فصل ۴
نرم کردن مواد

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که بتواند :

۱ـ نرم کردن مواد معدنی و اهمیت آن را در عملیات فرآوری بیان کند.

۲ـ آسیا و انواع آن را شرح دهد.

۳ـ چگونگی نرم کردن مواد، توسط گلوله‌ها را توضیح دهد.

۴ـ سرعت گردش آسیاها را با ذکر فرمول محاسبه سرعت بحرانی بیان کند.

۵ـ پوشش (آستر) داخلی آسیاها را شرح دهد.

۶ـ آسیاهای تر و خشک را تشریح کند.

۴ــ آشنایی

نرم کردن مواد در صنعت اهمیت زیادی دارد و علاوه بر آزاد نمودن ماده معدنی، برای عملیاتی نظیر «سیانوراسیون» (که ابعاد ذرات باید بین ۰/۵ الی ۰/۱ میلی‌متر باشد) و همچنین برای نرم کردن موادی که اگر کمتر از حد معینی نرم شده باشند در بازار غیرقابل فروش هستند مانند سیمان‌ها، باریت‌ها، فسفات‌ها و موارد مشابه این عمل کاربرد دارد.

نرم کردن نوعی خرد کردن است که طی آن ذراتی که در بین دو سطح قرار می‌گیرند، نرم می‌شوند. یکی از مهم‌ترین اهداف مرحلهٔ نرم کردن، آزاد ساختن کانی مفید از مواد باطله همراه است و هرقدر ذرات مادهٔ معدنی ریزتر باشند، عمل نرم کردن تا حد بیشتری انجام می‌شود تا کلیه کانی و یا کانی‌های با ارزش از «گانگ» آزاد شود.

اگرچه به طور قطع نمی‌توان اندازهٔ بار ورودی جهت نرم کردن را دقیقاً مشخص کرد، امّا در هر حال بار ورودی به آسیاها آخرین محصول سنگ‌شکن‌ها می‌باشد که دارای ابعادی بین ۱ تا ۳۰ میلی‌متر می‌باشد. حداکثر ابعاد محصولات بین ۰/۱ تا ۰/۴ میلی‌متر (۳۵ ــ ۱۵۰ مش) متغیر می‌باشد.

۴ــ۱ــ آسیاها[1]

عمل نرم کردن مواد در دستگاه‌هایی به نام آسیاها انجام می‌شود محصول خارج شده از سنگ‌شکن‌های مرحلهٔ دوم پس از کنترل دانه‌بندی توسط سرندها به آسیاها وارد می‌گردد و تا حدّ مورد نظر نرم می‌شود. این آسیاها به دو دسته تقسیم می‌شوند :

اول : آسیاهایی که به طریقهٔ «تر» کار می‌کنند.

دوم : آسیاهایی که به طریقهٔ «خشک» کار می‌کنند.

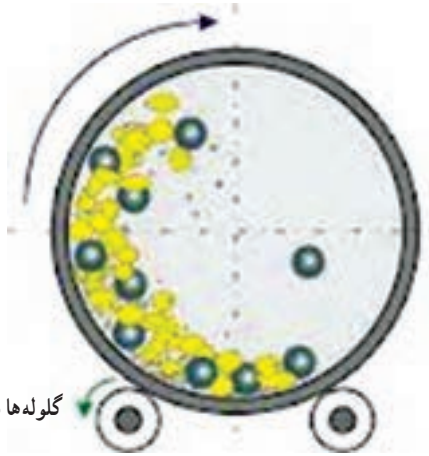
در صنعت همواره طریقهٔ تر را ترجیح می‌دهند و فقط در بعضی موارد که جسم در آب محلول است و باید بعد از نرم کردن مواد آن را خشک نمود و یا فرآیند بعدی خشک باشد آسیاهای خشک به کار می‌روند.

آسیاهای تر چون با ذرات مرطوب سروکار دارند گرد و خاک نداشته، برای حفظ سلامتی کارگران مطلوب‌تر می‌باشد و از طرف دیگر، ظرفیت آن‌ها برحسب واحد حجم یا وزن بیشتر ولی هزینه‌های بعدی افزایش می‌یابد.

۴ــ۱ــ۱ــ آسیای گردان[2] : به آسیاهایی که به شکل استوانه یا مخروط ناقص حول محور افقی می‌چرخند آسیای گردان گویند که داخل آن‌ها گلوله‌های آهنی یا فولادی و یا میله‌های فولادی با مقاطع دایره‌ای یا مربع وجود دارد که به آن‌ها اجسام خرد کنندهٔ متحرک می‌گویند و مواد خرد شونده‌ای که از سنگ‌شکن‌های مرحلهٔ اول و دوم وارد آسیا شده‌اند، در اثر گردش استوانه، ضربه و فشار و اصطکاک بین آن‌ها و پوشش داخلی، نرم می‌شوند. این نوع آسیاها، معمولی‌ترین آسیاهایی هستند که هم به طریق مربوط و هم خشک مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این آسیاها در خرد کردن مواد سخت و نیمه سخت همچنین در صنایع دیگر مانند کارخانه‌های سیمان‌سازی، کارخانه‌های شیمیایی، کارخانه‌های سرامیک‌سازی و صنایع متالورژی استفاده می‌شوند. جنس گلوله‌هایی که در آسیاها به کار می‌رود باید مقاومت زیادی نسبت به فرسایش و زنگ زدن داشته باشد به این جهت، مقدار زیادی کروم و منگنز به فولاد آن‌ها افزوده می‌شود. در بعضی از آسیاها ازگلوله‌هایی از جنس سایلکس[3] (که نوعی سنگ سیلیسی میکروکریستال است) استفاده می‌شود. در موارد معینی مانند نرم کردن سنگ طلا که براده‌های آهن در آن مضّر است و یا موادی که به آهن حساس باشند مانند تالک به جای گلوله‌های فولادی از گلوله‌های سنگی یا سرامیکی استفاده می‌شود.

۱ــ Mills ۲ــ Tumbing Mill ۳ــ Silex

مقدار فرسایش در گلوله‌ها زیاد است، چنانکه در انواع آسیاهای تر به ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ گرم در تن می‌رسد که البته این مقدار به سختی سنگ و سرعت چرخش آسیا و به خصوص به حد نرم کردن ماده معدنی بستگی دارد و هرچه بخواهیم سنگ را نرم‌تر کنیم، مقدار فرسایش نسبی زیادتر خواهد بود. در بعضی از آسیاها، گلوله‌ها را از جنس چدن می‌سازند، زیرا بهای چدن نسبت به فولاد ارزان‌تر است امّا در این صورت مقدار فرسایش به شدت افزایش می‌یابد و به زودی، شکل گلوله‌ها از وضع اصلی خود خارج می‌شود که باید آن‌ها را تعویض نمود. استفاده از این نوع گلوله‌ها در شرایطی امکان‌پذیر است که آهن وارد شده (در اثر فرسایش) به محصولات نرم شده، تأثیری در عملیات بعدی یا در مرغوبیت محصول نداشته باشد. فرسایش گلوله‌ها در آسیاهای تر بیشتر است زیرا در این نوع آسیاها گلوله‌ها پیوسته با آب در تماس‌اند، در نتیجه سطح گلوله‌ها زنگ زده، پوسته پوسته می‌شود و این پوسته‌ها در اثر اصطکاک از روی گلوله جدا می‌شود.

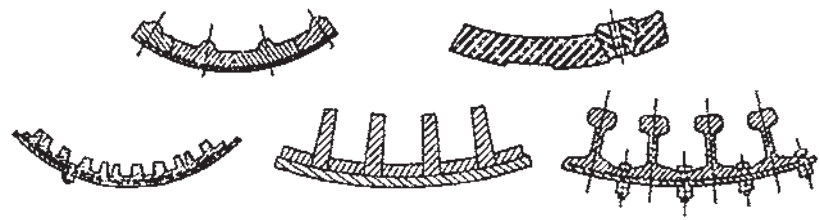

گلوله‌ها در داخل آسیا

لازم به یادآوری است که ابعاد گلوله‌هایی که به آسیا ریخته می‌شود، با بار ورودی تناسب دارد؛ یعنی هر قدر بار ورودی آسیا درشت‌تر باشد، قطر گلوله نیز بزرگ‌تر خواهد بود و هر قدر وزن مخصوص بار بیشتر باشد باید تعداد گلولهٔ بیشتری به کار برد و هر قدر بار سخت‌تر باشد باید قطر آسیا بزرگ‌تر باشد تا بتواند ضربهٔ بیشتری وارد کند.

۴ــ۲ــ چگونگی نرم کردن مواد توسط گلوله‌ها

گلوله‌هایی که در داخل آسیا قرار دارند ذرات مواد را در بر گرفته، با حرکت دورانی بین خود آن‌ها را نرم می‌کنند. از طرف دیگر در داخل آسیا گلوله‌ها در نتیجهٔ حرکت دورانی آسیا و نیروی گریز

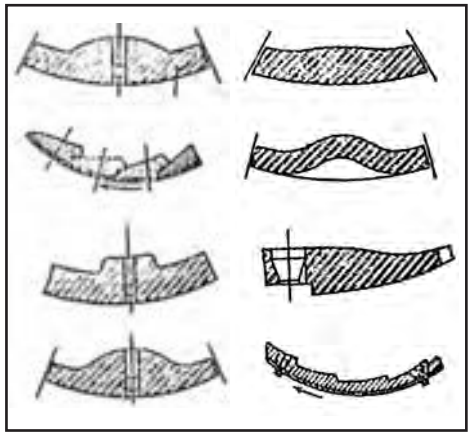
از مرکزی که به آن‌ها وارد می‌شود، به جدارهٔ آسیا چسبیده، همراه آن بالا می‌روند و سپس بر اثر غلبهٔ نیروی وزن بر نیروی گریز از مرکز، سقوط کرده، بر مواد داخل آسیا ضربه وارد می‌نمایند که در اثر آن ذرات نرم‌تر و نرم‌تر می‌شوند تا در نهایت، به ابعاد مورد نظر می‌رسند.



آستر برای آسیاهایی با بار ورودی ریز

برای آنکه بالا رفتن گلوله‌ها، در جدارهٔ داخلی آسیا با سهولت انجام شود، پوشش درونی آسیا را ناصاف می‌سازند که گلوله در حفره‌های آن قرار گیرد و از لغزیدن آن در یک سطح صیقلی جلوگیری شود.

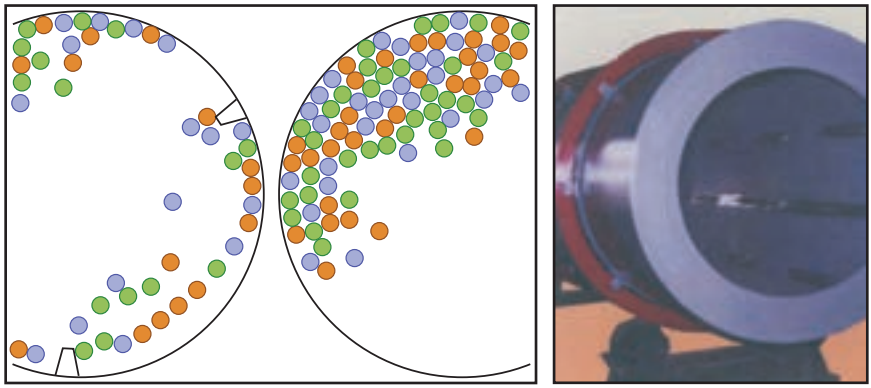
آستر یا پوشش درونی



آستر برای آسیاهایی با بار ورودی درشت

در آسیاهایی که عمل نرم کردن در اثر اصطکاک بین گلوله‌ها و جدار داخلی و نیز گلوله‌ها با گلوله‌ها صورت می‌گیرد، پوشش داخلی آسیا صاف است تا از ایجاد اصطکاک زیاد، جلوگیری شود. در این حالت گلوله‌ها بر اثر چرخش آسیا و صاف بودن جدارهٔ داخلی، حرکت دورانی پیدا نموده، بدون آن که جداره بالا بروند ذرات را در بین خود نرم می‌سازند.

لازم به ذکر است که گردش گلوله‌ها در داخل آسیا در خلاف جهت هم بوده و در نتیجه، ذرات را به داخل یکدیگر هدایت می‌کنند.



عمل نرم کردن در آسیاهایی با جدارهٔ داخلی صاف

۴ــ۳ــ سرعت چرخش آسیاها

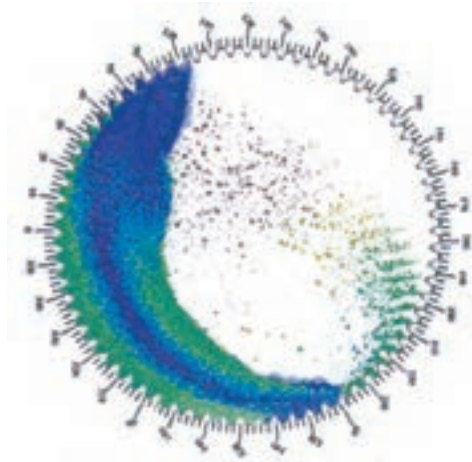
بیشتر آسیاهای گردان، با اجسام خرد کننده‌ای کار می‌کنند که حرکت این اجسام، عامل نرم شدن مواد می‌باشد. حرکت این اجسام به تعداد دور آسیاها، قطر استوانه، بزرگی و نوع اجسام خرد کننده و اصطکاک بین اجسام خرد کننده و جدارهٔ داخلی بستگی دارد. سرعت دوران آسیا، بر عمل خرد شدن و همچنین مصرف انرژی تأثیر مستقیم دارد. سرعت چرخش آسیا باید به نحوی باشد که در آن گلوله‌ها بتوانند به قدری بالا روند که در اثر نیروی جاذبه مجدداً روی یک دیگر غلطیده و به پایین بلغزند. اگر سرعت دوران آسیا از حد معیّن، کمی بیشتر شود در این صورت گلوله ها بیشتر بالا خواهند رفت و در اثر نیروی جاذبه، به پایین سقوط خواهند نمود و این کار در مواردی ضرورت می‌یابد که عمل خرد کردن باید به وسیلهٔ ضربه انجام شود. اگر سرعت دورانی آسیا از مقداری که به سرعت بحرانی معروف است تجاوز کند، گلوله‌ها تحت تـأثیر نیروی گریز از مرکز، به جدارهٔ داخلی آسیا چسبیده، عمل نرم کردن متوقف خواهد شد. سرعت بحرانی از رابطه $N_C = \frac{۴۲/۳}{\sqrt{D-d}}$ قابل محاسبه است که در آن N_C سرعت بحرانی برحسب دور در دقیقه D قطر داخلی آسیا برحسب متر و d قطر گلوله ها برحسب متر می‌باشد، رابطه سرعت آسیاها را برحسب دور در دقیقه یا برحسب درصدی از سرعت بحرانی بیان می‌کنند. در برخی مواقع از قطر گلوله نسبت به قطر آسیا صرفه‌نظر می‌شود.

مثال : اگر قطر داخلی یک آسیا ۴ متر و سرعت گردش این آسیا ۱۸ دور بر دقیقه باشد. سرعت گردش این آسیا نسبت به سرعت بحرانی چقدر است؟

$$N_C = \frac{۴۲/۳}{\sqrt{D}}$$

$$N_C = \frac{۴۲/۳}{\sqrt{D}} = \frac{۴۲/۳}{\sqrt{۴}} = ۲۱/۱۵$$

$$C_s = \frac{\text{تعداد دور آسیا}}{N_c} = \frac{۱۸}{۲۱/۱۵} \times ۱۰۰ \approx ۸۵$$ (سرعت گردش آسیا نسبت به سرعت بحرانی)



وضعیت گلوله‌ها در آسیای گلوله‌ای و ارتباط سرعت دوران آسیا با سرعت

۴ــ۴ــ میزان گلوله‌ها و ابعاد آن‌ها

مقدار گلوله‌ها باید حداقل ۴۵ درصد حجم آسیا باشد ولی نباید از ۵۵ درصد حجم آن بیشتر شود. به این میزان، درجه انباشتگی آسیا می‌گویند و از نسبت ظاهری بار خرد کننده به حجم داخلی آسیا محاسبه می‌شود. اندازه قطر گلوله‌ها برای آسیاهای مختلف، متفاوت است. اصولاً هر قدر آسیا بزرگ‌تر باشد، قطر گلوله‌های آن نیز بزرگ‌تر است و هر قدر که گلوله‌های یک آسیا کوچکتر باشد اصطکاک آن‌ها بر روی هم بیشتر خواهد بود این موضوع تا حد معینی در قطر آسیاها صادق است و از آن حد به بعد، در صورتی که گلوله‌ها کوچک باشند، سرعت حرکت آسیا زمان لازم را به گلوله‌ها نمی‌دهد که بتوانند سقوط کنند و عمل نرم کردن را انجام دهند.

۴ــ۵ــ ارتباط گلوله‌ها و مواد معدنی

به طور معمول تا حدود ۱۵ ــ۱۰ سانتی‌متر پایین‌تر از محور افقی آسیا، با گلوله و مواد خردشونده پر می‌شود، چنانکه نسبت مواد خرد شونده به گلوله در حدود ۲ :۱ می‌باشد معمولاً ۲۰ تا ۴۰ درصد حجم آسیا محتوی گلوله می‌باشد (یعنی $\frac{۱}{۳}$ حجم تمام آسیا یا حجم $\frac{۲}{۳}$ محتوی آسیا).

۴ــ۶ــ انواع مواد خرد کننده

۱ــ گلوله (آسیای گلوله‌ای)[۱]

۲ــ میله (آسیای میله‌ای)[۲] : میله‌های فولادی قدری کوتاه‌تر از طول آسیا، عمل نرم کردن را انجام می‌دهند. در آسیای میله‌ای عمل نرم کردن، بیشتر بر روی مواد درشت صورت می‌گیرد، بنابراین مقدار مواد نرمه در این نوع از آسیاها بسیار کم بوده و در نتیجه، مواد نرم از نظر دانه‌بندی یکنواخت‌تر و به عبارتی انتخابی‌تر از آسیاهای دیگر عمل می‌کنند.

آسیای میله‌ای

آسیای گلوله‌ای

۳ــ اجسام خرد کننده از نوع مواد خرد شونده[۳] : در این نوع از آسیاها دانه‌های درشت مواد خرد شونده، نقش اجسام خرد کننده را بازی می‌کنند، حالت نرم کردن همان حالت پرتابی بوده و مکانیزم با ضربه و سایش صورت می‌گیرد. قطر این آسیاها چند برابر طول آن‌ها است. به این نوع آسیاها، آسیای خودشکن گفته می‌شود و چنانچه با ۱۰ درصد گلوله نیز باردهی شوند به آسیای نیمه خودشکن معروفند.

۴ــ۷ــ پوشش جدارهٔ داخلی آسیاها[۴]

همانگونه که قبلاً نیز اشاره شد جدارهٔ داخلی آسیاها در معرض فرسایش شدید ناشی از اصطکاک و ضربهٔ میان مواد خرد کننده و خرد شونده قرار دارد در نتیجه، لازم است سطح داخلی آسیاهای گردان، با یک پوشش یک جنس سخت و مقاوم در برابر فرسایش فشار و ضربه، محافظت شود. سیستم نصب این پوشش‌ها باید در موقع لزوم با کمترین زمان و هزینه ممکن قابل تعویض باشد. این پوشش‌ها از قطعات جداگانه‌ای که معمولاً ۱۰ــ۵ کیلوگرم وزن دارند، تشکیل شده که در روی جدارهٔ داخلی آسیا پیچ می‌گردند. بنابراین آسترها علاوه بر حفاظت از بدنه آسیا، مواد را به بخش بالاتر منتقل کرده و طراحی آن‌ها در مکانیزم خردایش بسیار مهم است.

۱ــ Ball ۲ــ Rod Mill ۳ــ Autogen ۴ــ Mill Lining

۴ــ۸ــ روش خروج مواد از آسیاها

روش خروج مواد از آسیا در طی نرم کردن مواد بسیار مؤثر است. در آسیاهای موسوم به استوانه‌ای لبریزی مواد نرم شده از حفره مجرای خروجی که کمی پایین‌تر از مجرای ورودی قرار دارند، خارج می‌شود. این آسیاها عموماً در محیط مرطوب به کار می‌روند. در نزدیکی مجرای خروجی برخی از آسیاها نیز یک صفحهٔ مشبک تعبیه شده، که مانع خروج اجسام خرد کنندهٔ کوچک و دانه‌های درشت مواد، می‌گردد.

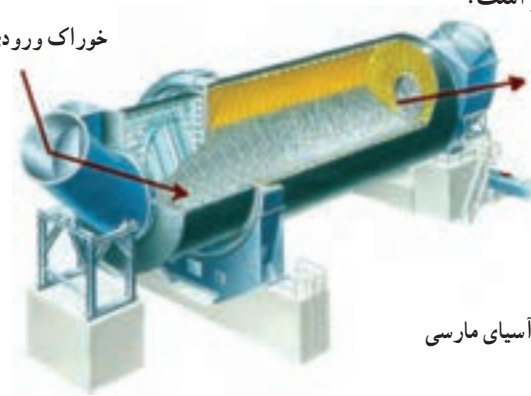
در نوع دیگری از آسیای استوانه‌ای نیز بین پوشش داخلی و جدار آسیا، سرندی به شکل استوانه نصب شده که مواد نرم بعد از عبور از لابه‌لای داخلی‌ترین پوشش، از سوراخ‌های سرند می‌گذرند.

۴ــ۹ــ انواع مختلف آسیاها

۴ــ۹ــ۱ــ آسیاهای تر

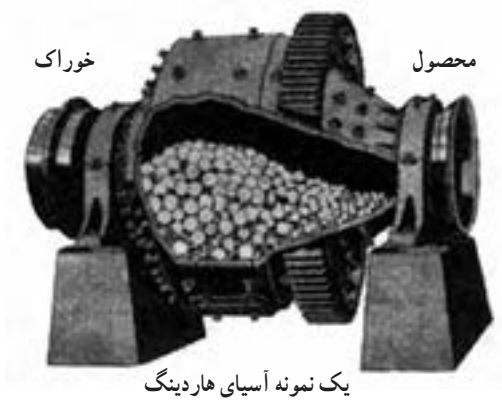
۱ــ آسیای استوانه‌ای: آسیای استوانه‌ای معمول‌ترین نوع آسیاهاست که در ابعاد مختلف نیز ساخته شده است و طول آن عموماً بیشتر از قطرش می‌باشد. آسیاهای استوانه‌ای شکل، ممکن است به وسیلهٔ گلوله یا میله‌های فولادی عمل خرد کردن را انجام دهند.

طول آن‌ها بین ۳/۵ تا ۹ متر متغیر است. هم‌چنین ظرفیت تولیدی این آسیاها بین ۵۰ کیلوگرم تا ۲۰ تن در ساعت تغییر می‌کند. در آسیاهای استوانه‌ای طویل ۸۵ درصد سایش در طول ۱/۵ متر آن‌ها انجام می‌شود در حالی‌که در طول ۳/۹ تا ۴/۵ متر باقی‌مانده، فقط ۱۵ درصد سایش انجام می‌گیرد زیرا در مرحلهٔ اول اثر اصطکاک روی سنگ‌ها بیشتر است. نوعی از آسیاهای استوانه‌ای موسوم به آسیای طویل درشکل زیر دیده می‌شود. آسیای استوانه‌ای طویل غالباً در صنعت سرامیک کاربرد دارد و قطر آن بین ۰/۹ تا ۲/۴ متر است.



آسیای مارسی

۲ــ آسیای مخروطی[۱] (هاردینگ) : این آسیاها که به طور مداوم کار می‌کنند؛ در قسمت باردهی، دارای مخروطی به شیب معمولاً ۶۰ درجه است که به یک قسمت استوانه‌ای و سپس یک بخش مخروطی برای خروجی مواد آسیا شده با شیب ۳۰ درجه منتهی می‌گردد. قطر این آسیا $1\frac{1}{4}$ تا ۳ برابر بخش افقی آن است و از درون حالت کروی شکل دارد؛ بنابراین دارای حداقل سطح جانبی داخلی برای یک حجم مشخص خواهد بود و در نتیجه، میزان فرسایش داخلی آن کم است. در شکل زیر نوعی آسیای مخروطی موسوم به «هاردینگ[۲]» مشاهده می‌شود.



یک نمونه آسیای هاردینگ

در این آسیاها گلوله‌هایی با اندازه‌های مختلف به کار می‌رود. نیروی گریز از مرکز در ضمن عمل نرم کردن باعث طبقه‌بندی گلوله‌ها می‌شود چنانکه گلوله‌های درشت در قسمت استوانه‌ای از پایین به بالا و گلوله‌های ریز و ریزتر تا مواد نرم شده، در شیب مخروط تا دهانهٔ خروجی قرار می‌گیرند. بنابراین از انرژی به کاربرده شده، حداکثر استفاده به عمل می‌آید.

تذکر : در آسیاهای گردانِ «استوانه‌ای و مخروطی» که به طریقهٔ مرطوب کار می‌کنند، مقدار آب قابل توجهی نیز وجود دارد که به مخلوط آب و ذرات «پالپ» و نسبت آب به جامد رقت پالپ گفته می‌شود. بدیهی است هر قدر ذرات ورودی درشت‌تر باشند، مقدار آب لازم کمتر خواهد بود بنابراین، درصد آب در چند آسیا که با هم کار می‌کنند، باید متغیر باشد. نقش عمدهٔ آب سیال نمودن جریان بار می‌باشد و در نتیجه، هر قدر ذرات ریزتر باشد مقدار آب بیشتری مورد نیاز خواهد بود تا مواد بتواند راحت‌تر جریان پیدا کند. برای مشخص کردن پالپ، درصد جامد در مخلوط را به صورت حجمی یا وزنی بیان می‌کنند. مثلاً درصد جامد در بار آسیاهای تر ۸۰ ــ ۵۵ درصد حجمی می‌باشد و از معادله

۱ــ Conical Ball Mill ۲ــ Harding

زیر محاسبه می‌شود :

$$x = \frac{۱۰۰ \times d(D-۱)}{D(d-۱)}$$

که در آن : x درصد جامد، d جرم مخصوص ماده معدنی و D دانسیته پالپ است.

مثال : اگر جرم مخصوص ماده‌ای ۲/۶ و دانسیته پالپ ۱/۵ باشد درصد جامد در پالپ را حساب کنید.

$$x = \frac{۱۰۰ \times ۲/۶(۱/۵-۱)}{۱/۵(۲/۶-۱)} = \frac{۱۳۰}{۲/۴} = ۵۴/۱۶$$

اگر رقت پالپ نسبت آب به جامد باشد، در این حالت رقت پالپ برابر است با :

$$\frac{۴۵/۸۴}{۵۴/۱۶} = ۰/۸۴$$

۴ــ۹ــ۲ــ آسیاهای خشک : همچنان که قبلاً ذکر شد، در صنعت آسیاهای تر به دلیل مزایای مختلف‌شان بر آسیاهای خشک ترجیح داده می‌شوند؛ لیکن در مواردی که جسم نرم شونده در آب محلول باشد یا لازم باشد که بعد از نرم کردن ذرات خشک شوند از آسیاهای خشک استفاده می‌شود که در اینجا به شرح چند نمونه از آن‌ها می‌پردازیم.

***آسیای بشقابی*[۱]** : بهترین مثال این نوع، آسیایی است که در بسیاری از نقاط برای آرد کردن گندم به کار می‌رود و شامل دو صفحهٔ افقی می‌باشد که یکی در قسمت زیر و ساکن و دیگری بالای آن و متحرک است. بار از قسمت محور چرخشی، داخل دو صفحه وارد شده، و در اثر اصطکاک و نیروی سایشی بین دو صفحه، نرم می‌شود و به سبب نیروی گریز از مرکز به سمت لبهٔ بیرونی دو صفحه هدایت و سپس خارج می‌شود. در این نوع آسیاها گاه عمل سایش مواد بین دو صفحهٔ قائم انجام می‌شود که در این صورت آن را آسیای «بشقابی قائم» گویند. این آسیا نسبت به نوع افقی، ظرفیت و بازدهی بیشتری دارد و ممکن است تا ۱۵ تن سنگ را در ساعت (با توجه به سختی آن) نرم کند. آسیاهای بشقابی غالباً برای سنگ‌های معدنی نرم مانند کائولن، تالک، سنگ آهن و زغال‌سنگ به کار می‌روند.

***آسیای چکشی*[۲]** : نحوهٔ عمل آسیاهای چکشی مانند کارِ هاون‌ها می‌باشد؛ یعنی ماده‌ای که باید نرم شود، در اثر ضربه‌های متوالی یک جسم سنگین، نرم و پودر می‌شود. آسیاهای چکشی منحصراً در پودر کردن زغال‌سنگ به کار می‌روند.

***آسیای غلطکی*[۳]** : در این آسیاها عمل نرم کردن ماده معدنی وارد شده، توسط غلطک‌های مخصوصی از طریق سایش و اصطکاک، صورت می‌گیرد.

۱ــ Placoid Mill ۲ــ Hammer Mill ۳ــ Roller Mill

ساختمان این نوع آسیاها که معروف‌ترین آن‌ها آسیای «ریموند[1]» نام دارد، شامل یک جام و تعدادی غلطک در داخل آن است. در بعضی از آسیاها، حرکت دورانی با غلطک است و جام ثابت است؛ در برخی دیگر جام حرکت دورانی دارد و غلطک‌ها آزاد هستند. ماده‌ای که بین غلطک‌ها و جام پودر می‌شود، با جریان هوا از آسیا خارج می‌شود. بنابراین، هرچه سرعت جریان هوا بیشتر باشد قادر به حمل ذرات بزرگ‌تر خواهد بود و در نتیجه به این وسیله نرمی ذرات را به ابعاد مورد نظر تنظیم می‌نمایند.

آسیای ریموند معمولاً همراه با کوره‌ای که سوخت آن را تأمین می‌کند به کار می‌رود. گرمای خروجی از کوره، جهت به جریان انداختن زغال نرم شدهٔ آسیا مورد استفاده قرار می‌گیرند و چون از حرارت نسبتاً بالایی برخوردار هستند، در حین انتقال پودر زغال مرطوب آن را خشک نموده، وارد کوره می‌نماید، پودر زغال در کوره با هوای تازه مخلوط شده، مشتعل می‌گردد.

آسیای ریموند

آسیاهای ریموند دارای ظرفیتی بالغ بر یک تا هیجده تن در ساعت است اگرچه، مصرف انرژی آن‌ها نیز بسیار بالا است.

۴ــ۱۰ــ وسایل باردهنده به آسیا[2]

باردهی به آسیاها به روش‌های مختلفی انجام می‌شود یکی از روش‌های متداول، استفاده از

۱ــ Raymond ۲ــ Feeder

قاشق‌های مخصوصی است که روی محور آسیا نصب شده، همراه با گردش آسیا دوران می‌کند. در اثر گردش، قاشقک وارد مخزن بار می‌شود و مقداری از آن را برداشته از مجرای مرکز خود به داخل آسیا می‌ریزد.

در یک سیستم دیگر بار آسیا از یک لولهٔ جانبی وارد یک لولهٔ اصلی می‌شود و با یک «تزریق کننده» آب یا هوا با فشار زیاد به داخل آسیا فرستاده می‌شود.

قاشق مخصوص باردهی

خودآزمایی

۱ـ نرم کردن مواد معدنی و اهمیت آن را در کانه‌آرایی شرح دهید.

۲ـ آسیاها به چند دسته تقسیم می‌شوند و در صنعت استفاده از کدام نوع یک ترجیح داده می‌شود؟ توضیح دهید.

۳ـ اساس کار معمولی‌ترین آسیاهایی که در صنعت به کار می‌روند، چیست؟

۴ـ جنس و ویژگی گلوله‌هایی که در آسیاهای گردان به کار می‌روند، چیست؟

۵ـ علّت کاربرد گلوله‌هایی از جنس چینی (سرامیکی) و چدنی در آسیاهای گردان چیست؟

۶ـ ابعاد و تعداد گلوله‌هایی که داخل آسیا ریخته می‌شوند، به چه عواملی بستگی دارد؟

۷ـ عمل نرم کردن مواد در آسیاهایی با جدارهٔ داخلی صاف، چه تفاوتی با عملکرد سایر جداره‌های داخلی پیدا می‌کند؟

۸ـ سرعت بحرانی آسیای گردان چیست و چگونه محاسبه می‌شود؟

۹ـ گلوله‌های داخل آسیا چه حجمی از آن را از لحاظ حداقل و حداکثر می‌توانند پر کنند؟

۱۰ـ آسیال میله‌ای دارای چه خصوصیاتی است؟

۱۱ـ پوشش جدارهٔ داخلی آسیاها چه اهمیتی دارد؟

۱۲ـ وضعیت سایشی مواد در آسیای «استوانه‌ای طویل» چگونه است؟

۱۳ـ آسیای «طویل» و آسیای «هاردینگ» از لحاظ ظاهری چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟

۱۴ـ کار آسیای «بشقابی» چگونه است و کاربرد آن در چه مواردی است؟

۱۵ـ کاربرد آسیای «ریموند» در صنعت چگونه است؟

فصل ۵

دانه‌بندی و کنترل ابعاد با روش سرند کردن

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که بتواند:

۱ـ دانه‌بندی و هدف از انجام این کار را در عملیات کانه‌آرایی، شرح دهد.

۲ـ سرندهای آزمایشگاهی را شرح دهد.

۳ـ سرندهای صنعتی را توضیح دهد.

۴ـ کارآیی سرندها را تعیین کند.

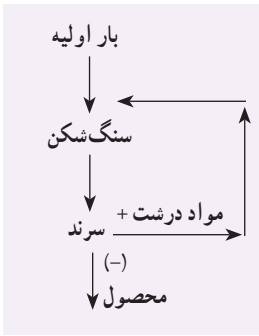
۵ـ بار در گردش چیست و چه استفاده‌ای دارد.

۵ــ آشنایی

سرند کردن، طبقه‌بندی مواد به روش مکانیکی است و بر مبنای ابعاد ذرات و احتمال عبور و یا توقف آن‌ها در سطح سرند استوار است. یکی از تفاوت‌های بین طبقه‌بندی مستقیم مواد (سرند کردن) با طبقه‌بندی غیرمستقیم (کلاسیفایرها) آن است که کلاسیفایرها براساس ابعاد، جرم مخصوص و سرندها براساس ابعاد، ذرات را طبقه‌بندی می‌کنند. بنابراین از سرندها برای طبقه‌بندی مواد درشت‌تر از ۲۵۰ میکرون (هر میکرون معادل $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ میلی‌متر است) و از کلاسیفایر برای مواد ریزتر استفاده می‌شود. از سرندها برای جلوگیری از ورود ذرات درشت از دهانه و ریزتر از گلوگاه در سنگ‌شکن‌ها استفاده می‌شود و علاوه بر این در کنترل بار ورودی به دستگاه‌های پرعیارسازی نیز استفاده می‌شود. یکی از مهم‌ترین کاربردهای سرندها در مسیر سنگ‌شکن‌ها کنترل بار و یکنواخت‌سازی محصول است. شکل صفحهٔ بعد بار در گردش را نشان می‌دهد.

به عبارتی مواد درشت‌تر از گلوگاه مجدداً به سنگ‌شکن برگشت داده می‌شود و به این

عمل بار درگردش می‌گویند و هرچه بیشتر باشد، دانه‌بندی یکنواخت‌تر، نرمه تولیدی کمتر، کارآیی دستگاه بیشتر و انرژی مصرفی کمتر خواهد بود.



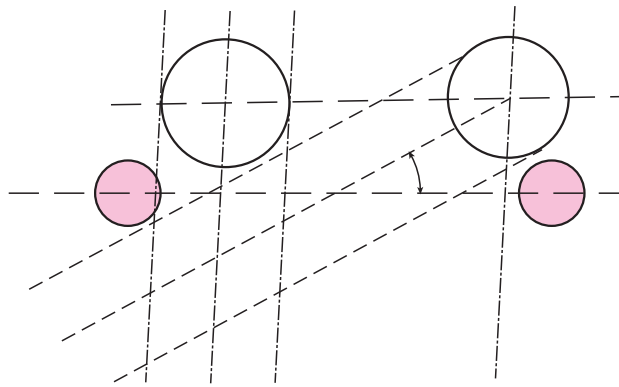
بار در گردش

۵ــ۱ــ سرندهای آزمایشگاهی

این وسایل دارای صفحه‌ای با سوراخ‌های یک شکل هستند، تا موادی که قطر آن‌ها از سوراخ‌های مذکور کوچکتر است بتوانند به راحتی از آن‌ها عبور نموده، از بقیهٔ موادی که قطرشان بزرگتر از منافذ است، جدا شوند.

دانه‌های بی‌شمار مواد اولیه با اشکال و اندازه‌های مختلف، برای عبور از منافذ سرند باید اولاً بتوانند خود را روی یکی از منافذ قرار دهند ثانیاً در جهت عمود بر مسیر حرکت سرند، به کمک یک نیروی مناسب زمانی و مکانی موقعیت خروج از منفذ را پیدا کنند.

شرایط ذکر شده به یک حرکت نسبی بین صفحهٔ سرند ودانه‌ها نیاز دارد که ایجاد کنندهٔ آن، همان صفحهٔ سرند است. در کنترل ابعاد به وسیلهٔ سرند، سر و کار با اجتماع دانه‌هایی است که حالات و حرکات آن‌ها با حرکات یک دانهٔ منفرد تفاوت دارد زیرا، حرکت یک دانهٔ منفرد در سطح سرند به لحاظ ناصافی سطح سرند و گوشه‌دار بودن سطوح دانه‌ها نسبتاً نامرتب می‌باشد. احتمال خروج بلامانع یک دانه با ابعاد مشخص از سوراخ سرند تحت یک حالت عمودی فقط به بزرگی دانه و سوراخ سرند بستگی دارد. هرچه



زاویه ورود دانه در اثر حرکت جابه‌جایی

ابعاد دانه بزرگتر شود احتمال خروج آن کمتر می‌گردد و هرچه دانه کوچکتر باشد احتمال خروج آن افزایش می‌یابد. با توجه به این که عمل سرند همیشه به طور مداوم انجام می‌شود و همواره یک جابه‌جایی مواد در روی صفحهٔ غربال صورت می‌گیرد که براثر آن دانه‌های درشت حمل می‌شوند لذا عبور دانه‌ها از سوراخ غربال دیگر عمودی نبوده بلکه تحت زاویهٔ مشخصی که آن را «زاویهٔ ورود» می‌نامند، انجام می‌گیرد. هرچه زاویهٔ ورود بزرگتر باشد احتمال خروج قطعی دانه‌ها فزونی می‌یابد.

در سرند کردن عوامل مختلفی تأثیر می‌گذارند که بعضی از آن‌ها ذکر می‌شود :

الف) نسبت بین دانه‌های درشت و بزرگی حفره سرند؛

ب) میزان درصد سطحی از سرند که به صورت سوراخ است؛

ج) زاویهٔ ورود بار به سرند؛

د) نوع تقسیم مواد بر روی سرند؛

هـ) انرژی جنبشی دانه‌ها هنگامی که به سوراخ سرند می‌رسند؛

و) رطوبت سطحی دانه‌ها و چسبندگی مواد به یکدیگر؛

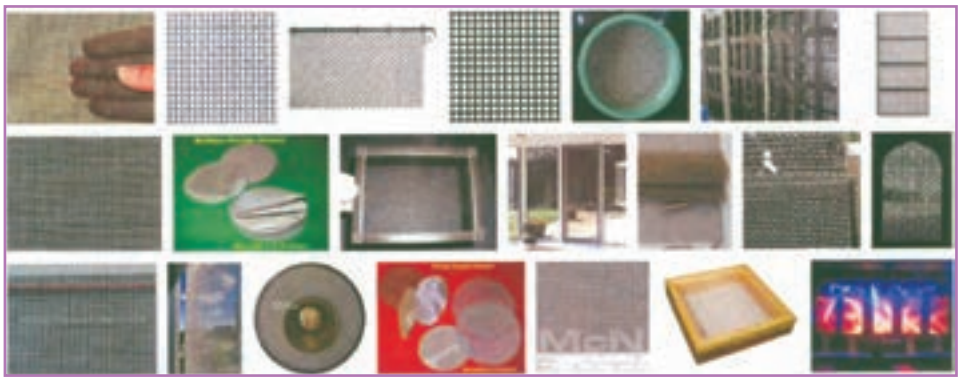
ز) بسته شدن سوراخ‌های سرند؛

ح) فشار دانه‌های فوقانی، بر روی دانه‌های تحتانی نزدیک به ابعاد چشمه سرند.

گذشته از بعضی از عوامل فوق که تغییرپذیر می‌باشند عامل رطوبت نیز قابل توجه است زیرا اگر رطوبت، بیش از ۲ درصد وزنی باشد عمل سرند کردن، دشوار خواهد شد. این رطوبت نه تنها سبب چسبیده شدن ذرات روی غربال به یکدیگر می‌شود بلکه باعث مسدود شدن سوراخ‌های غربال نیز می‌گردد. برای این‌که عمل غربال کردن مواد نرم و مرطوب بهتر صورت گیرد از روش‌هایی نظیر خشک کردن مواد اولیه، افزودن نیروی محرکهٔ سرند و ایجاد نوساناتی در تاروپود آن، گرم کردن سطح غربال به طور مستقیم یا غیرمستقیم، افزودن آب فراوان به سرند و وارد کردن آن به مرحلهٔ سرند کردن مرطوب موارد مشابه استفاده می‌شود که در هر مورد قبلاً امکانات و محدودیت‌های روش کاربردی را در مورد مادهٔ اولیه، مورد مطالعه قرار می‌دهند.

۵ــ۲ــ اشکال مختلف سوراخ در سرندها

شکل سوراخ‌ها به نوع سرند و مشخصات مادهٔ معدنی بستگی دارد چنان که گاهی از بافتن مفتول‌های فولادی ایجاد می‌شوند که در این صورت سیم‌های به کار رفته متناوباً از بالا به پایین یکدیگر عبور نموده، به هم بافته می‌شوند.



غربال‌های ساخته‌شده از صفحات مشبک فولادی

بعضی دیگر از انواع سرندها نیز از مشبک کردن ورق‌های فولادی به شکل‌های مختلف به دست می‌آیند. در آزمایشگاه الک‌ها را معمولاً با شماره‌ای که به «مش» موسوم است، مشخص می‌کنند عدد «مش[1]» عبارت از تعداد سوراخ‌های موجود در هر اینچ (۲/۵۴ سانتی‌متر) طولی، می‌باشد. مثلاً الکی که شماره آن ۸۵ مش است ۸۵ عدد سوراخ در هر اینچ طولی خود، خواهد داشت. البته این ویژگی در سیستم استاندارد تیلور[2] آمریکا (ASTM) است.

از معمولی‌ترین الک‌های آزمایشگاهی نوع «تیلور» است که نسبت بین سوراخ دو الک متوالی $\sqrt{2}$ است و در این الک‌ها از سوراخ ۷/۶۲ سانتی‌متری تا ۳۷ میکرونی قابل تعبیه است. در بعضی دیگر از سرندها نسبت بین دو سرند متوالی $\sqrt[4]{2}$ است که به نوع «رتینیگر[3]» معروف است که البته کار با این سرندها مشکل‌تر ولی نتیجهٔ به دست آمده دقیق‌تر است. به طور کلی این قبیل الک‌ها در اندازه‌های تقریباً از ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر ساخته می‌شود و ساخت آن‌ها طوری است که به خوبی روی هم قرار می‌گیرند چنان که خروج مواد امکان‌پذیر نباشد و در پایین‌ترین قسمت، نرم‌ترین مواد قرار می‌گیرد که زیر آن، یک ظرف بنام کفه قرار دارد. در سرند کردن سرندها را به ترتیب از درشت به ریز و از بالا به پایین روی هم قرار داده، مواد را در درشت‌ترین سرند می‌ریزند و سپس به وسیلهٔ دستگاه لرزاننده[4] یا با دست آن را به طور مناسب و به مدت معینی تکان می‌دهند اخیراً از دستگاه جدیدی برای ذرات بسیار ریز استفاده می‌شود که به آن دستگاه دانه‌بندی لیزری[5] اطلاق می‌شود.

۱ـ Mesh ۲ـ Tylor ۳ـ Rittinger ۴ـ Vibrator ۵ـ Laser ـ Particle sizer

سرند آزمایشگاهی به روش مرطوب

دستگاه دانه‌بندی لیزری

در شکل نمونه‌ای از این دستگاه که ساخت شرکت فریچ آلمان می‌باشد، ملاحظه می‌گردد. با این دستگاه در مدت زمان بسیار کوتاه دانه‌بندی مواد با ابعاد یک تا ۱۱۰ میکرون به کمک کامپیوتر صورت می‌گیرد.

معمولاً روش‌های دانه‌بندی در دو محدوده درشت‌تر از ۴۰ میکرون با الک‌های آزمایشگاهی و ریزتر از ۴۰ میکرون توسط دستگاه لیزر و یا روش‌های ته‌نشینی صورت می‌گیرد.

۵ــ۳ــ تعیین دانه‌بندی به روش الک‌های آزمایشگاهی

یکی از متداول‌ترین روش‌های تعیین دانه‌بندی روش تجزیه سرندی است. نمونه معرف را به دقت

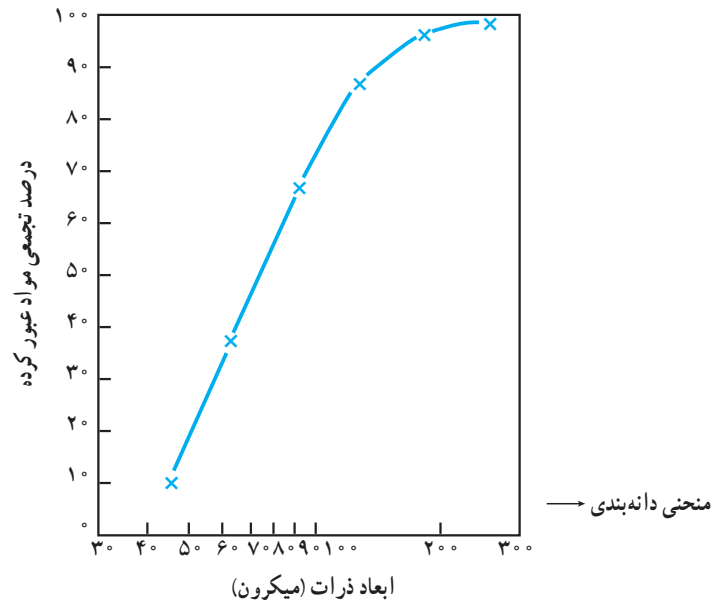
وزن کرده و پس از انتخاب سرندها (الک‌های آزمایشگاهی باید به نحوی انتخاب شوند که بیشتر از ۵ درصد بار اولیه در الک اوّل و ۵ درصد از الک آخر عبور نکند).

نمونه را در سطح سرند درشت‌تر قرار و پس از گذاشتن درپوش به کمک دستگاه لرزاننده به حرکت درمی‌آورد. نمونه پس از عملیات به بخش‌های مختلفی تقسیم می‌شود.

معمولاً وزن نمونه ۲۰۰ گرم و از الک‌های ۶ تا ۱۵۰ مش (تیلور) استفاده می‌شود. موادی که در کفه آخر جمع می‌شود، اگر لازم باشد با روش‌های دیگر، دانه‌بندی می‌شود. وزن باقی‌مانده بر روی هر الک محاسبه و نسبت به کل مواد درصد آن تعیین می‌شود و مطابق جدول زیر نتایج آماده می‌شود.

جدول (دانه‌بندی مواد)

چشمه الک (میکرون)	وزن باقی مانده (گرم)	٪ وزن باقی مانده	درصد تجمعی مواد باقی مانده	درصد تجمعی مواد عبور کرده
+۲۵۰	۰/۰۲	۰/۱	۰/۱	۹۹/۹
−۲۵۰+۱۸۰	۱/۳۲	<۰/۹	۳	۹۷
−۱۸۰+۱۲۵	۴/۲۳	۹/۵	۱۲/۵	۸۷/۵
−۱۲۵+۹۰	۹/۴۴	۲۱/۲	۳۳/۷	۶۶/۳
−۹۰+۶۳	۱۳/۱۰	۲۹/۴	۶۳/۱	۳۹/۹
−۶۳+۴۵	۱۱/۵۶	۲۶	۸۹/۱	۱۰/۹
−۴۵	۴/۸۷	۱۰/۹	—	—



پس از تشکیل جدول صفحهٔ قبل منحنی دانه‌بندی مطابق شکل صفحهٔ قبل رسم می‌شود. شایان ذکر است محور قائم (معمولی) درصد تجمعی مواد عبور کرده و محور افقی ابعاد ذرات را برحسب میکرون در مقیاس لگاریتمی نشان می‌دهد.

(این منحنی کاملاً نمایشی جهت درک دانش‌آموزان است)

با رسم چنین منحنی می‌توان ۸۰ درصد ($d_{۸۰}$) مواد را که از چه چشمه‌ای می‌گذرد تعیین کرد که یکی از مهم‌ترین پارامترهای لازم در انتخاب دستگاه‌های خردایش، درجه آزادی و مراحل بعدی پرعیارسازی مواد معدنی می‌باشد.

۵ــ۴ــ سرندهای صنعتی

مهم‌ترین سرندهای صنعتی عبارتند از :

۵ــ۴ــ۱ــ سرند نوع گریزلی[۱] : یکی از ساده‌ترین انواع سرندهایی است که برای جدا کردن دانه‌های درشت مورد استفاده واقع می‌شود و از میله‌هایی آهنی که به موازات یکدیگر و در فواصل مساوی (شبیه نرده) نصب شده‌اند، تشکیل شده است و دارای انواع ثابت و متحرک است.

الف) سرند گریزلی نوع ثابت : سطح این نوع سرندها از میله‌های ثابت و موازی که ۹۰درجه در خلاف جهت مواد اولیه قرار دارد، تشکیل شده است.

معمولاً این سرندها را در بالای سنگ‌شکن‌های اولیه و در دهانهٔ بونکر اصلی کارخانه‌های کانه‌آرایی، نصب می‌کنند تا جلوی قطعات درشت را بگیرد. فاصلهٔ میله‌ها از یکدیگر حداقل باید ۵ سانتی‌متر باشد و برای این که در اثر وزن سنگ‌هایی که روی آن ریخته می‌شود، خم نشود، به طور متوسط در هر نیم متر طول آن، یک میلهٔ عرضی قرار می‌دهند.

در بعضی موارد کارخانه به گونه‌ای است که کامیون یا واگن حامل مادهٔ معدنی باید مستقیماً بر روی سرند ثابت بایستد و بار خود را تخلیه کند؛ در این صورت نرده‌ها باید دارای فاصله‌ای حدود ۲۵ــ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر باشند. در چنین حالاتی سرند در واقع از تعدادی تیرآهن یا ناودان‌های موازی تشکیل می‌شود. بعضی از سرندهای گریزلی ثابت دارای شیب می‌باشند تا سنگ‌هایی که روی آن‌ها ریخته می‌شود، به طرف پایین حرکت کنند. زاویهٔ شیب ۴۵ــ۳۵ درجه و حداکثر تا ۶۰ درجه نسبت به افق است.

ظرفیت این سرندها بسیار زیاد است چنان که از هر مترمربع آن‌ها در شبانه روز تا ۱۰۰۰ تن مادهٔ معدنی، قابل سرند کردن است.

۱ــ Grizzly

سرندهای صنعتی از نوع گریزلی

ب) گریزلی نوع متحرک[1]: به دلیل آن که در گریزلی‌های نوع ثابت، هدر رفتن دانه‌ها از سطح مورب و گیر کردن دانه‌های درشت در شکاف میله‌های سرند، زیاد است لذا از سرندهای متحرک استفاده می‌شود.

در این نوع، سطح سرند نسبت به دانه‌های روی آن یک حرکت نسبی دارد که جابه‌جا شدن و باز شدن دانه‌ها را از یکدیگر ممکن می‌سازد.

نوعی از این سرندها از تعدادی میله که در روی دو نوار متحرک نصب شده‌اند، ساخته می‌شود. که معمولاً یک سر این میله‌ها به نوار لولا شده است و سردیگر میله، آزاداند روی نوار دوم قرار دارد و دو نوار روی دو چرخ می‌چرخند.

در نوع دیگری از گریزلی‌های متحرک (که در شکل صفحهٔ بعد دیده می‌شود) تعدادی استوانهٔ فلزی وجود دارد که در روی آن‌ها حلقه‌های نازکی قرار داده شده که دارای حرکت دورانی هستند. این حرکت دورانی به وسیلهٔ یک موتور و چرخ دنده، تأمین می‌شود. بنابراین هرگاه مقداری سنگ و مادهٔ معدنی روی آن ریخته شود، به طرف جلو هدایت گردیده، در حین حرکت سنگ‌ها و مواد کوچکتر از فاصلهٔ بین دو استوانه، پایین می‌ریزد، ولی سنگ‌های درشت روی استوانه‌ها باقی مانده از آن‌ها جدا می‌شود. این سرندها دارای ظرفیت بالایی هستند و در مواقعی که ابعاد سنگ‌ها درشت و حجم کار دانه‌بندی زیاد باشد، به کار می‌روند، به‌خصوص در شستشوی زغال‌سنگ (برای جدا کردن کلوخه‌های

۱ــ Travelling Grizzly

درشت) و در پرعیارسازی کانی‌های فلزی (برای طبقه‌بندی مواد اولیه قبل از دستگاه خرد کنندهٔ اولیه) این سرندها به کار می‌روند.

گریزلی با استوانه‌های دوّار

۵ــ۴ــ۲ــ سرندهای استوانه‌ای گردان[1] : این سرندها در واقع استوانه‌هایی تو خالی با سطح داخلی مشبکی هستند که به چند ناحیهٔ مختلف با منافذی به ابعاد معین تقسیم شده‌اند. استوانهٔ مذکور دارای حرکت دورانی حول محور خود است و مواد از یک طرف وارد آن می‌شود و به لحاظ شیب ملایم و حرکت گردشی خود، مواد را به طرف پایین حمل کرده و به تدریج سنگ‌های بسیار ریز و متوسط و در انتها مواد درشت سرند می‌شود مواد بسیار درشت و سنگ‌های بزرگ سرند نشده، از سر دیگر استوانه خارج می‌شود.

سرندهای استوانه‌ای گردان

سرندهای استوانه‌ای گردان که به نام «تـرومُل» معروف شده‌اند، در گذشته اهمیت زیادی داشتند ولی امروزه، در اکثر نقاط دنیا سرندهای نوسانی جایگزین آن‌ها شده‌اند.

در این سرندها چند سرند استوانه‌ای هم محور را که جدار هر کدام با دیگری ۵۰ــ۲۰ سانتی‌متر فاصله دارد، داخل هم قرار می‌دهند. هر استوانه دارای منافذ هم بعد است و منافذ داخلی‌ترین استوانه، بزرگتر از دیگران است و ابعاد سوراخ‌ها به سمت خارج ریزتر می‌شود.

۱ــ Cylindrical Trommels

ترتیب خروج محصول از سرندهای استوانه‌ای گردان

در این نوع سرندها هم مثل «آسیای استوانه‌ای گلوله‌ای» می‌توان سرعت «بحرانی» را تعیین کرد که معمولاً دور آن را ۴۵ــ۳۰ درصد سرعت بحرانی در نظر می‌گیرند.

از لحاظ مشخصات ترومل‌ها، لازم به ذکر است که طول آن‌ها ۸ــ۵ فوت و قطر آن‌ها ۴ــ۳ فوت و سرعت گردش آن‌ها ۲۰ــ۱۵ دور در دقیقه است و نیروی مصرفی آن‌ها از یک موتور با نیروی ۵ــ۲/۵ اسب بخار تأمین می‌شود. این سرندها به لحاظ فرسایش زیاد، عدم تعادل (در اثر نامتناسب بودن بار در قسمت‌های مختلف) و بعضی علل دیگر، امروزه کاربرد محدودی دارند و بیشتر در پرعیارسازی مواد سنگ‌های ساختمانی و سرامیک و معادن قلع و طلایی که به صورت رسوبی ایجاد شده‌اند، به کار می‌روند.

۵ــ۴ــ۳ــ غربال‌های نوسانی[1] : هدف از ایجاد نوسانات در سطح سرندهایی که به این نام مشهور هستند، از هم باز کردن دانه‌های مواد سرند شونده و جابه‌جا شدن آن‌ها در صفحهٔ سرند به منظور عبور از منافذ آن است. کاربرد این نوع سرندها امروزه در صنعت بسیار متداول شده است. سرندهای نوسانی براساس تعداد نوسانات، مسیر نوسانات و نوع حرکت، تقسیم‌بندی می‌شوند. برحسب تعداد نوساناتی که وجود دارد سرند ممکن است «لرزان[2]» (با نوساناتی کمتر از نوسانات بحرانی)، «رزونانس[3]» (با نوساناتی مساوی نوسانات بحرانی) و «ارتعاشی[4]» (با نوساناتی بیش از نوسانات بحرانی) باشد.

۱ــ Vibrating Screen ۲ــ Shaking Screen ۳ــ Resonance Screen ۴ــ Vibrating Screen

انواع سرندهای نوسانی

امروزه سرندهای با نوسانات بالاتر از نوسانات بحرانی، کاربرد بیشتری دارند ضمن آن که عواقب ناشی از نوسانات بالا، بهتر کنترل می‌شود.

نوع دیگر تقسیم‌بندی در مورد غربال‌های نوسانی، تقسیم‌بندی براساس نوع حرکت و مسیر حرکت است. هم‌چنین برحسب ساختمان سرندهای نوسانی، سطح سرند می‌تواند در یک مدار دایره‌ای، بیضوی خمیده یا خطی، حرکت کند.

از این نوع سرندها برای دانه‌بندی ذرات متوسط و نسبتاً ریز استفاده می‌شود. سرندهای نوسانی را ممکن است در چند طبقه ساخت و هر طبقه را با یک صفحه منفذ معین پوشاند و بدین ترتیب قسمت‌های مختلف بار را دانه‌بندی کرد. سرندهای مذکور دارای شیب ملایمی هستند و چون با اصطکاک کار می‌کنند صفحات آن‌ها به طور متوسط بعد از ۶ــ۳ ماه فرسوده می‌شود و باید تعویض شوند. برای تأمین حرکت نوسانی سرندها، روش‌های مختلفی وجود دارد مانند استفاده از یک محور خارج از مرکز متصل به موتور، استفاده از اهرم‌های مرتبط به چرخ دندهٔ گردان و استفاده از حرکت لرزشی ناشی از ایجاد جریان القایی در بوبین (نظیر آنچه که در زنگ اخبار وجود دارد).

مصرف انرژی سرندهای نوسانی در مقایسه با سایر انواع سرندها به مراتب کمتر است و در مقابل این سرندها ظرفیت بالایی نیز دارند، به طوری که می‌توان در حدود ۱۵۰ــ۹۰ تن مادهٔ سرند شونده را در هر شبانه روز به ازای هر متر مربع سطح و هر میلی‌متر ابعاد منافذ آن، سرند کرد.

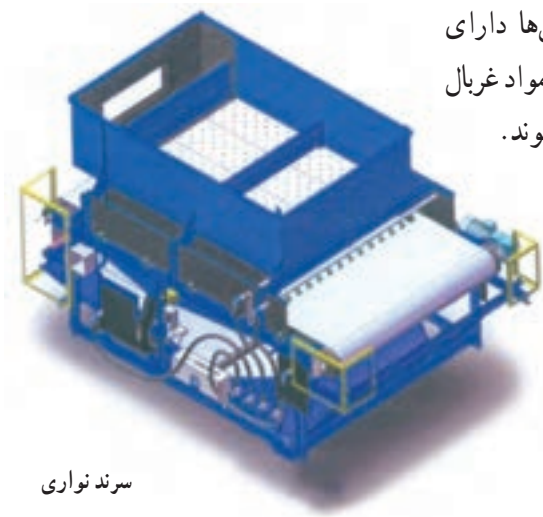
۵ــ۵ــ سایر انواع سرندها

۱ــ سرندهای با حرکت پاندولی[۱] : در این سرندها نوسان نسبی کمتری در حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ بار در دقیقه و لرزشی در سطح موازی سطح سرند انجام می‌گیرد.

۲ــ سرندهای با لرزش در دو جهت[۲] : لرزش این سرندها در دو جهت برابر نبوده، شیب آن‌ها در حدود ۵ درجه و بسیار کم است. در بعضی از انواع این سرندها، گلوله‌هایی در طبقهٔ زیرین قرار داده شده که حرکت آن‌ها مانع کور شدن غربال می‌گردد؛ ضمن این که آن‌ها خود یک لرزش اضافی تولید می‌کنند. این غربال‌ها برای سرند کردن مواد خشک و مواد ریز تا حدود ۲۰۰ مش، (۷۴ میکرون) قابل استفاده هستند.

سرند با لرزش در دو جهت

۳ــ سرندهای نواری : این غربال‌ها دارای نواری با حرکت دورانی آهسته می‌باشند. که مواد غربال شونده، روی سطح مشبک آن‌ها ریخته می‌شوند.

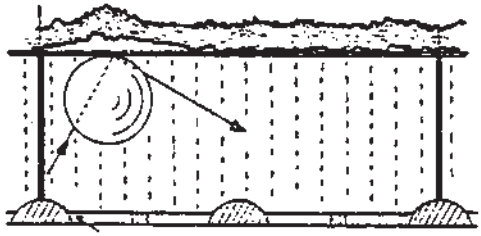


سرند نواری

۱ــ Oscilating Screen ۲ــ Riciprocating Screen

۴ــ سرندهای با حرکت قائم : این سرندها از یک صفحهٔ مشبک شیب‌دار با کناره خاص تشکیل شده‌اند که توسط یک وسیلهٔ مکانیکی دارای حرکت قائم می‌شوند. بار از یک طرف روی سرند ریخته شده، در جهت شیب سرند پایین می‌آید، ذرات ریز از منافذ آن عبور کرده، ذرات درشت از سردیگر خارج می‌شوند. این سرندها درصنایع زغال و کانی‌های غیرفلزی به کار می‌روند.

۵ــ سرند برای بار مرطوب : چون رطوبت سبب چسبندگی ذرات به یکدیگر و ایجاد دانه درشت‌تر می‌شود و در نتیجه کارآیی سرند کاهش می‌یابد بنابراین از سرندهایی که در داخل آن‌ها سیم‌پیچی با جریان برق متناوب با فرکانس بالا عبور می‌کند استفاده می‌شود. جریان مذکور یک جریان القایی در سطح سرند ایجاد می‌کند که سطح سرند را شدیداً گرم نموده، در نتیجه ذرات مرطوب را خشک می‌کند.



غربال برای بار مرطوب

۵ــ۶ــ انتخاب سرند و تعیین نوع آن

چون ظرفیت سرندها به عوامل مختلفی بستگی دارد برای انتخاب نوع آن‌ها می‌توان با استفاده از کاتالوگ‌ها ظرفیت هر واحد سطح از سرند، (مترمربع یا فوت مربع) را به ازای هر میلی‌متر از اندازهٔ منفذ را تعیین و سرند مورد نظر را انتخاب کرد. جدول زیر اطلاعاتی در این زمینه ارائه می‌کند.[۱]

جدول مشخصات سرندها

نوع سرند	حدود ظرفیت سرند در ۲۴ ساعت برای فوت مربع و به ازاء هر میلی‌متر از ضلع منفذ	حدود ظرفیت سرند در ۲۴ ساعت هر مترمربع و به ازاء هر میلی‌متر از ضلع منفذ
گریزلی	۶ــ۱ تن	۱۰۰ــ۶۵ تن
سرند ثابت	۵ــ۱ تن	۵۵ــ۱۰ تن
سرند لرزان	۲۰ــ۵ تن	۲۱۵ــ۵۵ تن
سرند با نوسان پاندولی	۸ــ۲ تن	۸۵ ــ۲۲ تن
سرند دوار	۲ــ۰/۳ تن	۲۰ــ۳ تن

۱ ــ جدول فوق جنبه حفظ کردن ندارد.

مطالعه آزاد

محاسبه کارآیی سرندها:

یکی از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در سرندها کارآیی سرند است که از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$E = \frac{c - f}{c(1 - f)} \times 100$$

که در آن : c و f به ترتیب، درصد مواد درشت‌تر از چشمه سرند در بخش باقی مانده در سرند و بار اولیه می‌باشد. این معادله زمانی صادق است که توری سرند سالم باشد و ذرات نزدیک به چشمه سرند در آن کم باشند.

مثال: اگر c و f به ترتیب معادل ۰/۷۵ و ۰/۵۵ باشد مطلوب است کارآیی سرند:

$$E = \frac{0/75 - 0/55}{0/75(1 - 0/55)} = \frac{0/20}{0/41} = 49 \text{ درصد}$$

که این مقدار بسیار پایین است.

خودآزمایی

۱ـ فواید دانه‌بندی و کنترل ابعاد ذرات چیست؟

۲ـ سرند چیست و برای عبور دانه‌های مختلف از منافذ سرند چه شرایطی باید فراهم باشد؟

۳ـ رطوبت موجود در ذرات چگونه برعمل سرند کردن تأثیر می‌گذارد؟

۴ـ عدد «مش» بیانگر چیست؟

۵ـ سرندهای سری «تیلور» چه مشخصه‌ای دارند؟

۶ـ سرند نوع گریزلی چیست؟ انواع مختلف آن چه تفاوت عمده‌ای با یکدیگر دارند؟

۷ـ اساس کار سرند گردان چگونه است؟ چرا کاربرد آن‌ها محدود شده است؟

۸ـ سرندهای نوسانی را چگونه تقسیم‌بندی می‌کنند؟

۹ـ برای سرند کردن بار مرطوب در صنعت چه اقدامی به عمل آورده‌اند؟