

### کانه آرایبی مواد اولیه سرامیکی

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

- ۱- اهمیت حفظ محیط زیست را توضیح دهد.
- ۲- روش‌های بهره‌برداری صحیح از معادن را بیان کند.
- ۳- دلیل شستشوی کاتولین را توضیح دهد.
- ۴- مراحل مختلف شستشوی کاتولین به روش تر را توضیح دهد.
- ۵- معایب شستشوی کاتولین به روش تر را بیان کند.
- ۶- اصول کلی روش جداسازی با هیدروسیکلون را توضیح دهد.
- ۷- نحوه‌ی حذف کربنات کلسیم و نمک‌های محلول را توضیح دهد.
- ۸- معدن کاری و کانه‌آرایبی فلدسپارها را توضیح دهد.
- ۹- معدن کاری و کانه‌آرایبی سیلیس را شرح دهد.

#### مقدمه

حتماً از رسانه‌های گروهی درباره‌ی محیط زیست و حفاظت آن اطلاعاتی کسب کرده‌اید. آیا تا به حال از خود پرسیده‌اید که محیط زیستِ انسان دارای چه اهمیت و ارزشی است که باید به طور جدی از آن حفاظت کرد؟ پس از آنکه جوامع بشری از لحاظ صنعتی به سرعت رُشد کردند، انسان در پی کسب آرامش و رفاه بیشتر در امر زندگی خود با معضلات غیرقابل پیش‌بینی مواجه شده است. معضل آلودگی محیط زیست به علت تخلیه پس‌آب‌ها، فاضلاب و دود حاصل از احتراق سوخت‌های صنعتی در آتمسفر زمین و ... باعث خطرات جدی در ادامه‌ی حیات بر روی زمین شده است. یکی از این خطرات، سوراخ‌شدن و گسیختگی لایه‌ی محافظ اُزون در آتمسفر زمین است که مدت زمانی است فکر دانشمندان را به خود مشغول کرده و هر از چند مدتی اخباری از آن در رسانه‌های گروهی به اطلاع همگان می‌رسد.

صنایع مختلف می‌توانند اثرات متفاوتی بر محیط زیست داشته باشند.

به عنوان مثال: صنایع هسته‌ای که سوخت آن‌ها از شکافت هسته‌ای مواد رادیواکتیو تأمین می‌شود، در صورتی که به هر نحوی دچار اشکال شوند، متأسفانه خسارات جبران‌ناپذیری بر محیط زیست وارد خواهند ساخت و یا صنایعی همچون صنایع شیمیایی که روزانه مقادیر زیادی پساب سمی خطرناک تولید می‌کنند، شدیداً محیط زیست را تهدید می‌کنند، به نحوی که سالیانه مقدار قابل ملاحظه‌ای از موجودات آبی به علت نفوذ این مواد سمی به آب‌های رودخانه‌ها و یا دریاها از بین می‌روند، و همچنین قابلیت این گونه محیط‌ها برای رشد و نمو جانداران نیز از بین می‌رود.

در صورتی که احداث هر واحد صنعتی در هر نقطه از جهان معادل از بین رفتن و آلوده شدن محیط زیست آن محل شود، به دلیل گسترش واحدهای صنعتی، خطر انهدام محیط زیست بیش از پیش خود را می‌نماید. پس لازم است در کنار احداث هر واحد صنعتی، مسائل آلودگی محیط زیست به نحو مطلوبی مورد مطالعه قرار گیرد و روش‌های حفاظت محیط زیست همگام با احداث آن واحد، مد نظر قرار گیرد. براساس این مطلب است که دولت‌های مختلف برای احداث هر نوع واحد صنعتی، به تناسب آلودگی‌هایی که آن واحد در محیط زیست پیرامون خود پدید می‌آورند، قوانین و مقررات خاصی را در نظر گرفته‌اند. به عبارت دیگر به هنگام تأسیس و بهره‌برداری از یک واحد صنعتی باید مسائل زیست محیطی به گونه‌ای مد نظر قرار گیرد که آلودگی ایجاد شده توسط این واحد، بیش از حد استاندارد تعیین شده برای این نوع صنعت نباشد.

آلودگی‌های هر صنعت می‌تواند منشأهای مختلف داشته باشد، که عبارتند از:

- مواد اولیه
- محصولات تولیدی
- محصولات تولیدی جانبی
- عملیات تولیدی

### ۱-۳- آلوده‌کنندگی صنایع سرامیک

عوامل آلوده‌کننده در صنایع سرامیک عبارتند از:

مواد اولیه: تعدادی از مواد اولیه مورد مصرف وجود دارند که می‌توانند برای کارگران و کسانی که با آن‌ها سروکار دارند، مضر باشند. سیلیس یکی از مواد اولیه مهم است که می‌تواند به سلامت کارگران آسیب برساند.

محصولات تولیدی: محصولات تولیدی در صنعت سرامیک نیز محیط زیست را آلوده می‌کنند. (به علت عدم تجزیه‌ی محصولات سرامیکی در طبیعت مانند شیشه و ...) علاوه بر آن بعضی از ظروف سرامیکی که از سرب در لعاب آن‌ها استفاده می‌شود (لعاب‌های سربی)، برای

سلامتی مصرف کنندگان آن‌ها مضر است. استانداردهای موجود، استفاده از چنین ظروفی را برای غذا خوردن ممنوع ساخته است.

**محصولات تولیدی جانبی:** گازهای ناشی از احتراق و گردوغبار محصولاتی مانند سیمان، گچ، آهک، باعث آلودگی محیط زیست می‌شود.

**عملیات تولیدی:** فرایند تولید در صنعت سرامیک می‌تواند برای محیط زیست خطر آفرین باشد. به عنوان مثال: بر اثر معدن‌کاری روباز این مواد اولیه، ممکن است پوشش گیاهی منطقه از بین برود و یا پس از باطله‌برداری از معدن، انباشت مواد باطله مزاحمت‌هایی ایجاد کند. همچنین در تصفیه و خالص‌سازی فلدسپارها و کوارتز که از فلوتاسیون استفاده می‌شود، مواد شیمیایی به کار رفته در این روش باعث آلودگی خواهد شد.

## ۲-۳- ارزیابی معادن کائولین

کائولین یک ماده‌ی معدنی است و به طور طبیعی از معدن استخراج می‌شود و باید شرایط استخراج را دارا باشد. در جهان، معادن گوناگونی از کائولین وجود دارد که در میزان ذخیره، کیفیت و عمق ذخیره و ارزش تجاری و کاربردی با هم اختلاف دارند. این وجوه اختلاف، یک بهره‌بردار را بر آن می‌دارد که از معدن مورد نظر ارزیابی دقیقی در موارد مختلف داشته باشد.

ارزیابی هر معدن از نقطه نظرهای زیر اهمیت دارد:

— **میزان ذخیره‌ی معدن:** مقدار ماده‌ی معدنی که در یک معدن وجود دارد و قابل استخراج است، به عنوان میزان ذخیره‌ی معدن تعریف می‌شود.

بدیهی است که میزان ذخیره‌ی معدن باید در حدی باشد که با فروش آن، هزینه‌های مربوط به استخراج به اضافه‌ی سود مناسب حاصل شود. به عبارت دیگر، استخراج معدن باید اقتصادی و مقرون به صرفه باشد.

— **محدوده و ذخیره:** مساحت و عمقی از محیط معدن که ماده‌ی معدنی در آن یافت شود.

— **برآورد کیفیت ماده‌ی معدنی:** از آنجا که خلوص ماده‌ی معدنی قابل استخراج مستقیماً در قیمت فروش، در نتیجه به سود حاصل از استخراج معدن ارتباط دارد، بنابراین، کیفیت ماده‌ی معدنی از موارد ارزیابی یک معدن به شمار می‌آید. براساس کیفیت و خلوص ماده‌ی معدنی (یا به عبارت دیگر، میزان و نوع ناخالصی‌های موجود در یک ماده‌ی معدنی) روش‌های تغلیظ و کانه‌آرایی مواد معدنی تعیین می‌شود، که این موضوع نیز در هزینه‌ی تمام شده‌ی ماده‌ی معدنی تأثیر مستقیم دارد.

— **عمق ذخیره معدن و نحوه‌ی معدن‌کاری:** با توجه به عمق ذخیره‌ی یک ماده‌ی معدنی، نحوه‌ی معدن‌کاری معین و مشخص می‌شود. نحوه‌ی معدن‌کاری یک معدن با هزینه‌های معدن‌کاری

نسبت مستقیم دارد. پس از آنکه نوع معدن کاری مشخص شد، ماشین آلات مورد نیاز استخراج نیز تعیین می‌شود.

— ارزش تجاری و کاربردی ماده معدنی: برای اینکه یک ذخیره‌ی معدنی قابلیت استخراج داشته باشد، باید ماده‌ی معدنی استخراج شده از آن، ارزش تجاری و کاربردی مورد نظر را دارا باشد.

— تعیین موارد مصرف ماده‌ی معدنی: ممکن است یک ماده‌ی معدنی بیش از یک مورد مصرف داشته باشد. در این صورت تعیین موارد کاربرد آن ماده معدنی بسیار مهم بوده، به نحوی که تعیین این موارد یکی از پارامترهای اساسی در ارزش و قیمت آن ماده معدنی است.

### ۳-۳- مراحل ارزیابی معادن کائولین

— تخمین ذخیره‌ی معدن<sup>۱</sup>: قبل از اینکه به ارزیابی دقیق معدن پرداخته شود و هزینه زیادی پرداخت گردد، لازم است که تخمین اولیه‌ی زده شود تا اطمینان ابتدایی از اقتصادی بودن استخراج معدن حاصل شود. برای این منظور گمانه‌زنی صورت می‌گیرد.

— گمانه‌زنی<sup>۲</sup>: استخراج مغزه‌هایی<sup>۳</sup> به منظور ارزیابی کیفیت ماده‌ی معدنی و عمق ذخیره معدن را گمانه‌زنی گویند.

پس از آنکه گمانه‌زده شد، بدون آن که ماده‌ی معدنی استخراج شده به هم خورده و مخلوط شود به ترتیب استخراج آن‌ها در جعبه‌های خاصی قرار گرفته و چیده می‌شوند، به طوری که ماده‌ی معدنی به دست آمده از این گمانه، نماینده و نشانگر ذخیره‌ی محدوده‌ی گمانه است.

برای اینکه ارزیابی معدن توسط مغزه‌های به دست آمده از گمانه دقیق باشد، باید مقدار کافی از کائولین برای تست و آزمایش کردن به دست آید. بدیهی است هر چه تعداد گمانه بیشتر باشد، ارزیابی معدن با دقت بیشتری انجام می‌پذیرد. نمونه‌گیری از گمانه‌ها، به صورت نمونه‌گیری تصادفی بهتر جواب می‌دهد. یعنی دقت ارزیابی در نمونه‌گیری تصادفی، بیشتر از هر نوع نمونه‌گیری است.

در گمانه‌زنی، فاصله‌ی گمانه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است، معمولاً این فاصله در مراحل اولیه اکتشاف حدود ۲۴۰ متر است. وقتی که وجود کائولین در معدن قطعی شد، گمانه‌های حفر شده به هم نزدیک و نزدیک‌تر می‌شوند (حدود ۳۰ متر) تا بتوان یک نمودار کامل از بستر کائولین به دست آورد.

با روش‌های مختلفی گمانه‌ها را حفر می‌کنند. یکی از این روش‌ها، استفاده از حفارهای حلزونی است. این وسیله به دلیل اینکه از به هم خوردن و مخلوط شدن طبقات مختلف کائولین حفر

شده جلوگیری می‌کند، از امتیاز خاصی برخوردار است.

پس از آنکه گمانه‌های مناسب زده شد، صورت وضعیت مغزه‌ها موسوم به جدول‌بندی معدن<sup>۱</sup> تهیه می‌شود. در صورت وضعیت مغزه‌ها، عوامل مختلف ارزیابی گمانه‌ها تعیین و درج می‌شود تا ارزیابی نهایی درباره‌ی معدن انجام گیرد. پس از گمانه‌زنی معمولاً از مطالعه‌ی مغزه‌ها نتایج ذیل در مورد زمین‌شناسی معدن استنتاج می‌شود:

**الف — نمونه‌گیری و تعیین صورت وضعیت مغزه‌ها:** عملیات گمانه‌زنی، به تهیه نمونه‌های مغزه‌ای بدون اینکه متفرق شده و به هم بخورند، کمک می‌کند. به نحوی که یک تصویر دقیق از نتایج زمین‌شناسی می‌تواند به دست آید. صورت وضعیت مغزه مستلزم ثبت تغییرات زمین‌شناسی درباره‌ی موارد زیر است:

مغزه‌ها براساس رنگ و بافت<sup>۲</sup> به تعدادی از رگه‌ها یا واحدها تقسیم می‌شوند. هر رگه یا واحد سپس به نمونه‌های دیگری برای آزمایش کردن و آنالیز تقسیم می‌شود.

**ب — تست کردن و تعیین انواع مواد رسی و رسم مقاطع مختلف:** در تکمیل کار آزمایش، هر رگه یا واحد کاتولین براساس ویژگی‌های متداول و رایج به انواع مواد رسی مختلف تقسیم می‌شود.

در نهایت، اطلاعات به دست آمده از تهیه نمونه‌ها، برنامه‌ی استخراج و معدن‌کاری تهیه می‌شود، که برای تعیین برنامه‌ی تولید کاتولین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### ۴-۳- انواع معادن کاتولین

لازم است قبل از استخراج معدن، نوع آن معدن براساس اعمال روش‌های معدن‌کاری مشخص و معین شود. انواع معادن کاتولین عبارتند از:

**الف:** معدنی که تعدادی از مواد معدنی مختلف در بستر باریکی بر روی هم قرار گرفته‌اند. استخراج این نوع معدن، به روش کنده‌کاری با دست و به وسیله‌ی بیل‌های مکانیکی یا پنوماتیکی<sup>۳</sup> انجام پذیرفته، سپس قطعات مواد به دست آمده از لایه‌های مختلف دسته‌بندی<sup>۴</sup> می‌شوند.

**ب:** معدنی که سطح مواد رسی اکتشاف شده در آن یکنواخت است به وسیله‌ی ماشین حفار گودبرداری<sup>۵</sup> همراه با ماشین‌آلات حفاری (چون دراگ لاین<sup>۶</sup>، شاول<sup>۷</sup>، اسکیمر<sup>۸</sup> و ...) و تجهیزات انتقال مواد معدنی همچون نوار نقاله و ... استخراج معدن صورت می‌پذیرد.

۱- Mine Charting

۲- Texture

۳- Pneumatic Spades

۴- Sort

۵- Excavator

۶- Dragline

۷- Shovel

۸- Skimmer

### ۳-۵- عوامل مؤثر بر روش‌های معدن‌کاری کاتولین

با توجه به نوع معدن، روش‌های معدن‌کاری کاتولین متفاوت خواهد بود. عوامل مؤثر بر تعیین روش معدن‌کاری عبارتند از:

**الف- عمق ذخیره معدن:** ذخیره‌ی ماده‌ی معدنی ممکن است در عمق زیاد یا کم موجود باشد، که این امر با روش گمانه‌زنی مشخص می‌شود.

**ب- وسعت ذخیره‌ی معدن:** مواد معدنی موجود در یک معدن می‌تواند دارای وسعت کمی باشد و یا در یک محدوده و وسعت زیاد پخش شده و یافت شود.

در صورتی که معدن از ذخیره‌ی قابل ملاحظه‌ای برخوردار باشد، استخراج آن به صورت مکانیزه مطرح می‌شود و در این حالت باید به نظم و توزیع و تناسب<sup>۱</sup> مواد اولیه در معدن نیز توجه شود.

### ۳-۶- معدن‌کاری کاتولین با عمق کم

اکثر معادن کاتولین دارای عمق کم هستند. (مواد معدنی به حد کافی به سطح رویی معدن نزدیک هستند.) استخراج کاتولین از این معادن، با روش معدن‌کاری روباز<sup>۲</sup> انجام می‌گیرد، همانند روش معدن‌کاری در استخراج گچ و آهک.) این نوع معادن که فقط چند متر عمق دارند، می‌توانند توسط روش‌های زیر معدن‌کاری شوند:

**الف- معدن‌کاری خشک<sup>۳</sup>:** در این روش معدن‌کاری که به صورت مکانیکی انجام می‌شود، ابتدا توسط حفارهای مکانیکی مواد باطله‌ی روی معدن برداشته و جدا می‌شود. سپس توسط دستورالعملی که برای استخراج معدن از طرف کارشناسان ارائه می‌شود، عمل حفاری و برداشت مواد معدنی آغاز می‌شود. در بهره‌برداری از یک معدن، توجه به این نکته ضروری است که یک استخراج درست و با اصول صحیح معدن‌کاری نه تنها عمر مفید یک معدن را افزایش می‌دهد، بلکه از تخریب آن جلوگیری کرده و میزان برداشت مواد معدنی موردنظر از آن به مقدار زیادی صورت می‌پذیرد، همچنین از اختلاط مواد باطله با مواد معدنی موردنظر جلوگیری به عمل آمده، هزینه‌ی کانه‌آرایی مواد معدنی تقلیل می‌یابد. از این‌روست که باید قبل از بهره‌برداری از هر معدنی، از نظرات کارشناسان استخراج و بهره‌برداری معدن درباره‌ی نحوه و چگونگی استخراج معدن بهره‌جست، زیرا که معادن ثروت ملی یک کشور محسوب شده و باید برای نسل‌های آینده

۱- Regularity

۲- Open - cast Mining

۳- به عنوان مثال معدن کاتولین زنوز در اطراف شهر مرند در استان آذربایجان شرقی توسط معدن‌کاری خشک، استخراج و

بهره‌برداری می‌شود.

نیز به ارث برسند.

کلوخه‌هایی که از معدن توسط حفّارهای مکانیکی جدا می‌شود، خام (کانه‌آرایی نشده) بوده، توسط کامیون و یا نوار نقاله‌های مناسب برای کانه‌آرایی به کارخانه کانه‌آرایی انتقال می‌یابد.

**ب – معدن کاری با فشار آب<sup>۱</sup> :** در این روش آب با قدرت بسیار زیاد<sup>۲</sup> مستقیماً به دیواره‌ی معدن پاشیده می‌شود، (شکل ۱-۳) مخلوطی از آب و مواد معدنی به صورت سیلاب به طرف مخازن و حوضچه‌هایی که برای این منظور تعبیه شده است، روان می‌شود (شکل ۲-۳). در این هنگام، مواد درشت دانه ته‌نشین می‌شوند. مخازن و حوضچه‌ها به طور متناوب تخلیه گشته و تل‌های مخروطی شکل سفید رنگ در دورنمای معدن ایجاد می‌شود.



شکل ۱-۳- یک جت آب برای استخراج کائولین

### ۳-۷- معدن کاری کائولین با عمق زیاد

در بعضی از معادن کائولین<sup>۳</sup>، که عمق زیادی دارند، برای استخراج کائولین گودال‌هایی حفر می‌کنند.

از هر گودال کانال‌هایی منشعب می‌شود (همانند روش معدن کاری در استخراج زغال‌سنگ)، و استخراج معدن به صورت زیرزمینی صورت می‌گیرد. مواد معدنی استخراج شده توسط نوار نقاله‌های افقی و عمودی<sup>۴</sup> به روی زمین منتقل می‌شوند و از آن‌جا برای کانه‌آرایی به تأسیسات

۱- به عنوان مثال: این روش در معدن کاری ذخائر عظیم کورن وال انگلستان اعمال می‌شود.

۲- قدرت جت‌های آب، آن قدر بالاست که گرانیت هوازده شده ترد و شکننده را خرد کرده و می‌شکند.

۳- معادن کائولین زدلیتز در چکسلواکی از این نوع معدن است.



شکل ۲-۳- دورنمایی از یک ذخیره کائولین

### ۸-۳- شستشوی کائولین

مواد اولیه سرامیکی به طور عام و کائولین به طور خاص به عنوان یک ماده معدنی، پس از استخراج دارای ناخالصی‌هایی هستند. این ناخالصی‌ها به نوبه‌ی خود در خواص بدنه‌های آماده‌سازی شده و خواص نهایی محصولات سرامیکی می‌توانند آثار سوئی برجای گذارند. بنابراین، لازم است این ناخالصی‌ها را از مواد اولیه سرامیکی، به ویژه کائولین جدا کرد. «به کاهش ناخالصی‌های کائولین، شستشوی کائولین گفته می‌شود.»

۸-۳-۱- عوامل مؤثر بر شستشو: برای این که بتوان روش مناسبی برای جداسازی ناخالصی‌ها و آرایش کائولین جست‌وجو کرد، ضروری است که قبلاً عوامل مؤثر بر شستشوی کائولین شناسایی شده و مورد بحث قرار گیرد.

۱- توزیع ذرات کانی‌های موجود (مینرال‌ها): چون در شستشوی کائولین، هدف جداسازی ناخالصی‌هاست، لازم است ذرات ناخالصی در مقایسه با ذرات ریز کائولین ابعاد درشت‌تری داشته باشند. در غیر این صورت جداسازی ذرات ریز کائولین از ناخالصی‌هایی نظیر کوارتز مشکل است. به عنوان مثال در معدن زنوز، اندازه‌ی ذرات ناخالصی کوارتز، هم اندازه‌ی ذرات کائولین می‌باشد. در نتیجه این ماده‌ی اولیه، پس از شستشو به میزان قابل ملاحظه‌ای سیلیس



آزاد (کوارتز) به همراه دارد.

**۲- خاصیت جذب آب:** چون با افزایش پلاستیسیته، تمایل به جذب آب در کائولین‌ها افزایش می‌یابد، میزان نفوذ آب به کلوخه‌ی کائولین خام زیاد بوده و می‌تواند به عنوان عامل جداسازی کائولین و انتخاب روش شستشو مؤثر باشد.

**۳- بافت و قابلیت تعلیق در آب:** ممکن است بافت کائولین به نحوی باشد که ناخالصی‌های آن در تماس با آب، آزاد شده و شستشوی آن به راحتی انجام شود در مواردی نیز بافت کائولین بسیار ریزدانه و متراکم است و در تماس با آب امکان جدا شدن ناخالصی‌ها از ذرات کائولین ممکن نمی‌باشد. (مانند کائولین نشسته‌ی زنوز) که در این صورت باید به وسیله‌ی سنگ‌شکن خرد شده و سپس شستشو روی آن انجام شود.

#### **۴- کیفیت ماده‌ی معدنی**

**۵- کاربردهای مختلف کائولین:** با توجه به کاربردهای مختلف کائولین در صنایع سرامیک، لاستیک‌سازی، کاغذسازی و ... برای استفاده از روش شستشو تصمیم‌گیری می‌شود.

**۶- ویژگی نهایی محصول شسته:** در صورت مطلوب بودن خواص نهایی محصول شسته، برای تأسیسات شستشو سرمایه‌گذاری می‌شود.

#### **۷- نوع ناخالصی‌های موجود در کائولین معدن‌کاری شده**

**۲-۸-۳- مراحل مختلف شستشوی کائولین به روش تر:** مراحل که در این قسمت از آن‌ها یاد می‌شود، در اکثر کارخانه‌های شستشوی کائولین مشترک بوده و به ترتیب زیر است:

**- سنگ‌جوری:** به منظور جداسازی آن دسته از ناخالصی‌های کائولین که با چشم و تجربه‌ی نیروی انسانی قابل تشخیص هستند، کلوخه‌های سنگ معدنی کائولین خرد و شکسته شده و سپس تا جایی که ممکن است ناخالصی‌های غیرمتعارف از آن جدا می‌شود.

**- تهیه‌ی سوسپانسیون از کائولین:** این سوسپانسیون یا در حین استخراج به وسیله‌ی فشار پر قدرت آب در معدن کائولین روباز، یا پس از حفاری مکانیکی کائولن از معدن، با کمک همزن‌های دور بالا تهیه می‌شود. به منظور تهیه‌ی یک مخلوط یکنواخت با خواص یکسان از همزن‌های با ظرفیت بالا استفاده می‌شود.

لازم به توضیح است برای دستیابی به کائولین با دانه‌بندی‌های بسیار ریز و جداسازی بهتر دانه‌های ناخالصی سیلیس بهتر است با انتخاب دوره‌های بالای همزن به این مهم دست یابیم. زیرا سرعت بالای همزن و زمان طولانی‌تر باعث جدا شدن بهتر ذرات به هم چسبیده‌ی ریز می‌شود.

**- رسوب ناخالصی‌ها:** تعدادی از ناخالصی‌ها مانند کوارتز و فلدسپارپتاسیم، به خاطر داشتن چگالی بیشتر، در زمان کوتاه‌تری رسوب کرده و در ته مخازن جمع می‌شوند، در حالی که تعدادی از ناخالصی‌های دیگر نظیر میکا، به جهت داشتن چگالی پایین بر سطح آب قرار گرفته و از

فرایند شستشو خارج می‌شوند.

— **ته‌نشینی سازی کائولین:** برای افزایش غلظت دوغاب «بالا بردن میزان ذرات کائولین در دوغاب» لازم است که آب آن کم شده و به مقدار کائولین افزوده شود. بنابراین با گذشت زمان، مقداری از کائولن‌ها از سطوح بالایی مخزن ذخیره به سمت کف مخازن رسوب کرده، به طوری که پس از گذشت مدت زمانی می‌توانیم آب تقریباً زلال بالای مخازن را به آرامی جدا کرده و دور بریزیم. با این روش، غلظت سوسپانسیون جدید به شدت افزایش می‌یابد.

برای ته‌نشینی کائولین از دو روش استفاده می‌کنند: اول روش ته‌نشینی سازی به روش ثقلی، که در این روش ذرات کائولین به علت سنگینی که دارند تمایل به رسوب بیشتری داشته و به سمت ته مخزن حرکت می‌کنند. در روش دوم، با اضافه کردن بعضی از افزودنی‌ها (نظیر هیدروکسید کلسیم)، ته‌نشینی کائولین تسریع می‌شود.

— **فیلتر پرس:** برای کاهش درصد آب موجود در دوغاب و رسیدن به خمیر بدنه‌ی مناسب، با استفاده از آب‌گیری دستگاه فیلتر پرس می‌توانیم کیک‌های با درصد رطوبت‌های متغیر تهیه کنیم.

— **تهیه‌ی نودل<sup>۱</sup>:** با توجه به هزینه‌های بالای حمل و نقل کیک و سختی استفاده برای مصرف‌کننده‌ها معمولاً کائولن موردنظر به صورت رشته‌هایی درمی‌آید که با افزایش سطح تماس با هوای گرم بتوانیم درصد رطوبت آنرا سریع‌تر از حالت کیک (۲۰ تا ۲۲ درصد رطوبت) به رطوبت حدود ۸ تا ۱۲ درصد کاهش دهیم. لذا با استفاده از اکستروژن کردن، رشته‌هایی از کائولن تهیه می‌شود که پس از خشک کردن به صورت ثقلی (نودل) درمی‌آید و پس از کیسه‌گیری به بازار مصرف منتقل می‌شود.<sup>۲</sup>

۳-۸-۳ — **روش‌های مختلف کانه‌آرایی کائولین:** در صنعت دو روش برای شستشوی کائولین متداول و رایج است:

الف: روش قدیمی یا روش تر

ب: روش جدید یا روش خشک

هر یک از روش‌های کانه‌آرایی کائولین، مزایا، معایب و محدودیت‌های خاص خود را دارند.

با توجه به نوع معادن و هزینه‌های اقتصادی تولید، یکی از روش‌ها برای کانه‌آرایی کائولن بررسی و انتخاب می‌شود. لازم به یادآوری است که ناخالصی‌های ماده‌ی معدنی کائولین کانه‌آرایی نشده، عمدتاً از سیلیس با دانه بندی‌های مختلف و میکای دانه‌ریز می‌باشد که هدف از کانه‌آرایی کاهش درصد این ناخالصی‌ها می‌باشد.

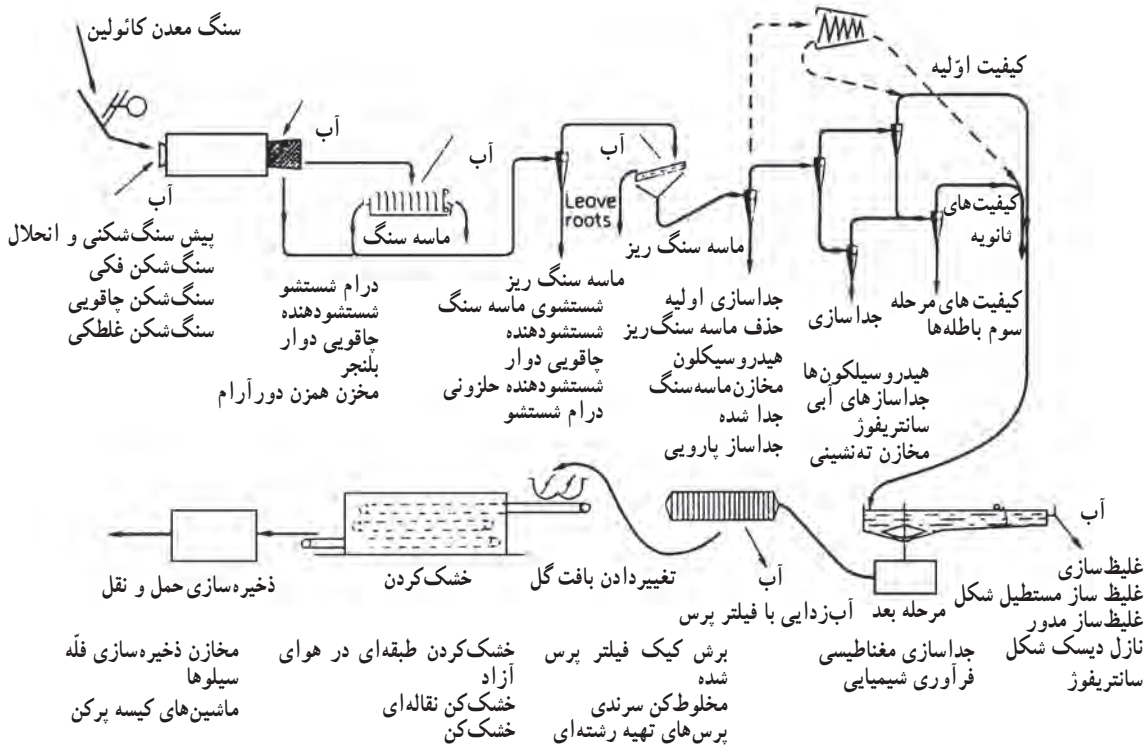
۱- Nodded

۲- البته کائولین را به شکل پودر نیز تهیه می‌کنند.

## ۹-۳- شستشوی کاتولین به روش تر

پس از باطله برداری و رسیدن به ماده‌ی معدنی کاتولین، آب با فشار زیاد به روی مواد اولیه پاشیده می‌شود. فشار آب طوری است که سنگ کاتولین را خرد می‌کند. برای سهولت در انتقال مواد اولیه که به صورت سوسپانسیون درآمده است، دیواره‌های معدن را به صورت شیبدار درمی‌آورند. در این صورت سوسپانسیون کاتولین به طرف حوضچه‌ها و مخازنی که در پایین‌ترین نقطه‌ی معدن تعبیه شده است، هدایت می‌شود و دانه‌های کاتولین ته‌نشین می‌شوند. سپس مخازن و حوضچه‌ها به طور متناوب از این مواد تخلیه می‌شوند. دوغاب کاتولین که هم‌اکنون دارای خلوص بالاتر بوده و محتوی مینرال‌های رُسی (عمدتاً کاتولینیت) و ذرات ناخالصی ریز است، به مراحل بعدی تصفیه، پمپ می‌شوند. دوغاب به دست آمده از میان کانال‌های بلند عبور می‌کند و در آن‌ها ذرات دانه درشت (عمدتاً کوارتز) و میکا، فلدسپارها، و کاتولینیت با توجه به دانه‌بندی و سرعت رسوب ته‌نشین می‌شوند. در بعضی از کارخانه‌ها، دوغاب از روی حوضچه‌ها به سرندهای درشت داخل کلاسیفایرها پمپ می‌شود که در این مرحله، مواد براساس دانه‌بندی جداسازی می‌شوند. شکل صفحه‌ای و ریز بودن کریستال کاتولینیت مانع از ته‌نشین شدن سریع آن می‌شود و این موضوع باعث سرریز شدن کاتولینیت از روی مخازن خواهد شد. این در حالی است که کانی‌های درشت‌تر و سنگین‌تر از دوغاب حذف شده‌اند. سوسپانسیون مواد رسی سرریز شده (که حدود ۲٪ ذرات جامد دارد) به طرف مخازن ته‌نشین سازی<sup>۱</sup> هدایت می‌شود. در این مخازن، پس از گذشت زمان و جداسدن آب، آب بالای مخازن تخلیه می‌شود، بنابراین وقتی که سوسپانسیون غلیظ‌تر شد (در حدود ۱۰٪ ذرات جامد به همراه داشت) برای آبدایی بیشتر، فیلتر پرس می‌شود.

کاتولین‌های به‌دست آمده از گودال‌های مختلف که برای معدن کاری و کانه‌آرایی کاتولین حفر شده‌اند، دارای خواص و ویژگی‌های متفاوتی هستند. برای این منظور، کاتولین، به دست آمده از چاله‌ها و گودال‌های مختلف با هم مخلوط می‌شوند. هم‌اکنون تمام مراحل این عملیات به صورت مکانیزه انجام می‌شود (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳- شستشوی کائولین به روش تر

برای آهن گیری به کمک مگنت معمولاً دوغاب از مسیرهایی عبور داده می شود. آهنربای این جداکننده ها دارای سطح موجدار و یا دارای مجاری شبکه ای بوده که دوغاب از میان آن ها عبور می کند. به نحوی که ذرات آهن در تماس با دیواره های شیار قرار گرفته و جذب آهنربا می شود. نوع بسیار متداول جداکننده های دوغاب مواد به صورت یک استوانه بوده و به صورت یکی از سه مدل زیر ساخته می شوند:

– حرکت دوغاب بر اثر نیروی وزن دوغاب.

– حرکت دوغاب تحت نیروی پمپ از پایین به طرف بالا.

– حرکت دوغاب از میان یک لوله با تماس کامل بین دوغاب و مغناطیس.

در این روش ها، دوغاب از میان یک صفحه مشبک الکترومغناطیس شونده که چشم های آن به اندازه ی کافی ریز است، عبور کرده و ذرات مغناطیسی به طرف آهنرباها جذب و از دوغاب حذف

می‌شوند (شکل ۴-۳).



شکل ۴-۳- چند نمونه از شبکه‌ی فیلترهای مغناطیسی برای زدودن و جذب آهن از مواد اولیه سرامیکی (این شبکه‌ها می‌توانند آهن‌رباهای دائمی باشند یا موقت)

اخیراً تمایل نشان داده شده است که از آهن‌رباهای دائم به جای الکترومغناطیس‌ها استفاده شود. این آهن‌رباهای دائم از آلیاژهای نیکل، آلومینیم، کبالت، مس و آهن به نام‌های آلنیکو، آلکوماکس ساخته شده‌اند که می‌توانند مغناطیس‌های مطمئن و قوی ایجاد کنند. آب و هوا بر روی سولفیدهای آهن اثر می‌کنند و سولفات‌های محلول تشکیل می‌دهند. هوازدگی یا اثر آب داغ باعث این امر می‌شوند، اما باید این عمل برای مدت زمان کافی ادامه یابد تا سولفات‌های آهن به صورت نمک‌های محلول به دست آید. سولفات‌های آهن به عنوان فلوکوله‌کننده عمل می‌کنند که بسیار مضرتر از سولفیدهای آهن اولیه که در ابتدا بوده است، تأثیر می‌کنند. تمام ناخالصی‌های آهن نمی‌توانند با روش‌های گفته شده حذف شوند. بنابراین، تعدادی از روش‌های شیمیایی برای حذف آهن پیشنهاد شده است، اما اقتصادی بودن آن‌ها برای کاربردهای صنعتی اثبات نشده است.

۱-۹-۳- معایب شستشوی کاتولین به روش تر :

- طولانی بودن مسیر کانال‌های ته‌نشین سازی

- نیاز به فضای زیاد

- زمان طولانی برای ته‌نشین سازی

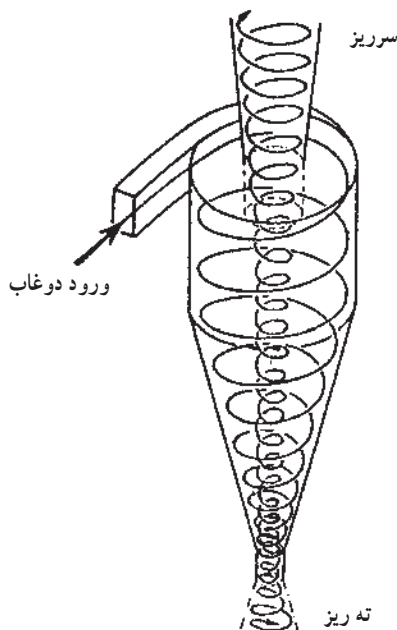
- نیروی کار زیاد (بالا بودن هزینه‌ی کارگری)

- هدر رفتن مقدار قابل توجهی کاتولین

### ۱۰-۳- جداسازی با هیدروسیکلون

اساس جداسازی ناخالصی‌ها از کاتولین، ته‌نشین شدن ذرات دانه درشت از دوغاب است. در صورتی که سرعت بیشتری برای جداسازی مدنظر باشد و یا ذرات ریز دانه‌تری (با اندازه‌ی ۱۵۰ میکرون) جداسازی شود، می‌توان با کمک نیروی گریز از مرکز در دستگاه‌های هیدروسیکلون به این هدف رسید.

دستگاه هیدروسیکلون از یک سانتریفوژ لوله‌ای و یک بدنه‌ی استوانه‌ای تشکیل شده است، به نحوی که سوسپانسیون کاتولین در داخل آن به حالت چرخشی درمی‌آید. حرکت چرخشی کاتولین به وسیله‌ی تغذیه و ورود زاویه‌دار سوسپانسیون کاتولین که تحت فشار است، به‌وجود می‌آید (شکل ۳-۵).



شکل ۳-۵- یک نمونه هیدروسیکلون

مواد درشت‌تر به خاطر وجود نیروی گریز از مرکز به طرف دیواره‌ی هیدروسیکلون حرکت کرده و از آن‌جا به طرف پایین دستگاه هدایت شده و سپس ته‌ریز و از دستگاه خارج می‌شود. مواد دانه‌ریزتر در مرکز سوسپانسیون در حال چرخش قرار می‌گیرد و از طریق مرکز دستگاه به طرف بالا آمده، سرریز شده و به صورت مواد رسی با خلوص بالا از هیدروسیکلون خارج می‌شود.

برای مصارف سرامیکی و برای رسیدن به اندازه‌ی ذرات حدود ۳۰ میکرون عملیات هیدروسیکلون ادامه یافته به طوری که محصول این مرحله از عملیات (عملیات خالص تر کردن)، کائولینی با حدود ۹۵٪ مواد رسی یا بیشتر خواهد بود.

برای مصارف کاغذسازی، عملیات هیدروسیکلونی دیگری برای اندازه‌ی ذرات حدود ۱۵ میکرونی انجام می‌شود. کوچک‌ترین اندازه جداسازی در هیدروسیکلون در حدود ۵ میکرون است. به طوری که محصول تولیدی در این مرحله ریزتر و رنگ سفید و خلوص بیشتری دارد. در ادامه‌ی فرایند شستشو، کاهش آب توسط ته‌نشینی یا فیلتر پرس کردن، و سپس اکستروژن (رشته رشته کردن کائولین) و در نهایت کاهش رطوبت صورت می‌پذیرد. محصول تولیدی، با خلوص مناسب دارای خواص موردنظر، همچون سفید پخت بودن، پلاستیسیته‌ی بالا، دیرگدازی و ... است.

### ۱۱-۳- فرآوری کائولین به روش خشک

پس از حفر معدن، قطعات ابتدا سنگ شکنی می‌شوند، زیرا کائولینی که بسیار دانه‌ریز بوده و دارای بافت متراکم است و تنها در تماس با آب باز نمی‌شود به فرایند سنگ‌شکنی و آسیا کردن بیشتری نیاز دارد.

آسیا کردن ماده‌ی معدنی از یک طرف هزینه‌ی عملیات فرآوری را افزایش داده و از طرف دیگر باعث خرد شدن بخشی از ناخالصی‌ها می‌شود. در نتیجه این قبیل ناخالصی‌ها نیز همراه محصول آرایش یافته‌ی کائولین باقی مانده و کیفیت آن را کاهش می‌دهند.

#### مراحل مختلف فرآوری کائولین به روش خشک :

— سنگ جوری : در گذشته روش سنگ جوری دستی که شامل انتخاب و جدا کردن قطعات نسبتاً دانه درشت ناخالصی‌های کائولین (در حد بزرگتر از چند سانتی‌متر) روی نوار نقاله است توسط تعدادی کارگر انجام می‌گرفت. ولی به علت هزینه زیاد و سرعت پایین سنگ‌جوری، امروزه در بسیاری از نقاط منسوخ شده و جای خود را به روش‌های پیشرفته‌تر داده است.

— سرند کردن : با توجه به قابلیت خرد شدن بیشتر کائولین نسبت به اکثر ناخالصی‌های همراه آن، در صورتی که ابعاد ناخالصی‌ها پس از جداسازی کائولین، بزرگ‌تر از چند میلی‌متر باشد، می‌توان آن‌ها را به کمک سرند از کائولین جدا کرد. در نتیجه‌ی سرند کردن ناخالصی‌هایی از قبیل قطعات فلزی و چوب، قطعات دستگاه خردکننده‌ی شکسته شده در داخل آسیا و غیره از کائولین جدا می‌شوند.

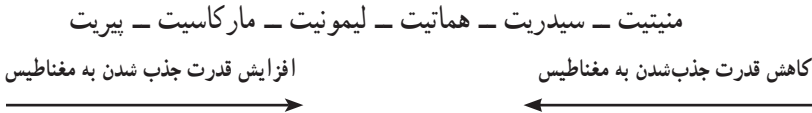
— پودر کردن : با توجه به وجود رطوبت نسبی (کمتر از ۱۰ درصد) به جهت جلوگیری از چسبیدن کلوخه‌های فرآوری شده به فک‌های سنگ شکن و یا جداره‌ی بال میل، معمولاً رطوبت

خاک را ابتدا کاهش داده و سپس فرآیند پودر کردن انجام می‌گیرد. پس از فرآیند پودر کردن با کمک جداکننده‌های هوایی<sup>۱</sup>، پودر دانه‌بندی شده جمع‌آوری و بسته‌بندی می‌شود.

## ۱۲-۳- کاهش آهن و ترکیبات آن در کائولین

همان‌گونه که در فصل دوم اشاره شد، وجود Fe و ترکیبات آن، مشکلات و آثار سوئی در بدنه‌های سرامیکی ایجاد می‌کند. و نیز اشاره شد که Fe و ترکیبات آن به چه شکل و صورت‌هایی ممکن است در بدنه سرامیکی وجود داشته باشد. در این قسمت روش‌های مختلف حذف آهن و ترکیبات آن را که به اشکال گوناگون وجود دارد، یادآور می‌شویم:

آهن آزاد و بعضی از مینرال‌های آهن می‌تواند جذب آهنربا شده و حذف شود. به طور مثال تعدادی از مینرال‌های آهن را برحسب قدرت جذب شدن به مغناطیس، به ترتیب زیر چنین مرتب کرده است:



لذا مینرال‌های همانند پیریت و مارکاسیت به آسانی به وسیله‌ی متدهای مغناطیسی جدا نمی‌شوند.

در صورتی که مواد رسی از محل استخراج به وسیله‌ی نوار نقاله تا محل کارخانه منتقل شود، جداکننده‌ی مغناطیسی به شکل صفحه‌ی مدور<sup>۲</sup>، یا نوار نقاله‌ی مغناطیس شده (که مغناطیس در بالای نوار قرار دارد<sup>۳</sup>) می‌تواند در سیستم نصب شود.

یک بولی مغناطیس شده با مشخصات زیر: قطر ۶۱cm، طول رویه ۹۹cm، قابلیت جدا کردن  $198 \text{ m}^3/\text{h}$  و مصرف انرژی ۲/۱kW.

در صورتی که ماده‌ی رسی دارای دانه‌های بزرگتر و سخت‌تری از ترکیبات غیرمغناطیسی آهن باشد با کمک سنگ‌جوری محصولات معدن‌کاری شده قادر خواهیم بود مقدار ناخالصی آهن را کاهش دهیم.

۱- Air Classifiers: اصول کار جداکننده‌های هوایی به قرار زیر است: عمل جداسازی ذرات مختلف به وسیله‌ی رسوب‌دادن

مواد توسط هوا به جای آب صورت می‌پذیرد.

۲- Terminal Pulley

۳- Overhead Magnetics

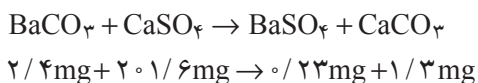


### ۱۳-۳- کاهش نمک‌های محلول

آن دسته از مواد اولیه‌ای که به روش تر و با هم‌زدن، مخلوط کردن و سپس فیلتر پرس کردن آماده‌سازی می‌شوند، مقدار زیادی از نمک‌های محلول نامطلوب و ناخواسته را از دست می‌دهند. اما اگر مواد اولیه یا حتی بدنه‌های مورد نظر آماده‌سازی نشوند، یکی از کارهای ممکن، رسوب بعضی از نمک‌های محلول با کمک کربنات باریم در دوغاب در حال آماده‌سازی می‌باشد. خوشبختانه کربنات باریم هم ارزان قیمت بوده و هم به فراوانی در دسترس می‌باشد.

کربنات باریم ( $\text{BaCO}_3$ ) با سولفات‌های محلول ( $\text{CaSO}_4$ ) واکنش کرده و سولفات باریم ( $\text{BaSO}_4$ ) بسیار نامحلول و مقدار کمی کربنات‌های محلول ( $\text{CaCO}_3$ ) تشکیل می‌دهد. با توجه به این که کربنات باریم در دوغاب‌های سرمایی تقریباً نامحلول است، لذا استفاده‌ی بیش از حد آن مشکلی را ایجاد نخواهد کرد. (درصد مجاز مصرف ۰/۵٪ تا ۱٪ می‌باشد).

واکنش سولفات کلسیم و نمک‌های محلول در  $100\text{ ml}$  آب در دمای  $18^\circ\text{C}$  به شرح زیر است:



واکنش فوق به علت انحلال کم کربنات باریم، نسبتاً آهسته است. بنابراین معمولاً زمان‌های طولانی، به مدت چند روز، نیاز است تا فرآیند نسبی واکنش تکمیل شود. واکنش فوق با پودرهایی که با روش‌های شیمیایی فرآوری شده و دارای ذرات میکرونی زیادی می‌باشند، سریعتر از وقتی است که کانی فقط آسیا شده باشد.

کربنات باریم با دانه‌بندی ریزتر، سرعت انجام واکنش را افزایش داده و در عین حال مقدار کمی از آن اثر گذارتر از مقدار برابر با دانه بندی درشت‌تر کربنات باریم است. حلالیت آن می‌تواند بعداً با افزودن اسید کربنیک اضافه شود، به ویژه اگر حلالیت اسید کربنیک در حضور اسید هیومیک بیشتر شده باشد. این امولسیون با شدت واکنش‌کنندگی بالا می‌تواند با اختلاط آب در مخازن و همزن‌های مناسب افزوده شود.

### ۱۴-۳- معدن کاری بال کلی‌ها

با توجه به اینکه نحوه‌ی تشکیل و منشأ رسی‌های ثانویه نظیر بال کلی‌ها در مقایسه با کائولین‌های اولیه بسیار متفاوت است، انتظار می‌رود استخراج و نحوه‌ی معدن کاری آن‌ها نیز متفاوت باشد. در دوران مختلف زمین‌شناسی، بعضی از کائولین‌ها به وسیله‌ی باران‌های سیل‌آسا شسته شده و به مکان‌های دیگر منتقل شده‌اند. در این صورت، لایه نازکی از مواد رسی که به بال کلی موسوم است، تشکیل شده است و علت نام‌گذاری این ماده به این نام، معدن کاری این ماده به شکل

بُرش آن‌ها به مکعب‌های رُسی بزرگ است.

ارزیابی معادن بال‌کلی و کاتولین‌های ثانویه، شبیه کاتولین‌های اولیه است. به عبارت دیگر با حفر مغزه‌ها (گمانه‌زنی) و آزمون محتویات آن‌ها معادن بال‌کلی و کاتولین‌های ثانویه ارزیابی می‌شود. برای صرفه‌جویی اقتصادی، ممکن است به جای گمانه‌زنی، سوراخ‌ها و گودال‌هایی در باطله‌ی معدن و بر روی رگه‌های رسی زده شود.

در ارزیابی معادن بال‌کلی و کاتولین‌های ثانویه، به علت نحوه‌ی تشکیل آن‌ها، و در دسترس بودن ماده‌ی معدنی در لایه‌های سطحی، روش‌های ژئوفیزیکی و فتوگرافی که درباره‌ی کاتولین‌های اولیه اعمال می‌شود، کمتر مورد استفاده واقع می‌شود. به طوری که بال‌کلی‌ها عمدتاً به روش معدن‌کاری روباز و یا روش تونلی استخراج می‌شوند.

در معدن‌کاری بال‌کلی‌ها، ابتدا باطله‌ی روی معدن به وسیله‌ی بولدوزر و انواع لودرها کنار زده می‌شود. حفّاری روباز بال‌کلی‌ها با روشی شبیه شخم‌زدن زمین‌های کشاورزی انجام می‌شود. پس از آنکه بال‌کلی‌ها حفّاری شدند، توسط کامیون یا نوار نقاله برای عملیات بعدی به محل کارخانه منتقل می‌شوند.

حفّاری به روش تونلی یا زیرزمینی معمولاً به وسیله‌ی چکش‌های بادی (ابزارهای پنوماتیکی) صورت می‌گیرد.

## ۱۵-۳- کانه‌آرایی بال‌کلی‌ها

در فصل دوم درباره‌ی ناخالصی‌های بال‌کلی‌ها بحث به میان آمد. جداسازی و بهبود کیفیت بال‌کلی‌ها با کمک سنگ جوری دستی انجام شده، در ضمن هوازدگی عملیاتی است که بر روی اغلب بال‌کلی‌ها پس از استخراج از معدن انجام می‌پذیرد. این عملیات به ویژه برای مواد رسی بسیار سخت که شکستن آن‌ها مشکل است، صورت می‌پذیرد. به طوری که یک ماده‌ی رسی به منظور هوازدگی، برای مدت چند ماه، در معرض هوا قرار می‌گیرد<sup>۱</sup>.

هوازدگی باعث بهبود خاصیت کارپذیری، پلاستی‌سیته و حتی رنگ پس از پخت می‌شود. تأثیر هوازدگی بر روی رسی‌ها همانند تأثیر هوا بر روی خاک باغ یا باغچه است. به گونه‌ای که خاک باغ یا باغچه پس از شخم‌زدن در پاییز در معرض یخ‌زدن زمستانی قرار گرفته و در بهار به راحتی می‌شکنند.

هر نوع عملیات شیمیایی بر روی بال‌کلی‌ها، هزینه‌ی بسیار زیادی را دربر دارد. مثلاً جهت کاهش آهن موجود در خاک بال‌کلی از اسید ضعیف و رقیق شده استفاده می‌گردد که هزینه‌ی

۱- بعضی از مواد رسی اسکاتلندی به مدت سه سال در معرض هوا قرار می‌گیرند.

اقتصادی آن بسیار بالا می‌باشد. بسیاری از ناخالصی‌های آهن موجود در بال کلی‌ها، غیر مغناطیسی هستند، بنابراین با آهن‌ربا جذب نمی‌شوند.

۱-۱۵-۳- هوازگی<sup>۱</sup>: هوازگی شامل انبار کردن (انباشت) برخی از مواد رسی خام (فرآوری نشده) در محیط‌های روباز و در معرض باران، یخ‌زدن، هوا و آفتاب قرار گرفتن است. معمولاً این عمل برای چند هفته یا چند ماه انجام می‌پذیرد. هوازگی هم در تابستان می‌تواند انجام شود (هوازگی تابستانی) و هم در فصل زمستان (هوازگی زمستانی) می‌تواند صورت گیرد. اما به هر حال هوازگی برای چندین سال نیز می‌تواند صورت پذیرد.

کارکردن با بعضی از مواد رسی تازه استخراج شده از معدن که معمولاً به صورت کلوخه‌های سفت هستند، بسیار مشکل است. پدیده‌ی هوازگی در کارپذیری بهبودهایی ایجاد می‌کند که به وسیله‌ی روش‌ها و عوامل مکانیکی نمی‌توان به سرعت به آن دست یافت.

کلوخه‌های استخراج شده با ابعاد متوسط به ارتفاع حدودی ۴۵ تا ۷۵ سانتی‌متر کپه می‌شوند و اگر لازم باشد، بر روی آن‌ها آب ریخته می‌شود، ولی نباید آن قدر آب ریخته شود که باعث تراکم کپه (عدم نفوذ آب) شود (به اصطلاح کپه آب گرفته شود<sup>۲</sup>). فصل زمستان، آبی که در خلل و فرج مواد رسی نفوذ کرده، پس از یخ‌زدن منبسط می‌شود (انبساط غیر عادی آب)، و این انبساط باعث شکستن کلوخه‌ها می‌شود.

هوازگی زمستانی به ویژه برای رسی نسوز سخت (فایرکلی) و مواد رسی با پلاستیسیته‌ی بالا، مفید است.

هوازگی تابستانی برای مواد رسی با پلاستیسیته‌ی کم مفید است. در هوازگی تابستانی، ماده‌ی رسی خشک می‌شود. در نتیجه انقباض یافته و ترک برمی‌دارد و شکست تدریجی در آن اتفاق می‌افتد.

هوازگی با شکستن و تبدیل مواد رسی به ذرات کوچک‌تر باعث تقویت و بهبود پلاستیسیته‌ی آن‌ها می‌شود.

زیرا پلاستیسیته ارتباط مستقیم با ریزدانه بودن دارد. لازم به توضیح است خواص دیگری از مواد رسی نیز تحت تأثیر هوازگی قرار می‌گیرد.

این پدیده‌ها (به خصوص پدیده‌ی هوازگی تابستانی) آهسته اتفاق می‌افتد و توسط هیچ روش خردایش مکانیکی شبیه‌سازی نمی‌شود.

---

۱- Weathering (هوازگی): از درس مواد اولیه به یاد دارید که در طی میلیون‌ها سال تأثیر آب و هوا و عوامل جوی،

کانی‌های فلس‌سپاردار به کانی‌های کاتولین تبدیل شده‌اند، که این پدیده را نیز هوازگی گویند. در این درس به مفهوم دیگری از «هوازگی» می‌پردازیم.

مواد آلی به کمک باکتری‌ها پوسیده شده و در اثر این فرایند پلاستی سینه‌ی خاک افزایش می‌یابد. هم‌چنین زدودن و خارج ساختن کربنات‌های آهن و کلسیم با باران‌های اسیدی ( $H_2O + CO_2$ ) و اسیدهیومیک و نیز انحلال سولفات‌ها که ناشی از اکسیداسیون سولفیدها هستند، رخ می‌دهد. به علت این که سولفات‌ها به صورت واسطه تشکیل می‌شوند، هوازنگی مواد رسی باید در مدت زمان طولانی صورت پذیرد زیرا وجود آن‌ها باعث شوره‌زنی، بی‌رنگ کردن و جلوگیری از ایجاد پدیده‌ی دفلوکولاسیون در دوغاب است. در صورتی که ماده‌ی رسی به خوبی هوازده شود، رنگ پس از پخت آن بهبود نسبی می‌یابد.

هوازنگی با افزایش دمای محیط بهبود می‌یابد. زیرا افزایش دما سرعت واکنش شیمیایی را زیاد می‌کند. به طوری که این اثر در مناطق آب و هوایی گرم، کاملاً مشهود است.

### ۱۶-۳- معدن کاری و کانه‌آرایی فلدسپارها

فلدسپارها نیز همچون سیلیس با روش معدن کاری روباز استخراج می‌شوند. فلدسپارهای مورد مصرف در صنعت سرامیک اغلب به صورت کلوخه<sup>۱</sup> تهیه می‌شوند. در ضمن برای دست‌یابی به فلدسپارهایی با کیفیت بالاتر معمولاً سنگ جوری لازم می‌باشد. ذخایر وسیع پگماتیت<sup>۲</sup> در جهان<sup>۳</sup> برای تهیه انواع فلدسپارها مورد استفاده قرار می‌گیرند و به وسیله‌ی روش فلوتاسیون کانه‌آرایی و تولید می‌شوند.

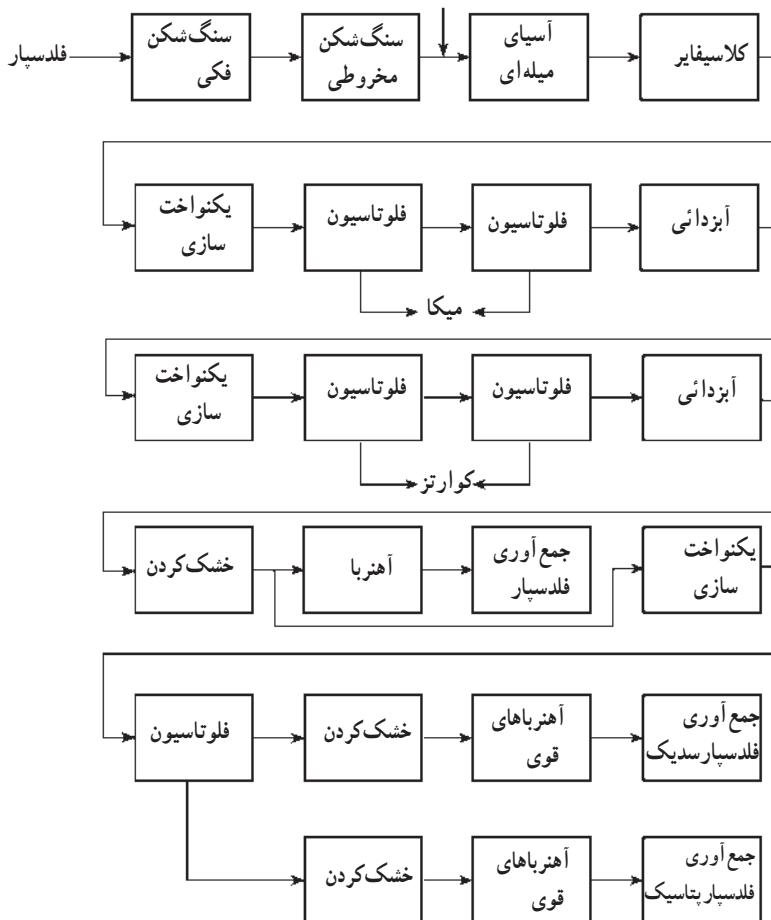
اولین مرحله در کانه‌آرایی فلدسپارها، خرد کردن و سپس سنگ جوری آن‌ها می‌باشد. سپس با کمک آسیا کردن، دانه‌بندی فلدسپار به اندازه‌ی مورد نظر رسیده و کانه‌آرایی با فلوتاسیون پی‌گیری می‌شود. اولین مرحله‌ی فلوتاسیون، شناورسازی میکا است، به نحوی که بخشی از ناخالصی‌های آهن‌دار همراه میکا به روی سطح آمده، در حالی که فلدسپار و سیلیس به طرف پایین حرکت می‌کند. این مواد (فلدسپار و سیلیس) به مجموعه‌ای از مخازن آماده‌سازی<sup>۴</sup> هدایت می‌شوند. در این مخازن، افزودنی‌هایی که برای جداسازی آن‌ها لازم است، افزوده می‌شود. پس از اضافه کردن افزودنی‌ها، سیلیس به طرف پایین مخازن حرکت کرده در حالی که فلدسپار شناور می‌شود. در بعضی از کارخانه‌ها، مجدداً فلدسپارهای پتاسیک و سدیک به وسیله‌ی فلوتاسیون از هم جدا می‌شوند. لازم به یادآوری است که با روش فلوتاسیون محصولی با کیفیت بالاتر نسبت به کلوخه‌های به دست آمده از معدن حاصل می‌شود (شکل ۶-۳).

۱- Lump

۲- ترکیب‌های فلدسپار و کوارتز که معمولاً با ناخالصی میکا همراه است به پگماتیت Pegmatite معروف است.

۳- ذخایر وسیع پگماتیت علی‌الخصوص در اسکاندیناوی وجود دارد.

۴- Conditioning Tanks



شکل ۶-۳- کانه‌آرایی و تستشوی فلدسپارها از طریق فلوتاسیون

## ۱۷-۳- معدن‌کاری و کانه‌آرایی سیلیس

کریستال‌های سیلیس<sup>۱</sup> به صورت رگه‌های مجزا در سنگ‌های اولیه<sup>۲</sup> یا به صورت دانه‌های مجتمع در بین دیگر مینرال‌ها پیدا می‌شوند. سیلیس همچنین به صورت رسوبی به شکل ماسه یا سنگ ماسه<sup>۳</sup> و یا کوارتیت<sup>۴</sup> وجود دارد.

۱- Rock Quartz

۲- Primary Rocks

۳- Sandstone (سنگ ماسه) وقتی که دانه‌های ماسه به وسیله سیلیکای ریز دانه یا دیگر مواد به یکدیگر چسبیده (سمنت) شده باشد.

۴- Quartzite (کوارتیت): از ماسه سنگ به وسیله عملیات متامورفیس تشکیل شده است. (متامورفیس: اثر توأم گرما

معدن کاری انواع کوارتزیت، به وسیله‌ی روش‌های معمول و متداول استخراج، اعمال می‌شود. روش معدن کاری روباز برای کوارتزهای صخره‌ای به کار می‌رود. معمولاً به‌طور مقدماتی، معدن تحت عملیات آتشفشاری قرار می‌گیرد.

فلینت<sup>۱</sup> معمولاً به شکل قلوه سنگ در کنار دریا و رودخانه پیدا می‌شود و به وسیله‌ی دست سنگ‌جواری شده و طبقه‌بندی می‌شوند.

ماسه‌های کوارتزی در معرض عملیات خردایش و سایش برای حذف آلودگی‌ها و مواد زائد قرار می‌گیرند. کانه‌آرایی به روش فلوتاسیون برای دستیابی به سیلیس با خلوص بالا برای محصولات سفید پخت لازم و ضروری است.

در روش فلوتاسیون یک نوع کانی با یک عامل آب‌گریز (هیدروفوبیک)<sup>۲</sup> پوشش داده می‌شود. سپس مینرال به‌طور انتخابی به حباب‌های هوا چسبیده و همراه آن به طرف سطح بالا حمل و رانده می‌شود. کانی‌ها با عوامل کف‌ساز تماس پیدا کرده از ته محفظه‌ی فلوتاسیون به طرف بالا حرکت می‌کند، ذرات کانی آب‌گریز در داخل کفی که از حباب‌ها به دست می‌آید، جمع می‌شوند. این کف‌ها به‌طور مداوم به وسیله‌ی پاروهای کف‌گیری می‌شوند.

انواع سیلیس مورد استفاده در صنعت سرامیک تقریباً ۱۰۰٪ سیلیکا هستند. ناخالصی‌هایی همچون اکسید فزیک (اکسید آهن III) و اکسید آلومینیم معمولاً تا حدود ۱٪ وجود دارند.

---

۱- Flint (فلینت): از کریستال‌های بی‌نهایت کوچک کوارتز که به وسیله‌ی مولکول‌های آب به یکدیگر پیوند داده شده‌اند،

تشکیل شده است.

## سوالات

- ۱- خطرات زیست محیطی واحدهای صنعتی سرامیک کدام هستند؟
- ۲- چه عواملی بر ارزیابی معادن کائولین مؤثر هستند؟
- ۳- انواع معادن کائولین کدام هستند؟
- ۴- معادن کائولین بیشتر با آب معدن کاری می‌شوند یا به صورت خشک؟ چرا؟
- ۵- مفهوم کانه‌آرایی کائولین چیست؟
- ۶- مزایای کانه‌آرایی کائولین به روش تر نسبت به روش خشک چیست؟
- ۷- چه مینرال‌هایی توسط هیدروسیکلون از کائولین جداسازی می‌شوند؟
- ۸- چه شکل‌هایی از آهن می‌توانند توسط آهنربا از مواد اولیه سرامیکی جدا شوند؟
- ۹- انواع روش‌های مختلف استفاده شده در جداکننده‌های مغناطیسی را نام ببرید.
- ۱۰- بال‌کلی‌ها به روش خشک معدن کاری می‌شوند یا تر؟ چرا؟
- ۱۱- چه نوع عملیاتی برای کانه‌آرایی بال‌کلی‌ها به کار می‌رود؟
- ۱۲- هوازدگی چیست و اثرات آن بر کیفیت رسی‌ها را توضیح دهید.