

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ صَلِّ عَلَى مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ وَعَجِّلْ فَرَجَهُمْ



عملیات خواص سنجی و پرعیار سازی مواد معدنی

رشته معدن

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



نام کتاب: عملیات خواص سنجی و پرعیارسازی مواد معدنی - ۲۱۲۵۴۷

پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: هانی محمدیانی، عباس شرفی، مهدی حمیدی، حسن مخلصیان (اعضای شورای برنامه‌ریزی و گروه تألیف)

مدیریت آماده‌سازی هنری: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی: سیدمرتضی میرمجیدی (رسام، صفحه‌آرا)

نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)

تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب سایت: www.chap.sch.ir

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران-کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج-خیابان ۶۱ (دارو پخش)

تلفن: ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰ / صندوق پستی: ۱۳۹-۳۷۵۱۵

چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ ششم ۱۴۰۲

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکسبرداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



ملت شریف ما اگر در این انقلاب بخواهد پیروز شود باید دست از آستین برآرد و به کار بپردازد. از متن دانشگاه‌ها تا بازارها و کارخانه‌ها و مزارع و باغستان‌ها تا آنجا که خودکفا شود و روی پای خود بایستد.

امام خمینی «قُدَسَ سِرُّهُ»

۱	پودمان ۱: خواص سنجی
۲	واحد یادگیری ۱: تعیین خواص فیزیکی موادمعدنی
۳	خواص فیزیکی سنگ‌ها
۹	آزمایش‌های فیزیکی سنگ‌ها
۱۹	تهیه گزارش آزمایش‌های تعیین خواص فیزیکی سنگ‌ها
۲۳	ارزشیابی شایستگی تعیین خواص فیزیکی مواد معدنی
۲۵	پودمان ۲: عملیات جدایش فیزیکی مواد معدنی
۲۶	واحد یادگیری ۱: جدایش فیزیکی مواد معدنی
۲۷	انواع سرندها و کاربرد آنها
۳۸	انواع کلاسیفایر و کاربرد آنها
۴۶	سیکلون‌ها
۵۰	پرعیارسازی به روش مغناطیسی
۶۰	پرعیارسازی به روش الکتریکی
۶۸	سرویس و نگهداری ماشین‌آلات و تجهیزات جدایش فیزیکی مواد معدنی
۷۶	ارزشیابی شایستگی عملیات جدایش فیزیکی مواد معدنی
۷۷	پودمان ۳: عملیات جدایش در جریان‌ها
۷۸	واحد یادگیری ۱: جدایش در جریان‌ها
۷۹	جدایش در جریان عمودی و انواع جیگ‌ها
۹۱	جدایش در جریان افقی و انواع میزهای لرزان
۹۵	سرویس و نگهداری دستگاه‌های جدایش در جریان‌ها
۹۸	ارزشیابی شایستگی جدایش در جریان‌ها

۹۹	پودمان ۴: عملیات فلوتاسیون
۱۰۰	واحد یادگیری ۱ : فلوتاسیون
۱۰۱	اصول فلوتاسیون
۱۰۷	ماشین‌های فلوتاسیون
۱۲۲	روش‌های کنترل مدار فلوتاسیون
۱۲۵	کاربرد داروهای شیمیایی
۱۳۰	اصول گزارش نویسی در استفاده از مواد شیمیایی
۱۳۳	نمونه‌گیری در عملیات فلوتاسیون
۱۴۸	ارزشیابی شایستگی عملیات فلوتاسیون
۱۴۹	پودمان ۵: عملیات سرویس، نگهداری و سفارش خرید
۱۵۰	واحد یادگیری ۱: تهیه برنامه سرویس و نگهداری و تعمیرات
۱۵۱	برنامه‌ریزی سرویس و نگهداری
۱۶۲	اصول تهیه گزارش سرویس، نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات
۱۶۵	ارزشیابی شایستگی تهیه برنامه سرویس و نگهداری و تعمیرات
۱۶۶	واحد یادگیری ۲ : سفارش خرید مواد و لوازم یدکی
۱۶۷	پیش‌بینی و محاسبه میزان مورد نیاز مواد و لوازم یدکی
۱۷۷	ارزشیابی شایستگی سفارش خرید مواد و لوازم یدکی
۱۷۸	منابع

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار واقعی بطور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی - حرفه ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

۱. شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی انجام کار در عملیات خواص سنجی و پرعیارسازی مواد معدنی

۲. شایستگی‌های غیر فنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه

۳. شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم افزارها

۴. شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است.

این درس، ششمین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژه رشته معدن در پایه ۱۲ تألیف شده است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و حرفه‌ای شما بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرآیند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی عملیات خواص سنجی و پرعیارسازی مواد معدنی شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید و نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد. در صورت احراز نشدن شایستگی پس ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی مجدد تا آخر سال تحصیلی وجود دارد. کارنامه شما در این درس شامل ۵ پودمان و از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی برای هر پودمان خواهد بود و اگر در یکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب

نکردید، تنها در همان پودمان لازم است مورد ارزشیابی قرار گیرید و پودمان‌هایی قبول شده در مرحله اول ارزشیابی مورد تایید و لازم به ارزشیابی مجدد نمی باشد. همچنین این درس دارای ضریب ۸ است و در معدل کل شما بسیار تاثیرگذار است.

همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزاء بسته آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو می باشد که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده نمایید. کتاب همراه خود را می توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید. سایر اجزای بسته آموزشی دیگری نیز برای شما در نظر گرفته شده است که با مراجعه به وب‌گاه رشته خود با نشانی www.tvoccd.oerp.ir می‌توانید از عناوین آن مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است لذا توصیه‌های هنرآموز محترمتان در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام کارها جدی بگیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه درسی رشته معدن طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می‌باشد که برای سال دوازدهم تدوین و تألیف گردیده است این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از یک یا چند واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی می‌بایست برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌گردد که شامل ارزشیابی پایانی در هر پودمان و ارزشیابی مستمر برای هر یک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزاء بسته آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. لازم به یادآوری است، کارنامه صادر شده در سال تحصیلی قبل بر اساس نمره ۵ پودمان بوده است، و در هنگام آموزش و سنجش و ارزشیابی پودمان‌ها و شایستگی‌ها، می‌بایست به استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی منتشر شده توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی مراجعه گردد. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیر فنی و مراحل کلیدی بر اساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند. همچنین برای هنرجویان تبیین شود که این درس با ضریب ۸ در معدل کل محاسبه می‌شود و دارای تاثیر زیادی است.

کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: عنوان خواص سنجی دارد که در آن عملیات تعیین خصوصیات فیزیکی سنگ‌ها، آزمایش‌های فیزیکی سنگ‌ها و تهیه گزارش آزمایش‌ها

پودمان دوم: عنوان عملیات جدایش فیزیکی مواد معدنی دارد که در آن عملیات جداسازی به وسیله

(سرندها- کلاسیفایرها- روش مغناطیسی- روش میدان الکتریکی و الکترواستاتیکی و سرویس و نگهداری دستگاهها) آموزش داده می شود.

پودمان سوم: دارای عنوان عملیات جدایش در جریان‌ها می‌باشد که در آن عملیات جدایش در جریان عمودی، عملیات جدایش در جریان افقی و سرویس و نگهداری دستگاهها آموزش داده می شود.

پودمان چهارم: دارای عنوان عملیات فلوتاسیون می‌باشد که در این درس دستگاههای فلوتاسیون، اپراتوری فلوتاسیون، نمونه‌گیری از مدار فلوتاسیون، عملیات سرویس و نگهداری دستگاهها آموزش داده می‌شود.

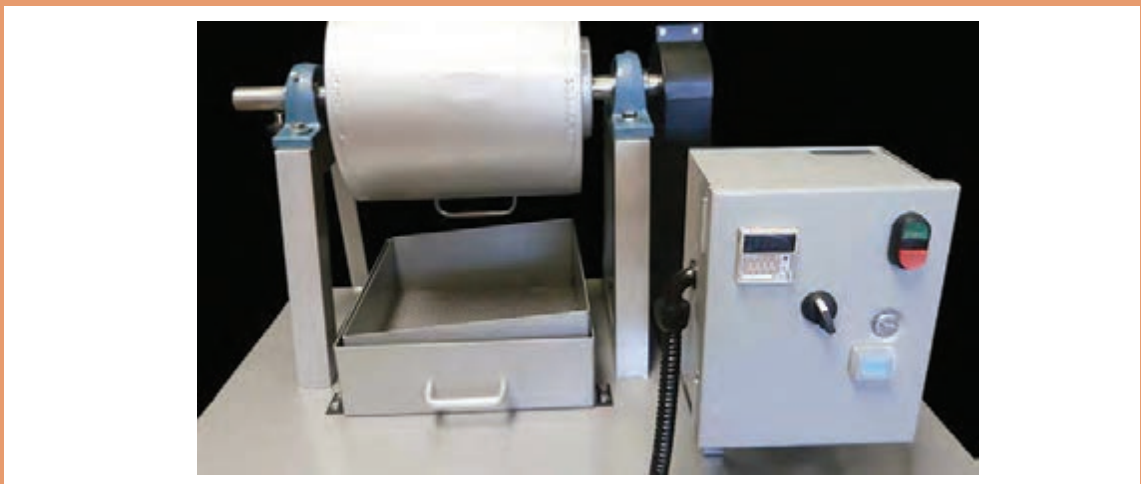
پودمان پنجم: دارای عنوان سرویس و نگهداری و سفارش خرید می‌باشد که در آن برنامه‌ریزی سرویس و تعمیرات، پیش‌بینی و محاسبه میزان مورد نیاز مواد و تجهیزات و ارائه گزارش‌های لازم آموزش داده می‌شود.

امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق گردد.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

خواص سنجی



هدف از ارائه این فصل آشنایی با خصوصیات فیزیکی مواد معدنی که در جدایش و پرعیارسازی آنها به کار گرفته می‌شود، است. بدین ترتیب که فرد با شناختن کانی‌های مختلف موجود در یک ماده معدنی و با به کارگیری اختلاف خواص فیزیکی موجود در آنها، می‌تواند بهترین و اقتصادی‌ترین روش جداسازی و پرعیارسازی مواد معدنی را انتخاب نماید.

تعیین خواص فیزیکی مواد معدنی

مقدمه

در این مبحث به منظور بررسی روش مناسب پرعیار سازی مواد معدنی آموزش‌های لازم جهت انجام آزمایش‌های استاندارد فیزیکی سنگ‌ها با توجه به خواص فیزیکی آنها در آزمایشگاه مواد معدنی داده می‌شود.

استاندارد عملکرد

تعیین خواص فیزیکی مواد معدنی با استفاده از تجهیزات و ابزارآلات آزمایشگاه و دستور العمل‌ها و استانداردها با دقت ۹۵ درصد.

پیش‌نیاز و یادآوری

فصل دوم کتاب خردکردن، تفکیک و آماده سازی مواد معدنی

در صورتی که ماده معدنی خالص و پرعیار باشد پس از استخراج مستقیماً و یا با اندکی تغییر به عنوان ماده اولیه در صنایع به کار برده می‌شود. اما مواد معدنی کم عیار جهت ورود به بازار مصرف به یک سری عملیات تغلیظ و پرعیار سازی نیاز دارند. علم فراوری مواد معدنی از آنجا دارای اهمیت است که بدون انجام فرایند پرعیار سازی، مواد معدنی کم عیار استخراج شده قابل کاربرد در صنعت نمی‌باشند و عملاً فعالیت‌های معدنی که پایه اکثر فعالیت‌های اقتصادی هستند با چالش‌های جدی روبرو می‌شوند. انجام عملیات فراوری موجب افزایش ارزش افزوده ماده معدنی شده و در نتیجه فعالیت‌های معدنی از لحاظ اقتصادی توجیه پذیر می‌شوند. فراوری عبارت است از کلیه عملیات فیزیکی- شیمیایی و حرارتی که به منظور جداسازی مواد باطله از کانه و یا تفکیک کانی‌ها از یکدیگر صورت می‌گیرد و به تولید محصول پرعیار شده‌ای به نام کنسانتره می‌انجامد. بدیهی است که عملیات مذکور باید از لحاظ اقتصادی هم مقرون به صرفه باشد و در ضمن آن، در خواص فیزیکی و شیمیایی کانی‌ها تغییر ایجاد نشود.

ماده معدنی ممکن است از نوع کانه‌های فلزی باشد که به منظور ذوب و استخراج فلز موجود در آن استفاده شود. در این صورت هدف از پرعیارسازی آماده کردن ماده استخراج شده برای عملیات متالورژی است. در مورد کانه‌های غیر فلزی و یا صنعتی ماده معدنی با این هدف تحت عملیات فراوری قرار می‌گیرد که دارای مشخصات مورد نیاز برای مصرف در صنعت مربوطه باشد.

جایگاه پرعیار سازی در صنعت، اکثراً پس از استخراج ماده معدنی و قبل از عملیات متالورژی می‌باشد ولی در عمل پرعیار سازی مجموعه‌ای از بررسی‌های آزمایشگاهی، آزمایش‌های نیمه صنعتی و صنعتی است بنابراین لازم است عملیات پرعیار سازی همزمان با شروع عملیات اکتشافی آغاز گردد. با دستیابی به اولین نمونه‌های ماده معدنی به صورت نمونه‌های سطحی و یا نمونه‌های حاصل از ترانشه‌ها، تونل‌های اکتشافی، مغزه‌های حفاری و ... بررسی‌های فراوری مواد معدنی نیز شروع می‌شود و ادامه عملیات اکتشافی بستگی به نتایج حاصل از این بررسی‌ها دارد. این امر در تمام مراحل اکتشافی صادق است زیرا مراحل تکمیلی اکتشافی در صورتی انجام می‌شود که در مراحل قبلی نتایج آزمایش‌های پرعیارسازی مثبت باشد.

براساس آنچه که تا کنون بیان شد نیاز است در اولین مرحله جهت تعیین نحوه فراوری و پرعیارسازی ماده معدنی، خصوصیات و مشخصات ماده معدنی به لحاظ فراوری به خوبی مورد بررسی قرار گیرد. بررسی خصوصیات ماده معدنی شامل:

۱- **مطالعات کانی شناسی:** که عبارت است از تعیین ترکیبات کانی شناسی و بافت ماده معدنی، شکل، ابعاد و نحوه قرارگیری کانی‌های با ارزش و کم ارزش، درجه آزادی، درجه اکسایش، نوع کانی‌های با ارزش و نوع باطله همراه (کربناته و یا سیلیکاته)،

۲- **مطالعه خواص شیمیایی:** که با استفاده از آزمایش‌های شیمیایی مانند روش‌های XRF و ICP... میزان عناصر مفید و مزاحم در ماده معدنی مشخص می‌شود.

۳- **مطالعه خواص فیزیکی:** مانند تعیین میزان سختی، سایش، خاصیت مغناطیسی، الکتریکی، ثقلی، رادیواکتیویته و ...

که نقش مهمی در تعیین روش و یا روش‌های فراوری ایفا می‌کنند. نحوه آماده سازی نمونه‌ها جهت انجام

مطالعات کانی شناسی و آنالیز شیمیایی در مباحث قبلی (فصل دوم کتاب خرد کردن، تفکیک و آماده سازی مواد معدنی) تا حد مورد نیاز مورد توجه قرار گرفته است. در این مبحث به بررسی نحوه آماده سازی و تعیین برخی از خصوصیات فیزیکی مهم در فراوری مواد معدنی می پردازیم.

خواص فیزیکی مواد معدنی

۱- سختی^۱ و محکمی^۲ (چقرمگی):

این دو واژه در خردایش معمولاً دو مفهوم متفاوت هستند. هنگامی که واژه سختی استفاده می شود منظور مقاومت در مقابل خراشیدگی یا سختی موس است. هنگامی که واژه چقرمگی استفاده می شود منظور مقاومت در برابر خرد شدن است. برای مثال شیشه در حالی که دارای سختی بالاست و در مقابل خراشیدگی می تواند بسیار مقاوم باشد چقرمگی پایین دارد و به راحتی شکسته و خرد می شود.

۲- خواص سطحی (شیمی فیزیکی):

از اختلاف موجود در خصوصیات سطح بیرونی کانی‌ها جهت جدایش آنها در فرایند فلوتاسیون استفاده می شود، بنابراین فلوتاسیون روشی است که پرعیارسازی مواد معدنی را براساس خواص سطحی کانی‌ها انجام می دهد. بدین ترتیب که سطح برخی از کانی‌ها قطبی است و به راحتی در اثر تماس با آب تر می شوند، به این کانی‌ها آب دوست (هیدروفیل) گویند مانند مگنتیت، ایلمنیت، زیرکن و برخی دیگر از کانی‌ها که در سطح خود غیر قطبی هستند قابلیت تر شوندگی ندارند و با ملکول‌های آب پیوند برقرار نمی کنند. این کانی‌ها را آبران می گویند که به حباب‌های هوا می چسبند و در سلول‌های فلوتاسیون شناور شده و به سطح آن می آیند مانند زغالسنگ، تالک و بدین ترتیب با استفاده از خصوصیات سطحی کانی‌ها عملیات پرعیارسازی در سلول‌های فلوتاسیون انجام می شود. لازم به ذکر است برای جدایش بیشتر در سلول‌های فلوتاسیون از برخی از مواد شیمیایی نیز جهت آبران و یا آبدوست کردن کانی‌ها استفاده می شود.

جدول ۱- برخی از کانی‌های آبران (هیدروفوب) و آبدوست (هیدروفیل)

کانی‌های آبدوست	کانی‌های آبران
سطح این کانی‌ها قطبی است و در تماس با آب، تر می شود.	سطح این کانی‌ها غیر قطبی است و در تماس با آب، تر نمی شود.
زیرکن، همی مورفیت، گروه فلدسپات، کوارتز، هماتیت، مگنتیت	گرافیت، الماس، زغالسنگ، گوگرد، تالک

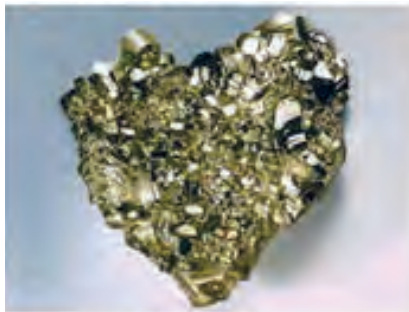
۱- Hardness

۲- Toughness

۳- خواص ثقلی:

وزن مخصوص، چگالی و یا وزن حجمی در واقع یکی از ابزارهای مهم در کار جداسازی سنگ ها و کانی ها از یکدیگر است. بدون شک و به جرات می توان گفت که روش های ثقلی از ابتدایی ترین روش های فراوری مواد معدنی در قرون وسطی بوده به خصوص زمانی که استخراج گزینشی و سنگ جوری قادر به تهیه محصول پرعیاری با مشخصات فنی قابل قبول نبوده است و از آنجایی که ذوب مستقیم مواد معدنی هم امکان پذیر نبوده نیاز به پرعیار سازی مواد معدنی باعث توسعه و تکامل روش های مختلف ثقلی شده است. ناوهای ثابت شستشو و فرایند طلاشویی به روش کفهای توسط یونانیان قدیم برای جدایش ذرات آزاد طلا از ماسه سنگ ها استفاده شده است. استفاده از روش های جدایش ثقلی به ۲۰۰۰ سال قبل باز می گردد و امروزه نیز به عنوان روش هایی با اهمیت در فراوری مواد معدنی مطرح هستند.

روش های پرعیار سازی ثقلی روش هایی هستند که با آنها می توان مخلوطی از ذرات با ابعاد، شکل و جرم مخصوص مختلف را به کمک نیروی ثقل با جریان سیال به خصوص آب و یا هوا از یکدیگر جدا ساخت.



پیریت



گالن

کانی های فلزی
با وزن مخصوص بیشتر از $5 \frac{gr}{cm^3}$



فلدسپار



تالک

کانی های غیر فلزی
با وزن مخصوص کمتر از $3 \frac{gr}{cm^3}$

شکل ۱

۴- خواص مغناطیسی:

پرعیار کردن مواد معدنی با استفاده از خواص مغناطیسی در قرن اخیر در پرعیار سازی مواد معدنی ارزش فراوانی پیدا کرده است به خصوص در مورد جدا کردن سنگ های معدن آهن از قبیل مگنتیت، هماتیت و لیمونیت از سنگ های همراه، جدا کردن اسفالریت از کانی پیریت که به طریق مرطوب دشوار می باشد از

طریق جدا کننده های مغناطیسی با حرارت دادن و تبدیل پیریت به سولفور و یا اکسید مغناطیسی به سرعت انجام می شود. یکی دیگر از موارد کاربرد جدا کننده های مغناطیسی در جدا کردن قطعات آهنی است که ممکن است در ضمن عملیات وارد سنگ معدن شده باشد و در دستگاه های خرد کننده ایجاد اشکال کند. کانی ها از نظر خواص مغناطیسی به سه گروه تقسیم می شوند:

الف- دیا مگنتیت: در این کانی ها مغناطیسی شدن یک رابطه خطی با میدان مغناطیسی دارد ولی چون ضریب مغناطیس شدن در آنها کوچک و منفی است لذا تاثیر مغناطیس در آنها کم بوده و جذب آهنربا نمی شوند.

ب- پارامگنتیت: در این کانی ها مقدار زیادی از اتم های جسم دارای حرکات دائم مغناطیسی هستند اما این حرکات اتم ها به طور پراکنده انجام می شود و در نتیجه جسم خاصیت مغناطیسی پیدا نمی کند ولی اگر یک میدان مغناطیسی ایجاد شود اتم ها در جهت میدان مغناطیسی قرار خواهند گرفت این تاثیر یعنی تاثیر مغناطیسی بر یکایک اتم ها و یون ها را پارامگنتیسم می گویند.

ج- فرومگنتیت: در این کانی ها حرکت مغناطیسی موازی وجود دارد و خاصیت اصلی آنها این است که اگر در میدان مغناطیسی قرار گیرند چند برابر کانی های دیگر مغناطیس می شوند و این مغناطیس شدن غالباً موقتی است. از میان عناصر فقط آهن، نیکل، کبالت، گادولینیوم و بعضی از عناصر کانی های کمیاب فرومگنتیت دارای این خاصیت هستند.

جدول ۲

وضعیت اتم ها در حضور میدان مغناطیسی		وضعیت اتم ها در شرایط عدم حضور میدان مغناطیسی		نوع کانی
	در خلاف جهت میدان مغناطیسی		فاقد جهت یافتگی	دیامگنتیت
	در جهت میدان مغناطیسی		جهت یافتگی های پراکنده	پارامگنتیت
	در جهت میدان مغناطیسی		دارای جهت یافتگی به یک سمت خاص	فرومگنتیت

دسته بندی تعدادی از کانی ها به لحاظ ویژگی های مغناطیسی به شرح جدول زیر است. شدت میدان مغناطیسی مورد نیاز جهت جدایش مواد معدنی فرو مغناطیس بسیار کمتر از کانی های پارامگنتیت است و می توان آنها را با استفاده از جدا کننده های مغناطیسی شدت پایین به آسانی جدا نمود اما در مورد کانی های پارامگنتیت نیاز به دستگاه های جدا کننده مغناطیسی شدت بالا می باشد و با توجه به میزان شدت میدان مغناطیسی مورد نیاز براساس نوع کانی می بایست توان بیشتری نیز جهت جدا سازی کانی های پارامگنتیت صرف گردد.

جدول ۳

خواص مغناطیسی	نوع کانی	فرمول شیمیایی	شدت میدان مغناطیسی	دستگاه جداکننده مغناطیسی
فرو مغناطیس	مگنتیت	Fe_3O_4	۱	جدا کننده مغناطیسی شدت پایین
	پیروتیت	Fe_7S_8	۴ - ۵/۵	
پارامگنتیت	ایلمنیت	$FeTiO_3$	۸ - ۱۶	جداکننده مغناطیسی شدت بالا
	سیدریت	$FeCO_3$	۹ - ۱۸	
	کرومیت	$FeCr_2O_4$	۱۰ - ۱۶	
	هماتیت	Fe_2O_3	۱۲ - ۱۸	
	ولفرامیت	$(Fe,Mn)WO_4$	۱۲ - ۱۸	

۵- الکتریکی:

کانی ها براساس خواص الکتریکی نیز از باطله ها جدا می شود که این عمل به عنوان یکی از روش های مهم فراوری مواد معدنی کاربرد دارد. در این روش با تنظیم نیروی الکترواستاتیکی و سایر نیروهای وارد بر ذره می توان مسیر حرکت ذرات را کنترل و آنها را به دو و یا چند بخش مختلف تقسیم کرد. از آنجایی که بسیاری از کانی های صنعتی خواص الکتریکی مانند رسانایی و هدایت الکتریکی دارند این روش به تنهایی و یا به شکل ترکیبی در فراوری مواد معدنی کاربرد زیادی دارد. خاصیت متفاوت اجسام که همان قدرت انتقال الکترون ها در جسم می باشد عامل اصلی جدایش در میدان الکتریکی است. براساس این نکته اجسام به سه دسته تقسیم می شوند. اجسام عایق، اجسام هادی و اجسام نیمه هادی. تعداد معدودی از کانی ها در شرایط حرارت معمولی هادی و بیشتر آنها عایق و بسیاری از آنها نیمه هادی هستند.

الف) اجسام عایق: در اجسام عایق حرکت الکترون ها حتی به میزان محدود هم وجود ندارد. این اجسام در میدان الکتریکی فقط قطبی می شوند بدین طریق که در هر کریستال عایق باند انرژی بالایی کاملاً اشباع شده که در نتیجه حرکت الکترون ها غیر ممکن می گردد. بنابراین جریان الکتریسیته که به وسیله انتقال الکترون ها حمل می گردد، وجود ندارد.

ب) اجسام هادی: یکی از خواص مشخصه فلزات و آلیاژهای آنها هدایت الکتریکی می باشد. اجسام هادی در واقع اجسامی هستند که قادرند به سرعت الکترون های خود را جابجا کرده و یک بار الکتریکی مثبت و یا منفی در روی سطح خود ایجاد کنند. فلزات و اکثر سولفیدهای فلزی جزء این دسته هستند.

ج) اجسام نیمه هادی: حمل جریان الکتریکی هم در این نوع از اجسام به وسیله الکترون انجام می‌شود. اختلاف آن با فلزات وجود مقاومت زیاد در مقابل الکترون هاست. این اجسام در درجه حرارت صفر کاملاً عایق بوده و با افزایش درجه حرارت، هادی می‌شوند. البته اکثر کانی‌ها خاصیت نیمه هادی دارند.

در خصوص کانی‌های هادی، نیمه هادی و عایق تحقیق کنید، لیستی از آنها را در کلاس ارائه نمایید و شرح دهید هر یک از این کانی‌ها در کدام صنعت و چگونه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پژوهش
کنید



فعالیت
کارگاهی



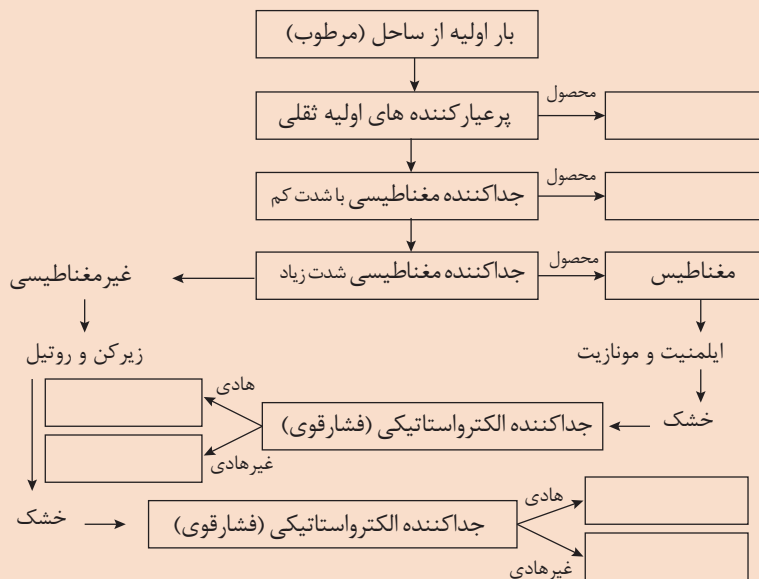
تعیین خواص فیزیکی سنگ‌ها

کار عملی ۱: یک نمونه از ماسه ساحلی جهت بررسی خصوصیات فیزیکی برای فراوری در اختیار آزمایشگاه قرار گرفته است. نتایج مطالعات آزمایشگاهی بر روی این کانی‌ها به شرح جدول زیر است. فلوشیت فراوری داده شده را تکمیل نمایید.

نام کانی	وزن مخصوص	الکتریکی	مغناطیسی
کوارتز	۲/۶	عایق	دیا مغناطیس
گرونا	۳/۶	عایق	پارا مغناطیس
منیتیت	۵	هادی	فرومغناطیس
ایلمنیت	۴/۷	هادی	پارا مغناطیس
مونازیت	۵	عایق	پارا مغناطیس
روتیل	۴/۳	هادی	دیا مغناطیس
زیرکن	۴/۶	عایق	دیا مغناطیس

شرح فعالیت:

- بکارگیری جدول خصوصیات کانی‌ها
- تکمیل فلوشیت فراوری. مواد و ابزار: جدول خواص فیزیکی کانی‌ها - نوشت افزار





دقت در به‌کارگیری جداول در تعیین خواص فیزیکی مواد معدنی

ارزشیابی مرحله‌ای: مشخصه یابی کانسنگ

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	تعیین خواص فیزیکی و ترسیم مراحل فراوری ماده معدنی براساس آن	بالاتر از حد انتظار	مکان: آزمایشگاه تجهیزات: جدول خواص فیزیکی کانی‌ها و تجهیزات آزمایشگاهی مواد مصرفی: اسید - ظرف نمونه‌گیر - نوشت افزار زمان: ۱۰ دقیقه
۲	تعیین خواص فیزیکی کانی‌ها جهت استفاده در فراوری	درست	
۱	تعیین خواص فیزیکی بدون توجه به فراوری	ناقص	

آزمایش‌های فیزیکی سنگ‌ها

خردایش فرایندی است که طی آن ذرات به ذرات کوچکتر شکسته و تقسیم می‌شوند. این فرایند مستلزم صرف انرژی برای شکستن و خرد کردن ذرات است. هنگامی که فرایند خردایش می‌باید بر روی انبوهی از ذرات انجام شود انرژی بسیار زیادی مصرف می‌شود. بنابراین پیش بینی انرژی مورد نیاز برای خرد کردن مقدار مشخصی از یک ماده در طراحی و بهینه‌سازی دستگاه‌های خردایش مانند سنگ‌شکن‌ها و آسیاها اهمیت زیادی پیدا می‌کند. در صنعت دستگاه‌هایی مانند سنگ شکن‌های ژیراتوری، فکی، مخروطی و ... و آسیاهایی مانند خودشکن، نیمه خودشکن، میله‌ای، گلوله‌ای و ... به منظور خردایش استفاده می‌شوند که هر کدام قادر به خرد کردن خوراکی با اندازه معین هستند. از آنجا که انرژی مورد نیاز برای خرد کردن ذرات تا حد زیادی وابسته به اندازه آن ذرات است. بنابراین پیش بینی انرژی مورد نیاز برای دستگاه‌های مختلف تا حد زیادی متفاوت است. به همین دلیل تا کنون شاخص‌های متعددی برای تعیین انرژی مخصوص خردایش مانند شاخص کار قابلیت خردایش باند، شاخص کار قابلیت آسیا شدن میله‌ای و گلوله‌ای باند و شاخص توان آسیاهای نیمه خود شکن و خود شکن و شاخص تی ۱۰ پیشنهاد شده و به عنوان استاندارد مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این بخش برخی از مهم‌ترین دستورالعمل‌های آزمایش‌های استاندارد در زمینه خردایش مواد معدنی (به صورت خلاصه و ساده شده) مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱- آزمایش تعیین اندیس کار باند آسیای گلوله‌ای

این روش نشان‌دهنده مقاومت کانه در مقابل شکسته شدن است که به صورت کیلووات ساعت بر تن (kWh/t) بیان می‌شود. اندیس کار برای تعیین اندازه آسیاهای نرم‌کننده توسط باند ابداع شد. اما وی برای سنگ شکنی نیز اندیس کار خاصی را ارائه کرده است که به کار گرفته می‌شود. اندیس کار بستگی به خاصیت کانه و نحوه شکستن آن دارد. این اندیس به عنوان شاخص سختی یا قابلیت نرم شدن کانه نیز شناخته می‌شود.

۱-۱- آماده سازی نمونه

نمونه می‌بایست خشک بوده و دارای ابعاد کوچکتر از ۶ مش (۳/۳۶ mm) باشد. برای آماده‌سازی این مقدار نمونه لازم است مواد معدنی توسط سنگ‌شکن تا ابعاد کوچکتر از ۶ مش خرد شوند.

۱-۲- تجهیزات مورد استفاده

- سرندهای استاندارد
- آسیای استاندارد آزمایشگاهی باند با قطر داخلی و طول ۳۰۵ میلی‌متر
- دارای آسترهای صاف و فاقد بالابر
- بارخردکننده شامل ۲۸۵ عدد گلوله فولادی به وزن کلی ۲۰ کیلوگرم که ابعاد گلوله‌ها به شرح جدول زیر است.

تعداد	قطر گلوله‌ها (بر حسب میلی‌متر)
۴۳	۳۸/۱۰
۶۷	۳۱/۷۵
۱۰	۲۵/۴۰
۷۱	۱۹/۰۵
۹۴	۱۵/۸۷



شکل ۲- آسیای گلوله‌ای آزمایشگاهی باند

۳-۱- روش انجام آزمایش

- ۱- در یک استوانه مدرج ۱۰۰۰ میلی‌لیتری تا نشانه ۷۰۰ میلی‌لیتر این مواد خرد شده طوری ریخته می‌شود تا از نشانه بالاتر قرار نگیرد.
- ۲- ابعاد بار اولیه نمی‌بایست کوچکتر از ۲۱۰ یا ۱۵۰ میکرون باشد، زیرا سرند کردن مواد با ابعاد کوچکتر از این مقدار به طریقه خشک مشکل است.
- ۳- بار اولیه می‌بایست مورد تجزیه سرندي قرار گیرد تا F80 بار ورودی مشخص گردد.
- ۴- ماده معدنی داخل استوانه وزن می‌شود (M).
- ۵- نمونه همراه با گلوله‌ها به آسیای آزمایشگاهی اضافه می‌گردد.
- ۶- عملیات آسیا کردن را برای ۱۰۰ دور چرخیدن آسیا انجام دهید (N).
- ۷- پس از اتمام عملیات آسیا کردن محصول را از سرند استاندارد آزمایشگاهی با اندازه مورد نظر برحسب میکرون (A) عبور دهید.
- ۸- محصول زیر سرند را وزن کنید (m).
- ۹- معادل وزن m مجدداً بار اولیه جدید به آسیا اضافه کنید.
- ۱۰- عملیات بالا را ۷ بار تکرار کنید.
- ۱۱- G عبارت است از وزن محصول زیر سرند تولیدی در هر دور آسیا که از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$G = \frac{m}{N} = \frac{m}{100}$$

۱۲. مقدار متوسط G را از میانگین‌گیری ۳ مرحله آخر آسیا کردن به دست آورید (G_{bp}).

۴-۱- محاسبات

علامت	توضیحات	واحد
F_{80}	دهانه سرندي که ۸۰٪ بار اولیه از آن عبور کرده است.	میکرون
P_{80}	دهانه سرندي که ۸۰٪ محصول از آن عبور کرده است.	میکرون
A	اندازه سرند آزمایشگاهی محصول مورد نظر	میکرون
G_{bp}	وزن محصول زیر سرند تولیدی در هر دور آسیا	گرم
W_i	انديس باند	kWh/t

$$W_i = \frac{48,95}{A^{0,23} G_{bp}^{0,82} \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{f_{80}}} \right)}$$

در نهایت با استفاده از مقدار W_i به دست آمده از رابطه بالا در آزمایشگاه، مقدار انرژی لازم برای خرد کردن یک تن از ماده‌ای با ابعاد تئوری بی نهایت تا ابعادی که ۸۰٪ آن از الک ۱۰۰ میکرون عبور کند به شرح ذیل محاسبه می‌گردد.

$$W = 11 W_i \left(\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{f_{80}}} \right)$$



آزمایش اندیس باند آسیای گلوله‌ای

چنانچه ابعاد بار اولیه یک ماده معدنی بر مبنای ۸۰٪ عبور کرده از الک و محصول آن به شرح جدول زیر باشد. مقدار اندیس کار را حساب کنید.

علامت	توضیحات	واحد	مقدار
F80	دهانه سرندی که ۸۰٪ بار اولیه از آن عبور کرده است.	میکرون	۶۷۳۰
P80	دهانه سرندی که ۸۰٪ محصول از آن عبور کرده است.	میکرون	۱۴۹
W	مقدار انرژی لازم برای خردایش یک تن ماده معنی	kWh/t	۷/۲

$$W = 11 W_i \left(\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{f_{80}}} \right) = 11 W_i \left(\frac{1}{\sqrt{149}} - \frac{1}{\sqrt{6730}} \right)$$

$$W_i = 9,41 \frac{kWh}{ton}$$

۲- آزمایش تعیین شاخص ساینده سنگ باند

در محیط آسیا فرآیند خردایش معمولاً به صورت تر انجام می‌شود و به دلیل برخورد ذرات با بدنه آسیا و گلوله‌ها از یک سو؛ و برخورد گلوله‌ها به بدنه آسیا و به هم از سوی دیگر، پدیده سایش فلز، هم از سطح آستر و هم از سطح گلوله‌ها رخ می‌دهد.

سایش سطوح فلزی موجود در داخل آسیا به تدریج منجر به تغییرات شیمیایی و الکتروشیمیایی محیط آن می‌شود که این امر به نوبه خود سایش و در نتیجه مسئله خوردگی فلز را افزایش می‌دهد. در مرحله آسیا بیشترین هزینه پس از مصرف انرژی به خوردگی فلزات در تماس با ماده معدنی اختصاص می‌یابد به همین دلیل در این آزمایش به بررسی میزان ساینده‌گی کانسنگ در تماس موادی مانند گلوله فولادی پرداخته می‌شود. شاخص سایش کانسنگ برای پیش‌بینی آهنگ فرسایش سطوح فولادی در سنگ شکن‌های ژیراتوری، فکی و مخروطی، آستر و واسطه‌های خردایش فولادی در آسیاهای گلوله و میله‌ای در فرآیندهای تر و خشک و آستر سنگ‌شکن‌های غلتکی به کار می‌رود.

این شاخص با اندازه‌گیری کاهش وزن یک تیغه فولادی استاندارد در تماس با ماده معدنی تحت آزمایش در شرایط استاندارد تعیین می‌شود.

هدف از این آزمایش تعیین میزان، قابلیت و قدرت یک ماده معدنی در سایش سطوح فلزی مانند گلوله‌های موجود در محیط آسیا می‌باشد. با تعیین این پارامتر می‌توان به اهداف زیر دست یافت:

۱- بررسی شرایط شیمیایی محیط داخل آسیا و کنترل پارامترهایی مانند Eh و pH آن به منظور کاهش میزان خوردگی و سایش گلوله و آستر

- ۲- بهبود فرآیند آسیا از نظر مسائل فنی و اقتصادی با کاهش میزان مصرف گلوله
 ۳- انتخاب آستر و گلوله مناسب با خصوصیات ساینده‌گی ماده معدنی تحت فراوری

۲-۱- آماده سازی نمونه

برای انجام آزمایش تعیین شاخص ساینده‌گی کانسنگ حدود ۱۶۰۰ گرم ماده معدنی خشک لازم است که برای تهیه این مقدار نمونه بار ورودی آزمایش ساینده‌گی باید ابتدا به طور کامل خشک شده و دانه بندی شود. بدین منظور با استفاده از سرنده‌های آزمایشگاهی دامنه ابعادی نمونه تحت آزمایش به یک طبقه سرنده‌ی کوچکتر از ۱۹ میلی‌متر و بزرگتر از ۵/۱۳ میلی‌متر محدود می‌شود.

۲-۲- تجهیزات مورد نیاز

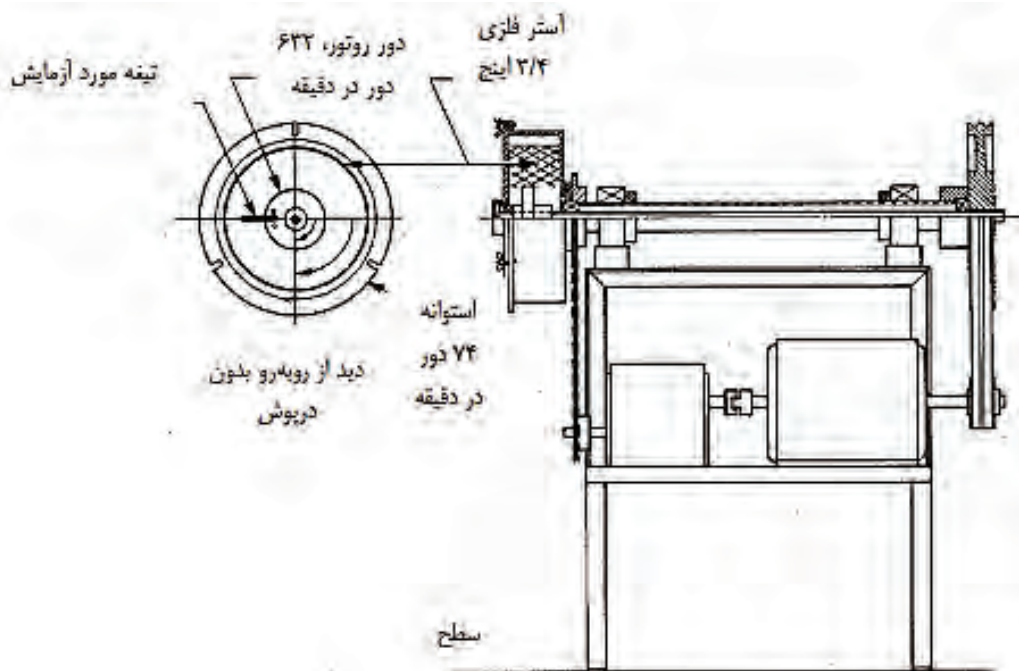
آسیای مورد استفاده در این آزمایش، آسیای استاندارد ساینده‌گی باند به قطر ۳۰۰ و عمق ۱۲۵ میلی‌متر است که حول محور افقی خود با سرعت ۷۰ دور در دقیقه گردش می‌کند. جدار داخلی آسیا، آستر موجی شکل دارد تا حرکت بالارونده بار در داخل آسیا را تسهیل کند. یکی از دو طرف انتهای آسیا برای وارد کردن بار و یا تخلیه آن قابل جدا شدن است.

در امتداد محور استوانه روتوری به قطر ۱۱۲/۵ میلی‌متر قرار گرفته است که با سرعت ۶۳۲ دور در دقیقه همسو با جهت گردش استوانه دوران می‌کند. بر روی این روتور شیاری به عمق ۲۵ میلی‌متر پیش بینی شده است تا تیغه فولادی استاندارد در آن نصب شود. به این ترتیب شعاع دوران انتهای آزاد پره ۱۰۶/۲۵ میلی‌متر است و سرعت محیطی آن ۰/۷۲ متر بر ثانیه خواهد بود. شکل زیر نمای داخلی آسیای آزمایشگاهی و محل قرارگیری قطعه فولادی را نشان می‌دهد.



شکل ۳- نمای داخلی آسیای استاندارد ساینده‌گی باند

علاوه بر این یک تیغه فولادی استاندارد با ابعاد ۶×۲۵×۷۵ میلی‌متر از جنس آلیاژ فولاد کرم- نیکل- مولیبدن مورد نیاز است. در سطح میله مورد نظر نباید هیچ‌گونه ساینده‌گی وجود داشته باشد. تیغه‌های مورد استفاده بر حسب نیاز ممکن است از آلیاژهای مختلف باشد. شکل ۴ نمای عمومی دستگاه را نشان می‌دهد.



شکل ۴- قسمت‌های مختلف دستگاه آسیای استاندارد آزمایشگاهی سایش باند

۲-۳- روش انجام آزمایش

برای تعیین ساینده‌گی یک کانسنگ آزمایش بر اساس مراحل زیر انجام می‌گیرد:

- ۱- ابتدا ۴ نمونه ۴۰۰ گرمی از ماده معدنی طبق آنچه قبلاً بیان شد، آماده شود.
- ۲- یک تیغه فولادی با ابعادی که قبلاً اشاره شد انتخاب شده و پس از تمیز و خشک کردن با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شود وزن اولیه تیغه به عنوان mb یادداشت شود.
- ۳- تیغه در داخل روتور نصب و محکم شود. در صورت استفاده مجدد از تیغه طرف ساییده نشده آن باید طوری قرارگیرد که هنگام عبور از میان بستر جامد به ذرات درون آسیا ضربه وارد کند.
- ۴- یکی از نمونه‌های ۴۰۰ گرمی در داخل آسیا ریخته و درپوش آسیا بسته شود.
- ۵- زمان سنج خودکار برای توقف آسیا بعد از ۱۵ دقیقه گردش تنظیم شود.
- ۶- به مدت ۱۵ دقیقه آسیا به گردش درآید و پس از آن مواد داخل آن تخلیه گردد.
- ۷- این مراحل برای سه نمونه دیگر هم تکرار شود.
- ۸- محصول هر بخش از آزمایش باید جداگانه ذخیره شود.
- ۹- تیغه فولادی از داخل آسیا بیرون آورده شود و با الکل یا استن تمیز گردد. پس از خشک کردن تیغه وزن آن با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم مجدداً توزین و وزن جدید آن به عنوان ma یادداشت شود.
- ۱۰- اختلاف وزن تیغه در هر دو حالت محاسبه شده و به عنوان شاخص ساینده‌گی (Ai) استفاده شود.

۲-۴- محاسبات

پس از انجام مراحل مختلف آزمایش و تعیین جرم فلز ساییده شده از سطح تیغه در اثر ۴ مرحله آسیای نمونه‌ها شاخص ساییدگی از اختلاف بین جرم اولیه (mb) و جرم پس از آزمایش (ma) تیغه فولادی به صورت رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$A_i = mb - ma$$

A_i : شاخص ساییدگی

از آنجایی که ساییدگی بخش‌های فولادی هزینه زیادی در کارخانه کانه آرایبی به خود اختصاص می‌دهد، آگاهی از وضعیت ساییدگی کانسنگ در بررسی‌های فنی اقتصادی بسیار حائز اهمیت است. با توجه به مقدار به دست آمده برای شاخص ساییدگی، کانسنگ‌های مختلف از نوع غیر ساییده تا خیلی ساییده تقسیم بندی می‌شوند. در جدول زیر طبقه بندی مواد معدنی بر مبنای میزان ساییدگی آنها ارائه شده است.

جدول ۴- طبقه بندی مواد معدنی بر مبنای ساییدگی

شاخص ساییدگی	ساییدگی نسبی
کمتر از ۰/۱	غیر ساییده
۰/۴ تا ۰/۱	ساییدگی جزئی
۰/۴ تا ۰/۸	ساییده
بیشتر از ۰/۸	خیلی ساییده

آزمایش تعیین شاخص ساییدگی سنگ باند

فیلم



۳- آزمایش تعیین توان آسیای نیمه خود شکن :

هدف اصلی این آزمایش دستیابی به رابطه ای جهت تعیین توان مورد نیاز در آسیای نیمه خودشکنی صنعتی با توجه به اندازه محصول نهایی (P_{80}) و سختی سنگ می باشد.

۳-۱- مواد مورد نیاز و مشخصات آنها

برای انجام این آزمایش ۲ کیلوگرم کانسنگ با ابعاد حداکثر ۱۹ میلی‌متر مورد نیاز است. ابعاد خوراک ورودی ۸۰٪ زیر ۱۲/۷ میلی‌متر است.



شکل ۵- آسیای آزمایشگاهی مورد استفاده در تعیین شاخص توان آسیای نیمه خودشکن

۳-۲- تجهیزات مورد نیاز

در این آزمایش از آسیاهای نیمه خودشکن آزمایشگاهی (قطر ۳۰/۵ cm و طول ۱۰/۲ cm) استفاده می شود که ۱۵٪ حجم آن با ماده معدنی و ۱۵٪ آن نیز با گلوله های ۲/۵ cm پر می شود وزن گلوله ها حدود ۵ کیلوگرم می باشد. آسیا با سرعت ۷۰٪ سرعت بحرانی کار می کند.

۳-۳- روش انجام آزمایش

اجرای مراحل زیر برای انجام آزمایش تعیین توان آسیای نیمه خودشکن ضروری است.

- ۱- بار اولیه مورد آزمایش با سنگ شکنی فکی به زیر ۱۹ mm به طوری که $P_{۸۰}$ خروجی ۱۲/۷ mm باشد، رسانده می شود.
- ۲- ۴۰۰ گرم از مواد روی سرنده ۱۲/۷ mm و ۱۶۰۰ گرم از زیر سرنده برداشته می شود. مخلوط این دو به داخل آسیا ریخته شده و اولین مرحله خردایش انجام می شود.
- ۳- پس از گذاشتن درپوش، آسیا را به حرکت درآورد و پس از ۵۰۰ دور چرخش آنرا متوقف کنید.
- ۴- محصول خرد شده را از داخل آسیا خارج و توزیع دانه بندی آنرا انجام دهید.
- ۵- $d_{۸۰}$ محصول آسیا پس از تجزیه سرنده و تعیین توزیع دانه بندی مشخص شود.
- ۶- عملیات خردایش تا رسیدن به ۲۰ درصد (۴۰۰ گرم) روی سرنده ۱/۷ mm ادامه پیدا می کند.
- ۷- مدت زمان کل برای رسیدن به این هدف (t) برحسب دقیقه از حاصل جمع زمان آسیا کردن در دوره های مختلف محاسبه می شود که به آن شاخص توان آسیای نیمه خودشکن گویند.

۳-۴- محاسبات

با استفاده از رابطه تجربی زیر توان مورد نیاز برای آسیای نیمه خودشکن صنعتی محاسبه می شود:

$$W_{SAG} = (P_{۸۰})^{-۰.۳۳} (۲.۲ + ۰.۱ t)$$

W_{SAG} : توان آسیای نیمه خود شکن بر حسب (kwh/t)

$P_{۸۰}$: ۸۰ درصد عبوری محصول آسیای صنعتی

t: زمان رسیدن به ۸۰ درصد زیر سرنده ۱/۷ mm بر حسب دقیقه



مطالعات تکمیلی

آزمایش‌های اندازه‌گیری شاخص‌های خردایش بسیار متنوع هستند. آنچه در این مبحث بیان گردید برخی از پرکاربردترین این آزمایش‌هاست که به صورت ساده شده آمده است. در صورتی که هنرجویان علاقمند به مطالعه و آشنایی کامل با نحوه انجام این آزمایش‌ها باشند می‌توانند منابع مختلفی را در خصوص این آزمایش‌ها بررسی نمایند.

از جمله دیگر روش‌های آزمایش تعیین شاخص‌های خردایش عبارتند از:

- ۱- شاخص هاردگرو
- ۲- شاخص کار عملیاتی باند
- ۳- تعیین مقاومت تک محوری
- ۴- آزمایش‌های پکینسون
- ۵- شاخص t_1
- ۶- شاخص کار ضربه ای باند
- ۷- شاخص کار مک فرسون
- ۸- آزمایش با آسیاهای غلتکی فشار قوی



کار عملی: آزمایش فیزیکی سنگ‌ها از قبیل اندیس باند، سایش و تعیین توان

کار عملی ۱: در گروه‌های ۴ نفره آزمایش اندیس کار باند آسیای گلوله‌ای را انجام دهید.

شرح فعالیت: طبق مراحل اجرایی ارائه شده در کتاب درسی

کار عملی ۲: در گروه‌های ۴ نفره آزمایش تعیین شاخص ساینده سنگ باند را انجام دهید.

شرح فعالیت: طبق مراحل اجرایی ارائه شده در کتاب درسی

کار عملی ۳: در گروه‌های ۴ نفره آزمایش تعیین توان آسیای نیمه خود شکن را انجام دهید.

شرح فعالیت: طبق مراحل اجرایی ارائه شده در کتاب درسی

مواد و ابزار: دستگاه‌های خردایش و نرمایش آزمایشگاهی، بار خرد کننده، بار اولیه



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی آزمایشگاه



مسئولیت‌پذیری و دقت در انجام آزمایش‌ها، خوب گوش دادن، یادگیری، جمع‌آوری و تمیز کردن کارگاه پس از اتمام کار



کار عملی ۴: بازدید از آزمایشگاه تعیین خواص فیزیکی مواد معدنی شرح فعالیت:

- تهیه گزارشی از بازدید انجام شده همراه با فیلم و تصاویر. گزارش می‌بایست شامل موارد زیر باشد.
- ۱- هدف از انجام آزمایش
 - ۲- تجهیزات مورد نیاز
 - ۳- نحوه آماده سازی مواد اولیه
 - ۴- نحوه انجام آزمایش
 - ۵- نحوه انجام محاسبات و نتایج حاصل
- مواد و ابزار: دوربین عکاسی، نوشت افزار



تجهیزات حفاظت فردی و رعایت نکات ایمنی آزمایشگاه



دقت، خوب گوش دادن، یادگیری

ارزشیابی مرحله‌ای: انجام آزمایش‌های استاندارد فیزیکی

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	انجام آزمایش‌های تعیین اندیس کار باند آسیای گلوله‌ای، شاخص ساینده‌گی سنگ و تعیین توان آسیای نیمه خودشکن طبق دستورالعمل و استاندارد آزمایش و با دقت ۹۵٪	بالاتر از حد انتظار	مکان: آزمایشگاه تجهیزات: ابزارآلات و تجهیزات ویژه آزمایش‌های فیزیکی و ... مواد مصرفی: نوشت افزار و مواد اولیه معدنی زمان: ۸۰ دقیقه
۲	انجام آزمایش‌های تعیین اندیس کار باند آسیای گلوله‌ای، شاخص ساینده‌گی سنگ و تعیین توان آسیای نیمه خودشکن طبق دستورالعمل و استاندارد آزمایش و با دقت ۷۵٪	درست	
۱	انجام آزمایش‌های تعیین اندیس کار باند آسیای گلوله‌ای، شاخص ساینده‌گی سنگ و تعیین توان آسیای نیمه خودشکن بدون توجه به دستورالعمل و استاندارد آزمایش	ناقص	

تهیه گزارش آزمایش های تعیین خواص فیزیکی سنگ ها

ارائه یک گزارش علمی معتبر و قابل قبول، زمانی میسر است که طریقه صحیح نگارش گزارش که مهم ترین بخش پس از انجام آزمایش می باشد را بدانیم. بدیهی است ارائه هر گزارش، به منزله بیان واقعیت، رویداد علمی و یا یک آزمایش عملی به همراه شرح و بحث و نتایج می باشد. بعد از انجام هر آزمایش، دانشجو بایستی هدف از انجام آزمایش، روند انجام آزمایش و نیز نتایج آزمایشگاهی را بطور شکیل تنظیم و در صورت نیاز نمودارهای مربوطه را ترسیم نموده و با پاسخگویی به سؤالات مطروحه، گزارش کار آزمایش انجام گرفته را تهیه و تکمیل و ارائه نماید. در تهیه و تنظیم گزارش کار آزمایشگاه، رعایت نکات ذیل الزامی است و لازم است حتی المقدور موارد زیر در گزارش آورده شود:

- ۱- عنوان آزمایش
 - ۲- هدف از آزمایش
 - ۳- خلاصه گزارش شامل:
 - مواد اولیه مورد استفاده و ویژگی آنها
 - دستگاه ها و تجهیزات مورد استفاده
 - طریقه انجام آزمایش،
 - مدت زمان انجام آزمایش،
 - بیان مسائل و مشکلات آزمایش و میزان خطاها
 - روش انجام محاسبات و بیان ثابت ها،
 - ۴- جداول و منحنی های لازم همراه با توضیحات و شماره
 - ۵- نتیجه گیری و بحث در مورد نتایج
 - ۶- ضمیمه بودن برگ اطلاعات اخذ شده حاصل از انجام آزمایش
 - ۷- مراجع و منابع
- نمونه فرم ارائه نتایج مربوط به آزمایش تعیین شاخص خردایش آسیای گلوله ای باند به شکل ۶ است.



کار عملی: تهیه گزارش نتایج آزمایش‌های خواص فیزیکی سنگ‌ها
 کار عملی ۱: برای آزمایش تعیین شاخص خردایش آسیای گلوله‌ای باند، انجام شده در مرحله قبل فرم مربوطه را تکمیل و به هنرآموز خود ارائه نمایید.
شرح فعالیت: برای آزمایش تعیین شاخص خردایش آسیای گلوله‌ای باند فرم زیر را تکمیل نمایید.

کد پروژه:		چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)		درصد مواد کوچکتر از سرتند کنترل		p (gr/cm ³)=		وزن بار اولیه A (گرم)		سرتند کنترل D (میکرون)		نوع نمونه:		نام نمونه:	
a(%)=		A(gr)=700p=		p(a)=		D(μm)=		وزن بار در گردش P (گرم):		محصول خالص تولید شده در اثر آسیا		وزن محصول خرد شده (gr)		کل مواد وارد شده به آسیا (gr)	
p(gr)=A/3.5=															
ردیف	تعداد توری در آسیا	بار اولیه		محصول خالص		وزن محصول خرد شده		وزن مواد باقی مانده		وزن مواد درشت		وزن بار اولیه		تعداد توری	
		وزن بار	وزن آسیا (gr)	وزن محصول خالص	وزن تولید شده	وزن عبور کرده از سرتند	وزن مانده روی سرتند	وزن برگشتی	وزن مواد کوچکتر از سرتند	وزن بار اولیه	تعداد توری	تعداد توری	تعداد توری	تعداد توری	تعداد توری
i	n _i	f _{i-1}	af _{i-1}	c _{i-1}	c _i	f _i =A-c _i	S _i =f _i -af _i	G _i =S _i /n _i	f _i	af _i	h _{μi} =P-af _i	n _{i+1} =h _{μi+1} /G	t=N/n _{i+1}		
۱															
۲															
۳															
۴															
۵															
۶															
۷															
۸															
۹															

شکل ۷



کار عملی ۲: گزارش آزمایش تعیین شاخص خردایش آسیای گلوله‌ای باند را که در مراحل قبل انجام داده‌اید تهیه و در کلاس ارائه نمایید.
شرح فعالیت: طبق سرفصل‌های ارائه شده در کتاب درسی مواد و ابزار: نوشت افزار



دقت در تکمیل فرم و جمع آوری اطلاعات

ارزشیابی مرحله‌ای: تهیه گزارش

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	تهیه گزارش بر اساس فرمت استاندارد هر آزمایش با جزئیات کامل	بالاتر از حد انتظار	مکان: آزمایشگاه تجهیزات: رایانه و پرینتر مواد مصرفی: نوشت افزار زمان: ۳۰ دقیقه
۲	تهیه گزارش بر اساس فرمت استاندارد هر آزمایش	درست	
۱	تهیه گزارش بدون توجه به فرمت استاندارد گزارش نویسی	ناقص	

ارزشیابی شایستگی‌های غیر فنی و ایمنی و بهداشت و توجهات زیست‌محیطی

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	-	-	مکان: آزمایشگاه تجهیزات: رایانه و پرینتر مواد مصرفی: نوشت افزار زمان: ۳۰ دقیقه
۲	دقت- صحت- مسئولیت پذیری- یادگیری	قابل قبول	
۱	عدم توجه به موارد فوق	ناقص	

ارزشیابی شایستگی تعیین خواص فیزیکی مواد معدنی



شرح کار:

۱- تعیین سختی با جدول موس - تعیین شکستگی با ضربه - تعیین رخ - خواص سطحی - با چشم و حس لامسه - تعیین شفافیت با نور - تعیین خاصیت ثقلی با وزن - تعیین خواص الکتریکی و مغناطیسی با دستگاه
 ۲- بکارگیری دستگاه آسیا- نیمه خود شکن - اندیس باند - سایش برای تعیین خواص فیزیکی سنگ ها طبق استاندارد آزمایشگاه و دستورالعمل آزمایشگاه تهیه گزارش و ثبت نتایج و بایگانی آنالیز طبق فرمت آزمایشگاه

استاندارد عملکرد:

تعیین خواص فیزیکی مواد معدنی با استفاده از تجهیزات و ابزارآلات آزمایشگاهی و دستورالعمل ها و استانداردها با دقت بالای ۹۵٪

شاخص ها:

- ۱- تعیین خصوصیات فیزیکی سنگ ها
- ۲- انجام آزمایشات فیزیکی سنگ ها
- ۳- تهیه گزارش آزمایشات

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

فضای کار: آزمایشگاه
 تجهیزات: ابزارآلات آزمایشگاهی - جدول موس - آسیاهای نیمه خود شکنی - گلوله - باند.
 مواد مصرفی: قطعات یدکی تجهیزات آزمایشگاهی فوق - نوشت افزار
 زمان: ۱۲۰ دقیقه

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	مشخصه یابی کان سنگ ها	۱	
۲	انجام آزمایشات استاندارد فیزیکی	۲	
۳	تهیه گزارش	۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: موارد ایمنی، دقت - صحت - مسئولیت پذیری - یادگیری	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.

پودمان ۲

عملیات جدایش فیزیکی مواد معدنی



تجهیزات پرعیارسازی مواد معدنی براساس خواص فیزیکی از مهم ترین و پرکاربردترین تجهیزات در کارخانه های فرآوری هستند که با توجه به تنوع، گستردگی و فراوانی آنها نیاز زیادی به افراد دارای توانایی کار با این تجهیزات در کارخانه های فرآوری مواد معدنی وجود دارد. علاوه براین بسیاری از این تجهیزات در صنایع دیگر مانند کارخانه های فرآوری مواد غذایی، تصفیه خانه، محصولات کشاورزی و متالورژی نیز کاربرد دارند، بنابراین افراد دارای مهارت کار با این تجهیزات می توانند از بازار کار مطلوب و گسترده ای برخوردار باشند.

جدایش فیزیکی مواد معدنی

مقدمه

جدایش فیزیکی مواد معدنی شامل تجهیزات طبقه بندی ابعادی مواد مانند سرندها، سیکلون ها و کلاسیفایرها؛ و تجهیزات پرعبارسازی شامل جداکننده های مغناطیسی و الکتریکی می باشند که در این فصل مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

استاندارد عملکرد

جدایش فیزیکی مواد معدنی از طریق سرندها، کلاسیفایرها، سیکلون ها و هیدروسیکلون ها، جداکننده های مغناطیسی و الکتریکی در چارچوب دستورالعمل های مربوطه در هر مرحله.

پیش نیاز و یادآوری

انواع سرندها و کاربرد آنها

منظور از جدایش فیزیکی استفاده از خواص فیزیکی مواد معدنی جهت طبقه بندی براساس ابعاد؛ و تفکیک و پرعیار کردن آنها با استفاده از تفاوت های خواص فیزیکی کانی و باطله می باشد. بنابراین به طور کلی جدایش فیزیکی مواد معدنی را می توان به ۲ بخش طبقه بندی نمود.

۱ طبقه بندی و کنترل ابعادی مواد معدنی:

که عبارت است از طبقه بندی مواد معدنی پس از خردایش و نرمایش براساس ابعاد و با استفاده از دستگاه هایی مانند سرند، کلاسیفایر، سیکلون و هیدروسیکلون.

۲ پرعیار سازی مواد معدنی براساس خصوصیات فیزیکی:

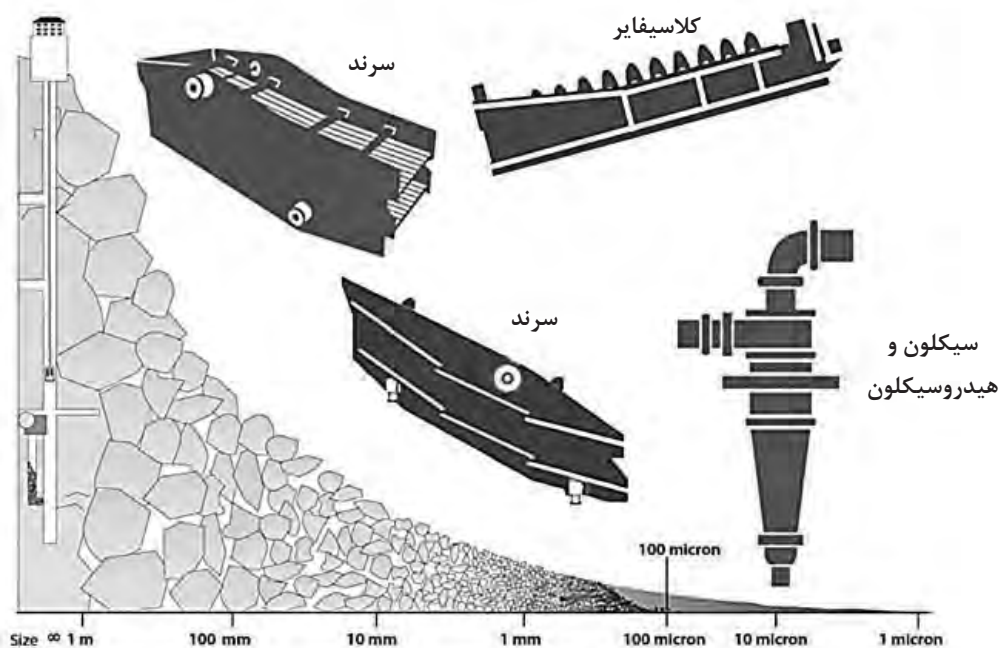
که عبارت است از جدایش کانی از باطله براساس تفاوت های موجود در ویژگی های فیزیکی شان که برخی از این روش ها عبارت است از: جدایش براساس خصوصیات مغناطیسی، الکتریکی و الکترواستاتیکی، ثقلی و

طبقه بندی و کنترل ابعادی مواد معدنی

تجهیزات مورد استفاده جهت طبقه بندی مواد معدنی را می توان به ۳ دسته کلی تقسیم نمود که هر کدام در محدوده ابعادی خاص خود و با مکانیزم های متفاوت کار می کنند و عبارتند از:

جدول ۱

نوع تجهیزات طبقه بندی	سرند	کلاسیفایر	سیکلون و هیدروسیکلون
مرحله استفاده	سنگ شکنی	سنگ شکنی و آسیا	آسیا
محدوده ابعاد	بزرگتر از ۲۵۰ میکرون	۶ میلی متر تا ۱ میکرون	۵ تا ۱۰۰ میکرون
مکانیزم کارکرد تجهیزات	برمبنای ابعاد دانه ها	سرعت نسبی حرکت دانه ها در سیال (سرعت ته نشینی مواد معدنی)	نیروی گریز از مرکز



شکل ۱- ارتباط ابعاد مواد معدنی با تجهیزات دانه‌بندی

سرنده

سرنده کردن، طبقه‌بندی مواد به روش مکانیکی است و بر مبنای ابعاد ذرات و احتمال عبور و یا توقف آنها بر روی سرنده استوار است. از سرندها برای طبقه‌بندی مواد نسبتاً دانه درشت استفاده می‌شود زیرا بازدهی عملیات سرنده کردن با کوچک شدن ابعاد دانه‌ها به سرعت کاهش می‌یابد. بعلاوه سرندهای با چشمه‌های کوچک بسیار ظریف و گران‌قیمت هستند و چشمه‌های آنها نیز خیلی زود توسط دانه‌های جامد کور می‌شود. از سرندها برای اهداف زیادی استفاده می‌شود. بیشترین کاربرد آنها در کارخانه‌های کانه‌آرایی و صنایع معدنی به شرح ذیل است.

جدول ۲

اهداف استفاده از سرندها	ردیف
جلوگیری از ورود قطعات بزرگتر از حد پذیرش سنگ شکن اولیه به داخل آن	۱
جلوگیری از ورود قطعات کوچکتر از گلوگاه سنگ شکن به داخل آن.	۲
جلوگیری از ورود بخش دانه درشت مواد از یک مرحله خرد کردن به مرحله بعدی در مسیرهای بسته.	۳
تهیه بار اولیه ای با دانه بندی محدود برای بعضی از روش های آرایش ثقیلی	۴
تهیه محصول نهایی با دانه بندی مشخص	۵



در جدول ۲، اهداف استفاده از سرندها در مدارهای سنگ شکنی بیان شده است. در صورت محقق نشدن هریک از این اهداف در اثر عدم استفاده از سرندها، چه مشکلاتی به وجود خواهد آمد. موارد را در جدول زیر بنویسید.

جدول ۳

ردیف	مشکلاتی که در صورت عدم استفاده از سرند ایجاد خواهد شد.
۱	
۲	
۳	
۴	
۵	

انواع سرندهای صنعتی

سرندها دارای صفحه‌ای با سوراخ‌های یک شکل هستند تا موادی که قطر آنها از اندازه سوراخ‌های مذکور کوچکتر است از آنها عبور نموده و از بقیه موادی که قطرشان بزرگتر است جدا شوند. انواع سرندها به دو دسته ثابت و متحرک تقسیم می‌شوند.

■ **سرندهای ثابت:** همان‌گونه که از نامشان معلوم است ساکن و بی‌حرکت هستند و مواد در اثر شیب مناسب سطح سرند و یا نیروهای کمکی دیگر بر روی سطح سرند جریان یافته و طبقه‌بندی می‌شوند.

■ **سرندهای متحرک:** سرندهایی هستند که سطح آنها دارای حرکتی است که باعث حرکت مواد معدنی روی سرند و توزیع و طبقه‌بندی آنها می‌شود. نوع حرکت و مکانیزم ایجاد آن در سرندهای مختلف، متفاوت است.

برخی از انواع سرندهای ثابت پر کاربرد

نام سرند	کاربرد و ساختمان	مرحله استفاده
گریزلی ثابت	یکی از انواع سرندهایی است که برای جدا کردن دانه‌های درشت مورد استفاده قرار می‌گیرد و از میله‌های آهنی که به موازات یکدیگر و در فواصل مساوی قرار دارند تشکیل شده است. جهت کاهش باقی ماندن مواد بر روی سرند گریزلی ثابت سطح آنرا تا ۶۰ درجه نسبت به افق شیب می‌دهند.	قبل از سنگ‌شکن اولیه نصب می‌شود تا جلوی ورود قطعات درشت‌تر از دهانه سنگ‌شکن را بگیرند.



شکل ۲- گریزلی ثابت

مرحله استفاده	کاربرد و ساختمان	نام سرند
در تمامی مراحل سنگ شکنی می تواند مورد استفاده قرار گیرد.	پرکاربردترین نوع سرند است و از توری های فلزی با ابعاد چشمه متفاوتی تشکیل شده است. در این سرندها نیز جهت کاهش باقی ماندن مواد معدنی و پرشدن چشمه سرند، با شیب تا ۶۰ درجه نسبت به افق نصب می کنند.	سرند ثابت



شکل ۳- سرند ثابت

برخی از انواع سرندهای متحرک پر کاربرد

مرحله استفاده	کاربرد و ساختمان	نام سرند
قبل از سنگ شکن اولیه نصب می شود تا جلوی ورود قطعات درشت تر از دهانه سنگ شکن را بگیرند.	دارای ساختمان مشابه گریزلی های ثابت است با این تفاوت که میله های نصب شده بر روی سطح آن توسط یک الکتروموتور دارای حرکت نسبی هستند. این حرکت باعث جابه جا شدن مواد بر روی سطح سرند شده و از گیر کردن دانه ها در شکاف میله ها جلوگیری می کند.	گریزلی متحرک



شکل ۴- گریزلی متحرک

مرحله استفاده	کاربرد و ساختمان	نام سرند
در تمامی مراحل سنگ شکنی می تواند مورد استفاده قرار گیرد.	این سرندها از یک صفحه مشبک تشکیل شده اند که دارای شیب ملایمی است و با استفاده از یک موتور، روی سرند حرکت نوسانی ایجاد می شود. بسته به نوع حرکت ایجاد شده نام گذاری های متفاوتی برای سرندها انجام می شود. مانند: سرند ارتعاشی، سرند لرزان، سرند پاندولی و ...	سرندهای با حرکت نوسانی



شکل ۵- سرندهای با حرکت نوسانی

مزایا و معایب سرندهای ثابت و متحرک را بنویسید و آنها را با همکلاسان خود بررسی نمایید.

بارش
فکری

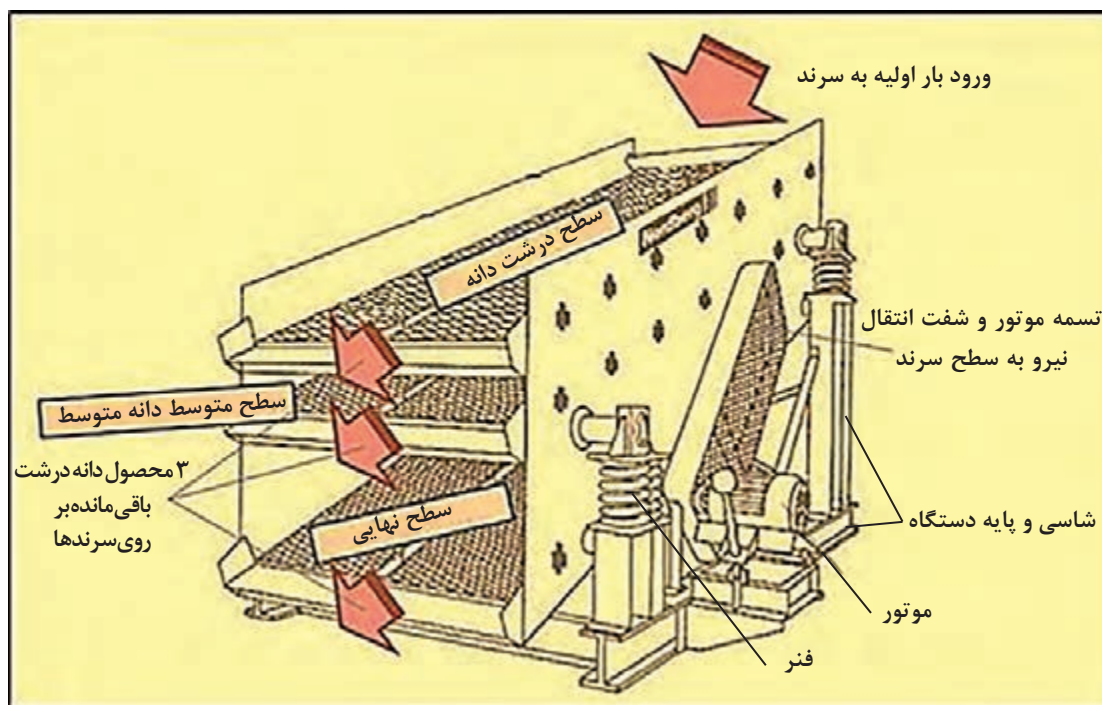


سرندها در صنعت دارای انواع بسیار متفاوتی هستند. در خصوص یکی از این انواع سرندها تحقیق کنید و نتایج را در کلاس بیان نمایید.

پژوهش
کنید



در شکل ۶، یک سرند سه طبقه لرزشی نشان داده شده است. قسمت‌های اصلی تشکیل‌دهنده این سرند عبارت است از:
 ۱- شاسی و پایه، ۲- موتور، ۳- فنرها، ۴- سه طبقه سرند با ابعاد متفاوت، ۵- تسمه و شفت انتقال نیرو که روی آنها با محافظ پوشانده شده است.



شکل ۶- شکل شماتیک از یک سرند ۳ طبقه لرزشی و قسمت‌های مختلف آن

با توجه به شکل ۶، بیان کنید که باردهی و طبقه‌بندی ابعادی در این سرند ۳ طبقه چگونه انجام می‌شود (طرز کارسرنده) و در نهایت چند محصول از این سرند تولید می‌شود.

بارش
فکری



اپراتوری و سرویس سرندها

۱- اقدامات قبل از شروع به کار:

همیشه از تجهیزات حفاظت فردی استفاده گردد. علاوه بر تجهیزات حفاظت فردی ممکن است کار با سرندها نیاز به تجهیزات حفاظتی ویژه‌ای مانند جلیقه ایمنی و تجهیزات تنفسی داشته باشد.

نکات
ایمنی



توجه



- ۱- سیم‌های سرند که شل شده‌اند می‌بایست سفت گردند زیرا شل بودن سیم‌ها باعث خرابی و کاهش عمر سرند می‌شود. سیم‌های موجود در مرکز سرند به علت اینکه بار بیشتری بر روی آنها ریخته می‌شود بیشتر در معرض شل شدن قرار می‌گیرند و در نتیجه باعث ایجاد خمیدگی در مرکز سرند و در نتیجه خرابی آن می‌شود. بنابراین لازم است سیم‌ها به طور مرتب سفت شود تا سطح سرند تخت و صاف باشد.
- ۲- تسمه موتور محرک سرندها باید دائم در حالت کشش مناسب قرار داشته باشد تا سرند و تسمه آسیب نییند.
- ۳- باید اطمینان حاصل کرد که بر روی سطح سرند قبل از آغاز به کار هیچگونه باری وجود نداشته باشد.

کنترل‌های روزانه قبل از شروع به کار:

- میزان سطح روغن دستگاه کنترل شود.
- مقدار کشش و سالم بودن تسمه‌های دستگاه کنترل گردد.
- کلیه علائم ایمنی سرندها در جای خود قرار گیرند و قابل رؤیت و خوانده شدن باشند.
- اطمینان از خالی بودن سرند و نوار نقاله‌های ورودی و خروجی به آن.
- مسیره‌های تردد در اطراف سرندها باز باشد.
- خرابی احتمالی نوار نقاله ورودی و خروجی به سرند کنترل گردد.
- وضعیت توزیع کننده بار روی سرند را کنترل و خرابی احتمالی را رفع نمایید.
- سیم‌های سرند به لحاظ خردگی و خم شدگی کنترل گردد.
- سیم‌های خراب و کج شده را سریعاً تعویض کنید.
- مطمئن شوید که کلیه چشمه‌های سرند آزادند. در غیر این صورت می‌بایست گرفتگی‌های چشمه‌ها را رفع کنید.
- مطمئن شوید کلیه حفاظ‌ها و درپوش‌های دستگاه در جای خود به خوبی قرار گرفته‌اند.
- مطمئن شوید قسمت‌های مختلف موتور با حفاظ و ... در تماس نباشند.
- هر گونه خرابی و تعمیر دستگاه را در دفترچه مخصوص یادداشت کنید.

۲- اقدامات هنگام شروع به کار

قبل از شروع به کار می‌بایستی با علائم هشداردهنده مانند صدای آژیر دیگران را مطلع کنید. برای اطمینان بیشتر این کار را پس از ۳۰ ثانیه مجدداً تکرار کنید. عدم رعایت این نکته ممکن است منجر به مرگ و یا ایجاد خسارات جدی به پرسنل گردد.

نکات ایمنی



توجه



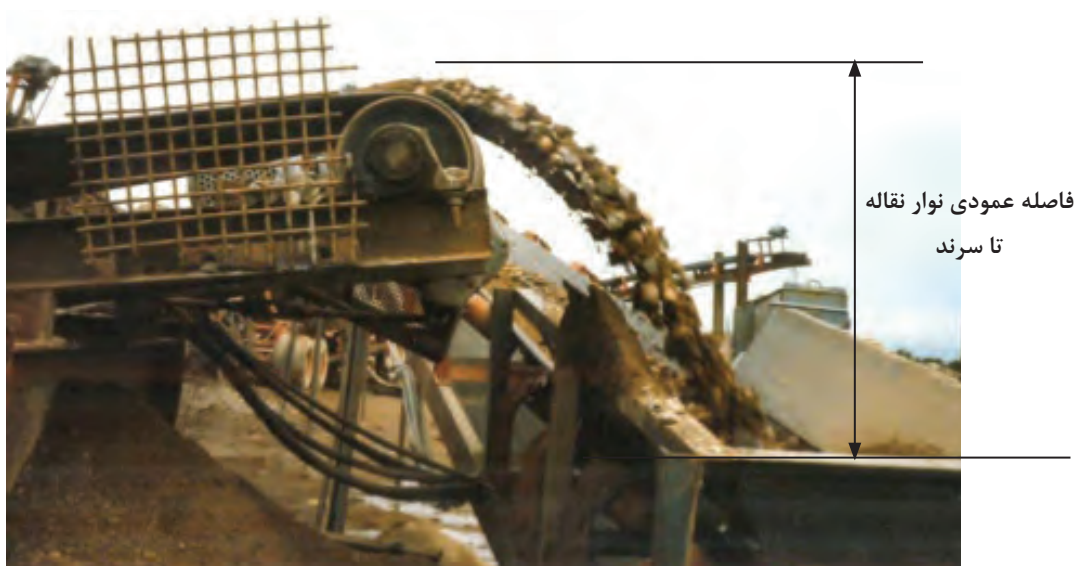
آغاز به کار همیشه از انتهای خط به ابتدا است. پیشنهاد می‌شود ابتدا تمامی تجهیزات بدون بار روشن شوند سپس باردهی آغاز گردد.

- در زمان استارت کردن دستگاه نمی‌بایست هیچ یک از افراد و یا تجهیزات تعمیر دستگاه در مکان نامناسب و خطرناک در اطراف سرند قرار داشته باشند.
- سرند های متحرک می‌بایست بدون بار شروع به کار کنند تا به شرایط پایدار و سرعت مجاز برسند.

- در صورتی که دستگاه به سرعت لازم نرسد، می بایست موارد لازم بررسی گردد تا مشکل موجود رفع شود.
- پس از رسیدن سردند به شرایط و سرعت پایدار، باردهی آغاز گردد.
- کلیه مشاهدات و موارد در خصوص کارکرد سردند می بایست در دفترچه مخصوص آن یادداشت گردد.

۳- اقدامات حین انجام کار:

- کلیه صداها، علائم و ارتعاشات غیرمعمول حین کار دستگاه می بایستی کنترل و با شرایط معمول کار دستگاه مقایسه شود و سریعاً نسبت به رفع مشکل ایجاد شده اقدام گردد.
- سردند در حین کار می بایست به لحاظ میزان درجه حرارت، روغن و ... کنترل گردند.
- توزیع بار بر روی سردند می بایست به صورت یکنواخت در تمامی عرض نوار نقاله باشد تا سردند حداکثر باردهی را داشته باشد. بنابراین لازم است بار ورودی به طور مرتب کنترل گردد.
- فاصله عمودی نوار نقاله‌ها جهت باردهی به سردند می بایست حداقل ممکن باشد تا از خراب شدن سطح سردند جلوگیری شود.
- همچنین فاصله نوار نقاله و خروجی سردند نیز می بایستی حداقل باشد تا از خرابی نوار نقاله تا حد ممکن جلوگیری گردد.



شکل ۷- فاصله عمودی نوار نقاله تا سردند

۴- اقدامات زمان توقف:

- قبل از توقف همیشه تمامی محصولات تخلیه گردد. ابتدا باردهی متوقف گردد و توجه شود که تمامی مواد موجود از مدار خارج شود، سپس نسبت به خاموش کردن تجهیزات اقدام گردد.
- پس از توقف مدار تمام مواد موجود در منطقه را تمیز کنید و خرابی های قبلی و یا در حین کار مدار را بررسی و رفع کنید.

طرز کار سردنها

فیلم





طبقه‌بندی مواد معدنی به وسیله سرنده
کار عملی ۱: از یک واحد خردایش مواد معدنی بازدید کنید و از نحوه کار با دستگاه‌های سرنده گزارشی تهیه نمایید.

شرح فعالیت: گزارش می‌بایست شامل موارد زیر باشد.

۱- اقدامات قبل از شروع به کار

۲- اقدامات هنگام شروع به کار

۳- اقدامات حین انجام کار

۴- اقدامات زمان توقف

مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه



خوب گوش دادن، یادگیری، جمع‌آوری اطلاعات، مشارکت در کارگروهی در هنگام بازدیدها

ارزشیابی مرحله‌ای: جداسازی بوسیله سرندها

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	بیان انواع سرندها، نحوه کار و ساختمان آنها، طبقه‌بندی کردن ماده معدنی به‌وسیله سرندها و انجام کنترل‌های قبل از شروع به کار، هنگام شروع به کار، حین کار و توقف کار	بالاتر از حد انتظار	مکان: کارخانه فراوری تجهیزات: انواع سرندها مواد مصرفی: گریس، روغن، قطعات یدکی زمان: ۳۰ دقیقه
۲	طبقه‌بندی کردن ماده معدنی به‌وسیله سرندها و انجام کنترل‌های قبل از شروع به کار، هنگام شروع به کار، حین کار و توقف کار	درست	
۱	طبقه‌بندی کردن ماده معدنی به‌وسیله سرندها بدون انجام کنترل‌های لازم	ناقص	

انواع کلاسیفایر و کاربرد آنها

طبقه‌بندی مواد در ابعاد کوچک به روش مستقیم (سرنده کردن) بازدهی مناسبی ندارد به این معنا که فرایند طبقه‌بندی مواد به طرز قابل توجهی زمان بر و کند خواهد شد.

فکر می‌کنید دلایل کاهش بازدهی سرنده‌ها با کوچک شدن ابعاد مواد چیست؟

بارش
فکری

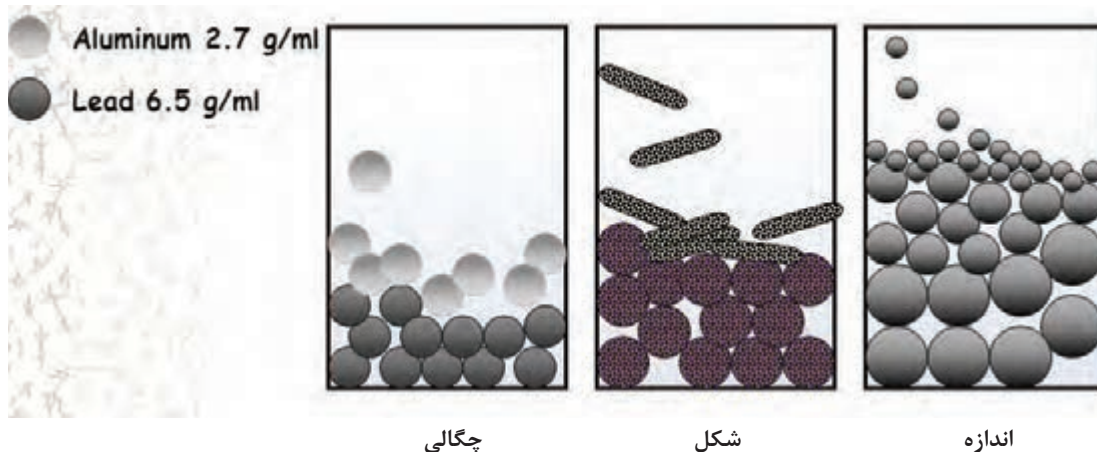


برای طبقه‌بندی این نوع مواد از روش غیر مستقیم استفاده می‌شود. در این روش مخلوطی از دانه‌های جامد با ابعاد مختلف به وسیله دستگاهی به نام کلاسیفایر بر مبنای سرعت نسبی حرکت دانه‌ها در یک سیال به بخش‌هایی با ابعاد محدودتر تقسیم می‌شود. در کانه‌آرایی سیال مورد استفاده معمولاً آب یا هواست. در کلاسیفایر ها طبقه‌بندی مواد برحسب اختلاف سرعت ته‌نشینی مواد در سیال انجام می‌شود. خصوصیات موثر بر سرعت ته‌نشینی ذرات عبارتند از:

چگالی: مواد با وزن مخصوص بیشتر با سرعت بیشتری رسوب می‌کنند.

شکل: ذرات با شکل کروی با سرعت بیشتری نسبت به ذرات با شکل تخت رسوب می‌کنند.

اندازه: هر چه ذرات درشت‌تر باشند با سرعت بیشتری ته‌نشین می‌شوند.



شکل ۸- تأثیر چگالی، شکل و اندازه ذرات در طبقه‌بندی آنها در محیط سیال



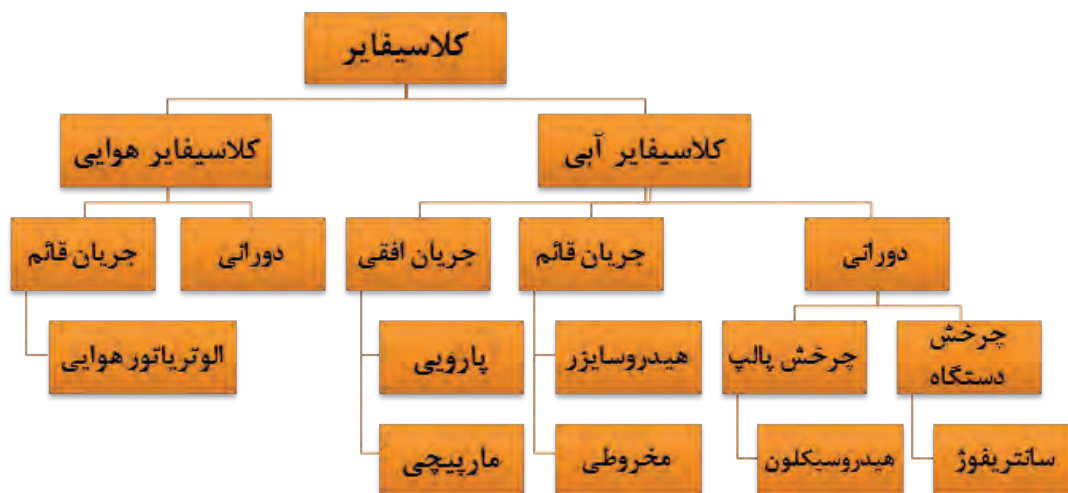
در جدول ۴، مواد با خصوصیات مختلف آمده است. فکر می کنید ترتیب ته نشینی آنها در آب چگونه است.

جدول ۴

ماده	وزن مخصوص	ابعاد	شکل	سرعت ته نشینی
ماده ۱	۲/۶	۳ سانتی متر مکعب	کروی	
ماده ۲	۲/۶	۳ سانتی متر مکعب	صفحه ای	
ماده ۳	۳/۷	۳ سانتی متر مکعب	کروی	
ماده ۴	۲/۴	۵ سانتی متر مکعب	کروی	
ماده ۵	۱/۲	۱ سانتی متر مکعب	صفحه ای	

کلاسیفایر

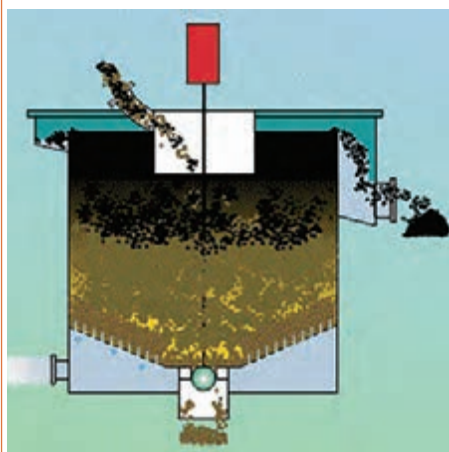
دستگاهی است که مواد معدنی را طبقه بندی می کند. به کلاسیفایر ها معمولاً دستگاه شستشو هم می گویند و از یک محفظه که در آن سیال وجود دارد تشکیل شده است. سیال مورد استفاده در کلاسیفایر ها عمدتاً آب و یا در مواردی هوا است. انواع کلاسیفایرها عبارتند از :



شکل ۹- دسته بندی انواع کلاسیفایر

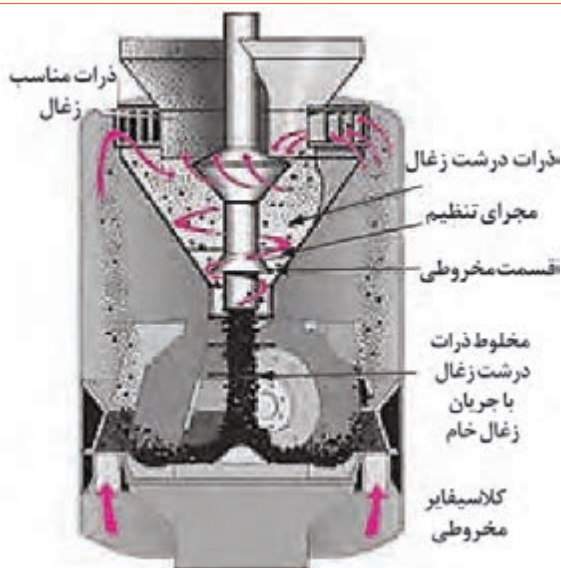
۱- کلاسیفایرهای آبی با جریان قائم

کاربردهای معمول	توضیحات	نام دستگاه
برای تهیه ماسه ریخته‌گری و سیلیس	کلاسیفایر با جریان قائم و استوانه ای شکل است که آب از قسمت تحتانی آن به طور یکنواخت به سمت بالا جریان می‌یابد. بار اولیه از بالای ظرف از طریق لوله‌ای با قطر زیاد و در امتداد محور به داخل ظرف منتقل می‌شود. با تنظیم دبی آب ورودی و در نتیجه سرعت رو به بالای آب می‌توان دانه‌های کوچکتر از حد مشخصی را به سمت بالا راند تا از لبه ظرف سر ریز شود. دانه‌های بزرگتر در داخل ظرف ته‌نشین می‌شود و از طریق مجرای مرکزی که مجهز به شیر قابل تنظیم نیز می‌باشد، تخلیه می‌گردد.	هیدروسایزر



شکل ۱۰- هیدروسایزر

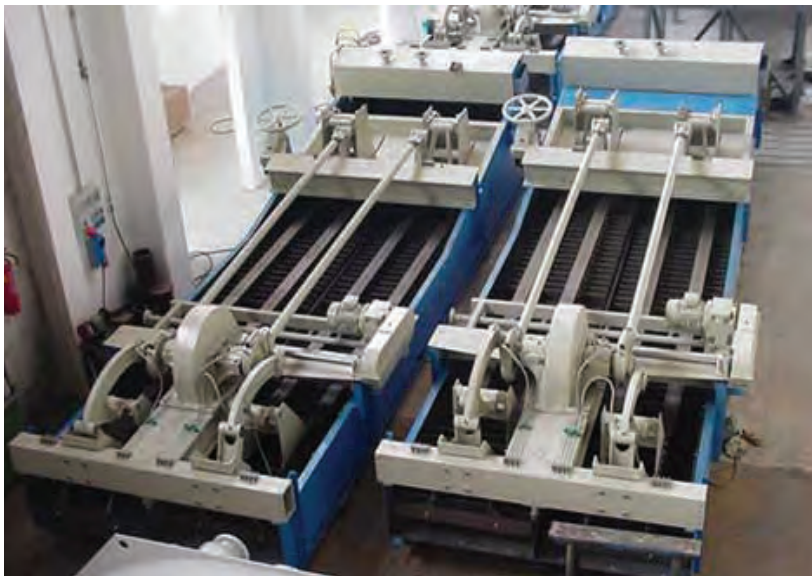
نام دستگاه	توضیحات
مخروطی	از ظرفی مخروطی شکل تشکیل شده است که زاویه راس آن در حدود ۶۰ درجه است. از قسمت تحتانی این کلاسیفایر جریان آبی وارد می‌گردد و پالپ از قسمت بالای مخروط مستقیم وارد مخزن می‌شود. دانه‌های درشت فوراً در ته مخروط رسوب کرده و به‌طور متناوب به خارج کشیده می‌شوند و دانه‌های ریز با جریان آب به خارج رانده می‌شوند.



شکل ۱۱- کلاسیفایر مخروطی

۲- کلاسیفایرهای آبی با جریان افقی

توضیحات	نام دستگاه
<p>این دستگاه سطح شیب‌داری است که تعدادی پاروی متصل به هم بر روی آن حرکت نوسانی دارند بدین ترتیب که تا حد معینی به سمت بالا می‌لغزند و سپس از سطح جدا شده به جای اول خود باز می‌گردند و دوباره حرکت خود را تکرار می‌کنند. این کلاسیفایرها بخصوص با آسیاها در یک مدار بسته به کار می‌روند و وظیفه‌شان ارسال مواد دانه ریز به سلول‌های فلوتاسیون می‌باشد.</p>	پارویی



شکل ۱۲- کلاسیفایر پارویی

توضیحات	نام دستگاه
<p>اصول کار این نوع کلاسیفایر مشابه کلاسیفایر پارویی است با این تفاوت که برای تخلیه مواد دانه درشت بجای یک یا چند ردیف پارواز یک یا چند مارپیچ که بر روی سطح شیبدار دوران کرده مواد ته نشین شده را به سمت بالا هدایت می کند. برای طبقه بندی مواد تا ۷۵ میکرون استفاده می شوند. در اثر گردش مارپیچ، آب و مواد به هم می خورند و ذرات سنگین تر که زودتر رسوب می کنند به وسیله مارپیچ به بالای سطح شیبدار برده می شوند و داخل ظرف مخصوصی تخلیه می شوند.</p>	<p>مارپیچی (حلزونی)</p>
  <p data-bbox="566 1657 833 1692">شکل ۱۳- کلاسیفایر مارپیچی</p>	

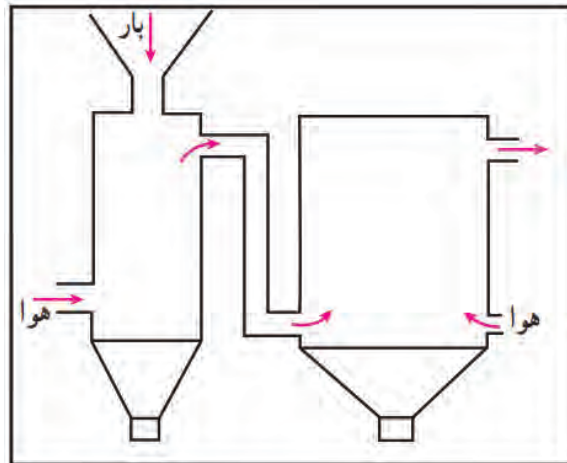


۳- کلاسیفایرهای هوایی

اساس کار مشابهی با کلاسیفایرهای آبی دارد ولی در آن بجای آب از جریان هوا یا گاز استفاده می شود. سرعت سقوط دانه ها در این کلاسیفایر ها بیشتر است. از جدا کننده های هوایی به طور کلی در سه زمینه استفاده می شود:

- ۱- گردگیری
- ۲- طبقه بندی در مدارهای بسته آسیا
- ۳- پرعیار کردن مواد معدنی

نام دستگاه	توضیحات
کلاسیفایر هوایی با جریان قائم	در این کلاسیفایر بار دانه ریز و خشک از بالا وارد می شود و فشار هوا از پایین به سمت بالا جریان پیدا می کند. در اثر این فشار هوا ذرات درشت سقوط کرده ولی ذرات ریز و سبک همراه با هوا به استوانه دیگری که در کنار استوانه اول قرار دارد وارد می شود. چون حجم استوانه دوم از استوانه اول بزرگتر است از فشار هوا کاسته شده و قادر به حمل ذرات ریز با خود نیست بنابراین این ذرات نیز در این استوانه سقوط کرده و از انتهای استوانه دوم خارج می شوند. در این کلاسیفایرها با تغییر فشار هوا می توان ابعاد بار ورودی و خروجی را کنترل کرد.

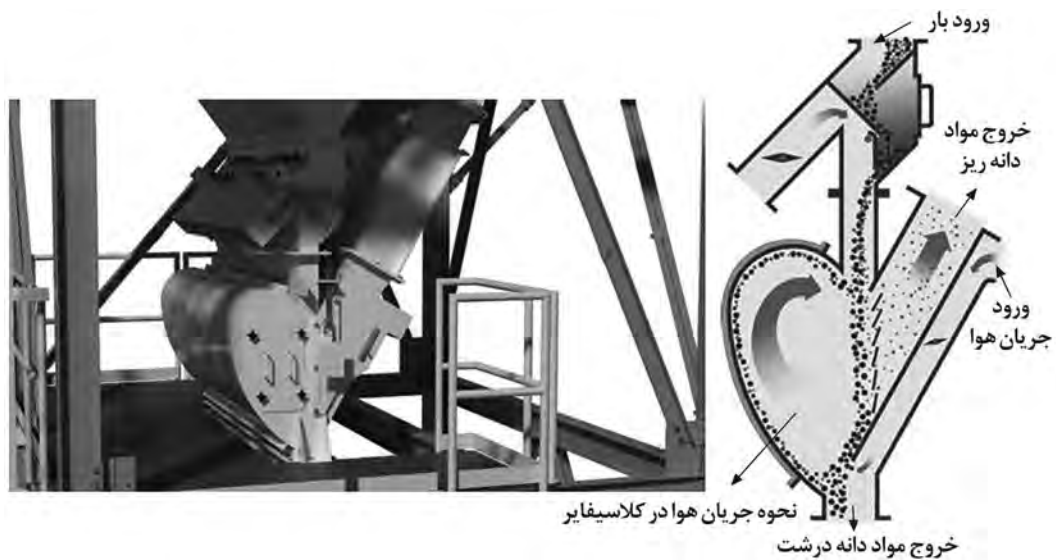


شکل ۱۴- کلاسیفایر هوایی با جریان قائم

شکل های زیر برخی از انواع دستگاه های کلاسیفایر هوایی را نشان می دهد در مورد هر یک نحوه :

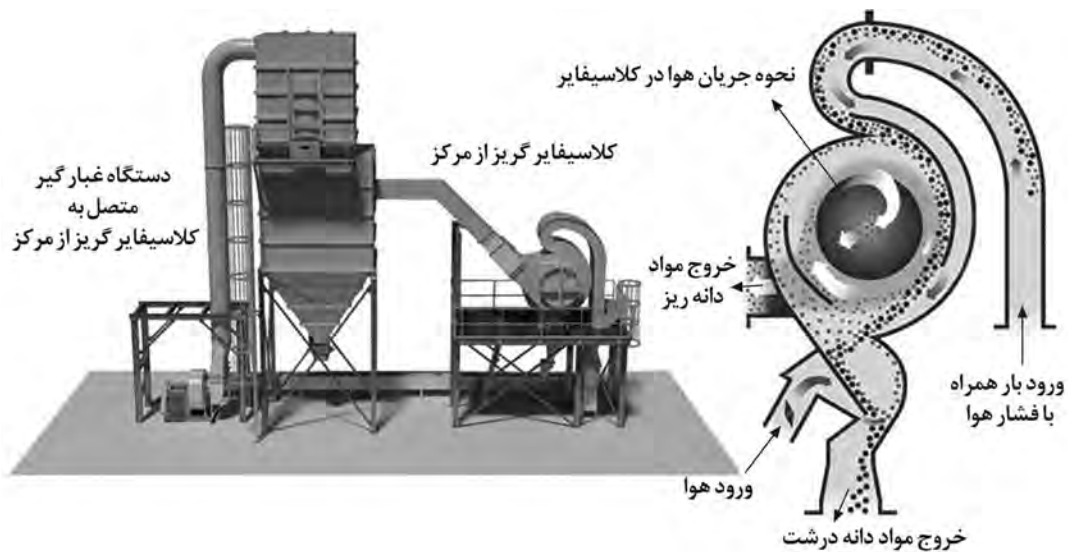
- ۱- ورود بار اولیه
- ۲- ورود جریان هوا
- ۳- مکانیزم جدایش مواد
- ۴- مسیر خروج مواد ریز دانه و درشت دانه را مشخص کنید.





شکل ۱۵- کلاسیفایر اینرسی ثقلی

ابعاد کاری	نام دستگاه	ردیف
۳۰۰ - ۶۳ میکرون	کلاسیفایر اینرسی ثقلی	۱



شکل ۱۶- کلاسیفایر هوایی گریز از مرکز

ابعاد کاری	نام دستگاه	ردیف
۱۰۰ - ۱۵ میکرون	کلاسیفایر گریز از مرکز	۲



طبقه بندی مواد معدنی بوسیله کلاسیفایر
کار عملی ۱: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوه کار با کلاسیفایرها گزارشی تهیه نمایید.

شرح فعالیت: گزارش می بایست شامل موارد زیر باشد.

۱- نوع کلاسیفایر و آبی یا هوایی بودن آن

۲- ابعاد و ظرفیت کلاسیفایرها

۳- ابعاد بار ورودی

۴- ابعاد محصول

مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه.



خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات.

ارزشیابی مرحله ای: جداسازی به وسیله کلاسیفایرها

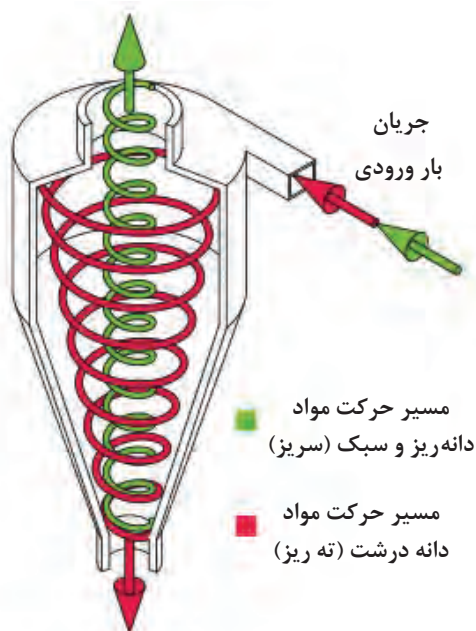
نمره	استاندارد (شاخص ها/داوری / نمره دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	بیان دسته بندی انواع کلاسیفایرهای آبی و هوایی و نحوه طبقه بندی ماده معدنی به وسیله کلاسیفایرها	بالاتر از حد انتظار	مکان: کارگاه تجهیزات: انواع کلاسیفایرها مواد مصرفی: گریس، روغن، قطعات یدکی زمان: ۳۰ دقیقه
۲	بیان دسته بندی انواع کلاسیفایرهای آبی و هوایی و نحوه طبقه بندی ماده معدنی به وسیله کلاسیفایرهای آبی	درست	
۱	بیان دسته بندی انواع کلاسیفایرهای آبی و یا هوایی	ناقص	

سیکلون‌ها در واقع کلاسیفایرهایی هستند که با حرکت دورانی مواد و ایجاد نیروی گریز از مرکز طبقه‌بندی ابعادی مواد را انجام می‌دهند. سیکلون‌ها به دو دسته سیکلون‌های هوایی و هیدروسیکلون‌ها تقسیم می‌شوند که مکانیزم و نحوه کار آنها کاملاً مشابه هم است و تنها تفاوت آنها این است که سیکلون‌های هوایی با جریان دورانی هوا کار می‌کنند و هیدروسیکلون‌ها با جریان دورانی آب.



شکل ۱۷- دسته‌بندی سیکلون‌ها

بنابر یک اصل قدیمی مهندسی دستگاه‌هایی که قسمت‌های متحرک کمتری داشته باشند با صرفه‌تر و قابل اعتمادترند. سیکلون‌ها یکی از بهترین مظاهر این اصل هستند. 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 بدنه مخروطی شکل که در قسمت فوقانی به استوانه‌ای تبدیل می‌شود، تشکیل شده است.



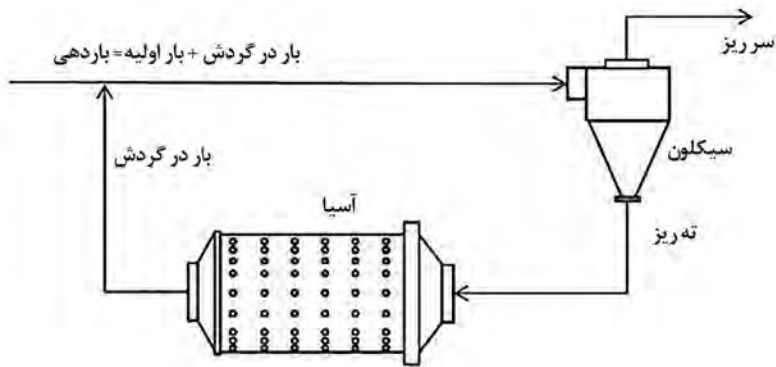
شکل ۱۸- نحوه طبقه‌بندی مواد در سیکلون

مکانیزم طبقه‌بندی مواد:

بار اولیه همراه با جریان هوا یا به صورت پالپ با یک جریان دورانی وارد سیکلون می‌شود و تحت تاثیر نیروی گریز از مرکز قرار می‌گیرد با استفاده از این نیرو می‌توان سرعت ته‌نشین شدن مواد را افزایش داد. ذرات سنگین با توجه به نیروی ثقل به کناره‌های سیکلون رانده می‌شوند و از آنجا به سمت پایین حرکت می‌کنند و از انتهای پایین دستگاه خارج شده، اما ذرات سبک با توجه به وزن کم همراه با آب و یا هوا تحت نیروی گریز از مرکز در مرکز سیکلون قرار گرفته و از قسمت بالایی دستگاه خارج می‌شوند.

کاربرد سیکلون‌ها

- از سیکلون‌ها به منظور اهداف زیر استفاده می‌شود:
- ۱- طبقه‌بندی مواد ریز دانه در حد چند ده میکرون
 - ۲- کنترل ابعاد در مسیر بسته با آسیاها
 - ۳- نرمه‌گیری
 - ۴- حذف ذرات رسی بسیار ریز
 - ۵- به عنوان کمک فیلتر
 - ۶- شستشوی مواد معدنی مانند زغال یا کائولن
 - ۷- کنترل پساب کارخانه‌ها
 - ۸- حذف مواد شیمیایی از کنسانتره‌های فلوتاسیون



شکل ۱۹- مدار بسته آسیا و سیکلون



قسمت‌های مختلف هیدروسیکلون‌ها عبارتند از:

۱	دانه ورودی بار اولیه
۲	دهانه خروجی ته ریز دانه درشت (Apex)
۳	بار خروجی دانه ریز
۴	گلوگاه خروجی سر ریز دانه ریز (Vortex)
۵	قسمت استوانه‌ای شکل
۶	قسمت مخروطی شکل

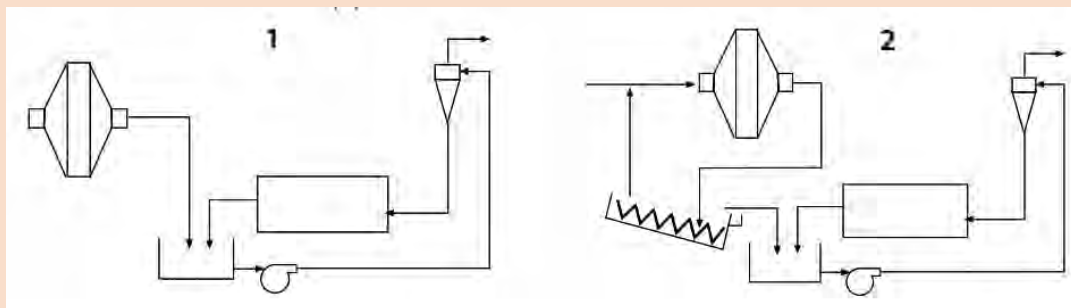
شکل ۲۰- قسمت‌های مختلف هیدروسیکلون


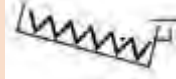

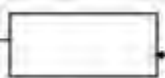

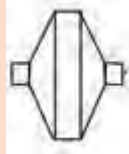


شکل ۲۱- اجزاء تشکیل دهنده سیکلون

به تصاویر زیر نگاه کنید و هر یک از مدارهای نمایش را شرح دهید. فکر می‌کنید کدام یک از مدارها می‌تواند به صورت تر و کدامیک به صورت خشک کار کند.

بارش
فکری



					
بونکر	کلاسیفایر مارپیچی	سیکلون	آسیای میله‌ای	پمپ	آسیای خودشکنی

نحوه کار سیکلون‌ها

فیلم



اپراتوری سیکلون‌ها

- ۱- تمامی اتصالات لوله‌ها محکم باشند و هیچ جسم خارجی در داخل سیکلون وجود نداشته باشد تا بتوان دستگاه را راه اندازی کرد.
- ۲- ابتدا هوا و یا آب می بایست توسط پمپ به تنهایی به داخل سیکلون فرستاده شود تا از سالم بودن اتصالات و لوله‌ها و نبود جسم خارجی در داخل سیکلون و لوله‌ها اطمینان حاصل گردد.
- ۳- کلیه شیرهای ورودی و خروجی قبل از شروع به کار می‌بایستی کاملاً باز باشد.
- ۴- پس از شروع به کار دستگاه می‌بایستی کیفیت بار ورودی و خروجی از سیکلون را بررسی و کنترل نمود تا از کارکرد صحیح دستگاه اطمینان حاصل شود.
- ۵- در شروع به کار سیکلون شرایط پایدار نیست و ممکن است مقداری از مواد دانه درشت و ریز با هم دیگر مخلوط گردند. لازم است اپراتور به تدریج با تنظیم شیرهای سیکلون دستگاه را به شرایط پایدار مورد نظر برساند تا تفکیک ابعادی مناسب انجام گیرد.

دانه‌بندی مواد به وسیله سیکلون‌ها

کار عملی ۱: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوه کار سیکلون‌ها گزارشی تهیه نمایید.
شرح فعالیت: گزارش می بایست شامل موارد زیر باشد.

- ۱- نوع سیکلون و آبی یا هوایی بودن آن
 - ۲- موقعیت قرارگیری سیکلون در مدار فراوری
 - ۳- ابعاد و ظرفیت سیکلون
 - ۴- ابعاد بار ورودی
 - ۵- ابعاد محصول
- مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی

فعالیت
کارگاهی



نکات
ایمنی



اخلاق
حرفه‌ای



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه

خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات.

ارزشیابی مرحله‌ای: جداسازی به وسیله سیکلون

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	۱- بیان انواع سیکلون‌ها و کاربرد هر یک ۲- اجزاء تشکیل‌دهنده و نحوه کار سیکلون‌ها ۳- دانه‌بندی ماده معدنی به وسیله سیکلون بر اساس اندازه به روش‌های خشک و مرطوب	بالاتر از حد انتظار	مکان: کارگاه تجهیزات: انواع سیکلون مواد مصرفی: پالپ و مواد معدنی زمان: ۳۰ دقیقه
۲	۱- اجزاء تشکیل‌دهنده و نحوه کار سیکلون‌ها ۲- دانه‌بندی ماده معدنی به وسیله سیکلون بر اساس اندازه به روش‌های خشک و مرطوب	درست	
۱	۱- بیان انواع سیکلون‌ها	ناقص	

پرعیار سازی به روش مغناطیسی

پرعیار سازی مواد معدنی با استفاده از خاصیت مغناطیسی در فناوری پرعیار سازی ارزش فراوانی دارد. جداکننده‌های مغناطیسی امروزه به صورت یکی از مؤثرترین و اقتصادی‌ترین ماشین‌های پرعیار سازی درآمده‌اند. ضمن آنکه هزینه نگهداری و تعمیرات آنها نیز زیاد نیست و از بازدهی بسیار خوبی برخوردار می‌باشند. به نحوی که این بازدهی معمولاً بیش از ۹۰ و در مواقعی تا ۹۹ درصد نیز می‌رسد و در این موارد هیچ روش پرعیار کردنی قابل رقابت با این روش نیست.

خودپذیری مغناطیسی^۱: یک روش اندازه گیری خواص مغناطیسی است. خود پذیری مغناطیسی نشان می‌دهد که یک ماده در یک میدان مغناطیسی جذب می‌شود و یا خیر. اگر مقدار خودپذیری مغناطیسی یک ماده، بسیار بالا باشد مانند مگنتیت و پیروتیت به آن فرومغناطیس گویند و در صورتی که یک ماده دارای خود پذیری مغناطیسی بیش از صفر باشد به آن ماده پارامغناطیس گویند و در صورتی که دارای خود پذیری مغناطیسی منفی باشد به آن دیامغناطیس گویند.

۱- Magnetic susceptibility



با توجه به مقدار خودپذیری مغناطیسی کانی‌های ارائه شده در جدول زیر آنها را به سه گروه فرومغناطیس؛ پارامغناطیس؛ و دیا مغناطیس یا غیر مغناطیسی تقسیم کنید.

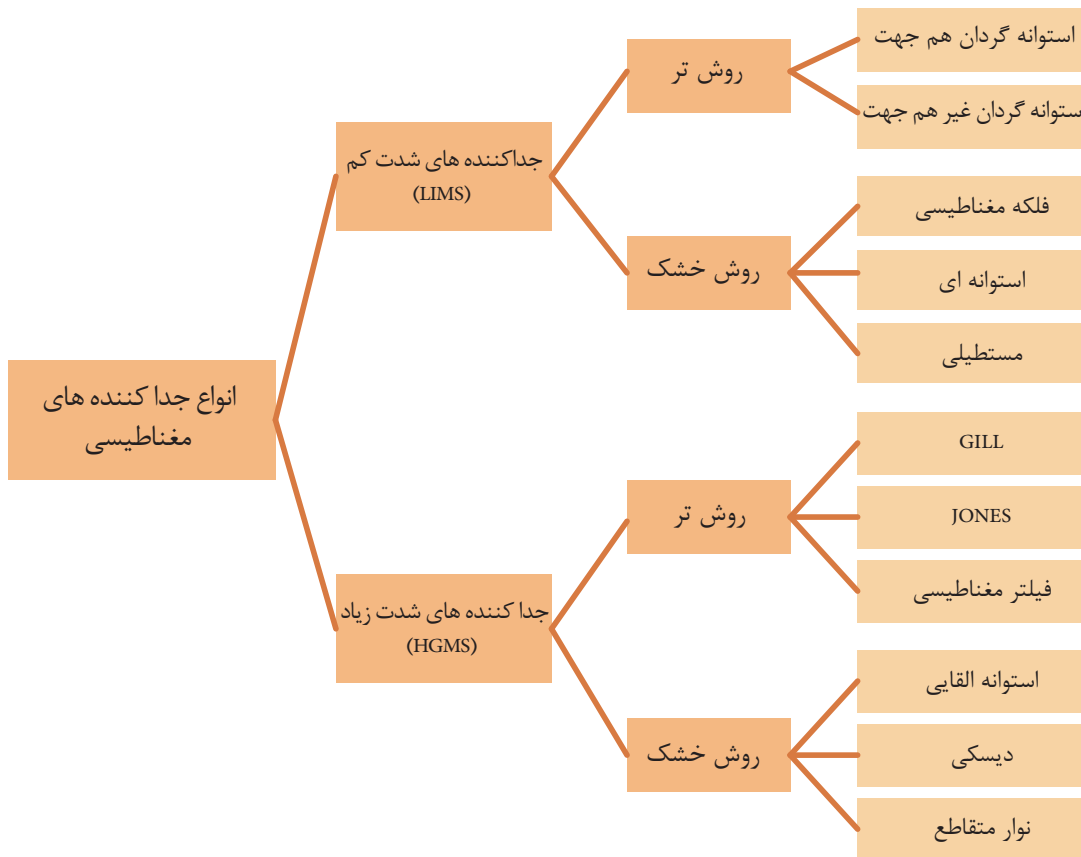
Mineral: کانی	Magnetic susceptibility: خودپذیری مغناطیسی	Magnetic Properties: خصوصیات مغناطیسی
---------------	--	---------------------------------------

Mineral	Magnetic susceptibility	Magnetic Properties
Magnetite	20 000 - 80 000	
Pyrrhotite	1 500 - 6 100	
Hematite	172 - 290	
Ilmenite	113 - 271	
Siderite	56 - 64	
Chromite	53 - 125	
Biotite	23 - 80	
Goethite	21 - 25	
Monazite	18.9	
Malachite	8.5 - 15.0	
Bornite	8.0 - 14.0	
Rutile	2.0	
Pyrite	0.21	
Cassiterite	- 0.08	
Fluorite	- 0.285	
Galena	- 0.35	
Calcite	- 0.377	
Quartz	- 0.46	
Gypsum	- 1.0	
Sphalerite	- 1.2	
Apatite	- 2.64	

شکل ۲۲

جدا کننده های مغناطیسی

دستگاه‌ها و تجهیزات پرعیار سازی مغناطیسی با توجه به خصوصیات مواد معدنی به انواع جداکننده‌های با شدت کم که قادرند مواد معدنی با خصوصیات فرومغناطیسی را جدا کنند و جداکننده‌های با شدت بالا که با توجه به میدان مغناطیسی قوی که ایجاد می‌کنند قادرند مواد پارامغناطیس را جدا کنند تقسیم می‌شوند. همچنین هر کدام از این جداکننده‌های مغناطیسی می‌توانند به صورت تر و یا خشک کار کنند. بر همین اساس دسته‌بندی کلی جداکننده‌های مغناطیسی عبارتند از:



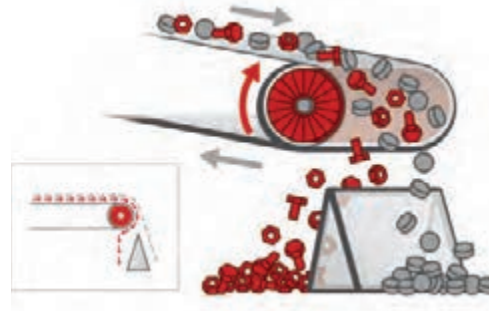
شکل ۲۳- دسته‌بندی انواع جدا کننده‌های مغناطیسی

۱- جدا کننده‌های مغناطیسی شدت کم (LIMS)

خصوصیات و ویژگی‌های این جداکننده‌ها عبارت است از:

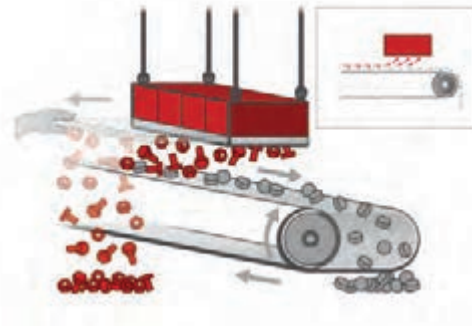
- ۱ قادرند به صورت خشک و یا تر کار کنند.
- ۲ برای جدا کردن قطعات آهنی و مواد معدنی دارای خاصیت فرومغناطیسی به کار می‌روند.
- ۳ محدوده کاری به لحاظ دانه‌بندی حداکثر ۳۰۰ میلی‌متر است.
- ۴ حداکثر شدت میدان مغناطیسی در این تجهیزات ۳۰۰ مگا تسلا است.

در ادامه برخی از جداکننده های مغناطیسی پر کاربرد با شدت کم را معرفی می کنیم.
غلتک مغناطیسی^۱: این غلتک ها در انتهای نوار نقاله نصب می شوند و از ورود قطعات آهنی به داخل دستگاه سنگ شکن جلوگیری می کنند.

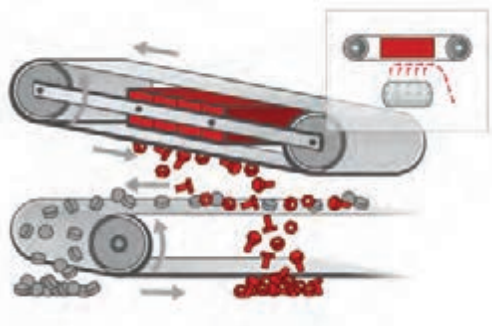


شکل ۲۴- غلتک مغناطیسی

جدا کننده های مغناطیسی معلق^۲: این جداکننده ها معمولاً به صورت معلق و با فاصله مناسبی بر روی نوار نقاله حامل مواد معدنی نصب می شوند و وظیفه جدا کردن قطعات آهنی از مواد معدنی و جلوگیری از ورود آنها به مدار سنگ شکنی را دارند. از انواع این جدا کننده ها می توان به جدا کننده مغناطیسی و نوار متقاطع اشاره نمود.



شکل ۲۵- جدا کننده های مغناطیسی معلق مستطیلی

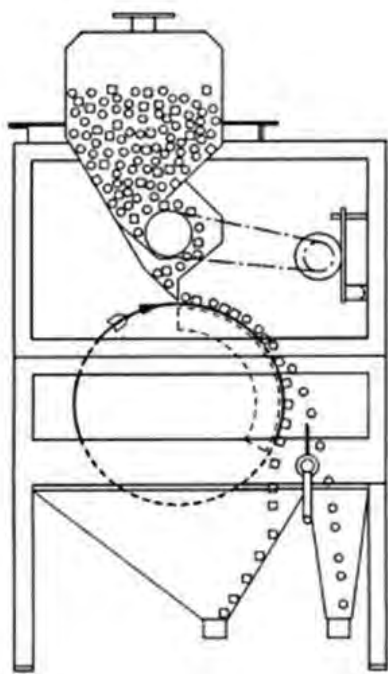


شکل ۲۶- جدا کننده های مغناطیسی معلق نوار متقاطع

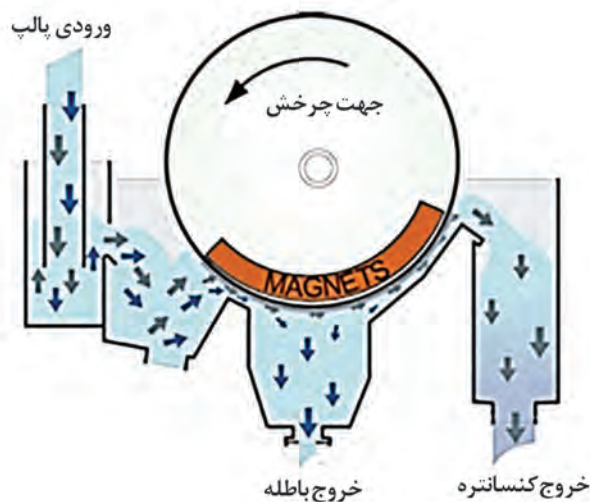
۱- Magnetic Pulley

۲- Suspended magnets

جدا کننده‌های مغناطیسی استوانه‌ای: این جدا کننده‌ها می‌توانند به دو طریق خشک برای دانه‌های درشت و مرطوب برای دانه‌های نرم به کار برده شوند. در روش خشک مواد اولیه از بالا، و در روش تر از پایین جداکننده وارد می‌شوند.



شکل ۲۷- استوانه‌ای خشک

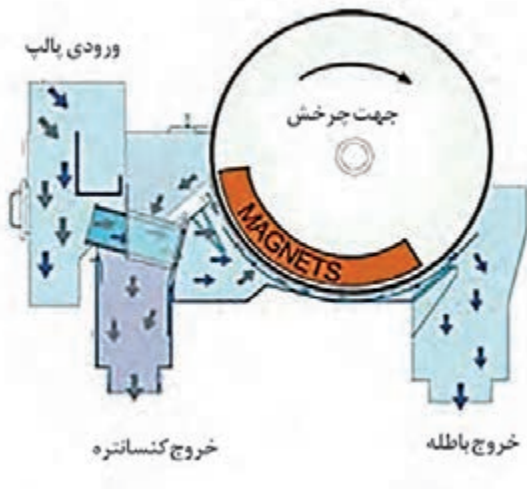


شکل ۲۸- با گردش استوانه هم جهت

استوانه‌ای تر:

۱- با گردش استوانه هم جهت:

در این جدا کننده‌ها جهت گردش استوانه هم جهت با حرکت پالپ است. باطله‌ها از دریچه اول خارج می‌شود و مواد فرامغناطیس به کمک خاصیت مغناطیسی استوانه از دریچه انتهایی خارج می‌شوند.



۲- با گردش استوانه غیر هم جهت:

در این جداکننده جهت گردش استوانه بر عکس جهت حرکت مواد معدنی می باشد. در این نوع جداکننده پالپ در تماس بیشتری با استوانه مغناطیسی است، باطله از دریچه انتهایی خارج می شود و مواد فرومغناطیس همراه استوانه به ابتدا مسیر برمی گردند و از دریچه ابتدایی خارج می شوند.

شکل ۲۹- با گردش استوانه غیر هم جهت



شکل ۳۰- جدا کننده های مغناطیسی استوانه ای تر

۳- جدا کننده های مغناطیسی شدت زیاد (HGMS^۱)

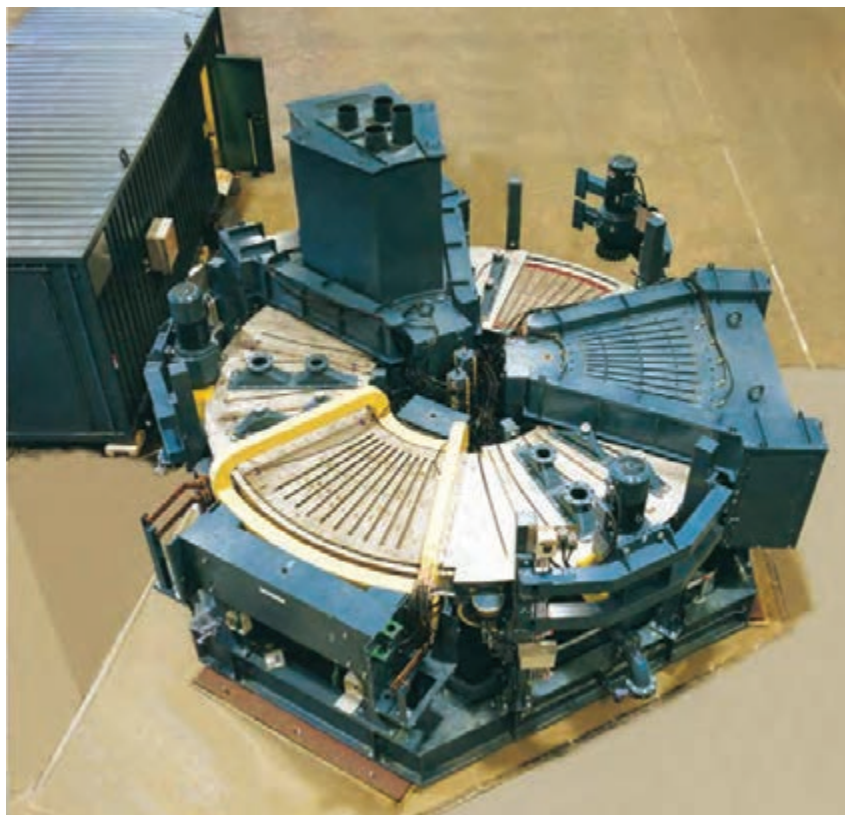
خصوصیات و ویژگی های این جدا کننده ها عبارت است از:

- ۱ به صورت پیوسته و مداوم کار می کنند.
- ۲ برای جدا کردن مواد دارای خاصیت پارامغناطیسی به کار می روند.
- ۳ محدوده کاری به لحاظ دانه بندی حداکثر یک میلی متر است.
- ۴ حداکثر شدت میدان مغناطیسی در این تجهیزات ۲ تسلا است.

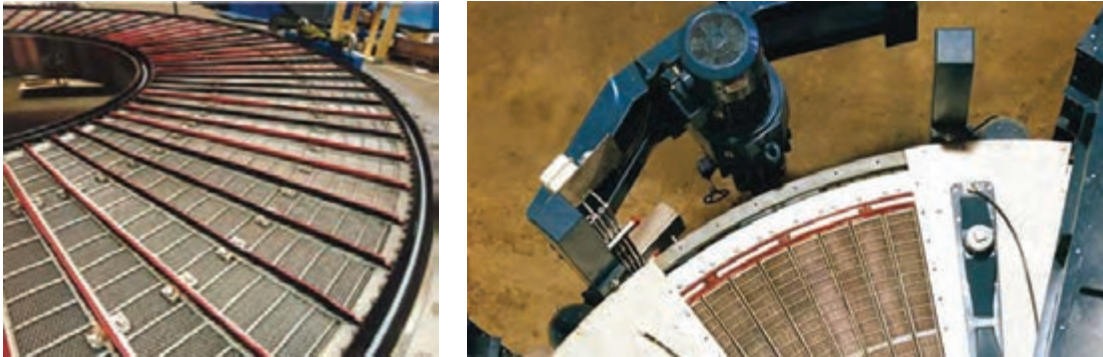
جدایش سنگ آهن با خاصیت مغناطیسی ضعیف به وسیله یک جداکننده مغناطیسی قوی، کمتر متداول است زیرا با روش‌های دیگر امکان تغلیظ این نوع از کانی‌ها راحت‌تر و اقتصادی‌تر صورت می‌گیرد. به‌طور کلی سنگ آهن رسوبی، کربنات آهن و کانی‌های منگنردار را با این روش می‌توان پرعیار نمود. علاوه بر اینکه این روش برای آماده کردن مواد اولیه سرامیکی یعنی جدا کردن اجزاء مغناطیسی محتوی مواد سرامیکی و تهیه ماده پرعیار شده کانی‌های سنگین ارزش زیادی دارد. جداکننده‌های با میدان مغناطیسی خیلی قوی برای دانه‌های کوچکتر از یک میلی‌متر استفاده می‌شود. دستگاه‌های جدایش مغناطیسی با شدت زیاد بسیار متنوعند و عبارتند از جداکننده‌های خشک با شدت زیاد و جداکننده‌های مغناطیسی تر با شدت زیاد که در صنعت به کار برده می‌شوند. در این مبحث یکی از دستگاه‌های جداسازی مغناطیسی با شدت زیاد شرح داده می‌شود.

دستگاه HGMS:

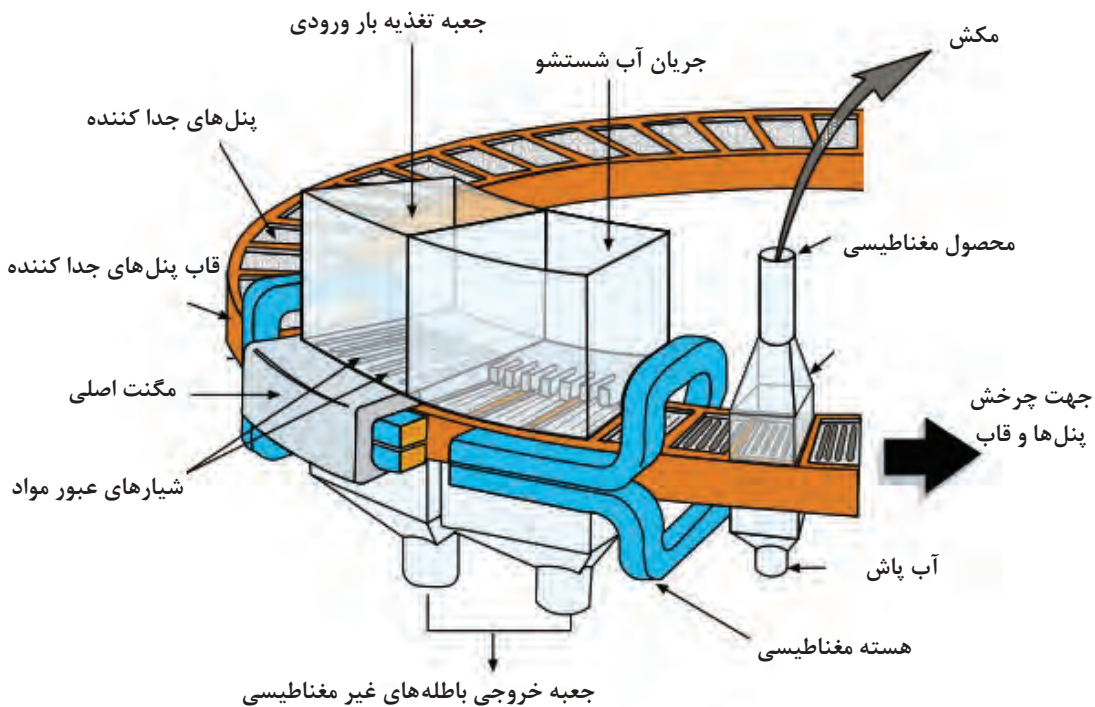
مواد معدنی دارای خاصیت پارامغناطیس می‌توانند توسط دستگاه جدایش مغناطیسی HGMS و طی یک فرایند جداسازی که نسبت به سایر دستگاه‌های جدایش مغناطیسی پیچیده‌تر است، جدا شوند. به کمک این دستگاه کانی‌های دارای خاصیت پارامغناطیس براحتی قابل بازیابی هستند. در شکل زیر دستگاه HGMS و قسمت‌های مختلف آن نمایش داده شده است.



شکل ۳۱- دستگاه HGMS



شکل ۳۲- پنل های جداکننده



شکل ۳۳- شماتیک از قسمت های مختلف دستگاه HGMS

قسمت های مختلف دستگاه HGMS

دستگاه HGMS از تعدادی پنل جدا کننده تشکیل شده است این پنل ها با فواصل مشخص در کنار هم قرار گرفته اند و بدین ترتیب شیارهای لازم برای عبور مواد را ایجاد می کنند. این پنل ها بر روی یک قاب قرار دارند و به همراه آن با یک سرعت مشخص در حال دوران می باشند. پنل و قاب در حال چرخش، از یک هسته مغناطیسی با شدت گرایان زیاد عبور می کنند. بر روی هسته مغناطیسی جعبه های تغذیه مواد و آب شستشو نصب شده اند. بعد از هسته مغناطیسی نیز یک آبپاش نصب شده است که وظیفه دارد با پمپاژ آب از پایین به بالا مواد مغناطیسی موجود در پنل ها را به سمت بیرون هدایت کند.

نحوه کار دستگاه HGMS

مواد معدنی وارد جعبه تغذیه شده و بر روی شبکه شیارهای عبور مواد در دستگاه جداکننده مغناطیسی ریخته می‌شود و همزمان آب شستشو نیز از کانال مربوطه وارد می‌گردد. مواد مغناطیسی جذب شیارها شده و باطله‌ها توسط جریان آب از شیارها عبور کرده و وارد جعبه خروجی می‌گردد. مواد پرعیار شده که در روی و داخل شیارها باقی مانده اند همراه با چرخش پنل و عبور از هسته مغناطیسی در ایستگاه آب پاش قرار گرفته و با فشار آب به خارج هدایت شده و محصول مغناطیسی (کنسانتره) را تشکیل می‌دهند. به طوری کلی از جداکننده های مغناطیسی خشک با شدت زیاد برای آرایش ماسه‌های ساحلی، و لفرام، کانه‌های قلع، سیلیس، فسفات و کانه های اکسید آهن (هماتیت) و از جداکننده های مغناطیسی تر با شدت زیاد برای مواد ریز دانه و آرایش کانه‌های اکسید آهن (هماتیت) و جداکردن ناخالصی‌های پارامغناطیس از کاسیتريت، آمیانت، شیلیت، تالک و کانی‌های غیر سولفور مولیبدن از باطله‌های فلوتاسیون، آرایش کانه‌های اورانیوم و همچنین یکی از کاربردهای مهم آن کاهش گوگرد (به صورت پیریت) از زغال سنگ است. در ضمن از دستگاه HGMS به عنوان فیلترهای مغناطیسی برای تصفیه آب و سایر مایعات حاوی دانه‌های پارامغناطیس هم استفاده می‌شود.

جداکننده های مغناطیسی

فیلم



اپراتوری دستگاه های جداکننده مغناطیسی

۱- اقدامات قبل از شروع به کار

- مطمئن شوید که دستگاه بدون گیر و راحت کار می‌کند. بدین جهت لازم است اطمینان حاصل شود که قطعاتی از ماده معدنی بین روتور و فیدر گیر نکرده باشد.
- مطمئن شوید که در بار اولیه اجسام خارجی که می‌توانند به روتور آسیب برسانند وجود نداشته باشند. بدین منظور می‌توان از یک لاینر محافظ لاستیکی بر روی روتور استفاده نمود.
- مطمئن شوید علائم ایمنی در جای خود قرار گرفته و قابل خواندن است.
- کلیه اتصالات برقی را چک کنید. کلیه جعبه تقسیم‌های نزدیک به روتورهای تر می‌بایستی ضد آب شده باشند.
- کلیه قسمت‌های در حال چرخش دستگاه می‌بایستی دارای گاردهای محافظ باشند.

۲- اقدامات هنگام شروع کار

- روتور دستگاه می‌بایستی دارای تعداد دور در دقیقه مشخص باشد (طبق مشخصات فنی دستگاه) که اپراتور می‌بایستی در هنگام شروع به کار آنرا توسط تاکومتر و یا به صورت دستی کنترل کند.
- جریان آب جهت ورودی و خروج به دستگاه کنترل گردد. دبی آب ورودی می‌بایستی طبق دستورالعمل مربوطه تنظیم گردد.
- پس از تنظیم سرعت چرخش روتور و دبی آب می‌توان باردهی مواد معدنی را آغاز کرد.

۳- اقدامات حین انجام کار

- نمونه‌برداری از بار اولیه، کنسانتره و باطله به صورت اتوماتیک و یا دستی در فواصل زمانی مناسب می‌بایست انجام گیرد.
- تغییر نرخ باردهی، دانسیته، اندازه و ترکیب بار ورودی بر عملکرد دستگاه تاثیر می‌گذارد لذا لازم است با توجه به تغییرات بار ورودی تنظیمات لازم در خصوص دبی آب، سرعت حرکت درام انجام شود تا دستگاه به شرایط پایدار برسد.
- سرعت چرخش درام نمی‌بایستی تغییر کند.
- فاصله بین درام و تانک تغذیه نسبت به طراحی دستگاه نمی‌بایستی تغییر کند.
- دهانه خروجی دستگاه نمی‌بایستی تغییر کند. اما در صورتی که خصوصیات مغناطیسی بار اولیه افزایش یابد می‌توان فاصله دهانه خروجی را افزایش داد تا تولید افزایش یابد.

۴- اقدامات زمان توقف

در هنگام توقف کار به علت تعمیرات و یا غیره، می‌بایست ابتدا باردهی متوقف شود. سپس اجازه دهید تا آب شستشو تمامی مواد جامد باقی مانده درون دستگاه را شسته و خارج کند. پس از اطمینان از خروج کلیه مواد جامد تغذیه کننده آب را قطع و دستگاه را خاموش کنید.

پرعیار کردن مواد معدنی با استفاده از جداکننده های مغناطیسی

- کار عملی ۱: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوه کار دستگاه های جداکننده های مغناطیسی گزارشی تهیه نمایید.
- شرح فعالیت: گزارش می‌بایست شامل موارد زیر باشد.
- ۱- نوع دستگاه جداکننده مغناطیسی
 - ۲- ابعاد و ظرفیت دستگاه
 - ۳- ابعاد بار ورودی
 - ۴- طرز کار دستگاه‌های جدایش مغناطیسی
- مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی

فعالیت
کارگاهی



نکات
ایمنی



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه

اخلاق
حرفه‌ای



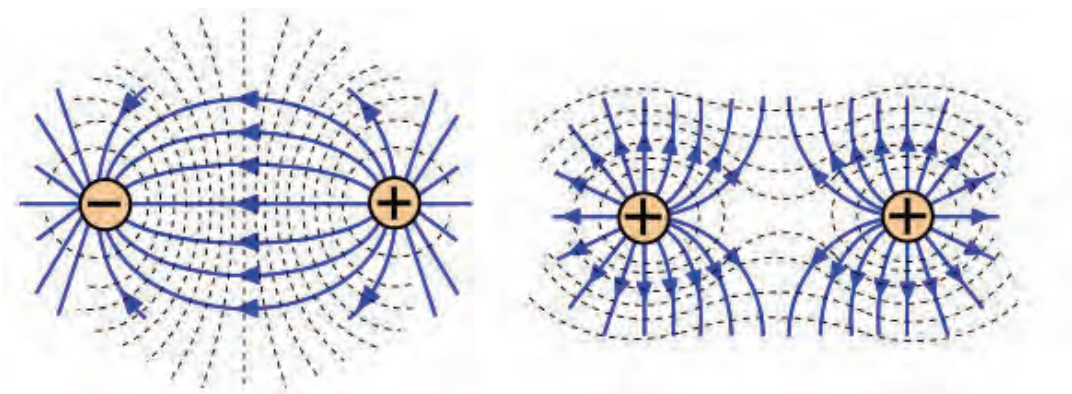
خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات.

ارزشیابی مرحله‌ای: جداسازی به روش مغناطیسی (پرعیارسازی)

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	نحوه پرعیارسازی ماده معدنی با استفاده از خاصیت مغناطیسی کانی‌ها و معرفی انواع دستگاه‌های جدایش مغناطیسی و طرز کار آنها و انتخاب نوع دستگاه مناسب جدایش مغناطیسی	بالاتر از حد انتظار	مکان: واحد فراوری تجهیزات: انواع دستگاه‌های مغناطیسی مواد مصرفی: نوشت افزار زمان: ۳۰ دقیقه
۲	نحوه پرعیارسازی ماده معدنی با استفاده از خاصیت مغناطیسی کانی‌ها و بیان انواع دستگاه‌های پرعیارسازی و کاربرد آنها	درست	
۱	پرعیارسازی ماده معدنی با استفاده از خاصیت مغناطیسی	ناقص	

پرعیارسازی به روش الکتریکی

در میدان الکتریکی مانند دو قطب مغناطیسی نیرویی وجود دارد که این نیرو در فضا بدون ماده حمل‌کننده انتقال پیدا می‌کند. عامل این نیرو انرژی الکتریکی است که در میدان الکتریکی وجود دارد. بار الکتریکی بوسیله این انرژی که در محیط خود اثر می‌گذارد مشخص می‌شود. همیشه دو بار همنام همدیگر را دفع و دو بار غیر همنام همدیگر را جذب می‌کنند.



شکل ۳۴- خاصیت دفع دو بار هم نام و جذب دوبار غیر هم نام در میدان الکتریکی

پر عیار سازی و جدایش در میدان الکتریکی بر اثر دادن بار الکتریکی به مواد معدنی است. کمیت بار همیشه برای دانه ها متفاوت است و علامت آن در بیشتر مواقع مختلف است. چون دانه در میدان الکتریکی مسیر و مسافت مختلفی را طی می کند برای جدایش، دانه های مواد کانی را در مجاورت میدان الکتریکی قطبی می کنیم یا در اثر اصطکاک باردار می کنیم. البته میدان الکتریکی فقط از اجسام عایق عبور می کند. در این نوع اجسام الکترون آزاد وجود ندارد اما در اجسام هادی یک یا چند الکترون هر اتم، آزاد یا نزدیک به آزاد در حرکتند و به وسیله جریان الکتریکی جدا می شوند. خاصیت متفاوت اجسام که همان قدرت انتقال الکترون ها در جسم می باشد عامل اصلی جدایش در میدان الکتریکی است.

بر اساس این نکته اجسام به سه دسته تقسیم می شوند. که عبارتند از اجسام عایق، اجسام نیمه هادی و اجسام هادی.

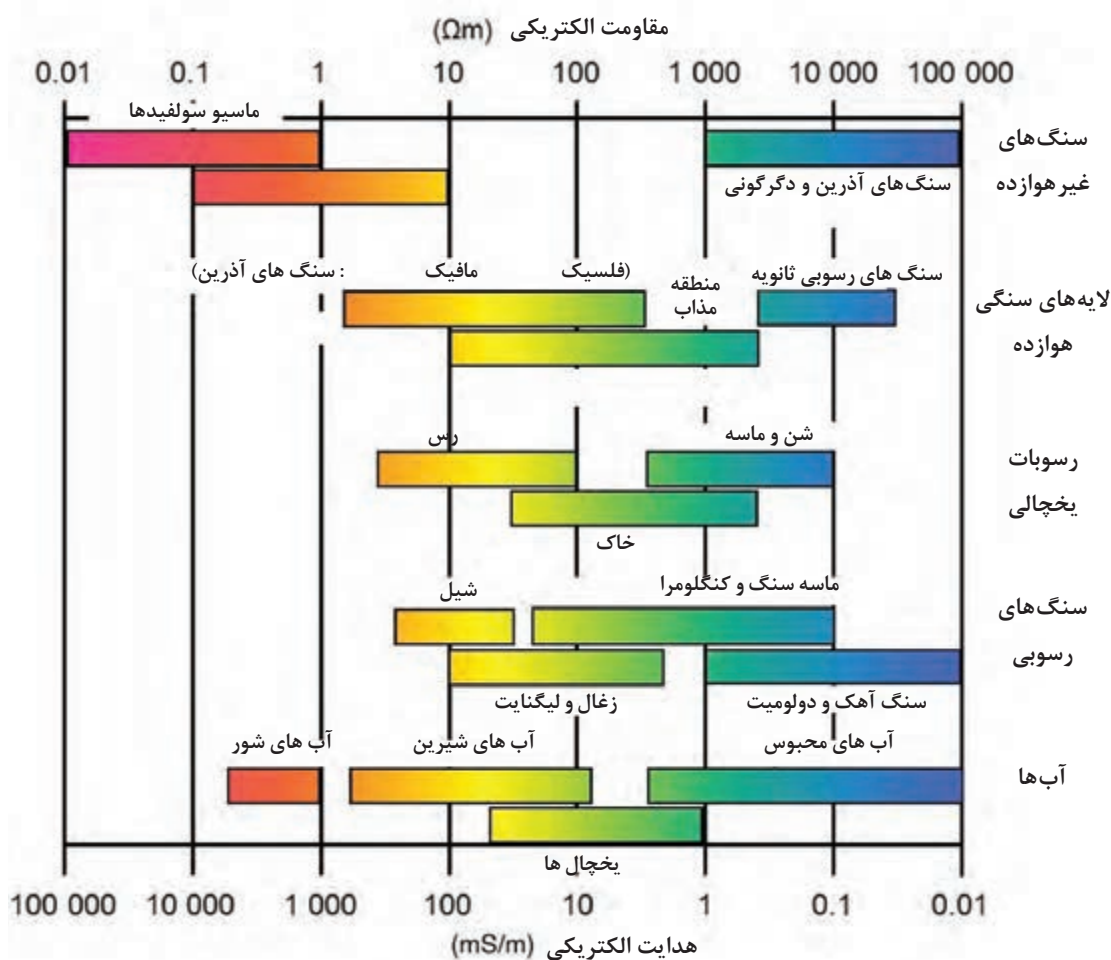
تعداد معدودی از کانی ها در شرایط حرارت معمولی هادی و بیشتر آن ها عایق و بسیاری از آنها نیمه هادی هستند.

لازم به یادآوری است که روش های جدایش الکترواستاتیکی علاوه بر آرایش کانی هایی مانند ایلمنیت و هماتیت و بسیاری از کانی های دیگر در سایر زمینه ها مانند تصفیه مواد غذایی، جدا سازی باطله از مواد ارزشمند و طبقه بندی دانه ها از نظر ابعاد و شکل نیز کاربرد دارد.

جدول ۵- تقسیم بندی کانی ها از نظر هدایت الکتریکی

نوع کانی	مشخصات	خاصیت الکتریکی
فلزات و اکثر سولفیدهای فلزی	به سرعت الکترون های خود را جابجا می کند.	هادی
برخی از کانی ها	در صفر درجه عایق و با افزایش درجه حرارت هادی می شود.	نیمه هادی
کانی های غیر فلزی	در میدان الکتریکی قطبی می شود ولی جریان الکتریسیته در آنها وجود ندارد.	عایق

در شکل ۳۵، میزان هدایت و مقاومت الکتریکی آب و سنگ‌های موجود در کره زمین نشان داده شده است. براین اساس مواد معدنی ماسیو سولفید که شامل فلزاتی مانند مس، سرب و روی و آهن هستند، گرافیت و آب‌های شور دارای بیشترین مقادیر هدایت الکتریکی و کمترین مقاومت می‌باشند و از طرف دیگر سنگ‌های غیرهوازده آذرین و دگرگونی که فاقد فلزات باشند و سنگ‌های آهک و دولومیت دارای بیشترین مقاومت الکتریکی و کمترین میزان هدایت الکتریکی هستند.

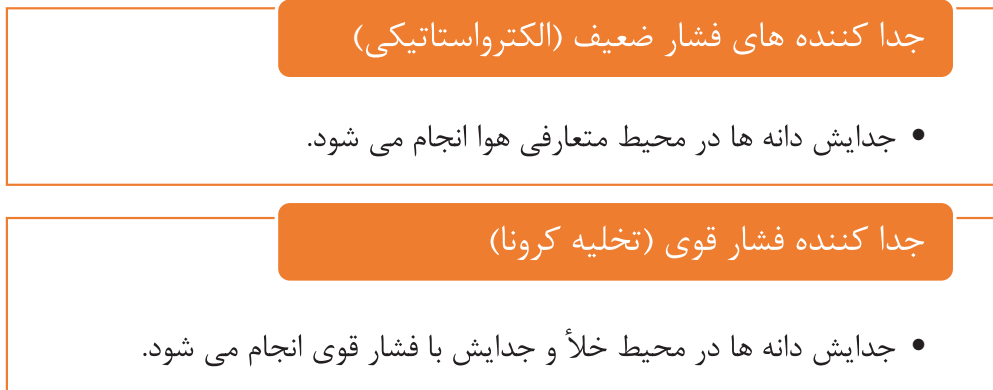


شکل ۳۵- میزان هدایت و مقاومت الکتریکی برخی از سنگ‌ها و آب‌های موجود در کره زمین

- ۱- موادی با میزان هدایت الکتریکی متوسط را از نمودار فوق بیابید.
- ۲- از میان سنگ‌های آذرین مافیک و فلسیک هدایت الکتریکی کدام یک بیشتر است. مقاومت الکتریکی آنها چگونه است.

جداکننده‌های الکتریکی

به‌طور کلی جداکننده‌های الکتریک به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از:



شکل ۳۶

در هر دو این روش‌ها با تنظیم نیروهای الکتریکی و نیروهای جنبی مانند ثقل و نیروی گریز از مرکز، دانه‌ها مسیره‌های مختلفی را طی می‌کنند و بدین ترتیب می‌توان آنها را جدا کرد.

ساختمان جدا کننده‌های الکتریکی

به‌طور کلی ساختمان جداکننده‌های الکتریکی از ۳ قسمت تشکیل شده است که عبارتند از:

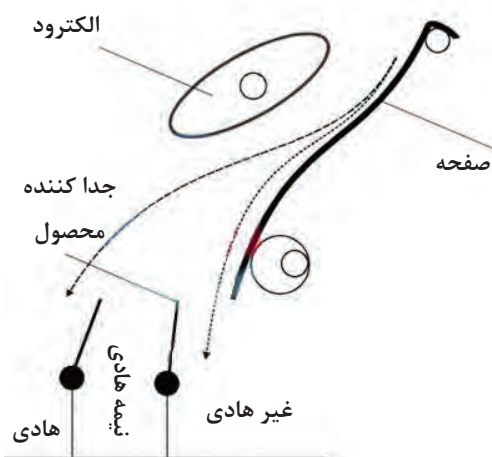


شکل ۳۷- ساختمان جداکننده‌های الکتریکی

اساس کار دستگاه‌های فشار ضعیف (الکترواستاتیکی) صفحه‌ای

اگر یک صفحه داشته باشیم که به شدت دارای بار الکتریکی مثبت باشد در نتیجه دارای یک میدان الکتریکی خواهد بود حال اگر ذرات دیگری که تحت تاثیر میدان الکتریکی این صفحه واقع شده و در نتیجه از یک طرف مثبت و از طرف دیگر منفی شده باشد، این ذره به طرف صفحه جذب می‌شود که پس از تماس با صفحه اگر ذره مذکور هادی باشد بلافاصله بار منفی خود (الکترون‌ها) را از دست داده و دارای بار مثبت می‌گردد در نتیجه صفحه و ذره هر دو دارای بار مثبت شده و همدیگر را دفع می‌کنند و ذره از روی صفحه جدا می‌شود.

ولی اگر ذره ای دیگر نیمه هادی باشد و در همان شرایط در میدان صفحه قرار بگیرد، همان شرایط ایجاد می‌شود با این تفاوت که مدت زمان بیشتری برای جدا شدن از صفحه لازم است. از روی این اختلاف سرعت که ذره های هادی و نیمه هادی در از دست دادن بار منفی و همبار شدن با منبع بار مثبت و جدا شدن آن دارند در صنعت جدا کننده های الکترواستاتیکی ساخته شده اند که برای پر عیار کردن مواد معدنی به کار می‌روند.



شکل ۳۸- دستگاه جدا کننده الکترواستاتیکی صفحه ای

اساس کار دستگاه های فشار قوی (تخلیه کرونا)

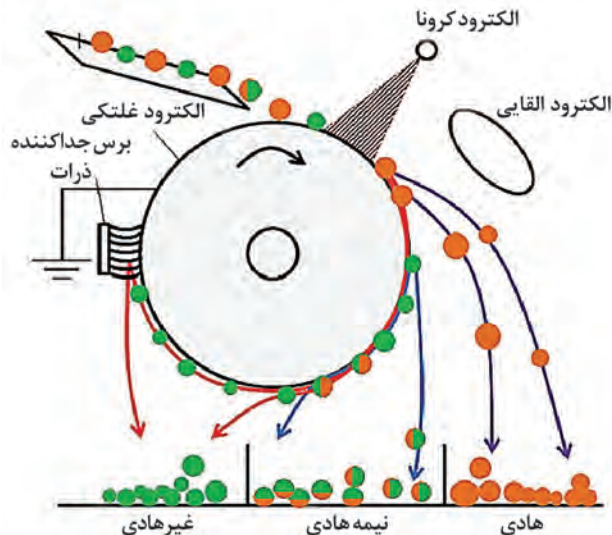
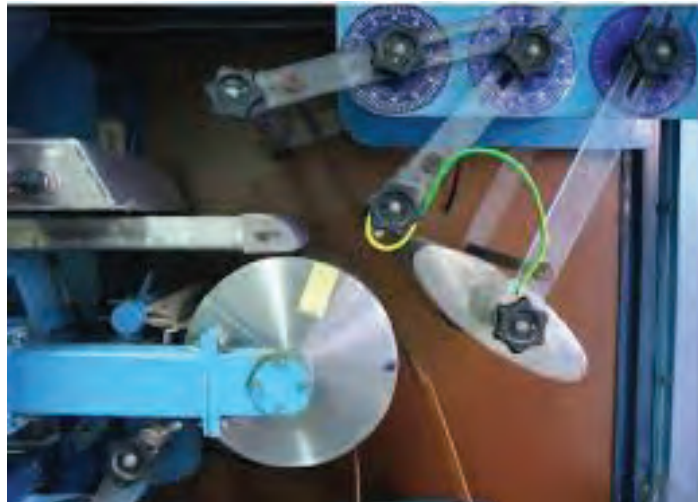
تخلیه کرونا چیست؟

الکتروود سیم کرونا معمولاً از جنس تنگستن است. پلاریته این الکتروود منفی است و باعث می‌شود تمام یون‌های مثبت موجود در هوا یا شتاب به طرف آن حرکت کنند و یون‌های اکسیژن که دارای بار منفی هستند از آن دور شوند، در نتیجه تخلیه کرونا ایجاد می‌گردد. در این روش هر چند جریان برقرار شده دارای شدت نسبتاً کم است ولی از جریانی که توسط جدا کننده های الکترواستاتیکی برقرار می‌شود به مراتب بیشتر است، لذا به این نوع جدا کننده‌ها، جدا کننده‌های فشار قوی یا الکترودینامیکی می‌گویند.

مواد معدنی دانه‌ریز از طریق تغذیه کننده بار ورودی بر روی روتور دستگاه می‌ریزند و از داخل میدان فشار قوی ایجاد شده توسط تخلیه کرونا عبور می‌کنند زمانی که دانه‌ها از فضای تخلیه کرونا خارج می‌شوند با سرعتی که تابع مقاومت الکتریکی، میزان تماس آنها با روتور و چگالی بار سطحی اولیه آنهاست بار خود را از دست می‌دهند و با توجه به خصوصیات الکتریکی شان سه حالت پیدا می‌کنند.

<p>دانه های هادی بار خود را به سرعت با روتور تبادل می کنند و مشابه زمانی که هیچ میدان الکتریکی بر آنها اثر نکرده است، تحت تاثیر نیروی گریز از مرکز ناشی از دوران روتور و نیروی ثقل سقوط می کنند.</p>	<p>هادی</p>
<p>این ذرات مدتی به روتور چسبیده و همراه آن دوران می کنند و با فاصله زمانی نسبت به ذرات هادی بار خود را از دست داده و تحت تاثیر وزن خود از روتور جدا می شوند.</p>	<p>نیمه هادی</p>
<p>دانه های عایق پس از خروج از فضای تخلیه کرونا به سطح روتور چسبیده و باقی می مانند. تا وقتی در انتهای مسیر از روتور جدا می شوند.</p>	<p>عایق</p>

شکل ۳۹- دسته بندی مواد از نظر خاصیت الکتریکی



شکل ۴۰- شکل های شماتیک و واقعی از دستگاه جداکننده الکتریکی فشار قوی (تخلیه کرونا)



شکل ۴۱- دستگاه جدا کننده تخلیه کرونا

استوانه های دوار (روتور) که در صنعت می سازند، به طور متوسط دارای ابعاد کوچک بوده، قطر آنها در حدود ۱۵ سانتی متر و طول آنها، دو متر می باشد. سایر مشخصات این دستگاه ها در جدول زیر آمده است.

جدول ۶

مشخصات دستگاه	اندازه - تعداد
سرعت دوران چرخ استوانه‌ای برای بار معمولی	۵۰ - ۱۵۰ rpm
سرعت دوران چرخ استوانه‌ای برای بار نرم	۴۰۰ دور در دقیقه
بار الکتریکی الکتروود	۲۰ - ۱۲ هزار ولت
ظرفیت دستگاه	۲ - ۱/۵ تن در ساعت
درشتی ذرات بار ورودی	۱/۵ - ۰/۵ میلی متر
حرارت مناسب جهت کار دستگاه	۹۰ - ۸۰ سانتی گراد

دستگاه های جدا کننده الکتریکی

فیلم





پرعیار کردن مواد معدنی با استفاده از جداکننده‌های الکتریکی
 کار عملی ۱: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوه کار دستگاه‌های جداکننده‌های الکتریکی گزارشی تهیه نمایید.
شرح فعالیت: گزارش می‌بایست شامل موارد زیر باشد.
 ۱- نوع دستگاه جداکننده الکتریکی
 ۲- ابعاد و ظرفیت دستگاه
 ۳- ابعاد بار ورودی
 ۴- طرز کار دستگاه‌های جدایش الکتریکی
 مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه.



خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات.

ارزشیابی مرحله‌ای: جدایش به روش میدان الکتریکی و الکترواستاتیکی (پرعیارسازی)

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	پرعیار کردن مواد معدنی در میدان الکتریکی بر اساس باردار کردن دانه‌های مواد معدنی، دسته بندی انواع جداکننده‌های الکتریکی و انتخاب نوع دستگاه مناسب جدایش الکتریکی	بالاتر از حد انتظار	مکان: واحد فراوری تجهیزات: انواع دستگاه‌های مغناطیسی مواد مصرفی: نوشت افزار زمان: ۳۰ دقیقه
۲	پرعیار کردن مواد معدنی در میدان الکتریکی بر اساس باردار کردن دانه‌های مواد معدنی و دسته بندی انواع جداکننده‌های الکتریکی	درست	
۱	پرعیار کردن مواد معدنی در میدان الکتریکی	ناقص	



قبل از آغاز هرگونه فعالیت در کارخانه و یا معدن، کلیه تجهیزات حفاظت فردی مورد نیاز استفاده گردد و سپس با در نظر گرفتن کلیه نکات ایمنی فعالیت مورد نظر آغاز گردد.

یک اپراتور ماشین آلات و تجهیزات معدنی علاوه بر کنترل نحوه انجام فرایند فراوری می بایست کنترل و سرویس های روزانه مورد نیاز دستگاه را نیز انجام دهد. این کنترل و سرویس های روزانه می تواند باعث حفاظت، پیش بینی و پیشگیری از آسیب رسیدن به ماشین آلات و تجهیزات گردد. بنابراین انجام تعمیرات جزئی بخش وسیعی از وظایف اساسی و مهم یک اپراتور یا متخصص دستگاه ها و تجهیزات می باشد. بدون شک موفقیت این بخش از نگهداری و تعمیرات هم عامل کاهش هزینه ها، توقف ها و تعمیرات اساسی بوده و هم موجب افزایش عمر دستگاه ها خواهد بود.

اقدامات لازم جهت رفع معایب و مشکلات تجهیزات

مشکلاتی که برای تجهیزات و دستگاه های فراوری به وجود می آید را می توان به طور کلی به ۳ دسته، مشکلات جزئی، غیراساسی و اساسی (حاد) تقسیم بندی نمود که براین اساس اقدامات لازم برای هر یک تعریف می شود.

جدول ۷- دسته بندی کلی مشکلات و معایب تجهیزات و اقدامات لازم متناسب برای سرویس و نگهداری آنها

اولویت بندی	نوع عیب	اقدام لازم	مثال
جزئی	معایب و مشکلات ساده	این موارد می تواند توسط خود اپراتور رفع گردد.	بستن گاردها، روغن کاری، سفت کردن پیچ ها و اتصالات و ...
غیر اساسی	معایب و مشکلاتی که در کوتاه مدت مشکلی ایجاد نمی کند.	گزارش به سرپرست و ادامه کار	پوسیدگی جزئی در بدنه دستگاه و ایجاد خردگی جزئی در لاینرهای دستگاه
اساسی (حاد)	مشکلات اساسی که می تواند باعث بروز خطرات ایمنی و یا مشکلات فنی اساسی در فرایند فراوری شود.	توقف و یا استارت نکردن دستگاه و ارائه گزارش به سرپرست	وجود نشتی یا شکستگی در مخازن اصلی در دستگاه، تغییر شیب دستگاه، وجود شکستگی اساسی در بدنه دستگاه

ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده در کارخانه های فرآوری از قسمت ها و اجزاء بسیار گسترده و متفاوتی تشکیل شده است اما به طور کلی به لحاظ انجام کنترل و سرویس های روزانه، می توان این بخش ها را به شرح ذیل دسته بندی نمود.

جدول ۸- دسته بندی قسمت های مختلف تجهیزات به لحاظ انجام کنترل و سرویس های روزانه

ردیف	نام قسمت	برخی از اجزاء
۱	شاسی، بدنه و اسکلت دستگاه	شامل بدنه، لاینرها، گاردهای محافظ و ...
۲	سیستم روغنکاری و گریسکاری	شامل گیج های (نشانگرها) روغن، نقاط گریس خور و قسمت هایی که نیاز به روغنکاری دارند.
۳	سیستم های هیدرولیک	شامل پمپ ها، شیلنگ ها و لوله های انتقال انواع روغن و ...
۴	سیستم انتقال قدرت	چرخ دنده ها، تسمه ها، زنجیرها و زنجیر چرخ و ...
۵	سیستم های الکتریکی	شامل کلیدهای قطع و وصل، باتری، دینام، فیوز ها، کابل و سیم ها و ...

این دسته بندی به طور کلی و عمومی ارائه شده است و ممکن است در برخی از تجهیزات و ماشین آلات معدنی و معادن وجود داشته باشند و یا نداشته باشند.

توجه



۱- شاسی، بدنه و اسکلت دستگاه:

اپراتور دستگاه وظیفه انجام بازدیدهای روزانه سطحی از شاسی، بدنه و اسکلت دستگاه را دارد. در این بازدید می بایست موارد زیر مورد توجه قرار گیرد.



شکل ۴۲

آیا می توانید مواردی به آنچه در خصوص کنترل بدنه دستگاه گفته شده بیفزایید؟

بارش فکری





در جدول زیر برخی از معایب ممکن در شاسی، بدنه و اسکلت دستگاه ها و تجهیزات پرعیارسازی بیان شده است. این موارد را در سه دسته معایب و مشکلات جزئی، غیراساسی و اساسی تقسیم بندی نمایید.

جدول ۸ - برخی از معایبی که ممکن است در ساختمان و یا شاسی تجهیزات طبقه بندی و پرعیارسازی در حین کار ایجاد گردد.

<ul style="list-style-type: none"> ■ پاره شدن سیم های سرند ■ جدا شدن سرند از قاب شاسی ■ کج شدن شاسی سرند که باعث تغییر شیب سرند می شود. ■ گرفتگی چشمه های سرند. ■ بزرگ شدن اندازه چشمه های سرند ■ پوسیده شدن شاسی و یا سطح سرند ■ عدم وجود گاردهای محافظ در جای خود ■ ناخوانا بودن علائم هشدار دهنده روی دستگاه 	سرندها
<ul style="list-style-type: none"> ■ پوسیده شدن و یا خوردگی در بدنه دستگاه ■ پارگی و یا فرسوده شدن لاینرها ■ نشستی در بدنه کلاسیفایر ■ شل شدن پیچ ها و اتصالات دستگاه از یکدیگر ■ تغییر شیب دستگاه 	کلاسیفایرها
<ul style="list-style-type: none"> ■ پوسیده شدن و یا خوردگی در بدنه دستگاه ■ پارگی و یا فرسوده شدن لاینرها ■ تغییر شیب دستگاه ■ باز شدن بست ها و اتصالات 	سیکلون ها
<ul style="list-style-type: none"> ■ جابجایی شدن الکتروود دستگاه های الکتریکی ■ تغییر شیب، کج شدگی و یا قُر شدن صفحات و یا درام دستگاه ■ پوسیدگی در بدنه، صفحات و یا درام های دستگاه ■ عدم وجود گاردهای محافظ در جای خود ■ ناخوانا بودن علائم هشدار دهنده روی دستگاه 	جدا کننده های مغناطیسی و الکتریکی

۲- سیستم روغنکاری و گریسکاری

ساده ترین روش مراقبت و جلوگیری از فرسودگی ماشین آلات انجام روغن کاری و گریس کاری قطعات مختلف آنهاست. روغن کاری علاوه بر آنکه دقت و سرعت کار ماشین را تامین می کند طول عمر استفاده از آن را برای

مدت طولانی ممکن می‌سازد. روغنکاری و گریس‌کاری در واقع عملی است که برای کاهش اصطکاک دو سطح یا قطعه مکانیکی با به کار بردن مواد روغنی مناسب صورت می‌گیرد. **روغن‌های صنعتی:** اصولاً روغن‌ها موادی هستند چرب و به طور کلی غیر محلول در آب که دامنه کاربرد وسیعی در صنعت پیدا کرده‌اند. این روغن‌ها از فراورده‌های مهم نفتی بوده که از تصفیه نفت خام و با تقطیر زغال سنگ به دست می‌آیند.

گریس‌ها: گریس‌ها مواد روغنی نیمه جامدی هستند که در صنعت برای روانکاری قطعات استفاده می‌شوند. ویژگی خاص گریس‌ها آن است که در موقع عمل روانکاری نرم هستند و پس از آنکه ساکن می‌مانند دوباره سفت می‌شوند. در نتیجه در محلی که به کار می‌روند مانند روغن‌های سیال چکه نمی‌کنند. گریس‌ها معمولاً مخلوطی از روغن‌ها و صابون هستند که در درجه حرارت بالا تجزیه نمی‌شوند و مزیت خاصی دارند که پس از تزریق به یاتاقان‌ها و خروج از فضای خالی بین آنها مقداری گریس بیرون می‌زند و سخت می‌شود که این امر مانع از ورود گرد و خاک به آن می‌شود.

۳- سیستم‌های هیدرولیک

هیدرولیک مبحثی است که درباره چگونگی انرژی نهفته در مایعات تحت فشار برای انتقال نیرو صحبت می‌کند. بسیاری از تجهیزات صنعتی و معدنی دارای سیستم‌های هیدرولیکی و اجزاء آن می‌باشد با توجه به مزایای خاصی که در سیستم‌های هیدرولیکی قرار دارد دامنه کاربرد آنها روز به روز وسیع‌تر می‌شود. هر سیستم هیدرولیک برای انجام عمل مورد نظر، حفاظت سیستم و کنترل آن به تجهیزاتی نیاز دارد که عبارتند از مخزن روغن، لوله‌های حامل جریان روغن، منبع نیرو یا پمپ و موتورها و شیرهای هیدرولیکی.

جدول ۹- برخی از معایبی که ممکن است در سیستم‌های هیدرولیک تجهیزات طبقه‌بندی و پرعیارسازی در حین کار ایجاد گردد.

<ul style="list-style-type: none"> ■ پارگی شیلنگ‌های روغن سرندهای لرزان ■ پمپ‌های هیدرولیکی به خوبی کار نکنند. 	<p>سرندها</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ جابجایی شدن الکتروود دستگاه‌های الکتریکی ■ تغییر شیب، کج شدگی و یا قُر شدن صفحات و یا درام دستگاه ■ پوسیدگی در بدنه، صفحات و یا درام‌های دستگاه ■ عدم وجود گاردهای محافظ در جای خود ■ ناخوانا بودن علائم هشدار دهنده روی دستگاه 	<p>جدا کننده‌های مغناطیسی و الکتریکی</p>

۴- سیستم انتقال قدرت

به منظور انتقال قدرت به طور مطمئن و اقتصادی از موتور تولید کننده نیرو به سایر قسمت‌های ماشین آلات تجهیزات از سیستم های انتقال قدرت استفاده می‌شود. برخی از مهم ترین این سیستم‌های انتقال قدرت عبارتند از:

جدول ۱۰- سیستم‌های انتقال قدرت

شکل	کاربرد	سیستم های انتقال قدرت
	<p>در شرایطی که فاصله دو محور زیاد و نیرو انتقالی محدود باشد.</p>	<p>چرخ تسمه</p>
	<p>در شرایطی که محیط مرطوب و گرم باشد بجای تسمه از زنجیر چرخ استفاده می شود.</p>	<p>زنجیر چرخ</p>
	<p>در شرایطی که فاصله دو محور کم باشد و نیاز به انتقال قدرت زیادی باشد از چرخ دنده استفاده می‌شود.</p>	<p>چرخ دنده</p>

جدول ۱۱ - برخی از معایبی که ممکن است در سیستم های انتقال قدرت در تجهیزات طبقه بندی و پرعیار سازی در حین کار ایجاد گردد.

سرندها	<ul style="list-style-type: none"> ■ شل شدن تسمه ■ پاره شدن و یا دنده دنده شدن تسمه
جدا کننده های مغناطیسی و الکتریکی	<ul style="list-style-type: none"> ■ شکستن و یا ساییده شدن چرخ دنده ها ■ پارگی و یا شل شدن تسمه ها

۵- سیستم های الکتریکی

بسیاری از وسایل و تجهیزات صنعتی و معدنی با استفاده از سیستم های الکتریکی کار می کنند. برخی از مهم ترین تجهیزات سیستم های الکتریکی مورد استفاده در ماشین آلات پرعیار سازی عبارتند از: باتری، دینام، فیوز و کلیدها، الکتروموتور، سیم و کابل و ...

در جدول ۱۲، برای هر یک از ماشین آلات پرعیار سازی، معایب و مشکلاتی که فکر می کنید ممکن است در سیستم های الکتریکی شان به وجود آید را بنویسید.

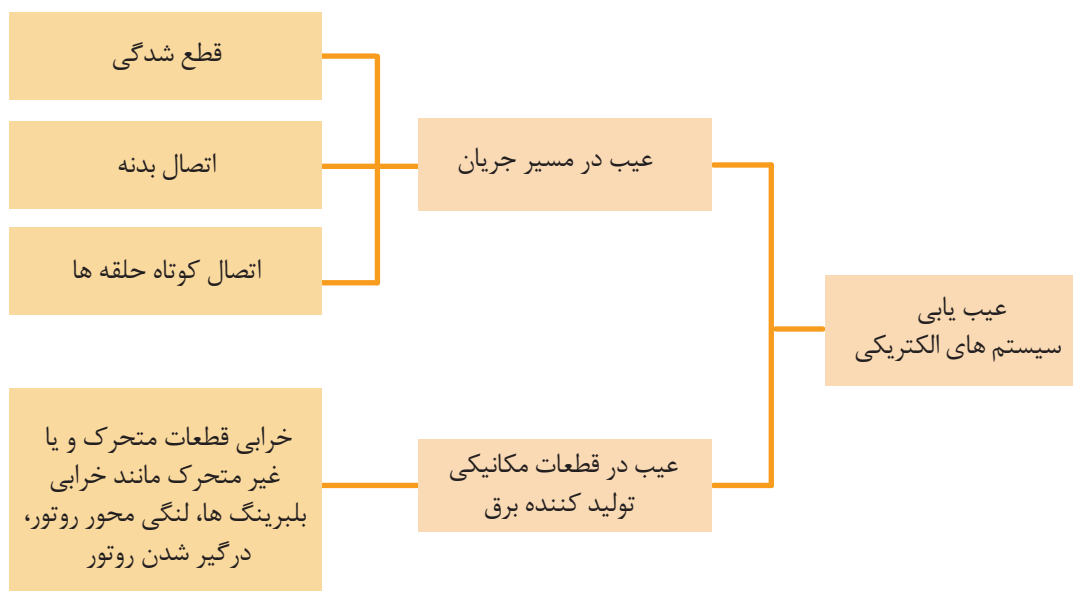
بارش
فکری



جدول ۱۲ - برخی از معایبی که ممکن است در ساختمان و یا شاسی تجهیزات طبقه بندی و پرعیار سازی در حین کار ایجاد گردد.

سرندها	
کلاسیفایرها	
سیکلون ها	
جدا کننده های مغناطیسی و الکتریکی	

برای تشخیص عیب در سیستم‌های الکتریکی روش‌های مختلفی وجود دارد. برخی عیب‌ها را فقط با مشاهدات عینی می‌توان تشخیص داد و تعدادی دیگر را از روی تغییر خصوصیات الکتریکی و عده‌ای را با صدای مخصوصی که در هنگام کار تولید می‌کند تشخیص می‌دهند. به‌طور کلی هر وسیله الکتریکی می‌تواند دو عیب عمده پیدا کند:



شکل ۴۳- عیب‌یابی سیستم‌های الکتریکی

انجام عملیات سرویس و نگهداری ماشین‌آلات و تجهیزات جدایش فیزیکی مواد معدنی
 کار عملی ۱: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوه نگهداری تجهیزات پرعیارسازی توسط اپراتور دستگاه گزارشی تهیه نمایید.

شرح فعالیت:

گزارش می‌بایست شامل نگهداری موارد زیر باشد.

- ۱- شاسی، بدنه و اسکلت دستگاه
 - ۲- سیستم روغنکاری و گریسکاری
 - ۳- سیستم‌های هیدرولیک
 - ۴- سیستم انتقال قدرت
 - ۵- سیستم‌های الکتریکی
- مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی

فعالیت
کارگاهی



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه

نکات
ایمنی





خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات.

ارزشیابی مرحله‌ای: سرویس و نگهداری دستگاه‌های جدایش فیزیکی مواد معدنی

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	کنترل ۱- شاسی، بدنه و اسکلت دستگاه، ۲- سیستم روغنکاری و گریسکاری، ۳- سیستم‌های هیدرولیک، ۴- سیستم انتقال قدرت، ۵- سیستم‌های الکتریکی و تفکیک معایب جزئی، غیراساسی و اساسی تجهیزات پرعیارسازی با رعایت کلیه نکات ایمنی و رفع عیب معایب جزئی.	بالاتر از حد انتظار	مکان: کارگاه تجهیزات: انواع دستگاه‌های جدایش فیزیکی مواد مصرفی: گریس و روغن و قطعات یدک زمان: ۳۰ دقیقه
۲	کنترل ۱- شاسی، بدنه و اسکلت دستگاه، ۲- سیستم روغنکاری و گریسکاری، ۳- سیستم‌های هیدرولیک، ۴- سیستم انتقال قدرت، ۵- سیستم‌های الکتریکی و تفکیک معایب جزئی، غیراساسی و اساسی تجهیزات پرعیارسازی.	درست	
۱	کنترل ۱- شاسی، بدنه و اسکلت دستگاه، ۲- سیستم روغنکاری و گریسکاری، ۳- سیستم‌های هیدرولیک، ۴- سیستم انتقال قدرت، ۵- سیستم‌های الکتریکی.	ناقص	

ارزشیابی شایستگی‌های غیر فنی و ایمنی و بهداشت و توجهات زیست‌محیطی

نمره	نمره‌دهی	نتایج ممکن	شرایط عملکرد
۳	-	-	مکان: کارگاه
۲	دقت- صحت- مسئولیت پذیری در انجام کارها	قابل قبول	تجهیزات: انواع دستگاه‌های جدایش فیزیکی مواد مصرفی: گریس و روغن و قطعات یدک
۱	عدم توجه به موارد فوق	ناقص	زمان: ۳۰ دقیقه



شرح کار:

۱- راه اندازی انواع سرندها- کلاسیفایرها- هیدروسیکلون ها و سیکلون ها - نوار مغناطیسی و نوار الکترواستاتیکی و الکتریکی طبق دستورالعمل های مربوطه- کنترل بار ورودی و خروجی مناسب - کنترل زاویه بار ورودی- نحوه توزیع بار مناسب به دستگاه- کنترل دبی هوا و یا آب ورودی به دستگاهها

۲- روغن و گریس کاری قطعات - تعویض قطعات مستهلک دستگاه های فوق الذکر

استاندارد عملکرد:

جدایش فیزیکی مواد معدنی از طریق سرندها، کلاسیفایرها، سیکلون ها و هیدروسیکلون ها، جداکننده های مغناطیسی، جداکننده های الکترو استاتیکی و الکتریکی در چارچوب دستورالعمل های مربوطه در هر مرحله

شاخص ها:

طرز کار با انواع دستگاه های جدایش فیزیکی
سرویس و نگهداری انواع دستگاه های جدایش فیزیکی

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

فضای کار: کارخانه فرآوری
تجهیزات: انواع (سرندها، کلاسیفایرها، هیدروسیکلون ها و سیکلون ها، جداکننده های (مغناطیسی- الکترواستاتیکی و الکتریکی- ابزار آلات)
مواد مصرفی: گریس- روغن- قطعات یدکی دستگاه های فوق الذکر
زمان: ۱۲۰ دقیقه

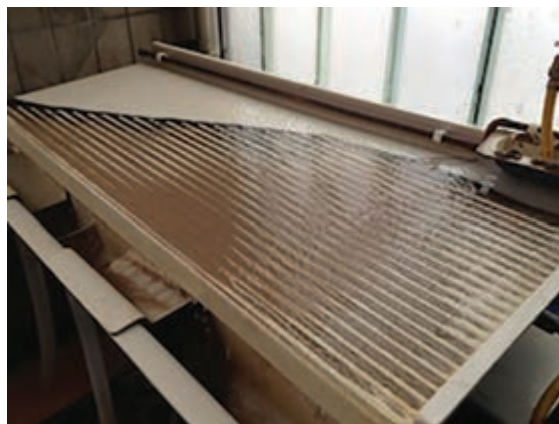
معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	جداسازی به وسیله سرندها	۲	
۲	جداسازی به وسیله کلاسیفایرها، مایعات سنگین و واسطه سنگین	۱	
۳	جداسازی به وسیله سیکلون ها و هیدرو سیکلون ها	۱	
۴	جداسازی به روش مغناطیسی	۱	
۵	جدا سازی به روش میدان الکتریکی و الکترواستاتیکی	۱	
۶	سرویس دستگاه های جدایش فیزیکی	۱	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: موارد ایمنی، دقت- صحت- مسئولیت پذیری.	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.

پودمان ۳

عملیات جدایش در جریان‌ها



پرعیارسازی مواد معدنی با استفاده از تجهیزات جدایش در جریان‌ها یکی از روش‌های ساده جهت جدایش مواد با اختلاف وزن مخصوص است که از گذشته به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گرفته و به تدریج و با گذشت زمان و به کمک مهندسين، تجهیزاتی در این زمینه طراحی و به کار گرفته شده است که می‌تواند به صورت صنعتی و در کارخانه‌های فراوری مواد معدنی و علاوه بر آن در بسیاری دیگر از صنایع مورد استفاده قرار گیرد. اما مهم‌ترین عامل در کار با این دستگاه‌ها توانایی تنظیم و به کارگیری صحیح این دستگاه‌هاست تا بتوان بیشترین و پرعیارترین محصول را از آنها به دست آورد که این امر نیاز به یک اپراتور کارآزموده، کار بلد و با دقت را در کنار تجهیزات نشان می‌دهد.

جدایش در جریان‌ها

مقدمه

جدایش در جریان‌ها شامل تجهیزات: انواع جیگ‌ها و میزهای لرزان است که کار جدایش مواد معدنی از باطله را انجام می‌دهند و عملیات پرعیارسازی مواد معدنی در این مبحث آموزش داده می‌شود.

استاندارد عملکرد

■ انجام عمل کانه آرایبی با به‌کارگیری ماشین‌آلات جیگ، میز و طبق جداول و دستورالعمل‌های مربوط با دقت ۹۰ درصد.

پیش‌نیاز و یادآوری

جدایش در جریان عمودی و انواع جیگ‌ها

اگر بین دو ماده معدنی اختلاف وزن مخصوص مشخصی وجود داشته باشد، برای پرعیارسازی و جدایش آنها از هم می‌توان از دو روش استفاده نمود که عبارت‌اند از:

۱ جدایش در جریان آب (جدایش ثقلی): که به‌طور گسترده در صنایع معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲ جدایش توسط مایعات سنگین (DMS^۱): که در حال حاضر در مقیاس صنعتی کاربرد کمی دارد.

انواع تجهیزات جدایش در جریان‌ها و کاربردهای آنها عبارت‌اند از:

جدول ۱- انواع تجهیزات جدایش در جریان‌ها و کاربردهای آنها

تجهیزات	محدوده ابعادی کار دستگاه	کاربردهای معمول
جیگ زغال سنگ	۴۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر (۱/۶ تا ۸ اینچ)	زغال سنگ
جیگ کانی‌ها	۷۵ میکرون تا ۶ میلی‌متر (۳/۵ مش)	طلا، کروم و گالن
مارپیچ همفری	۷۵ میکرون تا ۱ میلی‌متر برای مواد سبک (۱۶ مش) ۷۵ میکرون تا ۰/۵ میلی‌متر مواد سنگین (۳۲ مش)	زغال سنگ، ماسه‌های ساحلی، آهن کاسیتیریت
میز لرزان	از ۵۰ میکرون تا ۲ میلی‌متر (۹ مش)	قلع، مس، طلا، سرب، روی و تنگستن

جیگ

به‌طور کلی جیگ ظرف روبازی است پر از آب (به استثنای جیگ هوایی) که به وسیله یک سرند افقی به دو قسمت تقسیم شده است. بار ورودی از دریچه فوقانی یک سمت جیگ وارد می‌شود و از دریچه دیگر قسمت فوقانی جیگ مواد سبک سرریز می‌شوند، و دریچه قسمت تحتانی نیز برای تخلیه مواد سنگین پیش‌بینی شده است.

مکانیزم جدایش در جیگ‌ها

اگر بخواهیم نحوه جدایش ثقلی مواد در جیگ‌ها را به‌طور خلاصه بیان کنیم می‌توان گفت که با استفاده از تزریق آب با فشار، یا دمش هوا، و یا حرکت پیستون و دیافراگم؛ در داخل محفظه جیگ یک حرکت نوسانی در آب (یا هوا) ایجاد می‌شود که باعث ایجاد جهش و کشش بر روی مواد شده و در نتیجه موجب جدایش مواد بر اساس وزن مخصوص می‌شود.

توجه



مکانیزم جدایش مواد در جیگ ها به تفصیل در کتاب دانش فنی تخصصی آمده است.

بارش
فکری

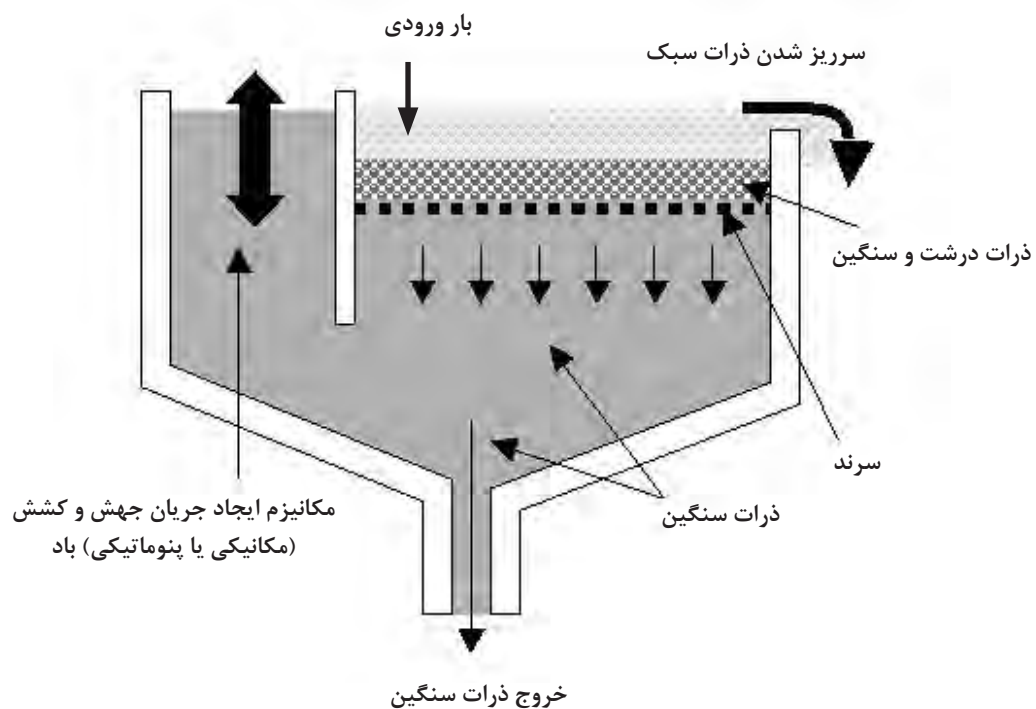


در خصوص مکانیزم حرکت کشش و جهش در جیگ ها تحقیق کنید و نتایج را در کلاس درس ارائه نمایید.

فیلم



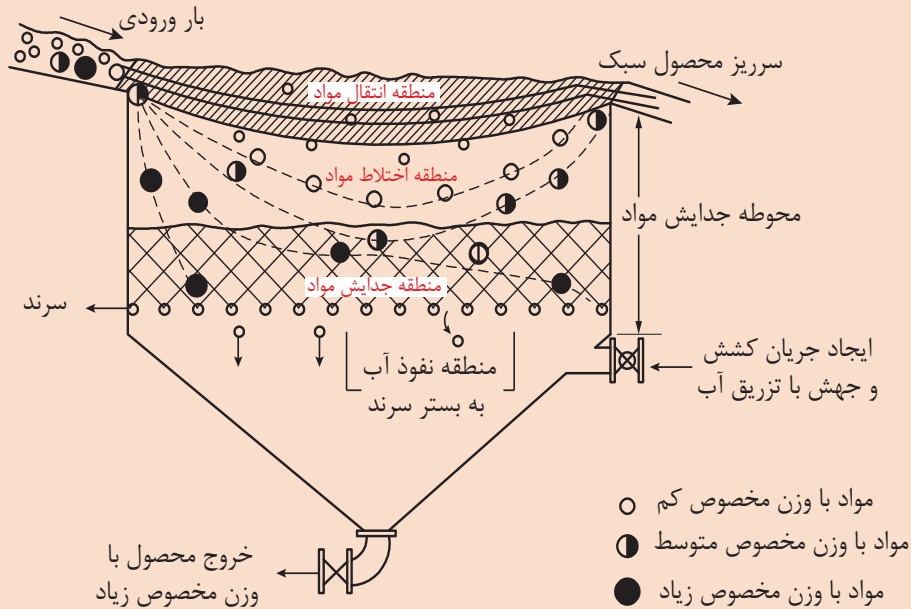
مکانیزم جدایش ثقلی در جیگ



شکل ۱- مکانیزم جدایش ثقلی در جیگ



در شکل ۲ یکی از انواع جیگ‌ها نشان داده شده است، با توجه به آن، مکانیزم کار جیگ را بیان کنید.



شکل ۲- مکانیزم کار جیگ

انواع جیگ

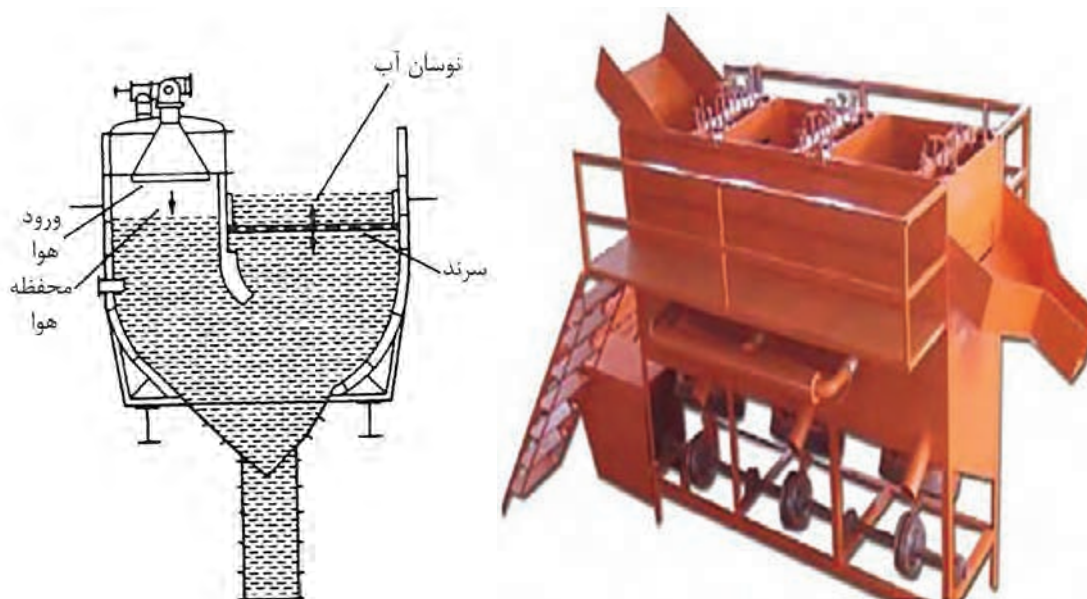
برخی از پرکاربردترین انواع جیگ در صنایع معدنی عبارت‌اند از:

۱- جیگ بوم^۱

از بین انواع جیگ‌هایی که در آرایش زغال سنگ مورد استفاده قرار گرفته‌اند، جیگ بوم دارای بیشترین کاربرد است. در این جیگ حرکت نوسانی توسط هوای فشرده از طریق یک اتاق هوا ایجاد می‌شود و در هر سیکل پس از خاتمه حرکت جهشی، دانه‌ها تحت نیروی ثقل ته نشین می‌شود و حرکت کششی در آن وجود ندارد برای این منظور می‌توان از یک جریان آب استفاده کرد و یا هوای دمیده شده را به آرامی خارج نمود.

جدول ۲- مشخصات جیگ بوم

کاربرد	نحوه جمع‌آوری محصول		نوسانات		محدوده ابعادی کار دستگاه	مکانیزم ایجاد جهش
	از زیر سرنده	از روی سطح سرنده	فرکانس (سیکل بر دقیقه)	دامنه (میلی متر)		
زغال شویی		✓	۶۰ تا ۳۰	۳۰ تا ۴	۲۰۰ تا ۵ میلی متر	هوا



شکل ۳- جیگ بوم

نحوه کار جیگ

فیلم



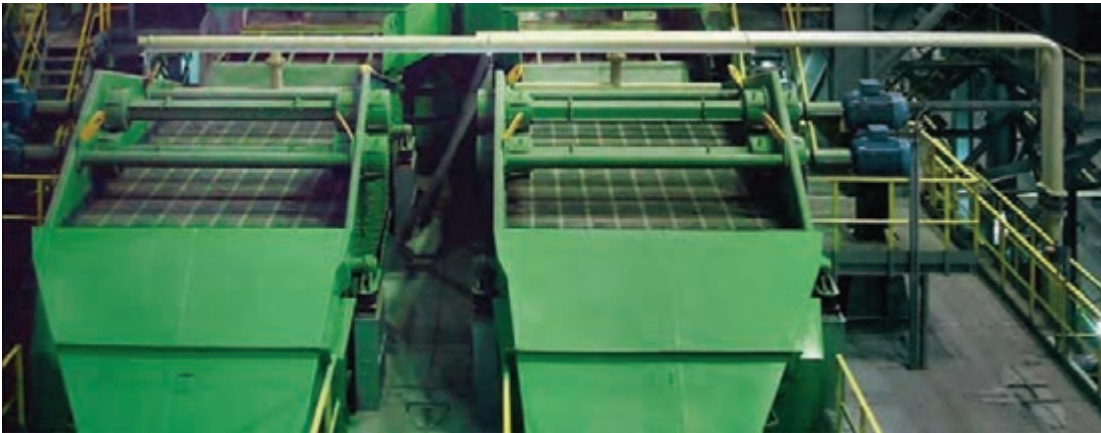
۲- جیگ باتاک^۱

با توجه به اینکه در جیگ بوم نیرویی که ایجاد لایه بندی در سطح سرنده می کند در یک طرف جیگ قرار دارد؛ توزیع آن در عرض سرنده غیریکنواخت است و بر روی لایه بندی تاثیر می گذارد و باعث کاهش بازدهی عملیات می شود. لذا اصلاحات مؤثری در طراحی آن داده شده است که نتیجه آن جیگ باتاک می باشد. این جیگ نیز با هوا کار می کند ولی در ساختمان آن به جای یک محفظه هوا در یک سوی جیگ، در هر یک از سلول های جیگ یک محفظه هوا پیش بینی شده است. بدین ترتیب هوا به طور یکنواخت توزیع می شود. در این نوع جیگ برای تنظیم هوا از یک سیستم کنترل الکترونیکی استفاده شده است و بدین ترتیب امکان قطع و وصل سریع هوا وجود دارد. با تنظیم شیرهای ورودی و خروجی می توان فرکانس و دامنه حرکت جهشی را تغییر داد.

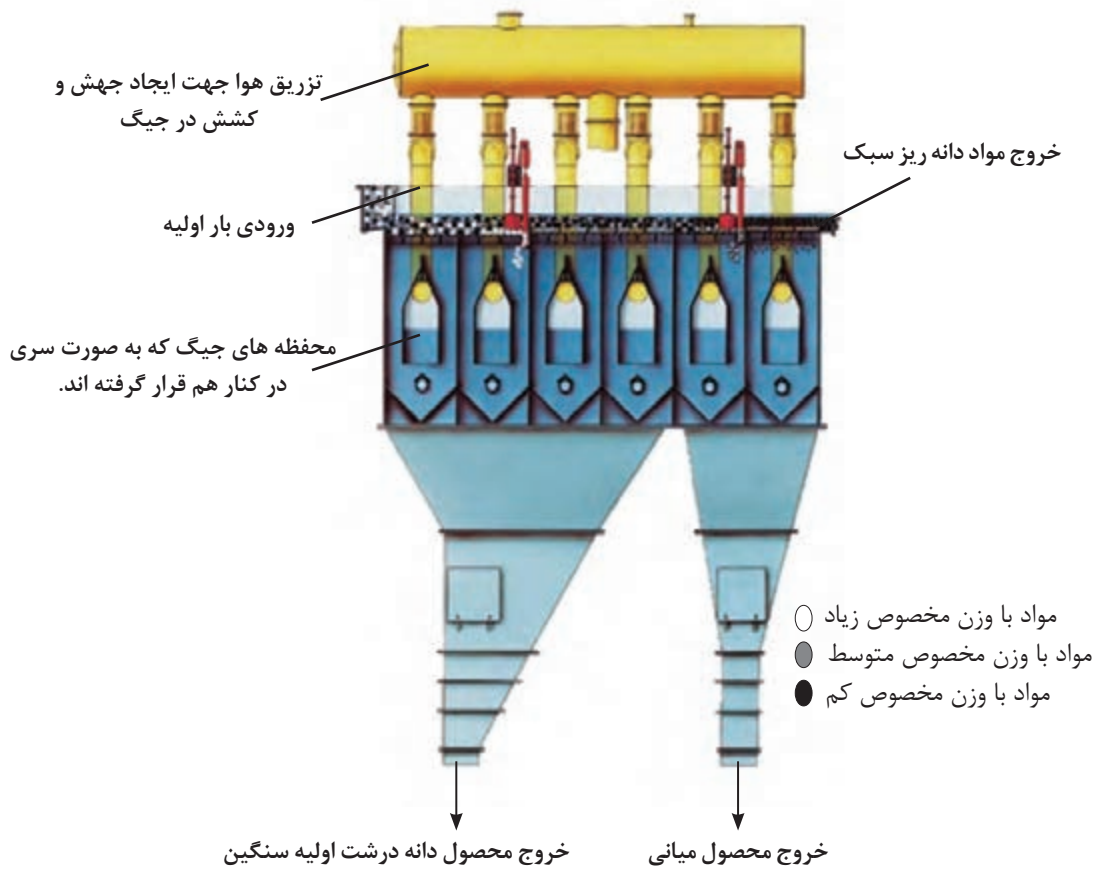
جدول ۳- مشخصات جیگ باتاک

کاربرد	نحوه جمع آوری محصول		نوسانات		محدوده ابعادی کار دستگاه	مکانیزم ایجاد جهش
	از زیر سرنده	از روی سطح سرنده	فرکانس (سیکل بر دقیقه)	دامنه (میلی متر)		
زغال شویی		✓	۴۰ تا ۶۰	۳۰ تا ۶۰	۵ تا ۱۰۰ میلی متر	هوا

۱- Batac Jig



شکل ۴- جیگ باتاک



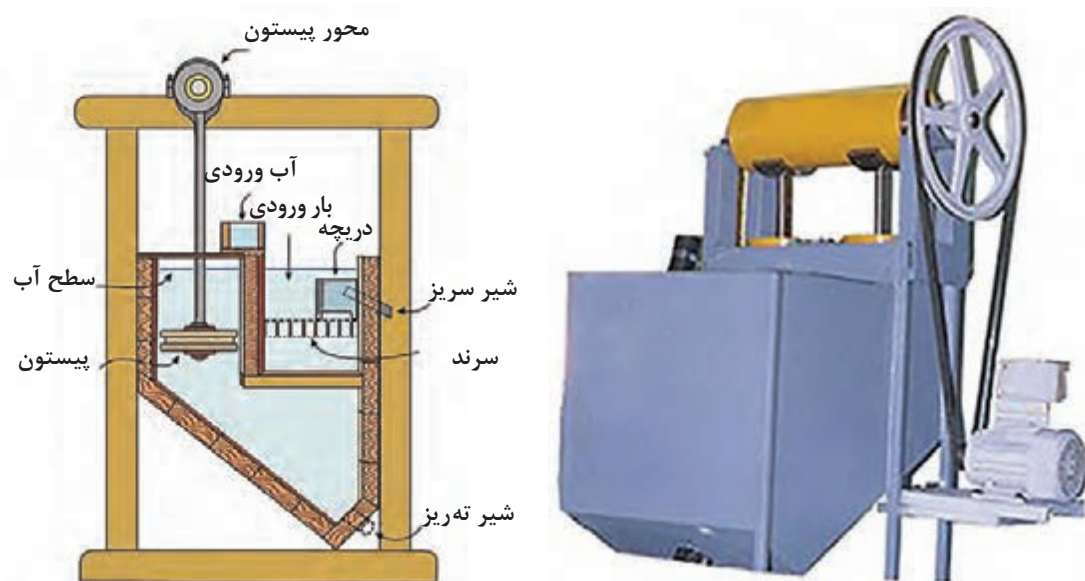
شکل ۵- شماتیک جیگ باتاک

۳- جیگ هارتز^۱

یکی از قدیمی ترین انواع جیگ است که هنوز مورد استفاده قرار می گیرد. در این جیگ حرکت نوسانی آب توسط پیستونی که نیمی از سطح جیگ را اشغال کرده است تأمین می شود. در این جیگ ابعاد بار اولیه کوچک تر از چشمه های سرند است. دانه های سنگین از سرند عبور می کنند و به تدریج در قسمت تحتانی جیگ انباشته می شوند. این دانه ها را می توان با باز کردن شیر ته ریز به تناوب بدون آنکه در سطح آب داخل جیگ تغییر حاصل شود تخلیه نمود. مواد دارای وزن مخصوص کم نیز از سر ریز دستگاه خارج می شوند.

جدول ۴- مشخصات جیگ هارتز

کاربرد	نحوه جمع آوری محصول		نوسانات		محدوده ابعادی کار دستگاه	مکانیزم ایجاد جهش
	از زیر سرند	از روی سطح سرند	فرکانس (سیکل بر دقیقه)	دامنه (میلی متر)		
کانی های فلزی، غیرفلزی		✓	۴۰۰ تا ۱۰	۸۰ تا ۵	۳۵ تا ۰/۵ میلی متر	پیستونی



شکل ۶- جیگ هارتز

۱- Harz Jig

۴- جیگ دنور^۱

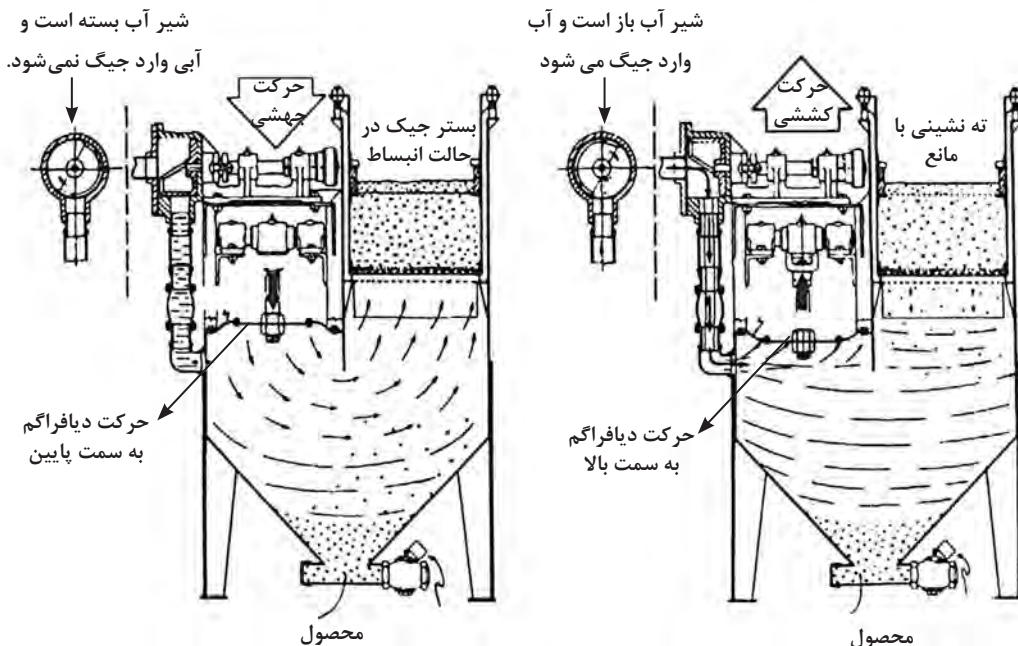
حرکت نوسانی در این جیگ توسط یک دیافراگم ایجاد می‌شود. این جیگ مجهز به یک شیر آب است که با باز و بسته شدن آن و حرکت دیافراگم، حرکات کششی و جهشی تنظیم می‌شود. نحوه کار جیگ دنور بدین صورت است که:

■ **حرکت جهشی:** هنگام ایجاد حرکت جهشی توسط دیافراگم، شیر بسته است و مواد بر روی سردند با فشار آب به سمت بالا حرکت کرده و مواد دارای وزن مخصوص کم از سرریز خارج می‌شوند.

■ **حرکت کششی:** در هنگام ایجاد حرکت کششی شیر آب باز است و مواد دارای وزن مخصوص زیاد با ایجاد حرکت کششی از زیر سردند خارج و توسط آب تازه شسته شده و در نهایت از ته ریز خارج می‌شوند. دقت جدایش در این جیگ زیاد است.

جدول ۵- مشخصات جیگ دنور

کاربرد	نحوه جمع‌آوری محصول		نوسانات		محدوده ابعادی کار دستگاه	مکانیزم ایجاد جهش
	از زیر سردند	از روی سطح سردند	فرکانس (سیکل بر دقیقه)	دامنه (میلی‌متر)		
کانی‌های سنگین	✓		۲۰۰ تا ۱۲۵	۳۰ تا ۱۰	۲۵ تا ۵/۲۵ میلی‌متر	دیافراگمی



شکل ۷- نحوه حرکت مواد در جیگ دنور

۱- Denver Jig

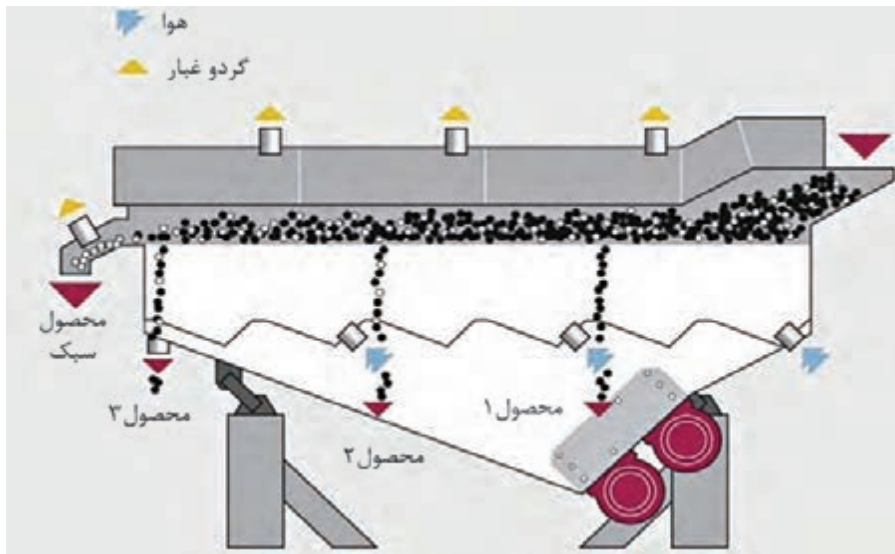
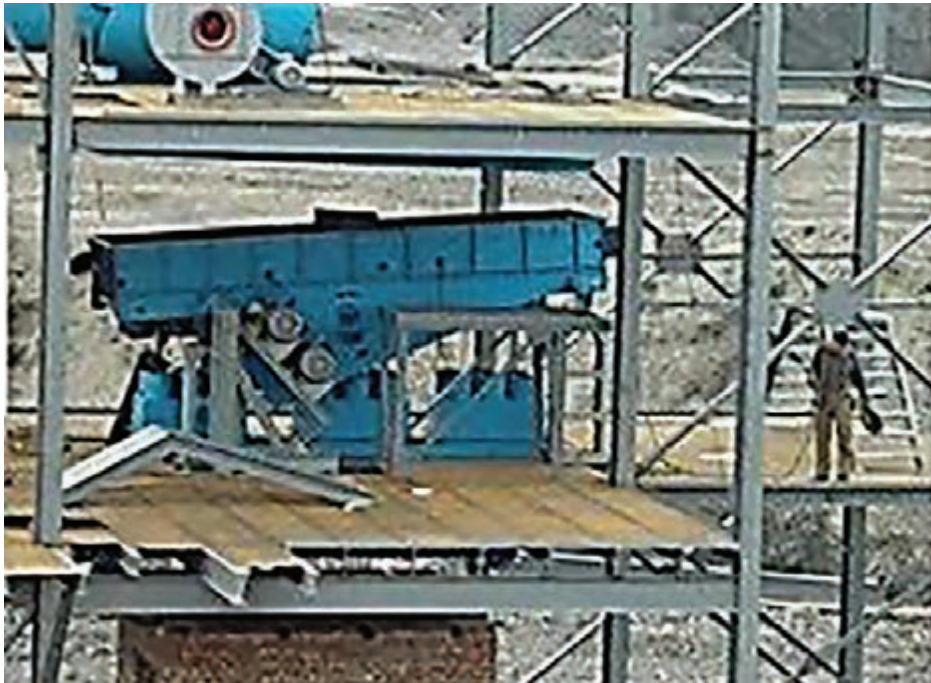


شکل ۸- جیگ دنور

۵- جیگ هوایی^۱

یکی دیگر از انواع جیگ، جیگ هوایی است. اصول کار این جیگ مشابه جیگ‌های آبی است با این تفاوت که سیال مورد استفاده در آن هوا است. بار اولیه با دبی مناسب بر روی جیگ منتقل می‌شود. هوای فشرده از قسمت تحتانی جیگ توسط شیر دواری به تناوب به داخل جیگ دمیده می‌شود و از زیر سرند در لایه مواد نفوذ می‌کند بدین ترتیب مواد بر روی سرند تحت تأثیر حرکت نوسانی به وجود آمده بر مبنای چگالی طبقه‌بندی شده و از محل‌های مربوطه تخلیه می‌شود. از این جیگ در مناطق کویری و کم آب استفاده می‌شود.

۱- Pneumatic jig

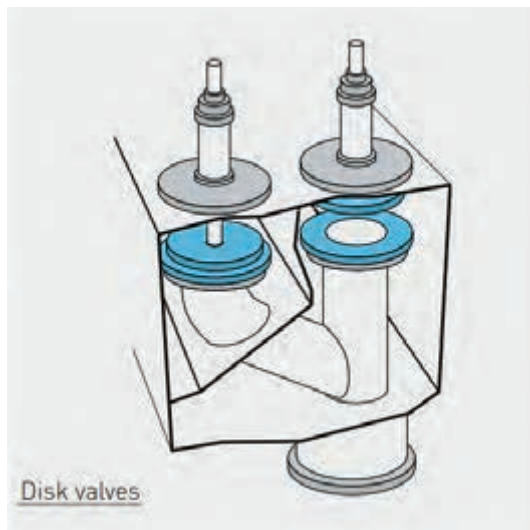


شکل ۹- شکل شماتیک و واقعی جیگ هوایی

ایجاد جریان قطع و وصل

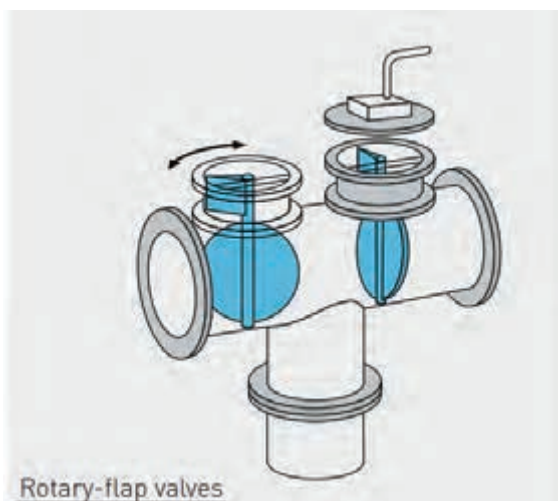
امروزه در کارکرد جیگ‌ها، کنترل دقیق قطع و وصل جریان آب و یا هوای ورودی از اهمیت بسیار برخوردار است. شیرهای دیسکی و دورانی ابزارهایی هستند که به طور گسترده برای ایجاد جریان قطع و وصل سیال در جیگ‌ها استفاده می‌شوند.

شیرهای دیسکی: این شیرها از صفحات دیسک مانند تشکیل شده‌اند که با جداسدن و روی هم قرار گرفتن این دیسک‌ها جریان نوسانی ایجاد می‌گردد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ - شیرهای دیسکی

شیرهای دورانی: این شیرها دارای صفحاتی هستند که در حول یک محور می‌چرخند و با این چرخش قطع و وصل جریان سیال را انجام می‌دهند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ - شیرهای دورانی

اپراتوری جیگ

۱- اقدامات قبل از شروع به کار

- قبل از شارژ مخزن دستگاه و پیش از شروع جداسازی، از بسته بودن شیر مخزن آب اطمینان حاصل شود.
- از تماس آب با سیستم‌های برقی دستگاه به شدت پرهیز شود.
- همیشه قبل از شروع به کار می‌بایست کلیه شیرهای مخزن دستگاه بسته باشد.
- تمامی اتصالات برقی دستگاه چک شود تا قطع شدگی نداشته باشد.
- مطمئن شوید علائم ایمنی دستگاه در جای خود نصب شده و قابل رؤیت باشد.

۲- اقدامات هنگام شروع کار

- ابتدا مخزن دستگاه آبیگری شود و سپس مقدار نوسان و دیگر پارامترهای دستگاه چک و تنظیم شود.
- تمامی اتصالات و بدنه دستگاه کنترل شود تا نشتی و یا شکستگی نداشته باشد.
- پس از آبیگری و کنترل کامل دستگاه می‌توان باردهی را آغاز کرد.

۳- اقدامات حین کار

- دستگاه پس از آبیگری و تنظیم مقدار نوسان و دیگر پارامترها، روشن می‌شود.
- پایه‌های دستگاه می‌بایست کاملاً ثابت باشند و در هنگام کار، دستگاه نمی‌بایست دارای هیچگونه لرزش و ارتعاشی باشد.
- سپس می‌توان باردهی را آغاز کرد.
- شیرهای خروج محصول و باطله را کنترل نمایید.
- محصول و باطله خروجی به طور مرتب کنترل گردد.
- مواد روی سرنده جیگ می‌بایست به طور مرتب کنترل شود.
- نمونه‌گیری از بار ورودی، باطله و محصول جیگ می‌بایستی به طور مرتب انجام شود.
- میزان عیار بار ورودی به جیگ‌ها نمی‌بایست بدون هماهنگی با سرپرست تغییر کند.

۴- اقدامات زمان توقف

- در هنگام توقف می‌بایست بار ورودی قطع گردد تا کلیه مواد طبقه بندی و از مخزن دستگاه خارج شود.
- کلیه شیرهای ورودی به دستگاه بسته شود.
- آب باقی‌مانده در مخزن توسط شیرهای خروجی دستگاه تخلیه گردد.
- کلیه شیرهای خروجی دستگاه بسته شود.



پرعیار کردن مواد معدنی با استفاده از دستگاه جیگ

کار عملی ۱: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوه کار جیگ ها گزارشی تهیه نمایید.
شرح فعالیت: گزارش می بایست شامل موارد زیر باشد.

- ۱- نوع جیگ
 - ۲- موقعیت قرارگیری جیگ در مدار فراوری
 - ۳- ابعاد و ظرفیت جیگ
 - ۴- ابعاد بار ورودی
 - ۵- نحوه جداسازی مواد در جیگ
 - ۶- نحوه و دستورالعمل اپراتوری جیگ ها
- مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه.



خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات.

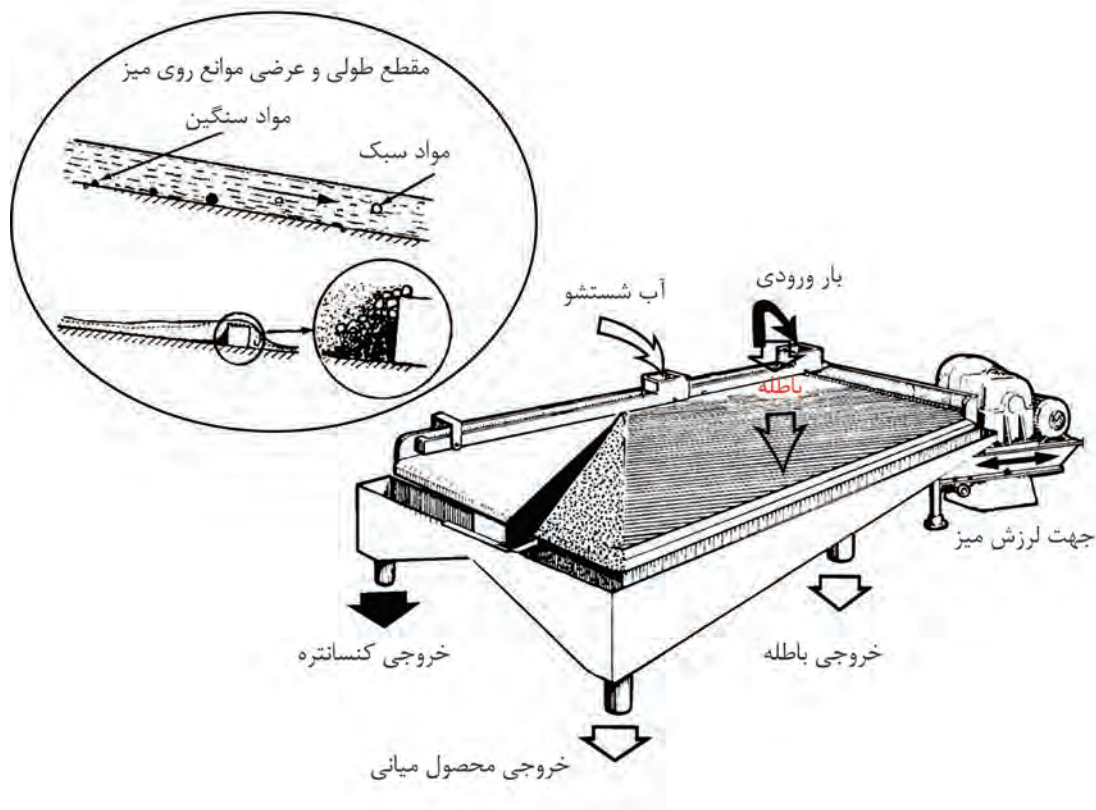
ارزشیابی مرحله ای: جدایش در جریان عمودی

نمره	استاندارد (شاخص ها/داوری / نمره دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	اپراتوری دستگاه جیگ، انواع جیگ ها و مکانیزم جدایش مواد در آنها	بالاتر از حد انتظار	مکان: کارخانه فراوری تجهیزات: انواع جیگ مواد مصرفی: گریس، روغن، قطعات یدکی زمان: ۵۰ دقیقه
۲	کار با انواع جیگ بر اساس دستورالعمل	درست	
۱	کار با دستگاه ها بدون توجه به دستورالعمل	ناقص	

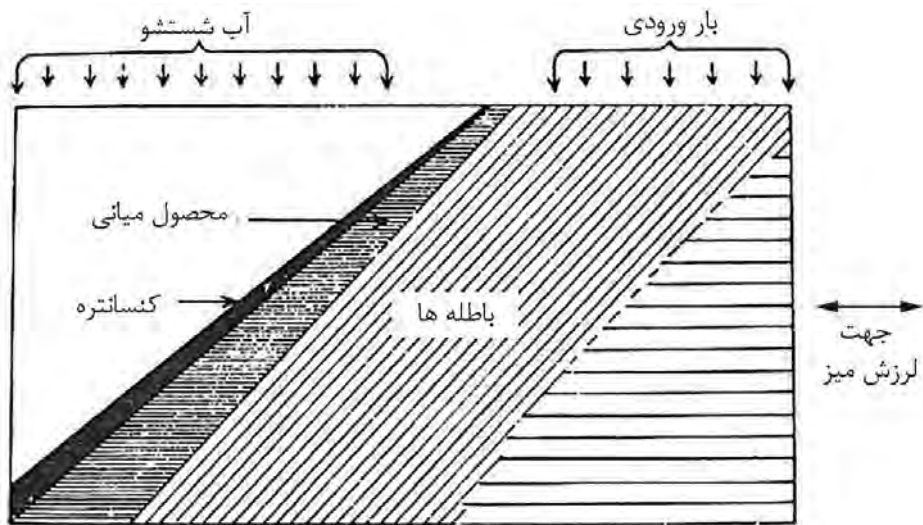
جدایش در جریان افقی و انواع میزهای لرزان

از میز برای پرعیارسازی مواد دانه ریز و در بعضی موارد پرعیارسازی موادی که با سایر روش‌های ثقلی پر عیار نشده‌اند استفاده می‌شود. همچنین از میز به عنوان یک روش پیش فرآوری برای بعضی نمونه‌ها مانند آهن، منگنز و سرب و روی و... استفاده می‌شود.

میز از یک سطح شیب‌دار تشکیل شده است که بر روی آن تعدادی مانع وجود دارد. در امتداد طول میز جریان آبی عمود بر جهت لرزش میز وجود دارد. مواد معدنی از گوشه بالایی میز وارد آن می‌شوند. براین اساس مواد سنگین با توجه به وزن مخصوص خود در کف میز قرار گرفته و نمی‌توانند از موانع عبور کنند. اما مواد سبک به کمک جریان آب از موانع عبور کرده و به قسمت باطله منتقل می‌شوند. مواد سنگین که در پشت موانع روی میز قرار گرفته‌اند در اثر لرزش میز به جلو رانده شده و در نهایت از قسمت کنسانتره خارج می‌شوند.



شکل ۱۲- قسمت‌های مختلف میز لرزان



شکل ۱۳- مسیر حرکت کنسانتره، محصول میانی و باطله بر روی میز لرزان



شکل ۱۴- میز لرزان

نحوه کار میز لرزان

فیلم



جدول ۶- ویژگی‌ها و خصوصیات میز لرزان

مکانیزم جدایش	جدایش ثقلی با استفاده از جریان نازک لایه آب
مشخصات بار اولیه	حداکثر ابعاد : برای زغال ۲ سانتی‌متر و برای سایر مواد ۱۰ مش حداقل ابعاد : ۳۲۵ مش
درصد جامد بار ورودی	حدود ۲۵٪
فرکانس لرزش	۲۴۰ تا ۳۲۵ نوسان در دقیقه
دامنه حرکت نوسانی	۱۰ تا ۲۵ میلی‌متر
کاربردها	برای شستشوی زغال و پرعیارسازی کانی‌های غیرسولفیدی از جمله زغال سنگ، طلا، باریت، ماسه‌های ساحلی، کرومیت، گارنت، آهن، منگنز، میکا، فسفات و پتاس، تانتالیوم، قلع و تیتانیوم، زیرکن و تنگستن

اپراتوری میز لرزان

۱- اقدامات قبل از شروع به کار

- قبل از شروع به کار می‌بایست ابتدا درصد جامد مناسب خوراک میز را کنترل نماییم.
- از تماس آب با سیستم‌های برقی دستگاه به شدت پرهیز شود.
- تمامی اتصالات برقی دستگاه چک شود تا قطع شدگی نداشته باشد.
- مطمئن شوید علائم ایمنی دستگاه در جای خود نصب شده و قابل رؤیت باشد.

۲- اقدامات هنگام شروع کار

- میز لرزان را روشن و فرکانس میز و دامنه نوسان، تنظیم و اندازه‌گیری شود.
- شیب عرضی و طولی میز، تنظیم و اندازه‌گیری شود.
- دبی آب شستشو، تنظیم و اندازه‌گیری شود.
- ظرف‌های جمع‌آوری نمونه، در سر جایشان قرار گیرد.

۳- اقدامات حین کار

- پایه‌های دستگاه می‌بایست کاملاً ثابت باشد و در هنگام کار، دستگاه نمی‌بایست دارای هیچ‌گونه لرزش و ارتعاشی باشد.
- نمونه پالپ را توسط پمپ به درون مخزن میز در گوشه بالای میز هدایت می‌کنیم.
- نمونه‌گیری از بار ورودی، باطله و محصول جیگ می‌بایستی به طور مرتب انجام شود.
- خوراک‌دهی برای نمونه پالپ و یا نمونه جامد می‌بایست مطابق با طراحی‌های انجام شده باشد و ایجاد هرگونه تغییر در آن ممنوع است.

۴- اقدامات زمان توقف

- در هنگام توقف می بایست بار ورودی قطع گردد تا کلیه مواد معدنی از روی میز لرزان خارج شود.
- کلیه شیرهای آب شستشو بسته شود.
- آب باقی مانده روی میز تخلیه گردد.

فعالیت
کارگاهی



کار عملی عملیات پرعیار سازی به وسیله میز لرزان

کار عملی ۱: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوه کار میز لرزان گزارشی تهیه نمایید.
شرح فعالیت:

گزارش می بایست شامل موارد زیر باشد.

- ۱- موقعیت قرارگیری میز لرزان در مدار فراوری
 - ۲- ابعاد و ظرفیت میز لرزان
 - ۳- نوع ماده معدنی و ابعاد بار ورودی
 - ۴- نحوه جداسازی مواد
 - ۵- نحوه و دستورالعمل اپراتوری میز لرزان
- مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی

نکات
ایمنی



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه.

اخلاق
حرفه‌ای



خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات.

ارزشیابی مرحله‌ای: جدایش در جریان افقی

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	اپراتوری میز لرزان، مکانیزم جدایش مواد در آنها	بالاتر از حد انتظار	مکان: کارخانه فراوری تجهیزات: میز لرزان مواد مصرفی: گریس، روغن، قطعات یدکی زمان: ۵۰ دقیقه
۲	کار با میز لرزان بر اساس دستورالعمل	درست	
۱	کار با دستگاه‌ها بدون توجه به دستورالعمل	ناقص	

سرویس و نگهداری دستگاه‌های جدایش در جریان‌ها

همانطور که می‌دانید یک اپراتور ماشین آلات و تجهیزات معدنی علاوه بر توانایی کار با دستگاه‌ها، لازم است توانایی کنترل، سرویس و نگهداری جزئی دستگاه‌ها را نیز داشته باشد و گزارش سرویس‌های غیراساسی را ارائه؛ و یا اقدامات لازم جهت توقف دستگاه در هنگام نیاز به سرویس‌های اساسی را هم انجام دهد.

در جدول زیر برخی از سرویس‌های لازم برای جیگ‌ها و میز لرزان آمده است. شما هم مواردی به آن بیفزایید و جدول را تکمیل کنید. در پایان جزئی، غیر اساسی و یا اساسی بودن هر یک از این موارد سرویس و نگهداری را نیز تعیین نمایید.

بارش
فکری



ردیف	نام قسمت	جیگ	میز لرزان
۱	شاسی، بدنه و اسکلت دستگاه	در فواصل مناسب آچارکشی انجام شود.	موانع روی میز دچار خردگی و یا کج شدگی نشده باشند.
			شیب میز طبق طراحی باشد.
۲	سیستم روغن کاری و گریس کاری	یاتاقان‌ها به صورت هفتگی گریس کاری شوند.	
۳	پمپ‌ها و لوله‌های انتقال آب و پالپ		عدم وجود نشستی در لوله‌ها و بست‌ها
۴	سیستم انتقال قدرت	چرخ زنجیر و تسمه‌ها به صورت روزانه چک شود.	
۵	سیستم‌های الکتریکی		خورده شدن و یا پارگی روکش کابل برق



سرویس و نگهداری تجهیزات و ماشین‌آلات جدایش در جریان‌ها
کار عملی ۱: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوه نگهداری جیگ و میز لرزان توسط اپراتور دستگاه گزارش تهیه نمایید.

شرح فعالیت:

گزارش می‌بایست شامل نگهداری موارد زیر باشد.

- ۱- شاسی، بدنه و اسکلت دستگاه
 - ۲- سیستم روغن‌کاری و گریس‌کاری
 - ۳- پمپ‌ها و لوله‌های انتقال آب و پالپ
 - ۴- سیستم انتقال قدرت
 - ۵- سیستم‌های الکتریکی
- مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه.



خوب گوش دادن، یادگیری، جمع‌آوری اطلاعات.

ارزشیابی مرحله‌ای: سرویس دستگاه‌های میز و جیگ

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	کنترل ۱- شاسی، بدنه و اسکلت دستگاه، ۲- سیستم روغن کاری و گریس کاری، ۳- پمپ‌ها و لوله‌های انتقال آب و پالپ ۴- سیستم انتقال قدرت، ۵- سیستم‌های الکتریکی و تفکیک معایب جزئی، غیر اساسی و اساسی تجهیزات پرعیار سازی با رعایت کلیه نکات ایمنی و رفع عیب معایب جزئی	بالاتر از حد انتظار	مکان: کارخانه فراوری تجهیزات: ابزارآلات، رولیک، دینام مواد مصرفی: گریس و روغن و قطعات یدکی زمان: ۲۰ دقیقه
۲	کنترل ۱- شاسی، بدنه و اسکلت دستگاه، ۲- سیستم روغن کاری و گریس کاری، ۳- پمپ‌ها و لوله‌های انتقال آب و پالپ ۴- سیستم انتقال قدرت، ۵- سیستم‌های الکتریکی و تفکیک معایب جزئی، غیر اساسی و اساسی تجهیزات پرعیار سازی با رعایت کلیه نکات ایمنی.	درست	
۱	کنترل ۱- شاسی، بدنه و اسکلت دستگاه، ۲- سیستم روغن کاری و گریس کاری، ۳- پمپ‌ها و لوله‌های انتقال آب و پالپ، ۴- سیستم انتقال قدرت، ۵- سیستم‌های الکتریکی	ناقص	

ارزشیابی شایستگی‌های غیر فنی و بهداشت و توجهات زیست‌محیطی

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	-	-	مکان: کارخانه فراوری تجهیزات: ابزارآلات سرویس کاری مواد مصرفی: گریس و روغن و قطعات یدکی زمان: ۲۰ دقیقه
۲	دقت، صحت، مسئولیت‌پذیری، نظافت محیط کار	قابل قبول	
۱	عدم توجه به موارد فوق	ناقص	



ارزشیابی شایستگی جدایش در جریان‌ها

شرح کار:

- ۱- راه اندازی دستگاه‌های جدایش در جریان عمودی شامل انواع جیگ- دستگاه‌های در جریان افقی انواع میز- کنترل ورود آب و خوراک - کنترل یکنواختی محصول- کنترل زاویه سقوط ذرات
- ۲- روغن کاری و گریس کاری قطعات

استاندارد عملکرد:

انجام عمل کانه‌آرایی با به کارگیری ماشین‌آلات جیگ، میز طبق جداول و دستورالعمل‌های مربوطه و با دقت ۹۰٪

شاخص‌ها:

- ۱- طرز کار با دستگاه‌های جدایش در جریان‌ها
- ۲- سرویس و نگهداری دستگاه‌های جدایش در جریان‌ها

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

فضای کار: کارخانه فراوری
تجهیزات: دستگاه‌های جدایش در جریان‌ها (انواع جیگ و میز لرزان)
مواد مصرفی: گریس و روغن جهت سرویس دستگاه‌ها و قطعات یدکی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	جدایش در جریان عمودی	۲	
۲	جدایش در جریان افقی	۱	
۳	سرویس دستگاه‌های جیگ و میز	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: موارد ایمنی، دقت- صحت- مسئولیت پذیری - نظافت محیط زیست	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

پودمان ۴

عملیات فلوتاسیون



با روندی که امروزه دنیای صنعت و تکنولوژی مدرن در پیش دارد هر روز نیاز به مواد معدنی بیشتر می‌شود و در جهت تأمین نیازها، بهره‌وری از ذخایر معدنی نیز روز به روز افزایش می‌یابد. کاهش ذخایر معدنی با عیار بالا و ترکیب‌های کانی شناختی ساده نیز موجب شده است که معادنی با عیار بسیار پایین و ترکیب‌های کانی شناختی پیچیده مورد استفاده قرار گیرند و به موازات آن، فراوری مواد معدنی از طریق فلوتاسیون به عنوان روش مناسب و پرکاربرد در جدایش کانی‌ها به ویژه سولفیدها اهمیت فراوانی دارد.

فلوتاسیون

مقدمه

مبحث فلوتاسیون مواد معدنی شامل معرفی انواع دستگاه‌های فلوتاسیون و طرزکار آنها، روش‌های اپراتوری عملیات فلوتاسیون، تهیه داروهای شیمیایی، نحوه نمونه‌گیری جهت کنترل عملیات و سرویس و نگهداری مدارهای فلوتاسیون می‌باشد.

استاندارد عملکرد

انجام عملیات فلوتاسیون با به‌کارگیری تجهیزات و ماشین‌آلات، مواد شیمیایی بر اساس دستورالعمل‌های مربوطه زیر نظر مهندس ناظر

پیش‌نیاز و یادآوری

اصول فلوتاسیون

فلوتاسیون یکی از مهم‌ترین روش‌های آرایش مواد معدنی است که بر مبنای خواص شیمی فیزیکی سطوح جامد در یک محیط سیال و با ایجاد جریان هوا برای تولید حباب مناسب بنا شده است. **بار اولیه فلوتاسیون** شامل پالپی است که ۲۵ تا ۴۵ درصد آن را جامد تشکیل داده است. اندازه ذرات جامد نیز حدود ۲۰ تا ۲۰۰ مش می باشد. پالپ قبل از وارد شدن به سلول فلوتاسیون نیاز به یک تا چند مرحله آماده‌سازی دارد. که این مراحل عبارت‌اند از:

■ فاز یک آماده‌سازی:

در این مرحله پالپ با بعضی از مواد شیمیایی مخلوط می شود تا به pH مطلوب برسد. سپس با مواد شیمیایی دیگری به نام **متفرق کننده‌ها** که نقش آنها متفرق کردن مواد ریز یا نرمه از سطح کانی‌هاست آغشته می‌شود.

■ فاز دوم آماده‌سازی:

در مرحله دوم پالپ با مواد شیمیایی دیگری به نام **بازداشت کننده‌ها** که هدف آنها آنگیر کردن سطوح برخی از کانی‌هاست آماده می‌شود. همچنین مواد شیمیایی با نام **فعال کننده‌ها** نیز به منظور تقویت خاصیت شناور شدن برخی از مواد معدنی به کار گرفته می‌شوند.

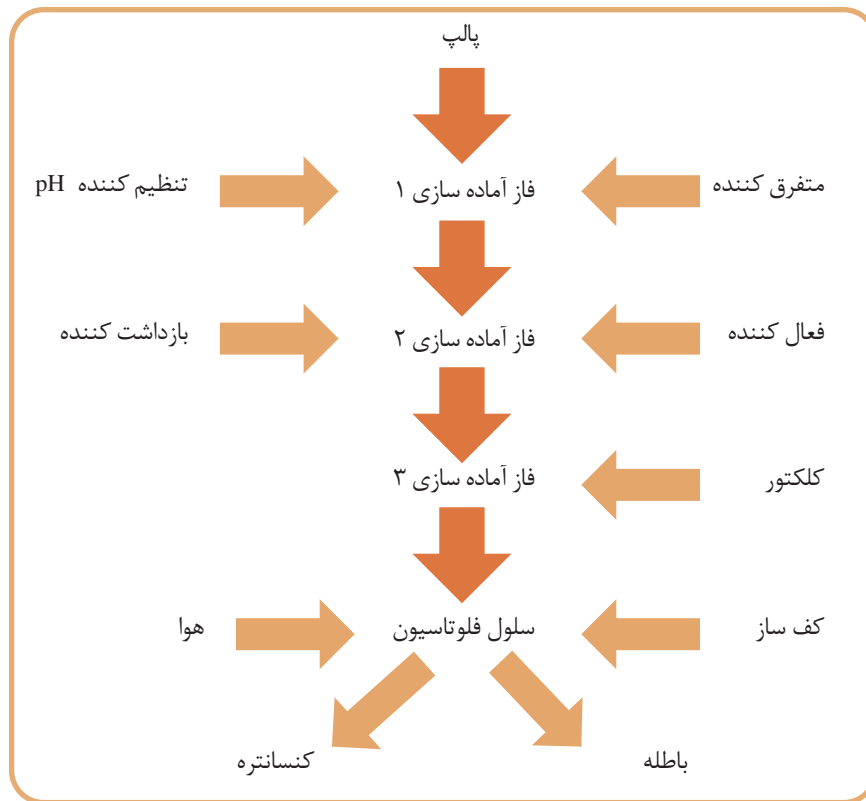
■ فاز سوم آماده‌سازی:

سرانجام پالپ با موادی به نام **کلکتورها** که نقش آنها آبران کردن ذرات کانی‌های مورد نظر است، مخلوط می‌شود. پالپ آماده شده به داخل سلول فلوتاسیون وارد می‌گردد. سپس جریان هوا توسط همزن، دیافراگم و یا الکترودهایی که برای تولید و پراکنده کردن حباب‌های هوا تعبیه شده وارد این پالپ می‌شود. البته در بعضی موارد لازم است پس از ورود هوا برای پایدار ساختن حباب‌های هوای تولید شده از مواد دیگری به نام **کف‌ساز** استفاده شود. بدین ترتیب ذراتی که سطح آنها به وسیله کلکتور آبران شده است حباب هوا را جذب می‌کنند و تحت تاثیر نیروی ارشمیدوس به سطح پالپ منتقل می‌شوند. ذراتی که به کمک بازداشت کننده‌ها آنگیر شده بودند حباب هوا را جذب نمی‌کنند، و غرق می‌شوند.

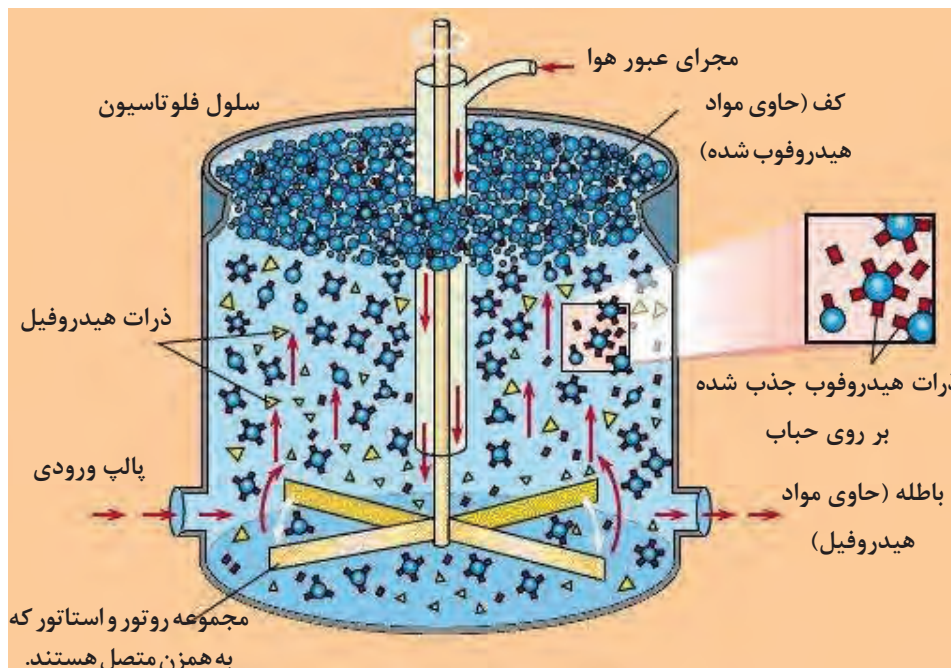
هرگاه کانی مورد نظر به صورت کف در سطح سلول فلوتاسیون ظاهر شود **فلوتاسیون را مستقیم** و اگر به صورت رسوب جامد در ته سلول فلوتاسیون ظاهر شود **آنرا فلوتاسیون غیرمستقیم** می‌گویند.

تذکر





شکل ۱- نمودار ساده مراحل عملیات فلوتاسیون



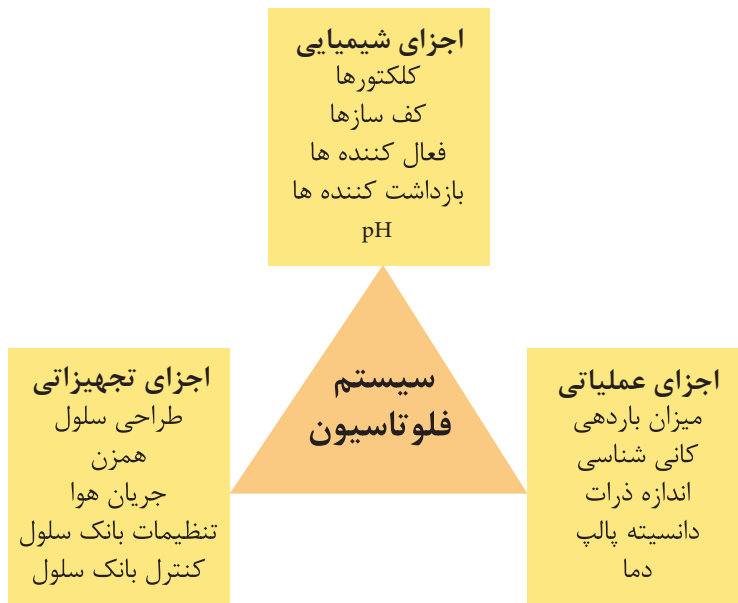
شکل ۲- شکل شماتیک یک سلول فلوتاسیون و قسمت‌های مختلف آن

عوامل فراوانی در انجام یک عملیات فلوتاسیون تأثیر دارند که به طور کلی می‌توان آنها را به سه دسته تقسیم کرد که عبارت‌اند از:

■ **اجزای شیمیایی:** کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده برای آماده‌سازی پالپ جهت انجام عملیات فلوتاسیون را گویند.

■ **اجزای تجهیزات:** تمامی ماشین‌آلات و تجهیزات و اجزای اصلی تشکیل دهنده مدار فلوتاسیون را گویند.

■ **اجزای عملیات:** شامل کلیه خصوصیات و ویژگی‌های اصلی تشکیل دهنده ماده معدنی و بار اولیه ورودی به عملیات فلوتاسیون است. اجزای شیمیایی، اجزای تجهیزات و اجزای عملیات یک سیستم فلوتاسیون در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- اجزای مختلف تشکیل دهنده سیستم فلوتاسیون

مدار فلوتاسیون

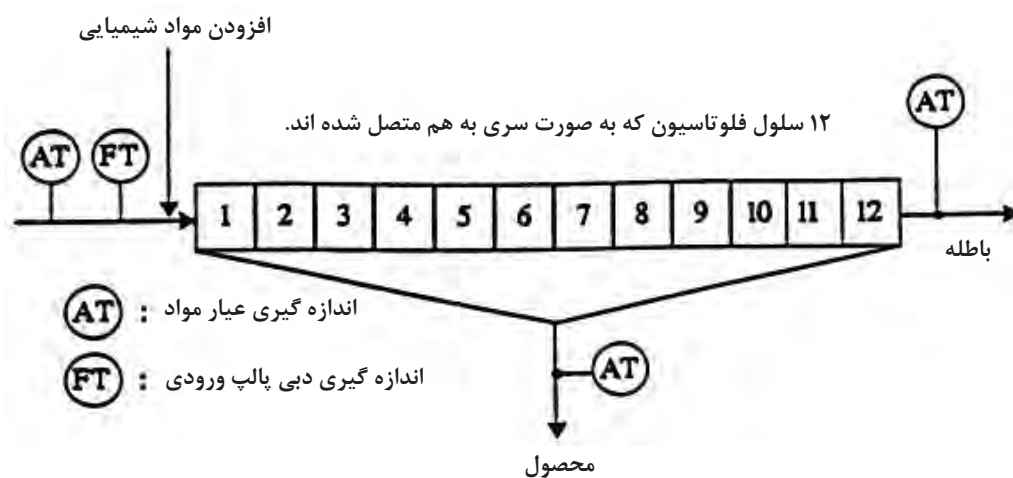
در کارخانه‌های فراوری جهت پرعیارسازی مواد معدنی به روش فلوتاسیون، از مجموعه‌ای از ماشین‌های فلوتاسیون استفاده می‌شود که به این مجموعه **مدار فلوتاسیون** گویند. طراحی مدار فلوتاسیون نیاز به انجام محاسبات دقیق در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی دارند و براین اساس ماشین‌های فلوتاسیون با توجه به ترتیب قرارگیری در مدار فلوتاسیون نام‌های مختلفی را خواهند داشت.

ترتیب مدار فلوتاسیون

یکی از اساسی‌ترین اهداف تعیین ترتیب مدارهای فلوتاسیون تهیه محصولی قابل قبول از یک ماده معدنی در یک فرایند مهندسی و اقتصادی است. آنچه در یک مدار فلوتاسیون اهمیت دارد نوع کانی مورد نظر است زیرا هر ماده معدنی ویژگی مخصوص به خود را دارد. به عنوان مثال طراحی مدار فلوتاسیون در دو معدن مس پورفیری، سرچشمه و سونگون با توجه به تغییرات نوع کانی‌های مفید و گانگ همراه، متفاوت است و بر همین

اساس مواد شیمیایی و سلول‌های فلوتاسیون مورد استفاده در این مدارها نیز می‌تواند کاملاً متفاوت باشد. بنابراین ترتیب و سازمان‌دهی مدارهای فلوتاسیون به عواملی چون نوع ماده معدنی، گانگ همراه، تک تک کانی‌های موجود در بار ورودی فلوتاسیون، نوع ماشین‌های فلوتاسیون، نوع مواد شیمیایی و ... بستگی دارد. همچنین ممکن است در مدار فلوتاسیون کانی‌هایی وجود داشته باشند که بازیابی آنها به عنوان محصولات فرعی مدار قلمداد شود.

در فرایندهای صنعتی سلول‌های فلوتاسیون معمولاً در یک ردیف و به شکل سری قرار می‌گیرند که به آن **بانک فلوتاسیون** می‌گویند. هر سلول فلوتاسیون یک ماشین فلوتاسیون ساده است. به عنوان مثال در شکل ۴ یک بانک فلوتاسیون نشان داده شده است که در آن ۱۲ سلول فلوتاسیون وجود دارد.



شکل ۴- فلوشیت یک بانک فلوتاسیون و قسمت‌های کنترلی در مسیرهای ورودی و خروجی آن

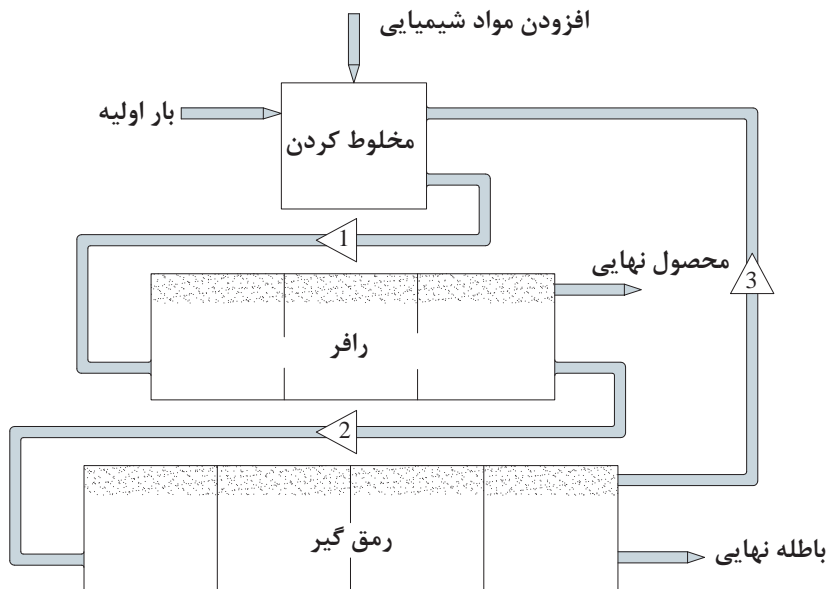


شکل ۵- تصویر واقعی از یک بانک فلوتاسیون

انواع مدارهای فلوتاسیون

مدار ساده فلوتاسیون:

در این نوع مدار ماشین‌های فلوتاسیون، فقط یک محصول تولید می‌کنند. در این نوع مدار بار اولیه پس از آماده‌سازی وارد سلول یا سلول‌های اولیه فلوتاسیون ¹ که به آنها رافر¹ می‌گویند، می‌شوند. سلول‌های رافر وظیفهٔ پرعیار کردن بار اولیه را دارند. محصول تولیدی از رافرهای ساده، محصول نهایی نام دارد و باطلهٔ آنها به سلول یا سلول‌های فلوتاسیون رمق‌گیر² انتقال پیدا می‌کند. سلول‌های رمق‌گیر وظیفهٔ بازیابی مقداری از کانی مورد نظر که وارد باطله‌های سلول‌های رافر شده‌اند را دارد. محصول رمق‌گیر مجدداً وارد چرخه آماده‌سازی و بازگشت به سلول‌های رافر ³ می‌شوند.



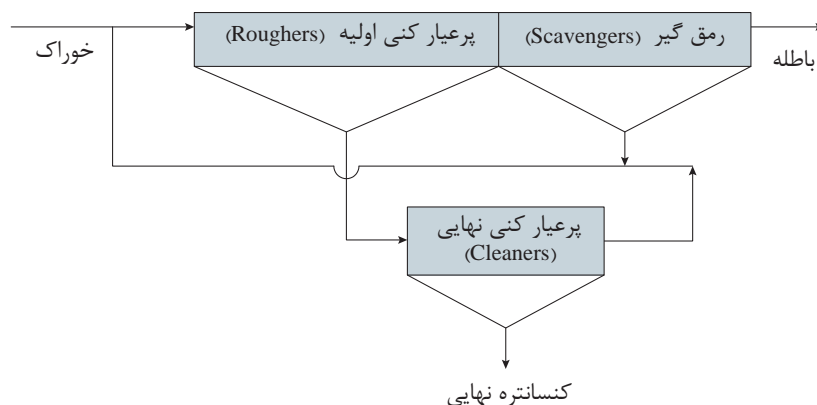
شکل ۶- مدار ساده فلوتاسیون

فلوتاسیون با یک مرحله شستشو:

در این نوع مدار فلوتاسیون نیز یک محصول تولید می‌شود. اما محصول به‌دست آمده از بانک سلولی رافر، قبل از تبدیل شدن به محصول نهایی نیاز به انجام یک عملیات پرعیارسازی مجدد دارد که این عمل توسط سلول یا سلول‌های فلوتاسیون شستشو³ انجام می‌شود. بنابراین سلول‌های فلوتاسیون شستشو وظیفه پرعیارسازی بیشتر محصول به دست آمده از مرحله رافر را دارند.

۱- Rougher
۲- Scavenger
۳- Cleaners

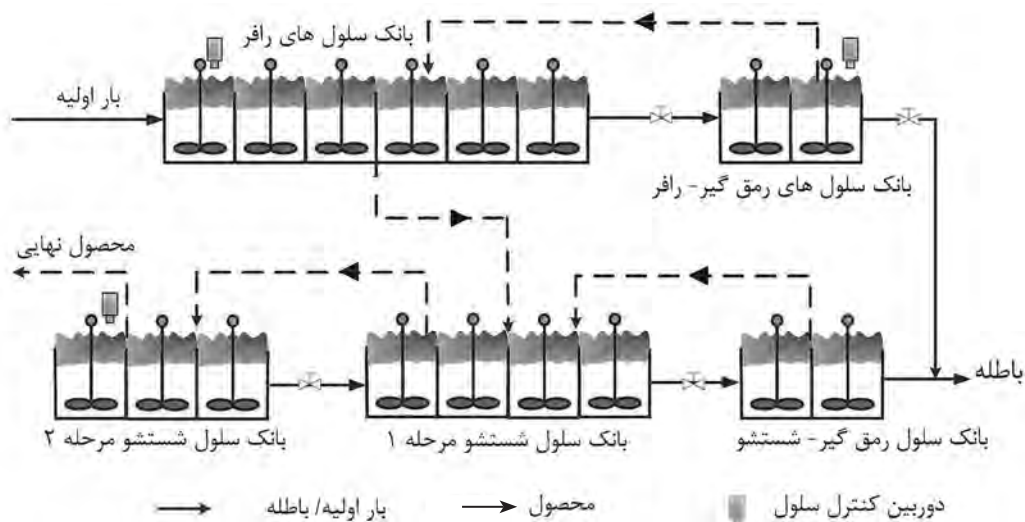
مثال: در شکل ۷، یک نمونه از مدار فلوتاسیون با یک مرحله شستشو نشان داده شده است. بار اولیه پس از آماده‌سازی به بانک سلول‌های رافر وارد می‌شود. محصول رافر وارد بانک سلول شستشو شده و پس از پرعیار شدن، به عنوان محصول نهایی به بازار مصرف ارسال می‌گردد. باطله رافر وارد سلول‌های رمق‌گیر می‌شود. محصول رمق‌گیر به رافر بازگردانده می‌شود و باطله رمق‌گیر، از مدار خارج می‌شود. باطله مرحله شستشو نیز وارد رمق‌گیر می‌شود.



شکل ۷- مدار فلوتاسیون با یک مرحله شستشو

فلوتاسیون با چند مرحله شستشو:

در مورد برخی از مواد معدنی با توجه به خصوصیات درگیری کانی و باطله‌ها با یکدیگر و به جهت افزایش بازیابی و عیار نهایی ماده معدنی نیاز به چندین مرحله شستشو وجود دارد در این صورت محصول شستشوی مرحله اول مجدداً نیاز به یک یا چند مرحله شستشو خواهد داشت. مدارهای فلوتاسیون با چند مرحله شستشو می‌تواند بسیار پیچیده و متفاوت باشد و حتی ممکن است نیاز به آسیا کنی مجدد نیز داشته باشد.



شکل ۸- مدار فلوتاسیون با یک مرحله شستشو



با توجه به فلوشیت صفحه قبل تعیین کنید محصول و باطله هر یک از بانک‌های سلولی رافر، رمق‌گیر و شستشو مرحله ۱ و ۲ به کجا هدایت می‌شود. موارد را در جدول زیر بنویسید.

نوع بانک سلول فلوتاسیون	باطله	محصول
رافر	رمق‌گیر- رافر	شستشو مرحله ۱
رمق‌گیر- رافر		رافر
شستشو مرحله ۱		
شستشو مرحله ۲		
رمق‌گیر- شستشو	باطله	

مدار فلوتاسیون



ماشین‌های فلوتاسیون

با بهره‌برداری از ذخایر پر عیار مواد معدنی به تدریج میزان اینگونه ذخایر کاهش می‌یابد و از طرفی به‌علت نیاز به مواد معدنی و وجود تقاضا قیمت مواد معدنی افزایش یافته که صنایع معدنی را با مشکلات فراوانی مواجه ساخته است. در این راستا گردانندگان کارخانه‌ها و سازندگان سلول‌های فلوتاسیون با تلاش و تدبیر زیاد در پی کاهش هزینه‌ها، بهینه‌سازی تجهیزات و افزایش بازیابی مواد معدنی می‌باشند. نوع ماشین‌های فلوتاسیون، مکانیزم عملکرد و ظرفیت آنها اهمیت زیادی دارند و برهمین اساس ماشین‌های مختلفی ساخته و وارد چرخه تولید شده و حتی بعضی از آنها که دارای نواقصی در این زمینه‌ها بوده‌اند به مرور زمان کنار گذاشته شده و ماشین‌آلاتی با بهره‌وری مطلوب‌تر و ظرفیت بالاتر نیز طراحی و ساخته شده‌اند. در کارخانه‌های فرآوری انتخاب سلول‌های بزرگ نسبت به سلول‌های کوچک به دلیل داشتن مزایایی از قبیل: کنترل کیفی مناسب‌تر محصول، تنظیم شدت جریان هوا، افزایش سطح پالپ و استفاده بیشتر از فضا و ... مناسب‌تر است و موجب کاهش هزینه‌های: سرمایه‌گذاری، نیروی انسانی، انرژی، تعمیر و نگهداری می‌شود.

تقسیم‌بندی ماشین‌های فلوتاسیون

به طور کلی ماشین‌های فلوتاسیون را می‌توان در دو گروه مکانیکی^۱ و هوایی^۲ تقسیم‌بندی کرد.

الف- ماشین‌های فلوتاسیون مکانیکی:

ماشین‌های مکانیکی اولین ماشین‌هایی هستند که در کارخانه‌های فلوتاسیون مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این نوع ماشین‌ها با چرخش مکانیکی همزن پالپ به خوبی مخلوط شده و حباب‌های هوا با ابعاد کوچک در داخل پالپ توزیع می‌شود. این ماشین‌ها ممکن است خود هواده باشند که در این صورت هواده‌اشی

۱- Mechanical

۲- Pneumatic

از فشار گریز از مرکزی است که توسط همزن ایجاد می‌شود و حباب‌های هوا را متفرق می‌سازد. همچنین ممکن است هوادهی توسط دمنده‌های خارج از سلول انجام شود. هوادهی باید به گونه‌ای باشد که قبل از توزیع هوا در داخل پالپ ابتدا به حباب‌های کوچکتری تقسیم شده و سپس وارد پالپ شود. این ماشین‌ها از سه قسمت اصلی تشکیل یافته‌اند:

■ **سلول فلوتاسیون:** با شکل مشخص هندسی (معمولاً متوازی السطوح یا استوانه) که نشان‌دهنده شکل کلی سلول است.

■ **مجاری هدایت هوا:** وسیله‌ای برای هدایت جریان هوا به داخل سلول (دیافراگم، منتشرکننده، شفت با محور توخالی)

■ **روتور و استاتور:** که به ترتیب نقش همزن و کنترل‌کننده تلاطم پالپ در بخش فوقانی سلول را به عهده دارند.

ماشین‌های فلوتاسیون می‌بایست قادر به انجام عملیات زیر باشند:

- ذرات را به حالت معلق در آورند.
- حباب‌های هوا را در محیط پالپ پراکنده سازند.
- شرایط مناسب برای تماس بین ذرات آبران و حباب هوا ایجاد کنند.
- کلیه ذرات وارد شده به داخل سلول را به دو بخش کنسانتره و باطله هدایت کنند.
- امکان انتقال سریع ذرات قبل از خرد شدن بر اثر سایش در اطراف همزن
- ایجاد محیطی نسبتاً آرام در بخش فوقانی سلول به منظور جلوگیری از جدا شدن ذرات آبران از سطح حباب
- داشتن قدرت کافی برای متفرق کردن مجدد ذرات پس از قطع برق و رسوب ذرات جامد
- کنترل ارتفاع ستون کف و سطح پالپ در داخل سلول
- کنترل حباب هوا و کاهش ابعاد درشت به ابعاد ریز
- کنترل مصرف انرژی و نگهداری ساده
- خروج مرحله‌ای ذرات درشت باطله که ممکن است به سختی به بخش باطله حمل شوند
- دارا بودن تجهیزات لازم برای انتقال کف به مرحله شستشو و یا باطله به مرحله رمق‌گیر

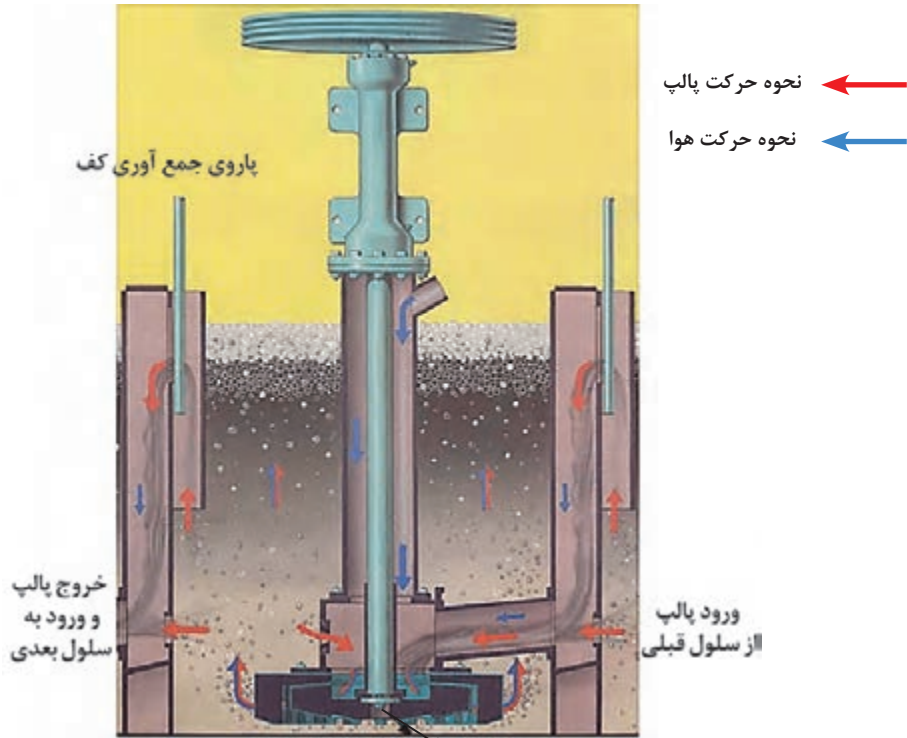
برخی از مهم‌ترین ماشین‌های فلوتاسیون مکانیکی مورد استفاده در فراوری مواد معدنی عبارت‌اند از:

۱- ماشین فلوتاسیون مکانیکی دنور

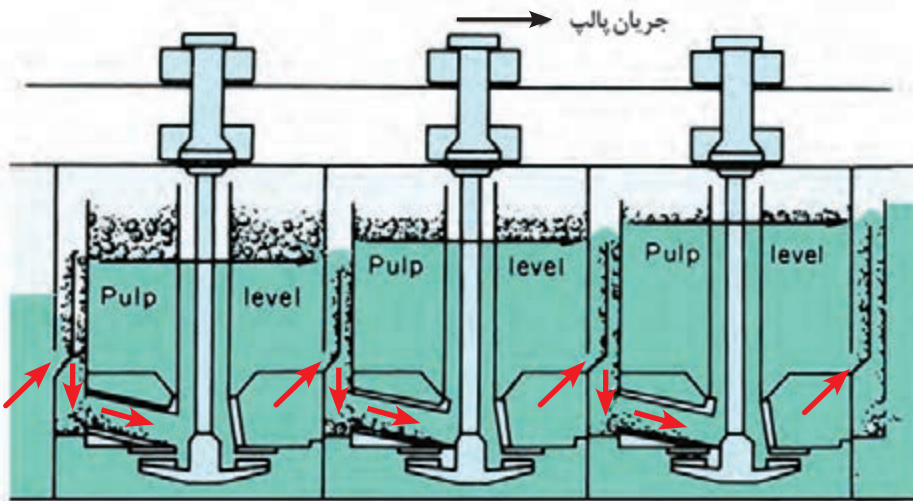
ماشین‌های دنور بیشترین کاربرد را در صنعت به خود اختصاص داده‌اند و به دو گروه:

۱-۱- **Denver Sub-A:** بیشترین کاربرد آنها در کارخانه‌های کوچک و مدارهای چند مرحله‌ای مخصوصاً در مدارهای شستشو می‌باشد. مکانیزم فلوتاسیون در این ماشین‌ها بدین صورت است که فرایند فلوتاسیون در داخل سلول‌های مربع شکل مجزایی که از سلول‌های مجاور خود توسط تیغه‌هایی جدا شده‌اند، انجام می‌شود. یک لوله تغذیه کننده خوراک، جریان پالپ را از سلول قبلی به سلول بعدی هدایت می‌کند، که بسته به نوع مدار و نحوه قرارگیری سلول‌ها در یکی از وجه‌های سلول نصب می‌شود. جریان پالپ توسط پره‌های موجود در داخل سلول و با ایجاد مکش به وجود می‌آید. همچنین با ایجاد مکش در اثر چرخش پره‌ها هوا از طریق

لوله‌ای که محور قائم سلول را احاطه کرده است به داخل سلول جریان می‌یابد.



همزن با حرکت خود ایجاد مکش می‌کند و جریان پالپ و هوا را در داخل هر سلول ایجاد می‌کند.



شکل ۹- ماشین‌های فلوتاسیون مکانیکی دنور مدل sub-A

شکل بالا ماشین‌های فلوتاسیون دنور مدل ساب-ای را نشان می‌دهد با توجه به آن، نحوه جریان پالپ، جریان هوا و انتقال باطله و محصول را به طور کامل شرح دهید.

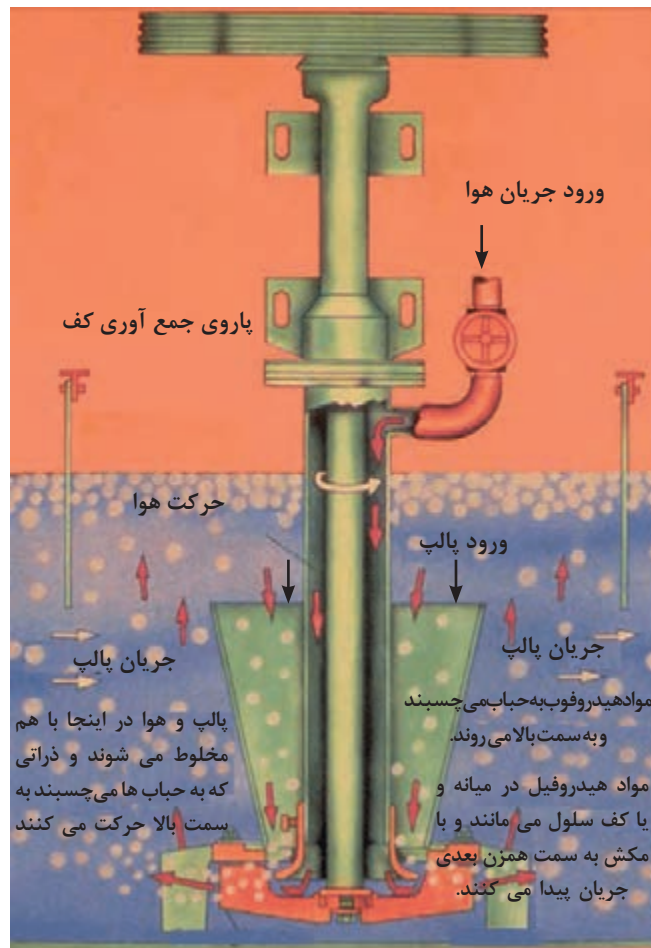




شکل ۱۰

الف- ماشین‌های فلو تاسیون مکانیکی دنور مدل ساب-ای، ب- داخل سلول، سطوح جداکننده سلول‌ها، همزن، پاروی جمع آوری کف و لوله مجرای هوا، ج- چند سلول فلو تاسیون، موتور و پاروهای جمع آوری کف، مجراهای انتقال هوا برای هر سلول

۱- ۲- Denver D-R: از خصوصیات این ماشین‌ها می‌توان به حذف صفحات جدا کننده میانی و تیغه های حائل بین سلول‌ها اشاره نمود. لوله‌های تغذیه کننده خوراک برای هر سلول مجزا، حذف شده و پالپ می‌تواند آزادانه و بدون هیچ برخوردی به مانع در داخل ماشین جریان داشته باشد در عوض در این نوع سلول‌ها از یک محفظه قیف مانند در اطراف لوله انتقال هوا استفاده شده است که دهانه بازر آن تا میانه‌های سلول بالا آمده است و در اثر چرخش روتور و ایجاد مکش چرخش پالپ از بالا به سمت پایین انجام می‌شود. سطح پالپ هم با یک دریچه باطله که در انتهای سیستم نصب شده است کنترل می‌شود. از مزایای این نوع ماشین‌ها می‌توان به سادگی کار و نیاز به کنترل کمتر اشاره کرد. از این ماشین‌ها معمولاً در مواردی استفاده می‌شود که نیاز به اختلاط و چرخش پالپ کمتری باشد.



مجموعه همزن، روتور و استاتور و مجرای هوای ماشین فلوتاسیون دنور دی- آر

همزن با حرکت خود ایجاد مکش می‌کند و جریان عمودی پالپ و هوا از درون محفظه ایجاد می‌شود.

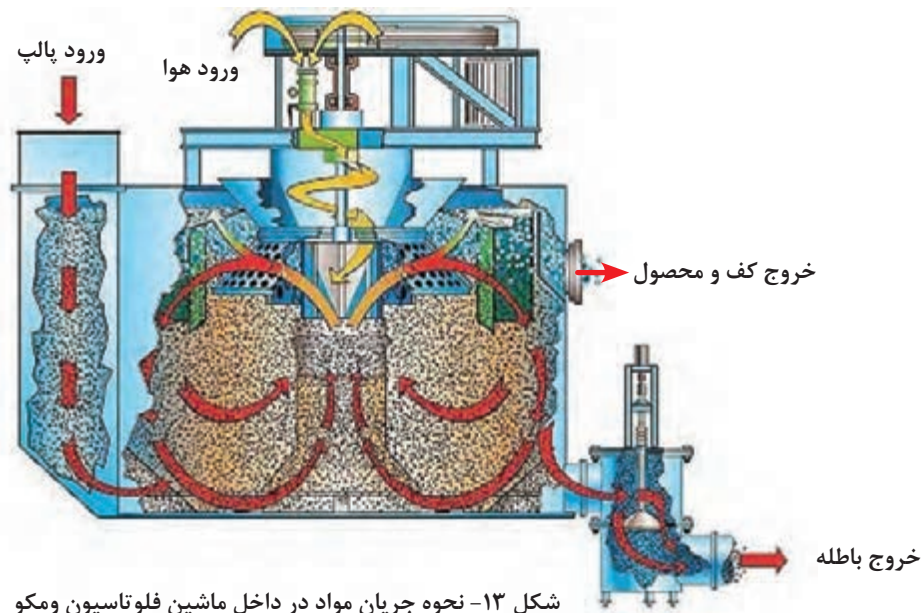
شکل ۱۱- ماشین‌های فلوتاسیون مکانیکی دنور مدل D_R



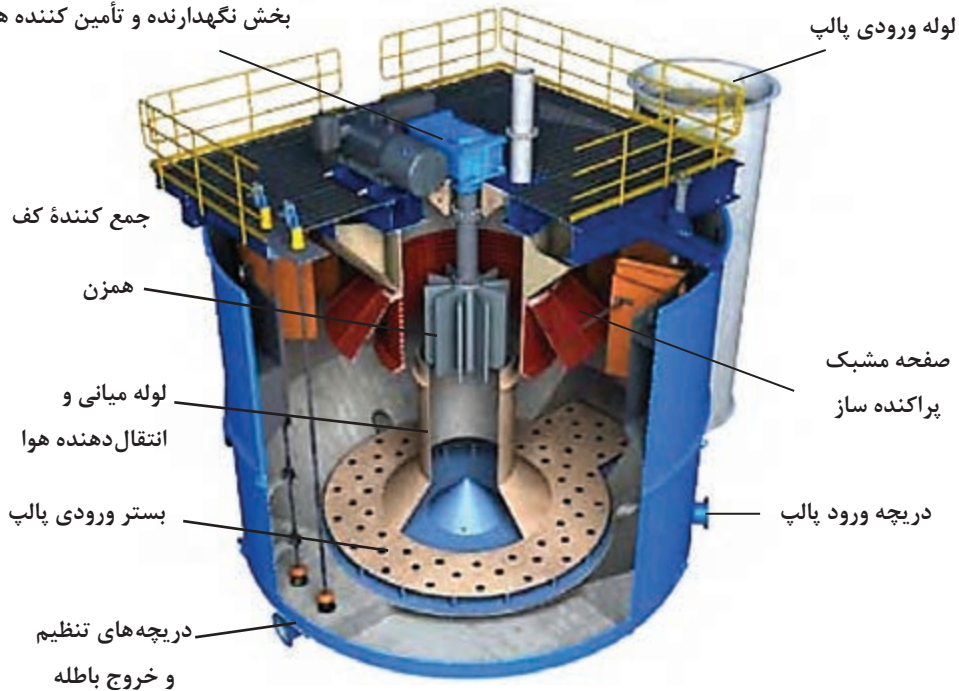
شکل ۱۲- ماشین فلوتاسیون دنور مدل دی- آر

۲- ماشین فلوتاسیون مکانیکی ومکو

یکی از ماشین‌های فلوتاسیون که کاربرد زیادی در صنعت دارد، ماشین‌های ومکو است. این ماشین دارای سلول استوانه‌ای شکل است و هر سلول دارای یک روتور پراکنده کننده است. خوراک از قسمت زیرین وارد می‌شود و از درون سلول در اثر مکش ایجاد شده در اثر چرخش روتور عبور کرده و وارد قسمت داخلی روتور می‌شود و به بالا هدایت می‌شود. همچنین روتور با مکش خود هوای مورد نیاز را جهت فلوتاسیون از داخل لوله‌هایی وارد سلول می‌کند و با عبور پالپ و هوای تحت فشار از صفحه مشبک بالای خود باعث اختلاط مطلوب پالپ و هوا در سلول می‌شود. در نتیجه مواد هیدروفوب به خوبی در تماس با حباب‌های هوا قرار گرفته و به سمت بالا حرکت می‌کنند و مواد هیدروفیل به سمت پایین سلول حرکت می‌کنند در نهایت باطله‌ها از بخش‌های پایینی سلول و کف همراه با محصول از سطح سلول خارج می‌شوند. سطح سلول نیز توسط دریچه باطله در انتها تنظیم و تعدیل می‌شود.



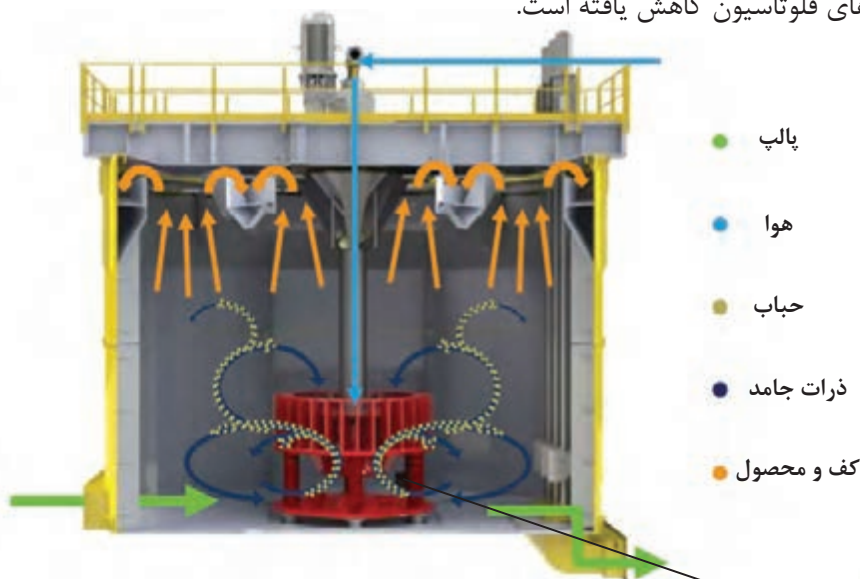
بخش نگهدارنده و تأمین کننده هوا



ماشین فلوتاسیون مکانیکی دور - اولیور

در این نوع ماشین های فلوتاسیون تیغه های تثبیت کننده رو به پایین بوده و بر روی پایه ای با چهار برآمدگی قرار گرفته اند. در این حالت در ناحیه کف سلول جایی که زون چرخشی یا گردابی ایجاد می شود. معلق سازی

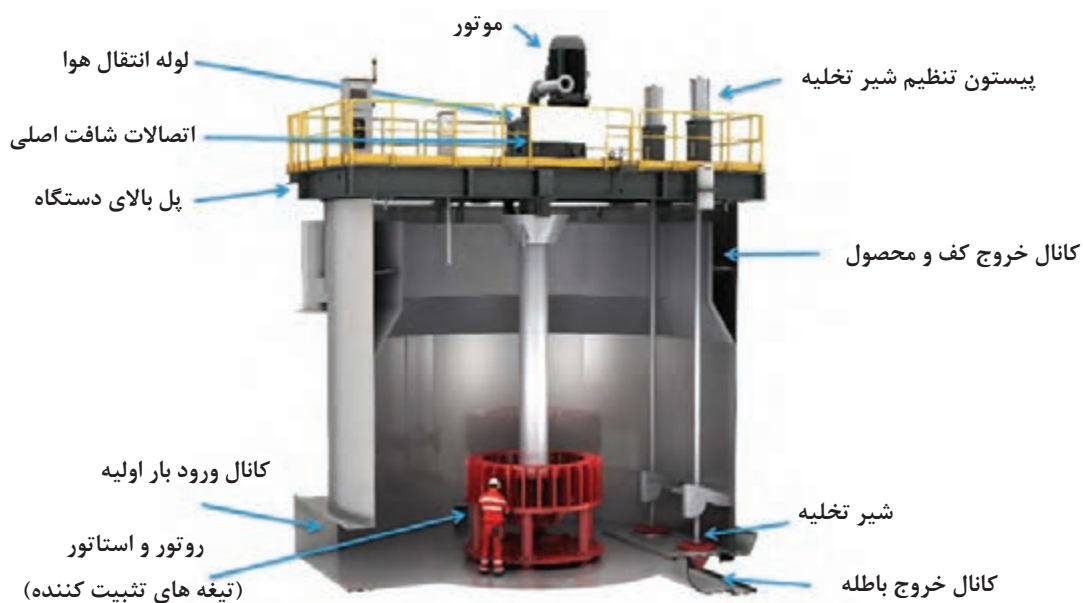
ذرات جامد با بیشترین کارایی انجام می‌گیرد. همزن ماشین‌های دور- اولیور دارای شکل و طراحی خاصی است و شامل مجراهای پمپاژ بزرگی است که باعث شده الگوی جریان شعاعی مثبتی در مقابل جریان اغتشاشی ایجاد شود. بنابراین می‌توان گفت به علت طراحی خاص در همزن و تثبیت کننده، مصرف انرژی در این نوع ماشین‌های فلوتاسیون کاهش یافته است.



همزن و مجراهای پمپاژ طراحی شده بر روی آن



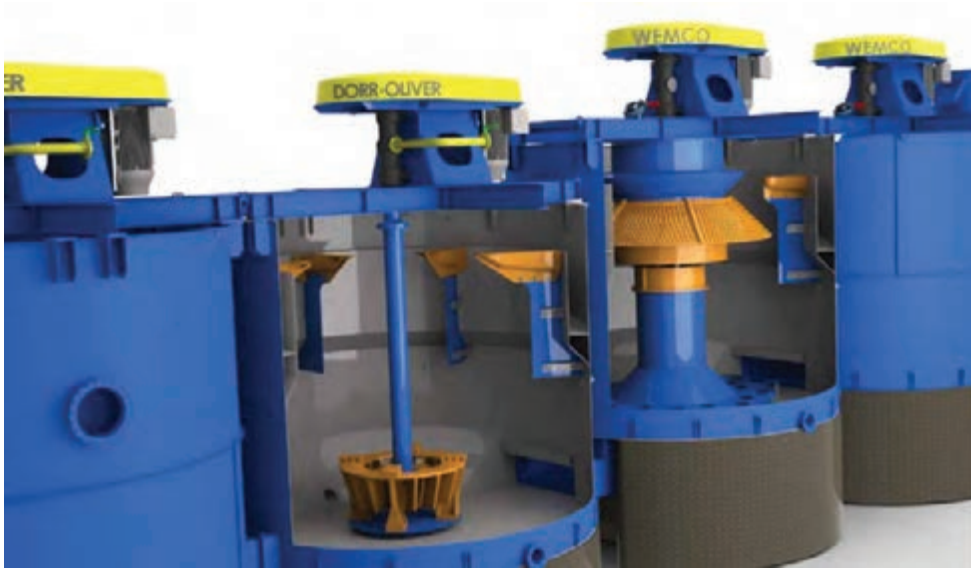
شکل ۱۵- نحوه جریان مواد در داخل ماشین فلوتاسیون دور- اولیور



شکل ۱۶- قسمت‌های مختلف ماشین فلوتاسیون دور- اولیور



با توجه به آنچه تاکنون در خصوص ماشین‌های فلوتاسیون و مکو و دور-اولیور بیان شد و با توجه به شکل زیر تفاوت‌های بین این دو ماشین فلوتاسیون را بنویسید.



شکل ۱۷

ب- ماشین‌های فلوتاسیون هوایی

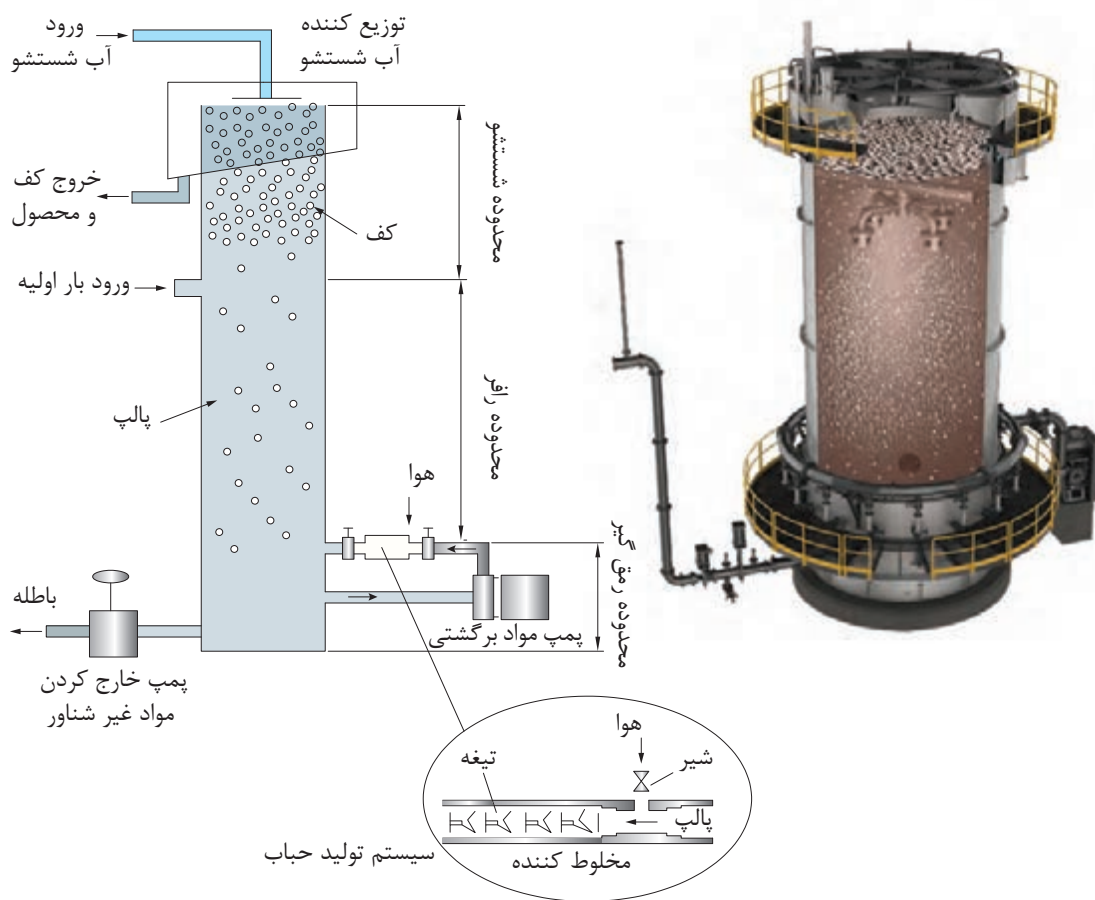
ماشین‌های فلوتاسیونی هستند که در آنها جریان هوا یا همراه با جریان متلاطم پالپ بوده و یا هوا به داخل سلول تزریق می‌شود. در این ماشین‌ها حتماً باید هوا را توسط مکانیزمی در داخل پالپ متفرق ساخت. ماشین‌های هوایی معمولاً کنسانتره با عیار کم تولید می‌کنند ولی عملیات فلوتاسیون با مشکلات کمتری انجام می‌شود. در این سلول‌ها هوا، علاوه بر اینکه نقش هوادهی و ایجاد کف را برعهده دارد، باید مواد را در پالپ شناور نگهدارد.

۱- ماشین فلوتاسیون ستونی

از انواع جدید ماشین‌های فلوتاسیون که به تدریج استفاده از آنها در صنعت رایج شده است، می‌باشد. این ماشین‌ها از یک ستون استوانه‌ای و یا مربعی شکل تشکیل شده‌اند. با توجه به ارتفاع زیاد این ماشین‌های فلوتاسیون در بسیاری از موارد ابعاد فیزیکی آنها به وسیله عواملی همچون دسترسی به مواد در محل و همچنین ارتفاع سقف کارخانه و جرثقیل محدود می‌شود. در داخل سلول سه بخش اصلی وجود دارد.

جدول ۱- بخش‌های مختلف ماشین فلو تاسیون ستونی

بخش اول	محدوده رافر	از سطح ورودی خوراک شروع شده و تا نقطه ورودی هوا ادامه دارد. بار ورودی به این محدوده وارد می‌شود و با برخورد حباب‌های هوا با بار اولیه، تفکیک بین مواد هیدروفوب و هیدروفیل در آن انجام می‌شود.
بخش دوم	محدوده شستشو	از بخش سرریز سلول شروع شده و تا سطح خوراک دهی ادامه دارد. مواد هیدروفوبی که به حباب‌های هوا چسبیده‌اند و از محدوده رافر خارج شده‌اند به محدوده شستشو وارد می‌شوند بنابراین در این محدوده تجمعی از کف داریم که ذرات مواد هیدروفوب را همراه با خود دارند و به وسیله آب، شسته شده و به عنوان محصول از سلول خارج می‌شوند.
بخش سوم	محدوده رمق‌گیر	از پایین بخش ورود هوا آغاز می‌شود تا کف سلول ادامه دارد. در این محدوده پمپی قرار دارد که باطله‌های محدوده رافر را مجدداً با هوا مخلوط می‌کند و به سلول باز می‌گرداند تا مواد کم‌عیارتر باقیمانده را نیز بتوان بازیابی کرد.



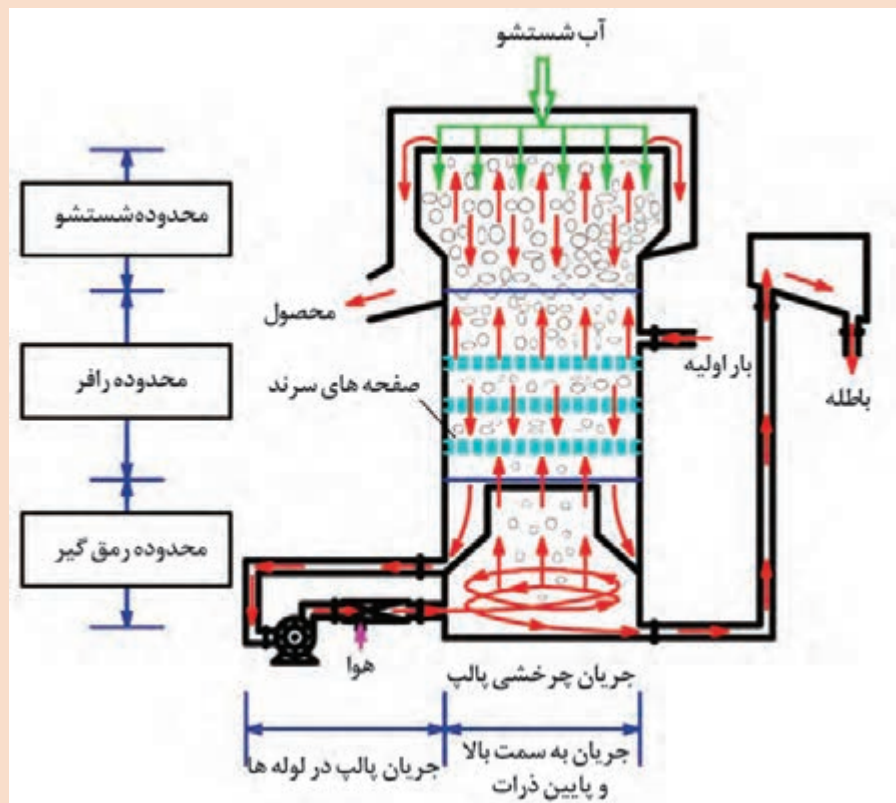
شکل ۱۸- نحوه جریان مواد در داخل ماشین فلو تاسیون ستونی



شکل ۱۹- قسمت های مختلف ماشین فلوتاسیون ستونی



شکل ۲۰، یک ماشین فلوتاسیون ستونی را نشان می‌دهد با توجه به آن، نحوه جریان پالپ، جریان هوا و انتقال باطله و محصول را به طور کامل شرح دهید.



شکل ۲۰- ماشین فلوتاسیون ستونی

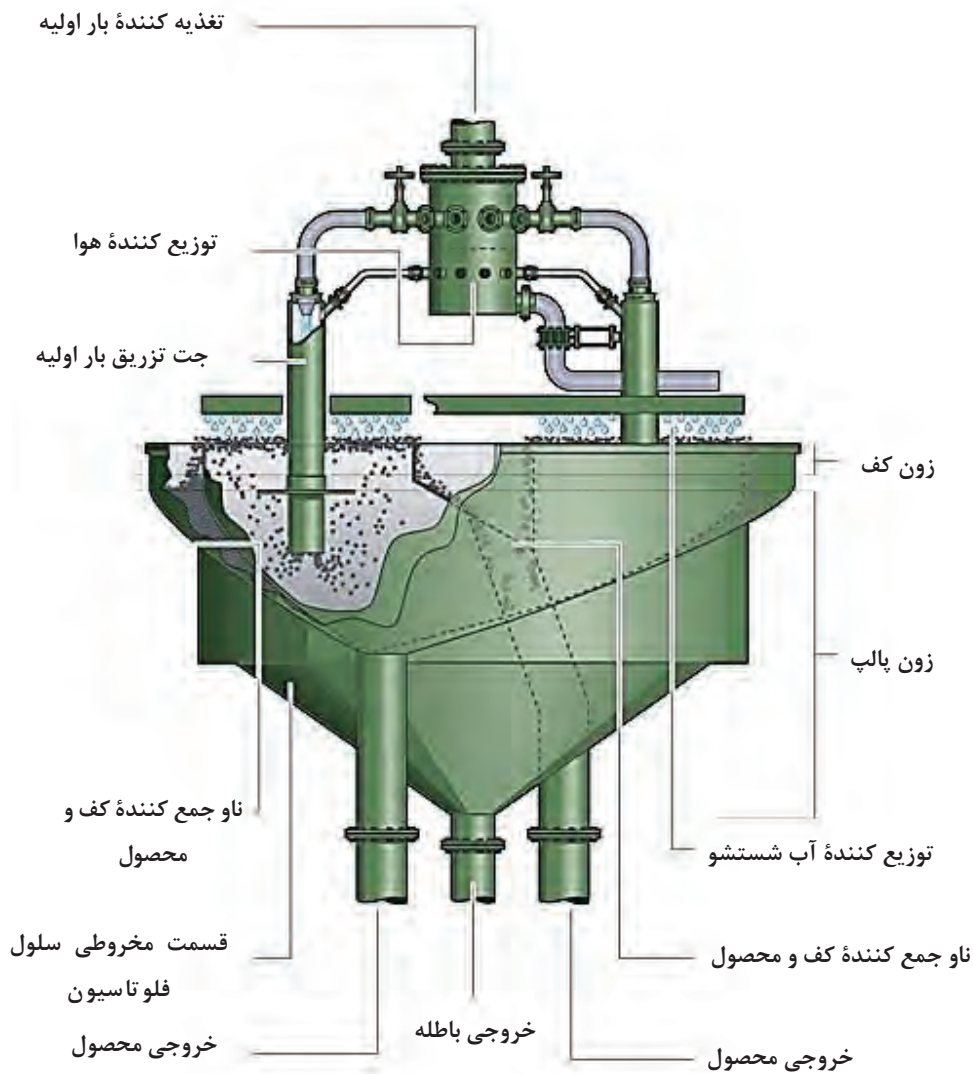


فلوتاسیون ستونی

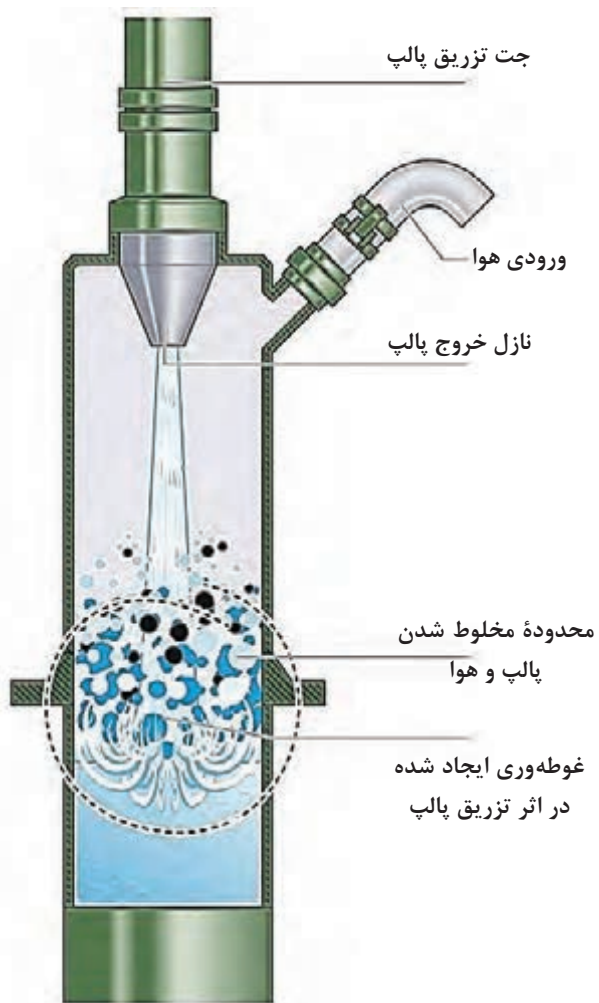
۲- ماشین فلوتاسیون جیمسون

این ماشین فلوتاسیون از ظرف استوانه‌ای شکلی تشکیل شده است که دارای قاعده‌ای مخروطی شکل در انتها می‌باشد بار اولیه به صورت پالپ از طریق لوله‌ای طویل و عمودی در امتداد محور سلول که تا نزدیکی ته سلول ادامه دارد وارد می‌شود. قسمت فوقانی این لوله دو جداره است پالپ از بخش میانی با سرعت و فشار زیاد (به صورت جت) وارد می‌شود و بخش خارجی با هوای محیط در ارتباط است. در اثر جریان پالپ در بخش میانی و در نتیجه کاهش فشاری که در این بخش وارد می‌شود خود به خود جریانی از هوا به داخل پالپ برقرار می‌شود. در طول مسیر دانه‌های جامد تشکیل دهنده پالپ به خوبی با حباب‌های هوا در تماس قرار می‌گیرند و دانه‌های هیدروفوب بر روی حباب‌های هوا می‌چسبند. در هنگام ورود پالپ به سلول، حباب‌های هوا

همراه با دانه‌های هیدروفوب که بر روی آنها چسبیده‌اند، به سمت بالا حرکت می‌کنند و از لبه سلول سرریز می‌شوند. در بخش فوقانی سلول ناو شیب‌داری برای جمع‌آوری و تخلیه کف پیش‌بینی شده است. در قسمت بالای سلول نیز دوش‌های آب برای شستشوی کف پیش‌بینی شده است. بدین ترتیب دانه‌های هیدروفیلی که در بین حباب‌های هوا قرار گرفته‌اند شسته و از قسمت تحتانی سلول تخلیه می‌شوند. ویژگی عمده سلول جیمسون این است که ناحیه رافر در داخل لوله مرکزی قرار دارد بنابراین حجم سلول به حداقل ممکن می‌رسد. با توجه به زمان توقف کوتاهی که مواد در این سلول دارند، ظرفیت آن نسبت به سلول‌های فلوتاسیون رایج بیشتر است. در این سلول هیچ بخش متحرکی برای همزدن و جابه‌جا کردن پالپ وجود ندارد. بدین ترتیب از نظر ساختمانی بسیار ساده و در نتیجه ارزان قیمت است. سایش و خوردگی آن نیز به مراتب کمتر از سلول‌های فلوتاسیون رایج که به همزن مجهز هستند، می‌باشد.



شکل ۲۱- نحوه جریان مواد در داخل ماشین فلوتاسیون جیمسون

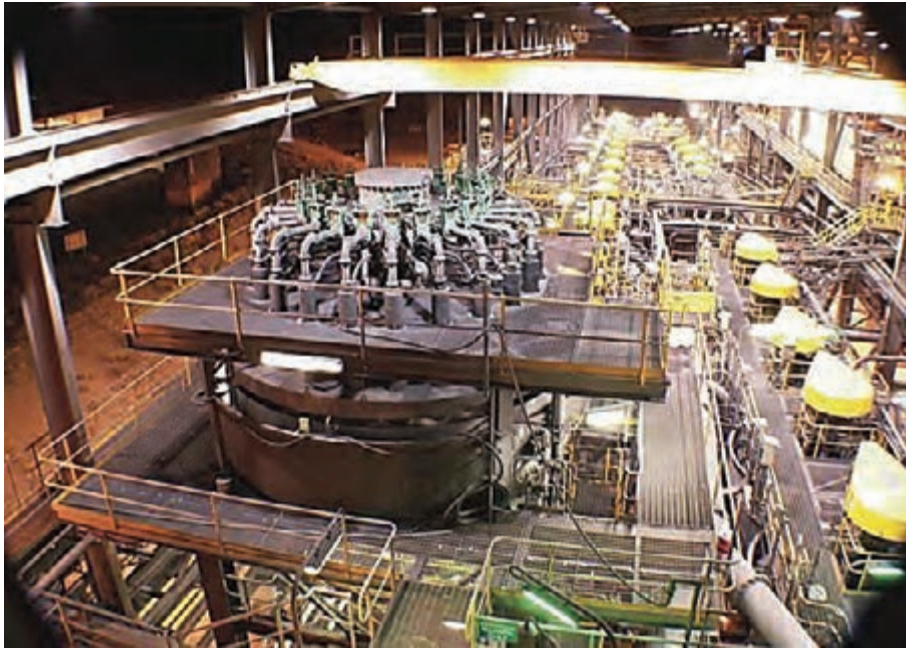


شکل ۲۲- جت‌های تزریق پالپ در سلول فلوتاسیون جیمسون

ماشین فلوتاسیون جیمسون

فیلم

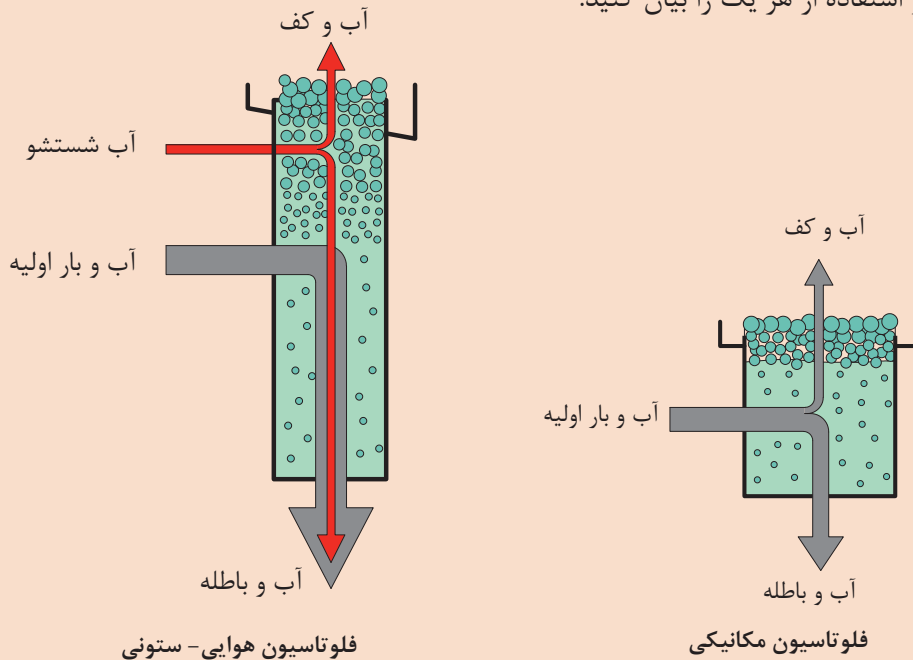




شکل ۲۳- یک ماشین فلوتاسیون جیمسون در کارخانه فرآوری

در شکل شماتیک زیر مقایسه ای بین نحوه کار دستگاه های فلوتاسیون مکانیکی و هوایی انجام شده است. با توجه به این شکل و آنچه در خصوص انواع ماشین های فلوتاسیون در درس بیان شده است. تفاوت های نحوه کار و استفاده از هر یک را بیان کنید.

بارش
فکری



شکل ۲۴

روش های کنترل مدار فلوتاسیون

کنترل مدار فلوتاسیون به سه روش امکان پذیر است:

کنترل دستی:

در این روش کنترل سلول های فلوتاسیون توسط اپراتور دستگاه انجام می شود و لازم است اپراتور در هر مرحله از بار ورودی، باطله و محصول خروجی از هر سلول نمونه گیری کند و پس از آن نمونه ها را به آزمایشگاه ارسال نماید. آزمایشگاه پس از آنالیز نمونه ها نتایج را گزارش و با توجه به گزارش آزمایشگاه تصمیم گیری های لازم در خصوص انجام یا عدم انجام تغییرات در میزان و مقدار بار ورودی و سایر عوامل شیمیایی انجام و در فرایند توسط اپراتور اعمال می شود.

کنترل نیمه اتوماتیک:

در این روش تمامی اندازه گیری ها توسط سیستم های اندازه گیری مستقر در قسمت های مختلف مدار فلوتاسیون انجام و نتایج بلافاصله نمایش داده می شود. در صورت بروز هر گونه تغییر در هر یک از این اندازه گیری ها، تصمیمات لازم در خصوص انجام واکنش مناسب گرفته شده و توسط اپراتور در فرایند اعمال می شود.

کنترل تمام اتوماتیک:

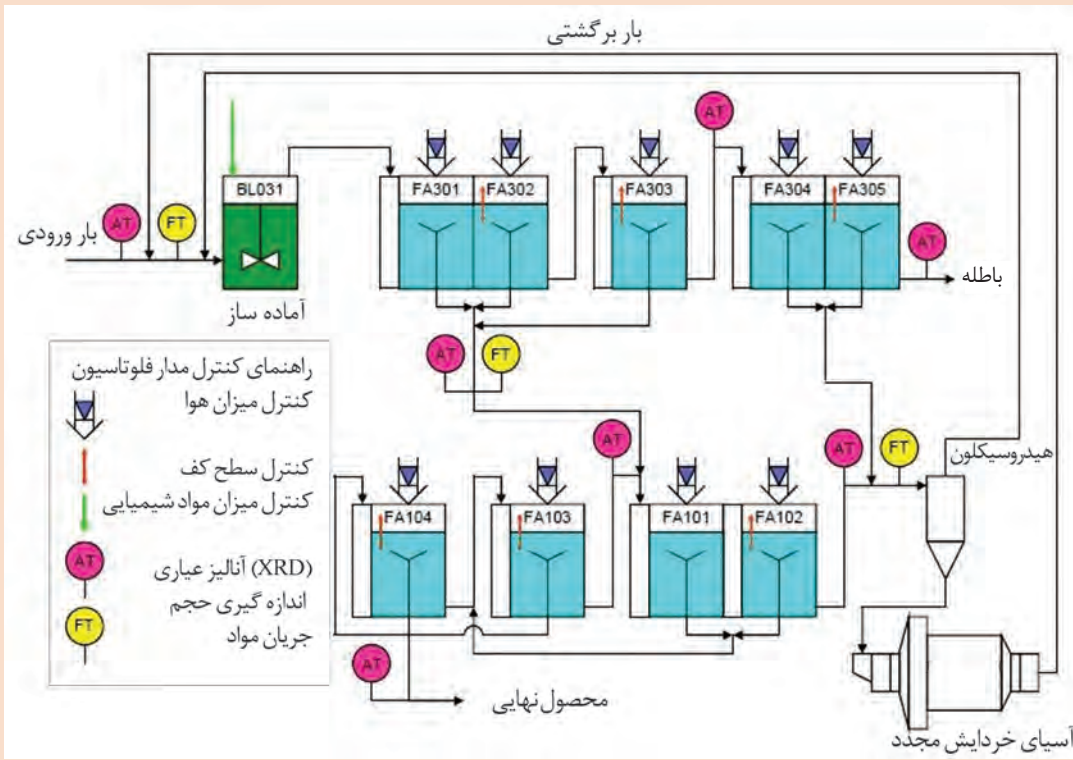
در این روش کنترل و اندازه گیری توسط سیستم های اندازه گیری مستقر در قسمت های مختلف مدار فلوتاسیون انجام شده و با توجه به تغییرات احتمالی به وجود آمده، سیستم کنترل هوشمند تمام اتوماتیک، خود تصمیم گیری های لازم را انجام داده و در سیستم اعمال خواهد کرد. مزایا و معایب هر یک از این سیستم های کنترل در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۲- مزایا و معایب هر یک از این سیستم های کنترل

کنترل دستی	کنترل نیمه اتوماتیک	کنترل تمام اتوماتیک
<ul style="list-style-type: none">معمولاً کارکرد سلول فلوتاسیون ناپایدار است. بنابراین نوسان در کیفیت و میزان محصول نهایی زیاد است.عدم توانایی در ارائه واکنش سریع در صورت بروز تغییر در فرایند فلوتاسیون.با تغییر شیفت اپراتور، در کنترل دستگاه ناپیوستگی ایجاد خواهد شد.وابستگی شدید کنترل فرایند به عملکرد اپراتور دستگاه.ریسک اشتباهات انسانی	<ul style="list-style-type: none">کارکرد سلول فلوتاسیون پایدار است. بنابراین نوسان در کیفیت و میزان محصول نهایی ناچیز است.توانایی پی بردن به بروز تغییر در فرایند و انجام واکنش در زمان مناسب.کنترل به صورت پیوسته در تمام ساعات کار انجام می شود.اپراتور زمان بیشتری برای تمرکز به وظایف خود دارد.کاهش ریسک اشتباهات انسانی	<ul style="list-style-type: none">فرایند کاملاً پایدار و هیچ گونه تغییر در کیفیت و میزان محصول وجود نخواهد داشت.عملکرد فرایند همیشه در بهترین شرایط است.با تغییر شیفت هیچ گونه تغییری ایجاد نخواهد شد.امکان عکس العمل سریع در صورت ایجاد تغییر در بار ورودی و دیگر ورودی ها وجود خواهد داشت.گزارش دهی اتوماتیکامکان رفع اشکال دستگاه از راه دور

در شکل ۲۵، انواع کنترل‌های لازم در یک مدار فلوتاسیون نشان داده شده است. با توجه به شکل، موقعیت و نوع اندازه‌گیری هر یک از این کنترل‌ها را تشریح نمایید.

بارش
فکری



شکل ۲۵- انواع کنترل‌های لازم در مدار فلوتاسیون

اپراتوری سلول‌های فلوتاسیون

کار عملی ۱: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوه کار مدار فلوتاسیون گزارشی تهیه نمایید.

شرح فعالیت: گزارش می‌بایست شامل موارد زیر باشد.

- ترسیم فلوشیت مدار فلوتاسیون
- تعیین تعداد و نوع بانک‌های فلوتاسیون در مدار
- تعیین نوع ماشین‌آلات مورد استفاده در هر قسمت از مدار فلوتاسیون

فعالیت
کارگاهی





کار عملی ۲: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوه عملیات کنترل‌های: هوا، pH، آب ورودی، خوراک، سطح پالپ و کف در ماشین‌های فلوتاسیون گزارش تهیه کنید.

شرح فعالیت: گزارش می‌بایست شامل موارد زیر باشد.

- تعیین نوع کنترل مورد استفاده در مدار فلوتاسیون
- نوع تجهیزات و نحوه کنترل هوا، pH و آب ورودی
- نوع تجهیزات و نحوه کنترل خوراک، سطح پالپ و کف مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه



خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات، مشارکت در کار گروهی در هنگام بازدیدها

ارزشیابی مرحله‌ای: دستگاه‌های فلوتاسیون و طرز کار آنها

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	راه‌اندازی دستگاه فلوتاسیون و کار با رافر- رمق‌گیر- کلینر- تیکنر و ... و کنترل سلول‌های فلوتاسیون بر اساس دستورالعمل مربوطه	بالاتر از حد انتظار	مکان: کارخانه فراوری تجهیزات: انواع سلول فلوتاسیون مواد مصرفی: آب - هوا- گریس- روغن زمان: ۴۰ دقیقه
۲	راه‌اندازی دستگاه فلوتاسیون و کار با رافر- رمق‌گیر- کلینر- تیکنر و ... و کنترل سلول‌های فلوتاسیون	درست	
۱	راه‌اندازی دستگاه فلوتاسیون و کار با رافر- رمق‌گیر	ناقص	

کاربرد داروهای شیمیایی

یک اپراتور فلوتاسیون خوب همیشه برای حل مشکلات کاری آماده است، بنابراین از بروز مشکلات احتمالی در حین عملیات، نگران نمی‌شود.

تذکر



فلوتاسیون یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین روش‌های فراوری مواد معدنی است. اجرای عملیات فلوتاسیون بخصوص در مدارهایی که به صورت دستی کنترل می‌شوند وابستگی فراوانی به عملکرد اپراتور دستگاه دارد. یک اپراتور موظف است برای کار با ماشین فلوتاسیون با به‌کارگیری ابزار مناسب و با استفاده از داروهای شیمیایی از عملکرد ماشین فلوتاسیون به خوبی آگاه باشد. داروهای شیمیایی باید به مقدار کافی و در زمان مناسب به کار گرفته شود، در غیر این صورت شرایط کار از اختیار اپراتور خارج می‌گردد و مشکلات فراوانی را به وجود می‌آورد.

در صورتی که کنترل شرایط کار ماشین فلوتاسیون از اختیار اپراتور خارج شود، چه مشکلاتی در مدار فراوری ایجاد خواهد شد؟ چگونه می‌توان از ایجاد این مشکلات جلوگیری کرد؟

بارش
فکری



یک اپراتور ماشین فلوتاسیون باید اتصالات ماشین، ورود پالپ، جدایش مواد در سلول، نحوه خروج باطله و محصول، میزان هوای مورد نیاز و شیر تنظیم هوا را کنترل کند.

نکات مهم در خصوص اپراتوری ماشین های فلوتاسیون

- یک اپراتور دستگاه فلوتاسیون باید نکات زیر را بداند و همیشه آنها را اجرا کند:
- شناخت فرایند کار دستگاه‌های فلوتاسیون و نحوه اجرای عملیات فلوتاسیون در هر یک از این ماشین‌ها (دانستن شیمی فرایند فلوتاسیون برای اپراتور ضروری نیست).
- افزودن مواد شیمیایی برای آبران کردن کانی‌های با ارزش پالپ و جدا کردن آنها
- آماده‌سازی پالپ با افزودن سایر مواد شیمیایی
- ارسال پالپ به داخل ماشین فلوتاسیون
- افزودن کف‌ساز برای ایجاد حباب‌های مناسب برای چسبیدن ذرات کانی‌های با ارزش به این حباب‌ها
- ارسال حباب‌های باردار توسط پارو به داخل ظروف شستشو
- افزودن مواد شیمیایی به میزان کافی به منظور اجرای کار صحیح ماشین فلوتاسیون در شرایط مناسب که در واقع این موارد هنر اصلی اپراتور می‌باشد.
- اپراتورها و مدیران یک کارخانه فلوتاسیون باید با تبادل اطلاعات و تجارب خود با یکدیگر، بهترین بهره‌وری را در اجرای کار داشته باشند.

- تهیه نمودار و نوشتن تجارب افراد متخصص و نمونه برداری توسط اپراتور می تواند در دراز مدت باعث تبدیل شدن اپراتور به یک فرد قابل و با توانایی بالا در کنترل مدار فلوتاسیون شود.
- اپراتور باید مقدار پالپ ورودی به رافر را مشخص کند و در طول مدت کار کم و بیش آن را ثابت نگه دارد. برای این کار می بایست میزان سرریز از سلول فلوتاسیون را هم کنترل کند.
- کنترل عملکرد صحیح ماشین فلوتاسیون می بایست طبق برنامه زمان بندی مناسب و بدون تأخیر انجام شود. همچنین اپراتور می بایست از انجام کنترل های بی مورد و پی در پی و غیرضروری پرهیز کند.
- تفکر سیستمی و یادگیری مادام العمر از جمله مواردی است که اپراتور باید به آن توجه ویژه داشته باشد.
- کنترل نمونه گیرها، میزان و مقدار سرریزها و کنترل دریچه های هوا الزامی است.

اجرای خوب عملیات فلوتاسیون از جمله آرزوهای دست یافتنی یک اپراتور مسئولیت پذیر است، که اگر تحقق یابد سایر فرایندهای فراوری سهل و آسان می گردد.

اخلاق
حرفه ای



- رفع اشکالات فنی توسط اپراتور با کمک افراد خبره در کار مورد نظر و نترسیدن از پرسیدن سؤال

پرسیدن عیب نیست، ندانستن عیب است.

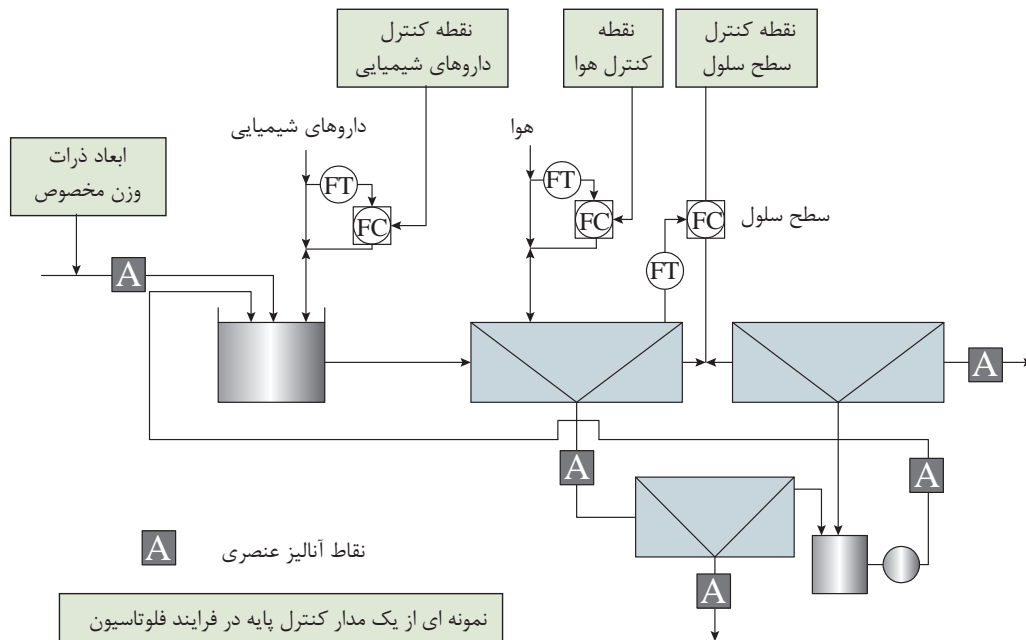
تذکر



کنترل در مدار فلوتاسیون

در فلوشیت صفحه بعد تجهیزات و موقعیت قرارگیری ابزار کنترل در یک مدار فلوتاسیون نشان داده شده است. این فلوشیت که به عنوان نمونه آورده شده است، تجهیزات پایه مورد نیاز جهت کنترل مدار فلوتاسیون را با علامت □ نشان می دهد. تجهیزات کنترل برای هر یک از سلول ها به طور کلی به سه دسته تقسیم می شوند که عبارتند از:

- ۱ تجهیزات کنترل داروهای شیمیایی
- ۲ تجهیزات کنترل هوای مورد نیاز سلول
- ۳ تجهیزات کنترل سطح پالپ و کف در سلول



شکل ۲۶- نمونه ای از یک فلوشیت موقعیت تجهیزات کنترل در مدار فلوتاسیون

کنترل داروهای شیمیایی

یک اپراتور باید نوع مواد شیمیایی مقدار آن و کاربرد هر یک را به خوبی بداند. عمدتاً سه دسته مواد شیمیایی در فلوتاسیون به کار می‌رود که اپراتور باید از آنها آگاه باشد (این مواد به تفصیل در کتاب دانش فنی تخصصی معرفی شده است).

فعال کننده‌ها: که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از: آهک، سولفات مس، مواد قلیایی و سیلیکات سدیم که بسته به نیاز می‌توانند متفاوت باشند. به عنوان مثال آهک برای جدا کردن پیریت در فلوتاسیون و تنظیم pH محیط به کار می‌رود.

کلکتورها: که جمع‌کننده کانی‌های دلخواه می‌باشند و عبارت‌اند از: تیو فسفات‌ها، گزنتات‌ها، کلکتورهای با آنیون‌های اسید سولفوریک و گروه کربوکسیل‌ها.

کف‌سازها: مواد شیمیایی هستند که با ایجاد حباب، کانی‌های با ارزش را از پالپ جدا می‌کنند. بعضی از کف‌سازها شامل روغن کاج، اسیدهای چرب، MIBC و ... می‌باشند.

اگرچه مواد شیمیایی بسیار متنوعند اما در کارخانه‌ها معمولاً سه الی چهار نوع از آنها به کار می‌روند و یک اپراتور موظف است که نوع و مقدار دقیق مورد نیاز را برای ماشین فلوتاسیون استفاده کند.

اگر یک اپراتور میزان مواد شیمیایی را کمتر و یا بیشتر از مقدار مورد نیاز استفاده کند شرکت را دچار زیان مالی کرده و نتایج آزمایش‌های حاصل از نمونه‌ها هم نادرست خواهد بود. میزان و نوع مواد شیمیایی مورد استفاده در فلوتاسیون می‌بایست توسط کارشناسان و متخصصین فلوتاسیون محاسبه و به اپراتور جهت اجرا اعلام گردد (در بعضی از مدارهای فلوتاسیون بعد از تنظیم میزان مواد شیمیایی مقادیر به طور اتوماتیک به پالپ افزوده می‌شود).



شکل ۲۷- سیستم کنترل هوا

کنترل هوا

مهم‌ترین متغیر در سیستم کنترل عملیات هر سلول فلوتاسیون است. هر سلول فلوتاسیون مجهز به یک سیستم کنترل هوای مجزا می‌باشد. هوای مورد نیاز می‌تواند توسط دمنده‌های با فشار کم تولید شود. میزان جریان هوا تأثیر مستقیم بر میزان عیار و بازیابی محصول دارد.

کنترل ارتفاع سطح

تجهیزات کنترل ارتفاع سطح پالپ و یا عمق کف یکی از مهم‌ترین ابزارهای کنترل در هر سلول فلوتاسیون می‌باشد. اندازه‌گیری ارتفاع سطح پالپ توسط ابزارهای دستی، مکانیکی و فراصوت انجام می‌شود. تنظیم ارتفاع سطح سلول براساس نتایج به دست آمده از سطح سنج و به وسیله شیرهای تخلیه انجام می‌شود. کنترل نامناسب ارتفاع سطح سلول، باعث به وجود آمدن مشکل در اجرای عملیات فلوتاسیون و کاهش عیار و بازیابی می‌شود.



شیرهای تخلیه



میله سطح سنج

محل قرارگیری سطح سنج مکانیکی در یک سلول فلوتاسیون محل قرارگیری شیرهای تخلیه درون یک سلول (کف سلول)

شکل ۲۸

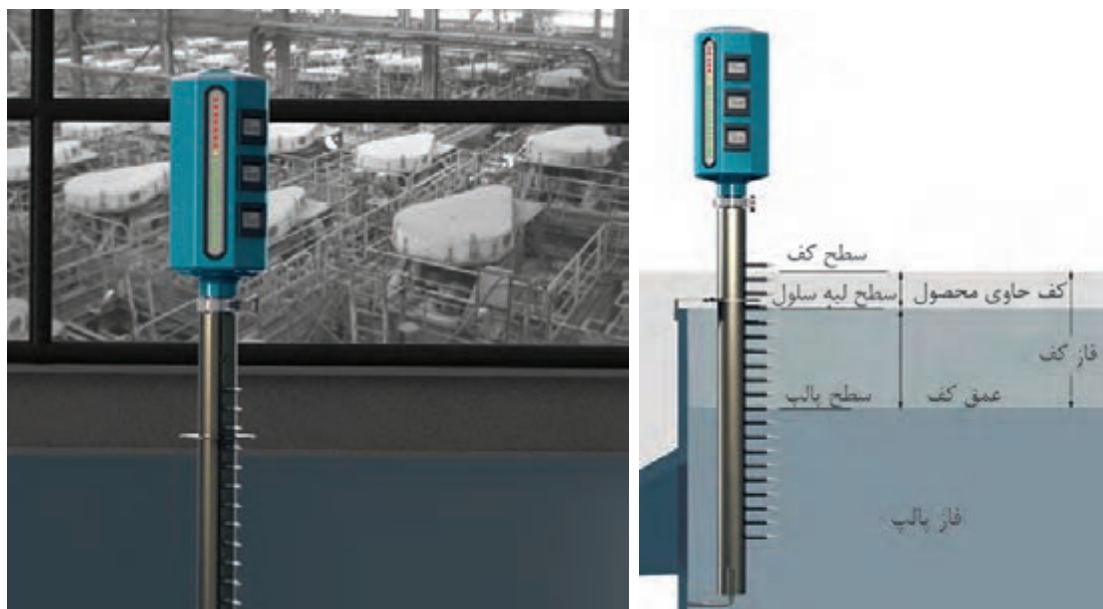
نکات مهم در کنترل ارتفاع سطح در سلول

- اپراتور موظف است به طور منظم میزان کف و حباب‌های حاوی ذرات کانی را مشاهده کند.
- با نمونه‌گیری از کف و استفاده از تجارب افراد خبره می‌توان میزان ذرات جمع شده توسط حباب‌های هوا و نوع کانی را تشخیص داد.
- در اثر تکرار این تجارب می‌توان قبل از آزمایش میزان عیار موجود در محصول و میزان بازیابی سلول فلوتاسیون را پیش‌بینی کرد. بر همین اساس در برخی از کارخانه‌ها با استفاده از دوربین‌های مخصوص نحوه عملکرد سلول فلوتاسیون پیش‌بینی و کنترل می‌شود.



شکل ۲۹- کنترل ابعاد و سطح کف در سلول فلوتاسیون

- ابعاد کف در سلول‌های رافر و کلیئر باید در حد مشخصی مثلاً حدود یک اینچ باشد تا بتواند حامل مناسبی برای ذرات کانی‌های با ارزش بشود.
- کف باید بتواند مقاومت کافی برای حمل ذرات را داشته و هنگام خروج از پالپ و افتادن در ظرف شستشو به راحتی بترکد تا ذرات مواد معدنی از آن جدا شوند.
- با عمق‌سنج می‌توان میزان کف و حباب‌های تولید شده را مشخص نمود. عمق‌سنج به صورت دستی، مکانیکی و فراصوت ساخته می‌شود. امروزه عمدتاً از عمق‌سنج‌های مکانیکی استفاده می‌شود. به کمک این عمق‌سنج‌ها می‌توان میزان کف تولید شده در سلول و حباب‌های حامل ذرات کانی را اندازه‌گیری کرد. با کنترل اندازه‌گیری این مقادیر می‌توان از پایدار بودن فرایند فلوتاسیون اطمینان حاصل نمود.



شکل ۳۰- دستگاه مکانیکی کنترل سطح پالپ و کف در سلول فلوتاسیون

■ عمق مناسب کف در ماشین‌های فلوتاسیون به‌طور متوسط حدود ۸ اینچ (۲۰ سانتی‌متر) می‌باشد. سطح پالپ و عمق کف برای رسیدن به بهترین شرایط توسط کارشناسان متخصص تعیین شده و به اپراتور اعلام می‌گردد.

اصول گزارش نویسی در استفاده از مواد شیمیایی

هر اپراتور مدار فلوتاسیون لازم است در پایان شیفت کاری خود گزارشی که نشان‌دهنده کلیه فعالیت‌های مهم انجام شده در طی آن دوره زمانی است را تهیه، ثبت و در اختیار افراد مافوق و اپراتور شیفت بعدی قرار دهد. در همین رابطه نمونه‌ای از فرمت گزارش نویسی مدار فلوتاسیون نشان داده شده است.

گزارش اپراتور شیفت فلوتاسیون				
نام و نام خانوادگی اپراتور:		تاریخ:		
شیفت کاری:		نام واحد فراوری:		نام بخش:
کنترل مدار فلوتاسیون				
ساعت کنترل		ساعت کنترل ماشین فلوتاسیون		
اتمام شیفت		شروع شیفت		
				اندازه گیری pH
				کنترل تسمه و اتصالات
				کنترل لوله های حامل پالپ
				کنترل بلبرینگ ها
				نشستی سلول ها
				سوختگی و بوی نامطبوع
				وجود روغن و گریس در پالپ
ثبت گزارش ها، دستورهای دریافتی و اقدامات انجام شده				
ساعت ارائه گزارش		گزارش های ارائه شده به مهندس ناظر		ردیف
				۱
				۲
				۳
ساعت دریافت دستور		دستورات دریافتی از مقام مافوق		ردیف
				۱
				۲
				۳
ساعت انجام اقدام		اقدام انجام شده		ردیف
				۱
				۲
				۳
آخرین تغییرات در نرخ استفاده از داروهای مصرفی در شیفت کاری				
نرخ استفاده (گرم بر تن)		نرخ استفاده (گرم بر تن)		نوع دارو
		بازداشت کننده		کلکتور
		کلکتور		تنظیم کننده pH
		کف ساز		فعال کننده
نام و نام خانوادگی اپراتور شیفت امضا			نام و نام خانوادگی اپراتور شیفت امضا	



تهیه داروهای شیمیایی، مخلوط کردن با پالپ و ارائه گزارش شیفت کاری فلوتاسیون

کار عملی ۱: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوه تهیه و مخلوط کردن داروهای شیمیایی با پالپ گزارشی تهیه نمایید.

شرح فعالیت: گزارش می بایست شامل موارد زیر باشد.

تعیین نوع ماشین فلوتاسیون مورد استفاده و کنترل قسمت های مختلف آن

نوع و مشخصات پالپ ورودی شامل میزان درصد جامد و عیار بار ورودی، دبی باردهی به فلوتاسیون

نوع و میزان تنظیم کننده، متفرق کننده، فعال کننده، بازداشت کننده، کلکتور و کف ساز مورد استفاده

ابعاد، رنگ، عمق و شکل کف در سطح هر یک از سلول های فلوتاسیون

کار عملی ۲: با توجه به بازدید انجام شده در مراحل قبلی، نمونه فرم ارائه شده در کتاب را تکمیل کنید و به هنرآموز خود ارائه نمایید.

شرح فعالیت: تکمیل فرم گزارش اپراتور شیفت فلوتاسیون ارائه شده در کتاب مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه



خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات.

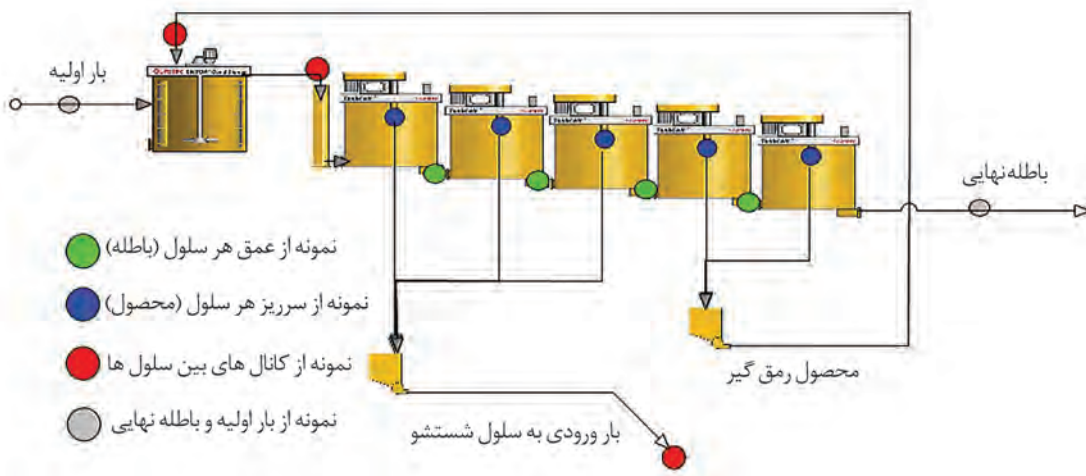
ارزشیابی مرحله ای: اپراتوری عملیات فلوتاسیون و تهیه دارو (مواد شیمیایی)

نمره	استاندارد (شاخص ها/ داوری / نمره دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	انجام عملیات کنترل و اپراتوری دستگاه های فلوتاسیون و تهیه گزارش شیفت طبق فرمت و اندازه گیری میزان داروهای شیمیایی مورد استفاده در شیفت	بالاتر از حد انتظار	مکان: کارخانه فراوری تجهیزات: انواع سلول فلوتاسیون مواد مصرفی: آب - هوا - گریس - روغن زمان: ۴۰ دقیقه
۲	انجام عملیات کنترل و اپراتوری دستگاه های فلوتاسیون و تهیه گزارش شیفت طبق فرمت	درست	
۱	اپراتوری دستگاه فلوتاسیون و عدم توانایی در کنترل آن	ناقص	

نمونه گیری در عملیات فلوتاسیون

تصویر ۳۱ قسمت‌های مختلف یک مدار فلوتاسیون را که نیاز به نمونه‌گیری دارد نشان می‌دهد. فکر می‌کنید هر یک از این نمونه‌گیری‌ها با چه هدفی و با چه ابزاری انجام می‌شوند و نتایج حاصل از آنالیز و مطالعات این نمونه‌ها چگونه می‌توانند در بهینه‌سازی فرایند فلوتاسیون کمک کنند.

بارش
فکری

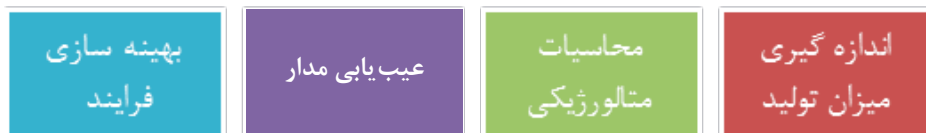


شکل ۳۱- قسمت‌های مختلف نمونه‌گیری در یک مدار فلوتاسیون

برای کنترل مدار فلوتاسیون در یک کارخانه فراوری و بهینه‌سازی عملکرد هر بخش از سلول‌های فلوتاسیون، لازم است از بار اولیه و همچنین بار ورودی و خروجی به هر یک از سلول‌های فلوتاسیون طبق برنامه زمان‌بندی مشخصی نمونه‌گیری انجام شود تا بتوان از نظر کمی و کیفی بررسی‌های لازم را انجام داد. نمونه‌های گرفته شده برای اندازه‌گیری پارامترهای مختلفی آنالیز و مطالعه می‌شوند که عبارت‌اند از:



اهداف نمونه‌گیری عبارت‌اند از:

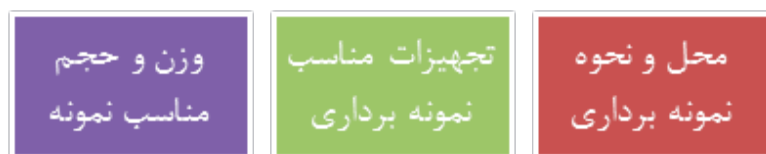


جدول ۳- اهداف نمونه‌گیری از مدار فلوتاسیون

توضیحات	هدف
این اندازه‌گیری نشان دهنده میزان کارایی کارخانه است به طوری که می‌تواند نشان دهد عملکرد مدار پرعیارسازی فلوتاسیون طبق طراحی‌های انجام شده است و یا خیر (که در این صورت نیاز به اعمال تغییراتی خواهد داشت).	اندازه‌گیری میزان تولید
با استفاده از این محاسبات می‌توان میزان تغییرات کانی‌شناسی و عیار بار ورودی و تأثیر آن در قسمت‌های مختلف مدار فلوتاسیون و بار نهایی را اندازه‌گیری کرد. بدین ترتیب از هدر رفتن کانی‌های مورد نظر در اثر ایجاد تغییرات کانی‌شناسی در بار اولیه جلوگیری می‌شود.	محاسبات متالورژیکی
با اندازه‌گیری ابعادی و عیارسنجی از قسمت‌های مختلف مدار فلوتاسیون با دقت قابل قبولی مشکلات احتمالی ایجاد شده در مدار را نشان می‌دهد.	عیب‌یابی مدار
دستیابی به این هدف، شامل فرایندی پیچیده است که با اندازه‌گیری میزان دبی جریان، درصد جامد و میزان عیار ماده معدنی و بار ورودی و خروجی به سلول‌های فلوتاسیون امکان مدل‌سازی و ارائه راهکارهای لازم جهت بهینه‌کردن فرایند را فراهم می‌سازد.	بهینه‌سازی فرایند

عملیات نمونه‌برداری از مدار فلوتاسیون

اپراتور مدار فلوتاسیون جهت برداشت نمونه می‌بایست سه نکته مهم را مدنظر داشته باشد:



۱- محل و نحوه مناسب نمونه‌برداری:

نمونه‌برداری از مدارهای فلوتاسیون، شامل نمونه‌گیری از بار اولیه ورودی، جریان پالپ در پایین سلول و کف در سطح سلول می‌باشد. برای نمونه‌گیری از هر یک از این جریان‌ها باید به نکاتی توجه کرد تا خطا به حداقل برسد.

۱-۱- نمونه‌برداری از جریان‌های پالپ فلوتاسیون

■ جعبه‌های میانی بین بانک‌های فلوتاسیون، به دلیل اختلاط مطلوب مواد محل‌های مناسبی برای نمونه‌برداری هستند.

■ برخی از مواقع در بالای این جعبه‌ها کف تجمع می‌یابد که در هنگام نمونه‌برداری از پالپ باید مراقب آن بود و نمی‌توان از آنها نمونه‌برداری کرد.

۲-۱- نمونه برداری از جریان های سطح سلول (محصول فلوتاسیون)

- مهم ترین عامل در نمونه برداری از جریان کف در سطح سلول های فلوتاسیون، اندازه گیری دقیق دبی کف است. روش صحیح برای تهیه نمونه از کف، هدایت جریان کف وارد شده به کانال کف به یک مخزن کوچک و سپس، جمع آوری نمونه است. یک اشتباه رایج برای نمونه برداری از کانال کف، ایجاد یک کانال کوچک در آن و جمع آوری نمونه از آن است. این کانال کوچک به دلیل دسترسی بسیار کم از دقت مطلوبی برخوردار نیست. زمانی که برای نمونه گیری از شیلنگ استفاده می شود، باید شیلنگ به گونه ای نصب شود تا جریان را بدون اتلاف به ظرف جمع آوری نمونه هدایت کند.
- می توان با قرار دادن یک ظرف با حجم مناسب و برای مدت معین در مسیر جریان کانال، دبی را اندازه گیری کرد.
- چنانچه برای انتقال کنسانتره از پمپ استفاده می شود، می توان از نمونه گیری های جریان استفاده نمود. جهت به حداقل رساندن تأثیر حباب های هوا بر اندازه گیری می بایست در قسمت هایی که حداکثر فشار وجود دارد اندازه گیری را انجام داد.
- برای نمونه برداری جهت اندازه گیری عیار و دبی جریان بهترین روش برداشت جزء نمونه در فواصل زمانی ۲۰ دقیقه است. بدین ترتیب هر ۲۰ دقیقه یک جزء نمونه برداشت می شود که در نهایت این جزء نمونه را با هم مخلوط کرده و به عنوان یک نمونه به آزمایشگاه ارسال می شود.

جدول ۴- بایدها و نبایدهای نمونه برداری

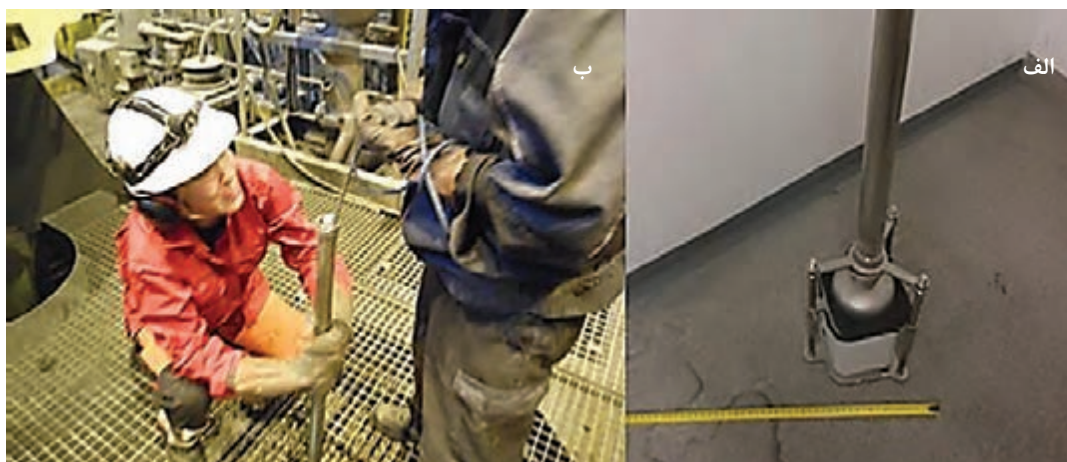
نبایدها	بایدها
<ul style="list-style-type: none"> ■ نمونه گیری از ورودی لوله ها به حوضچه دارای فشار بالایی هستند و نمونه برداری از آنها مشکل است. بنابراین تا حد ممکن از آنها نمونه برداری نکنید. ■ استفاده از تجهیزات نمونه برداری دست ساز و غیراستاندارد ممنوع است. ■ برای برداشت نمونه های عیار سنجی از جریان های دانه درشت استفاده نکنید. ■ از سالم و تمیز بودن تجهیزات نمونه برداری اطمینان حاصل کنید. برای نمونه برداری از هر محل می بایست از تجهیزات مخصوص به همان محل استفاده کرد. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ تحت هر شرایطی، از اصول صحیح نمونه برداری پیروی کنید. ■ به هر جریان جدید در مدار دسترسی پیدا کنید. ■ دبی جریان های کلیدی کنسانتره و جریان های برگشتی را مشخص کنید. برای هر جریان پالپ، یک نمونه دبی سنجی و یک نمونه برای تعیین درصد جامد جریان نیاز است. ■ تجهیزات نمونه برداری را در محل مناسب نمونه گیری قرار دهید. ■ برای نمونه گیری از کف، اجازه دهید تا کل کف در کانال جریان یابد.

۲- تجهیزات مناسب نمونه گیری

بخشی از تجهیزات اصلی نمونه گیری از مدارهای فلوتاسیون عبارت‌اند از:

۲-۱- تجهیزات نمونه گیری از عمق^۱ هر سلول فلوتاسیون

این تجهیزات جهت برداشت نمونه از باطله‌های هر یک از سلول‌ها استفاده می‌شوند. بدین ترتیب که نمونه گیر به انتهای سلول هدایت شده و با کشیدن یک طناب درب نمونه گیری برای زمان کوتاهی باز شده و مواد موجود در کف سلول وارد آن می‌شوند. سپس طناب رها شده و درب نمونه گیر بسته می‌شود و به بیرون سلول هدایت می‌شود.



شکل ۳۲- الف) تجهیزات نمونه گیری از عمق هر سلول، ب) عملیات برداشت نمونه از عمق یک سلول، با قرار دادن نمونه گیر در عمق سلول و کشیدن طناب برای باز شدن درب آن

همچنین در صورتی که نیاز باشد می‌توان از محل‌های مختلف داخل یک سلول فلوتاسیون و در دفعات متعدد نمونه گیری کرد، استفاده از پمپ نمونه گیری ابزار بسیار مناسبی است. بنابراین با قرار دادن یک پمپ در مکان مناسب می‌توان عملیات نمونه گیری را به راحتی انجام داد.



شکل ۳۳- یک پمپ نمونه گیری دیافراگمی که برای نمونه گیری از عمق سلول فلوتاسیون به کار می‌رود

۱- Deep Sampler

۲-۲- تجهیزات نمونه گیری از سرریز سلول فلوتاسیون

نمونه گیری از سرریز هر سلول می تواند مستقیماً از حباب های حاوی ذرات محصول که وارد کانال جمع آوری کف شده اند انجام شود. ابزار نمونه گیری از سرریز^۱ هر سلول در شکل ۳۴ نشان داده شده است. ظرف نمونه گیر باید قبل از نمونه برداری کاملاً تمیز باشد و نمونه برداری در هر نوبت می بایست از یک محل مشخص در کانال جمع آوری کف سلول فلوتاسیون انجام شود.



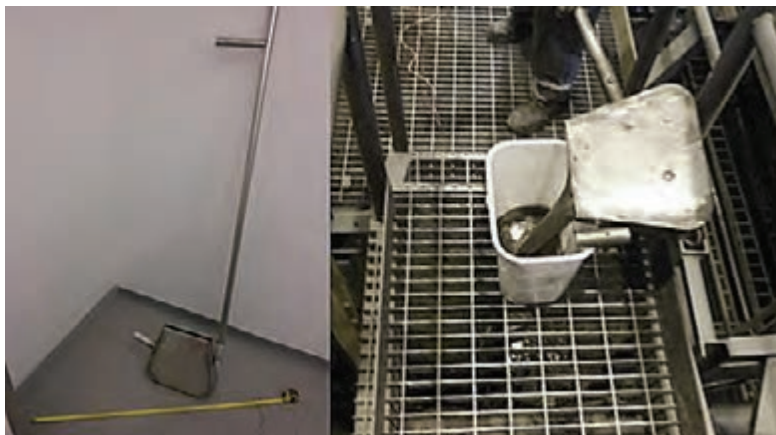
شکل ۳۴- تجهیزات نمونه گیری از سرریز سلول فلوتاسیون

۲-۳- تجهیزات نمونه گیری از جریان های بین سلول فلوتاسیون

تجهیزات نمونه گیری از جریان های بین سلول فلوتاسیون ها که اصطلاحاً به آنها کاتر^۲ می گویند به دو دسته تقسیم می شوند که عبارت اند از: کاترهای دستی که نمونه گیری از جریان های روباز را انجام می دهند و کاترهای استاتیک که تجهیزات نمونه گیری از جریان های داخل لوله ها هستند. کاترهای دستی: وقتی از کاترهای دستی جهت نمونه گیری استفاده می شود مهم است که کاتر به نحوی در مسیر جریان قرار گیرد که عمود بر جریان پالپ باشد و از کل عرض جریان پالپ در کانال، نمونه گیری انجام شود، نمونه گیری همیشه از یک مکان مشخص انجام شود و نمونه از روی کاتر سرریز نشود.

۱- Lip Sampler

۲- Cutter Sampler



شکل ۳۵- تجهیزات نمونه‌گیری از کانال‌های بین سلول‌های فلوتاسیون (کاتر دستی)

کاتر استاتیک: در صورتی که از لوله جهت انتقال مواد استفاده شود، کاترهای نمونه‌گیر دستی قابلیت دسترسی به پالپ را ندارند، بنابراین می‌بایست از تجهیزات نمونه‌گیری کاتر استاتیک در مدار استفاده کرد. این تجهیزات نمونه‌گیری در مسیر لوله‌های جریان پالپ نصب می‌شوند و قادر هستند به صورت پیوسته و یا ناپیوسته نمونه‌گیری و اندازه‌گیری‌های لازم از پالپ را انجام دهند. به عنوان مثال کاترهای استاتیک قادرند همراه با دستگاه‌های آنالیز عنصری XRF به طور پیوسته به کار گرفته شوند و وضعیت کلی عیار پالپ را نشان دهند. همچنین از نوع دیگری از این نمونه‌گیرها برای اندازه‌گیری مقدار فشار جریان استفاده می‌شود.



ب



الف

شکل ۳۶- دستگاه‌های نمونه‌گیر کاتر استاتیک

الف) اندازه‌گیری عیار با نصب دستگاه XRF، ب) اندازه‌گیری فشار جریان با نصب فشار سنج

۲-۴- تجهیزات ثابت نمونه‌گیری از بار اولیه، محصول و باطله نهایی

این تجهیزات نمونه‌گیری به طور ثابت در ابتدا و انتهای مدار نصب می‌شوند. نمونه‌های برداشت شده از این تجهیزات ثابت نمونه‌گیری برای آنالیز عنصری، مطالعات کانی‌شناسی، اندازه‌گیری دبی جریان و درصد جامد موجود در پالپ استفاده می‌شوند. نمونه‌برداری با استفاده از این تجهیزات ثابت در هر لحظه ممکن است.



شکل ۳۷- تجهیزات ثابت نمونه‌گیری از بار اولیه، محصول و باطله نهایی

تجهیزات نمونه‌گیری از مدار فلوتاسیون

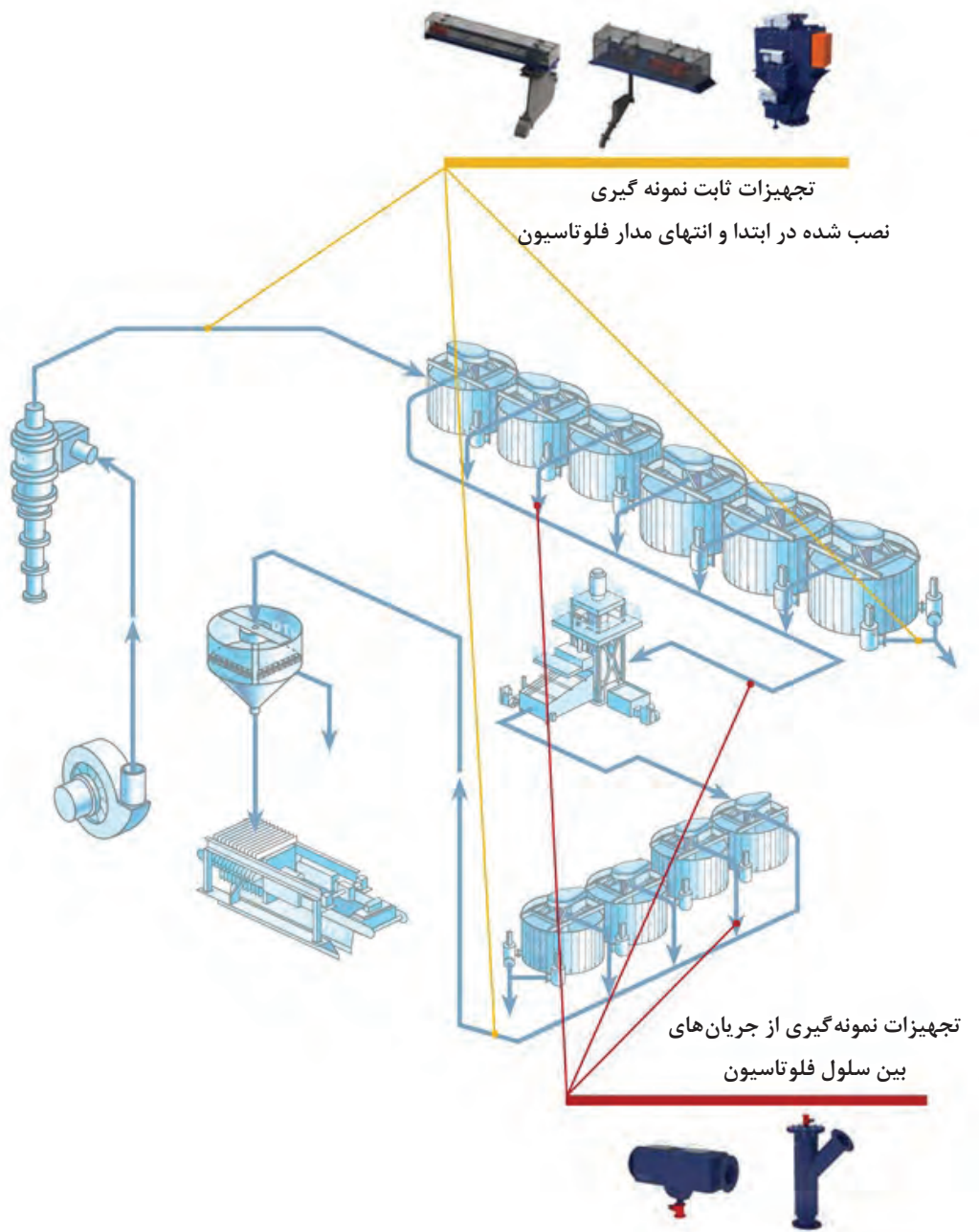
فیلم



براساس مدار ارائه شده در بارش فکری ابتدای این مبحث (شکل ۳۱) تجهیزات مورد استفاده در هر قسمت از مدار فلوتاسیون را می‌توان به شرح ذیل دسته بندی نمود:

جدول ۵

نشانه	محل نمونه‌گیری	تجهیزات نمونه‌گیری
●	نمونه از عمق هر سلول (باطله)	پمپ، نمونه‌گیر از عمق
●	نمونه از سرریز هر سلول (محصول)	نمونه‌گیر از سرریز
●	نمونه از کانال‌های بین سلول‌ها	کاترهای دستی و کاترهای استاتیک
●	نمونه از بار اولیه و باطله نهایی	تجهیزات ثابت نمونه‌برداری



شکل ۳۸- موقعیت قرارگیری تجهیزات ثابت نمونه گیری و تجهیزات نمونه گیری کاتر استاتیک در مدار فلوتاسیون

۳- وزن و حجم مناسب نمونه

وزن و یا حجم مناسب نمونه ها توسط مهندسان طراح مدار محاسبه و در اختیار اپراتور قرار می گیرد. بنابراین نمونه برداری همیشه می بایست طبق حجم و وزن اعلام شده و طبق دستورالعمل برای هر قسمت انجام گیرد.



نمونه‌گیری از مراحل مختلف عملیات فلوتاسیون و تنظیمات لازم
 کار عملی ۱: بازدید از یک واحد فراوری و مشاهده نحوه نمونه‌برداری از قسمت‌های مختلف مدار فلوتاسیون و تهیه گزارش از آن
شرح فعالیت: گزارش می‌بایست شامل موارد زیر باشد:
 موقعیت هر یک از نقاط نمونه‌برداری
 دوره زمانی برداشت نمونه در هر موقعیت
 هدف از برداشت هر نمونه
 تجهیزات مورد استفاده جهت برداشت نمونه
 نوع آنالیز انجام شده بر روی هر نمونه
 نحوه انجام تنظیمات لازم در مدار فلوتاسیون براساس نتایج تصاویر و فیلم از مدار فلوتاسیون و تجهیزات نمونه برداری
 ارائه گزارش به هنرآموز
 مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی

تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه



خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات.



ارزشیابی مرحله‌ای: نمونه‌گیری در مدارهای فلوتاسیون

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	تعیین محل نمونه‌برداری، هدف از نمونه‌برداری، تجهیزات مناسب نمونه برداری و انجام تنظیمات لازم در مدار فلوتاسیون طبق نتایج و بر اساس دستورالعمل	بالاتر از حد انتظار	مکان: کارخانه فراوری تجهیزات: دستورالعمل نمونه‌برداری - ظروف نمونه‌گیری
۲	تعیین محل نمونه‌برداری، هدف از نمونه‌برداری، تجهیزات مناسب نمونه برداری و انجام مراحل بر اساس دستورالعمل	درست	مواد مصرفی: نوشت افزار زمان: ۱۰ دقیقه
۱	تهیه نمونه خارج از استاندارد	ناقص	

اصول نگهداری و سرویس انواع ماشین آلات فلوتاسیون

ماشین آلات و تجهیزات فلوتاسیون می‌بایست براساس طراحی انجام شده کار کنند، ایجاد هر گونه خطا و یا مشکل در مدار فلوتاسیون باعث ایجاد تغییر نسبت به طراحی اولیه شده و به تبع آن میزان عیار و یا بازدهی مدار فلوتاسیون کاهش خواهد یافت. جهت جلوگیری از این گونه تغییرات افراد مختلفی که شامل اپراتورها، تعمیرکاران و مهندسین ناظر هستند، در سطوح مختلف بر روی فرایند نظارت می‌کنند. بنابراین بهترین اقدام جهت داشتن فرایند پایدار و تولیدی با حداکثر راندمان، انجام نگهداری و سرویس ماشین آلات و تجهیزات به صورت دوره‌ای و منظم است.

امروزه با توجه به کاهش عیار ذخایر معدنی و افزایش ظرفیت کارخانه‌های فراوری بیشتر از سلول‌های بزرگ فلوتاسیون استفاده می‌شود. اگرچه استفاده از سلول‌های بزرگ‌تر هزینه‌های سرویس و نگهداری ماشین‌های کوچک‌تر را ندارند. اما مواردی همچون عدم توزیع یکنواخت هوا و ذرات در کل فضای سلول و ته نشین شدن ذرات در گوشه‌های سلول معمولاً مشکلاتی هستند که می‌بایست با انجام سرویس و نگهداری به حداقل ممکن رسانده شوند.

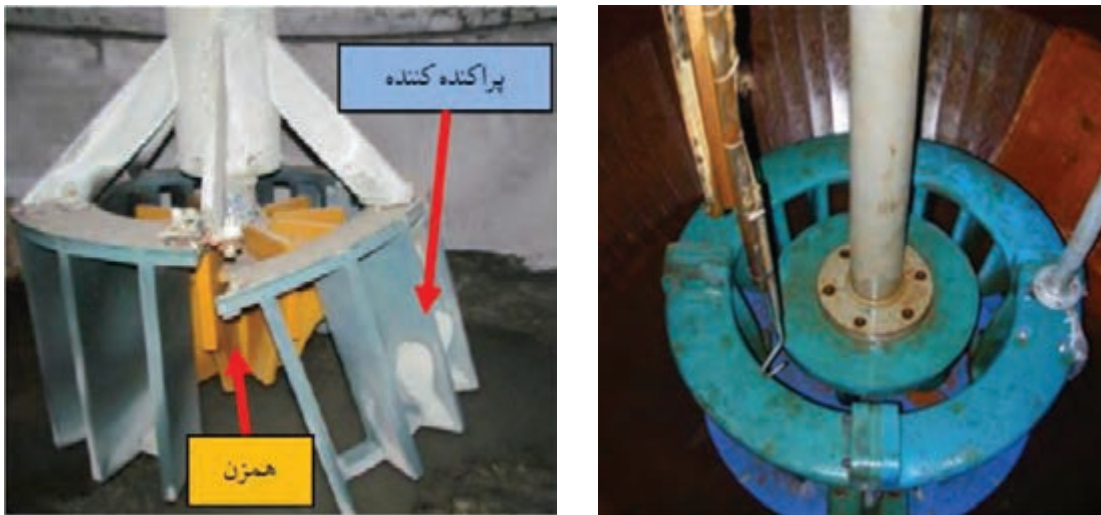
برخی از مهم‌ترین مشکلاتی که ممکن است در فرایندهای فلوتاسیون ایجاد شود عبارت‌اند از:

۱- مشکلات مکانیکی

مهم‌ترین این مشکلات در سلول‌های فلوتاسیون مکانیکی، عبارت‌اند از: مشکلات مربوط به سیستم متحرک سلول، پوسیدگی و خوردگی قطعات محافظ و بدنه سلول است. سیستم متحرک سلول‌های فلوتاسیون از همزن (روتور)، پراکنده کننده (استاتور) و لوله‌های انتقال هوا به سلول تشکیل شده است.

۱-۱- شکستگی پره های استاتور

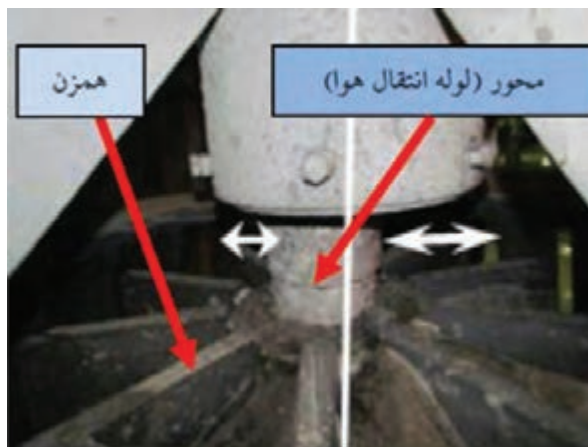
پراکنده کننده‌ها به منظور حمل و نقل آسان از قطعات جدا کننده که با پیچ به یکدیگر متصل شده‌اند تشکیل شده است. برای پوشش این پیچ‌ها جهت جلوگیری از لق شدن، سایش و یا زنگ زدن از چسب استفاده می‌شود. بنابراین شکستگی و جدا شدن قسمت‌های پراکنده از هم موجب اختلال در کارایی سلول خواهد شد در این شرایط ذرات در داخل سلول ته نشین می‌شوند و فضای مرده داخل سلول افزایش می‌یابد. یکی دیگر از تجهیزاتی که معمولاً به دلیل پوسیدگی و یا عدم کالیبراسیون، کارایی عملیات فلوتاسیون را با مشکل روبه‌رو می‌سازد شیرهای نیزه ای کنترل ارتفاع پالپ (شیرهای تخلیه) است. کنترل ارتفاع این شیرها توسط پیستونی که در بالای آنها نصب شده است انجام می‌شود. خرابی این پیستون‌ها از جمله مواردی است که باید با پایش دوره ای و مشاهده نوسانات ارتفاع کف بررسی شود.



شکل ۳۹- شکستگی پره‌های استاتور

۲-۱- انحراف شافت روتور

این محور مجرای ورود هوا به همزن در درون تانک است. خوردگی و سایش اتصالات نگهدارنده محور و لوله انتقال دهنده هوا از دیگر مشکلات مکانیکی هستند که پس از مدتی موجب انحراف محور شافت روتور می‌شود. این عمل باعث مختل شدن انتشار هوا می‌شود و جریان‌های داخلی سلول را برای اختلاط ایده آل تامین نمی‌کند و در نتیجه، کارایی سلول را تا حد زیادی کاهش می‌دهد.



شکل ۴۰- انحراف شافت روتور

۳-۱- خوردگی و سایش محافظ‌های پوششی همزن

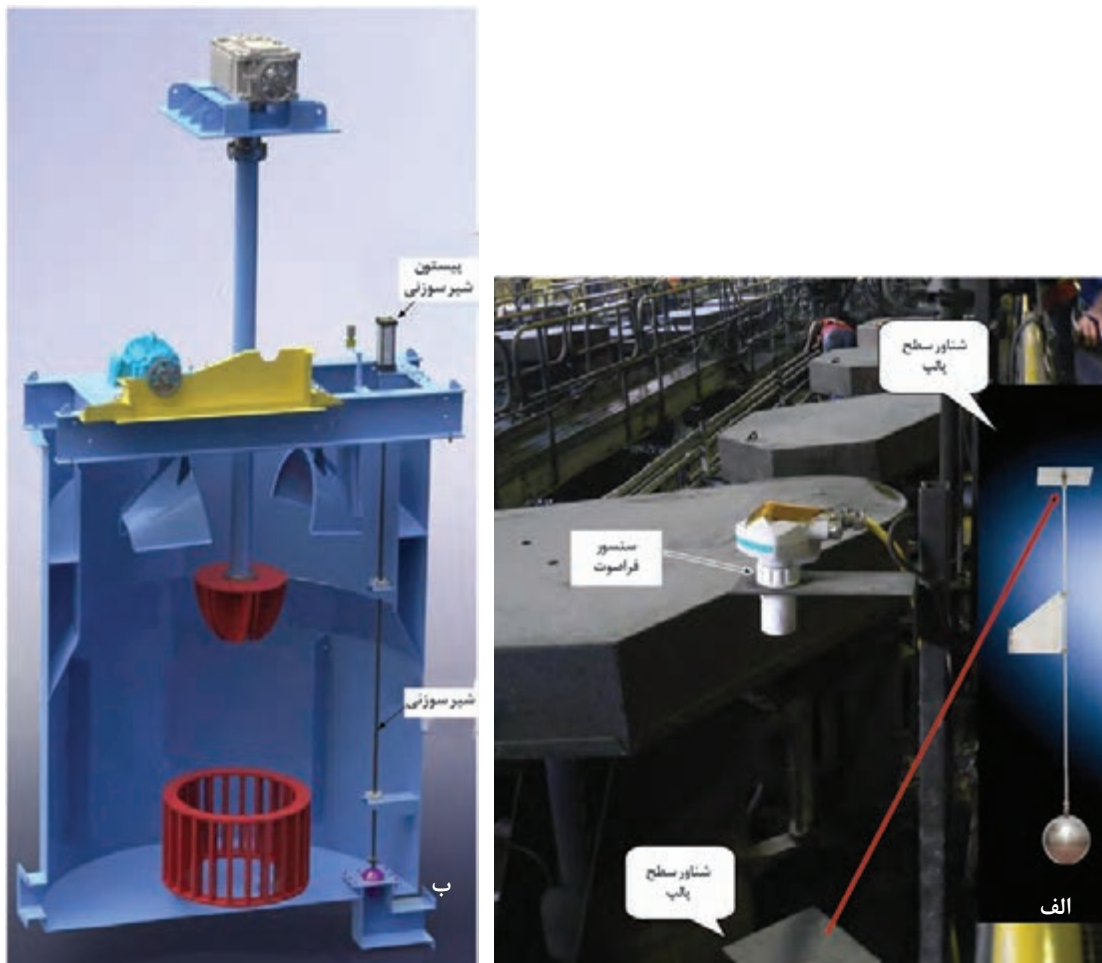
در تجهیزات داخل سلول از جمله همزن و پراکنده کننده، برای بیشتر شدن مقاومت در برابر سایش، از محافظ‌های پوششی از جنس پلی اورتان استفاده می‌شود. راهیابی ذرات درشت و برخورد ذرات موجود در پالپ با سطح همزن به دلیل خرابی محافظ آن، باعث خوردگی و سایش این قسمت از سلول می‌شود.

۲- مشکلات کنترلی

رایج‌ترین مشکلات در سیستم کنترل سلول‌های فلوتاسیون خرابی سنسورهای اندازه‌گیری و خارج شدن آنها از کالیبراسیون است. اولین گام در عیب‌یابی سیستم کنترل فلوتاسیون، بررسی و برطرف کردن خرابی احتمالی سنسورها و سایر تجهیزات اندازه‌گیری است.

یکی از مهم‌ترین سنسورهای مورد استفاده در سلول‌های فلوتاسیون، سنسور فراصوت اندازه‌گیری عمق کف است. ساختار و مکانیزم عملکرد این سنسور در شکل ۴۱ نشان داده شده است. برای بررسی و کالیبراسیون این سنسور، باید با استفاده از شناور، ارتفاع کف به صورت دستی اندازه‌گیری و با مقادیر ارائه شده توسط حسگر مقایسه شود.

یکی دیگر از تجهیزاتی که معمولاً به دلیل پوسیدگی و یا عدم کالیبراسیون، کارایی عملیات فلوتاسیون را با مشکل روبه‌رو می‌سازد شیرهای نیزه‌ای کنترل ارتفاع پالپ (شیرهای تخلیه) است. کنترل ارتفاع این شیرها توسط پیستونی که در بالای آنها نصب شده است انجام می‌شود. خرابی این پیستون‌ها از جمله مواردی است که باید با پایش دوره‌ای و مشاهده نوسانات ارتفاع کف بررسی شود.



شکل ۴۱- الف) تجهیزات اندازه‌گیری عمق کف در سطح سلول فلوتاسیون، ب) شیر تخلیه سوزنی و پایستون آن

۳- سایر مشکلات

ته‌نشینی مواد در کف سلول موجب کاهش فضای مفید داخل سلول می‌شود. اپراتور می‌بایست به صورت دوره‌ای ارتفاع داخل سلول را اندازه‌گیری نماید و در صورت نیاز می‌توان این رسوبات را از سلول خارج کرد. اندازه‌گیری ارتفاع سلول به دو صورت انجام می‌شود:

■ **اندازه‌گیری در حین کار:** برای اندازه‌گیری در حین کار می‌توان از یک میله بلند (اندکی بلندتر از عمق سلول) که در انتهای آن یک صفحه متصل شده است، استفاده کرد.

■ **اندازه‌گیری پس از توقف دستگاه:** هنگامی که دستگاه متوقف است اپراتور می‌تواند به داخل سلول رفته و اختلاف ارتفاع کف تا سطح سلول را اندازه‌گیری کند.

مشکل دیگر ایجاد کف پایدار در سطح سلول است. در چنین شرایطی کف به مقدار زیاد همراه با کنسانتره در سطح سلول تشکیل می‌شود. برای رفع این مشکل در صورت بهینه بودن میزان مواد شیمیایی، باید از دوش آب استفاده کرد. همچنین در صورتی که از دوش آب با فشار زیاد استفاده شود باعث از بین رفتن کف و بازگشت محصول به درون سلول آب می‌شود.



شکل ۴۲- تأثیر فشار آب در فرو رفتن کف در سطح سلول فلوتاسیون

سایر مشکلات حین کار در ماشین فلوتاسیون که می‌بایست توسط اپراتور کنترل شود:

- مسدود شدن و پرشدن لوله‌های حامل پالپ
- سرریز بیش از حد کف در محوطه کارخانه
- پارگی تسمه‌ها و اتصالات
- گرم شدن بلبرینگ‌های دستگاه‌ها
- نشستی یا چکه کردن سلول‌های شستشو
- وجود روغن و گریس در پالپ
- وجود سوختگی و بوی نامطبوع قسمت‌هایی از ماشین فلوتاسیون

سرویس و نگهداری ماشین فلوتاسیون جیمسون

فیلم



عملیات سرویس و نگهداری تجهیزات و ماشین آلات فلوتاسیون

کار عملی ۱: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوه نگهداری تجهیزات فلوتاسیون توسط اپراتور دستگاه گزارشی تهیه نمایید.

شرح فعالیت:

گزارش می بایست شامل نگهداری موارد زیر باشد:

۱- مشکلات مکانیکی

۲- مشکلات کنترلی

۳- سایر مشکلات

مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی

فعالیت
کارگاهی



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه

نکات
ایمنی



خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات.

اخلاق
حرفه‌ای



ارزشیابی مرحله‌ای: نمونه‌گیری در مدارهای فلوتاسیون

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	سرویس و نگهداری با بازدید از دستگاه و بررسی مشکلات مکانیکی، کنترلی و سایر مشکلات و دسته‌بندی مشکلات جزئی، نیمه اساسی و اساسی و رفع عیب مشکلات جزئی	بالاتر از حد انتظار	مکان: کارخانه فراوری تجهیزات: ابزارآلات سرویس و نگهداری مواد مصرفی: روغن، گریس، قطعات یدکی زمان: ۳۰ دقیقه
۲	سرویس و نگهداری با بازدید از دستگاه و بررسی مشکلات مکانیکی، کنترلی و سایر مشکلات و رفع عیب مشکلات جزئی	درست	
۱	عدم توجه به دستورالعمل در سرویس و نگهداری	ناقص	



ارزشیابی شایستگی عملیات فلوتاسیون

شرح کار:

راه اندازی سلول فلوتاسیون (رافر - کلینر - رمق گیر - تیکنر - ساختن و شارژ دارو به سلول ها به عنوان (کلکتور - تنظیم کننده ها - بازداشت کننده ها - کف سازها - فعال کننده ها - متفرق کننده ها طبق دستورالعمل) - کنترل (سطح - رنگ - اندازه - کف - سطح پالپ - دبی آب و هوا - چرخش و سرعت گیر - تنظیم کننده pH - سرریز - ته ریز خط - جریان برگشتی آب) نمونه گیری با ظرف های ویژه از مراحل مختلف فلوتاسیون طبق استانداردهای نمونه برداری فلوتاسیون و ارسال به آزمایشگاه گریس کاری - روغن کاری قطعات - تعویض قطعات مستهلک سلول ها

استاندارد عملکرد:

انجام عملیات فلوتاسیون با به کارگیری تجهیزات - ماشین آلات - مواد شیمیایی بر اساس دستورالعمل های مربوطه زیر نظر مهندس ناظر

شاخص ها:

- ۱- طرز کار با سلول های فلوتاسیون ۲- تهیه دارو (مواد شیمیایی)، شارژ و تزریق آن ۳- نمونه برداری از سلول های فلوتاسیون
- ۴- سرویس و نگهداری سلول های فلوتاسیون

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

فضای کار: کارخانه فرآوری
تجهیزات: سلول فلوتاسیون (رافر - کلینر - رمق گیر) - تیکنر - ابزار آلات سرویس و نگهداری - لجن کش
مواد مصرفی: انواع مواد شیمیایی - آب - هوا - گریس و روغن - فیلتر
زمان: ۱۲۰ دقیقه

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	دستگاه های فلوتاسیون و طرز کار آنها	۱	
۲	اپراتوری عملیات فلوتاسیون و تهیه دارو (مواد شیمیایی)	۲	
۳	نمونه گیری از مدار فلوتاسیون	۱	
۴	عملیات سرویس و نگهداری در مدار فلوتاسیون	۱	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: موارد ایمنی، دقت - صحت - مسئولیت پذیری - نظافت محیط زیست.	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.

پودمان ۵

عملیات سرویس، نگهداری و سفارش خرید



با توجه به روند پیشرفت‌های تکنولوژی در معدن و صنایع معدنی، وظیفه افرادی که عهده‌دار نصب، راه‌اندازی، بهره‌برداری و سرویس و نگهداری تجهیزات هستند، هر روز بیشتر و سنگین‌تر می‌شود. لذا ظرفیت تولید و نوع ماشین‌آلات به ویژه سیستم‌های خودکار با گذشته تفاوت بسیار پیدا کرده و با توجه به سرمایه‌گذاری‌های سنگین انجام شده در این زمینه نیاز به افرادی که دارای تخصص و تجربه کافی در زمینه سرویس، نگهداری و تعمیرات هستند روزبه روز افزوده می‌شود.

تهیه برنامه سرویس و نگهداری و تعمیرات

مقدمه

مباحث مطرح شده در این فصل عبارت‌اند از: نحوه برنامه ریزی جهت سرویس، نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات و تجهیزات معدن.

استاندارد عملکرد

تهیه برنامه سرویس و نگهداری با به‌کارگیری دستورالعمل‌ها و استانداردهای کارخانجات واحدهای معدنی و دستورالعمل‌های سازمانی.

پیش‌نیاز و یادآوری

برنامه ریزی سرویس و نگهداری

برنامه سرویس و نگهداری عبارت است از مجموعه فعالیت‌هایی که طبق یک برنامه مشخص برای نگهداری ماشین‌آلات و تجهیزات در سطح مشخصی از کارایی انجام می‌گیرد.

این سطح مشخص عبارت است از:

- ماشین در شرایط مطلوب کار کند،
- محصول تولیدی طبق استاندارد باشد،
- داشتن میزان تولید قابل قبول.

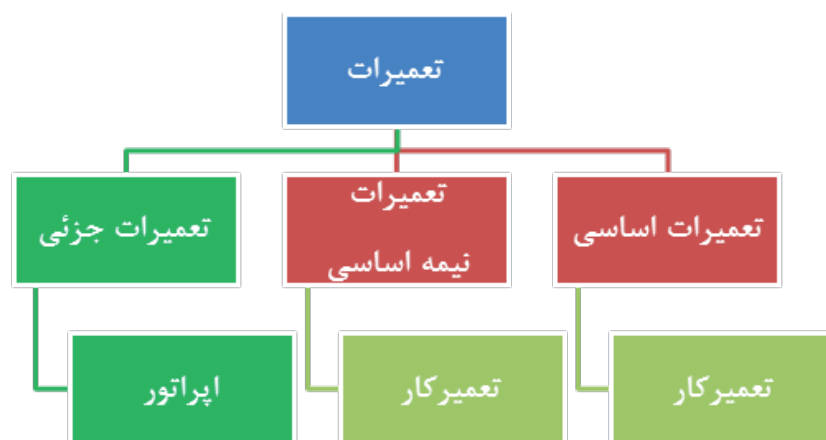
مدیران واحدهای معدنی و صنایع معدنی بنا به دلایل گوناگون علاقمند هستند تا برای ماشین‌آلات و تجهیزات مجموعه تحت سرپرستی خود یک برنامه سرویس و نگهداری منظم به وجود آورند. برخی از مهم‌ترین این دلایل عبارت‌اند از:

- نظم بخشیدن به جریان عادی فعالیت‌های تولیدی معدن و جلوگیری از توقف عملیات و کاهش کارایی
- حفظ سرمایه‌های مادی اعم از دستگاه‌ها، ماشین‌آلات و تجهیزات موجود در معدن به منظور استفاده طولانی‌تر از آنها در فرایندهای تولید.
- ایجاد شرایط ایمنی و مراقبت‌های مطلوب‌تر برای کارکنان معدن و صنایع معدن و کاهش میزان حوادث و سوانح ناشی از کار کردن با ماشین‌آلات و تجهیزات معیوب
- پایین آوردن هزینه‌های ناشی از تعمیرات مکرر و خرابی‌های پی‌در پی دستگاه‌ها، ماشین‌آلات و تجهیزات در نتیجه بی‌توجهی به آنها
- بالا بردن عمر مفید دستگاه‌ها، ماشین‌آلات و تجهیزات و کاهش استهلاک، خرابی و فرسودگی آنها و صرفه‌دار کردن کاربرد ماشین‌آلات و تجهیزات در معدن.
- اجرای مطلوب برنامه سرویس و نگهداری باعث ایجاد رضایت‌مندی و حس مفید بودن در کارکنان می‌شود. علاوه بر موارد فوق وجود سیستم سرویس و نگهداری در معادن به مدیران این امکان را می‌دهد تا قادر باشند از کار دستگاه‌ها، ماشین‌آلات و تجهیزاتی که برای کاربردهای مختلف خریداری شده‌اند یک ارزیابی دقیق به عمل آورند و انواع مختلف آنها را که توسط سازندگان مختلف عرضه شده‌اند در میدان واقعی کار با هم مقایسه کنند و در صورتی که کیفیت کار این ماشین‌آلات و تجهیزات در شرایط نگهداری و تعمیر مورد رضایت نبود برای رفع نیازهای آتی خود از ماشین‌آلات با کیفیت مرغوب‌تر استفاده کنند.

جدول ۱- مزایا و معایب برنامه سرویس و نگهداری

مزایای ناشی از داشتن برنامه سرویس و نگهداری	معایب ناشی از نداشتن برنامه سرویس و نگهداری
<ul style="list-style-type: none"> ■ افزایش قابلیت اطمینان ■ افزایش دسترس پذیری ماشین آلات ■ کاهش هزینه‌ها ■ افزایش عمر مفید ماشین آلات ■ استفاده بهینه از منابع ■ افزایش ایمنی ■ افزایش کیفیت محصولات تولیدی 	<ul style="list-style-type: none"> ■ عدم اطمینان به برنامه تولید ■ کاهش میزان تولید ماشین آلات ■ افزایش هزینه‌های ماشین آلات ■ کاهش عمر ماشین آلات ■ کاهش قیمت ماشین آلات در زمان فروش ■ کاهش ایمنی ■ کاهش کیفیت محصولات تولیدی

همانطور که می‌دانید انواع تعمیرات ماشین آلات را می‌توان به طور کلی به شرح نمودار زیر تقسیم‌بندی نمود.



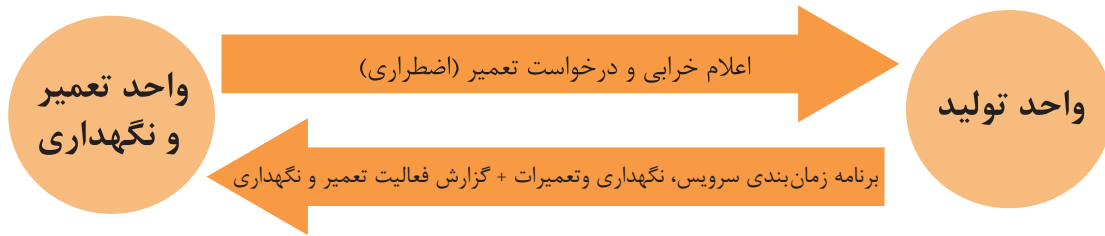
شکل ۱- دسته‌بندی تعمیرات

اجرای تعمیرات جزئی ماشین آلات و تجهیزات توسط اپراتور دستگاه انجام می‌شود و نیازی به حضور تعمیرکاران از تعمیرگاه و یا انتقال دستگاه به تعمیرگاه مرکزی نمی‌باشد. اما در صورت نیاز به تعمیرات نیمه‌اساسی و اساسی لازم است گزارش‌های لازم جهت درخواست تعمیرات به واحد تعمیرات و نگهداری ارسال گردد تا براساس آن اقدامات لازم صورت گیرد.

بنابراین انجام عملیات سرویس، نگهداری و تعمیرات ماشین آلات معدنی توسط واحد تعمیرات به دو صورت انجام می‌شود:

سرویس، نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده: عملیات سرویس و نگهداری به صورت زمان‌بندی شده و طبق برنامه مشخص انجام می‌شود.

تعمیرات اضطراری: با درخواست اپراتور دستگاه و در صورت نیاز به انجام تعمیرات نیمه‌اساسی و یا اساسی، عملیات تعمیر اضطراری انجام می‌شود.



شکل ۲- ارتباط واحد تولید و تعمیر و نگهداری

الف) چارچوب انجام اقدامات برنامه ریزی شده

این اقدامات به طور کلی شامل چهار مرحله می شوند که عبارت اند از:

۱- تهیه لیست فعالیت های برنامه ریزی شده مخصوص به هر یک از ماشین آلات و تجهیزات:

با توجه به اینکه در فعالیت های معدنی و صنایع مربوط به آنها از انواع گسترده ای از ماشین آلات و تجهیزات استفاده می شود. بنابراین لازم است برای هر یک از آنها به طور جداگانه، اقدام به تهیه برنامه تعمیر گردد. این برنامه ریزی می تواند براساس اعلام انجام شده از سوی کارخانه سازنده و یا براساس اطلاعات به دست آمده از تجارب واحد تعمیر و نگهداری و یا اپراتور دستگاه باشد. در اینجا به عنوان نمونه فرم خام اقدامات برنامه ریزی شده برای ماشین آلات ارائه شده است.

فرم فعالیت های نت ماشین آلات														
نام ماشین: محل استقرار:											کد ماشین: کد محل:			
ابزار و لوازم مورد نیاز	قطعات یدکی مورد نیاز				وضعیت ماشین	تخصص و زمان مورد نیاز				دوره زمانی اجرا	مدت زمان فعالیت	کد فعالیت	شرح فعالیت	ردیف
	تعداد	شرح / کد قطعه	تعداد	شرح / کد قطعه		زمان	عنوان تخصص	زمان	عنوان تخصص					
شرح نماد		Min : دقیقه		H : ساعت		D : روز		W : هفته		M : ماه		Y : سال		
تاریخ تهیه:													صفحه از صفحه	

شکل ۳- فرم خام اقدامات برنامه ریزی شده برای ماشین آلات

۲- تهیه دستورالعمل فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده

براساس این دستورالعمل شرح کاملی از اقدامات مورد نیاز در هر یک از مراحل انجام عملیات سرویس، نگهداری و تعمیرات ارائه می‌شود.

دستورالعمل نگهداری	
شرح فعالیت:	کد / ردیف فعالیت:
نام ماشین:	محل استقرار:
کد ماشین:	کد محل:
شرح اقدامات لازم:	
تاریخ تهیه:	تهیه کننده

شکل ۴- فرم دستورالعمل نگهداری

۳- زمان بندی فعالیت‌های سرویس، نگهداری و تعمیرات

در تهیه برنامه زمان بندی سرویس و نگهداری برنامه‌ریزی شده، مشخص می‌کنیم که فعالیت در چه تاریخ‌ها و چه ساعت‌هایی انجام می‌شود. به این منظور ابتدا برنامه سالیانه تهیه شده و براساس آن برنامه هفتگی نیز استخراج می‌شود. در برنامه سالیانه روزهای انجام کار مشخص شده و در برنامه هفتگی ساعات انجام کار نیز تعیین می‌شود. برای تهیه برنامه سالیانه ابتدا باید روز اول اجرای هر فعالیت را مشخص کرده و روزهای بعدی اجرای فعالیت با توجه به دوره تناوب فعالیت خود به خود مشخص می‌شود.

برنامه سالانه PM															
۱۲			...			۲			۱			مدت زمان انجام فعالیت	عنوان فعالیت	نام و کد ماشین	ردیف
۳۱	...	۲	۱	...	۳۱	...	۳	۱	۳۱	...	۲				

برنامه هفتگی نت									
شماره هفته:		از تاریخ:		تا تاریخ:		قسمت:			
ردیف	نام ماشین	کد ماشین	کد محل استقرار	کد فعالیت	مدت زمان فعالیت	وضعیت ماشین	موعد		
							روز	ساعت	
تهیه کننده:							صفحه از صفحه		
امضای مدیر نت:					امضای مدیر تولید قسمت:				

شکل ۵- فرم‌های زمان بندی فعالیت های سرویس، نگهداری و تعمیرات

۴- تهیه دستور کار و ارائه گزارش کار

براین اساس دستور کار مورد استفاده جهت رفع عیب، فرم قطعات یدکی درخواستی از انبار و گزارش کار انجام شده جهت رفع عیب از طرف تعمیرکار مربوطه ارائه می گردد.

دستور کار نت	
تاریخ اجرا:	شماره دستور کار: نام تعمیرکار:
نام ماشین:	کد ماشین:
عنوان فعالیت:	
ساعت شروع:	ساعت پایان:
وضعیت ماشین در هنگام نت <input type="checkbox"/> ON	<input type="checkbox"/> OFF
قطعه یدکی مورد نیاز:	شماره درخواست قطعه یدکی:
ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز:	
کد دستورالعمل نت فعالیت	

شکل ۶- دستور کار نگهداری و تعمیرات

درخواست قطعه از انبار						
تاریخ درخواست:			شماره درخواست:			
تاریخ صدور:			شماره دستور کار:			
ملاحظات	فوریت	تعداد مورد نیاز		کد قطعه	نام قطعه	ردیف
		واحد	تعداد			
نام انبار:						

شکل ۷- فرم درخواست قطعه از انبار

گزارش کار	
ساعت شروع واقعی کار:	ساعت پایان واقعی کار و تحویل به تولید:
شماره حواله انبار قطعات یدکی:	
علل احتمالی تأخیرات در انجام تعمیرات:	
نقطه نظر تعمیرکار:	
امضای تعمیرکار:	امضای سرپرست تولید:

شکل ۸- فرم گزارش کار

دریافت اطلاعات فنی ماشین آلات و تعمیرات و تهیه برنامه سرویس و نگهداری

کار عملی ۱: برای یکی از ماشین آلات و تجهیزات معدنی موجود در کارگاه هنرستان خود (مانند پیکور، پرفراتور و یا ...) برنامه سرویس و نگهداری تهیه کنید.

شرح فعالیت: برنامه سرویس و نگهداری می بایست شامل:

- فرم شرح فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده
- فرم دستورالعمل فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده
- زمان‌بندی فعالیت‌ها
- دستور کار، لیست قطعات یدکی، گزارش کار
- طبق فرم‌های ارائه شده در کتاب درسی باشد.
- مواد و ابزار: نوشت افزار، فرم‌های مربوطه

فعالیت
کارگاهی



نکات
ایمنی



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه



ارزشیابی مرحله‌ای: تهیه برنامه سرویس، نگهداری و تعمیرات

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	تهیه برنامه سرویس و نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده و اضطراری براساس دستورالعمل‌های کارخانجات سازنده و ارائه درخواست لیست قطعات یدکی مورد نیاز به انبار	بالاتر از حد انتظار	مکان: واحد تعمیر و نگهداری تجهیزات: رایانه، استانداردها و دستورالعمل‌های کارخانجات سازنده و دستورالعمل‌های سازمان و نرم‌افزار مربوطه مواد مصرفی: نوشت افزار زمان: ۳۰ دقیقه
۲	تهیه برنامه سرویس و نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده و اضطراری براساس دستورالعمل‌های کارخانجات سازنده و درخواست اپراتور مربوط	درست	
۱	رعایت نکردن دستورالعمل‌های کارخانجات سازنده و سازمان مربوطه در تهیه برنامه سرویس ماشین‌آلات	ناقص	

برنامه ریزی تعمیرات و ماشین آلات و تجهیزات

ب) چارچوب انجام تعمیرات اضطراری
این اقدامات به طور کلی شامل چهار مرحله می شوند که عبارت اند از:
۱- درخواست تعمیر و نگهداری اضطراری
این درخواست از سوی واحد تولید و با استفاده از نمونه فرمی به شکل ۹ ارائه می شود.

درخواست تعمیرات اضطراری	
تاریخ صدور:	شماره درخواست:
کد ماشین:	نام ماشین:
کدمحل استقرار:	محل استقرار:
تاریخ و ساعت دریافت نقص:	تاریخ و ساعت بروز نقص:
شرح نواقص:	
شرح علل نواقص:	

شکل ۹- فرم درخواست تعمیرات اضطراری

۲- استخراج اطلاعات تعمیر و نگهداری

در این مرحله لازم است که با توجه به درخواست تعمیر رسیده به واحد تعمیر و نگهداری، مشخص شود که رفع خرابی به چه تخصص تعمیراتی، قطعه یدکی و مدت زمانی نیاز دارد. ممکن است که با توجه به اطلاعات درج شده در فرم درخواست تعمیر، خرابی کاملاً مشخص و اطلاعات فوق تأمین گردد. در حالت دیگر ممکن است فرم درخواست تعمیر، گویا نباشد و لازم باشد تا با یک بازدید و بهره‌گیری از راهنما و فلوجارت عیب‌یابی این اطلاعات استخراج گردد.

۳- برنامه زمان‌بندی تعمیر و نگهداری اضطراری

پس از استخراج اطلاعات خام برنامه‌ریزی تعمیر و نگهداری اضطراری لازم است که زمان انجام رفع خرابی مشخص شود. برای انجام این کار می‌بایست به اهمیت ماشین در فرایند تولید و همچنین اولویت رفع خرابی ماشین توجه کرد. ضمناً می‌بایست برنامه تعمیر روزانه تعمیرکاران را مورد توجه قرار داد تا در صورت امکان در ساعات بیکاریشان انجام شود. ممکن است که اولویت ماشین در فرایند تولیدی و اولویت رفع خرابی آن بالا باشد و برنامه تعمیرکاران نیز پر باشد در این صورت برخی از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری برنامه‌ریزی شده تعمیرکار به روزهای بعد موکول شده و به جای آن برنامه تعمیر و نگهداری اضطراری در اسرع وقت انجام شود.

برنامه کاری تعمیرکاران						
نام تعمیرکار:		کد تعمیرکار:		تخصص:		
شماره هفته:		تاریخ شروع:		تاریخ پایان:		
تاریخ	کل ساعات کاری	زمان باقیمانده	شماره دستورکار	مدت اجرای فعالیت	ساعت شروع	ساعت اتمام

شکل ۱۰- برنامه کاری تعمیرکاران

۴- دستور کار و گزارش کار

همانند فرم‌های مرحله انجام تعمیر و نگهداری برنامه‌ریزی شده عمل می‌شود.



انجام عملیات تعمیرات اضطراری با به کارگیری نرم افزار

کار عملی ۱: بازدید از یک واحد تعمیر و نگهداری و تهیه گزارش نحوه انجام عملیات تعمیر اضطراری. شرح فعالیت: گزارش می بایست شامل. فرم تکمیل شده درخواست تعمیر اضطراری فرم های اطلاعاتی موجود از تعمیر و نگهداری زمان بندی فعالیت ها دستور کار، لیست قطعات یدکی، گزارش کار مواد و ابزار: نوشت افزار، فرم های مربوطه



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه



جمع آوری اطلاعات، مسئولیت پذیری.

ارزشیابی مرحله ای: برنامه ریزی تعمیرات

نمره	استاندارد (شاخص ها/داوری / نمره دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	تهیه برنامه تعمیرات جزئی، میانی و اساسی، به کارگیری نرم افزار تعمیر و نگهداری بر اساس دستورالعمل های مربوطه تعمیرات	بالاتر از حد انتظار	مکان: واحد تعمیر و نگهداری تجهیزات: رایانه، استانداردها و دستورالعمل های کارخانجات سازنده و دستورالعمل های سازمان و نرم افزار مربوطه مواد مصرفی: نوشت افزار زمان: ۳۰ دقیقه
۲	تهیه برنامه تعمیرات جزئی، میانی و اساسی و نگهداری بر اساس دستورالعمل های مربوطه تعمیرات	درست	
۱	تهیه برنامه تعمیرات بدون توجه به دستورالعمل و استانداردهای مربوطه	ناقص	

اصول تهیه گزارش سرویس، نگهداری و تعمیرات ماشین آلات

تهیه گزارش و ثبت مجموعه فعالیت‌های انجام گرفته در طول یک دوره مشخص به منظور سرویس، نگهداری و تعمیرات بر روی یک دستگاه، بسیار مهم و اساسی است. این گزارش‌ها به عنوان مثال شامل زمان سرویس و تعمیر، قطعات معیوب، قطعات تعویض شده، نوع عیب، نحوه عیب‌یابی، تعمیرکار، هزینه‌های سرویس و تعمیر، بازرسی‌های دوره‌ای، شرایط و محیط نگهداری دستگاه و ... می‌باشد. سیستم گزارش نویسی به معنای ثبت و ضبط گزارش‌های تعریف شده در قالب فرم‌ها، دستورالعمل‌ها و روش‌های استاندارد معین شده است؛ به نحوی که ارتباط گردش خودکار اطلاعات و گزارش‌های تهیه شده در یک سازمان نگهداری و تعمیرات، امکان ارزیابی و کنترل محاسبات هزینه‌ها و زمان را فراهم می‌آورد و موجب کاهش هزینه‌ها و کاهش زمان توقف دستگاه خواهد شد.

بعضی از دلایل تهیه، ثبت و ضبط گزارش‌های سرویس نگهداری و تعمیرات به شرح ذیل است:

■ داشتن آمار و اطلاعات دستگاه‌ها و تجهیزات از جمله اولین ابزار و لوازم ضروری و اجتناب‌ناپذیر جهت هرگونه برنامه‌ریزی است.

■ ثبت و ضبط عملیات سرویس، نگهداری و تعمیرات دوره‌ای در قالب فرمت مشخص و مناسب کمکی به برنامه‌ریزی، کنترل، زمان‌بندی تعمیرات و پیش‌بینی خرابی‌های احتمالی آتی می‌باشد.

■ ثبت و ضبط اطلاعات دسته‌بندی شده به منظور انجام محاسبات هزینه‌های سرویس، نگهداری و تعمیرات کمک مؤثری به مدیریت و به برنامه‌ریزان می‌کند.

■ مستندسازی و گردش اطلاعات دوره‌های سرویس، نگهداری و تعمیرات تجهیزات، ماشین‌آلات کمک مؤثر و ارزشمندی است که برای پیش‌بینی از توقف دستگاه‌ها و جلوگیری از اتلاف وقت و هزینه‌های سنگین انجام می‌شود.

■ ثبت و ضبط اطلاعات امکان فراهم آوردن و تدوین شناسنامه کاملی از هر دستگاه را ممکن ساخته و برای مدیران و برنامه‌ریزان هر سازمان و معادن و صنایع معدنی زمینه تحلیل و ارزیابی جامعی از تجهیزات و ماشین‌آلات موجود بوده و برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای تغییر، جایگزینی و یا هر اقدام دیگری را فراهم می‌کند.

اصول گزارش نویسی

آنچه در خصوص گزارش نویسی باید مورد توجه تعمیرکاران و اپراتورها قرار گیرد عبارت‌اند از:

■ اطلاعات می‌بایست دقیقاً مطابق فرم‌های طراحی شده باشد و به صورت یکنواخت تهیه گردد.

■ اطلاعات باید بر مبنای اهداف تعیین شده در سیستم طوری انتخاب و طراحی گردد که استفاده کردن از تمامی اطلاعات ثبت شده در امور تحلیل، ارزیابی و تصمیم‌گیری ممکن باشد.

■ گزارش کار سرویس، نگهداری و تعمیرات می‌بایست حداقل شامل نام و کد دستگاه، محل دستگاه و ساعت شروع و اتمام کار، شماره قطعات یدکی استفاده شده، علل احتمالی تأخیر در انجام تعمیرات و نقطه نظر تعمیرکار و نام تعمیرکار و سرپرست تعمیرات باشد.

یک نمونه از فرم گزارش انجام تعمیرات در شکل ۱۱ آمده است.

گزارش کار	
نام دستگاه:	کد دستگاه:
محل دستگاه:	نام تعمیرکار:
تاریخ و زمان شروع تعمیرات:	تاریخ و زمان اتمام تعمیرات:
تشریح نوع عیب و نحوه رفع عیب:	
شماره حواله قطعات یدکی استفاده شده:	
علل احتمالی تأخیرات در انجام تعمیرات:	
علل احتمالی بروز عیب:	
امضای تعمیرکار:	امضای سرپرست تعمیرات:

شکل ۱۱- نمونه فرم گزارش انجام تعمیرات



تهیه گزارش‌های سرویس و نگهداری و تعمیرات

کار عملی ۱: بازدید از یک واحد فراوری و مشاهده نمونه فرم‌های تکمیل شده سرویس، نگهداری و تعمیرات
کار عملی ۲: براساس بازدید انجام شده یک نمونه فرم گزارش نویسی برای تعمیر و نگهداری یکی از تجهیزات معدنی موجود در کارگاه هنرستان خود را تهیه و تکمیل کنید.
مواد و ابزار: نوشت افزار



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه



خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات، دقت در کار.

ارزشیابی مرحله‌ای: تهیه گزارش سرویس، نگهداری و تعمیرات

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	گزارش نویسی بر اساس دستورالعمل و فرمت مربوطه، ارائه توضیحات در حد لازم و ارائه راهکارهای نگهداری بهتر تجهیزات	بالاتر از حد انتظار	مکان: واحد تعمیر و نگهداری تجهیزات: رایانه و دستورالعمل‌های مربوطه
۲	گزارش نویسی بر اساس دستورالعمل و فرمت مربوط	درست	مواد مصرفی: نوشت افزار زمان: ۱۵ دقیقه
۱	عدم توجه به دستورالعمل و فرمت در تهیه گزارش	ناقص	

ارزشیابی شایستگی تهیه برنامه سرویس و نگهداری و تعمیرات



شرح کار:

به کارگیری دستورالعمل‌ها و استانداردهای کارخانجات سازنده و دستورالعمل‌های سازمانی و در صورت نیاز بازدید از ماشین‌آلات و تجهیزات جهت دریافت اطلاعات مورد نیاز
تهیه لیست برنامه سرویس ماشین‌آلات و تجهیزات (ساعتی - روزانه - هفتگی - ماهیانه - فصلی و سالیانه) با استفاده از اطلاعات اخذ شده
تهیه لیست برنامه تعمیرات ماشین‌آلات و تجهیزات معدن (جزئی - میانی - اساسی)

استاندارد عملکرد:

تهیه برنامه سرویس و نگهداری با به کارگیری دستورالعمل‌ها و استانداردهای کارخانجات واحدهای معدنی و دستورالعمل‌های سازمانی

شاخص‌ها:

- ۱- اخذ داده‌ها و اطلاعات فنی مربوط به عملکرد ماشین‌آلات و تجهیزات معدن
- ۲- تهیه برنامه سرویس ماشین‌آلات و تجهیزات معدنی
- ۳- تهیه برنامه تعمیرات ماشین‌آلات و تجهیزات معدنی

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

فضای کار: واحد تعمیر و نگهداری معدن
تجهیزات: رایانه - استانداردها - دستورالعمل‌های کارخانجات سازنده و دستورالعمل‌های سازمان
مواد مصرفی: نوشت افزار
زمان: ۷۵ دقیقه

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی	نمره هنرجو
۱	برنامه ریزی سرویس	از ۳	۲
۲	برنامه ریزی تعمیرات	۱	۱
۳	تهیه گزارش سرویس، نگهداری و تعمیرات	۱	۱
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: موارد ایمنی، دقت - صحت - مسئولیت پذیری - نظافت محیط زیست.	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.

سفارش خرید مواد و لوازم یدکی

مقدمه

مباحث مطرح شده در این واحد یادگیری عبارت‌اند از: نحوه پیش‌بینی و محاسبه قطعات یدکی و مواد مصرفی در دوره‌های زمانی مشخص، تهیه لیست کسری و صدور درخواست و تأمین آنها.

استاندارد عملکرد

■ سفارش خرید مواد و لوازم یدکی با استفاده از آمار و شناسنامه ماشین‌آلات و تجهیزات معدنی و دستورالعمل‌های سازمان مربوطه.

پیش‌نیاز و یادآوری

■ کتاب ایمنی، راه‌سازی و خدمات در معدن، فصل پنجم

پیش بینی و محاسبه میزان مورد نیاز مواد و لوازم یدکی

توجه

دسترسی دائمی به قطعات یدکی با کیفیت مناسب و با صرف کمترین هزینه و زمان می تواند منجر به افزایش راندمان و درآمد معدن و سایر واحدهای آن گردد.

امروزه در بسیاری از سازمان ها خرابی قطعات مختلف دستگاه ها و نبود قطعه یدکی مربوطه در زمان مناسب موجب بروز مشکلات حادی در تحویل به موقع محصولات و خدمات می شود. در سازمان ها، تقریباً همیشه جدال بر سر قطعات کلیدی و حساسی که در زمان مورد نیاز در دسترس نیستند، وجود دارد و تمامی تلاش ها در جهت برنامه ریزی و زمان بندی فعالیت های نگهداری و تعمیرات، در صورت در دسترس نبودن این قطعات، بی حاصل و بی ارزش خواهند بود. به همان میزان که در دسترس بودن مواد و قطعات صحیح، در زمان مورد نیاز حائز اهمیت است، متعادل بودن و تحت کنترل بودن هزینه ها نیز مهم است؛ یعنی از طرفی سرمایه گذاری بیش از حد بر روی مواد و قطعات مصرفی، سرمایه در حال کار و در نتیجه سود حاصله را محدود می کند و از طرف دیگر سرمایه گذاری کم باعث عدم نگهداری و تعمیرات کارآمد و مؤثر و در نتیجه شکست در کسب و کار مربوطه خواهد شد. کاهش هزینه های نگهداری و سفارشات قطعات یدکی همراه با افزایش قابلیت اطمینان دستگاه ها دو دستاورد عمده مدیریت بهینه قطعات یدکی است.

سؤال اینجاست که چگونه باید سطح موجودی و میزان سفارش را به صورت بهینه با بیشترین امکان دسترسی تنظیم و اجرا کرد؟

یک روش گام به گام عملی و علمی مدیریت قطعات یدکی از چهارچوب زیر تشکیل شده است:

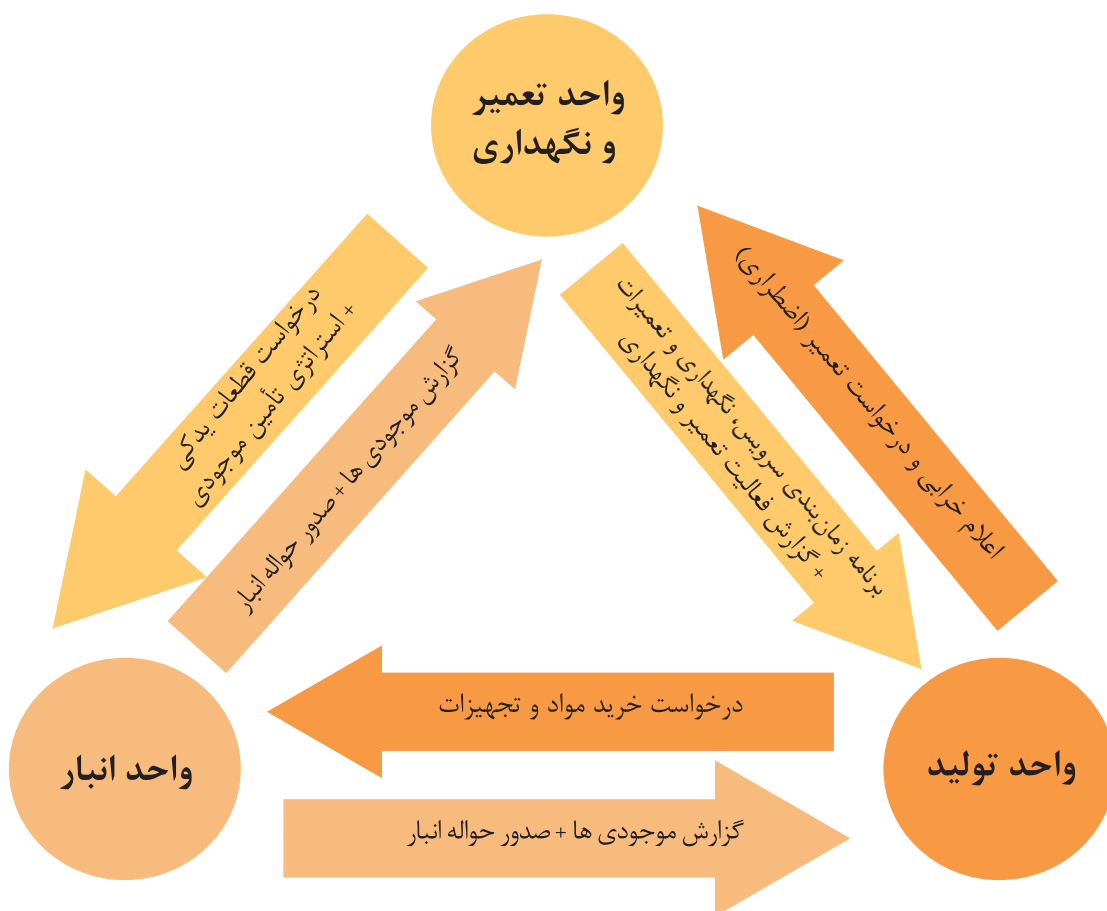
- کدینگ قطعات
- دسته بندی قطعات
- پیش بینی تقاضای قطعات
- تهیه لیست و تأمین مواد و قطعات یدکی
- بررسی کیفیت و اعتبارسنجی قطعات خریداری شده

کدینگ و دسته بندی قطعات

برای سهولت دسترسی و کنترل میزان موجودی قطعات یدکی و تجهیزات در انبار، تمامی این اقلام را طبق فرمت مشخصی کدگذاری و دسته بندی می کنند. بدین ترتیب بر روی هر قطعه یک برچسب نصب می شود که مطابق با آن در دفتر و یا نرم افزار سیستم انبارداری نیز لیست مواد و قطعات وجود دارد. بنابراین به راحتی می توان میزان موجود انبار را تعیین و بررسی نمود.

پیش بینی تقاضای قطعات

همیشه ارتباط مستقیمی بین واحد تولید، تعمیر و نگهداری و انبار وجود دارد. براین اساس می بایست واحد تعمیر و نگهداری میزان مواد قطعات یدکی مورد نیاز خود را به صورت دوره ای به انبار اعلام نماید که براین اساس استراتژی تأمین موجودی انبار تعیین می شود. همچنین واحد تولید نیز به لحاظ مواد و قطعات مصرفی دارای نیازهایی است که می بایست میزان و مقدار آنها را به انبار اعلام کند تا انبار در زمان مشخص نسبت به تأمین آنها اقدام کند. نمودار زیر نحوه ارتباط بین این واحدها را به طور کامل نشان می دهد.



شکل ۱۲- ارتباط کاری بین واحدهای تولید، تعمیر و نگهداری و انبار



کنترل موجودی انبار

کار عملی ۱: فرم کنترل موجودی انبار را برای کلیه مواد و قطعات یدکی موجود در انبار هنرستان خود تکمیل کنید.

شرح فعالیت: تکمیل فرم کنترل موجودی انبار طبق فرمت ارائه شده در کتاب درسی مواد و ابزار: نوشت افزار، فرم‌های مربوطه



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه



جمع آوری اطلاعات، مسئولیت پذیری و دقت در کار.

ارزشیابی مرحله‌ای: پیش بینی و محاسبه میزان نیاز مواد و لوازم یدکی

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	تکمیل فرم کنترل موجودی انبار و بیان ارتباط واحدهای تولید، تعمیر و نگهداری با انبار	بالاتر از حد انتظار	مکان: انبار تجهیزات: رایانه، نرم‌افزار، استانداردها و دستورالعمل‌های سازمانی و شناسنامه ماشین آلات و تجهیزات مواد مصرفی: نوشت افزار زمان: ۲۰ دقیقه
۲	تکمیل فرم کنترل موجودی انبار	درست	
۱	ناقص بودن فرم کنترل موجودی انبار	ناقص	

درخواست خرید

نقطه سفارش مجدد: تعداد و یا مقداری از قطعات یدکی و مواد مصرفی است که بر اساس استراتژی تأمین قطعات می‌بایست همیشه در انبار موجود باشد. براین اساس وقتی میزان موجودی به این نقطه برسد لازم است سفارش خرید تهیه و ارائه شود.

موجودی ایمنی: تعداد و یا مقدار قطعات و مواد مصرفی موجود، که بیش از نقطه سفارش مجدد در انبار باشد را موجودی ایمنی گویند.

براین اساس مسئولین انبار موظفند در دوره‌ای مشخص، فرم کنترل موجودی انبار را تهیه و با توجه به موجودی ایمنی و نقطه سفارش مجدد اقدام به تهیه فرم سفارش خرید نمایند. یک نمونه فرم سفارش خرید در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

فرم درخواست خرید							
شماره :				پیوست :			
تاریخ : / / ۱۳							
ردیف	کد کالا	نام کالا	لزوم خرید کلی	واحد	تعداد	واحد درخواست کننده	توضیحات
انبار / صادرکننده :				رئیس کارگاه / تأیید کننده :			

شکل ۱۴- نمونه فرم درخواست خرید



تکمیل فرم درخواست خرید

کار عملی ۱: با توجه به فرم کنترل موجودی تکمیل شده در کار عملی قبلی، و براساس موجودی ایمنی و نقطه درخواست خرید مجدد اقدام به تکمیل فرم درخواست خرید نمایید.
شرح فعالیت: تکمیل فرم درخواست خرید مطابق فرم ارائه شده در متن درس مواد و ابزار: نوشت افزار، فرم های مربوطه



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی.



جمع آوری اطلاعات، مسئولیت پذیری و دقت در کار.

ارزشیابی مرحله‌ای: تهیه لیست کسری مواد و تجهیزات و صدور درخواست خرید

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	تکمیل فرم درخواست خرید براساس نقطه سفارش مجدد و پیش‌بینی زمان مناسب خرید براساس موجودی ایمنی	بالاتر از حد انتظار	مکان: انبار تجهیزات: رایانه، نرم‌افزار، دستورالعمل‌های سازمانی . مواد مصرفی: نوشت افزار زمان: ۲۰ دقیقه
۲	تکمیل فرم درخواست خرید براساس نقطه سفارش مجدد	درست	
۱	رعایت نکردن فرمت و دستورالعمل در تهیه درخواست خرید	ناقص	

تحويل و تحول کالا در انبار

بر مبنای درخواست خرید ارائه شده از طرف انبار و پس از دریافت تأییدیه از مدیر مربوطه، اقدامات لازم جهت خرید مواد و قطعات انجام می‌شود. لذا پس از انجام خرید مسئول انبار کنترل‌های لازم را انجام داده و کالاهای خریداری شده را تحويل گرفته و به لیست موجود انبار اضافه می‌نماید. نمونه‌ای از فرم گزارش خرید کالاهای درخواستی در شکل ۱۵ نشان داده شده است.

گزارش خرید کالای درخواستی									
ردیف	کد کالا	شرح کالا	شماره درخواست	میزان درخواست	میزان خرید	کسری	مازاد	تأخیر	ملاحظات
مسئول انبار:					واحد درخواست کننده:				

شکل ۱۵- نمونه فرم گزارش خرید کالای درخواستی

همانطور که قبلاً بیان شد واحدهای تولید و یا تعمیر و نگهداری جهت تأمین مواد و قطعات یدکی مورد نیاز خود می‌بایست درخواست خود را به انبار ارائه کنند. نمونه‌ای از فرم‌های درخواست در شکل ۱۶ نمایش داده شده است.

درخواست کالا از انبار						
شماره :			نام قسمت:		تاریخ : / / ۱۳	
ردیف	کد مرکز هزینه	کد کالا	شرح کالا	واحد	مقدار درخواستی	توضیحات
درخواست کننده :			تأیید کننده :			

شکل ۱۶- نمونه فرم درخواست کالا از انبار

لازم به ذکر است در صورتی که درخواست کالا مربوط به تعویض یک قطعه خراب شده باشد لازم است قطعه معیوب (داغی) نیز تحویل انبار گردد و در فرم مشخصات قطعه معیوب نیز آورده شود. براساس درخواست ارائه شده به انبار، مسئول انبار اقدام به تهیه حواله انبار نموده و آن را تحویل درخواست کننده خواهد داد. نمونه فرم حواله انبار در شکل ۱۷ نمایش داده شده است.

فرم حواله انبار							
شماره:		نام قسمت:			تاریخ: / / ۱۳		
ردیف	شماره فرم درخواست کالا	کد کالا	مرکز هزینه	شرح کالا	تعداد	واحد	توضیحات
امضای تحویل گیرنده:				تأیید انبار:			

شکل ۱۷- نمونه فرم حواله انبار

انجام عملیات تحویل و تحول کالا در انبار

- کار عملی ۱: در گروه‌های دو نفره براساس مواد و قطعات موجود در انبار هنرستان خود، اقدام به تهیه فرم درخواست کالا و حواله انبار نمایید. همچنین تحویل و تحول قطعات را نیز انجام دهید.
- شرح فعالیت:** مطابق فرم‌های ارائه شده در متن درس
- ۱- تکمیل فرم درخواست برای کالای جدید و تعیین کد و مشخصات کالاهای معیوب و مستعمل
 - ۲- صدور فرم حواله انبار و انجام تحویل و تحول قطعات مواد و ابزار: نوشت افزار

فعالیت
کارگاهی





کار عملی ۲: از انبار یک واحد معدنی بازدید کنید و نمونه فرم‌ها را بررسی نمایید. از نحوه انجام عملیات انبارداری گزارشی تهیه کنید.

شرح فعالیت: گزارش می‌بایستی شامل:

- ۱- فرم کنترل موجودی انبار، فرم درخواست خرید، گزارش خرید کالای درخواستی، درخواست کالا از انبار، حواله انبار
- ۲- نحوه انجام تحویل و تحول قطعات داغی و نو باشد.



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه



خوب گوش دادن، یادگیری، جمع‌آوری اطلاعات، دقت در کار.

ارزشیابی مرحله‌ای: تحویل و تحول مواد و قطعات یدکی و ورود و خروج کالا

نمره	استاندارد (شاخص‌ها/داوری / نمره‌دهی)	نتایج ممکن	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)
۳	انطباق قطعات خریداری شده با درخواست، تکمیل فرم‌های درخواست کالا و حواله انبار، انجام عملیات تحویل و تحول قطعات داغی و نو	بالاتر از حد انتظار	مکان: انبار تجهیزات: رایانه، نرم‌افزار، دستورالعمل‌های سازمانی مواد مصرفی: نوشت افزار زمان: ۲۰ دقیقه
۲	انطباق قطعات خریداری شده با درخواست، تکمیل فرم‌های درخواست کالا و حواله انبار	درست	
۱	انطباق نادرست قطعات، عدم توجه به دستورالعمل سازمان و یا عدم صدور رسید انبار	ناقص	

ارزشیابی شایستگی سفارش خرید مواد و لوازم یدکی



شرح کار:

تهیه لیست قطعات یدکی مورد نیاز با توجه به آمار موجودی انبار و حداقل تعداد موجودی در موعد مقرر سفارش خرید، انطباق قطعات خریداری شده با درخواست، صدور برگه رسید انبار (ورودی و خروجی)

استاندارد عملکرد:

سفارش خرید مواد و لوازم یدکی با استفاده از آمار و شناسنامه ماشین آلات و تجهیزات معدنی و دستورالعمل‌های سازمان مربوطه

شاخص‌ها:

- ۱- پیش‌بینی و محاسبه مواد و قطعات یدکی مورد نیاز
- ۲- انبارداری

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

فضای کار: انبار
تجهیزات: رایانه- نرم افزار- استاندارد و دستورالعمل سازمانی- شناسنامه ماشین آلات و تجهیزات و لوازم یدکی
مواد مصرفی: نوشت افزار
زمان: ۶۰ دقیقه

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	پیش‌بینی و محاسبه میزان نیاز مواد و لوازم یدکی	۱	
۲	تهیه لیست کسری مواد و تجهیزات و صدور درخواست خرید	۱	
۳	تحويل و تحول مواد و قطعات یدکی - ورود و خروج کالا (انبارداری)	۲	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: موارد ایمنی، دقت- صحت- مسئولیت پذیری - نظافت محیط زیست.	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.

منابع

- ۱- برنامه درسی رشته معدن. (۱۳۹۳). دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
- ۲- دستورالعمل تعیین شاخص خردایش در آسیاهای مختلف. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور. ۱۳۹۳.
- ۳- نعمت‌اللهی، ح. (۱۳۸۱). کانه آرایی جلد یک و دو. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۴- نوع پرست، م.، اولیا زاده، م و عبداللهی، ه. (۱۳۸۴). ماشین‌های فلوتاسیون، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.
- ۵- رضایی، ب. (۱۳۷۵). فلوتاسیون. دانشگاه هرمزگان. چاپ دوم.
- ۶- رضایی، ب. (۱۳۹۴). پیش‌تغلیظ و پرعیارسازی فیزیکی در فراوری مواد معدنی. جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.

7- Wills Mineral Processing Technology, B. A. Wills, T. Napier-Munn, Elsevier, 2006.

8- Flotation Reagents Handbook, S. M. Bulatovic, Elsevier, 2006.

9- Wemco Flotation Machines, FLSmidth, 2010

10- OUTOTEC Flotation Technologies, 2017, WWW.OUTOTEC.COM

11- Flotation Technology, 2010, WWW.FLSMIDTH.COM

12- Basic in Mineral Processing, Metso, 2015.



سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت‌کننده در اعتبارسنجی کتاب عملیات خواص سنجی و پرعیارسازی مواد

معدنی- کد ۲۱۲۵۴۷

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	سیدشهاب‌الدین جلالی	فارس	۳	علی دره‌کی	خراسان جنوبی
۲	ابراهیم ابراهیمی	فارس	۴	محمدرضا باوفا	خراسان رضوی