

فلوشیت آزمایش های فر آوری مواد معدنی

نمونه گیری

نمونه گیری مخروطی و چهار قسمتی

تقسیم کننده مجرای

آزمایش های مقدماتی و کلی

ترکیب سمی است یا غیر سمی

اندازه احتمالی ذرات

سختی متوسط نمونه

دارای آلیاژ یا خالص

منطقه جغرافیایی

میزان رطوبت

آلی یا معدنی ...

نمونه برداری:

بررسی‌های آزمایشگاهی، رفتار سنگ معدن را در مقابل روش‌های مختلف جداسازی و متغیرهای عملیاتی شخص می‌کند. از نتایج آزمایش‌ها برای طراحی کارخانه‌های کانه‌آرایی و یا طراحی فرآیندهای خاص در مقیاس صنعتی استفاده می‌شود. بنابراین نمونه‌ای که در آزمایشگاه تهیه(آماده) می‌شود باید نمایانگر یا نماینده توده معدنی از لحاظ تمام خواص فیزیکی، شیمیایی و کانی شناسی باشد.

نمونه گیری مخروطی و چهار قسمت:

در این روش مواد را بر روی یک سطح تمیز و صاف ریخته و با هم مخلوط می‌کنند سپس آن را به صورت یک مخروط در می‌آوردند. مخروط حاصله را از نوک به طرف کف فشار می‌دهند تا سطح صافی به موازات قاعده آن به وجود آید. نهایتا با استفاده از دو صفحه عمود بر هم توده را به چهار قسمت مساوی تقسیم می‌کنند. دو بخش از این چهار بخش که مقابل هم قرار گرفته‌اند، برداشته و از سایر مواد جدا می‌کنند. دو بخش باقی مانده مجدداً خوب مخلوط شده، سپس به صورت مخروط درآورده می‌شود و مراحل قبلی دوباره تکرار می شوند.

تقسیم کننده مجرایی:

این وسیله از یک ظرف که در دو طرف آن تعدادی مجرای مشابه وجود دارد، تشکیل شده است. خروجی این مجراها به صورت یک در میان به سمت چپ یا راست قرار گرفته‌اند. مواد بطور یکنواخت از بالا به داخل محفظه‌ای به شکل V ریخته می شود و با توجه به تعداد مساوی مجراهای موجود حجم مواد ریخته شده در هر بار استفاده از این تقسیم کننده تقریباً نصف می‌شود.

خردایش: پرهزینه ترین واحد از نظر هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی است.

سنگ‌شکن: خرد کردن مواد از ابعاد اولیه خارج شده از معدن، تا رساندن به ابعاد مناسب برای ورود به آسیاها توسط وسایلی که سنگ‌شکن نامیده می‌شوند انجام می‌گیرد.

فکی: مواد توسط نیروهای فشاری یا برشی بین دو صفحه (فک) صاف یا موج‌دار که یکی از آنها ثابت و دیگری متحرک است خرد می‌شوند. زاویه بین فک ها ۲۷ درجه است.

پازوی مضاعف: فک متحرک که حول یک محور که در صفحه آن و در قسمت فوقانی فک قرار دارد به حرکت در می‌آید. برای خرد کردن کانی‌های سخت مناسب است.

پازوی ساده: فک متحرک در قسمت فوقانی مستقیماً بر روی یک محور خارج از مرکز قرار دارد و مسیر حرکت فک تقریباً یک بیضوی کشیده است.

نسبت خرد کردن بر مبنای سرندهایی که به ترتیب ۸۰ درصد بار اولیه در محصول خرد شده از آن‌ها عبور می‌کنند، در عمل معمولاً ۲ تا ۳ است.

ژیراتوری: از یک بدنه ثابت مخروطی شکل و یک هسته میانی که حرکت دورانی در طول محوری که خود جابجا می‌شود تشکیل شده است، زاویه بین بدنه و هسته ۲۲ تا ۳۰ درجه است. نسبت خرد کردن بر مبنای۸۰ درصد عبور کرده در عمل محدود به ۴ الی ۵ است.

از این نوع سنگ‌شکن بین سنگ‌شکن اولیه و تاسیسات بزرگ استفاده می‌شود.

مخروطی: برای مراحل میانی خرد کردن مورد استفاده قرار می‌گیرند. در حقیقت نوعی از سنگ‌شکن ژیراتوری است که در آن زاویه راس هسته مخروطی تا حدود ۱۰۰درجه افزایش یافته است.

استاندارد: نسبت خرد کردن به طور رایج ۳ است.

سرکوتاه: در مرحله سوم سنگ‌شکنی مورد استفاده قرار می‌گیرد و نسبت خرد کردن آن ۵/۱ تا ۲ است، ابعاد محصول این نوع به طور معمول کوچک‌تر از ۱۳ تا ۱۵ میلی‌متر است.

استوانه‌ای: کاربرد آن در مواردی است که هدف، خرد کردن ماده‌ای با تولید حداقل نرمه باشد. همچنین کارکرد این سنگ‌شکن‌ها برای خرد کردن مواد مرطوب و چسبنده به مراتب بهتر از نوع فکی و ژیراتوری است.

اشکال عمده فرسایش زیاد و غیر یکنواخت سطح استوانه‌ها

یک استوانه: از یک استوانه دندانه‌دار و یک فک ثابت تشکیل شده است. در حال حاضر عملاً کاربردی ندارد.

دو استوانه: مشابه نوع معمولی است با این تفاوت که سطح هر دو استوانه دندانه دار است. نسبت خرد کردن در حدود ۶ تا ۷ است.

ضربه‌ای: از یک روتور و تعدادی سیر که بر روی جدار داخلی نصب شده‌اند تشکیل شده است. روتور با سرعت زیاد دوران می‌کند و با پرتاب بار ورودی به طرف سپرها سبب خرد شدن قطعات می‌شود.

نسبت خرد کردن در مسیر بسته در حدود ۱۰ تا ۳۰ است.

اشکال: میزان نرمه تولید شده در این وسیله نسبتاً زیاد است.

پرس استوانه‌ای: از دو استوانه‌ای که در جهت عکس یکدیگر حرکت می‌کنند تشکیل شده است بطوری که محور یکی از استوانه ها ثابت و محور دیگری قابل تنظیم و جابجایی است.

و این نوع سنگ‌شکن، هر قطعه، علاوه بر تنش فشاری، تحت تاثیر تنش‌های برشی و خمشی نیز قرار می‌گیرد.

محصول بدست آمده از این وسیله در اثر تحمل فشار بسیار زیاد بین استوانه‌ها کلوخه مانند است.

عوامل موثر در انتخاب مسیر سنگ‌شکنی:
قابلیت خرد شدن کانه، حداکثر ابعاد بار اولیه، ابعاد محصول خرد شده، میزان سایندگی، ظرفیت، ضریب دسترسی.

کلیاتی در مورد آسیاهای گردان:

بطور کلی تشکیل شده‌اند از بدنه‌ای استوانه‌ای و یا مخروطی شکل که حول محور افقی خود گردش می‌کند. و قسمتی از حجم آن‌ها توسط بار خردکننده‌ای مثل میله، گلوله، قلوه‌سنگ و یا قطعات درشت خود ماده معدنی پر شده است. با گردش آسیا بار خردکننده تا ارتفاعی بالا می‌رود و بارها بر روی ماده معدنی و بر اثر ضربه، فشار و سایش مواد با یکدیگر خرد می‌شوند.

میله‌ای: به شکل استوانه است و بار خردکننده آن میله‌های فولادی؛ جهت استفاده برای آسیا کردن اولیه مواد با نسبت خرد کردن ۱۰۰ تا ۲۵ و نرمه ایجاد شده نسبتاً کم

گلوله‌ای: به شکل استوانه‌ای و استوانه‌ای–مخروطی است و بار خردکننده آن گلوله‌های فولادی و با نسبت خرد کردن ۱۰۰ تا ۲۰۰ است.

لوله‌ای: نسبت طول به قطر در حدود ۴ است و بیشتر برای تولید محصول بسیار دانه ریز استفاده می‌شود و کاربرد عمده آن در صنایع سیمان است.

قلوه سنگی: بار خردکننده از جنس قلوه سنگ‌های طبیعی مثل اپال یا ساخته شده از جنس سرامیک است. کاربرد در صنایع شیشه سازی، سرامیک و صنایع شیمیایی است.

خودشکن: بار خردکننده آن‌ها قطعات بزرگی از بار اولیه است. نسبت خرد کردن به متجاوز از ۱۰۰ هم می‌رسد.

در خرد کردن مواد با این آسیا، عامل یافت و ساخت کانه بیشتر از سایر روش‌ها دخالت می‌کند.

نیمه خودشکن: اگر میزان قطعات درشت سنگ معدنی با ابعاد مناسب کافی نباشد و یا سختی لازم را نداشته باشد در این حالت می‌توان با افزودن مقدار محدودی گلوله فولادی با قطر زیاد کمبودهای فوق را جبران کرد.

از معایب این نوع نسبت به خود شکن، هزینه گلوله و افزایش خوردگی داخلی آسیا است.

ارتعاشی: از یک یا چند بدنه استوانه‌ای یا نیمه استوانه‌ای تشکیل شده است که بر روی پایه‌های قابل ارتعاجی قرار گرفته است.

بار خردکننده آن شامل میله یا گلوله فولادی است. کاربرد اصلی آسیای ارتعاشی، آسیا کردن مواد با سختی متوسط تا زیاد به روش خشک برای تولید محصولی با ابعاد یک میکرون یا کوچک‌تر است.

سرعت خرد کردن نسبت به آسیاهای گردان با حجم مساوی، ۲ یا ۳ برابر است.

قائم: استوانه‌ای با محور قائم است که در داخل آن بار خردکننده‌ای متشکل از گلوله‌های فولادی، سرامیکی و اپال قرار دارد که توسط یک ماریج مضاعف جابجا می‌شود.

غلنگی: از یک بدنه استوانه‌ای شکل تشکیل شده است که در داخل آن تعدادی غلنگ نصب شده است، مواد بین بدنه و غلنگ‌ها خرد می‌شوند.

چکشکی: دارای روتوری هستند که بر روی آن چکش‌هایی مفصل شده‌اند و دانه‌های بار ورودی پس از برخورد با چکش که با سرعت زیاد دوران می‌کند به طرف جدار سخت داخلی آسیا پرتاب می‌شود و بر اثر سایش و فشار وارده خرد می‌شود.

نسبت خرد کردن در حدود ۲۰ الی ۳۰ است و عیب عمده آن فرسایش زیاد آن است.

دمشی: در این آسیا خرد شدن و طبقه‌بندی مواد در یک محفظه واحد انجام می‌شود. این آسیا هیچ قسمت متحرکی ندارد. مواد توسط جریانی از هوا یا بخار با فشار زیاد به حرکت در می‌آیند و در یک محفظه با ارتفاع کم دارای حرکتی دورانی با سرعت زیاد می‌شوند.

عوامل موثر در انتخاب مراحل آسیا کردن و نوع وسیله:

دانه‌بندی بار ورودی، قابلیت خرد شدن کانه، سایندگی کانه، دانه‌بندی محصول، ظرفیت، روش خرد کردن(تر یا خشک).

دانه‌بندی: مجموعه اطلاعاتی که در یک نمونه از سنگ معدنی خرد شده، اندازه متوسط و یا توزیع حجمی یا وزنی آن ماده و ابعاد مختلف را مشخص می‌کند. طبقه‌بندی مواد با استفاده از سیال روشی است که مخلوط کانی‌ها را به یک یا چند محصول بر پایه سرعت متفاوت سقوط دانه‌ها در یک سیال تقسیم می‌کند. در کانه آرایی، سیال مورد استفاده معمولاً آب است و طبقه‌بندی تر عموماً برای ذراتی که سرنده کردن آنها پادذهی مناسبی ندارد، استفاده می شود. یکی از مهم‌ترین عوامل در کنترل کار آسیاها، اندازه‌گیری دانه‌بندی محصول است.

تجزیه سرندي: یکی از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین روش‌های تعیین دانه‌بندی مواد است. در این روش از یک سری سرنده آزمایشگاهی استفاده می‌شود به نحوی که در این سرندها بر روی یکدیگر قابل نصب هستند و چشمه‌های آن‌ها از بالا به پایین کوچک می‌شوند.

برای اطلاع بیشتر از مکانیزم سرنده کردن و انواع سرندها به فصل۶ کتاب کانه‌آرایی دکتر حسین نعمت‌الهی مراجعه شود.

کوچک‌تر از محدوده سرنده: برای ابعاد کوچکتر از ۴۰ میکرون استفاده می‌شود. که رایج‌ترین روش برای به دست آوردن دانه‌بندی این مواد، روش Tennessee در سیال است. همچنین در سال‌های اخیر روش‌های الکترونیکی دقیق ابداع شده‌اند و مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

و همچنین روش‌هایی مبتنی بر استفاده از نیروی گریز از مرکز مثل جداکننده BAHCO سیکلوسایزر و بی‌هت سانتریفوژ برای کوتاه کردن زمان Tennessee مواد در سیال استفاده می‌شود.

کلاسیفایر: وسیله‌ای است که در آن مواد بر مبنای سرعت نسبی حرکتشان در یک سیال طبقه‌بندی می‌شوند.

کلاسیفایرهای آبی با جریان قائم: مشخصه اصلی آن‌ها جریانی از آب است که در خلاف جهت سقوط دانه‌ها به آن وارد می‌شود. که می‌توان به نمونه‌هایی از این نوع کلاسیفایر اشاره کرد: هیدروسایزر، مخروطی، FAHRENWALD, RHEAX

کلاسیفایرهای آبی با جریان افقی: در این نوع کلاسیفایرها، طبقه‌بندی مواد در بخش سطحی آن‌ها انجام می‌شود و حرکت کلی مواد در آن‌ها در جهت افقی است.

رایج‌ترین انواع این نوع کلاسیفایرها عبارت اند از: مخروط Tennessee، پارویی، ماریچی، جامی، نوسانی.

کلاسیفایرهای آبی با جریان دورانی: دانه‌های جامد در جریان دورانی تحت تاثیر نیروی گریز از مرکز قرار می‌گیرند و با استفاده از این نیرو می‌توان سرعت Tennessee را افزایش داد.

هیدروسیکلون: شامل وسایلی است که مواد به صورت پالپ در داخل آن‌ها به گردش در می‌آیند.

بار اولیه تحت فشار از طریق لوله ورودی و به طور مماس به داخل هیدروسیکلون جریان می‌یابد، در نتیجه پالپ دارای حرکت دورانی می‌شود.

پالپ موجود در هیدروسیکلون تحت تاثیر دو نیروی گریز از مرکز در جهت داخل به خارج و نیروی مقاومت در جهت خارج به داخل قرار می‌گیرند.

سانتریفوژ: شامل وسایلی هستند که خود حرکت دورانی دارند و به این ترتیب با اعمال نیروی گریز از مرکز بر روی مواد آن‌ها را طبقه‌بندی می‌کنند.

معمولاً برای جدا کردن مایع از جامد (ایکشی کردن مواد) بکار می‌روند.

نیروی گریز از مرکز این دستگاه متناسب با سرعت دوران و عکس شعاع مسیر دانه‌ها است.

کلاسیفایرهای هوایی: در مواردی مثل نواحی کویری، صنایع سیمان و ... استفاده از روش خشک اجتناب ناپذیر است. در این وسایل Tennessee دانه‌ها در شرایط سقوط آزاد است که قوانین آن به خوبی شناخته شده‌اند.

از جداکننده‌های هوایی به طور کلی در سه زمینه، گردگیری یا جدایش جامد– سیال(هوا)، طبقه‌بندی در مسیرهای بسته آسیاکردن و پر عیار کردن مواد معدنی استفاده می‌شود.

رایج‌ترین کلاسیفایرهای هوایی به نام‌های زیر هستند: BIRTLEY ، الوتزیاتور هوایی، سیکلون هوایی، WHIZZER ، ژیراتوری، دو مخروطی، دلتا، MIKROPLEX .

جدایش،آرایش، پر عیار کردن

جدا کردن کانی‌های با ارزش موجود در یک کانه از کانی‌های گانگ است.

نقلی: در جدایش نقلی مواد، ترکیبی از چگالی، ابعاد و شکل دانه‌ها بر روی حرکت آن‌ها تاثیر می‌گذارد. در این روش می‌باید بین چگالی کانی با ارزش و گانگ اختلاف قابل توجهی وجود داشته باشد.

شیمیایی: بر مبنای انحلال کانی مورد نظر در حلال مناسب پایه‌گذاری شده‌اند و قابلیت استفاده از این روش بستگی به سطوح آزاد و کافی در اختیار داشتن است.

فلوتاسیون: در حال حاضر این روش دارای بیشترین کاربرد در آرایش مواد معدنی است. مبنای این روش قابلیت ترشوندگی سطحی کانی‌ها است که سعی می‌شود با استفاده از مواد شیمیایی مناسب به نام کلکتور سطح خارجی یک یا چند کانی را ابران کنند و بدین وسیله به حباب‌هایی که توسط کف سازها تولید شده است می‌چسبند و این حباب‌ها به همراه مواد معدنی به سطح پالپ می‌آیند و در نتیجه با تخلیه کف می‌توان این کانی‌ها را از سایر کانی‌ها جدا کرد.

مغناطیسی: کانی‌ها هر گاه در یک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند، باعث تجمع یا تفرق خطوط مغناطیسی می‌شوند. اگر خاصیت فرو منیتیزم در یک یا چند کانی وجود داشته باشد با استفاده از یک میدان مغناطیسی ضعیف می‌توان آن کانی‌ها را جذب و از بقیه جدا کرد.

مغناطیسی: کانی‌ها هر گاه در یک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند، باعث تجمع یا تفرق خطوط مغناطیسی می‌شوند. اگر خاصیت فرو منیتیزم در یک یا چند کانی وجود داشته باشد با استفاده از یک میدان مغناطیسی ضعیف می‌توان آن کانی‌ها را جذب و از بقیه جدا کرد.

انجام آزمایش های مربوطه

XRD

XRF

جذب اتمی

(X–Ray Diffraction)

پراش اشعه ایکس یک روش غیر تخریبی با چند کاربرد است که اطلاعات جامعی درباره ی ترکیبات شیمیایی و ساختار کریستالین مواد طبیعی و صنعتی ارائه می دهد.

هر ساختار کریستالی، الگوی اشعه X منحصر بفرد خود را داراست که ممکن است به عنوان اثر انگشت برای تعیین هویت آن استفاده شود. دستگاه XRD امکان تهیه ی الگوی پراش مواد را فراهم می نماید.

(X–ray Fluorescence Spectroscopy)

طیف سنجی فلورسانس پرتو ایکس (XRF) از روش های آنالیز عنصری است که از آن به طور وسیعی در صنعت و مراکز پژوهشی استفاده می‌شود.

تفاوت آزمایش‌های XRD و XRF چیست؟

در هر دو روش از ویژگی‌های پرتو ایکس جهت شناسایی استفاده می‌شود ولیXRD جهت شناسایی فازها به کار می‌رود، در حالی که XRF تنها آنالیز عنصری (معمولاً از سدیم تا اورانیوم) انجام می‌دهد.

جذب اتمی: طیف‌سنجی (یا طیف‌نامی یا اسپکتروسکوپی) مطالعه ماده و خواص آن، با بررسی نوره، صوت و ذرات گسیل شده، جذب شده یا پراکنده شده از ماده مورد نظر است. طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS) یک روش اسپکتروسکوپی برای اندازه‌گیری کمی عناصر شیمیایی با استفاده از جذب اشعه نوری (نور) توسط اتم در حالت گازی است.

پژوهشگر: محمد رحمانیان کوشکی / استاد راهنما: مهندس نقیب زاده