

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.

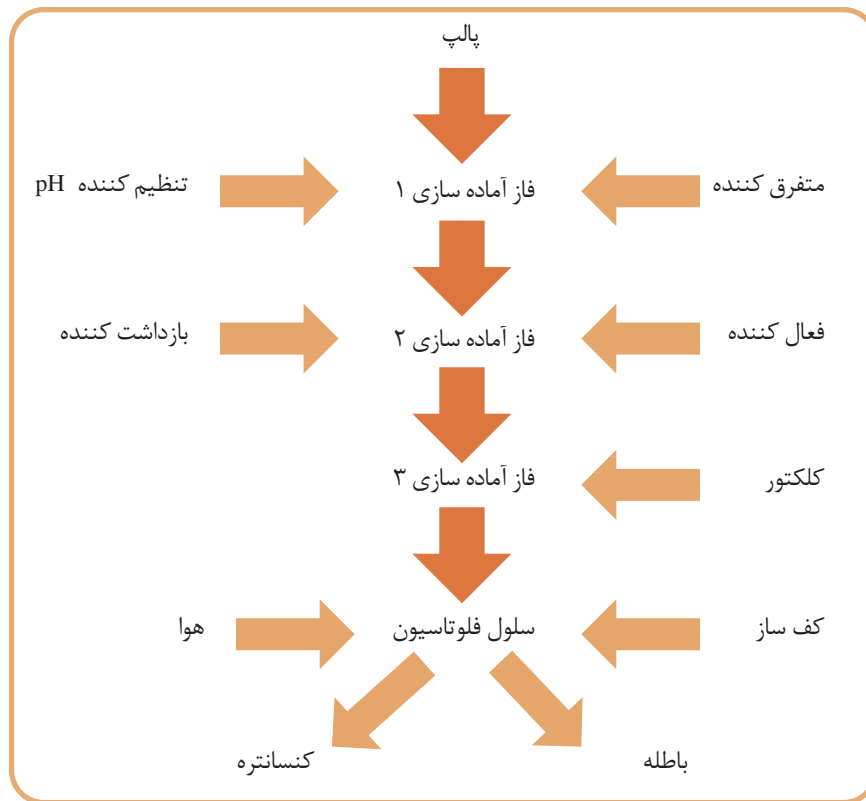
■ فاز سوم آماده‌سازی:

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.

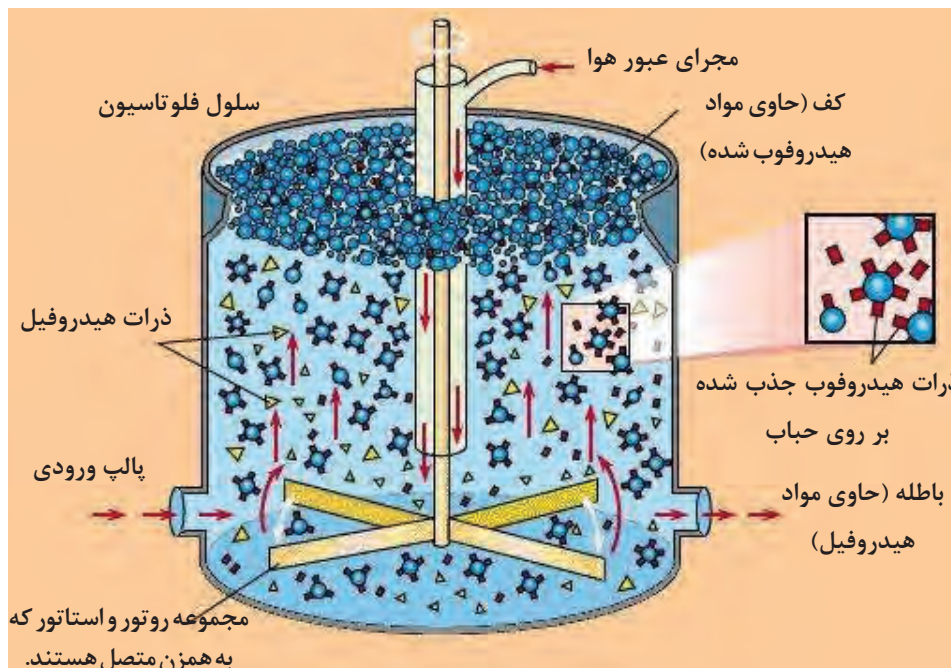
هرگاه کانی مورد نظر به صورت کف در سطح سلول فلوتاسیون ظاهر شود **فلوتاسیون را مستقیم** و اگر به صورت رسوب جامد در ته سلول فلوتاسیون ظاهر شود **آنرا فلوتاسیون غیرمستقیم** می‌گویند.

تذکر





شکل ۱- نمودار ساده مراحل عملیات فلوتاسیون



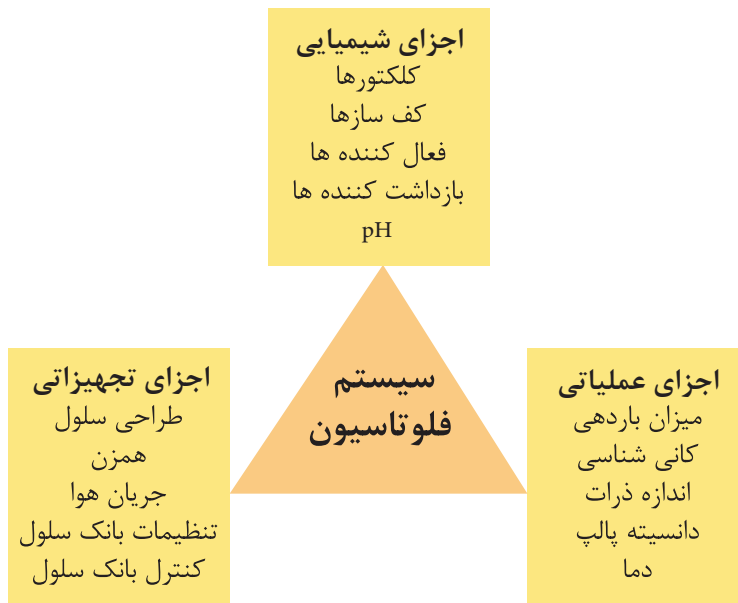
شکل ۲- شکل شماتیک یک سلول فلوتاسیون و قسمت‌های مختلف آن

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

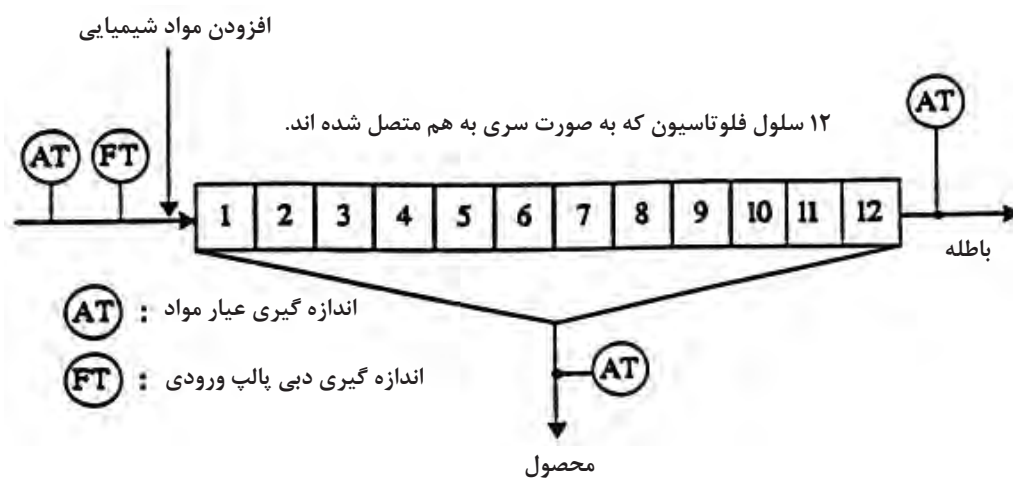
در کارخانه‌های فراوری جهت پرعیارسازی مواد معدنی به روش فلوتاسیون، از مجموعه‌ای از ماشین‌های فلوتاسیون استفاده می‌شود که به این مجموعه **مدار فلوتاسیون** گویند. طراحی مدار فلوتاسیون نیاز به انجام محاسبات دقیق در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی دارند و براین اساس ماشین‌های فلوتاسیون با توجه به ترتیب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

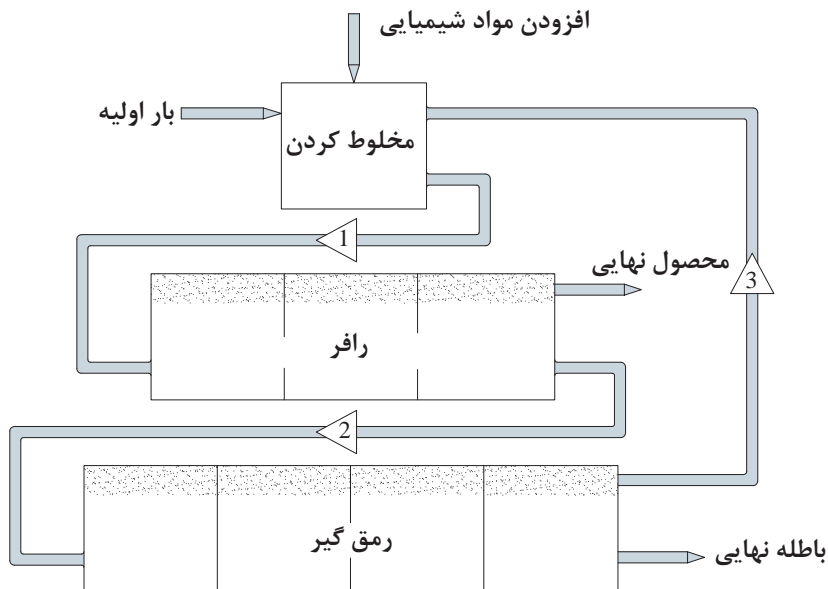


شکل ۵- تصویر واقعی از یک بانک فلوتاسیون

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.



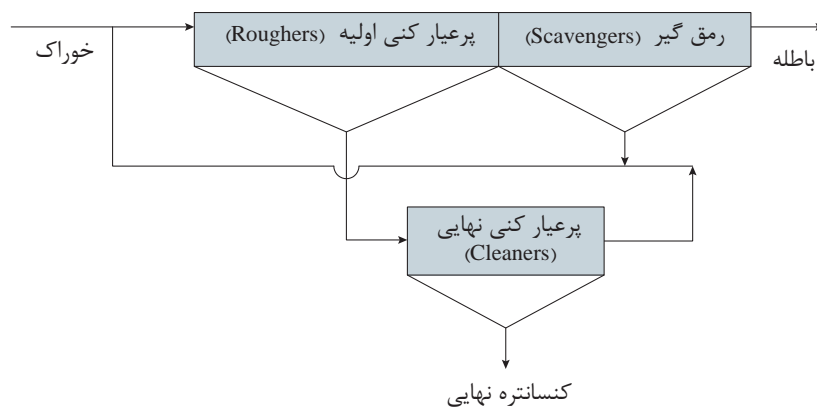
شکل ۶- مدار ساده فلوتاسیون

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

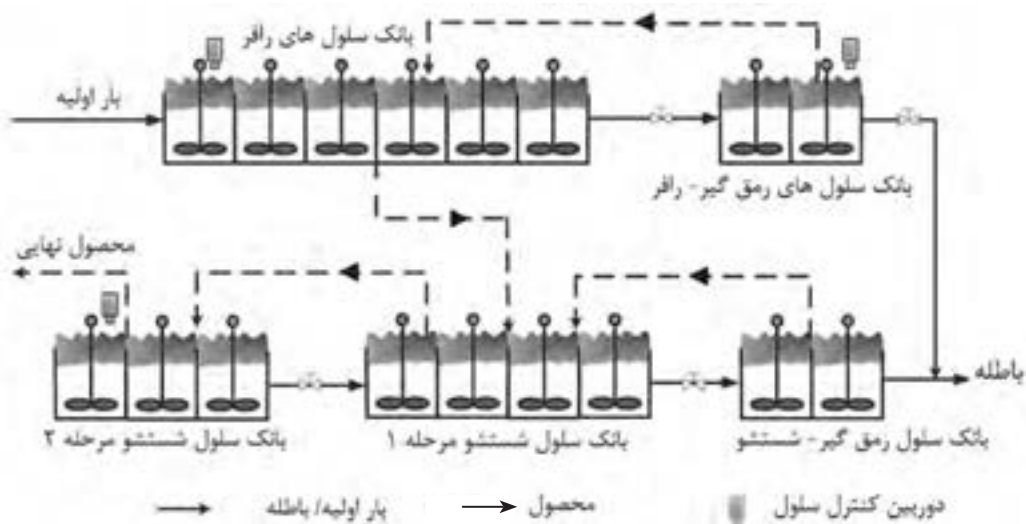
مثال: در شکل ۷، یک نمونه از مدار فلوتاسیون با یک مرحله شستشو نشان داده شده است. بار اولیه پس از آماده‌سازی به بانک سلول‌های رافر وارد می‌شود. محصول رافر وارد بانک سلول شستشو شده و پس از پرعیار شدن، به عنوان محصول نهایی به بازار مصرف ارسال می‌گردد. باطله رافر وارد سلول‌های رمق‌گیر می‌شود. محصول رمق‌گیر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

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

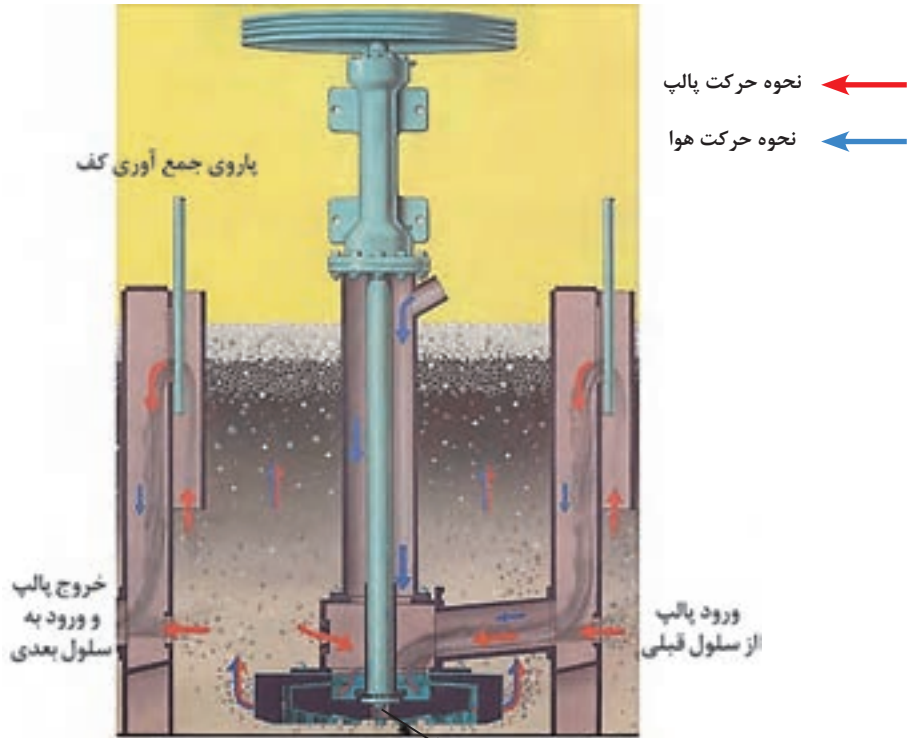
برخی از مهم‌ترین ماشین‌های فلوتاسیون مکانیکی مورد استفاده در فراوری مواد معدنی عبارت‌اند از:

۱- ماشین فلوتاسیون مکانیکی دنور

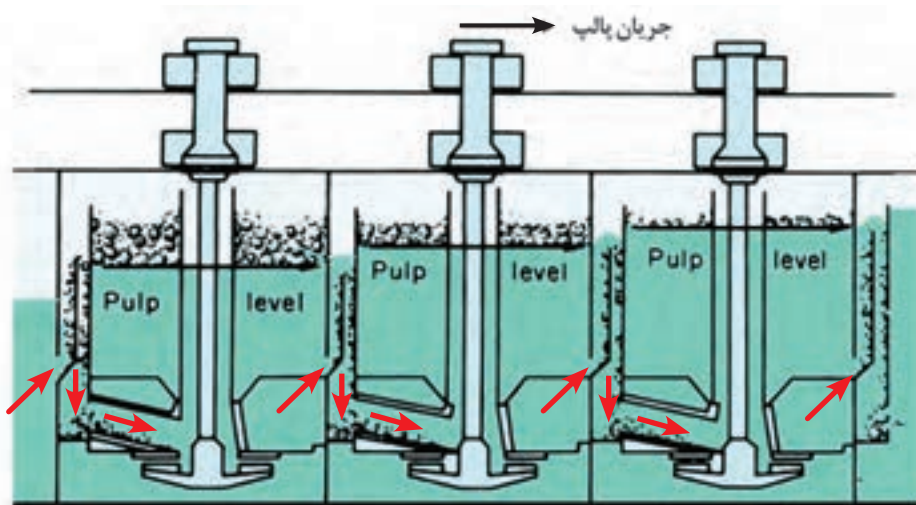
ماشین‌های دنور بیشترین کاربرد را در صنعت به خود اختصاص داده‌اند و به دو گروه:

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.





الف



ج



ب

شکل ۱۰

الف- ماشین‌های فلوتاسیون مکانیکی دنور مدل ساب-ای، ب- داخل سلول، سطوح جداکننده سلول‌ها، همزن، پاروی جمع آوری کف و لوله مجرای هوا، ج- چند سلول فلوتاسیون، 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.

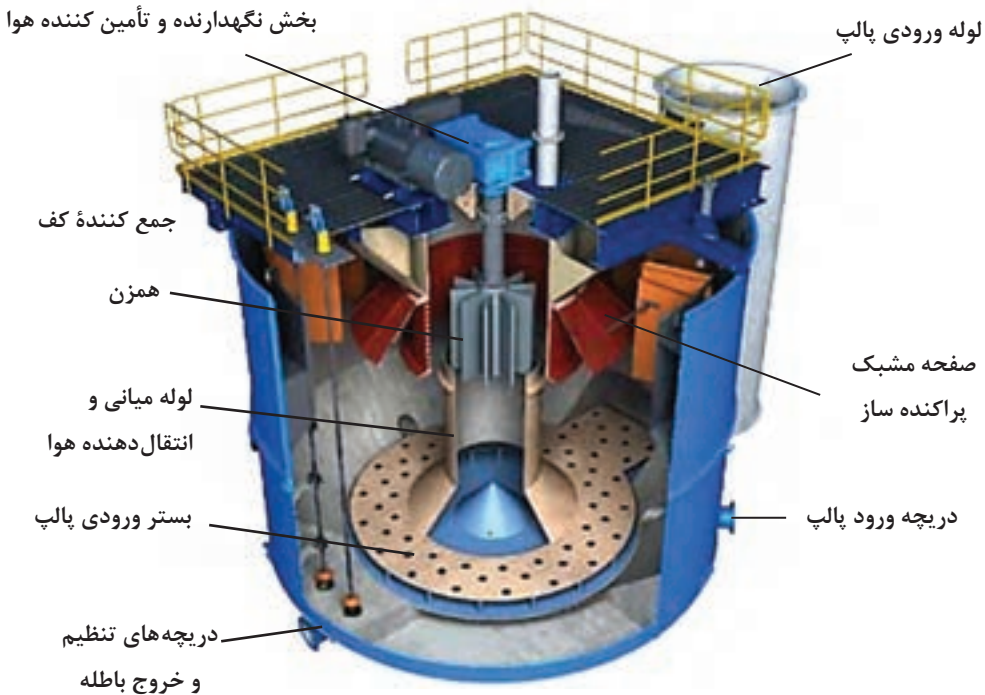
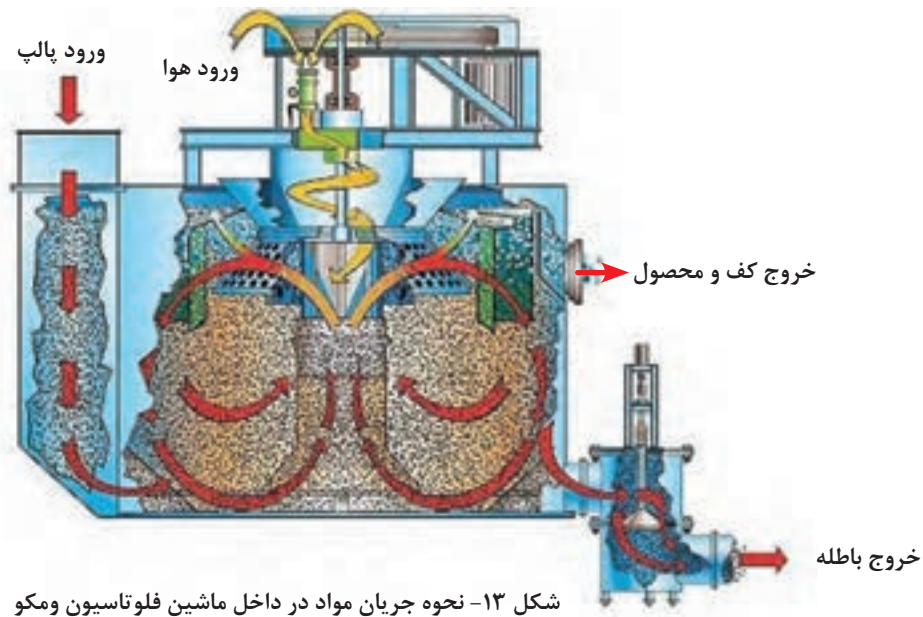
شکل ۱۱- ماشین‌های فلوتاسیون مکانیکی دنور مدل D_R



شکل ۱۲- ماشین فلوتاسیون دنور مدل دی- آر

۲- ماشین فلوتاسیون مکانیکی ومکو

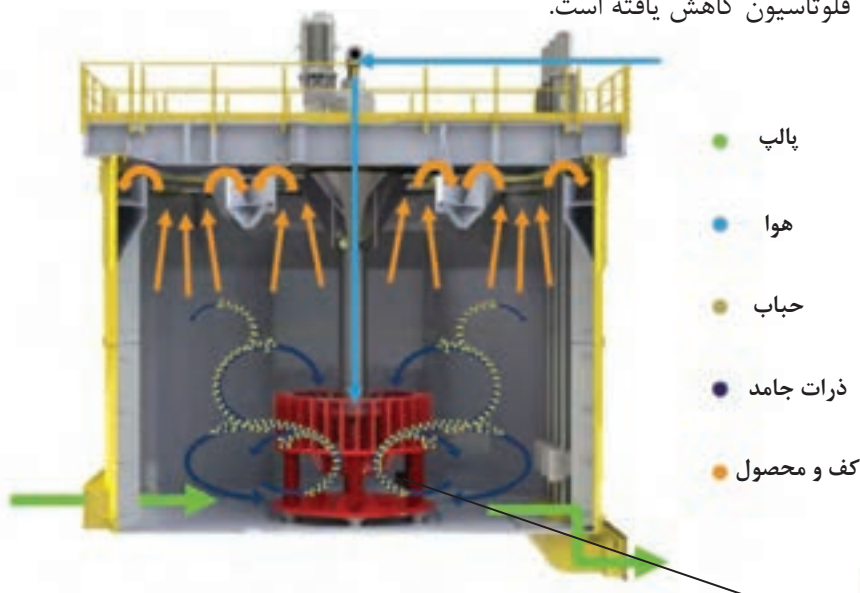
یکی از ماشین‌های فلوتاسیون که کاربرد زیادی در صنعت دارد، ماشین‌های ومکو است. این ماشین دارای سلول استوانه‌ای شکل است و هر سلول دارای یک روتور پراکنده کننده است. خوراک از قسمت زیرین وارد می‌شود و از درون سلول در اثر مکش ایجاد شده در اثر چرخش روتور عبور کرده و وارد قسمت داخلی روتور می‌شود و به بالا هدایت 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.



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

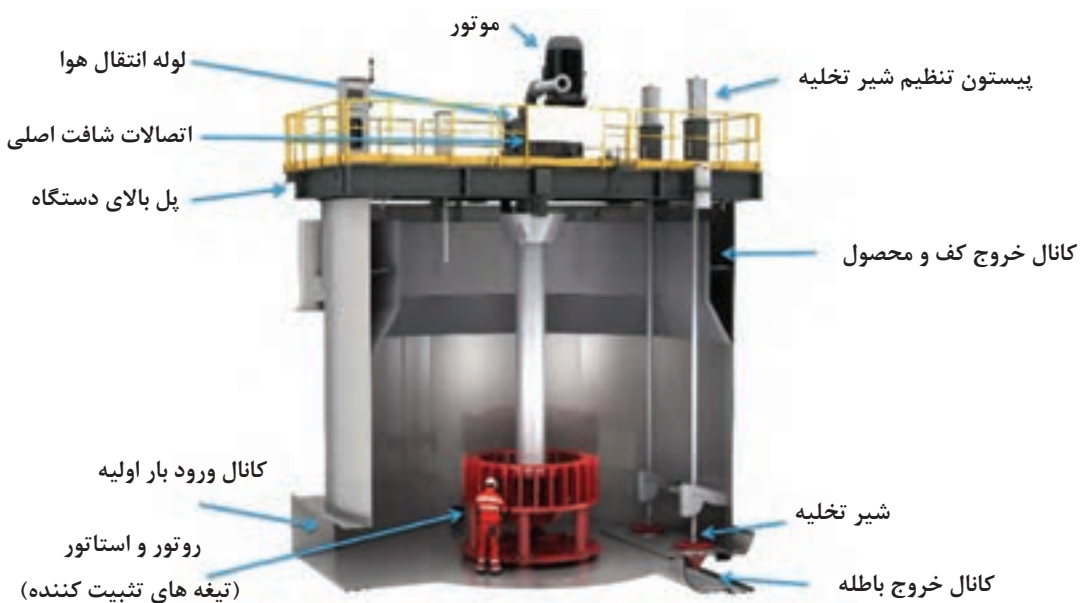
ذرات جامد با بیشترین کارایی انجام می‌گیرد. همزن ماشین‌های دور- اولیور دارای شکل و طراحی خاصی است و شامل مجراهای پمپاژ بزرگی است که باعث شده الگوی جریان شعاعی مثبتی در مقابل جریان اغتشاشی ایجاد شود. بنابراین می‌توان گفت به علت طراحی خاص در همزن و تثبیت کننده، مصرف انرژی در این نوع ماشین‌های فلوتاسیون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

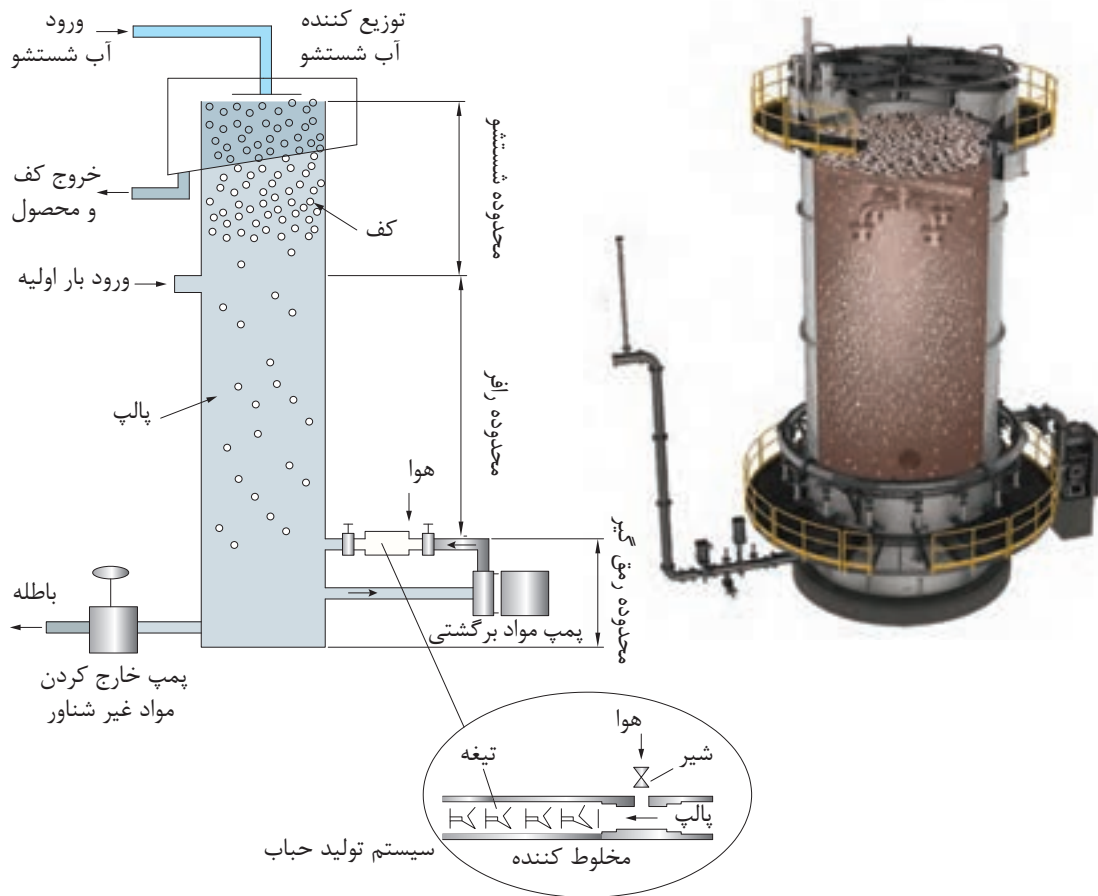
ماشین‌های فلوتاسیونی هستند که در آنها جریان هوا یا همراه با جریان متلاطم پالپ بوده و یا هوا به داخل سلول تزریق می‌شود. در این ماشین‌ها حتماً باید هوا را توسط مکانیزمی در داخل پالپ متفرق ساخت. ماشین‌های هوایی معمولاً کنسانتره با عیار کم تولید می‌کنند ولی عملیات فلوتاسیون با مشکلات کمتری انجام می‌شود. 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.



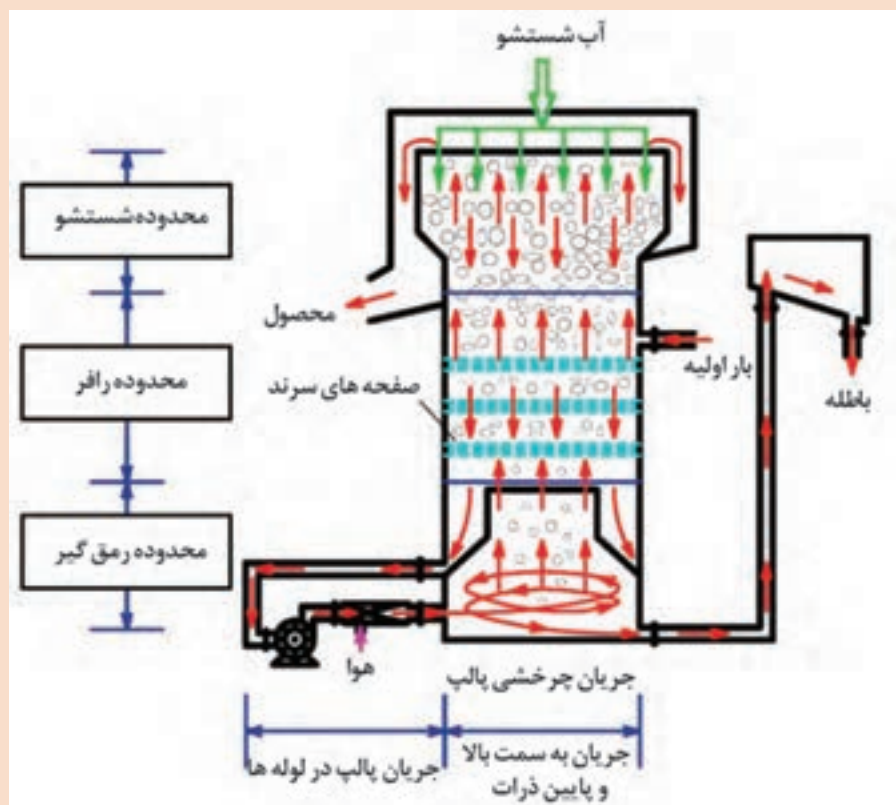
شکل ۱۸- نحوه جریان مواد در داخل ماشین فلو تاسیون ستونی



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

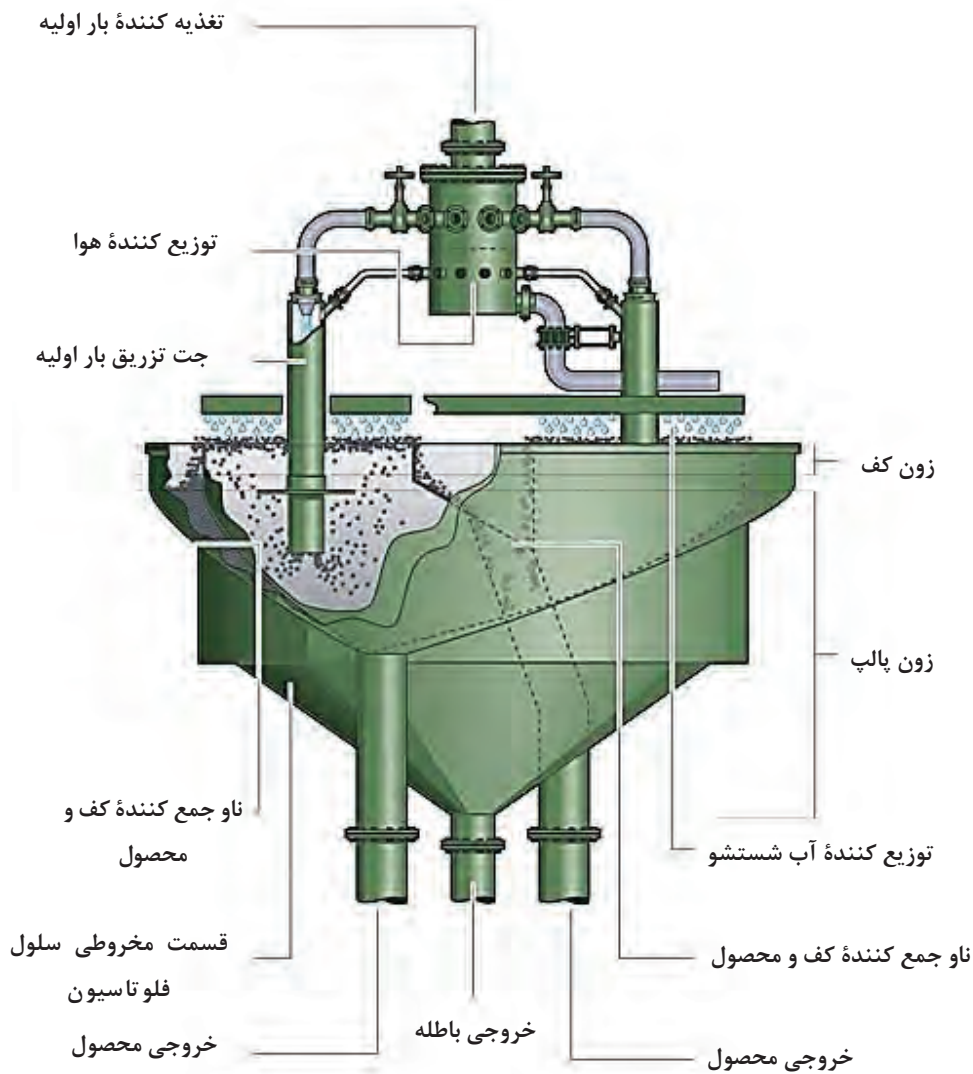


فلوتاسیون ستونی

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.



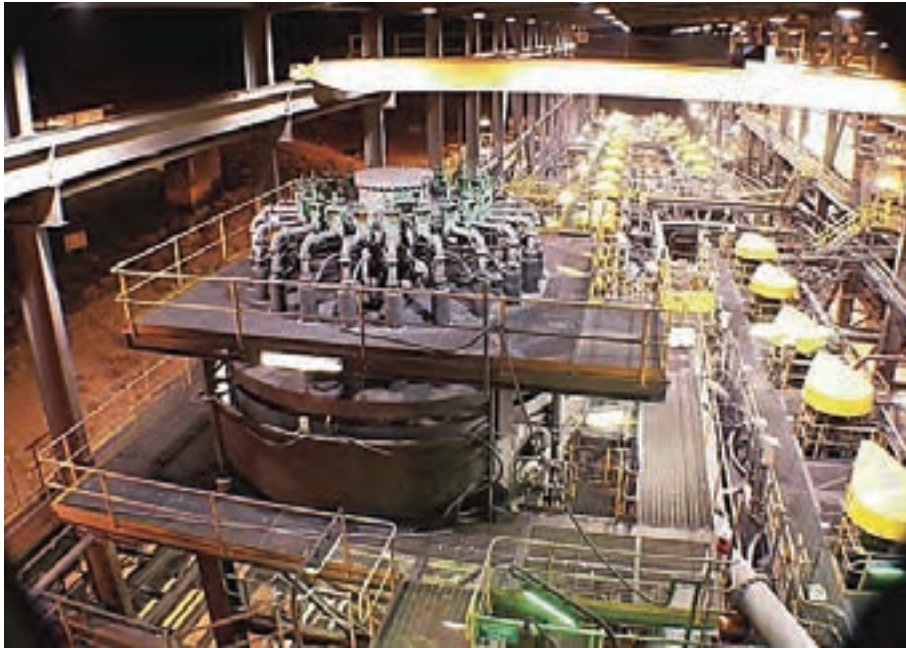
شکل ۲۱- نحوه جریان مواد در داخل ماشین فلوتاسیون جیمسون



شکل ۲۲- جت‌های تزریق پالپ در سلول فلوتاسیون جیمسون

ماشین فلوتاسیون جیمسون

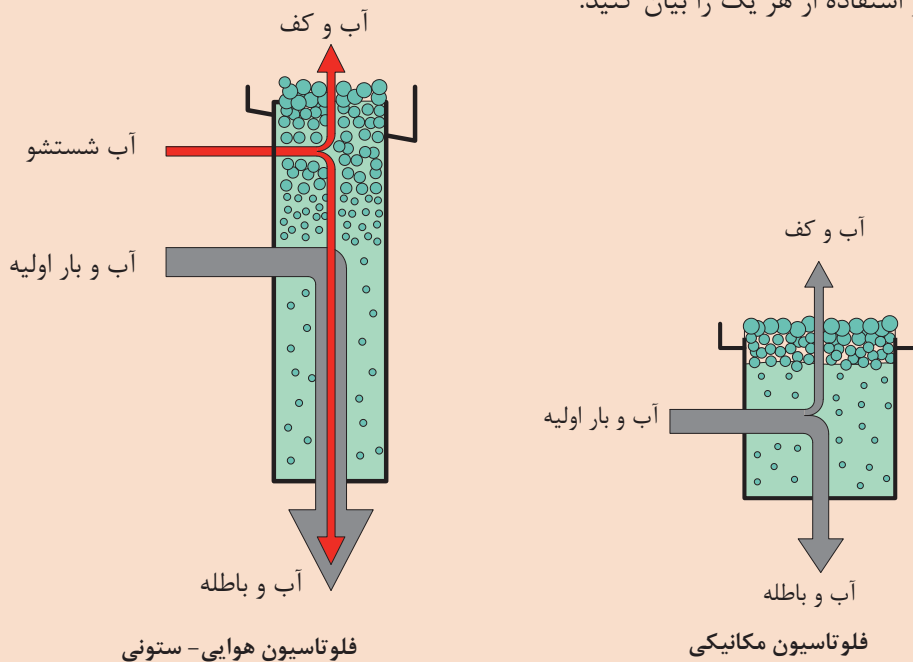




شکل ۲۳- یک ماشین فلوتاسیون جیمسون در کارخانه فراوری

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:

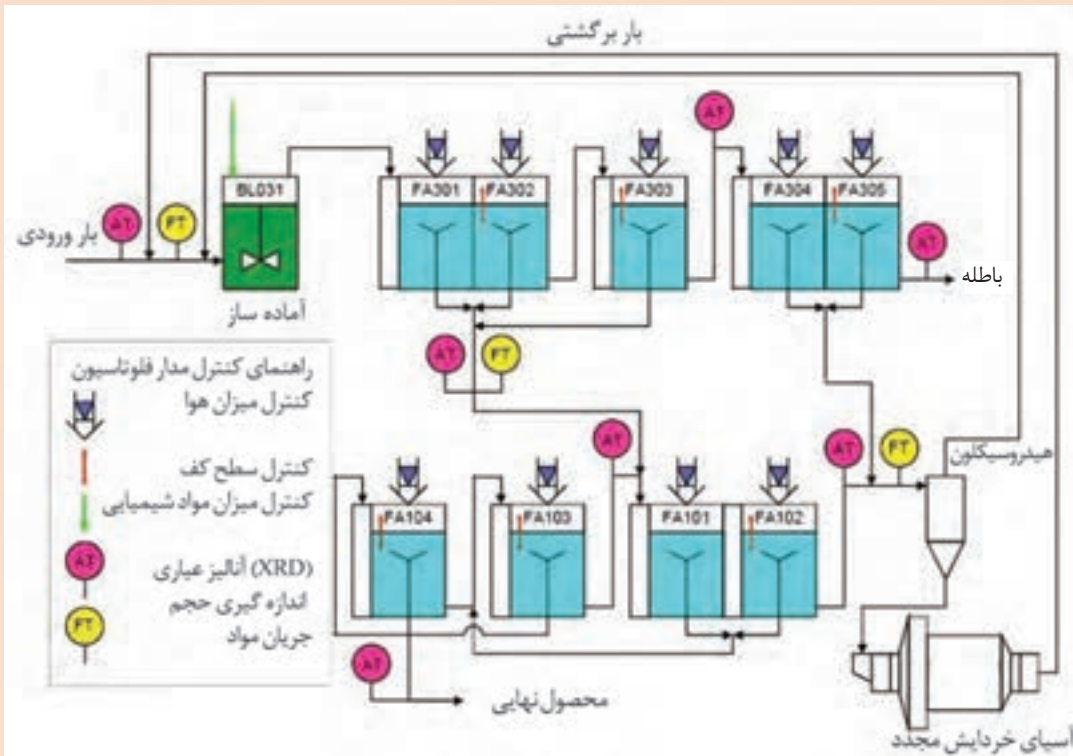
در این روش کنترل و اندازه گیری توسط سیستم های اندازه گیری مستقر در قسمت های مختلف مدار فلوتاسیون انجام شده و با توجه به تغییرات احتمالی به وجود آمده، سیستم کنترل هوشمند تمام اتوماتیک، خود تصمیم گیری های لازم را انجام داده و در سیستم اعمال خواهد کرد. مزایا و معایب هر یک از این سیستم های کنترل در جدول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

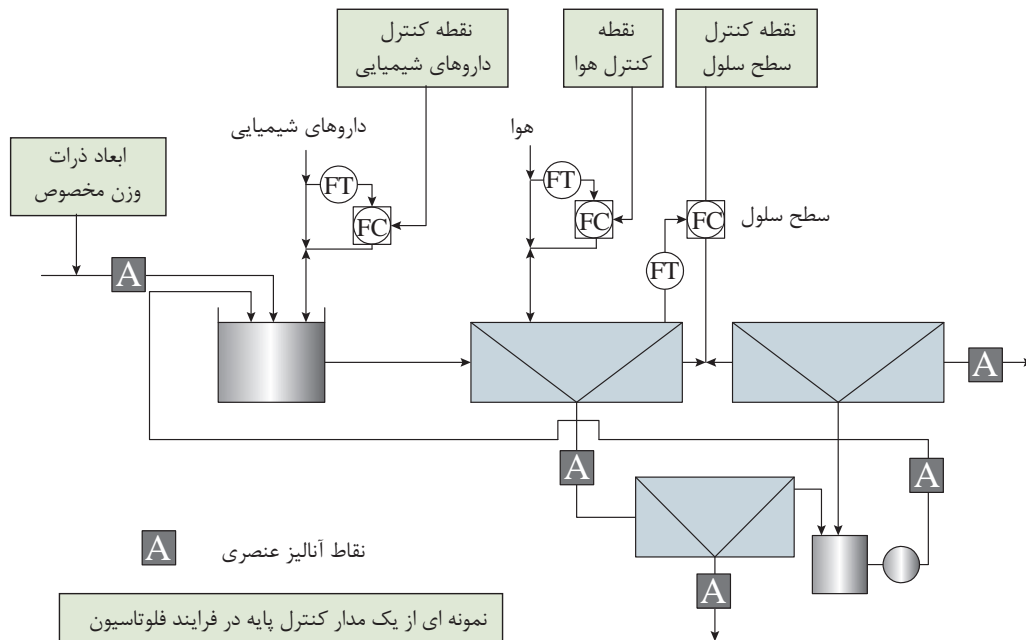
تذکر



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.



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

شکل ۲۸

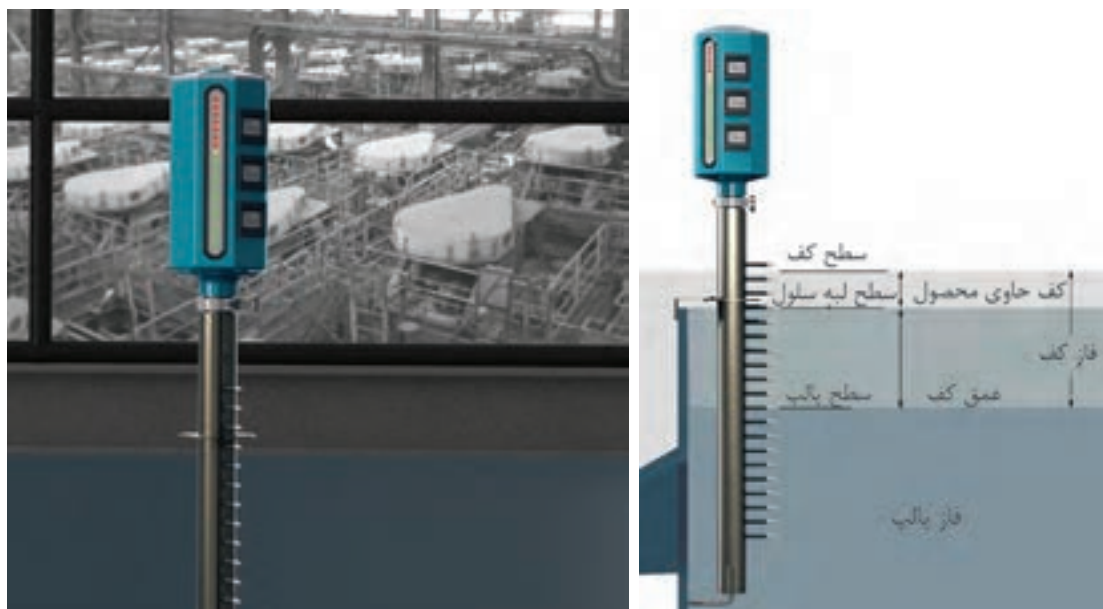
نکات مهم در کنترل ارتفاع سطح در سلول

- 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.

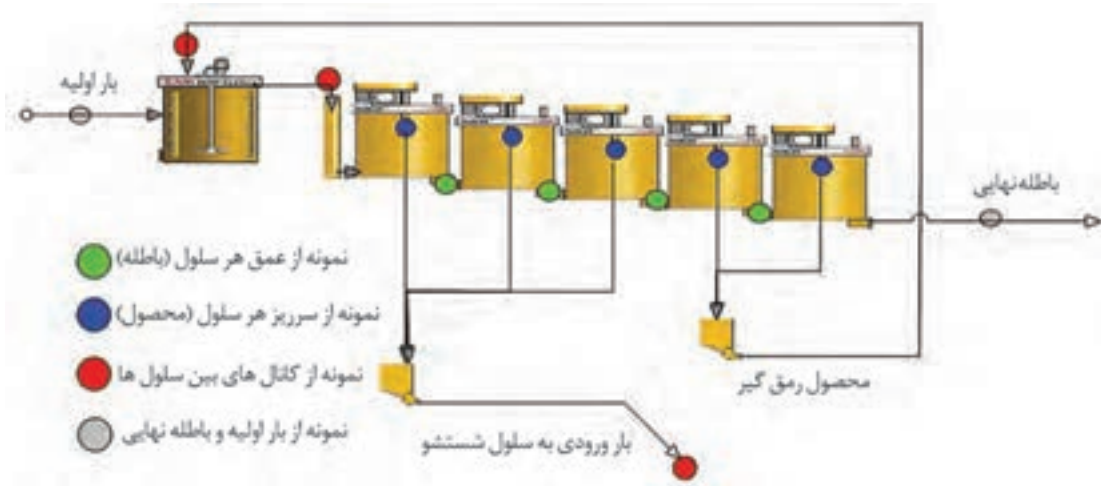
ارزشیابی مرحله ای: اپراتوری عملیات فلوتاسیون و تهیه دارو (مواد شیمیایی)

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

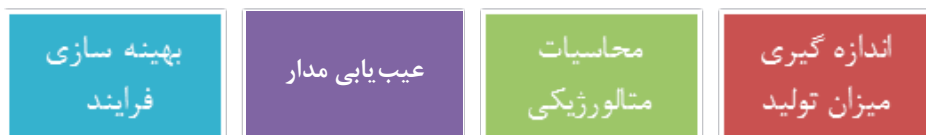


شکل ۳۱- قسمت‌های مختلف نمونه‌گیری در یک مدار فلوتاسیون

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:

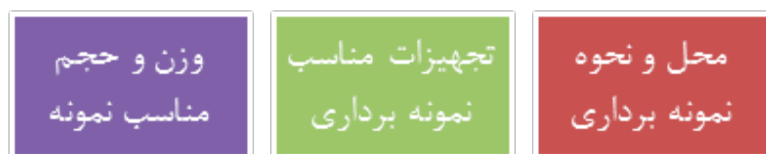


جدول ۳- اهداف نمونه‌گیری از مدار فلوتاسیون

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

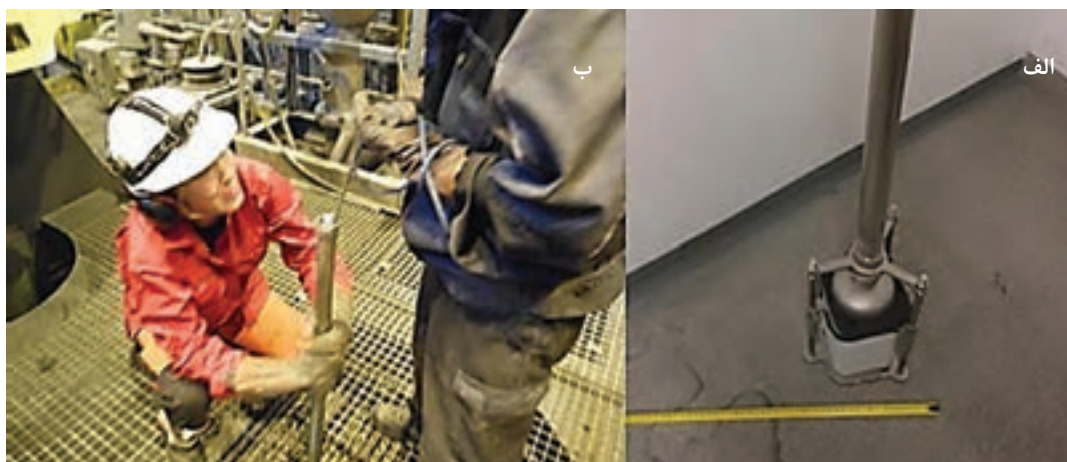
نبایدها	بایدها
<ul style="list-style-type: none"> ■ نمونه گیری از ورودی لوله ها به حوضچه دارای فشار بالایی هستند و نمونه برداری از آنها مشکل است. بنابراین تا حد ممکن از آنها نمونه برداری نکنید. ■ استفاده از تجهیزات نمونه برداری دست ساز و غیراستاندارد ممنوع است. ■ برای برداشت نمونه های عیار سنجی از جریان 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 نمونه‌گیری از سرریز سلول فلوتاسیون

نمونه‌گیری از سرریز هر سلول می‌تواند مستقیماً از حباب‌های حاوی ذرات محصول که وارد کانال جمع‌آوری کف شده‌اند انجام شود. ابزار نمونه‌گیری از سرریز^۱ هر سلول در شکل ۳۴ نشان داده شده است. ظرف نمونه‌گیر باید قبل از نمونه‌برداری کاملاً تمیز باشد و نمونه‌برداری در هر نوبت می‌بایست از یک محل مشخص در کانال جمع‌آوری کف سلول فلوتاسیون انجام شود.



شکل ۳۴- تجهیزات نمونه‌گیری از سرریز سلول فلوتاسیون

۲-۳- تجهیزات نمونه‌گیری از جریان‌های بین سلول فلوتاسیون

تجهیزات نمونه‌گیری از جریان‌های بین سلول فلوتاسیون‌ها که اصطلاحاً به آنها کاتر^۲ می‌گویند به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از: کاترهای دستی که نمونه‌گیری از جریان‌های روباز را انجام می‌دهند و کاترهای استاتیک که تجهیزات نمونه‌گیری از جریان‌های داخل لوله‌ها هستند. کاترهای دستی: وقتی از کاترهای دستی جهت نمونه‌گیری استفاده می‌شود 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، نمونه‌گیری انجام شود، نمونه‌گیری 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

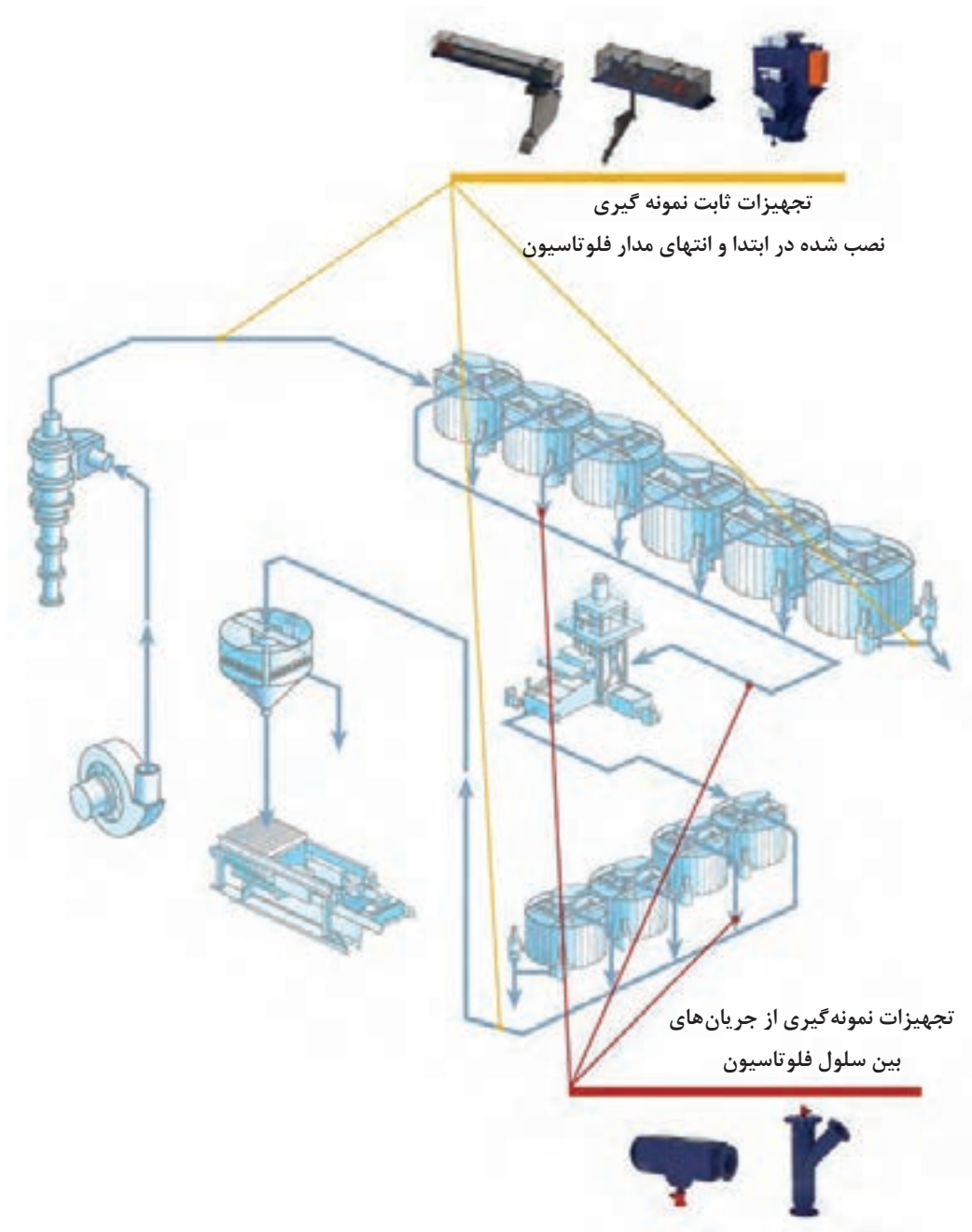
فیلم



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 نمونه‌برداری
 ارائه گزارش به هنرآموز
 مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی



تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه



خوب گوش دادن، یادگیری، جمع‌آوری 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 نمونه‌برداری 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 نمونه‌برداری 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 مهندسين 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.

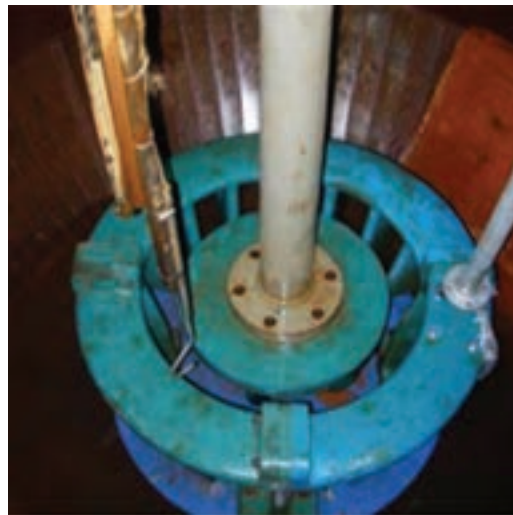
برخی از مهم‌ترین مشکلاتی که ممکن است در فرایندهای فلوتاسیون ایجاد شود عبارت‌اند از:

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

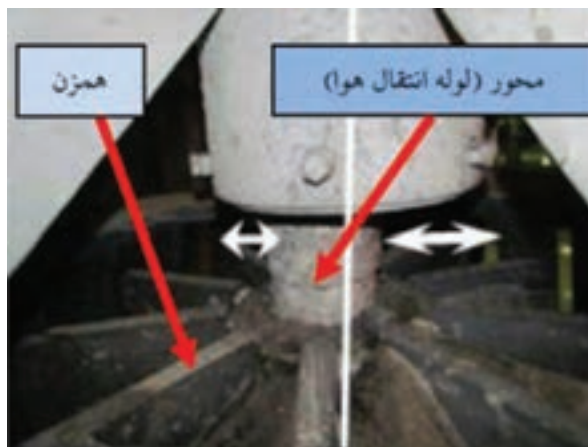
پراکنده کننده‌ها به منظور حمل و نقل آسان از قطعات جدا کننده که با پیچ به یکدیگر متصل شده‌اند تشکیل شده است. برای پوشش این پیچ‌ها جهت جلوگیری از لق شدن، سایش و یا زنگ زدن از چسب استفاده می‌شود. بنابراین شکستگی و جدا شدن قسمت‌های پراکنده از هم موجب اختلال در کارایی سلول خواهد شد در این شرایط ذرات در داخل 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

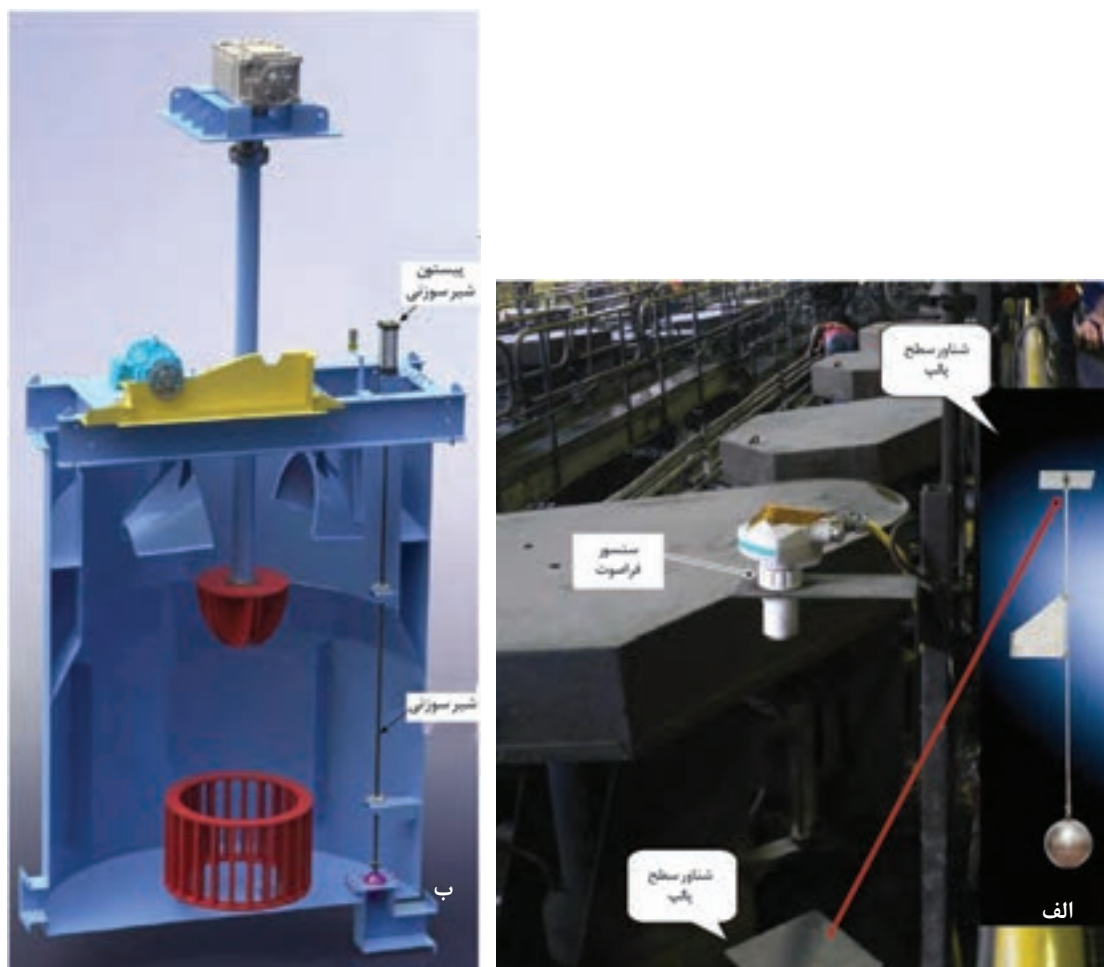
در تجهیزات داخل سلول از جمله همزن و پراکنده کننده، برای بیشتر شدن مقاومت در برابر سایش، از محافظ‌های پوششی از جنس پلی اورتان استفاده می‌شود. راهیابی ذرات درشت و برخورد ذرات موجود در پالپ با سطح همزن به دلیل خرابی محافظ آن، باعث خوردگی و سایش این قسمت از سلول می‌شود.

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 پیستون 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 - ابزارآلات 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.