions سطوح سرندهایی، پارچه‌های رشته‌ای بافته شده از جنس ابریشم یا الیاف مصنوعی، ابعاد	۴۱۹۵
۱۹۸۴-۰۷	Sieving media; round monofilament yarns, designation, dimensions, requirements, testing واسطه‌های سرندهایی، نخ واحد تاب نخورده گرد، نقش، ابعاد، ملزومات، آزمایشات	۴۱۹۶

سال تدوین	عنوان استانداردهای تدوین شده مرتبط با دانه‌بندی مواد دانه‌ای	شماره استاندارد
۲۰۱۱-۰۴	Soil, investigation and testing - Determination of grain-size distribution خاک، تحقیق و آزمایش - تعیین توزیع اندازه دانه‌ها	۱۸۱۲۳
۱۹۸۵-۰۳	Investigations of the raw material in hard-coal-mining; determination of the particle-size-distribution $>20 \mu\text{m}$ by sieve-analysis بررسی مواد خام در معدنکاری زغال سنگ سخت، تعیین توزیع اندازه ذرات بیش از ۲۰ میکرون توسط آنالیز سرندي	۲۲۰۱۹-۱
۲۰۰۵-۰۶	Aggregates test methods - Determination of particle size distribution by wet sieving روش‌های آزمایش سنگدانه‌ها - تعیین توزیع اندازه ذره توسط سرندي کردن تر	۵۲۰۹۸
۱۹۷۲-۰۸	Testing of pigments; particle size analysis, basic terms آزمایش رنگدانه‌ها: تحلیل اندازه ذره، اصطلاحات پایه‌ای	۵۳۲۰۶-۱
۲۰۰۹-۱۰	Testing of materials for semiconductor technology - Test method for particle analysis in liquids - Part 2: Determination of particles by optical particle counters آزمایش مواد در تکنولوژی نیمه‌هادی‌ها: روش آزمون برای تحلیل ذره در مایعات، بخش دوم: تعیین ذرات توسط روش شمارنده نوری ذرات	۵۰۴۵۲-۲
۱۹۷۴	Representation of Particle Size Distributions; Basics. بیان توزیع اندازه ذره، مطالب پایه‌ای	۶۶۱۴۱
۱۹۷۴	Graphical Representation of Particle Size Distributions; Power Function Grid. بیان نموداری توزیع اندازه ذره، شبکه تابع توان	۶۶۱۴۳
۱۹۷۴	Graphical Representation of Particle Size Distributions; Lognormal Grid. بیان نموداری توزیع اندازه ذره، شبکه لاگ نرمال	۶۶۱۴۴
۱۹۷۶	Graphical Representation of Particle Size Distributions; RRSB Grid. بیان نموداری توزیع اندازه ذره، شبکه RRSB	۶۶۱۴۵
۱۹۸۷-۰۴	Particle size analysis; sieve analysis; general principles تحلیل اندازه ذره، تحلیل سرندي، اصول عمومی	۶۶۱۶۵-۱
۱۹۸۷-۰۴	Particle size analysis; sieve analysis; procedure تحلیل اندازه ذره، آنالیز سرندي، طرز عمل	۶۶۱۶۵-۲



عناوین پروژه‌های اکتشاف برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

ردیف	عنوان پروژه	شماره نشریه در سازمان برنامه و بودجه کشور	شماره نشریه در سازمان نظام مهندسی معدن ایران
۱	تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های اکتشافی	۳۲۸	-
۲	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف زغال سنگ	۳۵۱	-
۳	دستورالعمل رده‌بندی ذخایر معدنی	۳۷۹	-
۴	راهنمای ملاحظات زیست‌محیطی در فعالیت‌های اکتشافی	۴۹۸	۱۳
۵	دستورالعمل تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی - اکتشافی بزرگ مقیاس رقوم (۱:۲۵۰۰۰)	۵۳۲	۲۰
۶	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف سنگ آهن	۵۳۶	۱۷
۷	علائم استاندارد نقشه‌های زمین‌شناسی	۵۳۹	۲۳
۸	دستورالعمل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای (۱:۲۵۰۰۰)	۵۴۰	۲۴
۹	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف مس	۵۴۱	۲۵
۱۰	فهرست خدمات اکتشافی سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (باریت، بنتونیت، زئولیت، سلسنتین، سیلیس، فلدسپار، فلورین)	۵۶۶	۳۶
۱۱	واژه‌ها و اصطلاحات پایه اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی	۵۶۷	۳۷
۱۲	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف مس سرب و روی	۵۸۱	۴۰
۱۳	راهنمای مطالعات ژئوفیزیکی اکتشافی به روش‌های مغناطیس‌سنجی، گرانی‌سنجی و لرزه‌نگاری در اکتشافات معدنی	۵۹۴	۲۸
۱۴	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف آنتیموان	۵۹۵	۳۴
۱۵	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف سنگ‌ها و کانی‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی	۵۹۹	۴۳
۱۶	فهرست خدمات و راهنمای مطالعات دورسنجی در اکتشاف مواد معدنی	۶۱۵	۴۵
۱۷	فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف مواد اولیه سیمان	۶۱۷	۴۷
۱۸	فهرست خدمات و دستورالعمل بررسی‌های چاه‌پیمایی	۶۱۸	۴۸
۱۹	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف عناصر نادر خاکی	۶۴۸	۵۱
۲۰	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف قلع	۶۴۹	۵۲
۲۱	دستورالعمل آماده‌سازی و اندازه‌گیری عناصر در سنگ آهن	۶۵۲	۵۴
۲۲	دستورالعمل آماده‌سازی، تهیه نمونه و مطالعات میکروسکوپی و سیالات درگیر برای نمونه‌های اکتشافی	۶۵۵	۵۵
۲۳	دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی محیط‌های سنگی در مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰	۶۷۱	۶۲
۲۴	دستورالعمل یکسان‌سازی اسامی مواد معدنی	۲۳۱	۶۵
۲۵	راهنمای مطالعات ژئوفیزیکی به روش‌های مقاومت ویژه، پلاریزاسیون القایی، الکترومغناطیسی و پتانسیل خودزا در اکتشاف مواد معدنی	۵۳۳	۶۶
۲۶	دستورالعمل تهیه گزارش پایان عملیات اکتشافی	۴۹۵	۷۰
۲۷	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف طلا	۷۰۳	۷۵
۲۸	دستورالعمل آماده‌سازی و اندازه‌گیری غلظت فلزات گرانبها (طلا، نقره و گروه پلاتین)	۷۰۴	۷۸
۲۹	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (پرلیت، دیاتومیت و ورمیکولیت)		در دست تدوین
۳۰	دستورالعمل تهیه طرح اکتشاف مواد معدنی		در دست تدوین
۳۱	دستورالعمل اکتشاف ناحیه‌ای طلا به روش بلگ		در دست تدوین
۳۲	دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی خاک در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰		در دست تدوین

عناوین پروژه های کمیته استخراج بر نامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

ردیف	عنوان پروژه	شماره نشریه در سازمان برنامه و بودجه کشور	شماره نشریه در سازمان نظام مهندسی معدن ایران
۱	تعاریف و مفاهیم در فعالیت های استخراجی	۳۴۰	-
۲	مقررات تهیه در معدن	۳۵۰	-
۳	مقررات فنی آتشیاری در معدن	۴۱۰	-
۴	دستورالعمل تهیه نقشه های استخراجی معدن	۴۴۲	۸
۵	راهنمای ارزشیابی دارایی های معدنی	۴۴۳	۹
۶	دستورالعمل فنی روشنایی در معدن	۴۸۹	۱۰
۷	دستورالعمل امداد و نجات در معدن	۴۸۸	۱۸
۸	راهنمای تهیه گزارش های طراحی معدن	۴۹۶	۱۱
۹	دستورالعمل ترابری در معدن	۵۰۶	۱۴
۱۰	دستورالعمل توزیع هوای فشرده در معدن	۵۳۱	۱۹
۱۱	دستورالعمل طراحی و اجرای سیستم نگهداری تونل های معدنی	۵۳۷	۲۱
۱۲	دستورالعمل تحلیل پایداری و پایدارسازی شیب ها در معدن روباز	۵۳۸	۲۲
۱۳	راهنمای محاسبه قیمت تمام شده در فعالیت های معدنی	۵۴۲	۲۶
۱۴	دستورالعمل نگهداری و کنترل سقف در کارگاه های استخراج	۵۵۳	۲۹
۱۵	واژه ها و اصطلاحات پایه اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی	۵۶۷	۳۷
۱۶	راهنمای آبکشی در معدن	۵۷۳	۳۸
۱۷	دستورالعمل طراحی هندسی بازکننده ها و حفاریات زیرزمینی	۵۷۹	۴۱
۱۸	راهنمای ملاحظات زیست محیطی در فعالیت های استخراجی	۶۱۱	۴۴
۱۹	راهنمای ارزیابی و کنترل پیامدهای ناشی از انفجار در معدن	۶۱۶	۴۶
۲۰	راهنمای انتخاب روش استخراج ذخایر معدنی	۶۲۳	۴۹
۲۱	دستورالعمل تعیین مرز تغییر روش استخراج از روباز به زیرزمینی	۶۲۵	۵۰
۲۲	دستورالعمل کاربرد روش های عددی در طراحی ژئومکانیکی معدن	۶۵۶	۵۶
۲۳	راهنمای ارزیابی ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) در معدن	۶۶۹	۶۰
۲۴	راهنمای امکان سنجی پروژه های معدنی	۵۵۸	۶۴
۲۵	دستورالعمل پر کردن کارگاه های استخراج معدن زیرزمینی	۲۸۳	۶۹
۲۶	راهنمای محاسبه بار و توزیع برق در معدن	۳۰۴	۷۱
۲۷	دستورالعمل گاززدایی در معدن زغال سنگ	۷۰۹	۷۶
۲۸	راهنمای ابزاربندی و رفتارنگاری در معدن روباز		در دست تدوین
۲۹	دستورالعمل کنترل رقیق شدگی در معدن		در دست تدوین
۳۰	راهنمای ارزیابی و کنترل نشست در معدن		در دست تدوین
۳۱	دستورالعمل بازرسی و تعمیر سیستم های نگهداری در حفاریات معدنی		در دست تدوین
۳۲	علایم استاندارد نقشه های استخراجی معدن		در دست تدوین
۳۳	دستورالعمل ابزاربندی و رفتارنگاری در معدن روباز		در دست تدوین
۳۴	راهنمای مکان یابی و جانمایی تاسیسات و تجهیزات در معدن روباز		در دست تدوین
۳۵	راهنمای طراحی و احداث شبکه های زیرزمینی معدن		در دست تدوین
۳۶	راهنمای متره و برآورد در فعالیت های استخراج معدنی		در دست تدوین



عناوین پروژه‌های فرآوری برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

ردیف	عنوان پروژه	شماره نشریه در سازمان برنامه و بودجه کشور	شماره نشریه در سازمان نظام مهندسی معدن ایران
۱	راهنمای اکتشاف، استخراج و فرآوری سنگ‌های تزئینی و نما	۳۷۸	-
۲	تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های کانه‌آرایی	۴۴۱	۷
۳	فهرست خدمات طراحی پایه واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری مواد معدنی	۴۹۷	۱۲
۴	علائیم استاندارد نقشه‌های کانه‌آرایی	۵۰۸	۱۵
۵	راهنمای نرم‌افزاری علائیم استاندارد نقشه‌های کانه‌آرایی مواد معدنی	۵۰۸	۲۷
۶	دستورالعمل مکان‌یابی واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری	۵۱۵	۱۶
۷	ضوابط انجام آزمایش‌های کانه‌آرایی در مقیاس آزمایشگاهی، پایه و پیشاهنگ	۵۴۴	۳۱
۸	راهنمای محاسبه تعیین ظرفیت ماشین‌آلات و تجهیزات واحدهای کانه‌آرایی	۵۴۵	۳۲
۹	راهنمای انباشت مواد باطله در واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری	۵۵۹	۳۳
۱۰	راهنمای سنگ‌جویری مواد معدنی به روش‌های دستی یا خودکار	۵۵۴	۳۰
۱۱	راهنمای حمل و نقل مواد معدنی در مدارهای کانه‌آرایی	۵۶۴	۳۹
۱۲	شناسایی مواد معدنی و آزادسازی آن‌ها در کانه‌آرایی	۵۶۵	۳۵
۱۳	واژه‌ها و اصطلاحات پایه اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی	۵۶۷	۳۷
۱۴	ضوابط و معیارهای انتخاب آسیای خودشکن و نیمه‌خودشکن	۵۸۰	۴۲
۱۵	دستورالعمل کنترل و خنثی‌سازی آرسنیک، سولفید و سیانید در آزمایشگاه‌های فرآوری	۶۵۱	۵۳
۱۶	دستورالعمل نمونه‌برداری در کانه‌آرایی	۶۶۰	۵۷
۱۷	راهنمای تعیین شاخص خردایش در آسیاهای مختلف	۶۶۱	۵۸
۱۸	راهنمای آزمایش‌های جدایش ثقلی در مقیاس آزمایشگاهی	۶۶۲	۵۹
۱۹	راهنمای انتخاب مدار خردایش مواد معدنی	۶۷۰	۶۱
۲۰	راهنمای افزایش مقیاس در واحدهای کانه‌آرایی	۶۷۲	۶۳
۲۱	راهنمای آزمایش‌های خشک‌کردن، تشویه و تکلیس در مقیاس آزمایشگاهی	۳۷۲	۶۷
۲۲	راهنمای پذیرش و نگهداری نمونه‌های معدنی در آزمایشگاه کانه‌آرایی	۶۸۰	۶۸
۲۳	راهنمای پوشش و تجهیزات حفاظتی کارکنان در واحدهای کانه‌آرایی	۵۱۴	۷۲
۲۴	راهنمای مخلوط‌سازی بار ورودی در کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی	۵۷۲	۷۳
۲۵	فهرست کنترل کیفی بار ورودی، مواد در گردش و محصولات واحدهای کانه‌آرایی	۷۰۸	۷۷
۲۶	دستورالعمل دانه‌بندی مواد معدنی	۷۱۰	۷۹
۲۷	فهرست خدمات مهندسی تفصیلی واحدهای کانه‌آرایی	در دست تدوین	
۲۸	راهنمای محاسبات در آزمایش‌های کانه‌آرایی	در دست تدوین	
۲۹	راهنمای آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه کانه‌آرایی	در دست تدوین	
۳۰	راهنمای فنی کنترل و پایش تجهیزات فرآوری	در دست تدوین	
۳۱	راهنمای آزمایش‌های هیدرومتالورژی در مقیاس آزمایشگاهی	در دست تدوین	



خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر ششصد عنوان ضابطه تخصصی- فنی، در قالب آیین نامه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی، نشریه و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست ضوابط منتشر شده در پایگاه اطلاع‌رسانی nezamfanni.ir قابل دستیابی می‌باشد.

امور نظام فنی و اجرایی



Islamic Republic of Iran
Budget and Planning Organization

Instruction for Grain Size Analysis in Mineral Processing

No. 710

Office of Deputy for Technical and
Infrastructure Development Affairs

Department of Technical and
Executive Affairs

nezamfanni.ir

Ministry of Industry, Mine and Trade
Deputy of Mine Affairs and Mineral
Industries
Office for Mining Supervision and
Exploitation

<http://mimt.gov.ir>



omoorepeyman.ir

این نشریه

اصول کلی و اطلاعات لازم در مورد دانه‌بندی مواد معدنی، شیوه‌ارایه‌ منحنی‌ها و تحلیل‌های لازم را همراه با راهنمای تهیه گزارش‌های دانه‌بندی‌ارایه می‌دهد.

