جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

راهنمای آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه کانه آرایی

ضابطه شماره ۷۴۹

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

nezamfanni.ir

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

www.mimt.gov.ir

۱۳۹۷

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رییس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره:	۹۷/۶۳۴۰۸۱
	تاریخ:	۱۳۹۷/۱۱/۱۵

موضوع: راهنمای آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه کانه آرایی

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 ۷۴۹ امور نظام فنی و اجرایی، با عنوان «**راهنمای آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه کانه آرایی**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۸/۰۴/۰۱ الزامی است.

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.

محمد باقر نوبخت

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران 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، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت‌نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این نشریه مراجعه فرمایید.

٤- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

٥- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.

٦- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال کنید.

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 اجرایی، مشاورین و پیمانکاران مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

Email:nezamfanni@mporg.ir **web: nezamfanni.ir**

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

باسمه تعالی

پیشگفتار

نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره۴۲۳۳۹/ ت ۳۳۴۹۷ هـ مـورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیـات وزیـران) بـه کـارگیری معیارهـا، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌بـرداری در قیمـت تمـام شده طرح‌ها را مورد تاکید جدی قرار داده است و این امور به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظـام فنـی اجرایـی کشـور وظیفه تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی طرح‌های توسعه‌ای کشور را به عهده دارد.

آماده‌سازی نمونه یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین عملیات برای انجام آزمایش‌های مختلف در تمامی آزمایشـگاه‌هـا بـه ویـژه در آزمایشگاه کانه‌آرایی است. آماده‌سازی دقیق و مناسب نمونه برای انجام آزمایش با رعایت عوامـل مـوثر، خطاهـای احتمـالی در نتیجه آزمایش را کاهش می‌دهد و زمینه را برای تصمیم‌گیری‌های بعدی هموار می‌سازد.

با توجه به تنوع زیاد کانی‌ها، مواد معدنی و نیز فرآیندهای مختلف فیزیکی، شیمیایی، شیمی- فیزیکی، حرارتی، الکتریکی و نظایر آن که در استحصال و فرآوری عناصر و مواد با ارزش موجود در کانسنگ به کار می‌روند، نیاز به انجام آزمایش‌های مختلف است. برای انجام هر یک از آزمایش‌ها نیز لازم است تا نمونه به روش مناسب آماده‌سازی شود. در آزمایشگاه کانه‌آرایی در کنار روش‌های پرعیارسازی و استحصال ماده معدنی با ارزش مانند فلوتاسیون، هیدرومتالورژی، جدایش ثقلی، مغناطیسی، الکتریکی، پیرومتالورژی و موارد مشابه، برخی از خواص و مشخصات ماده معدنی مانند جرم مخصوص، توزیع ابعادی ذرات، درجه آزادی، مطالعات کانی‌شناسی و تجزیه شیمیایی نمونه‌ها نیز انجام می‌گیرد. لازمه انجام هر یک از آزمایش‌های یاد شده، آماده‌سازی نمونه‌ها و مهیا کردن شرایط مناسب قبل از انجام آزمایش مورد نظر است. از سوی دیگر، برای تنظیم روندنمای مناسب برای احداث کارخانه فرآوری یک ماده معدنی و نیز کنترل عملیات در یک کارخانه و تنظیم آن برای دستیابی به شرایط مناسب، لازم است تا بار موجود در مسیرهای مختلف کارخانه طبق برنامه از نظر کیفی و کمی بررسی شود. نیل به اهداف یاد شده مستلزم در اختیار داشتن نمونه‌هایی است که از هر نظر مانند توزیع دانه‌بندی، عیار عناصر با ارزش و مزاحم، کانی باطله همراه، ترکیب کانی‌شناختی، درجه اکسایش و دیگر پارامترهای تعیین‌کننده، معرف کل منبع نمونه‌برداری باشند. دستیابی به این اهداف با آماده‌سازی صحیح و مناسب نمونه‌ها، امکان‌پذیر است.

راهنمای آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه‌های کانه‌آرایی شامل تعریف اصطلاحات و مفاهیم اولیه در آماده‌سازی نمونه‌ها، عوامل موثر در آماده‌سازی نمونه‌ها، تجهیزات مورد نیاز و آماده‌سازی نمونه‌ها برای هر یک از فرآیندهای مختلف کانه‌آرایی است. ضابطه حاضر با عنوان **"راهنمای آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه کانه‌آرایی"** در چارچوب برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن تهیه شده است.

با همه‌ی تلاش های انجام شده قطعا هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که امید است، کاربرد عملی و در سطح وسـیع ایـن ضابطه توسط مهندسان موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم آورد. در پایان، از تلاش‌ها و جدیت جناب آقـای سـید جواد قانع‌فر رییس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران همچنین جناب آقای دکتر جعفر سرقینی مجری محتـرم طـرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی بخش معدن کشور، کارشناسان دفتر نظارت و بهره‌برداری معادن و متخصصان همکار در امر تهیـه و نهایی نمودن این ضابطه، تشکر و قدردانی می‌نماید. امید است شاهد توفیق روزافزون همـه‌ی ایـن بزرگـواران در خـدمت بـه مردم شریف ایران اسلامی باشیم.

حمیدرضا عدل
معاون فنی، امور زیربنایی و تولیدی
زمستان ۱۳۹۷

omoorepeyman.ir

مجری طرح

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

اعضای شورای عالی به ترتیب حروف الفبا

فرزانه آقا رمضانعلی	کارشناس ارشد مهندسی صنایع- سازمان برنامه و بودجه کشور
عباسعلی ایروانی	کارشناس ارشد مدیریت کارآفرینی (کسب و کار)- وزارت صنعت، معدن و تجارت
بهروز برنا	کارشناس مهندسی معدن- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
محمد پریزادی	کارشناس ارشد مهندسی معدن- سازمان برنامه و بودجه کشور
عبدالعلی حقیقی	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
جعفر سرقینی	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - وزارت صنعت، معدن و تجارت
علیرضا غیاثوند	کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی- وزارت صنعت، معدن و تجارت
حسن مدنی	کارشناس ارشد مهندسی معدن- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
هرمز ناصرنیا	کارشناس ارشد مهندسی معدن- سازمان نظام مهندسی معدن

اعضای کارگروه فرآوری به ترتیب حروف الفبا

احمد امینی	کارشناس ارشد مهندسی فرآوری مواد معدنی- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
عبدالعلی حقیقی	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
محمدرضا خالصی	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی- دانشگاه تربیت مدرس
بهرام رضایی	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
فرشته رشچی	دکترای مهندسی متالورژی- دانشگاه تهران

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین به ترتیب حروف الفبا

بهرام رضایی	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
مهدی ایران‌نژاد	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
علیرضا غیاثوند	کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی- وزارت صنعت، معدن و تجارت
حسن مدنی	کارشناس ارشد مهندسی معدن- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
بهزاد مهرابی	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی- دانشگاه خوارزمی

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه

خانم فرزانه آقارمضانعلی	رئیس گروه امور نظام فنی و اجرایی
آقای علیرضا غیاثوند	رئیس گروه ضوابط و معیارهای معاونت امور معادن و صنایع معدنی
آقای اسحق صفرزاده	کارشناس معدن امور نظام فنی و اجرایی

پیش‌نویس این گزارش توسط آقایان **مهندس عبداله سمیعی بیرق و دکتر اکبر مهدیلو** تهیه شده و پس از بررسی و تایید توسط کارگروه فرآوری به تصویب شورای عالی برنامه رسیده است.

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- کلیات ۱

۱-۱- آشنایی ۳

۱-۲- اصطلاحات و تعاریف ۳

۱-۳- بخش‌های مختلف آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه کانه‌آرایی ۶

۱-۳-۱- پذیرش ۶

۱-۳-۲- خردایش ۷

۱-۳-۳- دانه‌بندی ۷

۱-۳-۴- تعیین خواص‌سنجی و درجه آزادی ۷

۱-۴- مشخصات فرد آماده‌کننده نمونه ۷

۱-۵- اطلاعات و اسناد اولیه مورد نیاز ۷

فصل دوم- تجهیزات آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه کانه‌آرایی ۹

۲-۱- آشنایی ۱۱

۲-۲- سنگ‌شکن‌های فکی ۱۱

۲-۳- سنگ‌شکن‌های ژیراتوری ۱۱

۲-۴- سنگ‌شکن‌های مخروطی ۱۲

۲-۵- سنگ‌شکن‌های غلتکی ۱۲

۲-۶- سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای- چکشی ۱۲

۲-۷- آسیاهای گلوله‌ای- میله‌ای ۱۳

۲-۸- آسیای گلوله‌ای باند ۱۴

۲-۹- آسیای قلوه سنگی ۱۵

۲-۱۰- آسیای نیمه‌خودشکن ۱۵

۲-۱۱- آسیاهای ارتعاشی ۱۶

۲-۱۲- پودرکننده‌ها ۱۷

۲-۱۳- هاون ۱۸

۲-۱۴- تجهیزات طبقه‌بندی و تقسیم‌بندی در آماده‌سازی نمونه‌ها ۱۸

۲-۱۴-۱- الک‌های آزمایشگاهی ۱۹

۲-۱۴-۲- تقسیم‌کننده‌ها و نمونه‌گیرها ۱۹

۲-۱۵- فیلترها ۲۲

۲-۱۶- مخلوط‌کن‌ها و همزن‌ها ۲۳

۲-۱۷- خشک‌کن‌ها ۲۵

۲-۱۸- ترازوها ۲۶

۲-۱۹- زمان‌سنج‌ها و شمارنده‌ها ۲۷

۲-۲۰- سایر تجهیزات ۲۷

omoorepeyman.ir

فصل سوم- آماده‌سازی نمونه‌ها..... ۳۱
۳-۱- آشنایی..... ۳۳
۳-۲- عوامل موثر در آماده‌سازی نمونه‌ها..... ۳۳
۳-۳- خطاها و روش‌های کاهش و یا حذف آن..... ۳۴
۳-۳-۱- خطاهای آماده‌سازی..... ۳۴
۳-۳-۲- روش‌های کاهش خطا..... ۳۴
۳-۴- مراحل عمومی آماده‌سازی نمونه‌های جامد..... ۳۶
۳-۴-۱- خشک کردن..... ۳۶
۳-۴-۲- خرد و پودر کردن..... ۳۶
۳-۴-۳- تقسیم و کاهش وزن..... ۳۷
۳-۵- آماده‌سازی پالپ..... ۳۸
۳-۶- آماده‌سازی و دانه‌بندی نمونه‌ها..... ۳۹
۳-۶-۱- آزمایش تعیین دانه‌بندی با سرند..... ۳۹
۳-۶-۲- آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش تعیین دانه‌بندی با پی‌پت اندرسون..... ۴۱
۳-۶-۳- آماده‌سازی نمونه‌ها برای تعیین دانه‌بندی به روش سیکلوسایزر..... ۴۳
۳-۶-۴- آماده‌سازی نمونه‌ها برای خردایش مواد معدنی..... ۴۵
۳-۶-۵- آماده‌سازی نمونه‌ها در روش‌های پرعیارسازی..... ۵۲
۳-۶-۶- آماده‌سازی نمونه‌ها برای تعیین جرم مخصوص..... ۵۹

omoorepeyman.ir

فصل ۱

کلیات

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱-۱- آشنایی

هدف از تدوین این راهنما، ارایه گام به گام روش‌های آماده‌سازی نمونه برای فعالیت بعدی (انجام آزمایش) است. بررسی آماده‌سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه کانه‌آرایی برای انجام آزمایش‌های مورد نظر بر روی آن‌ها و تعمیم آن به نمونه کل، توده معدنی، کنسانتره، باطله و یا جریان پالپ در کارخانه و موارد مشابه آن‌ها از دیگر اهداف تدوین این راهنما است. دامنه کاربرد این راهنما در آزمایشگاه‌های مختلف تحقیقات کانه‌آرایی است.

۱-۲- اصطلاحات و تعاریف

کلیه واژه‌ها برگرفته از نشریه شماره ۴۴۱ سازمان برنامه و بودجه کشور با عنوان "واژه‌ها و اصطلاحات پایه فرآوری مواد معدنی" است و در اینجا فقط به واژه‌هایی پرداخته شده است که مستقیما در آماده‌سازی نمونه به کار می‌رود.

آزمایشگاه کانه‌آرایی: مکانی است که در آنجا ضمن آماده‌سازی نمونه و نیز تعیین برخی خواص فیزیکی مانند دانه‌بندی، جرم مخصوص، قابلیت خردایش و دیگر موارد، قابلیت جدایش کانی‌های با ارزش از کانی‌های باطله همراه به روش‌های مختلف فیزیکی (ثقلی، مغناطیسی، الکترواستاتیکی و پیرومتالورژی)، شیمیایی (هیدرومتالورژی) و شیمی- فیزیکی (فلوتاسیون) بررسی می‌شود و بر اساس نتایج به دست آمده در مورد مراحل بعدی مطالعات اکتشافی، استخراجی و کانه‌آرایی تصمیم‌گیری می‌شود.

آسیا کردن: عملیات خردایش کانسنگ برای دستیابی به درجه آزادی کانی مورد نظر، افزایش سطح ویژه و تسهیل در حمل و نقل مواد که معمولا بر روی مواد حاصل از سنگ‌شکنی انجام می‌شود.

آسیای خودشکن: نوعی آسیا که در آن بار خردکننده خارجی وجود ندارد و قطعات ماده معدنی بر اثر سایش و برخورد به یکدیگر، خرد می‌شوند.

آسیای گلوله‌ای: نوعی آسیای گردان که در آن بار خردکننده را گلوله‌های فولادی تشکیل می‌دهد.

آسیای میله‌ای: نوعی آسیای گردان که در آن بار خردکننده را میله‌های فولادی تشکیل می‌دهد. بر اثر سقوط مداوم میله‌ها در داخل آسیا، مواد خرد می‌شوند.

آسیای نیمه‌خودشکن: نوعی آسیای گردان که بار خردکننده آن را قطعاتی از خود ماده معدنی و بخشی از آن را گلوله‌های فولادی تشکیل می‌دهند.

آماده‌سازی نمونه: به عملیاتی گفته می‌شود که بر روی نمونه کلی باید انجام گیرد تا بتوان از آن یک یا چند زیرنمونه تجزیه‌ای برای اندازه‌گیری کمیت مورد نظر به دست آورد. این عملیات شامل خشک، خرد، پودر، تقسیم (کاهش وزن)، سرند و همگن کردن نمونه است. آنچه که در تمام مدت این عملیات مهم است، حفظ معرف بودن نمونه در هر مرحله است. در طی مراحل مختلف آماده‌سازی باید تا حد امکان از بروز خطاهای نظام‌مند جلوگیری شود.

افراد آزمایش‌کننده: مسوول پذیرش نمونه، آزمایش‌ها را زیر نظر مسوول آزمایشگاه و مطابق با برنامه‌ها و استانداردهای موجود و ارایه شده توسط وی انجام دهد.

omoorepeyman.ir

باند (شاخص): کار لازم بر حسب کیلووات ساعت برای خرد کردن و تبدیل یک تن کوچک (۹۰۷ کیلوگرم) از ماده معدنی با ابعاد خیلی بزرگ تا ابعادی که ۸۰ درصد آن از سرند ۱۰۰ میکرون عبور کند و نماد آن Wi است.

باطله: کانی‌های کم ارزش که طی فرآیندهای فرآوری از بار اولیه جدا می‌شوند و بخش دور ریز را تشکیل می‌دهد.

پالپ: مخلوط ذرات معلق کانسنگ در آب

پودرکن: نوعی آسیا که برای تولید ذرات بسیار ریز به کار می‌رود.

تغلیظ: مجموعه عملیاتی که بر روی ماده معدنی انجام می‌گیرد تا با کاهش ناخالصی‌های آن، محصول قابل فروش تولید شود.

جزنمونه: به مقداری از مواد گفته می‌شود که در ابتدایی‌ترین مرحله نمونه‌برداری مستقیما از واحد نمونه‌برداری برداشت می‌شود. به عبارتی نمونه معرف کوچکترین و ابتدایی‌ترین جز برداشت شده از واحد نمونه‌برداری است. وزن جزنمونه ممکن است از حدود ۱۰۰ گرم برای مواد تغلیظ شده دانه ریز تا بیش از چند تن در مورد مواد معدنی ناهمگن دانه درشت یا عیار کم تغییر کند. چندین جزنمونه برداشتی از هر واحد نمونه‌برداری را می‌توان با یکدیگر مخلوط کرد تا یک نمونه کلی به دست آید.

جداکننده الکترواستاتیکی: نوعی جداکننده که بر اساس اختلاف خواص هدایت الکتریکی کانی‌ها کار می‌کند.

جدایش با واسطه سنگین: نوعی روش جدایش ثقلی کانی‌ها در سیالی که چگالی آن بین چگالی کانی‌های سبک و سنگین است. در این فرآیند کانی‌های سنگین در سیال غرق و کانی‌های سبک شناور می‌شوند.

خرد کردن: سنگ‌شکنی و آسیا کردن مواد معدنی برای کاهش ابعاد ذرات تا حد مورد نیاز

خشک‌کن: دستگاهی که برای خشک کردن و حذف رطوبت مواد جامد استفاده می‌شود.

درجه آزادی: نسبت درصد وزنی یا حجمی کانی با ارزش آزاد شده به وزن یا حجم کل کانی با ارزش موجود در کانسنگ

روش نمونه‌برداری: رویه‌ای خاص برای برداشت نمونه از یک واحد نمونه‌برداری است که در آن با رعایت یک تناسب بین متغیرهایی مانند تعداد جزنمونه‌ها، وزن هر یک، توزیع فضایی و زمانی و همچنین احتمال برداشت آن‌ها، سعی در انتخاب نمونه‌ای هر چه معرف‌تر شود.

ریفل: وسیله‌ای که برای تقسیم نمونه به دو قسمت تقریبا مساوی به کار می‌رود. این وسیله شیارهایی دارد که به طور یک در میان به دو سمت مقابل وسیله منتهی می‌شود. با تخلیه نمونه به طور یکنواخت بر روی شیارها، نمونه به دو قسمت تقریبا مساوی تقسیم می‌شود.

سرند: وسیله‌ای که در سطح آن چشمه‌هایی با ابعاد مشخص وجود دارد و برای کنترل دانه‌بندی محصولات خردایش به کار می‌رود. عمل سرند کردن منجر به تولید دو محصول درشت و ریز دانه می‌شود.

سرند کردن: جدایش ابعادی مواد معدنی با استفاده از سرندها

سری سرندی: سرندهای آزمایشگاهی در سری‌های مختلفی هستند که رایج‌ترین آن‌ها سری استاندارد ASTM و Taylor آمریکا است. استانداردهای دیگر شامل سری BS و IMM انگلیس، DIN آلمان و AFNOR فرانسه است.

سنگ‌جوری دستی: تشخیص و جدایش مواد معدنی از یکدیگر به کمک چشم و دست که بر مبنای اختلاف خواص ظاهری آن‌ها مانند رنگ و نظایر آن انجام می‌شود.

omoorepeyman.ir

سنگ‌شکن: دستگاهی برای خرد کردن مواد معدنی، تا محصولی با ابعاد مناسب برای ورود به مراحل بعدی خردایش مانند آسیاها فراهم شود.

سنگ‌شکن ژیراتوری: نوعی سنگ‌شکن مرکب از بدنه ثابت مخروطی شکل و مخروطی به عنوان هسته میانی که به طور معکوس درون بدنه ثابت قرار گرفته است و حول محور خود حرکت دورانی دارد. این سنگ‌شکن در مرحله اول سنگ‌شکنی و در ظرفیت‌های بالا برای خردایش مواد سخت به کار می‌رود.

سنگ‌شکن فکی: نوعی سنگ‌شکن که در آن مواد در اثر نیروهای فشاری و برشی بین دو صفحه (فک) صاف یا موج‌دار که یکی از آن‌ها ثابت و قائم و دیگری متحرک و مایل است، خرد می‌شوند. این سنگ‌شکن برای مرحله اول سنگ‌شکنی و مواد سخت به کار می‌رود.

سنگ‌شکنی: عملیات خرد کردن مواد معدنی درشت استخراجی از معدن تا ابعادی که برای ورود به آسیا یا مرحله بعدی مناسب باشد.

شیکر یا لرزاننده: برای طبقه‌بندی مواد بر اساس ابعاد به کار می‌رود که امکان طبقه‌بندی را با حداکثر ۸ سرند میزان یک کیلوگرم نمونه خشک دارد. کار اصلی این دستگاه لرزش مجموعه سرند و محتویات آن‌ها است که در اثر این فرآیند مواد داخل سرند طبقه‌بندی می‌شود.

طبقه‌بندی: دانه‌بندی ذرات جامد بر اساس اختلاف سرعت ته‌نشینی در آب یا هوا

فلوتاسیون: نوعی روش جدایش کانی‌ها که با شناور کردن انتخابی آن‌ها در محیط آب به وسیله حباب‌های هوا انجام می‌گیرد. اساس این روش استفاده از اختلاف خاصیت ترشوندگی کانی‌هاست که ممکن است به حالت طبیعی یا با افزودن مواد شیمیایی انجام گیرد.

فیلتر یا صافی: سطح مشبکی که برای جدا کردن ذرات جامد از مایع یا گاز به کار می‌رود.

کانه‌آرایی: به مجموعه عملیاتی که بر روی یک ماده معدنی انجام می‌شود تا از آن یک یا چند محصول قابل فروش به دست آید، بنابراین به تعبیری دیگر کانه‌آرایی، جدا کردن کانی‌های با ارزش موجود در بار اولیه از کانی‌های باطله است به نحوی که یک یا چند محصول با خصوصیات کیفی و کمی معین و با توجیه اقتصادی به دست آید.

کنسانتره: محصول عملیات فرآوری که حاوی کانی یا کانی‌های با ارزش و با عیار بالا است.

ماده معدنی: هر ماده یا ترکیب طبیعی که به صورت جامد یا گاز یا مایع و یا محلول در آب در اثر تحولات زمین‌شناسی به وجود آمده باشد.

مایع سنگین: محلولی با چگالی بالا که در آزمایشگاه برای بررسی قابلیت پرعیار کردن کانسنگ به روش‌های ثقلی و تعیین چگالی واسطه سنگین مناسب برای عملیات صنعتی به کار می‌رود. چگالی مایع سنگین به گونه‌ای انتخاب می‌شود که در حد فاصل چگالی‌های دو محصول مورد نظر باشد به نحوی که کانی‌های سبک شناور شده و کانی‌های سنگین‌تر غوطه‌ور (ته‌نشین) شوند. از مایعات سنگین برای تعیین درجه آزادی کانی‌ها نیز استفاده می‌شود.

مش: به تعداد چشمه‌های موجود در یک اینچ طولی از الک گفته می‌شود (ASTM).

omoorepeyman.ir

نرمه: ذرات ریزتر از ۱۵ تا ۲۰ میکرون که باعث بروز مشکلاتی در تمامی مراحل فرآوری می‌شود و می‌توان با هیدروسیکلون میزان این مواد را در بار ورودی کاهش داد.

نسبت خردایش: نسبت ابعاد بزرگترین قطعه بار ورودی به ابعاد بزرگترین قطعه محصول در آسیاها و سنگ‌شکن‌ها را گویند.

نمونه: در بررسی‌های آماری همواره زیرمجموعه‌ای متناهی از عناصر جامعه مورد تحقیق قرار می‌گیرد. این زیر مجموعه به نمونه موسوم است. مقدار مشخصی از مواد جامد، مایع، گاز و یا پالپ از مراحل مختلف اکتشاف، استخراج یا کانه‌آرایی یک ماده معدنی که معرف خصوصیات کل آن مواد است و برای آزمایش و یا تجزیه و تحلیل به آزمایشگاه کانه‌آرایی منتقل می‌شود.

نمونه‌گیری: نمونه‌گیری در کانه‌آرایی، فرآیند انتخاب و برداشت مقادیری مشخص از مواد جامد، مایع، گاز و یا پالپ از مراحل مختلف اکتشاف، استخراج یا کانه‌آرایی یک ماده معدنی است که با انجام آزمایش‌های مختلف نتایج آن را می‌توان به کل ماده معدنی مورد نظر تعمیم داد.

نمونه کلی: به نمونه‌ای گفته می‌شود که از مخلوط چند و یا کلیه جزنمونه‌های برداشت شده از واحد نمونه‌برداری به دست می‌آید. معمولا از هر پشته از مواد باید حداقل یک نمونه کلی تهیه شود. به عبارت دیگر تهیه یک نمونه کلی از هر پشته الزامی است.

واسطه سنگین: ترکیبی از آب و ذرات ریز مواد معدنی با چگالی زیاد که سیال کاذبی را تشکیل می‌دهد و چگالی آن حد فاصل چگالی‌های دو محصول مورد نظر است. این روش برای جدایش کانی‌ها در مقیاس صنعتی به کار می‌رود.

هیدروسیکلون: نوعی طبقه‌بندی‌کننده ذرات، متشکل از ظرفی استوانه- مخروطی شکل که پالپ تحت فشار از طریق دهانه ورودی و از مسیر لوله‌ای که مماس بر بخش استوانه‌ای در قسمت فوقانی آن است به داخل هیدروسیکلون جریان می‌یابد. سطح بالایی بخش استوانه‌ای به وسیله درپوشی مسدود و در مرکز آن در امتداد محور ظرف لوله‌ای نصب شده که تا عمق کمی پایین‌تر از محل ورود مواد به داخل این بخش امتداد یافته است. این لوله سرریز هیدروسیکلون را تشکیل می‌دهد. در قسمت تحتانی ظرف یعنی در راس بخش مخروطی نیز مجرایی با قطر قابل تنظیم، پیش‌بینی شده که تەریز هیدروسیکلون است و ذرات درشت از آن خارج می‌شوند.

۱-۳- بخش‌های مختلف آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه کانه‌آرایی

از بخش‌های آزمایشگاه کانه‌آرایی بخش پذیرش و آماده‌سازی نمونه است. بخش‌های مختلف آماده‌سازی نمونه به شرح زیر است.

۱-۳-۱- پذیرش

آگاهی از امکان انجام آزمایش‌های مورد نظر، مشخص کردن آزمایش‌های مورد نیاز، تخمین میزان نمونه مورد نیاز برای هر آزمایش و سایر موارد فنی در زمینه انجام آماده‌سازی نمونه‌ها و آزمایش‌ها، نحوه حمل و نقل و جابه‌جایی نمونه‌ها با هماهنگی و مشورت این بخش انجام می‌گیرد. دریافت نمونه، نگهداری و خدمات پس از انجام آزمایش‌ها نیز به عهده این بخش است.

omoorepeyman.ir

۱-۳-۲- خردایش

در این بخش با استفاده از سنگ‌شکن‌ها و آسیاهای مختلف نمونه تا ابعاد مورد نیاز خرد می‌شود و به وسیله تجهیزات طبقه‌بندی و تقسیم کردن، نمونه با ابعاد و مقدار مورد نیاز به دست می‌آید. در این واحد خواص و پارامترهایی از نمونه به شرح زیر تعیین می‌شود:

- تهیه جزنمونه‌های معرف با ابعاد و مقدار مورد نیاز برای آزمایش‌های مختلف
- تعیین شاخص کار سنگ‌شکنی
- تعیین شاخص کار آسیای میله‌ای و گلوله‌ای
- تعیین دیگر شاخص‌های خردایش و پرعیارسازی

۱-۳-۳- دانه‌بندی

تجهیزات موجود در این بخش شامل سرندها، کلاسیفایرها، سیکلون‌های مختلف و نیز وسایل نرمه‌گیری یا طبقه‌بندی مواد بسیار دانه ریز است که به صورت تر و خشک برای اهداف زیر استفاده می‌شوند:

- تعیین توزیع ابعادی نمونه‌ها (d_{80}، d_{50}، d_{95} و نظایر آن)
- بررسی امکان جدایش نمونه با ابعاد مشخص با کلاسیفایرها و سیکلون‌ها برای تهیه بار ورودی برای فرآیندهای جدایش در خط تولید
- بررسی امکان نرمه‌گیری
- تعیین کارآیی سرندها، کلاسیفایرها و سیکلون‌های مختلف موجود در کارخانه فرآوری

۱-۳-٤- تعیین خواص‌سنجی و درجه آزادی

در این بخش بسته به نوع ماده معدنی از نمونه اولیه و محصولات تجزیه سرندی مقاطع میکروسکوپی (نازک، صیقلی و نازک-صیقلی) تهیه و خواص فیزیکی، کانی‌شناسی و درجه آزادی تعیین می‌شود.

۱-٤- مشخصات فرد آماده‌کننده نمونه

با توجه به اهمیت کار آماده‌سازی نمونه، فرد آماده‌کننده نمونه باید واجد شرایط و سطح آموزش و تجربه لازم باشد. شخص آماده‌کننده نمونه باید آموزش و مهارت لازم در رابطه با ماهیت کار و هدف از آماده‌سازی نمونه را داشته باشد و به طور مشخص بداند که به چه منظوری نمونه‌ها را آماده‌سازی می‌کنند. شخص باید متناسب با محل، نوع نمونه و هدف آماده‌سازی نمونه از امکانات ایمنی استفاده کند.

۱-۵- اطلاعات و اسناد اولیه مورد نیاز

آماده‌سازی نمونه یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین عملیات برای انجام آزمایش‌های مختلف در تمامی آزمایشگاه‌ها به ویژه در آزمایشگاه کانه‌آرایی است. از آنجایی که آماده‌سازی نمونه معمولا اولین مرحله از آزمایش‌های فرآوری نمونه‌های یک کانسنگ است،

omoorepeyman.ir

بنابراین آماده‌سازی دقیق و مناسب نمونه برای انجام آزمایش با رعایت عوامل موثر، نیاز به یک سری اطلاعات و اسناد فنی دارد که زمینه را برای آزمایش‌ها و تصمیم‌گیری‌های بعدی هموار می‌سازد. مهم‌ترین اطلاعات مورد نیاز در آماده‌سازی نمونه‌ها شرایط و نحوه آزمایش قبلی است. همچنین محل و نقاط نمونه‌برداری از بخش‌های مختلف معدن و مدارهای فرآوری در آماده‌سازی نمونه‌ها مهم است. از نتایج مطالعات اکتشافی قبلی نیز باید در آماده‌سازی نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌ها استفاده شود. شناسایی نمونه، اولین مرحله‌ای است که بر روی نمونه‌ها انجام می‌گیرد که نتایج آن مبنای آماده‌سازی نمونه‌ها در فرآیندهای دانه‌بندی، خردایش و پرعیارسازی است. مهم‌ترین اسناد و مدارکی که در آماده‌سازی و شروع آزمایش‌های فرآوری در مقیاس آزمایشگاهی لازم است به شرح زیر است:

- گزارش مطالعات اولیه زمین‌شناسی و اکتشافی نمونه‌های کانسنگ
- گزارش محل و نقاط نمونه‌برداری از مراحل مختلف معدنکاری و مراحل مختلف کانه‌آرایی و فرآوری مواد معدنی
- گزارش اولیه مطالعات کانی‌شناسی و شناسایی نمونه مانند کانی‌های اصلی تشکیل دهنده کانسنگ و مقدار آن‌ها، وضعیت درگیری کانی‌ها، تعیین کانی‌های با ارزش و اقتصادی مورد نظر برای فرآوری و پرعیارسازی، درجه آزادی کانی‌های مورد نظر و موارد دیگر
- گزارش‌های اولیه و نتایج مطالعات آماده‌سازی و هر گونه سوابق و نتایج آزمایش‌های قبلی مورد نیاز برای انجام آزمایش بعدی
- اطلاعات مربوط به آزمایش‌های مختلف کانه‌آرایی و فرآوری در نمونه‌های معدنی مشابه
- اطلاعاتی درباره مقدار نمونه مورد نیاز در طول دوره آزمایش‌های قبلی
- گزارش‌های مربوط به نحوه نگهداری و محافظت نمونه‌ها
- گزارش‌های مربوط به اثرات زیست‌محیطی مواد زیانبار موجود در نمونه و رعایت مسایل ایمنی و بهداشتی آن

omoorepeyman.ir

فصل ۲

تجهیزات آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه کانه‌آرایی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۲-۱- آشنایی

قبل از تقسیم کردن نمونه کلی و رساندن وزن آن به حد مناسب، در صورت لزوم باید آن را خرد و پودر کرد. برای این کار از انواع سنگ‌شکن‌ها، آسیاها و پودرکننده‌ها در مقیاس آزمایشگاهی استفاده می‌شود. معمولا در مراحل اولیه آماده‌سازی از سنگ‌شکن‌های فکی، آسیاهای گلوله‌ای و میله‌ای و در مراحل نهایی از انواع پودرکننده‌ها استفاده می‌شود. در این فصل تجهیزات سنگ‌شکنی، آسیا، پودرکننده‌ها، سرندها، تجهیزات آبگیری و دیگر وسایل جنبی مورد استفاده در آزمایشگاه‌های کانه‌آرایی معرفی می‌شود.

۲-۲- سنگ‌شکن‌های فکی

این سنگ‌شکن‌ها از دو سطح خردکننده تشکیل شده‌اند که به سمت پایین همگرا می‌شوند. این سطوح عبارت از دو فک ثابت و متحرک (که به طور متناوب به سمت فک ثابت در رفت و برگشت است) هستند. عمل خردایش به وسیله ضربه و فشار فک متحرک انجام می‌گیرد. سنگ‌شکن‌های فکی بر اساس حداکثر فاصله دو فک و پهنای فک‌ها طبقه‌بندی می‌شوند، به عنوان مثال یک سنگ‌شکن "۶×"۴، گلوگاهی به اندازه ۴ اینچ و فک‌هایی به پهنای ۶ اینچ دارد. ابعاد بار ورودی نیز باید حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد دهانه ورودی باشد.

۲-۳- سنگ‌شکن‌های ژیراتوری

این سنگ‌شکن‌ها در سه نوع ژیرول[1]، چرخشی و ژیراتوری در دسترس هستند. سنگ‌شکن‌های ژیراتوری برای خردایش اولیه سنگ‌های درشت و سخت به کار می‌روند و معمولا حداقل ابعاد (قطر) این تجهیزات ۱۸ اینچ است. عضو خردکننده سنگ، شامل یک کلاهک فولادی سخت است که روی یک محور قائم فولادی قرار گرفته است. این محور و کلاهک فولادی حرکت جانبی نسبت به تکیه‌گاه خود در بالا دارد و این تکیه‌گاه به نحوی ساخته شده است تا امکان حرکت و تنظیم برای محور وجود داشته باشد (شکل ۲-۱).

شکل ۲-۱- سنگ‌شکن ژیراتوری آزمایشگاهی

1- Gyroll

omoorepeyman.ir

۲-٤- سنگ‌شکن‌های مخروطی

سنگ‌شکن مخروطی از دو مخروط ناقص تشکیل شده است که مخروط خارجی بدنه ثابت و مخروط میانی هسته مرکزی سنگ‌شکن را تشکیل می‌دهد و در هر حالت مشابه سنگ‌شکن فکی عمل می‌کند. هسته مرکزی حرکت چرخشی دارد و در هر لحظه در یک طرف بین هسته مرکزی و بدنه عمل خردایش انجام می‌گیرد و در همان لحظه و در طرف دیگر بین هسته و بدنه فاصله قابل توجهی وجود دارد و مواد به تدریج وارد این قسمت می‌شوند. سنگ‌شکن مخروطی معمولا برای خردایش مواد نرم مانند زغال‌سنگ، کک، بوراکس، گچ و سنگ آهک به کار می‌رود.

۲-۵- سنگ‌شکن‌های غلتکی

این سنگ‌شکن‌ها برای تولید ذرات ریزتر استفاده می‌شوند. عمل خرد شدن مواد در سنگ‌شکن‌های غلتکی بر اساس عبور مواد از بین دو غلتک گردان و با فشارش انجام می‌گیرد. ابعاد مواد خرد شده به فاصله بین دو غلتک قابل تنظیم، بستگی دارد. نسبت خردایش این تجهیزات یک تا ۳ است که برای سنگ‌های نرم‌تر یا نوع محکم‌تر، اندکی افزایش می‌یابد. این دستگاه‌ها معمولا با قطر و طول غلتک‌ها مشخص می‌شوند، به عنوان مثال سنگ‌شکنی با مشخصات "۵×"۸، به ترتیب دارای غلتکی به قطر و طول ۵ و ۸ اینچ است. این تجهیزات به گونه‌ای طراحی می‌شوند که فاصله بین غلتک‌ها را می‌توان تنظیم کرد. به علاوه، یک تغذیه‌کننده در بالای غلتک‌ها تعبیه شده است تا هدرروی بار ورودی به حداقل برسد. سطوح غلتک‌ها بسته به نوع خرد شدن، صاف و یا دندانه‌دار است که برجستگی‌ها و دندانه‌ها به صورت طولی یا عرضی در روی غلتک‌ها تعبیه شده‌اند. شکل ۲-۲ سنگ‌شکن غلتکی آزمایشگاهی را نشان می‌دهد. در زمان ورود قطعاتی که غیرقابل خرد شدن باشند (مانند آهن و قطعات بزرگ سنگ) ایمنی دستگاه حفظ می‌شود و فنر جمع و غلتک به عقب می‌رود، فاصله بین غلتک‌ها زیاد می‌شود و جسم بدون اینکه صدمه‌ای به دستگاه بزند از بین غلتک‌ها عبور می‌کند.

شکل ۲-۲- سنگ‌شکن‌های غلتکی

۲-٦- سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای- چکشی

سنگ‌شکن ضربه‌ای از یک روتور که دارای تعدادی پره است و با سرعت زیاد دوران می‌کند، تشکیل شده است. نقش پره‌ها پرتاب قطعات بار ورودی به طرف جدار داخلی سنگ‌شکن است. این سنگ‌شکن نوعی وسیله خردکننده است که با استفاده از انرژی ضربه‌ای مواد را خرد می‌کند. زمانی که مواد وارد فضایی که چکش تخت عمل می‌کند، می‌شوند تحت نیروی ضربه‌ای چکش تخت

omoorepeyman.ir

با سرعت بالا، ذرات خرد شده و به سمت عامل ضربه در بالای روتور به طور پیوسته پرتاب می‌شوند و سپس مجددا با یک ضربه خطی به فضایی که چکش عمل می‌کند، برمی‌گردند. فرآیند تا خرد شدن مواد به ابعاد مورد نیاز ادامه می‌یابد و از بخش تحتانی دستگاه تخلیه می‌شود. بر روی جدار داخلی دستگاه نیز تعدادی سپر که از جنس فولاد منگنزدار است، نصب شده است. این سپرها نقش مانع را دارند و قطعات بار ورودی در اثر برخورد با آن‌ها خرد می‌شوند. گردش خود به خود جریان هوا در محفظه گرداب، آلودگی گرد و غبار را به طور کامل از بین می‌برد. سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای برای پودر کردن موادی مانند زغال‌سنگ، سنگ آهک، آجرهای صنعتی و حتی پلاستیک‌ها که سختی موس کمتر از ۵ دارند، استفاده می‌شوند. سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای و چکشی آزمایشگاهی و پیشاهنگ، روتوری با قطر ۶ تا ۱۲ اینچ، پهنای ۲ تا ۱۵ اینچ و توان موتوری از یک تا ۱۰ اسب بخار دارند. در شکل ۲-۳ نمونه‌ای از سنگ‌شکن با نیروی محرکه و نیز دستی را نشان می‌دهد.

شکل ۲-۳- سنگ‌شکن‌های چکشی

۲-۷- آسیاهای گلوله‌ای- میله‌ای

آسیای میله‌ای و گلوله‌ای، دستگاهی است متشکل از یک استوانه که در آن تعدادی میله یا گلوله تعبیه شده است و کانی‌ها بر اثر قرار گرفتن بین این گلوله‌ها یا میله‌ها خرد می‌شوند.

این آسیاها، متداول‌ترین تجهیزات نرم کردن در آزمایشگاه‌ها هستند که برای آسیا کردن، سیانوراسیون، ملقمه‌سازی، مخلوط‌سازی و یا آماده‌سازی مواد به کار می‌روند. این تجهیزات از یک اتاقک استوانه‌ای شکل تشکیل شده‌اند که عمل خردایش به وسیله قطعاتی به نام واسطه انجام می‌گیرد. واسطه‌ها به اشکال مختلف همچون گلوله، میله و استوانه‌های کوچک و با مواد گوناگون مانند سرامیک، زیرکن و فولادهای سخت ساخته می‌شوند. این آسیاها به دو شکل پیوسته و مجزا ساخته می‌شوند. در نوع پیوسته، محفظه (یا اتاقک) آسیا به وسیله دو چرخ‌دنده که یکی بر روی اتاقک و دیگری بر روی موتور محرکه تعبیه شده است، حرکت داده می‌شود و انتقال نیرو از موتور به اتاقک به وسیله تسمه انجام می‌گیرد. در انواع مجزا، محفظه بر روی غلتک‌هایی که به وسیله موتور مجزایی چرخانده می‌شوند، قرار می‌گیرد. مزیت این نوع آسیا، امکان تغییر ابعاد اتاقک تا اندازه مجاز است. اتاقک‌ها معمولا با قطر ۲ تا ۸ اینچ و غلتک‌ها با قطر ۲ تا ۱۵ اینچ در دسترس هستند. غلتک‌ها معمولا به وسیله یک روکش لاستیکی پوشانده می‌شوند تا از تماس مستقیم و ساییده شدن اتاقک جلوگیری شود (شکل ۲-۴).

omoorepeyman.ir

شکل ۲-٤- آسیای گلوله‌ای- میله‌ای

۲-۸- آسیای گلوله‌ای باند

این آسیا برای تعیین شاخص باند و برای خردایش بار ورودی خشک با ابعاد کوچکتر از ۶ مش (در استاندارد ASTM) به کار می‌رود. آسیاهای گلوله‌ای به شکل استوانه‌ای یا مخروطی هستند که بار خردکننده داخل آن‌ها را گلوله‌های فولادی یا سرامیکی تشکیل می‌دهد. در آسیای گلوله‌ای، گلوله‌ها پس از بالا رفتن (در اثر چرخش آسیا) روی مواد معدنی سقوط می‌کنند و باعث خرد شدن ذرات می‌شوند. در شرایط یکسان، میزان خرد شدن مواد متناسب با طول آسیاست و هر چه طول آسیا بزرگتر باشد محصول خرد شده دانه ریزتر است. آسیای گلوله‌ای باند دارای مشخصات استانداردی شامل ۱۲ اینچ قطر، ۱۲ اینچ طول و ۲۸۵ گلوله آهنی با ابعاد ۰/۵ تا ۱/۵ اینچ و وزن ۲۰ کیلو و ۱۲۵ گرم است که برای خردایش ۷۰۰ میلی‌لیتر بار ورودی خشک با ابعاد کوچکتر از ۶ مش به کار می‌رود. این آسیا با سرعت ۷۰ rpm می‌چرخد که طراحی‌های جدید آن از یک سیستم خودکار دورشمار تشکیل شده است که دستگاه را پس از چرخش به تعداد دورهای از پیش تعیین شده، متوقف می‌سازد. در شکل ۲-۵ آسیای گلوله‌ای باند نشان داده شده است.

شکل ۲-۵- آسیای گلوله‌ای باند

omoorepeyman.ir

۲-۹- آسیای قلوه سنگی

از آسیاهای قلوه سنگی برای به دست آوردن محصولی با حداقل آلودگی به ویژه آهن استفاده می‌کنند. در صنایع شیمیایی نیز تهیه بار اولیه شیشه و بسیاری از موارد دیگر که هدف جلوگیری از آلوده شدن محصول به ذرات آهن است، از این وسیله استفاده می‌شود.

نحوه کار آن‌ها شبیه آسیاهای گلوله‌ای است که در این نوع آسیاها به جای گلوله آهنی از مواد سرامیکی و قلوه‌سنگ‌ها استفاده می‌کنند. واسطه خردایش در آن‌ها قلوه‌های سرامیکی است. بار خردکننده در خردایش قلوه‌سنگی مشتمل بر قطعات با ابعاد خاصی از خود کانسنگ و یا گاه قطعاتی از دیگر مواد معدنی است.

محفظه این آسیاها از مواد مختلفی مانند سرامیک، اپال و یا فولاد سخت با آستر لاستیکی و یا بدون آستر ساخته می‌شود. سطح پوشش داخلی این آسیاها ممکن است برآمدگی‌هایی برای بالا آوردن مواد داشته باشد. نسبت خردایش بسیار زیاد است و معمولا به روش خشک کار می‌کنند. ابعاد محصول در حدود ۰/۰۱ میلی‌متر است. ظرفیت عملیاتی این وسیله معمولا ۲۵ تا ۴۰ درصد حجم محفظه خردایش است. در شکل ۲-۶ نمایی از آسیای قلوه‌سنگی آزمایشگاهی نشان داده شده است.

شکل ۲-٦- آسیای قلوه سنگی آزمایشگاهی

۲-۱۰- آسیای نیمه‌خودشکن

در آسیاهای خودشکن چنانچه میزان قطعات درشت مواد معدنی با ابعاد زیاد کافی نباشد و یا این قطعات سختی لازم را نداشته باشند، در این حالت می‌توان با افزودن مقداری محدود گلوله فولادی، کمبودهای یاد شده را جبران کرد که به این نوع آسیاها، نیمه‌خودشکن گفته می‌شود. در این آسیاها از ذرات درشت ماده معدنی و نیز بار خردکننده مانند گلوله و میله آهنی به عنوان واسطه استفاده می‌شود. مزایای این وسایل حذف هزینه‌ها و آلودگی‌های ناشی از واسطه‌های فلزی است. در شکل ۲-۷ یک نمونه آزمایشگاهی از این آسیا نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

شکل ۲-۷- یک آسیای نیمه‌خودشکن آزمایشگاهی

۲-۱۱- آسیاهای ارتعاشی

این آسیاها معمولا در فرآوری مواد خشک، امولسیون‌ها، ژل‌ها و پالپ‌ها به کار می‌روند. همچنین امکان پودر کردن مواد شیمیایی، هیدروکربن‌ها، داروها، مواد غذایی و پلاستیک‌ها را نیز فراهم می‌کنند.

الف- آسیاهای ارتعاشی مگاپوت

این آسیاها برای ظرفیت و سرعت بالای نرم‌کنی استفاده می‌شوند. این تجهیزات قادرند طی ۲ ساعت، کوارتز را از ابعاد ۵ میلی‌متر تا ۹۸ درصد کوچکتر از ۵۰ میکرون (کوچکتر از ۲۷۰ مش) نرم کنند. آسیاهای مگاپوت، شاسی قابل ارتعاشی دارند که به وسیله یک سیستم معلق و انعطاف‌پذیر بر روی پایه فولادی سوار شده‌اند. این شاسی قادر است بار خود را (محفظه خردایش) با سرعت ۳۴۰۰ سیکل بر دقیقه و به پهنای ارتعاش ۲ میلی‌متر به نوسان در آورد. محفظه‌های خردایش معمولا از جنس پلی‌اتیلن و واسطه‌ها سرامیکی هستند تا از آلوده شدن نمونه‌ها جلوگیری شود. این ماشین قابلیت پشتیبانی از حداکثر ۴ ظرف ۳ لیتری یا ۲۰ ظرف ۱۰۰ میلی‌لیتری و یا ترکیبی از ظروف با ابعاد متفاوت را دارد. هر محفظه باید ۳۰ تا ۳۵ درصد حجمش از نمونه پر شود. حداکثر ابعاد بار ورودی ۶ میلی‌متر و حداقل ابعاد محصول ۰/۵ تا یک میکرون است. آسیاهای مگاپوت معمولا برای نرم‌کنی خشک یا تر، مخلوط‌سازی، همگن‌سازی یا متفرق‌سازی پودرهای به هم فشرده به کار می‌رود. در این ماشین‌ها می‌توان از محفظه‌ها و گلوله‌های فولادی نیز استفاده کرد.

ب- آسیاهای ارتعاشی مگاپکت

آسیاهای مگاپکت، قادرند ظرفیت‌هایی تا ۵ برابر آسیاهای مگاپوت را پشتیبانی کنند. محفظه‌های این آسیا استاندارد است (۲/۲۵ اینچ قطر داخلی و ۲۲ اینچ طول) و از دو لوله فولادی که به طور موازی بر روی دستگاه نصب شده‌اند، تشکیل شده است. گلوله‌های خردایش از جنس فولاد یا سرامیک هستند. محفظه‌ها قابلیت سرد یا گرم شدن را دارند و در انتهای آن‌ها یک دریچه برای تخلیه یا تزریق گاز تعبیه شده است. ابعاد بار ورودی و محصولات مشابه با انواع مگاپکت است.

پ- آسیاهای ارتعاشی مگامیل

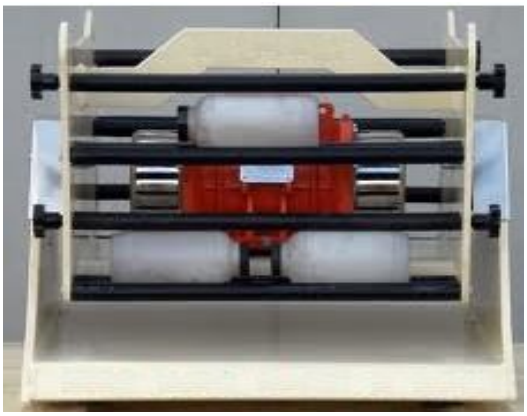
آسیاهای مگامیل، از دو اتاقک با ظرفیت هر یک ۳/۵ لیتر تشکیل شده‌اند که با پهنای ارتعاش حداکثر ۵ میلی‌متر و سرعت ۳۴۰۰ سیکل بر دقیقه نوسان می‌کنند. واسطه نرم‌کنی نیز فولاد ضد زنگ یا سرامیک است. اتاقک‌ها به راحتی قابل تعویض‌اند و می‌توان

omoorepeyman.ir

آن‌ها را به صورت سری یا موازی نصب کرد. حداکثر ابعاد بار ورودی ۶ میلی‌متر و حداقل ابعاد محصول یک تا ۱/۵ میکرون است. از این آسیاها می‌توان برای خردایش موادی به نرمی مواد آلی تا سختی الماس استفاده کرد.

ت- آسیاهای ارتعاشی ویبرو انرژی

این آسیاها از محفظه‌هایی تشکیل شده‌اند که به صورت سه بعدی ارتعاش می‌کنند و قادرند با استفاده از واسطه‌های کوچک استوانه‌ای شکل، محصولی بسیار نرم و با توزیع دانه‌بندی محدود تولید کنند. با توجه به اینکه ذرات ریز برای خردایش به انرژی ضربه کمی نیاز دارند، بنابراین در این تجهیزات برخلاف انواع قبلی، دامنه ارتعاش بالا و انرژی ضربه کم است. از آنجایی که محفظه‌های خردایش بر روی فنر تعبیه شده‌اند (دلیل ایجاد ارتعاش سه بعدی)، بنابراین ارتعاش تولیدی به پایه دستگاه منتقل نمی‌شود. یک نمونه از این آسیاها از ۵ اتاقک ۰/۵ لیتری تشکیل شده است که برای آسیا کردن تر و متفرق‌سازی مواد متراکم به کار می‌رود. محفظه‌ها با فولاد ضد زنگ، سرامیک و یا لاستیک ضد سایش آستر شده‌اند. شکل ۲-۸ تصویری از آسیای ارتعاشی آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۸- آسیای ارتعاشی

۲-۱۲- پودرکننده‌ها[1]

پودرکننده‌ها معمولا در سه نوع با نام‌های تجاری بیکو[2]، پی.جی.ای[3] و فریتس[4] ارایه می‌شوند.

الف- پودرکننده‌های بیکو

انواع بیکو از دو دیسک ساینده تشکیل شده است که امکان پودر نمونه کوارتز با ابعاد ۰/۲۵ اینچ را تا ابعاد ۱۰۰ مش دارد. این دستگاه‌ها از دو دیسک ۸ اینچی تشکیل می‌شوند که یکی ثابت و دیگری متحرک است. مواد در محفظه بار ورودی وارد شده و از حفره‌ای که در مرکز دیسک ساکن تعبیه شده است، به فضای بین صفحات وارد می‌شود. ابعاد محصول متناسب با فاصله بین دیسک‌ها است و با یک پیچ تنظیم در انتهای دستگاه تنظیم می‌شود. محصول نهایی از طریق دریچه‌ای در پایین محفظه بار ورودی تخلیه می‌شود. دیسک‌ها نیز از آلیاژهای بسیار سخت آهن و یا سرامیک ساخته می‌شوند.

1- Pulverizers
2- Bico
3- P.G.E
4- Fritsch

omoorepeyman.ir

ب- پودرکننده‌های پی.جی.ای

پودرکننده‌های پی.جی.ای مشابه با انواع بیکو هستند با این تفاوت که برای ظرفیت‌های بسیار پایین (یک تا ۲۰ گرم) به کار می‌روند. ابعاد محصول نیز با تنظیم فاصله بین دیسک‌ها تا ابعاد ۴۰ تا ۲۰۰ مش قابل کنترل است.

پ- پودرکننده‌های فریتس

انواع پودرکننده‌های فریتس، حرکت سیاره‌ای دارند و معمولا برای نرم کردن به روش تر یا خشک، مخلوط کردن یا همگن‌سازی امولسیون‌ها و چسب‌ها به کار می‌روند. سیستم سیاره‌ای یک حرکت ترکیبی فراهم می‌کند، به نحوی که محفظه خردایش که کاسه نامیده می‌شود علاوه بر چرخش حول محور قائم خود، به وسیله یک صفحه متحرک که در زیر آن قرار دارد در جهت مخالف نیز می‌چرخد، بنابراین گلوله‌ها و ذرات پس از طی نیمی از محیط کاسه بر اثر نیروی اصطکاک جدا می‌شوند و به نقطه مقابل برخورد می‌کنند. تعداد کاسه‌ها معمولا یک تا ۴ عدد با حجم ۲۵۰ یا ۵۰۰ میلی‌لیتر و یا ۸ عدد با حجم ۸۰ میلی‌لیتر است. حداکثر ابعاد بار ورودی نیز ۱۰ میلی‌متر و ابعاد محصول کوچکتر از یک میکرون است. شکل ۲-۹ دستگاه پودرکننده آزمایشگاهی فریتس را نشان می‌دهد.

شکل ۲-۹- دستگاه پودرکننده فریتس آزمایشگاهی

۲-۱۳- هاون[1]

هاون متداول‌ترین وسیله برای نرم کردن نمونه‌ها با وزن کم در آزمایشگاه‌ها است. این ابزار ممکن است به صورت دستی و یا خودکار باشد. هاون‌ها برای پودر کردن مواد معدنی در مقادیر کم استفاده می‌شوند. در شکل ۲-۱۰ نمونه‌ای از هاون دستی و خودکار نشان داده شده است.

۲-۱۴- تجهیزات طبقه‌بندی و تقسیم‌بندی در آماده‌سازی نمونه‌ها

معمولا وزن نمونه کلی در حدی است که نمی‌توان کمیت مورد نظر به عنوان مثال عیار نمونه را مستقیما اندازه‌گیری کرد، بنابراین باید ابتدا مقدار آن را تا حدی که اندازه‌گیری بر روی آن قابل اجرا باشد، کاهش داد. هر آزمایش به محدوده دانه‌بندی خاصی

1- Mortar

omoorepeyman.ir

نیاز دارد که طی عملیاتی با عنوان طبقه‌بندی، به محدوده ابعادی مورد نظر اصلاح می‌شود. مراحل یاد شده نیاز به تجهیزات خاصی دارد که در ادامه به آن اشاره می‌شود.

الف

ب

شکل ۲-۱۰- هاون‌های: الف) اتوماتیک و ب) دستی

۲-۱۴-۱- الک‌های آزمایشگاهی

الک‌ها جز کاربردی‌ترین ابزارهای مورد استفاده در آزمایشگاه‌های فرآوری مواد معدنی‌اند. این وسایل از یک قاب و یک صفحه سرندی تشکیل شده‌اند. اغلب الک‌ها به ویژه نوع استاندارد آن‌ها بر اساس ابعاد چشمه صفحه سرندی طبقه‌بندی می‌شوند. در شکل ۲-۱۱ سری الک‌ها و یا سرندها ارایه شده است. به مجموعه سرندهایی که طبق یک استاندارد بر روی یکدیگر نصب می‌شوند، سری سرندی گفته می‌شود. هر سری سرندی معمولا دو قطعه دیگر دارد، یکی سرپوش که بر روی سرند اول با چشمه‌های بزرگتر و دیگری بشقاب که در زیر سرند انتهایی با مش کوچکتر و یا الک آخر با چشمه ریزتر قرار می‌گیرد.

شکل ۲-۱۱- سری سرندهای استاندارد

۲-۱۴-۲- تقسیم‌کننده‌ها و نمونه‌گیرها

در اغلب مطالعات آزمایشگاهی لازم است تا از کل نمونه جمع‌آوری شده، مقدار مشخصی به عنوان نمونه نماینده جدا شود. تقسیم نمونه به وسیله تجهیزاتی که به همین منظور طراحی شده‌اند، انجام می‌گیرد. معمولا دو نمونه تقسیم‌کننده به نام‌های تجاری

omoorepeyman.ir

جونز[1] (تقسیم‌کننده‌های شانه‌ای) و گیلسون[2] (میز تقسیم‌کننده) استفاده می‌شود که در ابعاد مختلف و برای ظرفیت‌های متفاوت (از ۲۵ گرم تا چند صد کیلوگرم) طراحی می‌شوند. تقسیم‌کننده شانه‌ای در واقع نوعی نمونه‌گیر ساکن است که مواد را در جهت جریان به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کند. از انواع کوچک این وسیله اغلب برای کاهش وزن نمونه (تا اندازه لازم برای عیارسنجی) نیز استفاده می‌کنند. این نوع تقسیم‌کننده‌ها باید ساختمان محکمی داشته باشند و با دقت حمل و نقل شوند زیرا کار کردن غلط با آن‌ها باعث می‌شود تا شیارهای تقسیم‌کننده صدمه ببینند. این شیارها باید به حد کافی پهن باشند تا از بسته شدن یا گیر کردن قطعات جلوگیری شود. حداقل پهنای آن‌ها باید ۳ برابر قطر بزرگترین ابعاد نمونه باشد. بیلچه باردهی باید پهنایی به اندازه مجموع شیارها داشته باشد. در صورتی که پهن‌تر از این حد باشد، شیارهای پهلویی مقادیر نامناسب از مواد را دریافت می‌کنند و اگر باریک‌تر از پهنای کل شیارها باشد، به شیارهای پهلویی بار کمتری می‌رسد. برای باردهی یکنواخت باید بیلچه را بر روی لبه شیارها قرار داد به نحوی که لبه آن عمود بر شیارها باشد سپس بیلچه را به آهستگی از زیر بار کشید و اجازه داد که بار به صورت یکنواخت از همه قسمت‌های آن خالی شود.

نوع دیگری از تقسیم‌کننده‌های شانه‌ای، تقسیم‌کننده شانه‌ای جونز است که مناسب‌ترین وسیله برای کاهش وزن نمونه‌ای است که عیارسنجی می‌شود. این وسیله شامل یک سری شیارهای موازی و هم فاصله است که مواد از بین آن‌ها عبور می‌کند. در صورتی که باردهی صحیح انجام شود، ماده مورد نظر به دو قسمت مساوی تقسیم می‌شود. باردهی این تقسیم‌کننده‌ها معمولا با روش دستی و به وسیله یک بیلچه استاندارد انجام می‌شود. کار کردن با این روش بسیار ساده است. از آنجایی که این روش معمولا برای مواد ریز دانه استفاده می‌شود، مقدار سایش لبه‌ها کم است. این دستگاه‌ها ساختمان ساده‌ای دارند ولی احتمال کج شدن یا تغییر شکل یافتن صفحات در حین کار وجود دارد. اگر مواد مرطوب باشند، احتمال بسته شدن شیارها وجود دارد و چنین بسته‌شدگی به دلیل عدم دسترسی کافی به صفحات، به آسانی قابل تشخیص نیست. به علاوه، بسته شدن شیارها باعث می‌شود تا نمونه به طور مساوی تقسیم نشود.

در میزهای تقسیم‌کن، ماده مورد نظر از قسمت بالا باردهی می‌شود. سطح میز شیب‌دار است و بر روی آن یک سری شیار وجود دارد. منشورهایی که در مسیر جریان مواد در روی میز نصب شده‌اند باعث تقسیم مواد می‌شوند. ماده‌ای که به انتهای میز می‌رسد به عنوان نمونه انتخاب می‌شود. از این میز معمولا برای تقسیم موادی با وزن حدود ۵ کیلوگرم یا بیشتر استفاده می‌شود.

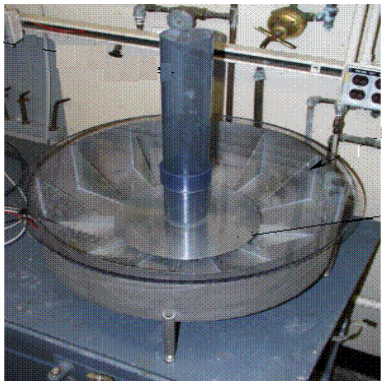
برای تقسیم نمونه‌های پالپ نیز از انواع تقسیم‌کننده‌های دیسکی، مخروطی، مخزنی و شانه‌ای تر استفاده می‌شود. در نمونه‌گیرهای دیسکی بار ورودی پس از ورود به محفظه نمونه‌گیر به طور پیوسته با موانعی که به صورت قائم بر روی دیسک‌ها تعبیه شده‌اند به سمت محل تخلیه در وسط دیسک‌ها هدایت می‌شوند. مقدار نمونه به سرعت و ابعاد دیسک‌ها بستگی دارد. در نمونه‌گیرهای مخزنی نیز بار ورودی پس از ورود به قیف تقسیم، در مخازنی که به طور پیوسته می‌چرخند، توزیع می‌شود. در شکل‌های ۲-۱۲ تا ۲-۱۶ انواع نمونه‌گیرها و تقسیم‌کننده‌های جامد و پالپ نشان داده شده است.

1- Jones
2- Gilson

omoorepeyman.ir

شکل ۲-۱۲- تقسیم‌کننده GILSON

شکل ۲-۱۳- تقسیم‌کننده شانه‌ای یا ریفل



شکل ۲-۱٤- نمونه‌گیر دیسکی

شکل ۲-۱۵- نمونه‌گیر مخروطی

omoorepeyman.ir

شکل ۲-۱۶- انواع نمونه‌گیر مخزنی

۲-۱۵- فیلترها

جداسازی ذرات از محیط‌های گاز یا مایع با فیلترها انجام می‌گیرد. در انتخاب فیلتر مناسب برای کاربردی مشخص باید فاکتورهای تاثیرگذار بر عملکرد فیلتر مورد توجه قرار گیرد. این فاکتورها عبارت از ویژگی‌های محیط اطراف فیلتر (مانند دما، رطوبت، شرایط جریان، ترکیب شیمیایی و جرم)، پیکربندی فیلترها مانند کاتریج، بخش استوانه‌ای و نظایر آن‌ها، ویژگی‌های ذرات (مانند ابعاد ذرات، توزیع ابعادی ذرات و نظایر آن‌ها) نیروها و تنش‌های اعمال شده به فیلتر در هنگام کار هستند.

برای آبگیری نمونه‌ها از فیلترها استفاده می‌شود. متداول‌ترین انواع فیلترهای مورد استفاده در آزمایشگاه‌های فرآوری، فیلترهای فشاری، خلا، مخروطی و صفحه‌ای‌اند. ساختمان کلی فیلترهای فشاری شامل یک بدنه و یک صفحه مشبک در انتهای آن است که یک کاغذ یا پارچه صافی بین آن‌ها نصب شده است. پالپ در محفظه فیلتر به آن وارد شده و هوا به وسیله یک ورودی به آن تزریق می‌شود. هوا تا زمانی که آب پالپ خارج نشده باشد به آن فشار وارد می‌کند و با اتمام فرآیند آبگیری، از صفحه مشبک به سمت خارج جریان می‌یابد. کاغذ یا پارچه فیلتر در مقابل رطوبت مقاوم است و از خروج ذرات درشت‌تر از ۲۵ میکرون جلوگیری می‌کند. فیلترهای خلا نیز ساختمانی مشابه با انواع فشاری دارند با این تفاوت که مخزن آن‌ها کوچکتر بوده و فاقد درپوش هستند. این امر امکان شستشوی کیک حاصل در فیلتر را فراهم می‌سازد. عملیات آبگیری در این نوع فیلترها با یک خروجی در انتهای صفحه مشبک انجام می‌گیرد که به یک پمپ مکش آب متصل است.

فیلترهای مخروطی، کارآمدترین انواع فیلترها هستند، چنانچه مواد آبگیری شده رطوبتی کمتر از ۱۰ درصد داشته و به دلیل مکانیزم خاص آن، محصول آبگیری شده ماهیت کیک ندارد، بنابراین می‌توان محصول را به طور مستقیم وارد خشک‌کن کرد. این فیلترها از یک مخروط عمیق تشکیل شده‌اند که در بالا به وسیله یک درپوش مشبک و پوشیده شده با پارچه فیلتر بسته می‌شوند. با ورود بار ورودی مرطوب با این درپوش، مخروط و درپوش شروع به چرخش می‌کند و با ایجاد خلا در مخروط، آب به سمت دهانه خروجی مخروط هدایت می‌شود. در بالا یک چنگک، توده مواد آبگیری شده را به سمت یک تیغه ثابت هدایت می‌کند. این تیغه به نحوی جهت‌دهی شده است که مواد را به خارج از سیستم (محل تخلیه) منتقل می‌سازد. آب نیز به وسیله نیروی گرانی از مخروط خارج شده و در یک ظرف در پایین دستگاه تخلیه می‌شود.

فیلترهای صفحه‌ای نیز عملکردی مشابه با فیلترهای خلا دارند و عمل آبگیری به وسیله مکش از پایین دیس‌های آبگیری انجام می‌گیرد. مواد در دیس‌ها ریخته می‌شوند و پس از آبگیری با خم کردن دیس‌ها، محصول آبگیری شده سرازیر می‌شود. پارچه فیلتر معمولا از جنس کتان یا نایلون و شبکه آبگیری از جنس پلی‌پروپیلن است. در شکل‌های ۲-۱۷، ۲-۱۸ و ۲-۱۹ فیلترهای خلا، فشاری و مخروطی نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

شکل ۲-۱۷- فیلتر خلا

شکل ۲-۱۸- فیلتر فشاری

شکل ۲-۱۹- فیلتر مخروطی

۲-۱۶- مخلوط‌کن‌ها و همزن‌ها

همزن دستگاهی است که با داشتن حداقل یک محور پره‌دار یا پارودار، در اثر چرخش محور و برخورد پره‌ها با مواد، عمل اختلاط را انجام می‌دهد. در مواردی مانند آزمایش‌های فلوتاسیون، لازم است تا مواد همگن‌سازی شوند. برای مخلوط کردن و همگن ساختن پالپ‌ها از همزن‌ها استفاده می‌شود که ممکن است دستی یا ثابت باشد. انواع دستی برای مقادیر نمونه کم به کار می‌روند و از یک موتور دستی و یک تیغه همزن‌دار تشکیل شده‌اند (شکل ۲-۲۰ و ۲-۲۱).

مخلوط‌کن دستگاهی است که بدنه آن بر روی یک یا چند پایه مستقر شده است که در اثر چرخش بدنه دستگاه و نیروی گرانی مواد داخل آن، عمل اختلاط انجام می‌گیرد. بشکه مخلوط‌کن نوعی دستگاه مخلوط‌کن است که یک محفظه استوانه‌ای دارد و عموما بر روی دو پایه نصب شده است و به طور مکانیکی در اثر چرخش حول محور خود، مواد را مخلوط می‌سازد. برای حجم‌های بالای

omoorepeyman.ir

پالپ نیز از مخلوط‌کن‌های استوانه‌ای استفاده می‌شود. این تجهیزات شامل یک یا چند محور گردان افقی یا قائم هستند که بشکه حاوی پالپ را به چرخش درمی‌آورد. حداکثر سرعت چرخش آن‌ها نیز به ۴۰ دور در دقیقه می‌رسد که با وزن پالپ نسبت عکس خواهد داشت و ظرفیت آن‌ها با محور افقی تا ۱۸۰ کیلوگرم و با محور قائم تا ۴۵۰ کیلوگرم می‌رسد. در شکل ۲-۲۲، نمایی از مخلوط‌کن نشان داده شده است.

شکل ۲-۲۰- همزن دستی و انواع تیغه‌های در دسترس

شکل ۲-۲۱- همزن ثابت

برای همگن‌سازی مواد جامد نیز از مخلوط‌کن‌های مخروطی و یا تیغه‌ای استفاده می‌شود. انواع مخروطی از یک یا دو مخزن مخروطی تشکیل شده‌اند که با چرخش حول محور افقی خود، عمل همگن‌سازی و مخلوط کردن را انجام می‌دهد. مخلوط‌کن‌های تیغه‌ای نیز از یک محفظه استوانه‌ای شکل تشکیل شده‌اند که عمل همگن‌سازی در آن به وسیله دو تیغه که در خلاف جهت یکدیگر می‌چرخند، انجام می‌گیرد. حداکثر حجم عملیاتی این نوع مخلوط‌کن‌ها ۴ لیتر است. برای مقادیر زیادتر می‌توان از مخلوط‌کن‌های مخروطی استفاده کرد. حجم این تجهیزات بین ۲ تا ۸۰ لیتر متغیر است. در شکل‌های ۲-۲۳ و ۲-۲۴ مخلوط‌کن‌های مخروطی و تیغه‌ای نشان داده شده است.

شکل ۲-۲۲- نوعی مخلوط‌کن استوانه‌ای

omoorepeyman.ir

شکل ۲-۲۳- نمونه‌ای از مخلوط‌کن مخروطی

شکل ۲-۲٤- مخلوط‌کن تیغه‌ای

۲-۱۷- خشک‌کن‌ها

اساس کار خشک کردن مواد، تولید حرارت برای تبخیر آب و انتقال آب تبخیر شده از داخل خشک‌کن به وسیله سیال است. در بعضی موارد که مواد به حرارت حساس‌اند، طراحی خشک‌کن بر اساس انتقال جرم انجام می‌گیرد که توام با ایجاد فشار منفی در داخل دستگاه است. معمولا خشک‌کن‌ها بر اساس رطوبت ورودی و خروجی و نیز ظرفیت و سایز مواد ورودی و حساسیت مواد به حرارت طراحی می‌شوند.

در مواردی که مواد به حرارت حساس‌اند و یا در اثر گرما تغییر رنگ می‌دهند از حرارت غیر مستقیم استفاده می‌شود که در این نوع خشک‌کن‌ها عمده مساله خشک کردن با انتقال جرم انجام می‌گیرد. هوای محیط در یک واحد هواساز[1] تا درجه حرارت مورد نیاز گرم می‌شود و با یک دستگاه فن در داخل استوانه خشک‌کن جریان می‌یابد.

در برخی موارد (به جز رطوبت‌سنجی)، لازم است تا نمونه تهیه شده خشک شود. خشک کردن به دو روش انجام می‌شود. ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش، خشک کردن طبیعی است. روش دوم استفاده از خشک‌کن‌ها است. این تجهیزات در واقع کوره‌هایی حجیم ولی با ظرفیت گرمایی پایین (حداکثر ۱۲۵۰°C) هستند. خشک‌کن‌ها ممکن است برقی و یا گازی باشند و در برخی از انواع آن‌ها یک سیستم تهویه در بالای محفظه خشک‌کن نصب می‌شود تا بخارهای حاصل را به طور پیوسته از سیستم خارج کند.

خشک‌کن آزمایشگاهی معمولا شامل موتور الکتریکی تک فاز، دمنده هوا با امکان کنترل دبی هوای ورودی با دمپر، کنترل‌کننده

1- Hot gas generator

omoorepeyman.ir

اینورتور، کوره حرارتی با تعدادی مشخص سیستم‌های حرارتی هر کدام با توان‌های مشخص، کنترل‌کننده دما با ترموکوپل حساس،

ترموستات دقیق، توری مشبک و محفظه قرارگیری نمونه مرطوب است.

برای استفاده از کوره‌ها به لوازم جانبی دیگری نیز نیاز است که عبارت از بوته، دستکش و انبرک هستند. بوته‌ها در شکل‌ها و ابعاد مختلف (۰٫۰۳ تا ۵ لیتر) در دسترس‌اند. در شکل ۲-۲۵، تصاویری از خشک‌کن نشان داده شده است.

شکل ۲-۲۵- خشک‌کن با حجم کم (سمت راست) و خشک‌کن آزمایشگاهی در حجم زیاد (سمت چپ)

۲-۱۸- ترازوها

ترازو وسیله‌ای برای سنجش وزن و تعیین مشخصات اجسام مانند تعیین جرم مخصوص و تعیین ترکیب وزنی آلیاژهای فلزی است. توزین نمونه‌های آزمایشگاهی در هر مرحله، امری اجتناب‌ناپذیر و غالبا الزامی است. امروزه، ترازوها در مدل‌های مختلفی مانند مکانیکی و روقومی و با ظرفیت‌های متفاوتی در دسترس است. در شکل ۲-۲۶، انواع ترازوها نشان داده شده است.

شکل ۲-۲۶- انواع ترازوهای مورد استفاده در آزمایشگاه‌ها با ظرفیت‌های متفاوت برای توزین پالپ و مواد جامد

omoorepeyman.ir

۲-۱۹- زمان‌سنج‌ها و شمارنده‌ها

بسیاری از عملیات آزمایشگاهی با محدودیت زمانی همراه هستند، هر چند که امروزه، اغلب تجهیزات پیشرفته آزمایشگاهی با زمان‌سنج خودکار همراه‌اند ولی استفاده از زمان‌سنج‌ها و شمارنده‌ها، به ویژه در آزمایشگاه‌ها متداول‌تراند. زمان‌سنج‌ها و شمارنده‌ها معمولا برای تعقیب و یا کنترل زمان‌های کوتاه استفاده می‌شوند و به صورت عقربه‌ای و یا دیجیتال در دسترس هستند. شکل ۲-۲۷ برخی از انواع متداول این وسایل را نشان می‌دهد.

شکل ۲-۲۷- انواع زمان‌سنج‌های متداول مورد استفاده

۲-۲۰- سایر تجهیزات

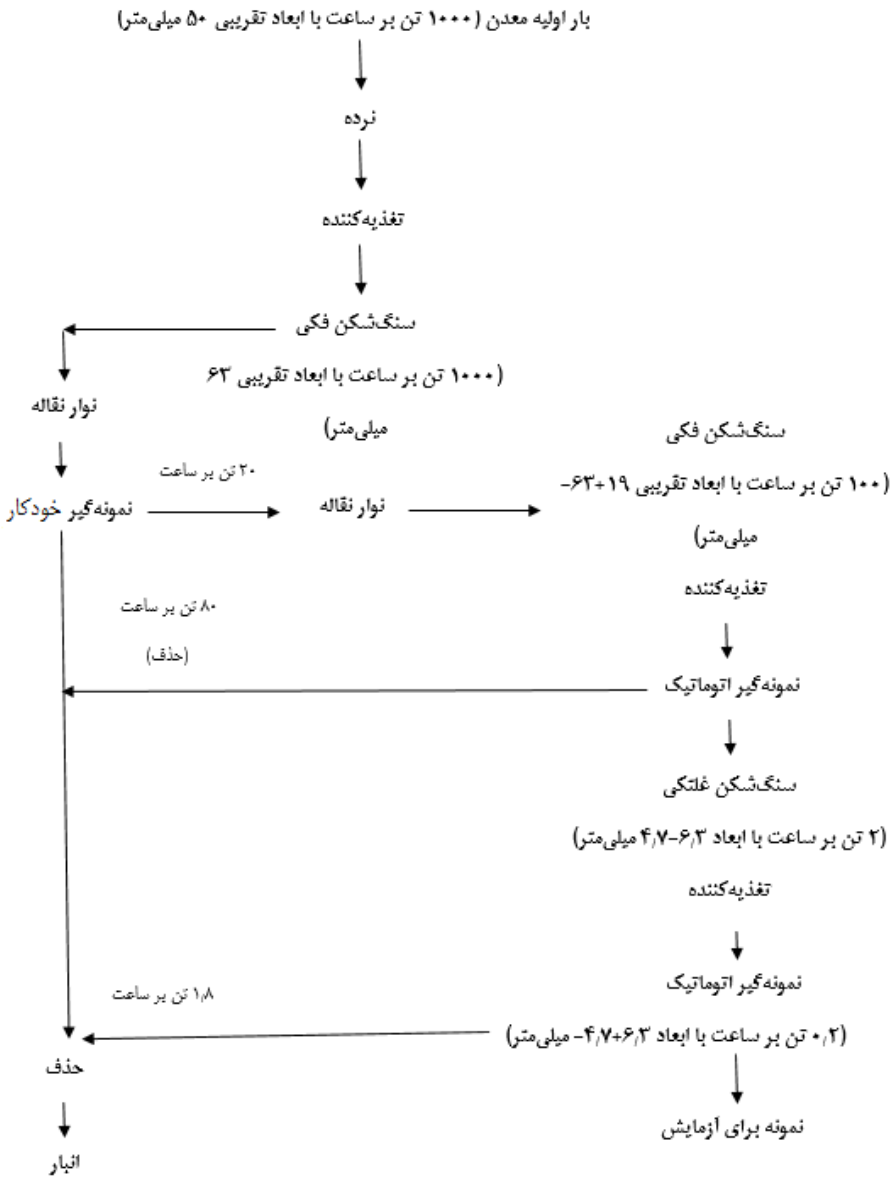
علاوه بر تجهیزات عملیاتی آزمایشگاهی، به ابزارهای دیگری نیز نیاز است که بدون آن‌ها جمع‌آوری، نگهداری و حمل نمونه‌های آزمایشگاهی غیرممکن است و عملکرد دیگر فعالیت‌های آزمایشگاه را مختل می‌کند. این ابزارها عبارتند از انواع کاسه، سطل، تانک و مخزن، تنگ، سینی، بشقاب و فویل که ممکن است دربدار و یا بدون درب، دسته‌دار و یا بدون دسته باشند و متناسب با کاربرد در ابعاد متفاوت و از مواد مختلفی همچون شیشه، فولاد، آهن، آلومینیم، پلاستیک، نیکل و یا زیرکونیم ساخته شوند. قیف، ملاقه، بیلچه و ظروف نگهداری نمونه نیز از دیگر ابزارهای مورد استفاده در آزمایشگاه‌ها هستند. در شکل ۲-۲۸ برخی از این ابزارها نشان داده شده است.

شکل ۲-۲۸- ظروف مورد استفاده در آزمایشگاه‌های فرآوری مواد معدنی

omoorepeyman.ir

شکل ۲-۲۹ و ۲-۳۰ آماده‌سازی نمونه با کاهش وزن و ابعاد و آماده‌سازی نمونه بدون کاهش ابعاد را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱ و ۲-۲ نیز مشخصات فنی بعضی از وسایل آزمایشگاهی در ارتباط با آماده‌سازی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۹- آماده‌سازی نمونه با کاهش وزن و ابعاد

جدول ۲-۱- آماده‌سازی نمونه بر اساس ابعاد درشت نمونه

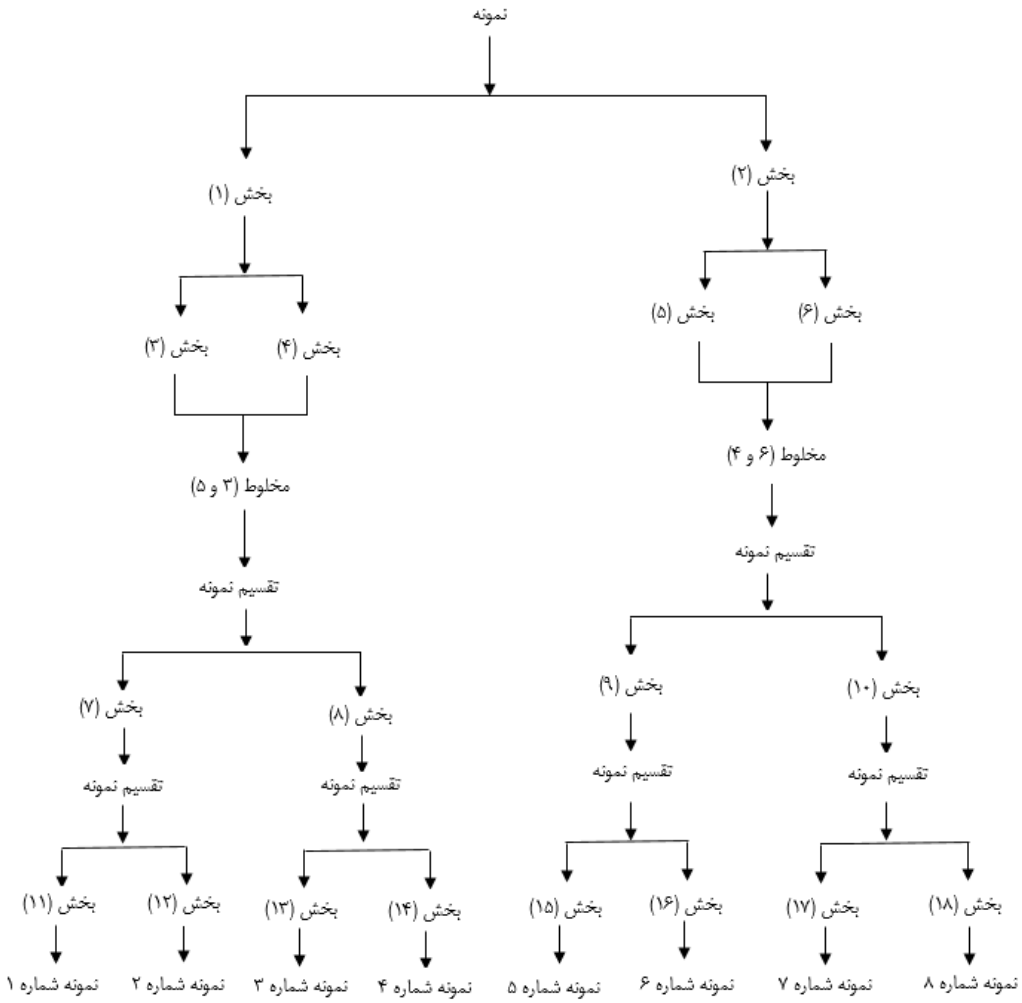
ابعاد درشت (mm)	روش کاهش وزن	وزن تقریبی نمونه (گرم)
>۱۰۰	با بیل و یا دستی	تمامی نمونه
۱۲-۱۰۰	با بیلچه و مخلوط و چهار قسمتی	۵۰۰۰۰
۰٫۴۲-۱۲	با ریفل	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰
۰٫۱۵-۰٫۴۲	با ریفل و شیوه چرخشی	۱۰۰۰
<۰٫۱۵	با ریفل و شیوه چرخشی	۵۰۰

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۲- تجهیزات لازم در آماده‌سازی

نوع وسیله	ابعاد (cm)	ظرفیت (kg/h)	کاربرد در مرحله بعدی	ابعاد ورودی (d_{80}mm)	ابعاد محصول (d_{80}mm)
سنگ‌شکن فکی (بزرگ)	دهانه×عرض ۱۶×۱۳	۲۵۰-۱۰۰۰	خردایش اولیه	۱۰۰	۱۵-۵۰
سنگ‌شکن فکی (کوچک)	دهانه×عرض ۹×۶	۲۵-۷۵	خردایش اولیه و ثانویه	۵۰	۵-۱۰
سنگ‌شکن مخروطی	قطر هسته ۳۰	تا ۵۰	خردایش ثانویه و سوم	۱۰	۳-۵
سنگ‌شکن غلتکی	قطر×طول ۱۶×۲۶	۲۰۰۰	خردایش سوم و نهایی	۱۰	۱-۵
آسیای میله‌ای	قطر×طول ۳۶×۲۰	۲-۴	آزمایش کانه‌آرایی	۳	بسته به مراحل بعدی
آسیای گلوله‌ای	قطر×طول ۱۳×۳۰	۲-۴	آزمایش کانه‌آرایی	۳	بسته به مراحل بعدی
آسیای سرامیکی	استاندارد	۰/۵-۴	محصول بدون آهن	۳	بسته به مراحل بعدی
آسیای دیسکی	قطر دیسک ۲۲	۲۰۰-۱۰۰۰	مواد ترد و ساینده	۵	بسته به آزمایش بعدی
پودرکن	ابعاد هاون ۱۶-۲۵	۰/۲	برای تجزیه شیمیایی	۳	۰/۷۵

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۳۰- آماده‌سازی نمونه بدون کاهش ابعاد

omoorepeyman.ir

فصل ۳

آماده‌سازی نمونه‌ها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۳-۱- آشنایی

آماده‌سازی نمونه بخشی از عملیات کانه‌آرایی است که انجام آن برای آزمایش‌های مراحل بعدی و اهداف خاص آزمایش‌ها لازم و شامل خردایش، سرند کردن، خشک کردن، فیلتر کردن و نظایر آن است. انتقال جزنمونه برداشت شده از نمونه‌گیر، خردایش آن تا حد لازم، عملیات سرند کردن (خشک یا تر) که به طور معمول در کنار خردایش انجام می‌شود، خشک کردن مواد جامد با درصد رطوبت متفاوت و فیلتر کردن پالپ برای جدا کردن فاز مایع از جامد از جمله عملیاتی است که در فاز آماده‌سازی نمونه انجام می‌گیرد.

پس از تهیه نمونه معرف، نوبت به آماده‌سازی آن می‌رسد. آماده‌سازی نمونه ممکن است با خردایش و با کاهش وزن نمونه و یا کاهش وزن بدون خردایش (شکل ۲-۲۹ و ۲-۳۰) نمونه انجام شود (برای مثال در مورد مطالعات دانه‌بندی و غرق و شناورسازی نمونه‌های زغال‌سنگ). هر یک از روش‌های یاد شده برای اهداف خاصی به کار می‌رود. معمولا نمونه‌هایی که برای اهداف مختلف به آزمایشگاه ارسال می‌شوند، باید خشک و سپس خرد شوند. خشک کردن نمونه در فضای آزاد و یا به وسیله خشک‌کن انجام می‌گیرد. پس از خردایش نمونه، تقسیم‌بندی و کاهش وزن نمونه انجام می‌گیرد. مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها، در مقیاس آزمایشگاهی و پیشاهنگ، مشابه یکدیگر است و تفاوت تنها در حجم نمونه‌ها و تجهیزات است. آماده‌سازی پالپ و محلول‌های حاصل از مراحل فروشویی حاوی عناصر و فلزات با ارزش نیز از جمله عملیاتی است که در مقیاس‌های آزمایشگاهی و پیشاهنگ انجام می‌گیرد.

۳-۲- عوامل موثر در آماده‌سازی نمونه‌ها

مهم‌ترین عوامل موثر در آماده‌سازی نمونه‌ها به شرح زیر است:

- نوع آزمایش
- مقدار و حجم نمونه
- زمان
- ابعاد قطعات و ذرات تشکیل دهنده
- نوع، ابعاد و ظرفیت ظروف و تجهیزات آماده‌کننده
- ماهیت نمونه (مانند جامد، مایع، پالپ و نظایر آن)
- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه، ترکیب شیمیایی، کانی‌شناسی، سختی و شکننده و یا ترد بودن نمونه
- نوع نمونه (مانند کانسنگ، کنسانتره، باطله، پساب و نظایر آن)
- خاصیت رادیواکتیویته نمونه
- دقت تجهیزات و مهارت شخص
- شرایط محیط و وضعیت دما

omoorepeyman.ir

۳-۳- خطاها و روش‌های کاهش و یا حذف آن

۳-۳-۱- خطاهای آماده‌سازی

عملیات آماده‌سازی باید به گونه‌ای انجام شود تا معرف بودن نمونه حفظ شود و ناهمگنی در طی عملیات انجام نگیرد. خطاهای تصادفی از آلودگی نمونه، کمبود نمونه، رطوبت نمونه (در نمونه مرطوب) و اشتباهات اپراتوری حاصل می‌شوند. آماده‌سازی نمونه به شدت تحت تاثیر رفتار اپراتور و مسوول نگهداری دستگاه و ماشین‌آلات آماده‌سازی است. برای صحت و دقت کار باید تجهیزاتی در آزمایشگاه نصب شود تا از خارج شدن و پخش گرد و غبار حاصل از مراحل سنگ‌شکنی، آسیا کردن و نظایر آن جلوگیری شود. خطاهای آماده‌سازی نمونه عبارتند از:

- ایجاد گرد و غبار
- وجود مواد از قبل باقی‌مانده در دستگاه
- سایش در طی عملیات
- مواد از دست رفته
- تغییر ترکیب شیمیایی
- تغییر ترکیب فیزیکی
- اشتباهات تصادفی
- مرتبط با آزمایشگاه و فرد آماده‌کننده نمونه

۳-۳-۲- روش‌های کاهش خطا

الف- خطای ایجاد گرد و غبار

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه از موادی که شامل ذرات دانه ریز خشک است، موجب بروز مشکل پیچیده‌ای به دلیل ایجاد گرد و غبار می‌شود. به طور معمول پیدا کردن راه حل رضایت‌بخش برای این مشکل غیرممکن است ولی برای کاهش مقدار این خطا می‌توان پیشنهادهای زیر را ارایه داد:

- کاهش سقوط آزاد مواد
- ورود بار ورودی با سرعت کم به تقسیم‌کن شانه‌ای
- پوشش روی نمونه‌گیر
- فشار منفی زیر هود

ب- خطای ناشی از آلودگی

- بین هر دو نمونه متوالی حداقل تغییرپذیری وجود داشته باشد.
- تمیز کردن مدار نمونه‌برداری در اسرع وقت انجام گیرد.
- موادی که در طی تمیز کردن به دست می‌آید را باید دور ریخت.

omoorepeyman.ir

– اگر ورود جداگانه هر یک از مواد باطله و کنسانتره ممکن نباشد، باید بعد از انجام عملیات آماده‌سازی روی نمونه‌های هر یک از آن‌ها کل مدار به طور کامل تمیز شود و سپس برای آماده‌سازی نمونه‌های دیگر اقدام کرد.

– اگر ابتدا نمونه‌های مربوط به باطله، سپس بار ورودی و در مرحله آخر کنسانتره به مدار وارد شود، آلودگی کاهش می‌یابد.

– باردهی به مدار آماده‌سازی را باید طوری تنظیم کرد که اختلاف بین دو بار ورودی حداقل باشد.

– جداسازی جزنمونه‌ها، آسیا کردن، نرم کردن و سرند کردن آن بدون وارد شدن ناخالصی‌ها (آلودگی) اجتناب‌ناپذیر است. بهترین راه برای جلوگیری از بروز این مشکل تعیین حد بحرانی آن است و سپس سعی شود تا مقدار آلودگی از این حد نگذرد که ناشی از آگاهی از تاثیر نامطلوب دستگاه است.

پ- خطای ناشی از سایش

عملیات سنگ‌شکنی، آسیا کردن، نرم کردن، سرند کردن و جابه‌جایی نمونه باعث می‌شود تا ذرات ساییده شده مانند آهن، مس، روی و پالپ‌ها با میزان اسیدی یا قلیایی مختلف به نمونه وارد شوند. در چنین مواقعی بهتر است از تجهیزاتی با فلزات ضد زنگ و مواد با کیفیت قابل قبول استفاده شود.

ت- خطای ناشی از دست دادن بخشی از نمونه

از دست دادن بخشی از مواد دانه ریز هنگامی رخ می‌دهد که مواد به صورت خشک جابه‌جا شوند. یک مثال بارز آن در تجهیزات سنگ‌شکنی، آسیا کردن یا نرم کردن مواد است، به ویژه اگر از سیستم‌های تهویه استفاده شود.

استفاده از آسیای چکشی با سرعت بالا که سبب ایجاد گرد و غبار می‌شود، برای سیستم‌های آماده‌سازی پیشنهاد نمی‌شود. برای نرم کردن نمونه‌های کوچک، استفاده از سیستم کاملا پوشیده (بسته) مانند آسیای گلوله‌ای توصیه می‌شود.

ث- خطای ناشی از تغییر ترکیب شیمیایی ذرات

در طی آماده‌سازی نمونه‌ها ممکن است جزیی به ترکیب شیمیایی اضافه و یا از آن کم شود مانند هیدراسیون و یا دی‌هیدراسیون مواد نمونه و یا اکسیداسیون سولفیدها. از دست دادن جیوه، سلنیم و ژرمانیم نمونه‌ها در طی خشک کردن نیز از جمله مثال‌های بارز در این زمینه است.

برای کاهش این اثرات باید تا حد ممکن شرایط نگهداری نمونه مطابق با استانداردهای موجود باشد که از آن جمله می‌توان به دما، فشار، اسیدیته و نظایر آن‌ها اشاره کرد.

ج- خطای ناشی از تغییر خواص فیزیکی

در فرآوری مواد معدنی معمولا تغییر خواص فیزیکی یک کانی در ارتباط با تغییر مقدار رطوبت و توزیع ابعادی ذرات است. برای مثال جذب آب که امکان دارد به صورت سطحی بر روی ذرات جذب شده باشد، موجب چسبندگی ذرات ریز به یکدیگر می‌شود و دانه‌بندی را با مشکل مواجه می‌سازد.

چ- خطای تصادفی

ریشه این خطا عمدتا در این است که اپراتور آماده‌کننده نمونه نسبت به شرایط و مقررات آماده‌سازی، ناآگاه و بی‌توجه است. در نتیجه از آن پیروی نمی‌کند و بیشتر از تجربیات خود تبعیت می‌کند. در زیر برخی از روش‌های کاهش خطا ارایه می‌شود:

– باید از مخلوط شدن بخش‌هایی که متعلق به نمونه‌های دیگر است جلوگیری شود.

omoorepeyman.ir

- تجهیزات و ماشین‌آلات آماده‌سازی نمونه‌ها به صورت مناسب نگهداری شوند.
- از نصب شماره اشتباه بر روی نمونه پرهیز شود.
- از تکنسین مجرب و کاردان استفاده شود.

ح- خطای مرتبط با آزمایشگاه و اپراتور

آزمایشگاه باید مطابق استانداردهای موجود و اپراتور نیز باید فرد مجرب و آموزش دیده باشد.

۳-٤- مراحل عمومی آماده‌سازی نمونه‌های جامد

مراحل آماده‌سازی بر حسب مورد با اهداف آن باید سازگاری داشته باشد و عملا نمی‌توان یک دستور یا روش معینی برای همه موارد پیشنهاد کرد. در بسیاری از موارد بهتر است برای هر نوع ماده معدنی به استانداردهایی که برای نمونه‌برداری و آماده‌سازی آن ماده تهیه شده، مراجعه کرد. مراحل آماده‌سازی نمونه‌های جامد به شرح زیر است:

۳-٤-۱- خشک کردن

خشک کردن به عبارتی کاهش آب از ماده معدنی به وسیله حرارت با تبخیر یا تصعید است. اگر مقدار رطوبت نمونه کلی برداشت شده به حدی باشد که در مراحل سرند، خرد و تقسیم کردن اشکال ایجاد کند و احیانا باعث بروز خطاهای سیستماتیک (نظام‌دار) شود، باید ابتدا نمونه کلی را تا حد مناسب خشک کرد. برای خشک کردن باید از وسایل مناسب در دمایی که باعث تغییرات در خواص نمونه و مقدار کمیت مورد اندازه‌گیری در نمونه نشود، استفاده کرد. به عنوان مثال نمونه‌های زغال‌سنگ معمولا به مدت حداکثر دو روز و در فضای آزاد (دمای اتاق) خشک می‌شوند. مدت زمان لازم برای کانی‌های غیرفلزی حدود ۸ تا ۲۴ ساعت و برای خاک‌های معمولی که حاوی شن، ماسه و کانی‌های رسی است حدود ۱۸ ساعت است. برای نمونه‌های غیرزغالی می‌توان برای آبگیری از انواع فیلترها استفاده کرد. برای نمونه‌های زغال‌سنگ، در صورتی که تراکم مواد طی فیلتر کردن تاثیری بر آزمایش‌های بعدی نداشته باشد (به عنوان مثال خرد شدن تحت فشار فیلتر)، می‌توان از فیلترها استفاده کرد. برای خشک کردن کامل نیز از انواع خشک‌کن‌های آزمایشگاهی یا پیشاهنگی با ابعاد و ظرفیت‌های مختلف استفاده می‌شود ولی در صورت نبودن امکانات لازم یا در مواقعی که به دلیل حجم بسیار زیاد نمونه، امکان استفاده از خشک‌کن وجود نداشته باشد، می‌توان نمونه کلی را در سطحی مناسب در مقابل آفتاب پهن کرد تا خشک شود. برای خشک کردن نمونه در خشک‌کن باید نمونه در ظرفی به صورت مسطح و یکنواخت پهن شود و دما از حدی که روی خواص مورد اندازه‌گیری اثر بگذارد، فراتر نرود. در صورتی که هدف تعیین درصد رطوبت مواد باشد، باید قبل از خشک کردن نمونه آن را توزین و پس از خشک شدن نیز مجددا وزن شود.

۳-٤-۲- خرد و پودر کردن

قبل از تقسیم کردن نمونه کلی و رساندن آن به حد مناسب، در صورت لازم باید آن را خرد و پودر کرد. برای این کار از انواع سنگ‌شکن‌های با مقیاس آزمایشگاهی و پودرکننده‌ها استفاده می‌شود. معمولا در مراحل اولیه آماده‌سازی از سنگ‌شکن‌های فکی یا آسیاهای گلوله‌ای یا میله‌ای و در مراحل نهایی که به تدریج در اثر تقسیم کردن‌های متوالی وزن زیرنمونه‌ها کم می‌شود، از انواع پودرکن استفاده می‌شود. برای اینکه خطای مرحله تقسیم و کاهش وزن نمونه در حد پایینی باقی بماند باید ابعاد ذرات نمونه را تا حد

omoorepeyman.ir

لزوم کاهش داد. جدول ۳-۱ تغییرات وزن نمونه یا زیرنمونه مناسب به عنوان تابعی از تغییرات قطر فوقانی مجاز ذرات سازنده نمونه مورد تقسیم را نشان می‌دهد. معمولا وزن نمونه مورد نیاز متناسب با مکعب قطر ذرات ($W=Kd^3$) است که در آن W وزن نمونه، K ثابت نمونه‌گیری که به ویژگی‌های ذاتی ذرات و مشخصات واحد نمونه‌برداری از قبیل نوع کانی، عیار کانی، نحوه توزیع کانی با ارزش در سنگ معدن، درجه همگنی و پراش بستگی دارد و مقدار آن برای کانه‌های کم عیار یا کانه‌هایی با بافت یکنواخت معادل ۰٫۲ و برای کانه‌های پرعیار یا کانه‌های با بافت غیر یکنواخت معادل ۹٫۲ است. d قطر ذرات است و هر چه ابعاد ذرات نمونه درشت‌تر باشد وزن بیشتری از نمونه نیاز خواهد بود.

جدول ۳-۱- ارتباط بین وزن نمونه یا زیرنمونه با حد مجاز قطر فوقانی نمونه

وزن نمونه یا زیرنمونه (کیلوگرم)	حداکثر قطر فوقانی مجاز ذرات سازنده نمونه (سانتی‌متر)
۱۰۰۰	۷٫۹
۵۰۰	۵٫۰
۱۰۰	۲٫۳
۵۰	۱٫۵
۱۰	۰٫۷
۵	۰٫۵
۱	۰٫۳

معمولا برای اولین مرحله خرد کردن نمونه کلی، از سنگ‌شکن‌های فکی در مقیاس آزمایشگاهی استفاده می‌شود. سنگ‌شکن‌هایی که قسمت‌های داخلی آن‌ها با صفحاتی از جنس سرامیک پوشیده شده است، برای جلوگیری و کاهش آلودگی نمونه به آهن و منگنز موجود در قطعات فولادی سنگ‌شکن استفاده می‌شود. برای خردایش در مراحل میانی (پس از مرحله سنگ‌شکن فکی)، می‌توان از سنگ‌شکن‌های غلتکی یا مخروطی استفاده کرد. از سنگ‌شکن چکشی می‌توان برای خرد کردن سنگ و کانی‌های نرم و به ویژه زغال‌سنگ استفاده کرد. در سنگ‌شکن‌های چکشی برای خرد کردن مواد، از اثر توام ضربه چکش و اصطکاک بین ذره‌ای استفاده می‌شود. پدیده اصطکاک بین ذره‌ای در اثر تفاوت سرعت حرکت ذرات در لایه‌های مختلف موجود در بین جداره دستگاه و چکش ایجاد می‌شود و در نتیجه، ذرات نرم‌تر، سریع‌تر و بیشتر از قطعات سخت‌تر خرد می‌شوند. مقدار کاهش رطوبت مواد در اثر خرد شدن در سنگ‌شکن چکشی معمولا از ۰٫۲ تا ۱٫۲ درصد است، بنابراین در مواردی که کاهش رطوبت پارامتری مهم باشد، باید این اثر را در نظر گرفت.

در این مرحله برای برخی از مواد معدنی مانند زغال‌سنگ و بسته به نوع آزمایش، نمونه نباید خرد شود (مانند آزمایش دانه‌بندی و غرق و شناورسازی) و در بعضی موارد نمونه باید مطابق روش‌های یاد شده آماده‌سازی شود.

۳-٤-۳- تقسیم و کاهش وزن

معمولا وزن نمونه کلی در حدی است که نمی‌توان کمیت مورد نظر (برای مثال عیار نمونه) را مستقیما اندازه‌گیری کرد، بنابراین باید ابتدا مقدار آن را تا حدی که اندازه‌گیری آن قابل اجرا باشد، کاهش داد. مرحله کاهش وزن نمونه‌های آزمایشگاهی به عنوان بخشی از عملیات آماده‌سازی هنگامی آغاز می‌شود که ۱۰۰ درصد ذرات موجود در نمونه دارای ابعادی ریزتر از ۲۰ میلی‌متر باشند. در

omoorepeyman.ir

مقیاس پیشاهنگ، تقسیم نمونه با استفاده از تجهیزات خودکار انجام می‌گیرد. در عمل، کاهش وزن نمونه به یکی از روش‌های زیر انجام می‌شود:

- تقسیم نمونه به روش دستی یا مخروطی (مخروط‌سازی نمونه جامد و چهار قسمت کردن آن به وسیله یک ورق فولادی)
- تقسیم نمونه به روش تقسیم‌کننده شانه‌ای
- نمونه‌گیری شطرنجی
- نمونه‌گیری میزی
- تقسیم نمونه با استفاده از سایر دستگاه‌های تقسیم‌کننده

در هر مرحله از تقسیم نمونه، خطایی به خطای مرحله آماده‌سازی اضافه می‌شود ولی با خرد کردن و مخلوط کردن نمونه قبل از عمل تقسیم، می‌توان تا حد زیادی مقدار این خطا را کاهش داد. معمولا در استانداردهای تهیه شده برای نمونه‌برداری از مواد معدنی مختلف، یک حد مجاز معین برای خطای مرحله تقسیم نمونه در حین آماده‌سازی معرفی می‌شود. مقدار خطای مجاز در تقسیم نمونه در استانداردهای بین‌المللی در جدول ۳-۲ ارایه شده است.

جدول ۳-۲- واحد مجاز خطا در مرحله تقسیم نمونه

نمونه با ابعاد ۶٫۳- میلی‌متر		نمونه با ابعاد ۳۱٫۵- میلی‌متر		نمونه با ابعاد ۵۰- میلی‌متر		نمونه با ابعاد ۲۰۰- میلی‌متر	
خطا (درصد)	وزن زیرنمونه (کیلوگرم)	خطا (درصد)	وزن زیرنمونه (کیلوگرم)	خطا (درصد)	وزن زیرنمونه (کیلوگرم)	خطا (درصد)	وزن زیرنمونه (کیلوگرم)
۱٫۵	۸	۱٫۵	۱۲۰	۳٫۰	۲۵۰	۳٫۰	۱۰۸۰
۱٫۶	۷	۱٫۶	۱۱۰	۳٫۱	۲۳۰	۳٫۱	۱۰۱۰
۱٫۷	۶	۱٫۷	۹۵	۳٫۲	۲۲۰	۳٫۲	۹۵۰
۱٫۸	۵	۱٫۸	۸۵	۳٫۳	۲۱۰	۳٫۳	۸۹۰
۲٫۲	۴	۱٫۹	۷۵	۳٫۴	۱۹۰	۳٫۴	۸۴۰
۱٫۶-۴٫۲	۰٫۵*	۲٫۲	۶۰	۳٫۵	۱۸۰	۳٫۵	۷۹۰
–	–	–	–	۳٫۶	۱۷۰	۳٫۶	۷۵۰
–	–	–	–	۳٫۸	۱۵۰	۳٫۸	۶۷۰
–	–	–	–	۳٫۴	۱۲۰	۳٫۴	۵۳۰

* مقدار خطا به حجم نمونه اولیه بستگی دارد. با افزایش حجم، مقدار خطا کاهش می‌یابد.

۳-۵- آماده‌سازی پالپ

پالپ مخلوطی از ذرات معلق در آب است. آماده‌سازی پالپ معمولا شامل تقسیم و خشک کردن یا جدایش جامد از مایع (در صورت نیاز) است. برای تقسیم پالپ از تقسیم‌کننده‌های چرخان یا قیفی استفاده می‌شود. برای کاهش رطوبت نیز ابتدا مواد جامد را به وسیله فلوکولانت‌ها ته‌نشین کرده و آب باقی‌مانده را به آرامی تخلیه می‌کنند. جامد مرطوب باقی‌مانده را نیز می‌توان به طور طبیعی و یا با استفاده از خشک‌کن‌ها خشک کرد. برای آماده‌سازی پالپ مورد نیاز برای اهداف خاص (مانند آزمایش‌های فلوتاسیون) از انواع مخلوط‌کن‌ها و همزن‌ها استفاده می‌شود.

omoorepeyman.ir

۳-٦- آماده‌سازی و دانه‌بندی نمونه‌ها

۳-٦-۱- آزمایش تعیین دانه‌بندی با سرند

دانه‌بندی مواد معدنی با توجه به ابعاد قطعات به وسیله دستگاه‌ها و تجهیزات مختلفی انجام می‌گیرد. هر یک از این تجهیزات در محدوده خاصی از ابعاد ذرات کاربرد دارند. روش‌های آماده‌سازی نمونه‌ها برای دانه‌بندی مواد معدنی در هر یک از روش‌ها و تجهیزات به یک سری از اقدامات اولیه و تجهیزات خاص نیاز دارد. آماده‌سازی نمونه‌ها معمولا قبل و بعد از خردایش بر روی نمونه مواد معدنی انجام می‌گیرد. انتخاب الک‌ها باید به نحوی باشد که وزن درشت‌ترین و ریزترین فراکسیون از ۵ درصد وزن نمونه بیشتر باشد.

سرندهای آزمایشگاهی در سری‌های مختلفی ساخته می‌شوند که رایج‌ترین آن‌ها استاندارد ASTM و تیلور آمریکا است. استانداردهای دیگر شامل سری BS و IMM انگلیس، DIN آلمان، AFNOR فرانسه و دماوند ایران است. در آزمایشگاه برای دانه‌بندی مواد معدنی معمولا از سری‌های ASTM و تیلور استفاده می‌شود که برای دانه‌بندی موادی که ابعاد آن‌ها بین ۳۸ میکرون تا ۲۰ میلی‌متر است، استفاده می‌شود و معمولا با دو روش خشک و تر کاربرد دارند.

الف- وسایل و تجهیزات لازم

از انواع سنگ‌شکن‌های آزمایشگاهی مانند فکی، مخروطی، استوانه‌ای، آسیای تر یا خشک، پتک، سری سرند، تقسیم‌کن، خشک‌کن، ترازو، ظروف آزمایشگاهی و سایر موارد استفاده می‌شود.

ب- عوامل موثر در آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش تعیین دانه‌بندی با سرند

در آماده‌سازی نمونه از پارامترهای متعددی مانند توزیع ابعادی نمونه، مشخصات کانی‌شناسی، سختی و یا تردی ماده معدنی، ابعاد و شکل ذرات و قطعات تشکیل دهنده نمونه‌ها، مقدار و مناسب بودن نمونه، میزان نرمه و مواد ریزتر از ۳۸ میکرون، کارآیی، کیفیت و نوع تجهیزات خردایش و طبقه‌بندی مورد استفاده در آماده‌سازی نمونه، مشخصات و توانایی فرد آماده‌کننده نمونه و نظایر آن استفاده می‌شود.

پ- روش آماده‌سازی نمونه برای آزمایش تعیین دانه‌بندی با سرند خشک

تجزیه سرندی خشک طی مراحل زیر انجام می‌گیرد:

- نمونه‌های مواد معدنی که از مراحل مختلف معدنکاری به آزمایشگاه منتقل شده‌اند برای طبقه‌بندی انتخاب می‌شوند.
- اگر هدف دانه‌بندی نمونه بدون خردایش و با حجم زیاد باشد، در مرحله اول، نمونه در هوای آزاد خشک شده (در صورت نیاز) و سپس با دستگاه مخلوط‌کن، مخلوط می‌شود.
- بعد از مخلوط شدن، حدود یک کیلوگرم نمونه با دستگاه تقسیم کننده و یا به روش مخروط و چهار قسمتی، تقسیم می‌شود و دو قسمت روبه‌رو از چهار قسمت برای عملیات دانه‌بندی برداشته شده و بعد از توزین برای عملیات سرندی آماده می‌شود.
- در صورتی که نمونه نیاز به خردایش داشته باشد، بعد از خردایش (در صورت نیاز) مخلوط شده و فرآیند تقسیم نمونه انجام می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

– دو قسمت روبه‌رو از چهار قسمت نمونه تقسیم شده برای عملیات خردایش برداشته شده و ابعاد کوچکتر از دهانه خروجی به وسیله خردکننده جدا می‌شود. پیش از انجام آزمایش تجزیه سرندی تر، ابتدا حداقل وزن نمونه لازم با رابطه جی[1] برآورد می‌شود.

– جدایش مواد ریزتر از گلوگاه دستگاه خردایش معمولا با سرندی با همان ابعاد انجام می‌گیرد.

– محصول حاصل از دستگاه خردایش با مواد ریزتر که قبلا جدا شده، مخلوط و تجزیه سرندی بر روی آن انجام می‌گیرد.

مراحل آماده‌سازی نمونه برای تعیین دانه‌بندی به روش خشک در شکل ۳–۱ نشان داده شده است.

ت- تجزیه سرندی تر

تا حد امکان آزمایش سرندی باید بر روی ماده خشک انجام گیرد. با این وجود در شرایطی که سرند کردن به روش خشک در مورد ابعاد ریز دشوار باشد و در صورتی که نمونه حاوی مواد محلول در آب نباشد، آزمایش‌های دقیقی می‌توان به روش تر انجام داد. مراحل تجزیه سرندی تر باید مطابق دستورالعمل زیر باشد:

– اگر هدف دانه‌بندی نمونه بدون نیاز به عمل خردایش و حجم آن برای عملیات زیاد باشد، در ابتدا نمونه در هوای آزاد خشک شده (در صورت نیاز) و سپس با دستگاه مخلوط‌کن، مخلوط می‌شود.

– بعد از مخلوط شدن، حدود یک کیلوگرم نمونه با دستگاه تقسیم‌کننده و یا به روش مخروط و چهار قسمتی، تقسیم می‌شود و دو قسمت روبه‌رو از چهار قسمت برای عملیات دانه‌بندی برداشته شده و بعد از توزین برای عملیات سرندی آماده می‌شود.

– در صورتی که نمونه نیاز به خردایش داشته باشد، پس از خردایش به روش تر، نمونه را خشک کرده و به وسیله مخلوط‌کننده‌ها مخلوط می‌کنند و فرآیند تقسیم نمونه انجام می‌گیرد.

– برای انجام آزمایش تجزیه سرندی ابتدا نمونه خشک در ریزترین سرند قرار می‌گیرد و با جریان ملایم آب شستشو می‌شود به نحوی که باعث تولید گرد و غبار یا پرتاب ذرات به بیرون نشود. وقتی آب عبوری از سرند صاف شد، سرند به همراه مواد باقی‌مانده روی آن درون خشک‌کن و در دمای کمتر از ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد خشک می‌شود. پس از سرد شدن نمونه در دمای محیط مواد باقی‌مانده روی سرند وزن می‌شود. این مراحل در سرندهای درشت‌تر تکرار می‌شود.

– در مواردی که نمونه به خوبی با آب مخلوط نشود، 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، محتویات جام را به شدت تکان می‌دهند تا نمونه با آب مخلوط شود سپس مخلوط را درون سرند می‌ریزند و روش شستشو مطابق بند یاد شده انجام می‌گیرد.

– سرند کردن به روش تر را می‌توان با مجموعه‌ای از سرندهای روی هم و با لرزاننده مکانیکی به نحوی که جریان باریک آب بتواند از بالا وارد و پس از عبور از سرندها از سینی انتهایی خارج شود، انجام داد.

– هر یک از فراکسیون‌ها جداگانه و مواد درون سینی انتهایی به وسیله خشک‌کن، خشک می‌شود.

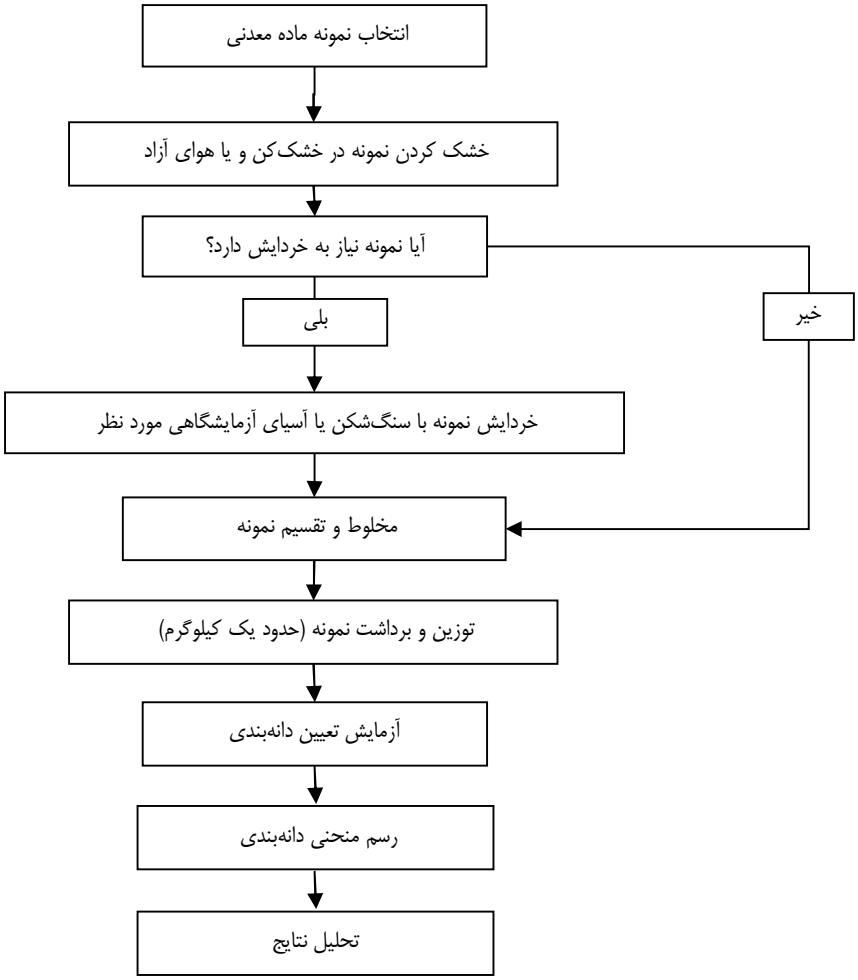
– هر یک از فراکسیون‌ها پس از خشک شدن جداگانه، به دقت و با ترازوی دو رقم اعشار توزین می‌شود.

– پس از آن منحنی توزیع دانه‌بندی رسم می‌شود و تحلیل‌های لازم انجام می‌گیرد.

مراحل آماده‌سازی نمونه برای تعیین دانه‌بندی به روش تر با سرند در شکل ۳–۲ نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

1- Gy



شکل ۳-۱- مراحل آماده‌سازی نمونه برای آزمایش تعیین دانه‌بندی به روش خشک

۳-۶-۲- آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش تعیین دانه‌بندی با پی‌پت اندرسون

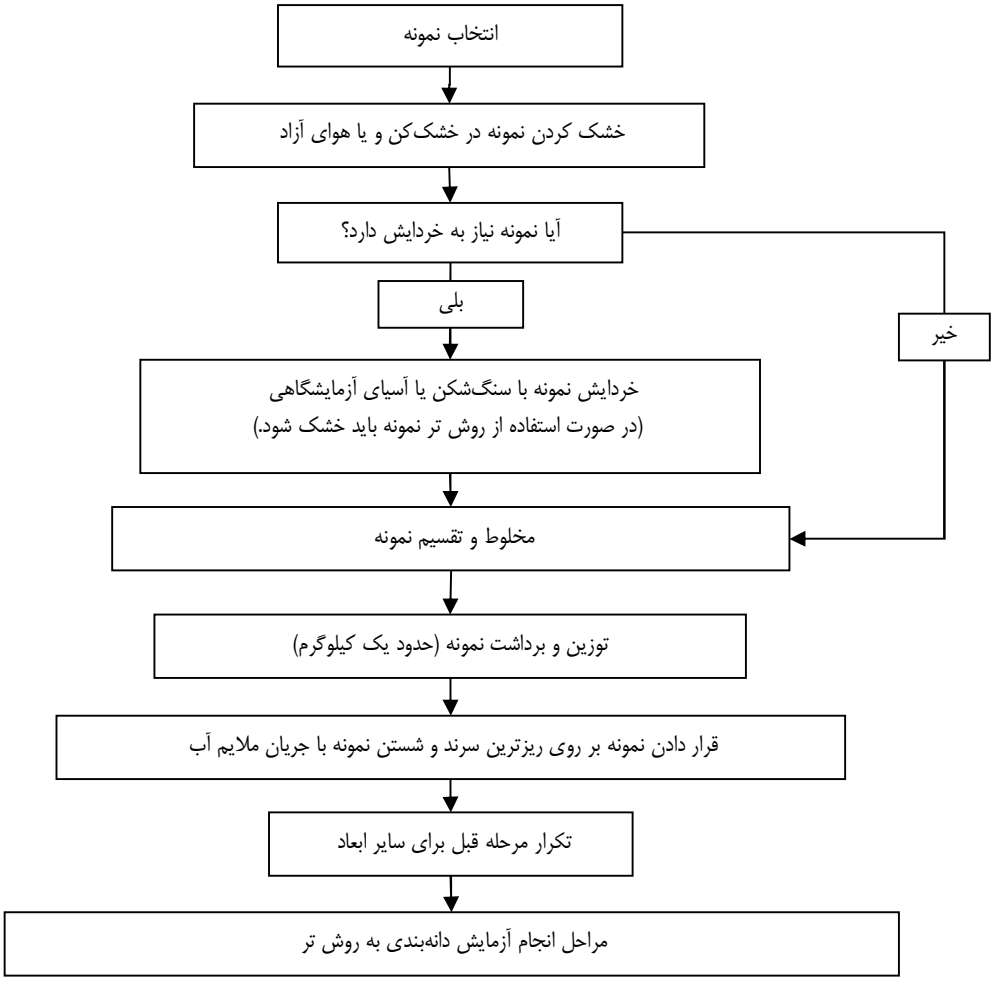
از پی‌پت اندرسون برای دانه‌بندی مواد در محدوده ابعادی ۳۸-۱+ میکرون استفاده می‌شود. برای تعیین ابعاد ذرات ریزتر از ۳۸ میکرون از سرندها استفاده نمی‌شود زیرا کارآیی سرندها به دلیل گرفتگی یا کور شدن چشمه‌ها به شدت کاهش می‌یابد.

روش ته‌نشینی ثقلی ذرات در مایعات از قدیمی‌ترین روش‌های مورد استفاده دانه‌بندی ذرات ریز است که ساده‌ترین آن، استفاده از پی‌پت اندرسون است. در این روش، توزیع ابعادی ذرات به صورت پیوسته داخل سیال پراکنده و توزیع ابعادی به صورت یکنواخت اندازه‌گیری می‌شود. در روش پی‌پت نمونه‌ها در زمان و ارتفاع‌های مشخص برداشت و سپس خشک و وزن می‌شوند. ذرات ریزتر از ۳۸ میکرون مربوط به تجزیه سرندی و نمونه‌های جدید در این ابعاد آماده‌سازی و به روش پی‌پت اندرسون توزیع ابعادی آن‌ها مشخص می‌شود.

الف- وسایل و تجهیزات لازم

شامل انواع سنگ‌شکن‌های آزمایشگاهی مانند فکی، مخروطی، استوانه‌ای و نظایر آن، آسیای تر یا خشک، هاون، پتک، سری سرند، سیکلون، تقسیم‌کن، خشک‌کن، ترازو و ظروف آزمایشگاهی

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۲- مراحل آماده‌سازی نمونه برای آزمایش تعیین دانه‌بندی به روش تر

ب- عوامل موثر در آماده‌سازی

توزیع ابعادی ذرات تشکیل دهنده نمونه، مشخصات کانی‌شناسی، سختی و یا شکننده بودن ماده معدنی، ابعاد و شکل ذرات تشکیل دهنده، مقدار و مناسب بودن نمونه، میزان نمونه و نرمه ریزتر از ۳۸ میکرون، کارآیی، کیفیت و نوع تجهیزات خردایش و طبقه‌بندی مورد استفاده در آماده‌سازی نمونه، مشخصات و توانایی فرد آماده‌کننده نمونه و سایر موارد، نحوه جدایش ذرات زیر ۳۸ میکرون، مقدار رطوبت موجود در ذرات در جدایش تر از جمله عوامل مهم است.

پ- روش آماده‌سازی

- اگر هدف دانه‌بندی نمونه بدون نیاز به عمل خردایش و حجم آن برای عملیات زیاد باشد، در ابتدا نمونه در هوای آزاد خشک شده (در صورت نیاز) و سپس با دستگاه مخلوط‌کن، مخلوط می‌شود.

- بعد از مخلوط شدن، حدود یک کیلوگرم نمونه با دستگاه تقسیم‌کننده یا روش چهار قسمتی تقسیم می‌شود و دو قسمت روبه‌رو از چهار قسمت برای عملیات دانه‌بندی برداشته شده و بعد از توزین، برای عملیات سرندی آماده می‌شود.

- در صورتی که نمونه نیاز به خردایش داشته باشد و پس از خردایش به روش تر، نمونه را خشک کرده و به وسیله مخلوط‌کننده‌ها مخلوط می‌کنند و فرآیند تقسیم نمونه انجام می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

– مناسب‌ترین روش انتخاب نمونه برای آزمایش دانه‌بندی با پی‌پت اندرسون روش شستشو با الک است، زیرا جدایش ابعاد کوچکتر از ۳۸ میکرون در روش خشک مشکل است.

– برای انجام آزمایش ابتدا نمونه خشک در ریزترین سرند قرار می‌گیرد و با جریان ملایم آب شسته می‌شود به نحوی که باعث تولید گرد و غبار یا پرتاب ذرات به بیرون نشود. وقتی آب عبوری از سرند صاف شد، سرند به همراه مواد باقی‌مانده روی آن درون یک خشک‌کن و در دمای کمتر از ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد خشک می‌شود. پس از سرد شدن نمونه در دمای محیط مواد باقی‌مانده روی سرند وزن می‌شود.

– حدود ۱۵ گرم نمونه ریزتر از ۳۸ میکرون با ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به صورت پالپ تهیه و به داخل پی‌پت منتقل شود.

– مقداری آب مقطر به داخل پی‌پت اضافه شود تا سطح آب به علامت مشخص شده روی استوانه پی‌پت برسد. در این شرایط درصد جامد حدود ۳ تا ۵ است.

– به این ترتیب نمونه برای دانه‌بندی با پی‌پت اندرسون آماده شده و در ادامه عملیات دانه‌بندی ابعاد زیر ۳۸ میکرون مطابق با استانداردهای موجود انجام می‌گیرد. مراحل آماده‌سازی نمونه برای تعیین دانه‌بندی با پی‌پت اندرسون در شکل ۳-۳ نشان داده شده است.

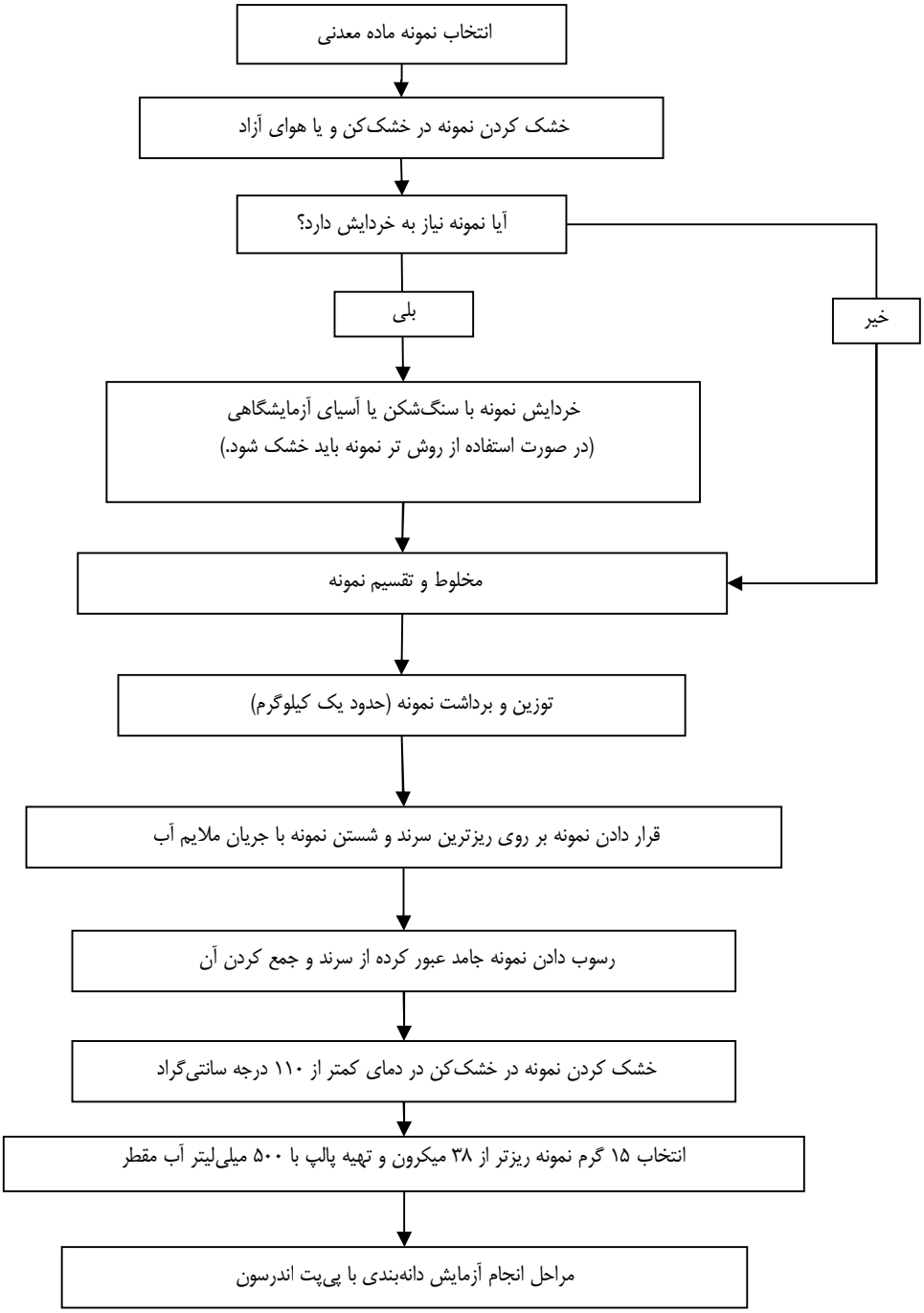
۳-۶-۳- آماده‌سازی نمونه‌ها برای تعیین دانه‌بندی به روش سیکلوسایزر

سیکلوسایزر یک ابزار دقیق آزمایشگاهی برای تعیین توزیع دانه‌بندی ذرات در محدوده ابعادی ریزتر از ریزترین سرند آزمایشگاهی است. ذرات بر اساس اختلاف سرعت ته‌نشینی از یکدیگر جدا می‌شوند. اصول کار یک سیکلوسایزر مبتنی بر طرز کار هیدروسیکلون‌ها است. سیکلوسایزر از ۵ سیکلون که به طور معکوس نصب شده‌اند، تشکیل شده است. این سیکلون‌ها به نحوی قرار گرفته‌اند که سرریز یک سیکلون بار ورودی واحد بعدی را تشکیل می‌دهد و مواد خروجی از بخش ریزدانه سیکلون مجددا با آب به صورت پالپ از سیکلون مشابه دیگری با همان شدت جریان عبور داده می‌شود. این سیکل چندین بار تکرار می‌شود. مجرای ته‌ریز هر سیکلون به طور کامل مسدود است و فقط برای تخلیه مواد در پایان آزمایش باز می‌شود. در نتیجه این عملیات ذرات ریزتر که سرعت ته‌نشینی آهسته‌تری دارند به تدریج از طریق سرریز از کل نمونه جدا می‌شوند و چون تعداد عبور ذرات از سیکلون به بی‌نهایت میل می‌کند، می‌توان نتیجه گرفت که دیگر ذراتی به سرریز منتقل نمی‌شود و آنچه باقی می‌ماند سرعت سقوط یکسانی دارد که بزرگتر از یک حد معین است. با کاهش قطر دهانه ورودی و قطر مجرای سرریز در سیکلون‌های بعدی، حد جدایش در آن‌ها کاهش می‌یابد. به این ترتیب در سیکلون اول ذرات درشت‌تر و ریزترین ذرات در سیکلون آخر جمع می‌شوند.

این آزمایش برای تعیین توزیع دانه‌بندی ذرات ریزتر از ۳۸ میکرون که دانه‌بندی آن‌ها با سرند دقت کافی ندارد، استفاده می‌شود. برای آماده‌سازی نمونه در این روش نیز نیاز به مراحل قبلی مانند خردایش و جدا کردن ذرات کوچکتر از ۳۸ میکرون به وسیله سرند یا تجهیزات دیگر مانند سیکلون و نظایر آن است.

وسایل و تجهیزات لازم شامل انواع سنگ‌شکن‌های آزمایشگاهی مانند فکی، مخروطی، استوانه‌ای و نظایر آن‌ها، آسیای تر یا خشک، هاون، پتک، سری سرند، سیکلون، تقسیم‌کننده نمونه، خشک‌کن، ترازو، ظروف آزمایشگاهی و زمان‌سنج است.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۳- مراحل آماده‌سازی نمونه برای آزمایش تعیین دانه‌بندی با پی‌پت اندرسون

الف- عوامل موثر در آماده‌سازی نمونه

توزیع ابعادی ذرات تشکیل دهنده نمونه، مشخصات کانی‌شناسی، سختی و یا شکننده بودن ماده معدنی، ابعاد و شکل ذرات تشکیل دهنده، مقدار و مناسب بودن نمونه، میزان نمونه و نرمه و مواد ریزتر از ۳۸ میکرون، کارآیی، کیفیت و نوع تجهیزات خردایش و طبقه‌بندی مورد استفاده در آماده‌سازی نمونه، مشخصات و توانایی فرد آماده‌کننده نمونه و سایر موارد، نحوه جدایش ذرات زیر ۳۸ میکرون، مقدار رطوبت موجود در ذرات در جدایش تر سرند و جرم مخصوص نمونه از جمله عوامل مهم است.

omoorepeyman.ir

ب- روش آماده‌سازی نمونه

– اگر هدف دانه‌بندی نمونه بدون نیاز به عمل خردایش و حجم آن برای عملیات زیاد باشد، در مرحله اول نمونه در هوای آزاد خشک شده (در صورت نیاز) و سپس با دستگاه مخلوط‌کن، مخلوط می‌شود.

– بعد از مخلوط شدن حدود یک کیلوگرم نمونه با دستگاه تقسیم‌کننده یا روش چهار قسمتی مخروط تقسیم می‌شود و دو قسمت روبه‌رو از چهار قسمت برای عملیات دانه‌بندی برداشته شده و بعد از توزین، برای عملیات سرندی آماده می‌شود.

– در صورتی که نمونه نیاز به خردایش داشته باشد پس از خردایش به روش تر، نمونه را خشک کرده و به وسیله مخلوط‌کننده‌ها مخلوط می‌کنند و فرآیند تقسیم نمونه انجام می‌گیرد.

– برای انجام آزمایش تجزیه سرندی ابتدا نمونه خشک در ریزترین سرند قرار می‌گیرد و با جریان ملایم آب شسته می‌شود به نحوی که باعث تولید گرد و غبار یا پرتاب ذرات به بیرون نشود. وقتی آب عبوری از سرند صاف شد، سرند به همراه مواد باقی‌مانده روی آن درون خشک‌کن و در دمای کمتر از ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد خشک می‌شود. پس از سرد شدن نمونه در دمای محیط مواد باقی‌مانده روی سرند وزن می‌شود. این مراحل در سرندهای درشت‌تر تکرار می‌شود.

– مقدار نمونه مورد نیاز ۲۰ تا ۳۰ گرم با ابعاد ریزتر از ۳۸ میکرون است. مقدار نمونه اولیه برای این عملیات چند برابر این مقدار است.

– ظرف نمونه سیکلوسایزر از محل آن خارج شود، برای این عمل باید آن را طوری چرخاند تا یکی از جهت‌های فلزی آن مقابل آزمایش‌کننده قرار گیرد و سپس بیرون کشیده شود. شیر ظرف نمونه باز شده و نمونه داخل ظرف نمونه سیکلوسایزر ریخته شود. مابقی فضای خالی داخل ظرف نمونه با آب پر شود به نحوی که پس از بستن شیر آن، هوایی داخل آن نباشد. ظرف حاوی نمونه در محل آن روی سیکلوسایزر بسته شود.

– به این ترتیب نمونه برای دانه‌بندی با سیکلوسایزر آماده شده و در ادامه عملیات دانه‌بندی ابعاد زیرتر از ۳۸ میکرون مطابق با استانداردهای موجود انجام می‌گیرد.

مراحل آماده‌سازی نمونه برای تعیین دانه‌بندی با سیکلوسایزر در نمودار شکل ۳-۴ نشان داده شده است.

۳-۶-۴- آماده‌سازی نمونه‌ها برای خردایش مواد معدنی

الف- آماده‌سازی نمونه‌ها برای خواص‌سنجی

برای انجام آزمایش‌هایی مانند XRD، XRF، ICP و موارد مشابه پس از خردایش مرحله‌ای نمونه و پودرسازی نمونه در دستگاه‌های پودرکن نمونه به طور کامل از الک ۶۰ میکرون عبور داده می‌شود.

ب- آماده‌سازی نمونه‌ها برای تعیین d_{80} و دانه‌بندی

دستگاه‌های خردایش شامل انواع مختلف سنگ‌شکن‌ها، آسیاها و تجهیزات پودرکننده مانند هاون و نظایر آن است. برای هر یک از تجهیزات و نیز اهداف خردایش، نحوه آماده‌سازی در شرایط متفاوتی انجام می‌گیرد. تجزیه سرندی اولیه نمونه برای جدا کردن ابعاد درشت‌تر و کوچکتر خارج از محدوده کاربردی دستگاه خردکننده از عملیات اساسی در آماده کردن نمونه برای خردایش است. یکی از اهداف اولیه خردایش تعیین درجه آزادی و d_{80} نمونه است که قبل و بعد از خردایش نمونه انجام می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

وسایل و تجهیزات لازم شامل انواع سنگ‌شکن‌های آزمایشگاهی مانند فکی، مخروطی، استوانه‌ای و نظایر آن‌ها، پتک، هاون، سری سرند، تقسیم‌کننده نمونه، خشک‌کن، ترازو و ظروف آزمایشگاهی است.

عوامل موثر در آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش تعیین d_{80} و دانه‌بندی شامل مشخصات کانی‌شناسی، سختی، ابعاد و شکل ذرات و قطعات تشکیل دهنده نمونه‌ها، میزان نمونه، کارآیی، کیفیت و نوع تجهیزات خردایش و طبقه‌بندی مورد استفاده در آماده‌سازی نمونه، مشخصات و توانایی فرد آماده‌کننده نمونه و موارد مشابه است.

روش آماده‌سازی نمونه با هدف تعیین d_{80} و دانه‌بندی به شرح زیر است:

– میزان مشخصی از ماده معدنی که قبلا به آزمایشگاه کانه‌آرایی منتقل شده است برای انجام آزمایش خردایش انتخاب می‌شود و در صورت نیاز نمونه باید خشک شود.

– در صورتی که حجم نمونه زیاد باشد، باید به وسیله تقسیم‌کننده‌ها، نمونه تقسیم شده و مقدار مناسب آن برای خردایش انتخاب شود.

– کل نمونه مورد نظر از الک شماره ۶ مش (ASTM) عبور داده شود.

– قبل از خردایش نمونه برای جلوگیری از خردایش بیشتر ابعاد ریزتر از گلوگاه سنگ‌شکن این میزان نمونه باید با سرند کردن جدا شود.

– در این مرحله مواد معدنی با استفاده از سنگ‌شکن فکی خرد می‌شوند. اگر هدف خرد کردن مواد تا این مرحله باشد، در آن صورت خردایش انجام می‌شود و کار خاتمه یافته است، در غیر این صورت عملیات برای اهداف مختلف ادامه می‌یابد.

– اگر هدف از خردایش تعیین d_{80} مواد معدنی بعد از خردایش است، نمونه ماده معدنی را از داخل سنگ‌شکن خارج می‌کنند و با مقدار نمونه قبلی که با سرند جدا شده بود، مخلوط می‌کنند و دانه‌بندی برای تعیین d_{80} را انجام می‌دهند.

– اگر در این مرحله هدف، تعیین درجه آزادی برای جدایش ثقلی و نظایر آن باشد، نمونه مورد نظر برای مطالعات تعیین درجه آزادی، جدایش ثقلی و مرحله بعدی خردایش به وسیله سنگ‌شکن‌های غلتکی، ژیراتوری، استوانه‌ای و نظایر آن‌ها آماده می‌شود.

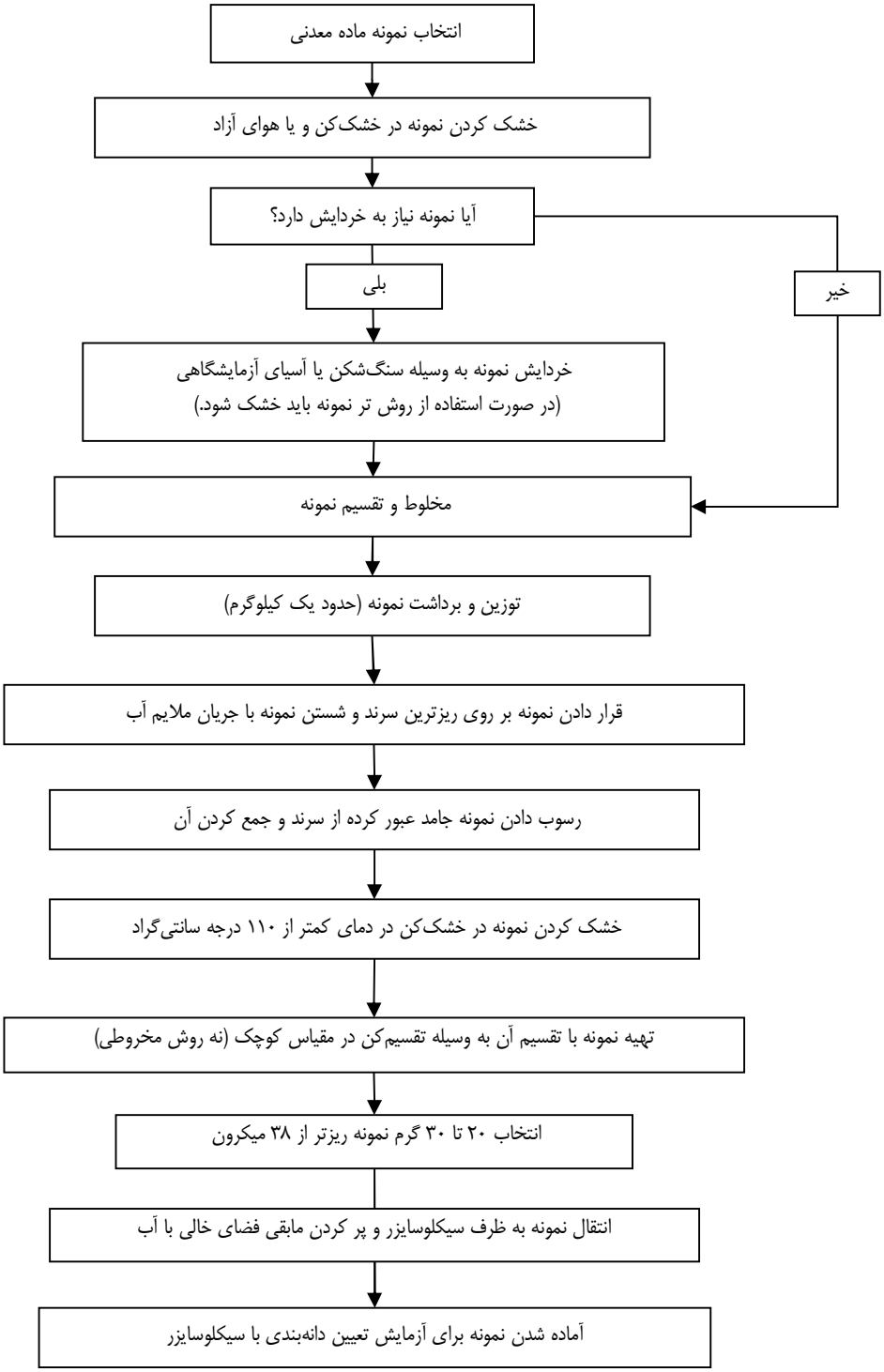
– در صورتی که هدف به دست آوردن نمونه‌ای در ابعاد ریزتر از گلوگاه سنگ‌شکن فکی باشد، مقداری از محصول خروجی از سنگ‌شکن فکی انتخاب شده و عملیات یاد شده (سرند کردن نمونه برای جدایش ابعاد در محدوده بار ورودی سنگ‌شکن بعدی و نیز جدایش ذرات ریزتر گلوگاه سنگ‌شکن) برای آماده‌سازی نمونه برای خردایش در سنگ‌شکن‌های مختلف (غلتکی، ژیراتوری، استوانه‌ای و نظایر آن‌ها) در طی یک یا چند مرحله انجام می‌گیرد. به این ترتیب نمونه‌ها برای مراحل بعدی خردایش (آسیاها) و تعیین d_{80} در این مرحله آماده‌سازی می‌شوند.

مراحل آماده‌سازی نمونه برای خردایش نمونه در شکل ۳–۵ نشان داده شده است.

پ– آماده‌سازی نمونه‌ها برای تعیین درجه آزادی نمونه

درجه آزادی یک کانی در اثر خردایش عبارت از درصد مقدار کانی با ارزش آزاد شده نسبت به کل کانی با ارزش موجود در کانسنگ است.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-٤- مراحل آماده‌سازی نمونه برای آزمایش تعیین دانه‌بندی با سیکلوسایزر

متداول‌ترین روش تعیین درجه آزادی شمارش ذرات در مقاطع میکروسکوپی نوری است. برای آماده‌سازی نمونه اولیه پس از خردایش حداقل به شش محدوده ابعادی تفکیک می‌شود و از هریک از محدوده‌های ابعادی مقاطع میکروسکوپی تهیه و پس از دانه شماری درصد ذرات آزاد هر کانه تعیین می‌شود. محدوده ابعادی که در آن هشتاد درصد ذرات آزاد شده باشند مبنای مراحل خردایش است.

omoorepeyman.ir

وسایل و تجهیزات لازم شامل انواع سنگ‌شکن‌های آزمایشگاهی فکی، مخروطی، استوانه‌ای و نظایر آن‌ها، پتک، هاون، سری سرند، تقسیم‌کننده و مخلوط‌کن نمونه، آسیای میله‌ای یا گلوله‌ای، میکروسکوپ، خشک‌کن، ترازو، ظروف آزمایشگاهی، تجهیزات میکروسکوپی و نظایر آن است.

عوامل موثر در آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش تعیین درجه آزادی شامل ترکیب کانی‌شناسی، سختی، ابعاد و شکل ذرات و قطعات تشکیل دهنده نمونه‌ها، مقدار و مناسب بودن نمونه، کارآیی، کیفیت و نوع تجهیزات خردایش و طبقه‌بندی مورد استفاده در آماده‌سازی نمونه، مشخصات و توانایی فرد آماده‌کننده نمونه و موارد دیگر است.

نمونه مورد نیاز برای آزمایش تعیین درجه آزادی مقداری از ماده معدنی که قبلا به آزمایشگاه کانه‌آرایی منتقل شده است، بعد از تقسیم با تجهیزات تقسیم‌کننده انتخاب می‌شود. کل نمونه مورد نظر از الک شماره ۶ مش عبور داده می‌شود. نمونه مورد نظر در داخل سنگ‌شکن‌های مختلف مانند فکی، ژیراتوری، استوانه‌ای و نظایر آن‌ها در طی یک یا چند مرحله خرد می‌شوند.

پس از خردایش نمونه به روش تجزیه سرندی در این مرحله در هر بخش از تجزیه سرندی (مواد باقی‌مانده بر روی سرند) حداقل به شش محدوده ابعادی تقسیم شود. مقطع میکروسکوپی تهیه و ذرات با میکروسکوپ شمارش می‌شوند و تعداد ذرات آزاد و درگیر شمرده می‌شود، در صورتی که ماده معدنی به درجه آزادی مناسب رسیده باشد، عملیات خردایش مطابق با آن انجام می‌گیرد.

نمونه اولیه به وسیله آسیا خرد می‌شود و مراحل دوباره با تعداد محدوده ابعادی بیشتر تکرار می‌شود. نتایج دانه شماری منحنی ابعاد به ذرات آزاد شده ترسیم می‌شود.

مراحل آماده‌سازی نمونه برای تعیین درجه آزادی به کمک روش میکروسکوپی نوری در نمودار شکل ۳-۶ نشان داده شده است.

ت- آماده‌سازی نمونه‌ها برای تعیین زمان ماند و یا زمان بهینه خردایش

تعیین زمان بهینه خردایش مواد معدنی در آسیاهای آزمایشگاهی شرایط را برای طراحی و راه اندازی آن‌ها در مقیاس‌های صنعتی و پیشاهنگ هموار می‌کند. این زمان با نام توزیع زمان ماند شناخته می‌شود. با وارد کردن موادی به عنوان ردیاب مانند نمک، رنگ، مواد رادیواکتیو، مواد تغییر دهنده pH و نظایر آن در ورودی و تعیین غلظت آن در خروجی آسیا در زمان‌های مختلف تعیین شده و بر اساس آن زمان ماند تعیین می‌شود. در آزمایشگاه کانه‌آرایی تعیین زمان بهینه خردایش در آسیاها با صنعت متفاوت و به تبع آن روش آماده‌سازی نمونه نیز متفاوت است.

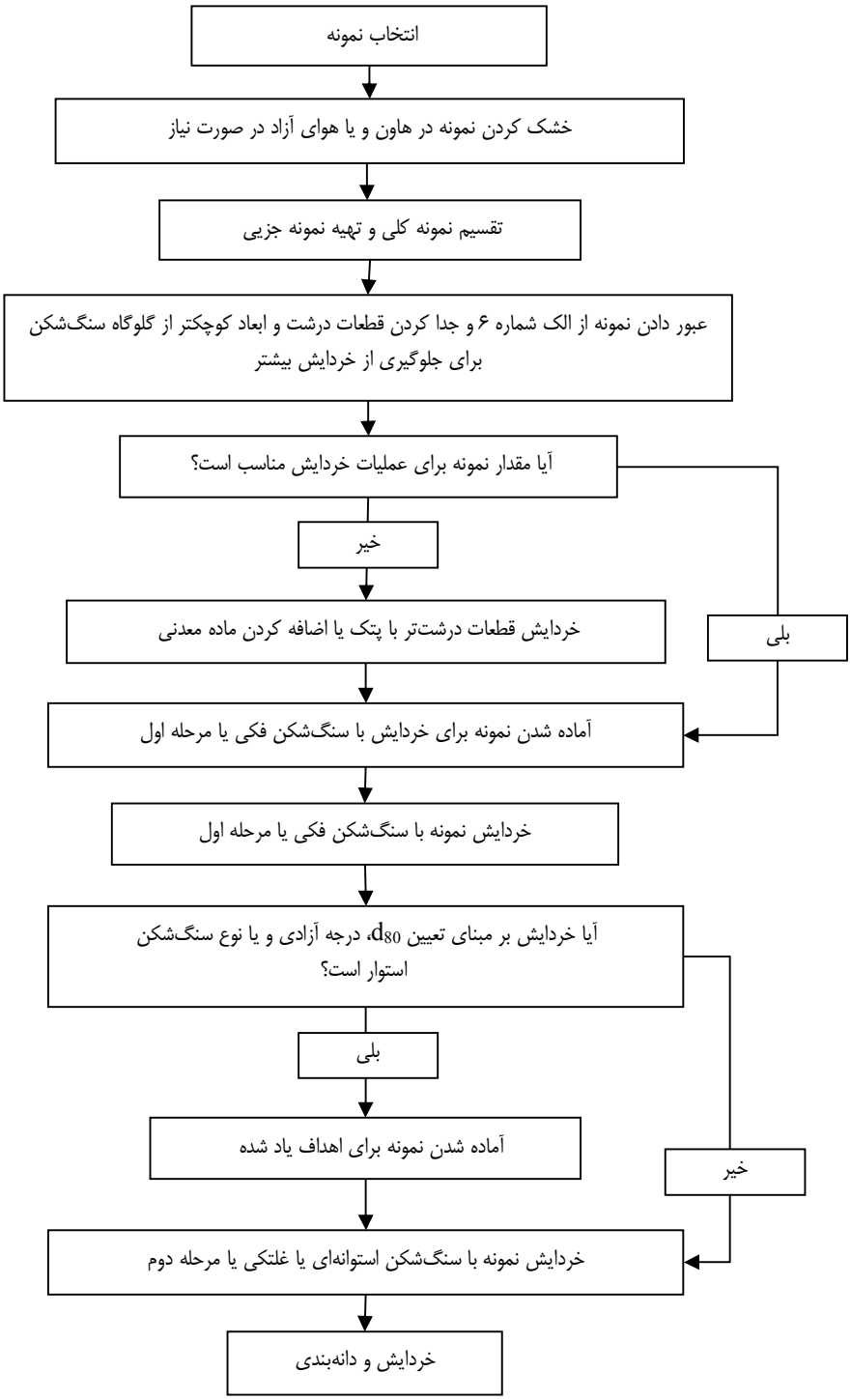
وسایل و تجهیزات لازم شامل انواع سنگ‌شکن‌های آزمایشگاهی مانند فکی، مخروطی، استوانه‌ای و نظایر آن‌ها، پتک، هاون، سری سرند، تقسیم‌کننده و مخلوط‌کن نمونه، انواع آسیاها، خشک‌کن، ترازو و ظروف آزمایشگاهی است.

عوامل موثر در آماده‌سازی شامل ترکیب کانی‌شناسی، سختی، ابعاد و شکل ذرات تشکیل دهنده نمونه‌ها، مقدار نمونه، کارآیی، کیفیت و نوع تجهیزات خردایش و طبقه‌بندی، مشخصات و توانایی فرد آماده‌کننده نمونه و موارد دیگر است.

برای آماده‌سازی نمونه برای تعیین زمان ماند در آسیا بعد از تقسیم نمونه به وسیله تجهیزات تقسیم‌کننده، مقداری از ماده معدنی برای انجام آزمایش تعیین زمان ماند در آسیا انتخاب می‌شود.

در مرحله اول زیرنمونه خشک می‌شود. کل نمونه از الک شماره ۶ مش عبور داده می‌شود. مقدار نمونه برای خردایش نمونه با سنگ‌شکن در حدود ۱۰ برابر ظرفیت آسیایی است که زمان بهینه خردایش در آن تعیین می‌شود زیرا تعداد دفعات آزمون خردایش نمونه در آسیا زیادتر است.

omoorepeyman.ir



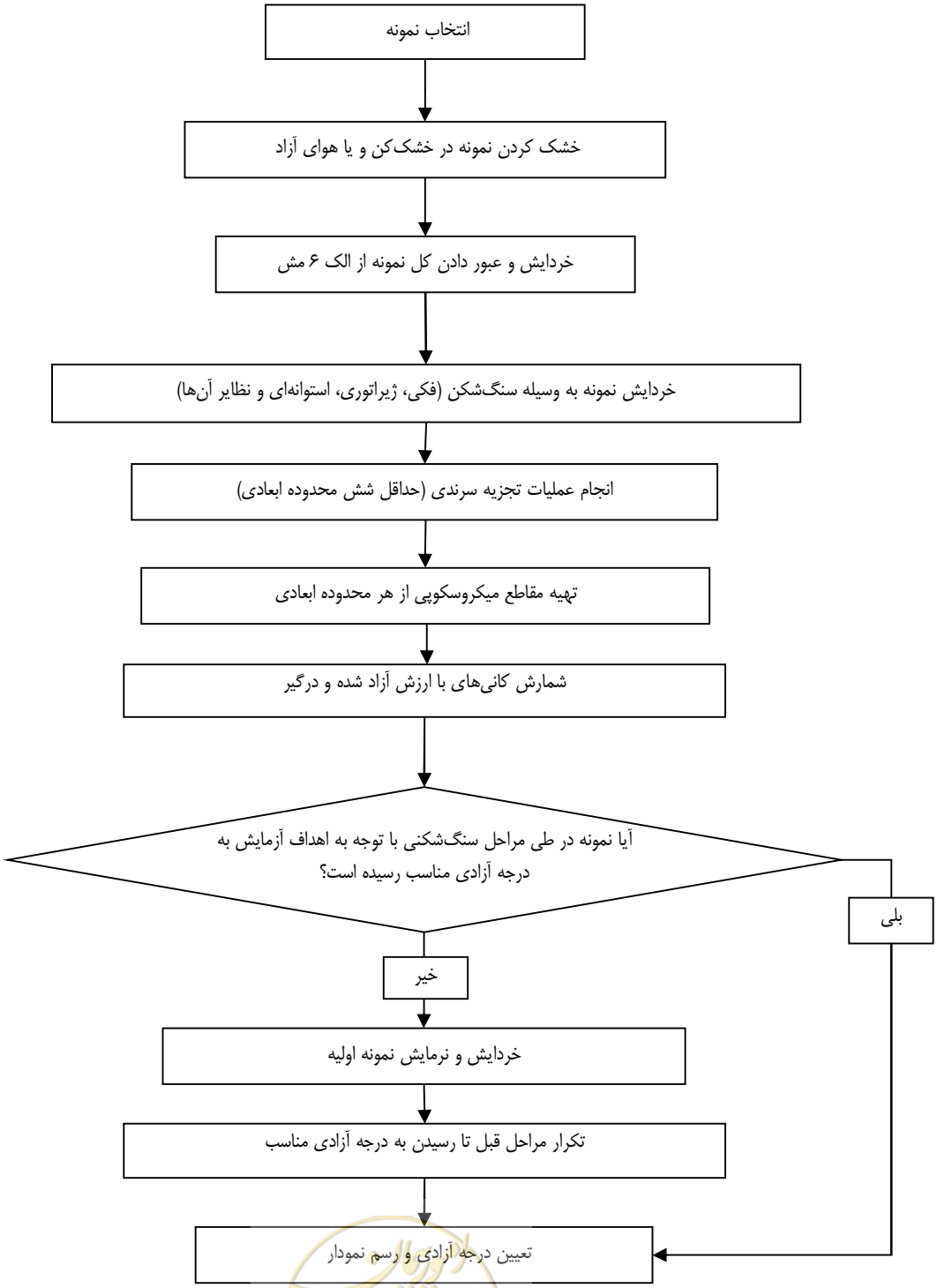
شکل ۳-۵- مراحل آماده‌سازی نمونه با هدف آزمایش خردایش، تعیین d_{80} و تجزیه دانه‌بندی

نمونه با سنگ‌شکن‌های مختلف مانند فکی، ژیراتوری، استوانه‌ای و نظایر آن‌ها طی یک یا چند مرحله خرد می‌شود. پس از تقسیم نمونه، حدود یک تا ۲ کیلوگرم از نمونه با توجه به ظرفیت آسیا انتخاب و به آسیا منتقل می‌شود. برای تعیین زمان ماند یا زمان خردایش بهینه، مواد معدنی در زمان‌های مختلف خرد می‌شوند و بعد از خردایش دانه‌بندی مواد انجام می‌گیرد و در هر

omoorepeyman.ir

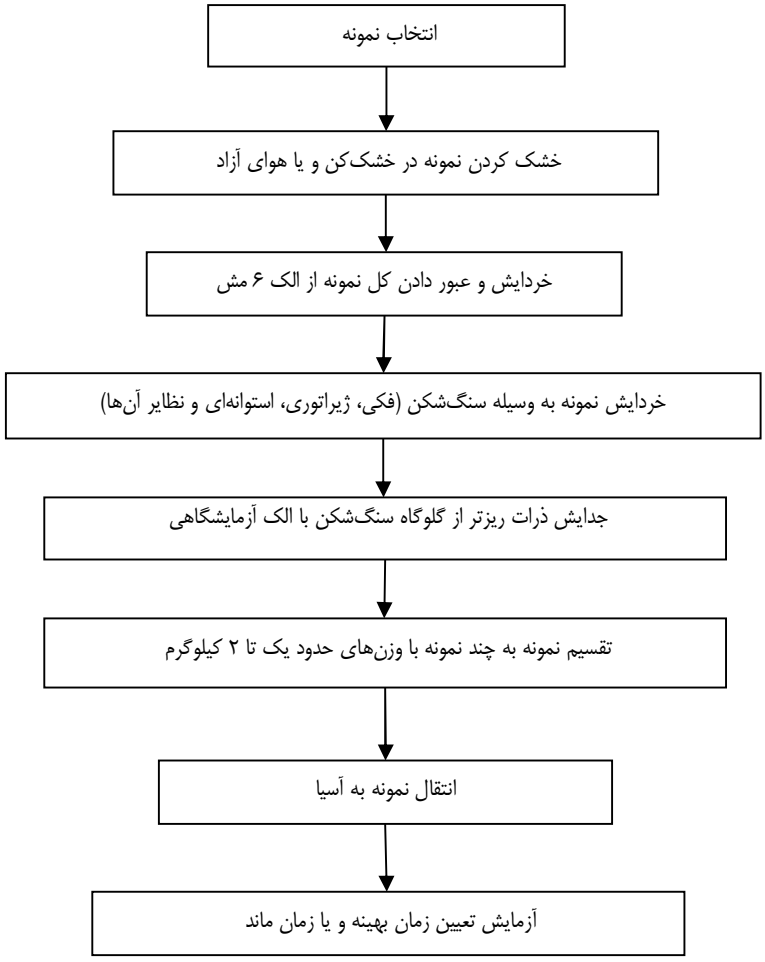
فراکسیونی که ۸۰ درصد مواد معدنی از سرند مفروض عبور کرده باشد، زمان بهینه خردایش در نظر گرفته می‌شود که همان زمان ماند مواد معدنی در آسیاها است.

مراحل آماده‌سازی نمونه برای تعیین زمان ماند یا زمان بهینه خردایش در آسیاها در شکل ۳-۷ نشان داده شده است.



شکل ۳-۶- مراحل آماده‌سازی نمونه برای تعیین درجه آزادی

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۷- مراحل آماده‌سازی نمونه برای تعیین زمان بهینه خردایش یا زمان ماند

ث- آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش تعیین شاخص کار باند آسیای میله‌ای و گلوله‌ای

قابلیت خردایش مواد معدنی با پارامتری به نام شاخص کار[1] باند[2] تعیین می‌شود. این شاخص نشان دهنده مقاومت کانسنگ در مقابل شکست است. شاخص کار بستگی به ویژگی‌های کانسنگ و الگوی شکست ذرات دارد. این شاخص به عنوان شاخص سختی یا قابلیت نرم شدن کانسنگ شناخته می‌شود. شاخص باند عبارت است از مقدار کار لازم برای خرد کردن یک تن کوچک (۹۰۷ کیلوگرم) ماده معدنی از ابعاد تئوری بی‌نهایت تا ابعادی که ۸۰ درصد آن از سرند ۱۰۰ میکرون عبور کند. شاخص کار برای هر ماده معدنی مشخص است و به صورت آزمایشگاهی و یا تجربی اندازه‌گیری می‌شود.

برای تعیین شاخص کار باند آسیاهای گلوله‌ای و میله‌ای به نشریه‌های ۶۶۱ و ۵۴۵ سازمان برنامه و بودجه کشور با عنوان "راهنمای تعیین شاخص خردایش در آسیاهای مختلف" و "راهنمای محاسبه تعیین ظرفیت ماشین‌آلات و تجهیزات واحدهای کانه‌آرایی" مراجعه شود. وسایل و تجهیزات لازم شامل انواع سنگ‌شکن‌های آزمایشگاهی مانند فکی، مخروطی، استوانه‌ای و نظایر آن‌ها، پتک، هاون، سرندهای استاندارد و دستگاه لرزاننده سرند، زمان‌سنج، تقسیم‌کننده و مخلوط‌کن نمونه، آسیای گلوله‌ای و میله‌ای آزمایشگاهی، خشک‌کن، ترازو و ظروف آزمایشگاهی است.

1- Work index
2- Bond

omoorepeyman.ir

عوامل موثر در آماده سازی نمونه‌ها شامل ترکیب کانی‌شناسی، سختی، ابعاد و شکل ذرات تشکیل دهنده نمونه‌ها، میزان نمونه، کارآیی، کیفیت و نوع تجهیزات خردایش و طبقه‌بندی، مشخصات و توانایی فرد آماده‌کننده نمونه و موارد دیگر است.

برای آماده‌سازی نمونه در آزمایش تعیین شاخص باند مقدار اولیه مواد معدنی مورد نیاز برای تعیین شاخص کار با توجه به بیشتر بودن آزمایش‌ها در حدود ۱۵ تا ۵۰ کیلوگرم است. از آنجا که فرآیند تعیین شاخص باند با آسیای خشک انجام می‌گیرد، نمونه باید خشک شود. کل نمونه مورد نظر از الک شماره ۶ مش عبور داده شود. مقدار نمونه لازم برای خردایش نمونه به وسیله سنگ‌شکن در حدود ۱۰ تا ۲۰ برابر ظرفیت آسیایی است که شاخص کار باند ماده معدنی در آن تعیین می‌شود. نمونه مورد نظر در داخل سنگ‌شکن‌های مختلف مانند فکی، ژیراتوری، استوانه‌ای و نظایر آن‌ها در طی یک یا چند مرحله خرد می‌شود. پس از خردایش، منحنی دانه‌بندی رسم و F_{80} (بار اولیه) تعیین می‌شود. یک سرند کنترلی نیز با ابعاد ۶۰ یا ۱۰۰ مش به منظور تعیین مقدار مواد ریزتر از دهانه آن انتخاب می‌شود. همچنین به وسیله یک استوانه مدرج یا هر وسیله دیگر جرم مخصوص ظاهری نمونه به دست می‌آید. آماده‌سازی نمونه برای تعیین شاخص کار آسیای میله‌ای باند نیز مشابه روش تعیین شاخص کار گلوله‌ای ولی با بار در گردش ۱۰۰ است. مراحل آماده‌سازی نمونه برای تعیین شاخص کار آسیای میله‌ای و گلوله‌ای در شکل ۳-۸ نشان داده شده است.

ج- آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش تعیین شاخص هاردگرو

شاخص هاردگرو شاخصی برای تعیین قابلیت نرم‌شوندگی زغال‌سنگ و آن دسته از مواد معدنی است که در آسیاهایی به جز آسیاهای گردان نرم می‌شوند. اساس این روش تعیین میزان مواد ریزتر از ۷۵ میکرون است. هر قدر که شاخص هاردگرو مواد معدنی کمتر باشد، خرد کردن آن‌ها نیاز به انرژی بیشتری دارد.

وسایل و تجهیزات لازم شامل سنگ‌شکن‌های آزمایشگاهی (در صورت نیاز)، سرندهای استاندارد، دستگاه لرزاننده سرند، زمان‌سنج، آسیای غیرگردان، خشک‌کن، ترازو و ظروف آزمایشگاهی است.

عوامل موثر در آماده‌سازی نمونه‌ها شامل ترکیب کانی‌شناسی، نرم یا سخت بودن ماده معدنی، ابعاد و شکل ذرات تشکیل دهنده نمونه، میزان نمونه، کارآیی، کیفیت و نوع تجهیزات خردایش و طبقه‌بندی، مشخصات و توانایی فرد آماده‌کننده نمونه و موارد دیگر است.

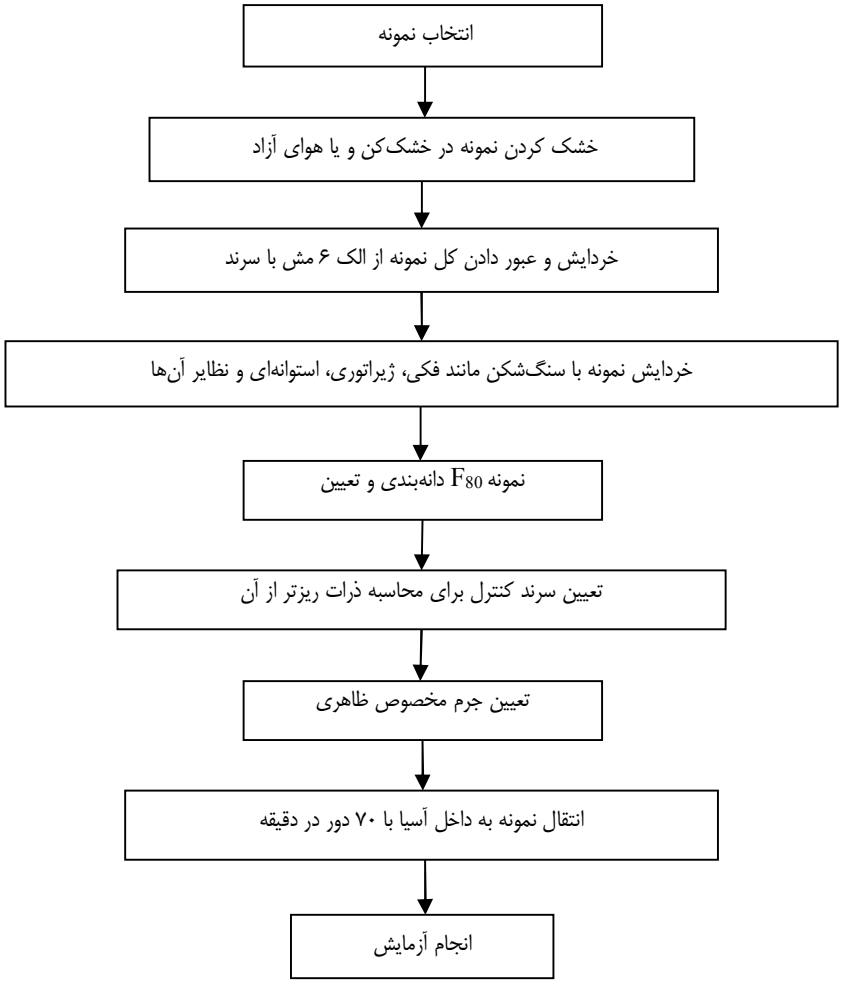
برای آماده‌سازی نمونه به روش هاردگرو۵۰ گرم نمونه با ابعاد ۶۰۰+۱۱۸۰۰- میکرون باید آماده شود. مراحل انجام آزمایش هاردگرو در نشریه شماره ۶۶۱ سازمان برنامه و بودجه کشور با عنوان "دستورالعمل تعیین شاخص خردایش در آسیاهای مختلف" ارایه شده است. مراحل آماده‌سازی نمونه برای تعیین شاخص هاردگرو در نمودار شکل ۳-۹ نشان داده شده است.

۳-۶-۵- آماده‌سازی نمونه‌ها در روش‌های پرعیارسازی

الف- آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش فلوتاسیون

آماده‌سازی نمونه یکی از مهم‌ترین مراحل، قبل از استفاده از هر گونه عملیات پرعیارسازی در کانه‌آرایی از جمله فلوتاسیون است. انتخاب نمونه شاخص کانسار یا جریان مواد معدنی نقش مهمی را در تمامی مراحل آماده‌سازی و پرعیار کردن دارد، بنابراین باید مراقبت‌ها و دقت لازم در مرحله آماده‌سازی نمونه برای انجام آزمایش فلوتاسیون انجام گیرد. آزمایش فلوتاسیون بر روی نمونه‌های خشک و یا مرطوب مواد معدنی انجام می‌گیرد. آماده‌سازی در سه مرحله انتخاب نمونه، خردایش و دانه‌بندی انجام می‌شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۸- مراحل آماده‌سازی نمونه برای تعیین شاخص کار آسیای میله‌ای و گلوله‌ای

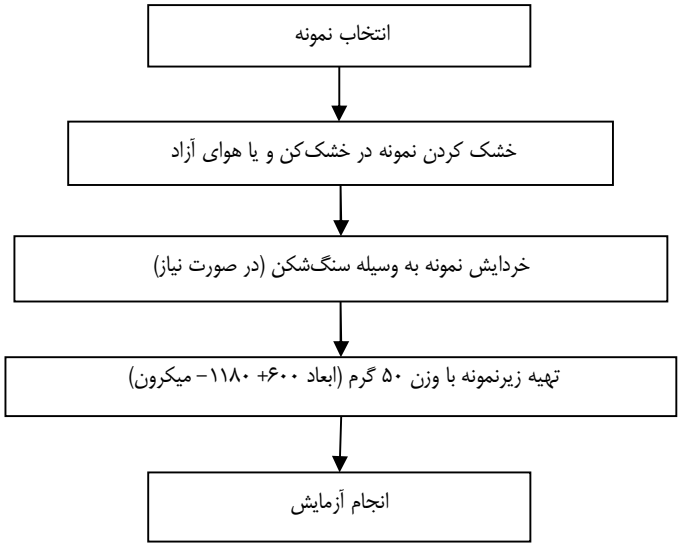
وسایل و تجهیزات لازم شامل سنگ‌شکن فکی، سنگ‌شکن غلتکی، سری سرند، مخلوط‌کن، تقسیم‌کننده نمونه، آسیای میله‌ای یا گلوله‌ای، دستگاه پودرکن، دستگاه دسیکاتور، خشک‌کن، ترازو و ظروف آزمایشگاهی است.

عوامل موثر در آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش فلوتاسیون شامل مشخصات فیزیکی، شیمیایی، بلورشناسی و کانی شناسی، ابعاد ذرات تشکیل دهنده نمونه‌ها، کافی و مناسب بودن مقدار نمونه، شرایط جوی محل نمونه‌گیری و آماده‌سازی نمونه، کارآیی و کیفیت تجهیزات مورد استفاده، مشخصات و توانایی فرد آماده‌کننده نمونه و موارد دیگر است.

نمونه‌های مورد نیاز برای آزمایش‌های فلوتاسیون شامل نمونه‌های خشک مراحل مختلف معدنکاری، بار ورودی و محصول سنگ‌شکن و آسیا، باطله‌های معدنی، باطله کنسانتره، کنسانتره و پالپ خروجی از کارخانه است.

در آماده‌سازی نمونه برای آزمایش فلوتاسیون نمونه معرف به آزمایشگاه کانه‌آرایی منتقل می‌شود. نمونه‌ها پس از جدایش قطعات درشت و ابعاد خیلی ریز طی چند مرحله عملیات سنگ‌شکنی خرد می‌شوند. در مرحله بعد قطعات درشت به وسیله سنگ‌شکن فکی آزمایشگاهی با گلوگاه بزرگتر از ۵ تا ۷ سانتی‌متر خرد می‌شود، سپس در صورت نیاز به وسیله سنگ‌شکن فکی معمولا با گلوگاه کوچکتر از ۱/۵ سانتی‌متر خرد می‌شود. در مرحله سوم در صورت نیاز به خردایش، نمونه از سنگ‌شکن غلتکی عبور داده شده و محصول این سنگ‌شکن به وسیله سرند کنترل معمولا ۸ مش کنترل می‌شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۹- مراحل آماده‌سازی نمونه برای تعیین شاخص هاردگرو

در پایان مراحل خردایش سنگ‌شکنی، محصول به دست آمده به وسیله تقسیم‌کننده به نمونه‌های یک یا ۲ کیلوگرم برای انجام آزمایش‌های فلوتاسیون تقسیم می‌شود. با توجه به مشخص شدن درجه آزادی ماده معدنی مورد نظر از قبل و مطالعات کانی‌شناسی حاصل شده، لازم است برای دستیابی به درجه آزادی مناسب خردایش تا d_{90} انجام گیرد، بنابراین آزمایش‌ها را با آسیای میله‌ای و گلوله‌ای آزمایشگاهی (تر یا خشک بسته به نوع ماده معدنی) برای رسیدن ابعاد ذرات به حالت ایده‌آل خرد می‌کنند. بعد از خردایش و دانه‌بندی به وسیله سرند در صورت لزوم نرمه‌زدایی به کمک سطل نرمه‌گیر، بشر و یا هیدروسیکلون انجام می‌شود. از این نمونه با درصد جامد ۲۰ تا ۳۰ درصد به همراه مواد شیمیایی مورد نیاز آماده‌سازی می‌شود، بنابراین آماده‌سازی نمونه‌های مواد معدنی خشک برای آزمایش‌های فلوتاسیون را می‌توان به سه مرحله انتخاب نمونه، خردایش و دانه‌بندی تقسیم کرد.

مراحل آماده‌سازی نمونه برای آزمایش فلوتاسیون در نمودار شکل ۳-۱۰ نشان داده شده است.

ب- آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش جدایش مغناطیسی

از جداکننده‌های مغناطیسی برای اهداف خاصی مانند پرعیار کردن ماده معدنی (کانسنگ آهن) و یا برای حذف ناخالصی‌های مغناطیسی مواد معدنی (مانند حذف آهن از کائولن) استفاده می‌کنند. آماده‌سازی نمونه در این روش مانند سایر روش‌ها به فرآیند مطالعات کانی‌شناسی، تعیین درجه آزادی، خردایش، دانه‌بندی و دیگر موارد بستگی دارد. همچنین مانند سایر روش‌های پرعیارسازی مواد معدنی، در این روش انتخاب نمونه معرف کانسار یا جریان مواد معدنی نقش مهمی را در تمامی مراحل آماده‌سازی و پرعیار کردن دارد. جدایش مغناطیسی مواد معدنی با روش‌های خشک و تر در شدت‌های مغناطیسی بالا و پایین انجام می‌گیرد.

وسایل و تجهیزات لازم شامل سنگ‌شکن فکی، سنگ‌شکن غلتکی، سری سرند، تقسیم‌کننده و مخلوط‌کننده نمونه، آسیای میله‌ای یا گلوله‌ای، دستگاه نرمه‌گیری، دسیکاتور، خشک‌کن، ترازو و ظروف آزمایشگاهی است.

عوامل موثر در آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش مغناطیسی شامل مشخصات فیزیکی، شیمیایی، ساخت، بافت، تعیین ماهیت ماده معدنی از نظر خاصیت مغناطیسی، ابعاد ذرات تشکیل دهنده نمونه، کافی و مناسب بودن مقدار نمونه، شرایط جوی محل

omoorepeyman.ir

نمونه‌گیری و آماده‌سازی نمونه، کارآیی و کیفیت تجهیزات مورد استفاده در آماده‌سازی، مشخصات و توانایی فرد آماده‌کننده نمونه و موارد دیگر است.

در آماده‌سازی نمونه برای آزمایش جدایش مغناطیسی خشک از مراحل مختلف معدنکاری، بار ورودی، محصول سنگ‌شکن و آسیا، باطله‌های معدنی، باطله کارخانه و کنسانتره و پالپ خروجی کارخانه از فرآیندهای دیگر پرعیارسازی مواد معدنی مانند روش‌های ثقلی، جدایش الکتریکی و فلوتاسیون نمونه‌گیری انجام می‌گیرد. با استفاده از روش‌ها و تجهیزات مناسب نمونه‌برداری، نمونه لازم از محل مورد نظر برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل می‌شود.

در صورتی که نمونه نیاز به خردایش داشته باشد اولین مرحله بعد از انتخاب نمونه انجام فرآیند خردایش بر روی آن است، در بعضی از مواقع نمونه ماده معدنی نیاز به خردایش ندارد. ابتدا نمونه به وسیله سنگ‌شکن‌های فکی آزمایشگاهی با دهانه و گلوگاه‌های متفاوت در طی یک یا دو مرحله خرد می‌شود. محصول حاصل از سنگ‌شکن فکی وارد سنگ‌شکن غلتکی شده و محصول این سنگ‌شکن به وسیله سرند کنترل می‌شود. در پایان مراحل خردایش، محصول به دست آمده پس از مخلوط‌سازی، با روش چهار قسمتی و یا ریفل به نمونه‌های یک یا دو کیلوگرمی تقسیم می‌شود. با توجه به درجه آزادی که از مطالعات کانی‌شناسی و سایر روش‌های تعیین آن حاصل شده است، مقداری از نمونه با توجه به شرایط آزمایش جدایش مغناطیسی خشک برداشته شده و خردایش آن با استفاده از آسیاهای میله‌ای و گلوله‌ای برای رسیدن به دانه‌بندی مناسب و درجه آزادی مناسب انجام می‌گیرد. در صورت لزوم نرمه ایجاد شده از فرآیند خردایش به وسیله هیدروسیکلون جدا شده و به این ترتیب نمونه برای جدایش مغناطیسی خشک آماده می‌شود. اگر هدف استفاده از روش مغناطیسی با شدت زیاد باشد باید برای رسیدن به درجه آزادی قابل قبول، نمونه مجددا نرم شود.

در آماده‌سازی نمونه برای آزمایش مغناطیسی تر، تمام مراحلی که برای آماده‌سازی نمونه برای جدایش مغناطیسی خشک بیان شد در آماده‌سازی نمونه برای جدایش تر نیز انجام می‌گیرد و تنها تفاوت آن تهیه پالپ برای جدایش مواد مغناطیسی با دستگاه جداکننده تر است. پس از خردایش نمونه اولیه، مقداری نمونه معرف از آن به صورت پالپی با درصد وزنی مشخص آماده می‌شود. برای جلوگیری از آگلومراسیون ذرات از مواد متفرق‌کننده استفاده می‌شود و همچنین تر کردن سطوح ذرات به پالپ اضافه می‌شود. بعد از آماده شدن پالپ با ابعاد و درصد جامد مشخص، نمونه در داخل جداکننده مغناطیسی مانند لوله دیویس و یا دستگاه‌های آزمایشگاهی منتقل می‌شود.

مراحل آماده‌سازی نمونه برای آزمایش جدایش مغناطیسی در نمودار شکل ۳-۱۱ نشان داده شده است.

پ- آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش جدایش الکتریکی و الکتروستاتیکی

جدایش الکترواستاتیکی بر مبنای اختلاف هدایت الکتریکی مواد مختلف بنا شده است. بدین ترتیب که هر یک از مواد، بسته به میزان هدایت الکتریکی خود در مسیر جداگانه‌ای قرار می‌گیرند و هنگام عبور از میدان الکتریکی و تحت تاثیر نیروهای دیگر، مانند نیروی گرانی و گریز از مرکز مسیرهای متفاوتی را طی می‌کنند و بر حسب ابعاد، جرم مخصوص و هدایت الکتریکی از هم جدا می‌شوند. از عوامل موثر در این فرآیند می‌توان به پارامترهایی مانند ابعاد، ماهیت، جرم مخصوص، ویژگی‌های سطحی و درجه خلوص کانسنگ اشاره کرد. لازم است که در این عملیات بار ورودی کاملا خشک باشد و رطوبت محیط نیز به شدت کنترل شود. آماده‌سازی

omoorepeyman.ir

نمونه برای این روش نیز مانند سایر روش‌های جدایش بر پایه مطالعات کانی‌شناسی، انتخاب نمونه، دانه‌بندی، خردایش و نظایر آن است.

شکل ۳-۱۰- مراحل آماده‌سازی نمونه برای آزمایش جدایش فلوتاسیون

omoorepeyman.ir

وسایل و تجهیزات لازم شامل سنگ‌شکن فکی، سنگ‌شکن غلتکی، سری سرند، تقسیم‌کن و مخلوط‌کن نمونه، آسیای میله‌ای یا گلوله‌ای، دستگاه نرمه‌گیری، خشک‌کن، ترازو، ظروف آزمایشگاهی و دیگر لوازم است.

عوامل موثر در آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش جدایش الکتریکی شامل مشخصات فیزیکی، شیمیایی، ساخت و بافت ماده معدنی، تعیین وضعیت ماده معدنی از لحاظ خاصیت هدایت الکتریکی، دما، ابعاد و اندازه ذرات و قطعات تشکیل دهنده نمونه‌ها، کافی و مناسب بودن مقدار نمونه، شرایط جوی محل نمونه‌گیری و آماده‌سازی نمونه، خشک بودن نمونه، کارآیی و کیفیت تجهیزات مورد استفاده در آماده‌سازی، مشخصات و توانایی فرد آماده‌کننده نمونه و موارد دیگر است.

در آماده‌سازی نمونه برای آزمایش جدایش الکتریکی از مراحل مختلف معدنکاری، بار ورودی و محصول سنگ‌شکن و آسیا، باطله‌های معدنی، باطله کارخانه و کنسانتره و پالپ خروجی کارخانه از فرآیندهای دیگر پرعیارسازی مواد معدنی مانند روش‌های ثقلی، مغناطیسی و فلوتاسیون، نمونه‌گیری می‌شود. با استفاده از روش‌ها و تجهیزات مناسب نمونه لازم از محل مورد نظر پس از برداشت به آزمایشگاه منتقل می‌شود. از آنجا که اساس انجام این روش خشک بودن نمونه است، اولین مرحله بعد از انتخاب نمونه و انتقال آن به آزمایشگاه خشک کردن طبیعی آن است، خشک کردن طبیعی نمونه در هوای آزاد انجام می‌گیرد. در صورتی که خشک کردن طبیعی باعث ایجاد تغییرات مانند اکسیداسیون کانی شود این کار در داخل یک خشک‌کن انجام می‌گیرد. بعد از خشک کردن طبیعی در صورت نیاز، عملیات خردایش بر روی نمونه انجام می‌گیرد. در مواردی که نمونه از محصولات حاصل از دیگر فرآیندهای پرعیارسازی و جدایش برداشت شده باشد، نیاز به خردایش ندارد. در غیر این صورت ابتدا نمونه به وسیله سنگ‌شکن‌های آزمایشگاهی مختلف در طی یک یا دو مرحله خرد می‌شود. محصول حاصل از سنگ‌شکن فکی وارد سنگ‌شکن غلتکی شده و محصول این سنگ‌شکن با سرند کنترل می‌شود.

بسته به نوع ماده معدنی پس از مراحل سنگ‌شکنی، محصول به دست آمده با آسیای میله‌ای، گلوله‌ای، دیسکی و نظایر آن نرم می‌شود تا درجه آزادی مطلوب حاصل شود. محصول خروجی آسیا پس از همگن‌سازی به وسیله تقسیم‌کن مناسب معمولا به نمونه‌های یک یا دو کیلوگرمی برای انجام آزمایش‌های جداسازی تقسیم می‌شود.

بعد از خردایش نمونه با استفاده از آسیاهای مناسب برای رسیدن به دانه‌بندی مورد نظر در حد درجه آزادی در یک خشک‌کن و به مدت حدود ۱۲ تا ۲۴ ساعت برای حذف رطوبت موجود نگه داشته می‌شود. هر گونه تغییری که ممکن است در بار سطحی کانی‌ها ایجاد شود نباید انجام گیرد، این تغییرات ممکن است ناشی از اکسیداسیون سطحی کانی‌ها باشد. پس از خشک شدن نمونه‌ها، آن را از خشک‌کن بیرون می‌آورند تا به تدریج سرد و خنک شوند و به این ترتیب نمونه برای جدایش الکتریکی آماده می‌شود.

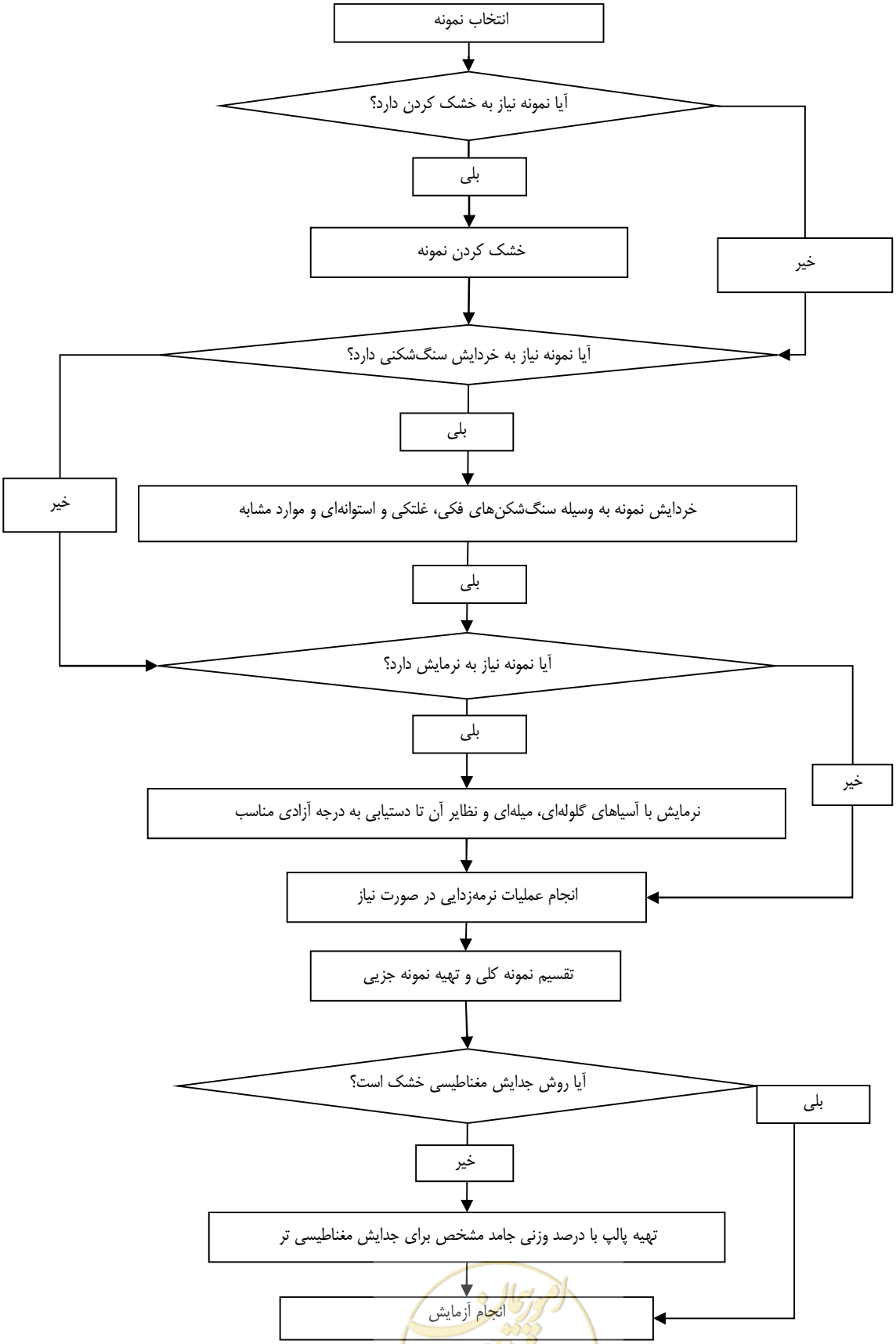
مراحل آماده‌سازی نمونه برای آزمایش جدایش الکتریکی در شکل ۳-۱۲ نشان داده شده است.

ت- آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش جدایش ثقلی

در آزمایش ثقلی جدا کردن مواد معدنی از یکدیگر بر مبنای اختلاف جرم مخصوص کانی‌ها انجام می‌شود و شناخت خواص فیزیکی کانی‌ها امری ضروری و مهم است. در جدایش ثقلی مواد معدنی علاوه بر جرم مخصوص، ابعاد و شکل دانه‌ها بر روی حرکت و جدایش آن‌ها تاثیر می‌گذارد.

وسایل و تجهیزات لازم شامل سنگ‌شکن فکی، سنگ‌شکن مخروطی، سری سرند، تقسیم‌کن و مخلوط‌کن نمونه، آسیای میله‌ای یا گلوله‌ای، دستگاه نرمه‌گیری، خشک‌کن یا گرم‌کن الکتریکی، ترازو، ظروف آزمایشگاهی و سایر لوازم است.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۱۱- مراحل آماده‌سازی نمونه برای آزمایش جدایش مغناطیسی

omoorepeyman.ir

عوامل موثر در آماده‌سازی نمونه‌ها برای آزمایش جدایش ثقلی شامل مشخصات فیزیکی، شیمیایی، ساخت و بافت ماده معدنی، جرم مخصوص ماده معدنی با ارزش، باطله، جرم مخصوص مایع سنگین یا واسطه، ابعاد و اندازه ذرات و قطعات تشکیل دهنده نمونه، درجه آزادی کانی، کافی و مناسب بودن مقدار نمونه، شرایط دمایی محل نمونه‌گیری و آماده‌سازی نمونه، کارآیی و کیفیت تجهیزات مورد استفاده در آماده‌سازی، مشخصات و توانایی فرد آماده‌کننده نمونه و موارد دیگر است.

در آماده‌سازی نمونه برای آزمایش جدایش ثقلی، مقدار مشخصی ماده معدنی از مراحل مختلف معدنکاری، بار ورودی و محصول سنگ‌شکن و آسیا، باطله‌های معدنی، باطله کارخانه و کنسانتره و پالپ خروجی کارخانه و یا از فرآیندهای دیگر پرعیارسازی مواد معدنی و یا سایر روش‌های ثقلی، مغناطیسی و فلوتاسیون به عنوان نمونه برداشته شده و به آزمایشگاه منتقل می‌شود.

این نمونه‌ها با سنگ‌شکن‌های فکی، مخروطی، استوانه‌ای تا ابعادی معمولا زیر ۳ میلی‌متر خرد می‌شوند. محصول خروجی از آخرین سنگ‌شکن معمولا از سرند ۶ مش عبور داده می‌شود. در صورتی که نمونه‌ها در این مرحله به درجه آزادی مناسب رسیده باشند، با استفاده از تقسیم‌کن، نمونه تقسیم شده و مقداری از آن بسته به نوع آزمایش و چگالی موثر کانی‌های مورد نظر برداشته شده و دستگاه جدایش بر اساس شکل۳-۱۳ انتخاب و عملیات جدایش انجام می‌شود و به این ترتیب نمونه برای آزمایش جدایش ثقلی آماده می‌شود.

در صورتی که نمونه‌ها بعد از خردایش در مرحله سنگ‌شکنی به درجه آزادی مناسب نرسیده باشند، یکی از نمونه‌های تقسیم شده محصول خروجی سنگ‌شکن به وسیله آسیای گلوله‌ای یا میله‌ای نرم می‌شود. بعد از این مرحله نمونه دوباره به وسیله تقسیم‌کن مانند ریفل تقسیم شده و پس از انجام دانه‌بندی، درجه آزادی نمونه تعیین می‌شود. با در دست داشتن درجه آزادی و جرم مخصوص موثر کانی‌های مورد نظر و با مراجعه به شکل ۳-۱۳ نوع دستگاه و روش جدایش ثقلی انتخاب شده و نمونه برای جدایش ثقلی مربوطه آماده می‌شود.

مراحل آماده‌سازی نمونه برای آزمایش جدایش ثقلی در شکل ۳-۱۴ نشان داده شده است.

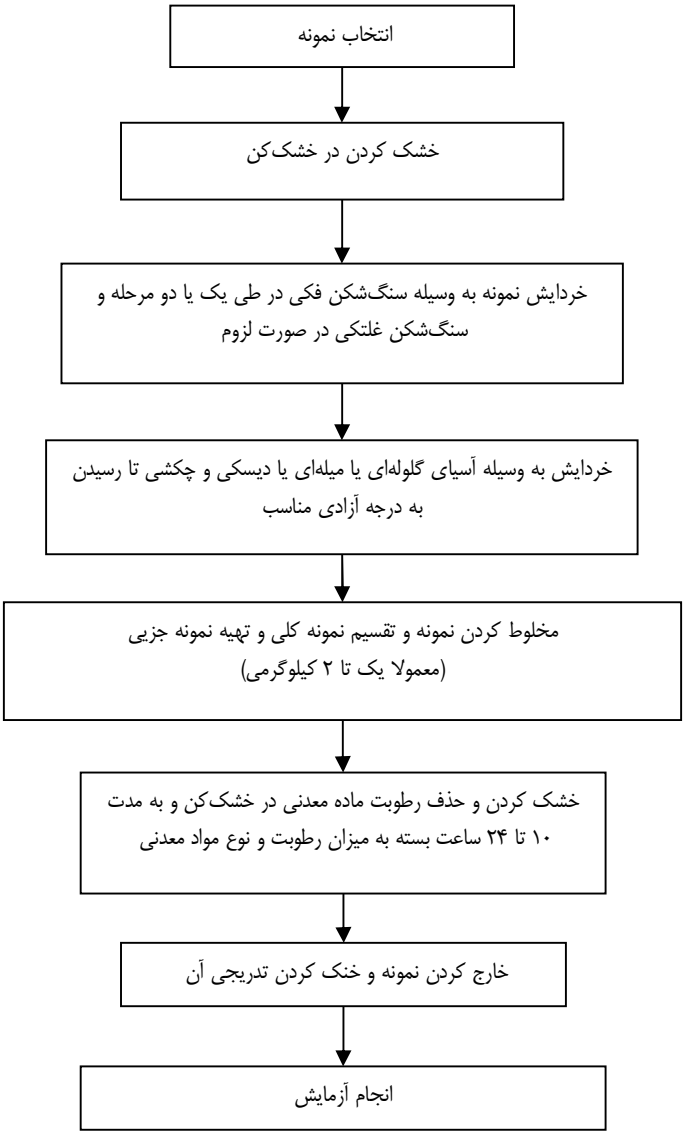
۳-٦-٦- آماده‌سازی نمونه‌ها برای تعیین جرم مخصوص

جرم مخصوص نمونه معدنی عبارت از وزن ذرات تشکیل دهنده نمونه در واحد حجم آن است. جرم مخصوص از جمله پارامترهایی است که در آزمایشگاه کانه‌آرایی برای تعیین بسیاری از پارامترهای پرعیارسازی و دانه‌بندی استفاده می‌شود.

وسایل و تجهیزات لازم شامل استوانه مدرج آزمایشگاهی، ظروف آزمایشگاهی دربدار، خشک کن، ترازو، گرم کن و نظایر آن‌ها است.

عوامل موثر در آماده‌سازی نمونه شامل مشخصات فیزیکی، شیمیایی و بلورشناسی ماده معدنی، ابعاد ذرات و قطعات تشکیل دهنده نمونه‌ها، مقدار رطوبت در داخل نمونه، مناسب بودن یکنواختی و کیفیت نمونه، سالم و مقاوم بودن ظرف حامل نمونه برای جلوگیری از ورود و خروج رطوبت، کافی و مناسب بودن مقدار نمونه، شرایط جوی محل نمونه‌گیری و آماده‌سازی نمونه، مکان نمونه‌برداری، کارآیی و کیفیت تجهیزات مورد استفاده در آماده‌سازی، مشخصات و توانایی فرد آماده‌کننده نمونه و موارد دیگر است.

omoorepeyman.ir



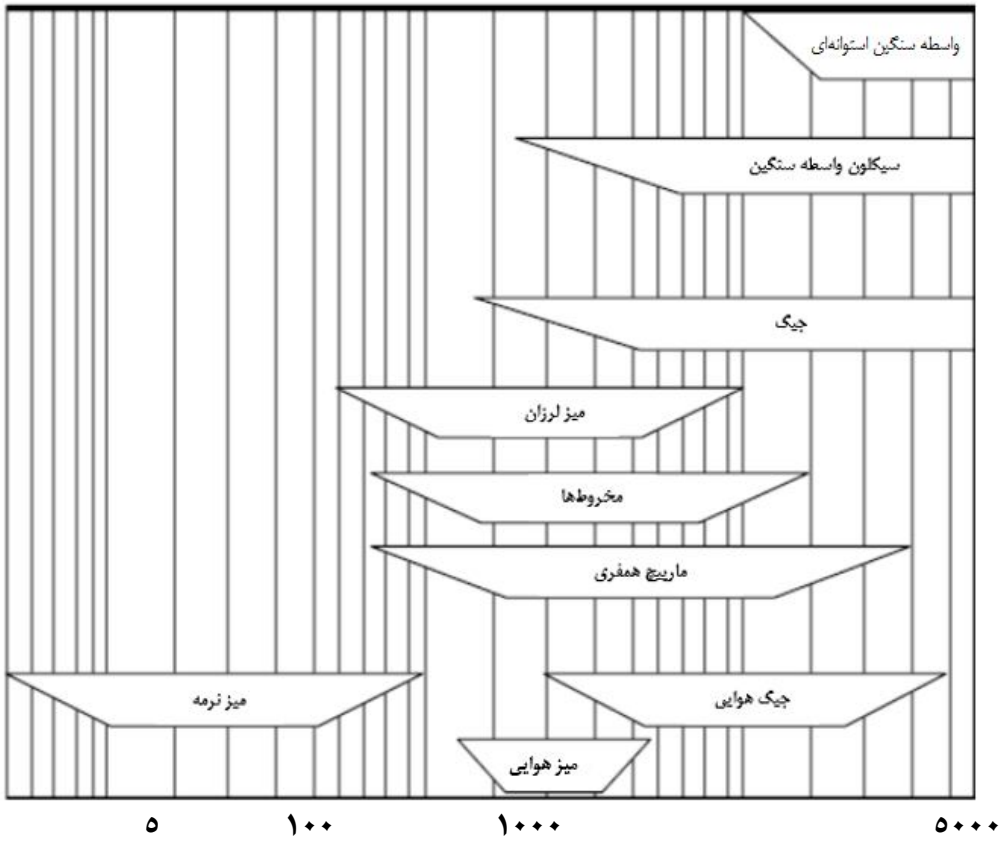
شکل ۳-۱۲- مراحل آماده‌سازی نمونه برای آزمایش جدایش الکتریکی

مراحل آماده‌سازی نمونه برای تعیین جرم مخصوص به شرح زیر است:

اگر نمونه به صورتی باشد که ابعاد ذرات تشکیل دهنده آن زیاد بزرگ نباشد و در حالت کلی عنوان و نام خاک به آن گفته شود در آن صورت معمولا استوانه‌های مخصوص بر روی محل مورد نظر که خاک انباشته شده است، گذاشته شده و روی آن یک تخته چوبی قرار داده می‌شود و با چکش پلاستیکی بر روی تخته چوبی کوبیده می‌شود تا استوانه به طور کامل در درون محل مورد نظر فرو رود. سپس دور استوانه با کاردک خالی شده و استوانه از محل مورد نظر جدا می‌شود. پس از آن با همان کاردک زیر استوانه صاف می‌شود. استوانه مورد نظر به آزمایشگاه انتقال یافته و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در داخل خشک‌کن قرار داده می‌شود تا آب اضافی آن تبخیر شود. در مرحله بعد استوانه وزن شده و با توجه به وزن خالی استوانه و حجم استوانه، جرم

omoorepeyman.ir

مخصوص تعیین می‌شود. اگر در نمونه، ابعاد قطعات درشت باشد باید تا حد لازم نمونه خرد شود و مطابق روش یاد شده آماده‌سازی نمونه انجام گیرد.



شکل ۳-۱۳- حدود ابعاد مناسب (بر اساس میکرون) برای روش‌های جدایش ثقلی

در صورتی که هدف اندازه‌گیری جرم مخصوص یک تکه سنگ یا کانی باشد، آماده‌سازی مطابق زیر انجام شود:

– ابتدا نمونه مورد نظر در داخل یک خشک‌کن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شود.

– بعد از خشک شدن نمونه در دمای معمولی اتاق، نمونه توزین شود.

– نمونه به صورت لحظه‌ای به مدت یک ثانیه در یک ظرف پر از پارافین گرم فرو برده شود تا پارافین سطح نمونه به طور طبیعی خشک شود.

– نمونه آغشته به پارافین وزن شود.

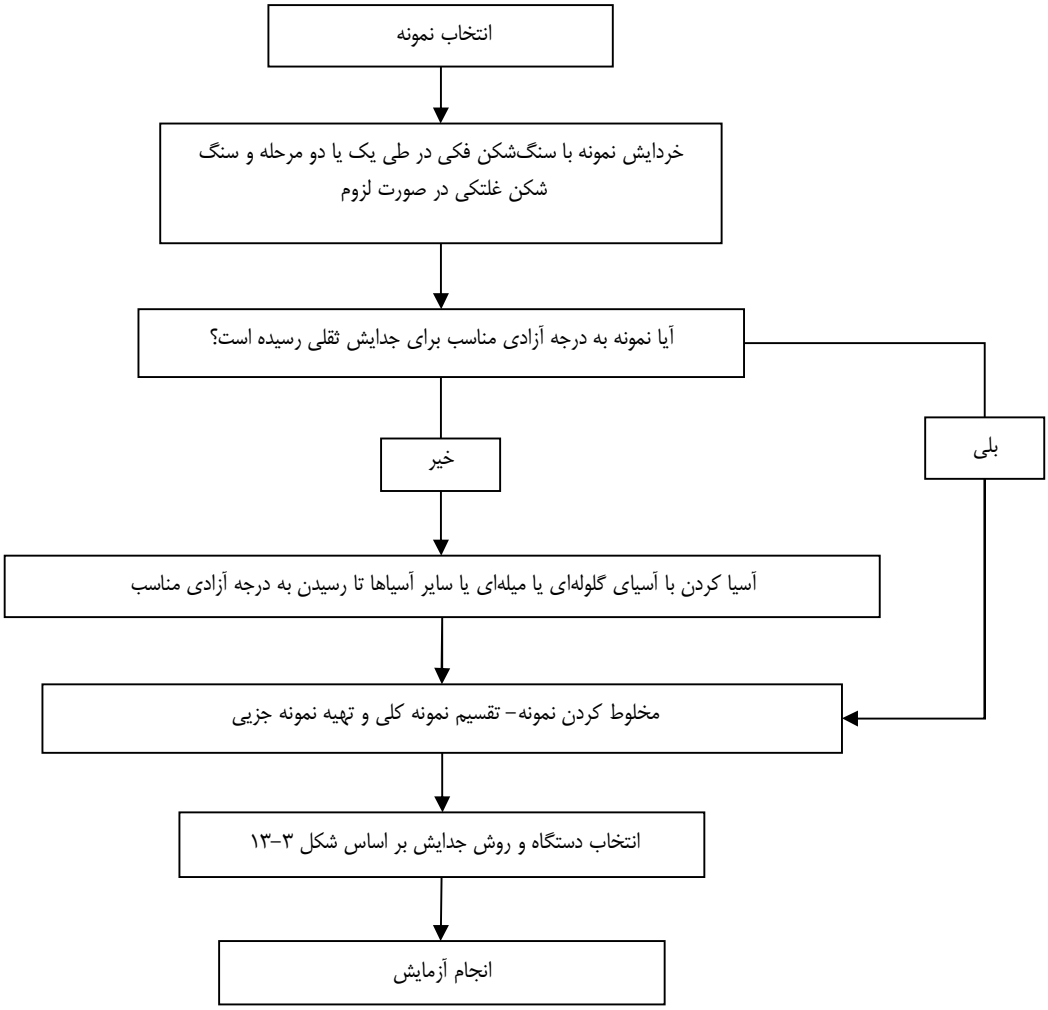
– استوانه مدرج از آب مقطر (حدود ۲۰ سی‌سی) پر شود.

– نمونه در داخل استوانه مدرج پر از آب مقطر قرار گیرد و عدد روی استوانه خوانده شود.

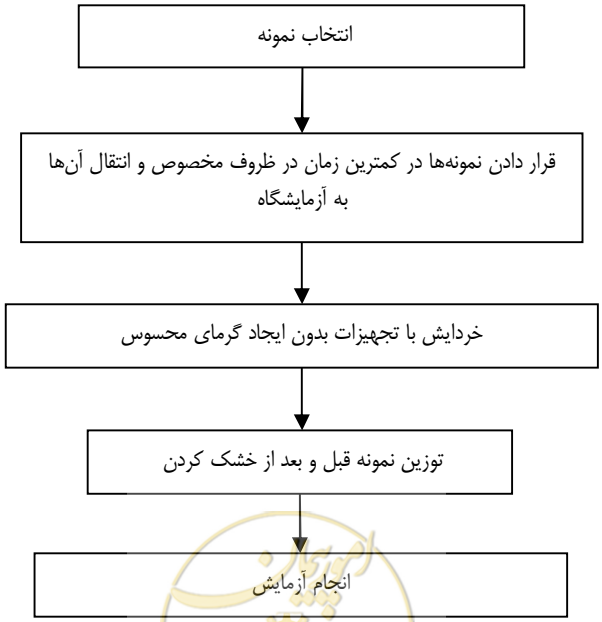
– به این ترتیب نمونه برای تعیین جرم مخصوص آماده می‌شود.

مراحل آماده‌سازی نمونه برای تعیین چگالی در شکل ۳-۱۵ نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۱۴- مراحل آماده‌سازی نمونه برای آزمایش جدایش ثقلی



شکل ۳-۱۵- مراحل آماده‌سازی نمونه برای آزمایش تعیین چگالی

omoorepeyman.ir

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 زغال‌سنگ	۳۵۱	-
۳	دستورالعمل رده‌بندی ذخایر معدنی	۳۷۹	-
۴	راهنمای ملاحظات زیست‌محیطی در فعالیت‌های اکتشافی	٤۹۸	۱۳
۵	دستورالعمل تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی- اکتشافی بزرگ مقیاس رقومی (۱:۲۵۰۰۰)	۵۳۲	۲۰
۶	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف سنگ آهن	۵۳٦	۱۷
۷	علایم استاندارد نقشه‌های زمین‌شناسی	۵۳۹	۲۳
۸	دستورالعمل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ‌مقیاس رسوبات آبراهه‌ای (۱:۲۵۰۰۰)	۵٤۰	۲٤
۹	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف مس	۵٤۱	۲۵
۱۰	فهرست خدمات اکتشافی سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (باریت، بنتونیت، زئولیت، سلستین، سیلیس، فلدسپار، فلوئورین)	۵٦٦	۳٦
۱۱	واژه‌ها و اصطلاحات پایه اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی	۵٦۷	۳۷
۱۲	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف مس سرب و روی	۵۸۱	٤۰
۱۳	راهنمای مطالعات ژئوفیزیکی اکتشافی به روش‌های مغناطیس‌سنجی، گرانی‌سنجی و لرزه‌نگاری در اکتشافات معدنی	۵۹٤	۲۸
۱۴	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف آنتیموان	۵۹۵	۳٤
۱۵	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف سنگ‌ها و کانی‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی	۵۹۹	٤۳
۱۶	فهرست خدمات و راهنمای مطالعات دورسنجی در اکتشاف مواد معدنی	٦۱۵	٤۵
۱۷	فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف مواد اولیه سیمان	٦۱۷	٤۷
۱۸	فهرست خدمات و دستورالعمل بررسی‌های چاه‌پیمایی	٦۱۸	٤۸
۱۹	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف عناصر نادر خاکی	٦٤۸	۵۱
۲۰	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف قلع	٦٤۹	۵۲
۲۱	دستورالعمل آماده‌سازی و اندازه‌گیری عناصر در سنگ آهن	٦۵۲	۵٤
۲۲	دستورالعمل آماده‌سازی، تهیه نمونه و مطالعات میکروسکوپی و سیالات درگیر برای نمونه‌های اکتشافی	٦۵۵	۵۵
۲۳	دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی محیط‌های سنگی در مقیاس ۱:۲۵،۰۰۰	٦۷۱	٦۲
۲۴	دستورالعمل یکسان‌سازی اسامی مواد معدنی	۲۳۱	٦۵
۲۵	راهنمای مطالعات ژئوفیزیکی به روش‌های مقاومت ویژه، پلاریزاسیون القایی، الکترومغناطیسی و پتانسیل خودزا در اکتشاف مواد معدنی	۵۳۳	٦٦
۲۶	دستورالعمل تهیه گزارش پایان عملیات اکتشافی	٤۹۵	۷۰
۲۷	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف طلا	۷۰۳	۷۵
۲۸	دستورالعمل آماده‌سازی و اندازه‌گیری غلظت فلزات گرانبها (طلا، نقره و گروه پلاتین)	۷۰٤	۷۸
۲۹	دستورالعمل تهیه طرح اکتشاف مواد معدنی	۷۱۳	۸۰
۳۰	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف گچ و نمک	۷۲۱	۸۱
۳۱	دستورالعمل آماده‌سازی و اندازه‌گیری غلظت فلزات پایه (مس، روی و سرب)	۷۲۷	۸۲
۳۲	فهرست خدمات اکتشاف سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (پرلیت، دیاتومیت و ورمیکولیت)	۷۲۸	۸۳
۳۳	دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی خاک در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰	۷۳۰	۸۵

omoorepeyman.ir

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
۳۴	راهنمای مطالعات GIS در مقیاس ناحیه‌ای و تعیین نواحی امیدبخش	۷۳۹	۸۷
۳۵	دستورالعمل اکتشاف ناحیه‌ای طلا به روش بلگ	در دست تدوین	
۳۶	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف در شورابه‌ها	در دست تدوین	
۳۷	فهرست خدمات و دستورالعمل اکتشاف سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (نسوزها): خاک نسوز، منیزیت– هونتیت، بوکسیت، نسوزهای آلومینو سیلیکاته (کیانیت، سیلیمانیت و آندالوزیت)، گرافیت و دولومیت	در دست تدوین	
۳۸	دستورالعمل بررسی‌های ژئوشیمیایی به روش اکتشافات بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی	در دست تدوین	

omoorepeyman.ir

عناوین پروژه‌های کمیته استخراج 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 استخراجی	۳٤۰	-
۲	مقررات تهویه در معادن	۳۵۰	-
۳	مقررات فنی آتشباری در معادن	٤۱۰	-
۴	دستورالعمل تهیه نقشه‌های استخراجی معدن	٤٤۲	۸
۵	راهنمای ارزشیابی دارایی‌های معدنی	٤٤۳	۹
۶	دستورالعمل فنی روشنایی در معادن	٤۸۹	۱۰
۷	دستورالعمل امداد و نجات در معادن	٤۸۸	۱۸
۸	راهنمای تهیه گزارش‌های طراحی معدن	٤۹٦	۱۱
۹	دستورالعمل ترابری در معادن	۵۰٦	۱٤
۱۰	دستورالعمل توزیع هوای فشرده در معادن	۵۳۱	۱۹
۱۱	دستورالعمل طراحی و اجرای سیستم نگهداری تونل‌های معدنی	۵۳۷	۲۱
۱۲	دستورالعمل تحلیل پایداری و پایدارسازی شیب‌ها در معادن روباز	۵۳۸	۲۲
۱۳	راهنمای محاسبه قیمت تمام شده در فعالیت‌های معدنی	۵٤۲	۲٦
۱۴	دستورالعمل نگهداری و کنترل سقف در کارگاه‌های استخراج	۵۵۳	۲۹
۱۵	واژه‌ها و اصطلاحات پایه اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی	۵٦۷	۳۷
۱۶	راهنمای آبکشی در معادن	۵۷۳	۳۸
۱۷	دستورالعمل طراحی هندسی بازکننده‌ها و حفریات زیرزمینی	۵۷۹	٤۱
۱۸	راهنمای ملاحظات زیست‌محیطی در فعالیت‌های استخراجی	٦۱۱	٤٤
۱۹	راهنمای ارزیابی و کنترل پیامدهای ناشی از انفجار در معادن	٦۱٦	٤٦
۲۰	راهنمای انتخاب روش استخراج ذخایر معدنی	٦۲۳	٤۹
۲۱	دستورالعمل تعیین مرز تغییر روش استخراج از روباز به زیرزمینی	٦۲۵	۵۰
۲۲	دستورالعمل کاربرد روش‌های عددی در طراحی ژئومکانیکی معادن	٦۵٦	۵٦
۲۳	راهنمای ارزیابی ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) در معادن	٦٦۹	٦۰
۲۴	راهنمای امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی	۵۵۸	٦٤
۲۵	دستورالعمل پر کردن کارگاه‌های استخراج معادن زیرزمینی	۲۸۳	٦۹
۲۶	راهنمای محاسبه بار و توزیع برق در معادن	۳۰٤	۷۱
۲۷	دستورالعمل گاززدایی در معادن زغال‌سنگ	۷۰۹	۷٦
۲۸	دستورالعمل ابزاربندی و رفتارنگاری در معادن روباز	۷۲۵	۸٤
۲۹	دستورالعمل بازرسی و تعمیر سیستم‌های نگهداری در حفریات معدنی	۷۲٦	۸٦
۳۰	راهنمای طراحی و احداث شبکه‌های زیرزمینی معادن	۷٤٦	۸۹
۳۱	دستورالعمل کنترل رقیق‌شدگی در معادن	در دست تدوین	
۳۲	راهنمای تخمین و کنترل نشست در معادن	در دست تدوین	
۳۳	علایم استاندارد نقشه‌های استخراجی معدن	در دست تدوین	
۳۴	راهنمای متره و برآورد در فعالیت‌های استخراج معدنی	در دست تدوین	
۳۵	راهنمای مکان‌یابی و جانمایی تاسیسات و تجهیزات در معادن روباز	در دست تدوین	

omoorepeyman.ir

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 تزیینی و نما	۳۷۸	-
۲	تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های کانه‌آرایی	٤٤١	۷
۳	فهرست خدمات طراحی پایه واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری مواد معدنی	٤۹۷	۱۲
۴	علایم استاندارد نقشه‌های کانه‌آرایی	۵۰۸	۱۵
۵	راهنمای نرم‌افزاری علایم استاندارد نقشه‌های کانه‌آرایی مواد معدنی	۵۰۸	۲۷
۶	دستورالعمل مکان‌یابی واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری	۵۱۵	۱٦
۷	ضوابط انجام آزمایش‌های کانه‌آرایی در مقیاس آزمایشگاهی، پایه و پیشاهنگ	۵٤٤	۳۱
۸	راهنمای محاسبه تعیین ظرفیت ماشین‌آلات و تجهیزات واحدهای کانه‌آرایی	۵٤۵	۳۲
۹	راهنمای انباشت مواد باطله در واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری	۵۵۹	۳۳
۱۰	راهنمای سنگ‌جوری مواد معدنی به روش‌های دستی یا خودکار	۵۵٤	۳۰
۱۱	راهنمای حمل و نقل مواد معدنی در مدارهای کانه‌آرایی	۵٦٤	۳۹
۱۲	شناسایی مواد معدنی و آزادسازی آن‌ها در کانه‌آرایی	۵٦۵	۳۵
۱۳	واژه‌ها و اصطلاحات پایه اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی	۵٦۷	۳۷
۱۴	ضوابط و معیارهای انتخاب آسیای خودشکن و نیمه‌خودشکن	۵۸۰	٤۲
۱۵	دستورالعمل کنترل و خنثی‌سازی آرسنیک، سولفید و سیانید در آزمایشگاه‌های فرآوری	٦۵۱	۵۳
۱۶	دستورالعمل نمونه‌برداری در کانه‌آرایی	٦٦۰	۵۷
۱۷	راهنمای تعیین شاخص خردایش در آسیاهای مختلف	٦٦۱	۵۸
۱۸	راهنمای آزمایش‌های جدایش ثقلی در مقیاس آزمایشگاهی	٦٦۲	۵۹
۱۹	راهنمای انتخاب مدار خردایش مواد معدنی	٦۷۰	٦۱
۲۰	راهنمای افزایش مقیاس در واحدهای کانه‌آرایی	٦۷۲	٦۳
۲۱	راهنمای آزمایش‌های خشک‌کردن، تشویه و تکلیس در مقیاس آزمایشگاهی	۳۷۲	٦۷
۲۲	راهنمای پذیرش و نگهداری نمونه‌های معدنی در آزمایشگاه کانه‌آرایی	٦۸۰	٦۸
۲۳	راهنمای پوشش و تجهیزات حفاظتی کارکنان در واحدهای کانه‌آرایی	۵۱٤	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	راهنمای نرمه‌زدایی در واحدهای کانه‌آرایی	۷۳۸	۸۸
۲۸	راهنمای آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه کانه‌آرایی	۷٤۹	۹۰
۲۹	فهرست خدمات مهندسی تفصیلی واحدهای کانه‌آرایی	در دست تدوین	
۳۰	راهنمای محاسبات در آزمایش‌های کانه‌آرایی	در دست تدوین	
۳۱	راهنمای آزمایش‌های هیدرومتالورژی در مقیاس آزمایشگاهی	در دست تدوین	
۳۲	راهنمای فنی کنترل و پایش تجهیزات فرآوری	در دست تدوین	

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بـر ششصـد عنـوان ضـابطه تخصصـی- فنـی، در قالـب آیـین‌نامـه، معیـار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی، نشریه و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیـه شـده، تـا در راه نیـل بـه توسـعه و گسـترش علـوم در کشـور و بهبـود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست ضوابط منتشر شده در پایگاه اطلاع‌رسانی**nezamfanni.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Guideline for Sample Preparation in Mineral Processing Laboratory

No. 749

Deputy of Technical, Infrastructure and Production Affairs
Department of Technical and Executive Affairs, Consultants and Contractors

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

2019

omoorepeyman.ir

این نشریه

نحوه آماده‌سازی نمونه و تجهیزات مربوط به آن
را برای آزمایش‌های کانه‌آرایی ارایه می‌دهد.

omoorepeyman.ir