فصل ۶
کلاسیفایرها

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

۱ـ اساس کار کلاسیفایرها را شرح دهد.

۲ـ چگونگی حرکت قائم ذرات در سقوط آزاد را بیان کند.

۳ـ نحوهٔ حرکت لایهٔ نازکی از آب را بر روی سطح شیب‌دار تشریح کند.

۴ـ انواع کلاسیفایرها را شرح دهد.

۵ـ «سیکلون» و «هیدروسیکلون» را توضیح دهد.

۶ــ آشنایی

در گروه دیگری از دستگاه‌های طبقه‌بندی که آن‌ها را کلاسیفایر نام داده‌اند، مواد را براساس اختلاف سرعت ته‌نشینی که در یک سیگنال معین، طبقه‌بندی می‌کنند؛ و در واقع از حرکت جامدات در داخل سیالات و اختلاف مقاومت‌ها و سرعت دانه‌ها در این حرکت، برای تقسیم‌بندی آن‌ها استفاده می‌شود. در دستگاه‌های مذکور برخلاف سرندها که شرح آن گذشت ذرات برحسب وزن و نه برحسب ابعاد طبقه‌بندی شده و اندازهٔ دانه‌ها تأثیری در این کار ندارند.

به این نوع عمل دانه‌بندی، «طبقه‌بندی[۱]» گفته می‌شود. در نتیجهٔ این عمل، موادی که سرعت رسوب آن‌ها در داخل یک مایع یکسان است، در یک گروه قرار می‌گیرند، لذا در هر گروه دانه‌هایی با شکل و وزن مخصوص وجود خواهد داشت.

در بعضی از کلاسیفایرها حرکت مایع و دانه‌ها تقریباً به طور قائم است و در برخی انواع دیگر، مایع بر روی بستری حرکت می‌کند و دانه‌های جامد را با خود حمل می‌کند. بنابراین در این‌جا، ابتدا

۱ــ Classification

رفتار دانه‌های جامد در حالات مذکور مورد توجه قرار می‌گیرد و سپس انواع کلاسیفایرها تشریح خواهد شد.

۶ــ۱ــ حرکت قائم ذرات در سقوط آزاد[۱] (قوانین کلاسیفایرها)

در ته‌نشینی مواد در محیط یک سیال، عوامل متعددی تأثیر می‌گذارند که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از :

۱ــ سرعت ته‌نشین شدن مواد مختلف در یک سیال در شرایطی که وزن مخصوص و شکل دانه‌ها یکسان باشد، به درشتی آن‌ها بستگی دارد و دانه‌های درشت‌تر سریع‌تر رسوب می‌کنند.

۲ــ در صورت مساوی بودن شکل و اندازهٔ دانه‌ها، وزن مخصوص آن‌ها متفاوت می‌باشد، و دانه‌ای با وزن مخصوص بیشتر، زودتر رسوب خواهد کرد.

۳ــ اگر دانه‌ها از لحاظ اندازه و وزن مخصوص برابر و از نظر شکل متفاوت باشند، سرعت رسوب آن‌ها با توجه به شکل آن‌ها، متفاوت است زیرا، هرچه شکل دانه‌ها کروی‌تر باشد زودتر ته‌نشین خواهند شد.

۴ــ مقاومت مایع در برابر رسوب ذرات، بستگی به سرعت رسوب کردن دارد.

۵ــ اگر تمام عوامل یکسان فرض شوند، سرعت رسوب کردن در یک مایع، در مورد دانه‌های کوچک با مربع قطر و در مورد دانه‌های نسبتاً درشت با «جذر قطر» رابطه دارد.

۶ــ مقاومت مایع با وزن مخصوص مایع، نسبت مستقیم دارد.

۷ــ مقاومت مایع با افزایش «ویسکوزیته» زیاد می‌شود و این افزایش در مورد دانه‌های ریز، بیشتر است.

۸ــ اجسامی که دارای خاصیت جذب و نگهداری حباب هوا در روی سطح خود هستند،در شرایط مساوی دیرتر رسوب می‌کنند.

۹ــ ذراتی که دارای خاصیت مغناطیسی هستند چون همدیگر را جذب می‌کنند، ذرات درشت‌تری تشکیل داده، زودتر رسوب می‌کنند.

چون در کانه‌آرایی، عملیات در محیط پالپ صورت می‌گیرد نه در محیط آب و هم‌چنین دستگاه‌های جدا کنندهٔ مواد، حرکت دهندهٔ مایع نیز هستند، به جای سقوط آزاد، سقوط با مانع صورت می‌پذیرد و ضمن آن که مقاومت سیال (R) افزایش می‌یابد، سرعت سقوط نیز کاسته می‌شود.

۱ــ Free Settling

در جدول زیر R چند کانی مختلف نسبت به کوارتز، در دو حالت سقوط آزاد و سقوط با مانع، در حالی که درشتی دانه‌ها کمتر از ۱ میلی‌متر است، مقایسه شده است.

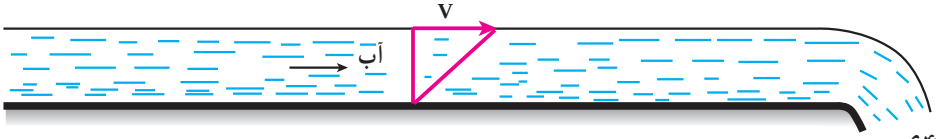
جدول مقایسه سقوط آزاد و با مانع چند کانی

نام کانی	R در سقوط آزاد سرعت سریع‌ترین دانهٔ ۲۲۸ میلی‌متر در ثانیه	R در سقوط با مانع سرعت سریع‌ترین دانه‌ها ۲۲۸ میلی‌متر در ثانیه
مس	۳/۷۵	۸/۶۱
گالن	۳/۷۵	۵/۸۴
ولفرامیت	۳/۲۶	۵/۱۵
کاسیتریت	۳/۱۲	۴/۷
کالکوزیت	۲/۱۷	۳/۱۱
پیروتیت	۲/۰۸	۲/۸۱
اسفالریت	۱/۵۶	۲/۱۳

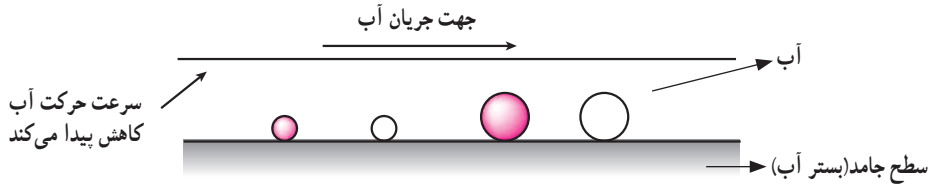
۶ــ۲ــ حرکت ذرات بر روی سطح شیب‌دار

موارد در پیش‌رو اگرچه مبنای جدایش ثقلی مواد به‌وسیله میزها بوده ولی جهت آشنایی با حرکت مواد در سطح شیب‌دار و درک اولیه در این جا بدان اشاره می‌شود.

در تعدادی از دستگاه‌های طبقه‌بندی از حرکت دانه‌ها در مسیر جریان لایه‌ای از آب، بر روی یک بستر استفاده می‌شود. و از این طریق دانه‌های با وزن مخصوص بیشتر از دانه‌های سبک‌تر جدا می‌شوند. در دستگاه‌های مختلف ممکن است جهت حرکت آب با حرکت دانه‌ها هم سو نباشد و یا دانه‌ها بر روی یک بستر و در جهت حرکت آب حرکت کنند هم‌چنین سطح بستر ممکن است صاف و یا ناصاف و محدب یا مقعر یا با مانع باشد. نوع حرکت آب نیز می‌تواند ملایم، موّاج و یا گریز از مرکز انتخاب شود. اگر به طور ساده جریان لایهٔ نازکی از آب بر روی یک بستر صاف مورد بررسی قرار گیرد و حرکت آب روی سطح شیب‌دار مذکور، دانه‌ها را همراه خود در جهت شیب منتقل کند، ملاحظه می‌شود که میزان آبِ در جریان و ضخامت لایه به عواملی نظیر شیب و عرض بستر، حجم آب و سرعت ورود آن به بستر و موانع ایجاد شده در مقابل حرکت، بستگی دارد. در شکل سرعت جریان آب در یک بستر صاف و با حرکت عادی نشان داده شده است :

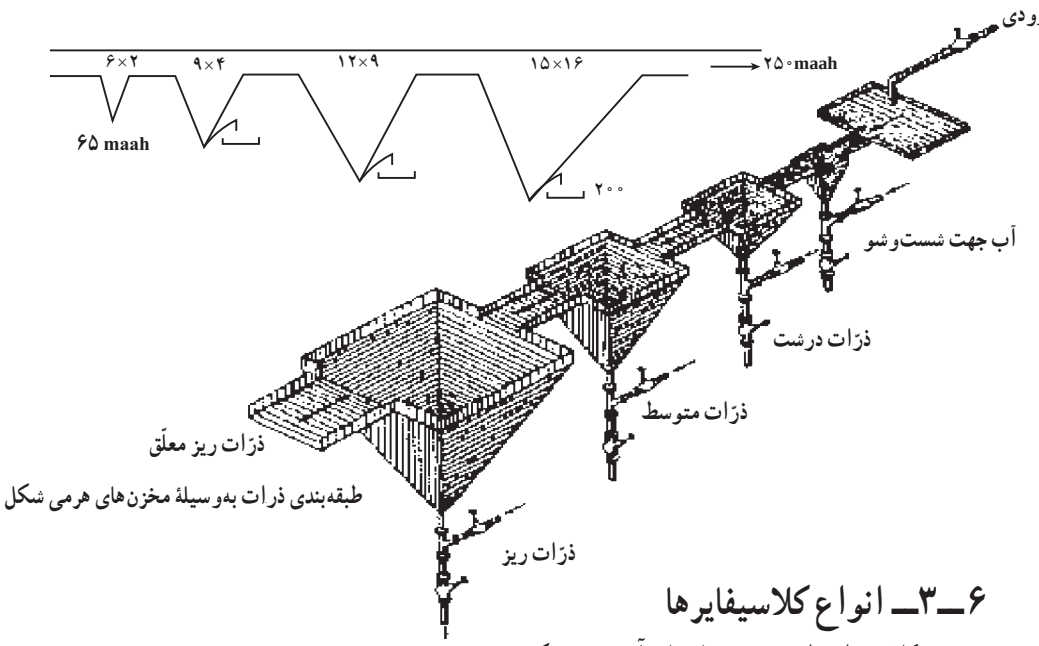


حال اگر در داخل جریان فوق تعدادی دانه‌های کروی شکل با وزن مخصوص و قطرهای مختلف و به طور هم‌زمان ریخته شود، ملاحظه می‌گردد که دانه‌های سبک‌تر (از لحاظ وزن مخصوص) سریع‌تر حرکت می‌کنند و دانه‌های درشت‌تر کندتر از دانه‌های ریزتر حرکت می‌کنند و بعد از مدتی نظم قرار گرفتن دانه‌ها، مطابق شکل زیر است :



به طوری که ملاحظه می‌شود، از این خاصیت می‌توان برای جدا کردن کانی‌هایی که وزن‌های مخصوص متفاوتی دارند، استفاده کرد. موضوع دیگر فشار نیروی آب به دانه است. اگر بستر افقی و جریان آب ضعیف باشد، دانه حرکتی نخواهد کرد ولی اگر بستر دارای شیب باشد، دانه شروع به حرکت و چرخش می‌کند. در هر صورت سه خاصیت فیزیکی دانه‌های کانی (جرم مخصوص، درشتی و شکل) در نظم قرارگیری آن‌ها در جریان آبی که بر روی یک بستر حرکت می‌کند، حائز اهمیت است چون در طبقه‌بندی، مواد برحسب این سه خصوصیت با رسوب کردن در یک سیال از هم جدا می‌شوند یعنی دانه‌های درشت‌تر و سنگین‌تر و منظم‌تر زودتر از دانه‌های ریز و سبک و زاویه‌دار رسوب می‌کنند. سیال دائماً در حال جریان بوده و دانه‌هایی را که دیر رسوب می‌کنند با خود خارج می‌سازد و دانه‌های سنگین و درشت در ته کلاسیفایر انباشته می‌شوند. سیال مورد استفاده نیز آب یا هوا است و اندازهٔ دانه‌هایی که جدا می‌شوند از ۲۰ تا ۳۰۰ مش و به ندرت ۴۰۰ تا ۶۰۰ مش در سیستم تیلور است. در تکمیل مطالب فوق لازم به ذکر است که اگر چنانچه مطابق شکل صفحهٔ بعد کف مخزنی را که مخلوط آب و دانه‌ها از آن عبور می‌کند به قسمت‌های مختلفی تقسیم کنیم، در هر قسمت دانه‌هایی تقریباً یکسان از نظر وزن جمع خواهد شد، و اگر وزن مخصوص ذرات نیز یکسان باشد در هر قسمتی، ابعاد ذرات نیز مساوی خواهد بود و ذرات بسیار ریز همراه با آب از طرف دیگر خارج خواهد شد. مقدار آبی که در این مورد به کار گرفته می‌شود نیز مهم است، زیرا در اثر جریان سریع آب ذرات بیشتری همراه آب خواهند بود که محل رسوب آن‌ها در قسمت‌های دورتری واقع خواهد گردید.

شایان ذکر است مطالب ارائه شده اساس جدایش ذرات در میزهای لرزان و کلیه دستگاه‌هایی که بر این اساس کار می‌کنند را نیز نشان می‌دهد ولی چون برخی از دستگاه‌های طبقه‌بندی خود به عنوان دستگاه‌های جدا کننده به‌کار می‌روند، ذکر آن‌ها لازم است.



۶ــ۳ــ انواع کلاسیفایرها

کلاسیفایرها به دو نوع اصلی آبی و خشک تقسیم می‌شوند.

۶ــ۳ــ۱ــ کلاسیفایرهای آبی : در مواردی که تنظیم ابعاد دانه‌ها از طریق سرندهای خشک و مرطوب و کلاسیفایرهای خشک ممکن نباشد، از کلاسیفایرهای آبی استفاده می‌شود. بنابراین دانه‌بندی ذرات نرم و خیلی نرم به کمک کلاسیفایرهای آبی در کانه‌آرایی از اهمیت خاصی برخوردار است. عواملی که در کار این دستگاه‌ها مؤثر می‌باشند عموماً فرم و شکل دانه‌ها، تشابه وزن مخصوص ذرات و درصد مواد کلاسه شونده در حجم کلاسیفایر می‌باشند.

انواع مختلف کلاسیفایرهای آبی عبارتند از :

۱ــ کلاسیفایرهای با محیط ساکن (تنظیم ابعاد در آب ساکن)

۲ــ کلاسیفایرهای با محیط متحرک (تنظیم ابعاد در آب متحرک)

تنظیم ابعاد در آب ساکن از طریق رسوب دانه‌ها در آب[۱]، صورت می‌گیرد که امروزه کاربرد محدودی دارد و منحصراً رسوب دادن دانه‌های نرم در حوضچه‌های تصفیه را شامل می‌شود که البته این حوضچه‌های رسوب دهنده را جزء کلاسیفایرها محسوب نمی‌کنند.

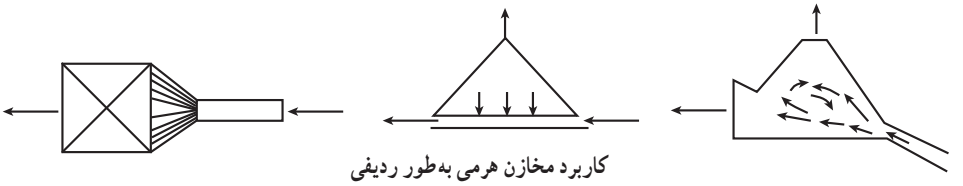
در کلاسیفایرهایی که تنظیم ابعاد در آن در آب متحرک صورت می‌گیرد از دو نیروی ثقل و گریز از مرکز[۲] استفاده می‌شود که به ترتیب کلاسیفایرهای «ثقلی» و کلاسیفایرهای «گریز از مرکز» نامیده می‌شود.

۱ــ Sedimentation ۲ــ Centerifugal

کلاسیفایرهای ثقلی می‌توانند مواد را یا در جریان افقی آب (تنظیم ابعاد در سقوط آزاد) و یا در جریان صعودی آب (تنظیم ابعاد در خلاف جریان) طبقه‌بندی کنند.

۶ــ۳ــ۲ــ کلاسیفایرهای ثقلی با جریان افقی آب

۱ــ کلاسیفایرهای ناودانی[۱] : در کلاسیفایرهای ناودانی مخلوطی از آب و ذرات ریز از چند مخزن هرمی شکل که به طور پی‌درپی قرار گرفته‌اند، عبور می‌کند قسمتی از پالپی که به آن وارد می‌شود (و حاوی دانه‌های بسیار ریز است) از محل مخصوص سرریز و بقیه از قسمت تحتانی و کف مخزن هرمی خارج می‌شود. (به شکل مراجعه شود)



کاربرد مخازن هرمی به‌طور ردیفی

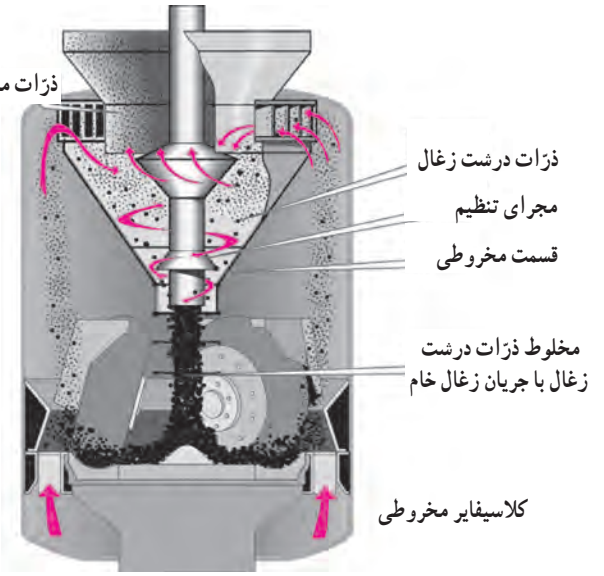
کار این نوع کلاسیفایرها رضایت‌بخش نیست و کاربرد آن‌ها در صنعت کانه‌آرایی کم است ولی چون اصول جدا شدن دانه‌ها را به خوبی نشان می‌دهد، مطالعهٔ آن جهت درک کار کلاسیفایرهای کامل‌تر، مفید خواهد بود. کلاسیفایرهای ناودانی فقط دو نوع محصول را به دست می‌دهد و هر دانه باید جزو سرریز و یا قسمت‌های دیگر قرار گیرد.

اولین تکامل این نوع کلاسیفایرها با اضافه کردن تعداد هرم‌ها و به کاربردن هرم‌هایی به طور ردیفی انجام می‌گیرد و بدین ترتیب دانه‌های درشت اول جدا می‌شوند و بعد سرریز هرم در هرم دوم دوباره به دو قسمت سرریز و ته‌ریز تقسیم می‌شود.

در مخازن این نوع کلاسیفایر باید از گردش آب جلوگیری شود.

۲ــ کلاسیفایرهای مخروطی[۲] : در کلاسیفایرهای مخروطی پالپ از بالای مخروط مستقیماً وارد مخزن می‌شود، دانه‌های درشت فوراً به ته مخروط رسوب کرده، تمام حجم پایین آن را اشغال می‌کنند که به طور متناوب به خارج کشیده می‌شوند ولی دانه‌های نرم با جریان آب به خارج رانده می‌شوند. نوع تکامل یافته‌تر این کلاسیفایرها مخروط آلن[۳] نامیده می‌شود. و از کلاسیفایرهایی است که دارای قسمت‌های متحرک است و در آن‌ها خروج مواد به صورت خودکار انجام می‌شود. بدین ترتیب که وقتی سطح مواد درشت، بالا آمد یا غلظت مواد زیاد شد، یک شناور در داخل مخروط به طرف بالا رانده شده، به وسیلهٔ اهرم و فنرهای موجود در آن، یک شیر گلوله‌ای باز می‌شود و مواد خارج می‌گردد.

۱ــ Spitzkasten ۲ــ Cones Classifiers ۳ــ Allen Cone

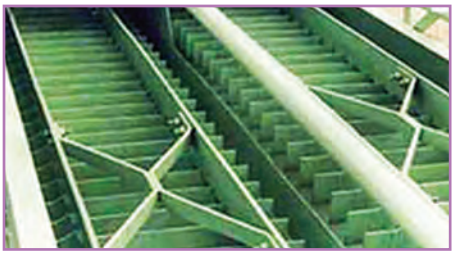


۳ــ کلاسیفایرهای مکانیکی : در این نوع کلاسیفایرها دانه‌های ته‌نشین شده توسط بازوهای مکانیکی به خارج هدایت می‌شوند. این کلاسیفایرها بخصوص با آسیاها در یک مدار بسته به کار می‌روند. وظیفهٔ کلاسیفایرهای مکانیکی ارسال دانه‌های ریز به سلول‌های فلوتاسیون (که شرح آن‌ها در مباحث آینده خواهد آمد) و برگرداندن مجدد دانه‌های درشت به آسیا است. کلاسیفایر مکانیکی دارای انواع مختلفی است که چند نمونهٔ آن توضیح داده می‌شود.

کلاسیفایر پارویی[1] : این دستگاه سطح شیب‌داری است که تعدادی پاروی متصل به هم در روی آن حرکت نوسانی دارند. بدین ترتیب که تا حد معینی بر سطح یاد شده به سمت بالا می‌لغزند، و سپس از سطح جدا شده، به جای اول خود باز می‌گردند و دوباره روی سطح پایین آمده، حرکت خود را تکرار می‌کنند. این عمل سبب می‌شود که اولاً مخلوط کاملاً به هم خورده و ذرات ریز موجود در آن به صورت معلق در آیند و ثانیاً ذرات درشت در روی سطح شیب‌دار در اثر عمل پاروها به طرف بالا رانده شده، از سرریز کلاسیفایر خارج شوند و به داخل ظرف معینی بریزند.

در کلاسیفایرهای پارویی که به آن‌ها کلاسیفایر دور[2] نیز گفته می‌شود، مخزن را از فولاد و گاهی هم از تخته می‌سازند. قسمت بالایی که برای خارج شدن مواد درشت است معمولاً باز است و قسمت سرریز که محل خروج مواد دانه ریز است، مخزنی است که با اضافه کردن قطعات تخته می‌توان سطح و عمق آن را تغییر داد.

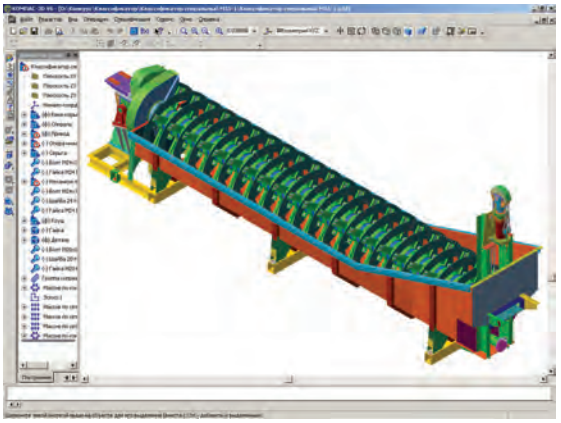
۱ــ Rake Classifier ۲ــ Door Oliver

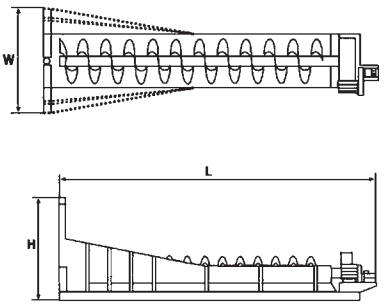


طرز کار کلاسیفایر پارویی

کلاسیفایر مارپیچی (حلزونی[1]): این کلاسیفایر نیز مشابه پارویی است با این تفاوت که به جای پارو بر روی سطح شیب‌دار و در داخل یک مکعب مستطیل روباز که در قسمت پایین وسیع‌تر می‌گردد، یک یا دو پیچ بی‌انتها کار گذاشته می‌شود. در اثر گردش پیچ آب و مواد به هم می‌خورد و ذرات سنگین‌تر که زودتر رسوب می‌کنند، به وسیلهٔ پیچ به انتهای سطح شیب‌دار برده شده، و در آن جا به داخل ظرف مخصوصی تخلیه می‌گردند. سرعت دورانی پیچ بی‌انتها کم و بطور کلی از ۱۶ــ۱/۸ دور در دقیقه در کلاسیفایرهای مختلف تغییر می‌کند. هر قدر کلاسیفایر و پیچ آن بزرگتر باشد سرعت گردش آن کمتر است مصرف انرژی در کلاسیفایرهای پیچی کم است و موتوری که به کار می‌رود ممکن است از ۲ تا ۱۵ اسب قدرت داشته باشد.

انواع دیگر کلاسیفایر مکانیکی، نظیر کلاسیفایرهای «چنگالی» و کلاسیفایرهای «طشتی» وجود دارد که از ذکر آن‌ها خودداری می‌شود.

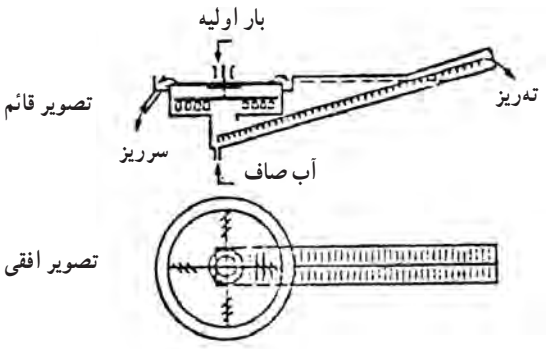




کلاسیفایر حلزونی

۱ــ Spiral Classifier

۶ــ۳ــ۳ــ کلاسیفایرهای ثقلی با جریان صعودی آب : این کلاسیفایرها از یک ظرف مخروطی تشکیل می‌شوند که بار اولیه‌ای را که مقصود جدا کردن دانه‌های آن از یکدیگر است از قسمت بالا به داخل آن می‌ریزند و از قسمت پایین نیز جریان آب را وارد می‌کنند. بر اثر حرکت صعودی آب مواد سبک‌تر به سمت بالا حرکت کرده، از بالای ظرف سرریز می‌شوند. در حالی که دانه‌های سنگین‌تر و درشت به مسیر خود ادامه داده، در قسمت پایین ظرف جمع می‌شوند و سپس از طریق کانال مربوط تخلیه می‌شوند. این دستگاه نسبتاً کامل است و برای جدا نمودن ذرات درشت به کار می‌رود، زیرا اگر ذرات بسیار ریز باشند مقداری از این ذرات همراه آب جریان یافته، پس از مدت کمی وزن مخصوص آن را بالا می‌برند.



کلاسیفایر ثقلی با جریان صعودی آب

برای رفع این مشکل می‌توان پس از هر چند وقت کار، کلاسیفایر آبی را که در مسیر بسته جریان دارد، خارج نموده و از آب تازه استفاده کرد.

در این نوع کلاسیفایرها ذراتی با ابعاد حدود ۶۵ مش در سیستم تیلور را می‌توان از یکدیگر جدا کرد.

۶ــ۳ــ۴ــ کلاسیفایرهای خشک (هوایی) : کلاسیفایرهای هوایی اساس کار مشابهی با کلاسیفایرهای آبی دارند، ولی در آن‌ها به جای آب از جریان هوا یا گاز استفاده می‌شود. سرعت سقوط دانه‌ها در کلاسیفایرهای هوایی بیشتر است. مثلاً اگر سرعت سقوط یک دانهٔ ۳ میلی‌متری کوارتز در آب ۰/۲ متر در ثانیه باشد مقدار آن در هوا به ۱۳ متر در ثانیه می‌رسد لذا کلاسیفایرهای هوایی فقط برای دانه‌های بسیار نرم به کار می‌روند.

هوای مورد نیاز کلاسیفایرها از خارج یا در داخل کلاسیفایر ایجاد می‌شود. جریان هوا در کلاسیفایرها مکنده یا دمنده است. برحسب نوع ایجاد جریان هوا کلاسیفایرهای هوایی به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند :

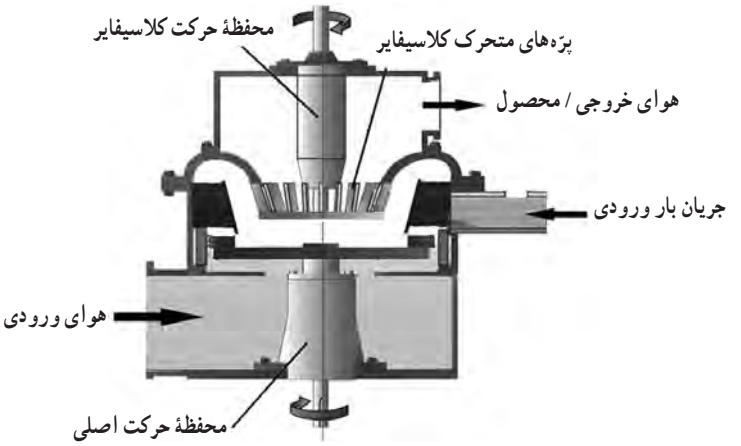
الف) کلاسیفایر با مدار باز جریان هوا : در این نوع دستگاه‌ها هوای لازم در خارج تولید گردیده، سپس به داخل کلاسیفایر دمیده می‌شود و باعث حمل دانه‌های نرم می‌گردد. دانه‌های نرم حمل شده بعداً به وسیلهٔ دستگاه‌های دیگری نظیر سیکلون یا جدا کنندهٔ الکترواستاتیکی رسوب می‌کنند.

ب) کلاسیفایرهای با مدار بسته هوا : در کلاسیفایرهای با مدار بسته هوای مورد نیاز در خود کلاسیفایر تولید می‌شود و همیشه این هوا در مدار کلاسیفایر باقی می‌ماند. دانه‌های نرم باید فوراً ته‌نشین شوند لیکن در مدار جریان هوا تمام دانه‌های نرم رسوب نمی‌کنند و باقی‌ماندهٔ آن‌ها تأثیر رسوبی در کار کلاسیفایر بر جای می‌گذارد. از طرف دیگر جریان هوا در مدار کلاسیفایر رطوبت سطوح خارجی مواد را به خود جذب نموده، موجب ازدیاد رطوبت می‌شود؛ در نتیجه عمل طبقه‌بندی را مشکل می‌سازد.

کلاسیفایرهای هوایی را برحسب این که دانه‌های مواد، سقوط آزاد دارند یا بر روی یک صفحهٔ مشبک عبور داده می‌شوند، نیز تقسیم‌بندی می‌کنند.

۶ــ۳ــ۵ــ کلاسیفایرهای هوایی با سقوط آزاد دانه‌ها : در این نوع کلاسیفایرها با ساختمانی ساده، بار از قسمت بالا و هوا از دریچه‌ای در پایین دستگاه به سمت بالا جریان دارد.

در اولین استوانه، ذرات درشت در اثر جریان هوا منحرف نشده، به مسیر مستقیم خود ادامه می‌دهد و به قسمت پایین سقوط می‌کند، ولی ذرات نرم و ریز و سبک همراه با هوا به استوانهٔ دیگری



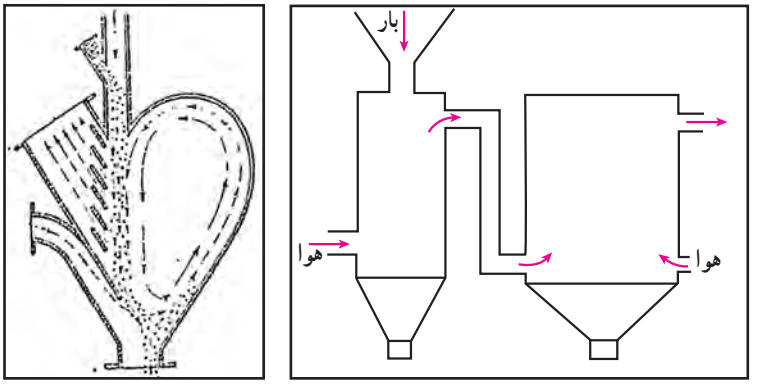
کلاسیفایر خشک (هوایی)

که در کنار استوانهٔ اول قرار دارد، وارد می‌شود و چون حجم این استوانهٔ دوم بزرگتر از حجم استوانهٔ اول است در نتیجه، فشار هوا کم شده، قادر به حمل تمامی ذرات با خود نیست، و مقداری از ذرات سنگین‌تر در این استوانه از هوا جدا شده، از انتهای استوانهٔ دوم خارج می‌گردد. در این استوانه نیز یک لولهٔ جانبی برای ورود هوا وجود دارد که با تنظیم مقدار هوایی که توسط آن وارد استوانه می‌شود می‌توان ابعاد ذرات خروجی از استوانهٔ دوم را کنترل کرد.

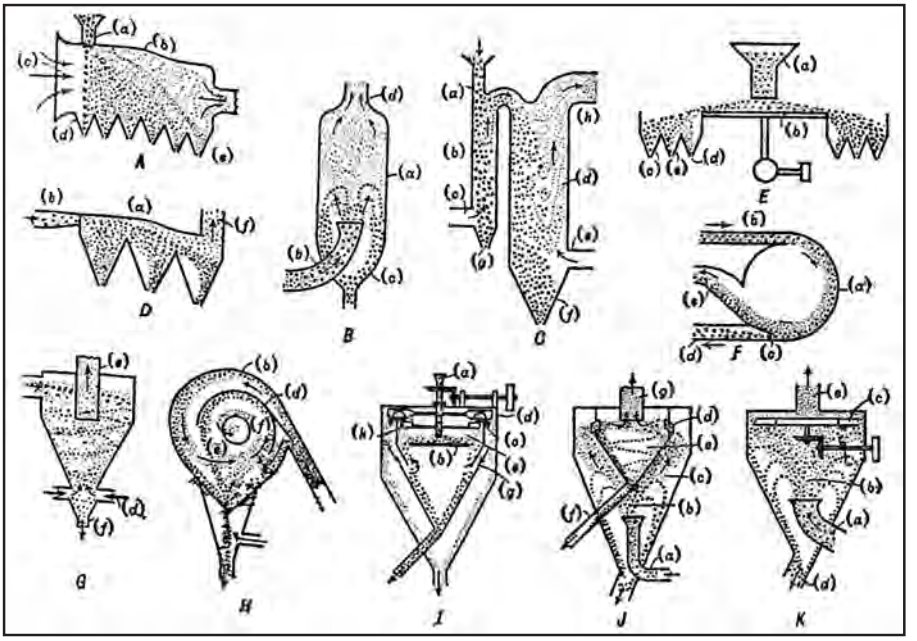
بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که هر قدر تعداد ستون‌های دستگاه بیشتر باشد، بار اولیه به قسمت‌های بیشتری تقسیم می‌شود؛ البته باید حجم هر ستون یا استوانه از حجم استوانهٔ قبلی بیشتر باشد.

کلاسیفایرهای هوایی دارای معایبی نیز هستند که عبارتند از :

الف) احتیاج به سرعت جریان هوای زیاد دارند.



ب) سرعت جریان هوا در نقاط مختلف داخل لوله، مساوی نیست.



اشکال مختلف کلاسیفایرهای هوایی

ج) ارتفاع زیاد سقوط، باعث خرد شدن دانه‌ها می‌گردد.

در این کلاسیفایرها زمان مناسب طبقه‌بندی و دقت آن به وسیلهٔ مقدار موادّ اولیه و سرعت هوا کنترل می‌شود.

مطالعه آزاد

کلاسیفایر سانتریفوژ[1] (گریز از مرکز)

به دلیل این که سرعت سقوط ذرات نرم و بسیار نرم به سرعت در داخل سیال، کاهش می‌یابد لذا، طبقه‌بندی مواد با دانه‌های خیلی نرم در کلاسیفایرهای ثقلی ممکن نیست؛ بنابراین از دستگاه‌های گریز از مرکز استفاده می‌شود.

هم‌چنان که در شکل ملاحظه می‌شود، بدنهٔ دستگاه دارای حرکت دورانی سریعی می‌باشد. در نتیجه، نیروی گریز از مرکز، جانشین نیروی ثقل جهت رسوب

۱ــ Centri Fug

کلاسیفایر گریز از مرکز

ذرات می‌شود؛ در داخل مخروط نیز پیچ با خود مخروط هم محور بوده، در یک جهت حرکت دورانی دارد، ولی این حرکت دورانی سرعت کمتری دارد.

اختلاف سرعت بین پیچ و بدنه چندان زیاد نیست و به ابعاد دستگاه بستگی دارد و همین اختلاف سرعت است که موجب بهم خوردن مخلوط آب و مواد موجود در آن می‌شود. عمل سانتریفوژ باعث رسوب و جدایش مقدار بیشتری از ذرات جامد به ازای یک سطح محدود می‌شود و ذرات نرم‌تر به دلیل وجود نیروی بیشتر، زودتر ته‌نشین می‌شوند. مزیت کلاسیفایرهای گریز از مرکز در صنعت کانه‌آرایی به طور کلی مربوط به افزایش توان آن‌ها امکان جدا کردن دانه‌ها به طور نسبی در یک زمان کوتاه و امکان جداسازی نرمه‌ها می‌باشد. امروزه کلاسیفایرهای گریز از مرکز نه تنها برای طبقه‌بندی دانه‌های نرم و خیلی نرم در پرعیارسازی به کار می‌روند، بلکه به همان اندازه برای تصفیه و کم کردن آب مواد در سایر موارد مورد استفاده قرار می‌گیرند. در کارخانه‌های سیمان‌سازی برای جدا نمودن سیلیس از آهک بسیار نرم، از این دستگاه‌ها استفاده می‌شود؛ ولی کاربرد وسیع‌تر این نوع کلاسیفایرها در امور تحقیقاتی و آزمایشگاهی است.

۶ــ۴ــ سیکلون و هیدروسیکلون[۱]

بنابر یک اصل قدیمی مهندسی، دستگاه‌هایی که قسمت‌های متحرک کمتری داشته باشند، با صرفه‌تر و قابل اعتمادتر هستند. سیکلون‌ها شاید یکی از بهترین مظاهر این اصل باشند. در نیم قرن اخیر استفاده از سیکلون چه در صنعت متالورژی و چه در کانه‌آرایی روز به روز بیشتر شده است. سیکلون به طور خلاصه، از یک بدنهٔ مخروطی شکل که در قسمت فوقانی به استوانه‌ای تبدیل می‌شود،

۱ــ Hydrocyclone

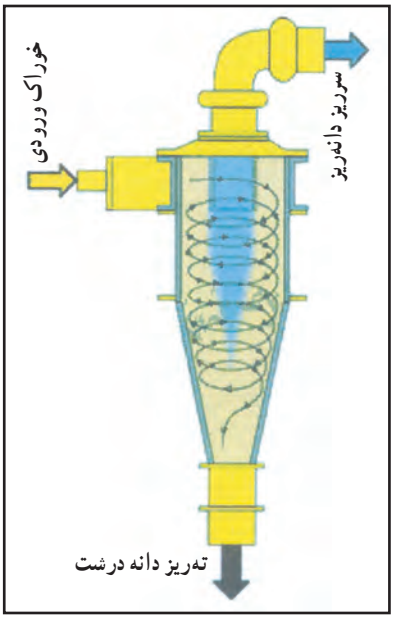
تشکیل یافته است. بار توأم با آب با فشاری که توسط یک پمپ تأمین می‌شود از یک مجرای جانبی، وارد قسمت استوانه‌ای سیکلون شده، حول استوانهٔ مرکزی می‌چرخد. ذرات سنگین از انتهای پایینی دستگاه خارج شده، ذرات سبک همراه با آب از استوانهٔ مرکزی و از قسمت بالایی دستگاه خارج می‌گردد.

از جمله امتیازات سیکلون‌ها بر سایر کلاسیفایرها عبارتند از :

الف) مخارج نصب و راه‌اندازی اولیهٔ آن شامل لوله‌کشی و پمپ و موارد مشابه کم است.

ب) فضای زیادی را اشغال نمی‌کند و به «فونداسیون» و «پی» محکمی نیاز ندارد.

ج) به کار انداختن و متوقف کردن آن بدون اتلاف وقت امکان‌پذیر است، در حالی که کلاسیفایرهای مکانیکی، در موقع به راه انداختن مجدد، باید بار را به تدریج اضافه نمود، در غیر این صورت، ممکن است پاروها یا مارپیچ گیر کرده، ایجاد اشکال نماید.



د) هزینهٔ آن در ضمن کار از کلاسیفایرهای مکانیکی کمتر است.

هـ) بهتر از سایر کلاسیفایرها قابل تنظیم است و مواد ریز و درشت و سبک و سنگین را بهتر تقسیم می‌کند.

از هیدروسیکلون‌ها برای جدا کردن دانه‌های کوچکتر از ۲۵۰ میکرون استفاده می‌شود. کاربرد آن در مدار خرد کننده‌ها و به جای کلاسیفایرهای مکانیکی، به‌خصوص وقتی که دانه‌های آسیا شده ابعادی کمتر از ۱۵۰ میکرون داشته باشند، با ارزش است. در شناورسازی برای جدا کردن دانه‌های کوچکتر از ۱۵ میکرون، به‌خصوص در شستشوی «کائولین» به کار می‌روند. به علاوه از سیکلون‌ها در جدا نمودن گل حفاری از ذرات شن در چاه‌های نفت و یا برای جدا نمودن ذرات الماس از شن نیز استفاده می‌کنند.

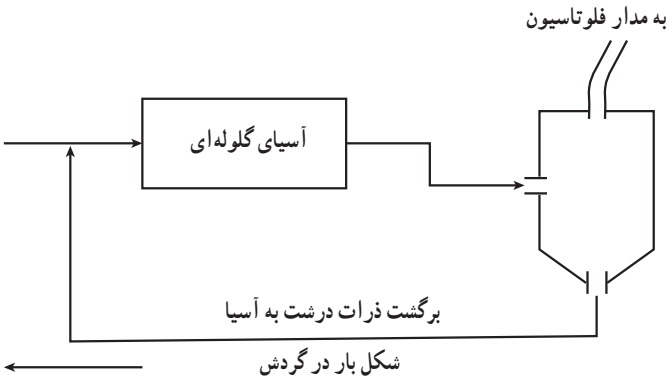
۶ــ۴ــ۱ــ کاربرد هیدروسیکلون‌ها : از هیدروسیکلون‌ها به منظور اهداف زیر استفاده می‌شود :

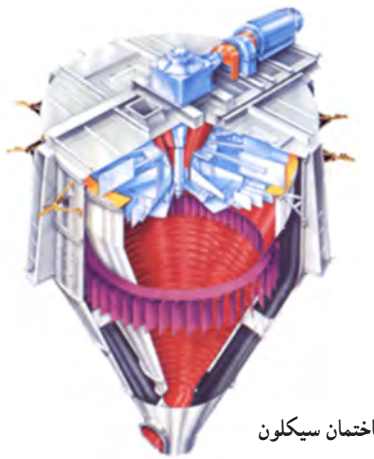
ــ طبقه‌بندی مواد (۵ تا ۱۵۰ میکرون)

ــ کنترل ابعاد در مدار بسته با آسیاها

ـ نرمه‌گیری (حذف ذرات رسی زیر ۱۵ ـ ۱۰ میکرون)
ـ به عنوان کمک فیلتر
ـ شستشوی مواد معدنی مانند زغال‌سنگ و یا کائولین
ـ کنترل پساب کارخانه‌ها
ـ حذف مواد شیمیایی از کنسانتره‌های فلوتاسیون

یکی از مهم‌ترین کاربردهای هیدروسیکلون در کنترل بار در گردش در مدار آسیاهاست. به عبارتی محصول آسیاهای گلوله‌ای پس از خروج از آسیا وارد هیدروسیکلون شده و محصول ریزتر از حد لازم از سرریز وارد مدار فلوتاسیون شده ولی مواد دانه درشت از ته ریزهیدروسیکلون مجدداً وارد آسیا می‌شود که به آن بار در گردش گفته می‌شود(شکل زیر).

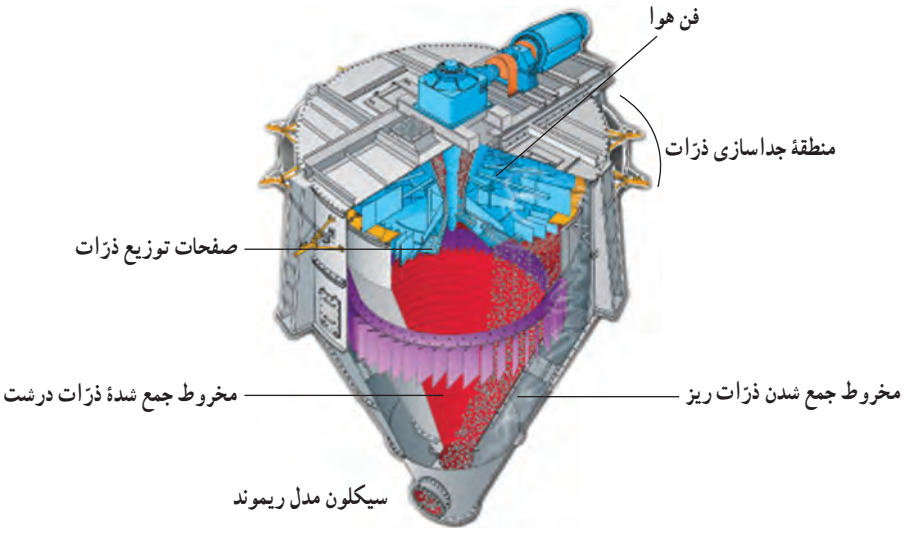



ساختمان سیکلون

۶ـ۴ـ۲ـ سیکلون‌ها[1] : سیکلون‌ها هم در شکل و هم در اساس مانند هیدروسیکلون هستند، تنها تفاوت بین آن‌ها در نوع سیال است که در این جا، به جای آب از هوا برای حمل ذرات استفاده می‌شود.

۱ـ Cyclones

در این نوع دستگاه‌ها بار از مرکز وارد سیکلون شده، روی صفحهٔ دواری که با سرعت زیاد حدود ۵۰۰ـ۲۰۰ دور در دقیقه می‌چرخد، ریخته می‌شود. در اثر حرکت چرخشی صفحه روی ذرات، یک نیروی گریز از مرکز ایجاد می‌گردد که در نتیجه، ذرات از روی صفحه خارج شده، با جریان هوا که توسط یک سری پروانهٔ در مسیر بسته به وجود می‌آید، روبه‌رو می‌شوند.



ذرات درشت که دارای نیروی گریز از مرکز زیاد هستند از این جریان عبور نموده، با برخورد به جدار دستگاه، در طول آن پایین می‌آیند؛ امّا ذرات ریز به علّت کم بودن نیروی گریز از مرکز، با جریان هوا به قسمت خارجی دستگاه حرکت کرده، جدا می‌شوند. هوا پس از خروج از قسمت داخل توسط پروانه‌های دوار که به طور منظم ساخته شده‌اند، مجدداً وارد قسمت مرکزی شده، مسیر خود را از سرمی‌گیرد. با تنظیم سرعت گردش صفحهٔ دوار و هم‌چنین تعیین مسیر هوا به وسیلهٔ موانع می‌توان ابعاد ذراتی را که باید از هم جدا شوند، تعیین نمود. مخارج نگه‌داری و مصرف انرژی این نوع کلاسیفایرها معمولاً زیاد است ولی به طور کلی کارآیی این دستگاه‌ها مطلوب است.

خودآزمایی

۱ـ دانه‌ها و ذرات مختلف چگونه در کلاسیفایرها طبقه‌بندی می‌شوند؟

۲ـ سرعت رسوب دانه‌های ذراتی با وزن مخصوص، ابعاد و شکل‌های مختلف تحت تأثیر چه عواملی است؟

۳ـ مقاومت مایع در برابر سقوط آزاد ذرات به چه عواملی بستگی دارد؟

۴ـ با رسم شکل وضعیت تحرک ذرات را در یک بستر صاف و با حرکت عادی جریان آب در روی بستر، شرح دهید.

۵ـ انواع کلاسیفایرهای آبی را نام ببرید و بگویید که نیروی گریز از مرکز و نیروی ثقل، در کدام نوع نقش دارد؟

۶ـ اساس کار کلاسیفایرهای ناودانی را با رسم شکل، شرح دهید.

۷ـ کلاسیفایر مخروطی چگونه عمل می‌کند؟

۸ـ کلاسیفایر مکانیکی چه کاربردی دارد و چگونه به‌کار می‌رود؟

۹ـ با رسم شکل اساس کار کلاسیفایر پارویی را شرح دهید.

۱۰ـ ساختمان کلاسیفایر حلزونی چگونه است؟ و به چه طریقی عمل می‌کند؟

۱۱ـ تفاوت‌های اساسی کلاسیفایرهای خشک و آبی چیست؟

۱۲ـ کلاسیفایرهای با مدار باز و بستهٔ هوا چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟

۱۳ـ کلاسیفایرهای هوایی جرمی چه معایبی دارند؟

۱۴ـ امتیازات سیکلون‌ها بر کلاسیفایرها چیست؟

۱۵ـ تفاوت سیکلون و هیدروسیکلون در چیست؟

فصل ۷

روش‌های جدایش مادهٔ معدنی از مواد باطله

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

۱ـ روش‌های جدایش مادهٔ معدنی از مواد باطله را شرح دهد.

۲ـ روش‌های جدایش با استفاده از خواص فیزیکی را بیان کند.

۳ـ سنگ جوری را توضیح دهد.

۴ـ چگونگی پرعیار کردن براساس وزن مخصوص را تشریح کند.

۷ــ آشنایی

همان‌گونه که قبلاً نیز دیدیم، کانه‌آرایی به عملیاتی اطلاق می‌شود که بر روی مواد استخراج شده و یا در طی استخراج انجام تا یک یا چند کانی با ارزش از مواد کم ارزش با صلاح و تدبیر اقتصادی جدا شود بدون آنکه تغییری در خواص شیمیایی مواد ایجاد شود. بدیهی است که روش جدایش را باید با توجه به اختلاف خواص کانی‌های مفید و مواد باطله به طریقی انتخاب کرد که با حداقل هزینه، حداکثر بازدهی به عمل آید. هرچه اختلاف خواص مذکور بیشتر باشد، عمل جدایش و پرعیار کردن به همان نسبت بهتر و موفق‌تر انجام خواهد شد.

برای پرعیار کردن مادهٔ اولیه و بالا بردن ارزش اقتصادی آن، باید مواد قبلاً در مراحل خرد کردن و آسیا کردن و تنظیم ابعاد تا درشتی مطلوب برای مراحل پرعیار کردن، نرم شده باشند و مواد با ارزش از مواد کم ارزش آزاد شده باشند.

انتخاب روش پرعیار کردن مادهٔ معدنی به عوامل و شرایط متعددی بستگی دارد که به دلیل

اهمیت، تکنیک‌های پرعیار کردن با استفاده از خواص فیزیکی و مکانیکی، مغناطیسی و الکترواستاتیکی و فلوتاسیون مورد بحث قرار خواهد گرفت.

در روش پرعیار کردن با استفاده از خواص فیزیکی موضوع رنگ، وزن مخصوص، خاصیت مغناطیسی و خاصیت الکترواستاتیکی مواد مورد توجه است و خواص مکانیکی مانند خاصیت الاستیسیته و اختلاف مقاومت اجزاء ماده نیز هر یک در جای خود همراه با روش‌های کاربردی و دستگاه‌های مربوط به آن‌ها شرح داده خواهد شد.

۷ــ۱ــ روش‌های جدایش با استفاده از خواص فیزیکی

در این روش‌ها «پرعیار کردن» بر مبنای خواص فیزیکی کانی‌ها به‌خصوص وزن مخصوص قرار دارد و در اکثر آن‌ها عمل جدایش ذرات در داخل مایع انجام می‌شود و ذرات برحسب سرعت رسوب خود در مایع از یکدیگر جدا می‌شوند. شرط اصلی در این روش‌ها هم‌چنان که قبلاً نیز ذکر شد آن است که اولاً درجهٔ آزادی ذرات به اندازهٔ کافی بالا باشد. ثانیاً ذرات دارای وزن‌های مخصوص مختلف باشند که هرچه این اختلاف بیشتر باشد، عمل جدا شدن کامل‌تر صورت خواهد پذیرفت. روش‌های پرعیارسازی بر اساس وزن مخصوص به دو دسته تقسیم می‌شوند. در یک دسته آب جریان افقی و در دستهٔ دیگر جریان قائم دارد و در بعضی دستگاه‌ها نیز آب دارای هر دو حرکت می‌باشد هم‌چنین می‌توان به جای آب از هوا یا سایر گازها نیز استفاده نمود. علاوه بر وزن مخصوص، از خواص فیزیکی دیگر مثل خاصیت مغناطیسی، خاصیت الکترواستاتیکی و هم‌چنین از رنگ، نور، جلاء، رادیواکتیویته و دیگر پارامترها نیز برای پرعیار کردن استفاده می‌شود.

۷ــ۱ــ۱ــ سنگ جوری : سنگ جوری عملی است که طی آن دانه‌های درشت مواد کانی براساس خاصیت‌هایشان از یکدیگر جدا می‌شوند. این خواص در درجهٔ اول همان خواص نوری دانه‌ها یعنی رنگ و جذب نور، شکست نور و خاصیت فسفرسانس و فلورسانس و بالاخره خاصیت رادیواکتیویتهٔ مواد می‌باشد. عمل سنگ جوری ممکن است با دست یا به وسیلهٔ دستگاه‌های خودکار صورت پذیرد. از سنگ جوری گاهی برای کمک به پرعیار کردن مواد معدنی استفاده می‌کنند بدین ترتیب که با جدا کردن سنگ‌های درشت از سایر مواد، باعث استفادهٔ بیشتر از ظرفیت محدود کارخانهٔ فرآوری می‌شوند و به این عمل پیش فرآوری[۱] گفته می‌شود.

۱ــ Preconcentration

سنگ‌جوری دستی: سنگ‌جوری دستی ساده‌ترین و قدیمی‌ترین روش جدایش مواد معدنی از مواد باطله است و هدف از انجام آن این است که یا یک محصول کاملاً خالص به دست آید یا آنکه به منظور افزایش کارآیی خرد کننده، «گانگ» از مواد با ارزش جدا شوند. به علاوه مواد اولیه نیز برای مراحل بعدی پرعیارسازی آماده گردد.

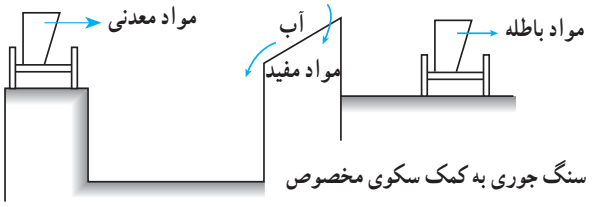
روش سنگ‌جوری دستی، هنوز هم به همان شکل ابتدایی خود در ممالک توسعه نیافته (از لحاظ صنعتی) انجام می‌شود. در این روش کارگر، مواد را توسط رنگ یا وزن مخصوص از باطله تشخیص می‌دهد.

در سنگ جوری پس از تشخیص کانی با ارزش و گانگ، آن‌ها را از یکدیگر جدا می‌کنند و چون این کار همواره از روی رنگ انجام می‌شود، عامل نور محیط، تأثیر زیادی در کارآیی دارد. به عنوان مثال، روشنایی نور صبح، بهتر از زمان بالا آمدن خورشید است. چون نور روی سنگ‌معدنی منعکس می‌شود و در تشخیص، مشکل به وجود می‌آورد. عصرها نیز به علّت کم شدن روشنایی، عمل تشخیص مشکل می‌شود.

در صورت استفاده از روشنایی مصنوعی، تا حدّ امکان از لامپ‌های گازی استفاده می‌شود و در این مورد برای جدا کردن پیریت از کالکوپیریت لامپ‌های «بخار جیوه» و برای جدا کردن «گانگ» از زغال‌سنگ، از لامپ «بخار سدیم» استفاده می‌شود، مهارت کارگران و میزان توانایی آنان در تشخیص چشمی و فرآیند تصمیم‌گیری و قدرت بدنی افراد در کارآیی سنگ جوری دستی تأثیر فراوانی به جا می‌گذارد.

اگر در سنگ جوری دستی، از وجود کارگران ورزیده‌ای استفاده شود تا ۸۰ درصد کانی را می‌توان جدا و ۱۰ــ۵ برابر پرعیار نمود. در مورد یک سنگ معدنی سولفیدی مانند کالکوپیریت که ۲/۵ درصد مس داشته در اثر سنگ جوری، عیار به ۱۵ــ۱۰ درصد می‌رسد و در سنگ‌های انتخاب نشده، عیار مس در حدود ۰/۵ درصد می‌باشد.

برای سنگ جوری دستی، کارگران در مسیر مشخصی کنار هم به صورت نشسته قرار گرفته، و از لابه‌لای مواد خرد شده، مواد معدنی مفید را تشخیص داده، جدا می‌کنند.



در مواردی که مواد باطله به صورت قطعات درشت در داخل مادهٔ معدنی باشد، آن‌ها را مستقیماً و بدون نیاز به خرد کردن، جدا می‌کنند امّا اگر مواد باطله به صورت قطعات ریز باشد، ابتدا مخلوط آن‌ها را به کمک پتک خرد کرده، آنگاه عمل جداسازی را انجام می‌دهند. در حالت پیشرفته‌تری از سنگ جوری، می‌توان از سکّویی استفاده کرد. این روش در کشور هندوستان به علّت ارزان بودن کارگر، متداول است. در این روش، موادی را که روی تخت سنگ جوری پخش می‌شود، قبلاً به کمک دوش آب می‌شویند تا رنگ و جلای آن‌ها به خوبی دیده شود. موادی که به صورت سنگ جوری دستی جدا می‌شوند، بهتر است ابعادی از ۳ــ۲ سانتی‌متر تا ۲۵ سانتی‌متر داشته باشند.

اخیراً در مناطقی که عمل سنگ جوری دستی را انجام می‌دهند سنگ‌ها را از طریق یک نوار نقاله (از مقابل کارگرانی که جلوی نوار ایستاده‌اند) عبور می‌دهند و کارگر موادی را که روی نوار حمل می‌شوند، سنگ جوری می‌نماید. سرعت حرکت نوار نقاله، به ابعاد و تعداد ذرات روی واحد طول نوار و درصد آن‌ها که باید جدا شوند، بستگی دارد. و باید به نحوی در نظر گرفته شود که زمان کافی را برای جدا کردن، به کارگر بدهد. (این سرعت بین ۲۰ــ۶۰ متر در دقیقه است ابعاد ذراتی که در روی نوار حرکت می‌کنند بین ۲۰ــ۳ سانتی‌متر است و محصول کار هر کارگر در حدود ۱۰ــ۲/۰ تن در ساعت است).

۷ــ۲ــ پرعیار کردن براساس وزن مخصوص

پرعیار کردن مواد معدنی براساس وزن مخصوص، با وجود آنکه یکی از قدیمی‌ترین روش‌های جدایش مواد معدنی از مواد باطله می‌باشد و علی‌رغم این که روش‌های جدید و مطمئن‌تری نیز در صنعت ابداع گردیده است، هنوز یکی از با اهمیت‌ترین روش‌های کانه‌آرایی شناخته می‌شود. مثلاً شستشوی زغال‌سنگ هنوز براساس روش «وزن مخصوص» انجام می‌گیرد و اگرچه در پرعیارسازی کانه‌های فلزی چندان کاربردی ندارد، ولی غالباً تهیهٔ محصول کنسانترهٔ اولیه هنوز بر آن متکی است.

بعد از اختلاف رنگ و جلا در کانی‌ها برای جداسازی مواد از یکدیگر، اختلاف در وزن مخصوص اهمیت دارد، بدین جهت دستگاه‌هایی که به منظور جدایش مواد با استفاده از وزن مخصوص ساخته شده‌اند از دستگاه‌هایی که برای جدا کردن مواد معدنی با استفاده از اختلاف خواص دیگر، ساخته شده‌اند، متنوع‌تر است.

در محلول‌های سنگین جدایش اجزاء تشکیل دهندهٔ مواد اولیه، در یک «سوسپانسیون[۱]» به نام

۱ــ Suspension

محلول سنگین صورت می‌گیرد که اختلاف وزن مخصوص اجزاء تشکیل دهندهٔ کانی نسبت به محلول سنگین، عامل جدا شدن آن‌ها از یکدیگر است و کاربرد آن‌ها در آزمایشگاه است ولی واسطه‌های سنگین با کمک مخلوط آب و دانه‌های ریز مواد، می‌توانند پالپ‌هایی با وزن مخصوص مورد نیاز بسازند تا از آن (واسطه سنگین) برای جدا کردن موادی که وزن مخصوص آن‌ها متفاوت است، استفاده شود. در دستگاه‌هایی نظیر «جیگ[۱]» طبقات تشکیل دهنده توسط حرکت کششی و جهشی پیستون صورت می‌گیرد. در دستگاه‌هایی به نام «میزلرزان[۲]» و یا «ناودان[۳]» عمل جدایش در اثر حرکت دانه‌ها در روی سطح مورب با حرکت نوسانی و به کمک جریان رقیق آب، صورت می‌گیرد.

۷ــ۲ــ۱ــ اصول جدایش با استفاده از مایعات سنگین[۴] (H.L.S) : در این روش جدایش، سنگ‌های معدنی با وزن‌های مخصوص، در محلول سنگین که وزن مخصوص معینی دارد، ریخته می‌شوند. بدیهی است که ذرات سبک‌تر در سطح و ذرات سنگین در ته مایع قرار می‌گیرند.

اصول جدایش به کمک محلول سنگین، براساس جدایش مواد کانی در محیطی که وزن مخصوص آن مابین وزن مخصوص تودهٔ سبک و تودهٔ سنگین تشکیل دهندهٔ سنگ معدنی قرار دارد، بنا نهاده شده است. مثلاً اگر مخلوطی از دو جسم به وزن مخصوص δ_1 و δ_2 را به مایعی به وزن مخصوص ρ وارد کنیم، چنان که $\delta_1 < \rho < \delta_2$ باشد، جسم اول که دارای وزن مخصوص δ_1 است به طرف بالا، با سرعت معینی حرکت نموده، در سطح مایع شناور می‌شود، در حالی که جسم دوم به طرف پایین حرکت خواهد کرد، این عمل به غرق و شناورسازی نیز معروف است.

مایعاتی که برای این نوع جدا کردن به کار می‌روند، «مایعات سنگین» نامیده می‌شوند و باید دارای خواص زیر باشند :

۱ــ خاصیت خورندگی نداشته باشند.
۲ــ در درجهٔ حرارت معمولی مایع باشند.
۳ــ غیرسمی باشند.
۴ــ شفاف باشند تا کنترل عمل آسان باشد.
۵ــ به راحتی غلیظ یا رقیق شود تا وزن مخصوص آن تنظیم گردد.
۶ــ بر روی مواد، اثر شیمیایی نداشته باشند.
۷ــ ارزان قیمت باشد.
۸ــ بی‌بو باشد.

۱ــ Jig ۲ــ Shaking table ۳ــ Sluices ۴ــ Heavy Liquid Separation

۹ــ وزن مخصوص آن زیاد باشد.

۱۰ــ ویسکوزیتهٔ آن کم باشد.

البته تاکنون هیچ مایع سنگینی که تمام این خواص را به طور کامل دارا باشد، ساخته نشده است. هم‌چنین باید در نظر داشت که «ویسکوزیته» بعد از وزن مخصوص، مهم‌ترین خاصیت مایع است. شایان ذکر است، از محلول‌های سنگین جهت سنجش اولیه جدایش استفاده می‌شود و چنانچه نتیجه مثبت باشد از واسطه‌های سنگین در مدارهای صنعتی استفاده می‌شود.

مطالعه آزاد

مایعات سنگین ارائه شده در جدول به سهولت در حلال‌های آلی از قبیل مواد نفتی، استون حل می‌شوند و مایعاتی با وزن مخصوص دلخواه به دست می‌دهند. ضمن آنکه این مایعات در آب کاملاً غیرمحلول می‌باشند در نتیجه، ذرات خارج شده را با آب می‌شویند تا در حد امکان لایهٔ محلول‌های سنگین را که اطراف ذرات تشکیل شده، جدا نمایند و چون این مایعات در آب نامحلول‌اند، آن‌ها را به سادگی از آب جدا نموده، مجدداً به کار می‌برند.

در بعضی مطالعات ذرات را قبل از وارد کردن به این محلول ها، وارد آب می‌کنند تا یک قشر نازک آب، دور آن ها تشکیل شود و خلل و فرج ذرات توسط آب پر شود در نتیجه، از تلفات محلول سنگین بکاهند. برای این منظور به مقدار ۰/۰۱ «اسید تانیک[۱]» به آب افزوده می‌شود. خاصیت جذب سطحی آب مخلوط با اسید تانیک بسیار زیاد بوده، باعث می‌شود که ذرات هنگام غوطه‌ور شدن در محلول سنگین، آن را جذب نکند.

جدول : محلول‌های سنگین

نام مایع	فرمول	وزن مخصوص	ویسکوزیته سنتی‌پوز	محلول بودن در آب $\frac{g}{lit}$
دی‌یدومتان(متیلن یدات)	CH_2I_2	۳/۳۱	۲/۶	۰/۱۲
ترا برمواتان (T.B.E)	$(CHBr_2)_2$	۲/۹۵	۹/۶	۰/۰۶
بروموفورم	$CH\,Br_3$	۲/۸۹	۱/۸	۰/۳۱
تری بروموفلورومتان	$CFBr_3$	۲/۷۵	۱/۵	۰/۰۴
دی بروموتان (متیلن دی بروومات)	CH_2Br_2	۲/۴۸	۰/۹۷	۱/۱
دی برمو اتیلن	$CH\,Br$	۲/۱۷	۱/۶	۰/۴۲
پنتا کلرواتان	$CHCl_2-Cl_5$	۱/۶۷	۲ــ۳	۰/۰۵

۱ــ Tanic Acid

محلول‌های سنگین اشاره شده، بسیار سمی می‌باشند و مستلزم احتیاط و پیش‌بینی‌های لازم می‌باشد.

در روش جدایش با استفاده از مایعات سنگین، با ثابت نگه‌داشتن درجهٔ حرارت و دقت کامل، می‌توان وزن مخصوص را تا دقت ۰/۰۱ واحد، ثابت نگه داشت و بنابراین امکان جداسازی موادی که وزن مخصوص آن‌ها به یکدیگر خیلی نزدیک است، وجود دارد.

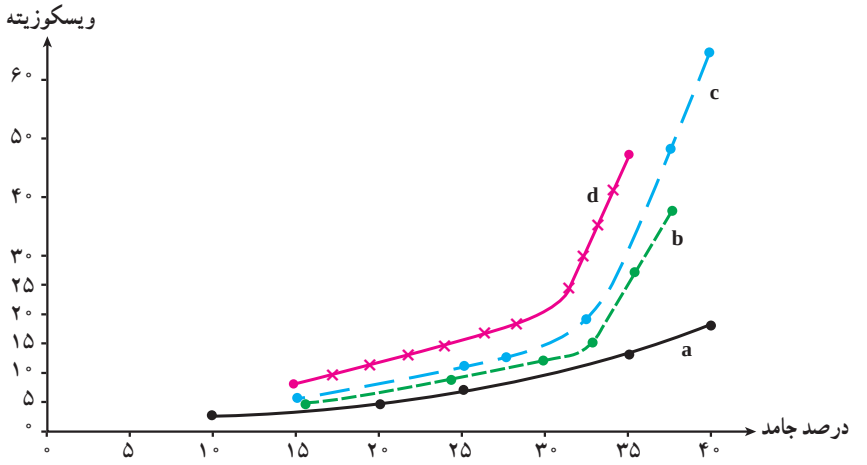
مهم‌ترین کاربرد مایعات سنگین برای جدایش در بررسی‌های آزمایشگاهی بوده است. مایعات سنگین به ندرت در مقیاس صنعتی به کار می‌روند. اگرچه متخصصین کشورهای سازندهٔ آن‌ها معتقدند که استفادهٔ از آن‌ها رضایت‌بخش بوده، هزینهٔ عمل نیز چندان زیاد نخواهد بود. سایر کارخانه‌های سازنده نیز با ساختن ماشین آلات لازم، به کارگیری آن‌ها را تعمیم می‌دهند. یکی از کاربردهای این مواد برای جدا کردن مواد باطله است تا بار قسمت بعدی کارخانهٔ کانه‌آرایی را پرعیارتر کرده و محصول بیشتری از ظرفیت موجود در کارخانه به دست آورند.

۷ــ۲ــ۲ــ جدایش مواد با استفاده از واسطه‌های سنگین[1](H.M.S) : چون به کار بردن محلول‌های سنگین (به علّت گران بودن و خواص دیگر از قبیل سمی بودن، قابلیت اشتعال و غیره) محدودیت‌هایی دارد، لذا در صنعت کانه‌آرایی از معلق نگه‌داشتن ذرات بسیار ریز جامد در آب، به عنوان واسطه های سنگین استفاده می‌شود. این محیط‌ها دارای وزن مخصوص یکنواخت بوده، و ویسکوزیتهٔ مناسبی دارند.

ویسکوزیتهٔ محیط نیز، تابعی از وزن مخصوص ذرات معلق است. هر قدر وزن مخصوص ذرات معلق کمتر باشد، به ازای یک وزن مخصوص معین برای محیط، مقدار ویسکوزیته، بیشتر خواهد بود. یعنی ویسکوزیته به ازای اضافه کردن مواد جامد، ابتدا به صورت خطی بالا رفته، پس از حد معینی بالا رفتن به شدت زیاد می‌شود و در این موقع، مخلوط به صورت گل درمی‌آید که این حد را «ویسکوزیتهٔ بحرانی[2]» گویند که برای ذرات مختلف متفاوت است.

اگر ویسکوزیته به حد بحرانی خود نزدیک شود یا از آن تجاوز کند، واسطه سنگین را دیگر نمی‌توان برای جدا نمودن ذرات به کار برد. و هر قدر ویسکوزیته از این حد دورتر باشد عمل جدا کردن ذرات بهتر و با کارآیی بیشتری انجام خواهد شد.

۱ــ Heavy Media Separation ۲ــ Critical Viscousity



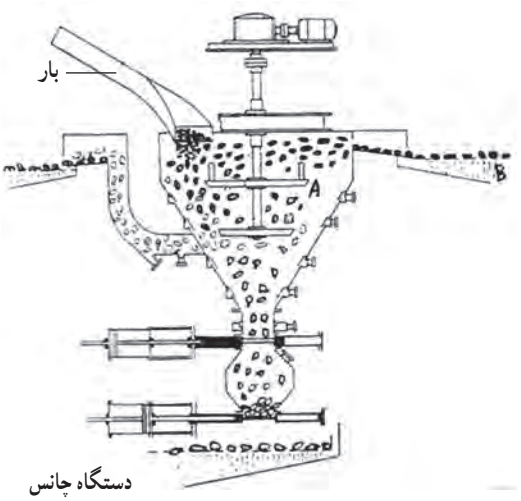
استفاده از این روش، برای اولین بار در سال ۱۸۵۸ توسط «هنری بسمر[۱]» و در مورد جدا کردن زغال از «شیست‌های» همراه به عمل آمد و در دستگاه‌هایی که ساخته شده بود، از مخلوط کلرور آهن ــ منگنز ــ کربنات کلسیم و سولفات باریم برای ساختن واسطهٔ سنگین استفاده شد. بعدها در سال ۱۹۱۷ دستگاه چانس اختراع شد که در آن از ماسه‌های سیلیسی بسیار ریزی به ابعاد حدود ۰/۳ــ۰/۰۸ میلی‌متر استفاده می‌شود و وزن مخصوص محیط را به حدود ۱/۵ می‌رسانند. اساس این روش به‌شرح زیر است :

روش چانس[۲] : در این روش محیط سنگینی از ذرات ماسه بسیار ریز، به وزن مخصوص ۱/۴ــ۱/۲ به وجود می‌آورند. این روش هنوز در کشورهای نظیر آمریکا و انگلستان برای شستشوی زغال‌سنگ به کار می‌رود. طرز کار دستگاه چانس به این ترتیب است که : سیلیس از بالای جدا کنندهٔ مخروطی ناقص یا جعبه‌ای و آب از پهلو، وارد می‌شود زغال‌سنگ خالص شناور می‌گیرد و مواد باطله رسوب می‌کنند. پره‌های نصب شده در دستگاه جدا کننده، باید با سرعت زیادی بچرخند تا از رسوب دانه‌های ماسه، جلوگیری شود. زغال‌سنگی که در این روش پرعیار می‌شود، باید سخت و حداقل درشتی دانه‌های آن ۸ ــ۶ میلی‌متر باشند. در این طریقه مقدار ماسه‌ای که همراه بار خارج خواهد شد، در حدود یک کیلوگرم به ازای هر تن بار ورودی خواهد بود. از جمله مزایای این روش آن است که بقیهٔ اجسام جامد (یعنی ماسه‌ها) بسیار ارزان هستند و از طرفی، بازیابی آن‌ها مطلوب است؛ ولی از طرف دیگر، عمر تلمبه‌های شن، بسیار کوتاه است و بعد از مدت کمی که حدود ۶ــ۳ ماه است، صفحات

۱ــ Henry Bessemer ۲ــ Chance Process

داخلی پمپ‌های هدایت پالپ در اثر ماسه‌ها فرسوده شده، باید آن‌ها را تعویض نمود.

طبق آمار در سال ۱۹۷۴ از حدود ۵۵۰ میلیون تن زغال «بیتومینه» و «لیگنیتی» که توسط دستگاه‌های مکانیزه شسته شده حدود ۷۵ میلیون تن آن از روش واسطه‌های سنگین به عمل آمده است و به این ترتیب، این روش از ۷ درصد در سال ۱۹۳۸ به ۳۱ درصد در سال ۱۹۷۴ افزایش یافت.



دستگاه چانس

هرگاه وزن مخصوص زیادی برای واسطه‌های سنگین مورد نظر باشد، می‌توان از مواد مختلفی که در جدول مشخص شده‌اند استفاده کرد. وزن مخصوص حداکثر پالپ را می‌توان از طریق جدول به دست آورد. از جدا کننده‌هایی مانند استوانه‌ای گردان نیز در شستشوی زغال استفاده می‌شود.

مطالعه آزاد

جدول وزن مخصوص مواد و پالپ در واسطه‌های سنگین

مواد	وزن مخصوص تقریبی گرم بر سانتی‌متر مکعب	حداکثر وزن مخصوص پالپ $\frac{kg}{lit}$
سنگ‌های معمولی سیلیسی	۲/۶	۱/۵۸
سنگ‌های نسبتاً سنگین نظیر بازالت	۳	۱/۶۴
باریتین	۴/۴۶	۱/۰۵
پیریت	۵ـ۵/۲	۲/۳۸
ماگنتیت	۵ـ۵/۲	۲/۳
گالن	۷ـ۷/۶	۲/۷۵
فروسیلیکات پودر شده	۶/۷	۳/۸۰

خودآزمایی

۱ـ روش‌های جدایش بااستفاده از خواص فیزیکی مواد معدنی چگونه به کار گرفته می‌شوند؟

۲ـ شرط اصلی استفاده از خواص فیزیکی مواد معدنی برای جداسازی آن‌ها چیست؟

۳ـ سنگ جوری چیست و از کدام خواص کانی‌ها بیشتر در آن استفاده می‌شود؟

۴ـ در سنگ جوری دستی کدام عامل و چگونه بیشترین نقش را دارد؟

۵ـ برای جدا کردن «پیریت» از کالکوپیریت و گانگ از زغال‌سنگ با استفاده از نور مصنوعی چگونه عمل می‌شود؟

۶ـ دستگاه‌هایی که برای پرعیار کردن مواد معدنی براساس وزن مخصوص آن‌ها ساخته شده، شامل کدام گروه‌ها است؟

۷ـ واسطه‌های سنگین را چگونه می‌توان ساخت و به کار برد؟

۸ـ پرعیار کردن به کمک محلول سنگین برچه اساسی صورت می‌گیرد؟

۹ـ پنج خاصیت مهم مایعات سنگین را ذکر کنید؟

۱۰ـ در چه صورت نمی‌توان محلول سنگین را برای جدا کردن ذرات به کار برد؟

۱۱ـ مزایا و معایب روش چانس را بیان کنید؟

فصل ۸
جدایش به روش جیگ

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

۱ـ اساس کار جیگ‌ها را بیان کند.

۲ـ دوره‌های تناوب در جیگ‌ها را با رسم نمودار توضیح دهد.

۳ـ انواع مختلف جیگ‌ها را تشریح کند.

۸ــ آشنایی

به طورکلی جیگ‌ها دستگاه‌هایی هستند که برای ذرات نسبتاً درشت ساخته شده‌اند. این دستگاه‌ها از دیرباز برای پرعیارکردن کانی‌های سولفیدی به کار می‌رفته‌اند و قدمت انواعی از آن‌ها به بیش از ۲۰۰۰ سال قبل می‌رسد. از آن‌جایی که ذرات درشت، اکثراً توسط سرندها طبقه‌بندی می‌شوند، لذا بار جیگ‌ها اکثراً برحسب ابعاد و قطر دانه‌ها، طبقه‌بندی می‌گردد و هرقدر این طبقه‌بندی دقیق‌تر و اختلاف وزن مخصوص، بیشتر باشد عمل جیگ و کارایی آن بهتر و محصول به دست آمده خالص‌تر خواهد بود. جیگ‌ها یک محفظه با کف مشبک یا توری دارند که موادمعدنی را در داخل محفظهٔ آن‌ها ریخته، سپس آب از لابه‌لای موادمعدنی، بالا و پایین می‌آید و در نتیجه مواد به صورت ذراتی معلق در روی توری به شکل طبقات برحسب وزن مخصوص قرار می‌گیرند.

بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که اساس کار جیگ نیز مانند کلاسیفایر برحسب سقوط ذرات در داخل آب قرار دارد، ولی در مورد جیگ ذرات آزادانه سقوط نمی‌کنند و نیز زمان سقوط بسیار کوتاه است و ذرات دسته جمعی سقوط می‌کنند.

۸ــ۱ــ اساس کار جیگ‌ها[1]

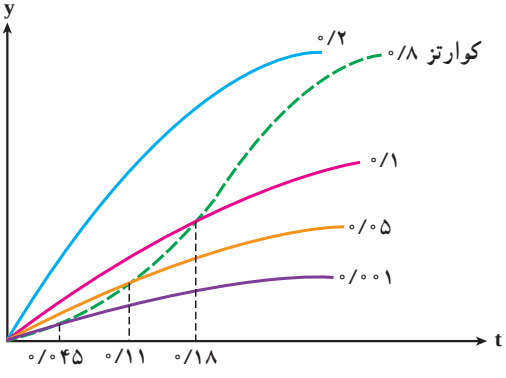
اساس کار جیگ‌ها بر روی دو جریان آب، یکی بالا رفتن و دیگری پایین آمدن به طور متناوب که بر روی قشری از مواد معدنی اثر می‌کند، استوار شده است و مواد را برحسب وزن مخصوص تقسیم‌بندی می‌کند. علاوه بر وزن مخصوص عوامل دیگری هم که قبلاً در حرکت جامدات در مایعات گفته شده در این کار، تأثیر دارند. در لایه‌بندی دانه‌ها در جیگ، سه عامل مهم است :

الف) سقوط با مانع و طبقه‌بندی مواد.

ب) اختلاف شتاب در شروع ته‌نشین شدن.

ج) حرکت دانه‌های کوچک (چکیدن) از لابه‌لای دانه‌های بزرگ[2].

در جیگ‌ها چون زمان سقوط بسیار اندک است، ذرات قبل از آنکه به سرعت حد برسند به کف جیگ رسیده‌اند، لذا سرعت ذرات متغیر خواهد بود که پیوسته زیاد می‌شود. مثلاً اگر دو ذرهٔ گالن و کوارتز را در نظر بگیریم که به ترتیب دارای وزن مخصوص حدود ۷/۵ و ۲/۶ هستند، شتاب اولیه گالن بیشتر از کوارتز خواهد بود. هر قدر زمان سقوط کمتر باشد، این دو ذره بهتر از یکدیگر جدا خواهند شد، زیرا در اثر سقوط سرعت‌ها به طور یکنواخت تغییر خواهد کرد. زمان سقوط در جیگ اهمیت داشته و می‌توان ذرات سنگین کوچک را از ذرات سبک بزرگ با محاسبهٔ زمان سقوط جدا نمود. در شکل زیر سرعت سقوط ذرات به ابعاد ۰/۰۰۱ و ۰/۰۵ و ۰/۱ و ۰/۲ سانتی‌متر از گالن و ذره ۰/۸ سانتی‌متر از کوارتز را برحسب زمان نشان می‌دهد.



همچنان که در نمودار ملاحظه می‌شود، اگر بخواهیم ذره‌ای از جنس گالن را به ابعاد ۰/۰۰۱ سانتی‌متر از کوارتز جدا کنیم، باید زمان سقوط از ۰/۰۴۵ ثانیه کمتر باشد، زیرا تا این زمان ذرهٔ گالن به علّت داشتن شتاب اولیهٔ بزرگتر دارای سرعت بیشتری بوده، ولی پس از آن سرعت ذرهٔ کوارتز بیشتر خواهد بود و همچنین در مورد سایر ذرات گالن به ابعاد ۰/۰۵ و ۰/۱ سانتی‌متر اگر بخواهیم آن‌ها را از

۱ــ Jig ۲ــ Jig Consolidation trickling

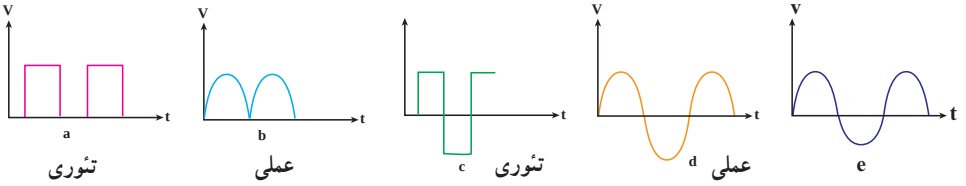
ذرهٔ کوارتز جدا کنیم، باید زمان سقوط به ترتیب از ۰/۱۱ و ۰/۱۸ ثانیه کمتر باشد زیرا پس از این مدت ذرهٔ کوارتز دارای سرعت سقوط بیشتری از ذرات گالن خواهد بود. در حرکت دانه‌های کوچک از لابه‌لای دانه‌های بزرگ، مسافت‌هایی که دانه‌های مختلف با وزن‌های مخصوص مساوی طی می‌کنند، یکسان نیست. یک دانهٔ بزرگ در زمان ۰/۳ ثانیه مدتی حدود ۰/۰۶ به حالت تعلیق درمی‌آید درصورتی که یک دانهٔ ریزتر ممکن است برای مدّت ۰/۲ ثانیه به حالت معلق برسد ولی در عمل دانه‌های درشت وقتی روی هم ته‌نشین شدند، دیگر نمی‌توانند پایین بروند در صورتی که دانه‌های ریز از لابه‌لای دانه‌های درشت، به طرف پایین حرکت می‌کنند. که این پایین رفتن ممکن است هم به علّت نیروی ثقل و هم به علّت ادامهٔ حرکت مایع باشد. این پدیده را حرکت از لابه‌لای دانه‌ها یا «بین دانه‌ای» گویند.

۸ــ۲ــ دوره‌های تناوب در جیگ

اگر برای آب سطح ثابتی را فرض کنیم، آب دارای دو حرکت بالا آمدن از سطح ثابت و پایین آمدن از سطح ثابت خواهد بود که اولی را «حرکت جهشی[۱]» و زمان انجام آن را «زمان جهش» و دیگری را «حرکت کششی[۲]» و زمان انجام آن را «زمان کشش» گویند. به این دو دوره در جیگ، دوره‌های «تناوب» گفته می‌شود. دورهٔ جهش در تمام جیگ‌ها وجود دارد و دورهٔ کشش نیز در اکثر آن‌ها موجود است که ممکن است مساوی یا کمتر از حرکت جهشی باشد.

شکل‌های زیر چند نوع حرکت آب را در جیگ‌ها نشان می‌دهد.

در نمودارهای (a) و (b) فقط حرکت جهشی وجود دارد و در نمودارهای (c) و (d) از جهش و کشش به یک اندازه استفاده شده است. در نمودار (e) مقدار جهش و کشش متقارن نیست ولی مقدار مایعی که بالا و پایین می‌رود، برابر است.



شکل‌های مربوط به تناوب در جیگ‌ها

۱ــ Pulsion ۲ــ Suction

لازم به ذکر است که ظرفیت جیگ، به طول حرکت جهش و تعداد حرکات در واحد زمان بستگی دارد؛ ولی چون در هر دوره از حرکات آب، زمان معینی نیاز است تا ذرات کاملاً تقسیم‌بندی شده، از یکدیگر جدا شوند؛ لذا حداکثر تعداد حرکات، محدود می‌گردد و هرقدر ذرات ابعاد بزرگتری داشته باشند، طول حرکت جهشی بیشتر بوده، در نتیجه ذرات باید طول بیشتری را در آب بپیمایند و به عبارت دیگر تعداد ضربه‌های جیگ کمتر خواهد بود. در جدول زیر به تعداد ضربه‌ها در جیگ‌های معمولی به ازای ابعاد ذرات اشاره شده است :

ارتباط بین تعداد ضربات در جیگ‌های معمولی به ازای ابعاد ذرات

تعداد ضربات جیگ حداکثر	در دقیقه حداقل	قطر ماکزیمم ذرات برحسب میلی‌متر
۱۷۵	۹۵	۳۲_۶۴
۱۷۵	۱۰۰	۱۶_۳۲
۲۵۰	۱۰۰	۸_۱۶
۳۰۰	۱۲۰	۴_۸
۳۵۰	۱۵۰	۲_۴
۴۰۰	۱۵۰	۱_۲

بدین ترتیب نتیجه گرفته می‌شود که هرقدر ذرات بزرگتر باشند باید شدت ضربه، در موقع بالا آمدن آب بیشتر باشد تا بتواند آن را به صورت معلق در خود نگه دارد و در عین حال مقدار زیادتری آب با سرعت زیاد لازم است زیرا سرعت رسوب ذرات به مناسبت بزرگی، زیاد است. بنابراین در مورد ذرات بزرگ، جیگ باید تعداد ضربات زیاد و فشار زیاد مناسب، داشته باشد؛ امّا هرقدر ذرات سبک‌تر باشند، به همان دلایل مذکور باید تعداد ضربات بیشتر باشد. ضمناً هر قدر ضخامت طبقه روی جیگ بیشتر باشد زمان لازم برای هر ضربه بیشتر خواهد بود. در مورد عمل کشش در جیگ‌ها که در واقع دورهٔ فروکش کردن آب از روی ذرات و پایین رفتن آن است نیز، متذکر می‌شود که انجام این حرکت ضرورت کامل داشته، نقش آن پایین بردن ذرات ریز و سنگین است، مشروط بر آنکه اختلاف ابعاد ذرات به اندازهٔ کافی باشد تا جسم ریز سنگین وزن، بتواند از لابه‌لای ذرات سبک بزرگ، عبور کند و اگر اختلاف ابعاد زیاد نباشد، عمل فروکش کردن، کاری از لحاظ پرعیار کردن، انجام نمی‌دهد.

سرعت عمل جیگ هنگامی که اختلاف ابعاد ذرات کمتر باشد بیشتر و مدت زمان کشش تا

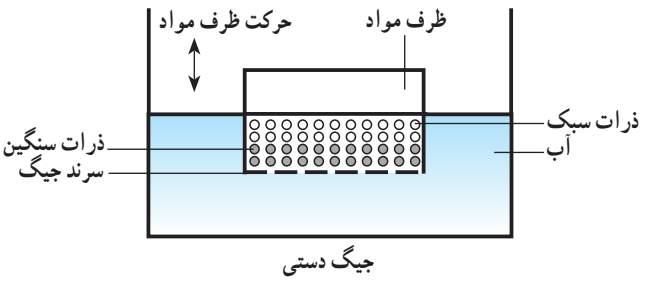
حدامکان کمتر خواهد بود، ولی در هر حال در مورد ذراتی که توسط غربال جدا می‌شوند، جیگ بدون کشش مناسب است. البته جیگ‌هایی که در صنعت ساخته می‌شوند، یا اصولاً زمان کشش ندارند، یا مقدار آن کمتر یا معادل زمان جهش است. جیگ‌هایی دارای زمان مساوی کشش و جهش هستند که وزن مخصوص ذرات ورودی به جیگ با هم، خیلی اختلاف داشته باشد (یعنی اختلاف ابعاد بسیار زیاد باشد).

۸ــ۳ــ انواع مختلف جیگ‌ها

به طور کلی جیگ‌ها برحسب محیطی که عمل جدایش در آن انجام می‌گیرد، تقسیم می‌شوند و عبارت‌اند از جیگ‌های آبی، جیگ‌های هوایی و جیگ‌های محلول سنگین. و از طرف دیگر جیگ‌ها برحسب قدرت جدایش برای درشتی دانه‌ها نیز، با هم اختلاف دارند مثلاً جیگ‌های با نوسانات سریع ولی کوتاه، مناسب موادی با ابعاد ریز، و جیگ‌های با نوسانات آهسته ولی بلند، برای موادی با ابعاد درشت، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

دریک تقسیم‌بندی دیگر، جیگ‌ها را به دو نوع مختلف تقسیم می‌کنند؛ در نوع اوّل، جیگ دارای صفحهٔ مشبّک متحرکی است که در آب راکد با سطح ثابت، داخل و خارج می‌شود و در نوع دوّم، صفحهٔ مشبک و سطح ثابت وجود دارند ولی آب در آن بالا و پایین می‌رود. در این جا به طور خلاصه به شرح آن‌ها می‌پردازیم :

۸ــ۳ــ۱ــ جیگ‌های با سطح آب ثابت : این جیگ‌ها خود به دو نوع جیگ دستی با کار منقطع و جیگ موتوری با کار دائم تقسیم می‌شوند.



۸ــ۳ــ۲ــ جیگ دستی[1] با کار منقطع : این جیگ‌ها معمولاً از یک صندوق چوبی به ابعاد تقریبی ۶۰×۴۰×۲۰ سانتی‌متر یا گاهی بزرگتر، تشکیل گردیده که کف آن با یک صفحهٔ مشبک فلزی

۱ــ The Hand jig

پوشیده شده است و دارای دسته‌ای می‌باشد که به یک اهرم متصل بوده، توسط آن می‌توان جیگ را بالا و پایین برد.

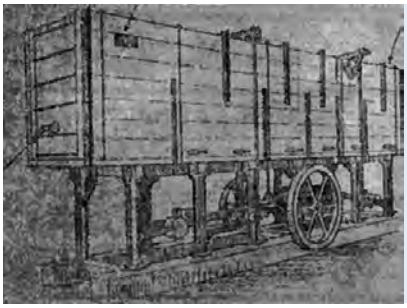
این جعبه درون محفظهٔ بزرگتر دیگری است که به طور ثابت ساخته شده است و داخل آن آب می‌باشد. جعبه در داخل محفظهٔ دوم که «مخزن آب» نامیده می‌شود، دارای حرکت رفت و آمد عمودی است. عمل پایین آمدن جعبه، ناگهانی و سریع است، ولی بالا رفتن آن به آرامی انجام می‌گیرد. در اثر پایین آمدن، مواد درون آن به حالت معلق درآمده، سپس برحسب وزن مخصوص، طبقه‌بندی می‌شوند و اگر ماده ریز باشد، از توری عبور نموده، در کف مخزن آب جمع می‌گردد. پس از مدتی عمل را متوقف کرده، مواد سطحی را جمع‌آوری و خارج می‌سازند و به جای آن بار تازه‌ای می‌ریزند و عمل را تکرار می‌کنند تا ضخامت ماده معدنی مورد نظر، به حد کافی برسد، پس از خارج کردن لایهٔ فوقانی که شامل گانگ است، مواد معدنی مورد نظر را تخلیه و عمل را مجدداً انجام می‌دهند. کاربرد این طریقه در مواردی مؤثر است که مواد درشت بوده، از منافذ کف جعبه عبور ننماید. در صورتی که پرعیارسازی مواد ریزتر موردنظر باشد، یک طبقه از مواد معدنی سنگین را روی کف ریخته، سپس عمل باردهی انجام می‌شود و در نهایت محصول پرعیار شده در کف مخزن جمع می‌شود.

چون وزن جیگ‌های دستی سنگین است و کار کردن با آن برای کارگر طاقت‌فرسا است کمتر به کار می‌رود و چون ضربه‌های آن توسط بازو و دست صورت می‌گیرد تنظیم و یکنواخت کردن آن‌ها مشکل بوده، لذا برای سنگ‌های درشت استفاده می‌شود. جیگ‌های مذکور مصرف آب ناچیزی دارند و در ۲۴ ساعت ظرفیتی در حدود ۱۰ـ۳ تن در هر مترمربع دارد. امروزه کمتر از این دستگاه‌ها استفاده می‌شود.

۸ـ۳ـ۳ـ جیگ‌های موتوری با کار دائم : اساس کار جیگ‌های موتوری و دستی مشابه یکدیگر است، با این تفاوت که در جیگ‌های موتوری یک موتور نیروی مکانیکی لازم را جهت پایین و بالا آوردن جعبه مواد معدنی تأمین می‌کند. نوع مهم این جیگ‌ها که به نام مخترعش معروف شده، جیگ «هان‌کاک[۱]» می‌باشد و ساختمان آن از یک جعبهٔ مکعب مستطیل با یک سرند متحرک در بالای آن، تشکیل شده است حرکت سرند از نوع افقی و عمودی است که به وسیلهٔ موتور تأمین می‌شود.

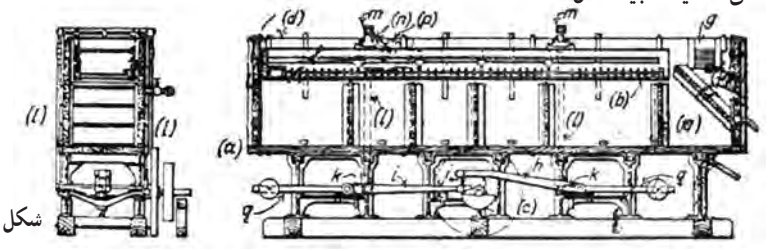
تأثیر این نوع حرکت آن است که ذرات را از یک سر سرند، به سر دیگر حرکت می‌دهد. به این ترتیب ملاحظه می‌شود که عمل جیگ دائمی است و بار به طور پیوسته از یک سر وارد می‌شود و مواد سبک از سر دیگر خارج می‌گردد و درظرف آبی که در زیر سرند قرار دارد، ابتدا ذرات سنگین جمع شده، هرچه به طرف آخر ظرف جلوتر برویم اجسامی سبک‌تر خواهیم داشت.

۱ـ R. H. Hancock



شکل ظاهری جیگ هان‌کاک

نمای شماتیک جیگ هان‌کاک



شکل جیگ هان‌کاک

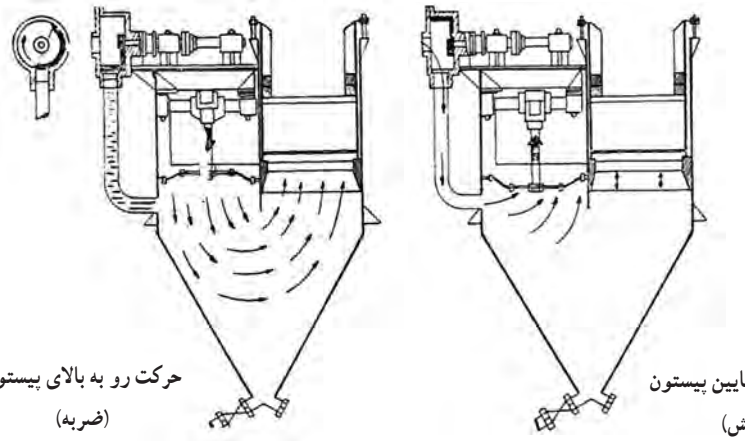
از جیگ «هان‌کاک» می‌توان برای جدا کردن انتخابی مخلوط مواد معدنی از یکدیگر و از گانگ استفاده کرد. در تعدادی از جیگ‌ها منافذ کف جعبه هرقدر که از قسمت باردهی دور شویم، بزرگتر می‌شود. بعضی از مشخصات جیگ‌های مذکور در جدول مشاهده می‌شوند :

مشخصه	اندازه و مقدار
طول استاندارد	۶/۵ متر
عرض استاندارد	۱/۵ متر
عمق	۲/۵ــ۱/۵ متر
ظرفیت	۱۰۰ــ۶۰ تن متر مربع کف صندوق در ۲۴ ساعت
مصرف آب	۱ مترمکعب در هر تن سنگ معدن
دامنهٔ حرکت افقی و عمودی	۳ــ۱/۵ سانتی‌متر
تعداد ضربات جیگ	۲۰۰ــ۱۸۰ دور در دقیقه
کارآیی معمولی	۶۰ــ۴۵ درصد
کارآیی در شرایط مطلوب	۷۰ درصد

۸ــ۳ــ۴ــ جیگ با توری ثابت و جریان متحرک آب : در این جیگ‌ها که از دو قسمت تشکیل شده‌اند بار روی توری ریخته شده، بوسیلهٔ موتور که یک حرکت عمودی به پیستون می‌دهد، عمل ضربه و کشش انجام می‌شود و مقدار ضربه و کشش به وسیلهٔ شیر گردان، که سر راه جریان آب قرار دارد، کنترل می‌شود.

در جیگ هنگامی که پیستون حرکت رو به بالا دارد، وزن شیر گردان طوری است که دهانهٔ ورود آب را باز می‌کند. عمل بالا رفتن پیستون باعث می‌شود که کشش ایجاد گردد و این کشش به مقدار زیاد توسط فشار آب ورودی خنثی می‌گردد و در نتیجه، عمل مکش در روی قسمت بار مساوی عمل ضربه نبوده، کمتر از آن می‌شود، این جریان را می‌توان به نحوی تنظیم نمود که مقدار مکش در روی سطح توری به اندازهٔ دلخواه باشد.

هنگامی که پیستون پایین می‌آید و روی توری حامل مواد، ضربه وارد می‌شود، شیر گردان بسته است و آب در لوله‌ها پس زده نمی‌شود. ذراتی که در روی صفحهٔ مشبک قرار دارند، توسط یک صفحهٔ عمودی که فاصلهٔ آن قابل تنظیم است، از هم جدا می‌شود (شکل زیر).



حرکت رو به بالای پیستون (ضربه)

حرکت رو به پایین پیستون (مکش)

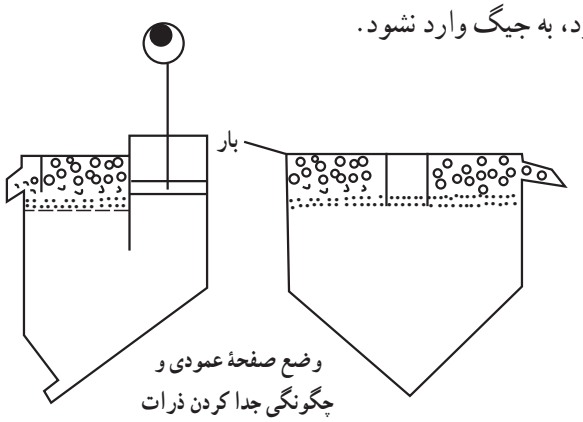
به این ترتیب می‌توان ضربهٔ لازم را به آب داده، مقدار مکش را به اندازه دلخواه تنظیم نمود.

برحسب اینکه مواد و ذرات سنگین از صفحهٔ مشبک جیگ عبور کنند یا روی آن باقی بمانند، جیگ‌ها را مجدداً به دو دستهٔ دیگر تقسیم می‌کنند. در دستهٔ اول ابعاد منافذ توری بزرگتر از ابعاد بار می‌باشد، لذا در روی توری یک طبقه از سنگ‌های سنگین و درشت‌تر از منافذ توری قرار می‌گیرد که مانع عبور آزاد ذرات از توری می‌گردد و فقط ذرات سنگین در اثر ضربه، ته‌نشین شده، از لابه‌لای این ذرات درشت عبور می‌نمایند و پس از عبور از منافذ توری در ته جیگ، جمع می‌شوند که بعداً یا به‌طور دائم، توسط یک سیستم مخصوص خارج می‌شوند.

در دستهٔ دوم، ابعاد منافذ توری کوچکتر از ابعاد ذرات بار می‌باشد در نتیجه، در روی توری طبقات مختلف، برحسب وزن مخصوص طبقه‌بندی می‌شوند و چون جریان آب وجود دارد، ذرات پیوسته به طرف جلو رانده می‌شوند و در قسمت خروجی یک صفحه که به طور عمودی قرار دارد،

ذرات سنگین را از سبک جدا می‌کند. فاصلهٔ این صفحهٔ عمودی از توری، قابل تنظیم بوده، با تنظیم آن می‌توان به دلخواه ذرات معینی را از سایر ذرات جدا نمود.

جیگ‌ها را معمولاً به طور سری به هم وصل می‌کنند چنان که محصول تغلیظ شدهٔ یک جیگ وارد جیگ دیگر می‌شود تا پرعیارتر گردد. جیگ‌ها را در سری‌های سه‌تایی و شش‌تایی می‌سازند و هر جیگ نسبت به جیگ ماقبل خود، در سطح پایین‌تری قرار دارد تا محصول خارج شده از جیگ اول به دلیل وزن خود، به جیگ وارد نشود.



وضع صفحهٔ عمودی و
چگونگی جدا کردن ذرات

خودآزمایی

۱ـ اساس جیگ‌ها بر چیست؟ و زمان سقوط ذرات در آب داخل آن‌ها چگونه است؟

۲ـ موارد «تأثیرگذار» در لایه‌بندی دانه‌ها در جیگ را بیان کنید.

۳ـ پدیدهٔ حرکت «بین دانه‌ای» چیست و چگونه رخ می‌دهد؟

۴ـ حرکت‌های آب در جیگ را نام برده، هریک را تعریف کنید.

۵ـ منحنی‌های تئوری و عملی حرکت تناوبی جهشی و کششی را برای یک جهش و یک کشش رسم کنید.

۶ـ شرایط کار جیگ برای ذرات ریز و درشت چه تفاوتی با یکدیگر دارد؟

۷ـ جیگ‌ها را برحسب محیطی که عمل جدایش در آن انجام می‌شود و برحسب قدرت جدایش دانه‌های ریز و درشت، تقسیم‌بندی کنید.

۸ـ با رسم شکل طرز کار یک جیگ دستی را به اختصار شرح دهید.

۹ـ جیگ با توری ثابت و جریان متحرک آب چگونه عمل می‌کند؟

۱۰ـ نحوهٔ اتصال جیگ‌ها به یکدیگر چگونه است؟