# فصل سوم

## کانه‌آرایی مواد اولیه سرامیکی

**هدف‌های رفتاری** : از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :
۱ــ اهمیت حفظ محیط زیست را توضیح دهد.
۲ــ روش‌های بهره‌برداری صحیح از معادن را بیان کند.
۳ــ دلیل شستشوی کائولین را توضیح دهد.
۴ــ مراحل مختلف شستشوی کائولین به روش تر را توضیح دهد.
۵ــ معایب شستشوی کائولین به روش تر را بیان کند.
۶ــ اصول کلی روش جداسازی با هیدروسیکلون را توضیح دهد.
۷ــ نحوه‌ی حذف کربنات کلسیم و نمک‌های محلول را توضیح دهد.
۸ــ معدن‌کاری و کانه‌آرایی فلدسپارها را توضیح دهد.
۹ــ معدن‌کاری و کانه‌آرایی 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 جدّی از آن حفاظت کرد؟

پس از آنکه جوامع بشری از لحاظ صنعتی به سرعت رُشد کردند، انسان در پی کسب آرامش و رفاهِ بیشتر در امر زندگیِ خود با معضلات غیرقابل پیش‌بینی مواجه شده است.

معضل آلودگی محیط زیست به علّت تخلیه پس‌آب‌ها، فاضلاب و دود حاصل از احتراقِ سوخت‌های صنعتی در آتمسفر زمین و ... باعث خطرات جدّی در ادامه‌ی حیات بر روی زمین شده است. یکی از این خطرات، سوراخ‌شدن و گسیختگی لایه‌ی محافظ اُزون در آتمسفر زمین است که مدّت زمانی است فکر دانشمندان را به خود مشغول کرده و هر از چند مدّتی اخباری از آن در رسانه‌های گروهی به اطّلاع همگان می‌رسد.

صنایع مختلف می‌توانند اثرات متفاوتی بر محیط زیست داشته باشند.

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

در صورتی که احداث هر واحد صنعتی در هر نقطه از جهان معادل از بین رفتن و آلوده‌شدن محیط زیست آن محل شود، به دلیل گسترش واحدهای صنعتی، خطر انهدام محیط زیست بیش از پیش خود را می‌نمایاند. 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 احداثِ آن واحد، مدّ 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 مقرّرات خاصّی را در نظر گرفته‌اند. به عبارت دیگر به هنگام تأسیس و بهره‌برداری از یک واحد صنعتی باید مسائل زیست محیطی به گونه‌ای مدّ نظر قرار گیرد که آلودگی ایجاد شده توسّط این واحد، بیش از حدّ 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

## ۱ــ۳ــ آلوده‌کنندگی صنایع سرامیک

عوامل آلوده‌کننده در صنایع سرامیک عبارتند از:

**مواد اوّلیه**: تعدادی از مواد اوّلیه‌ی مورد مصرف وجود دارند که می‌توانند برای کارگران و کسانی که با آن‌ها سروکار دارند، مضّر باشند. سیلیس یکی از مواد اوّلیه مهمّ است که می‌تواند به سلامت کارگران آسیب برساند.

**محصولات تولیدی**: محصولات تولیدی در صنعت سرامیک نیز محیط زیست را آلوده می‌کنند. (به علّت 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 سُربی)، برای

سلامتی مصرف کنندگانِ آن‌ها مضّر است. استانداردهای موجود، استفاده از چنین ظروفی را برای غذاخوردن 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 خطرآفرین باشد. به عنوان مثال : بر اثر معدن‌کاری روباز این مواد اوّلیه، 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.

## ۲ــ۳ــ ارزیابی معادن کائولین

کائولین یک مادّه‌ی 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 برآن می‌دارد که از معدن موردنظر ارزیابی دقیقی در موارد مختلف داشته باشد.

ارزیابی هر معدن از نقطه نظرهای زیر اهمیت دارد :

ــ **میزان ذخیره‌ی معدن** : مقدار مادّه‌ی 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 حدّی 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.

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

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

ــ **عمق ذخیره معدن و نحوه‌ی معدن‌کاری** : با توجه به عمق ذخیره‌ی یک مادّه‌ی معدنی، نحوه‌ی معدن کاری معیّن و مشخص می‌شود. نحوه‌ی معدن کاری یک معدن با هزینه‌های معدن‌کاری

نسبت مستقیم دارد. پس از آنکه نوع معدن‌کاری مشخص شد، ماشین‌آلات مورد نیاز استخراج نیز تعیین می‌شود.

ــ **ارزش تجاری و کاربردی مادّه معدنی** : برای اینکه یک ذخیره‌ی معدنی قابلیت استخراج داشته باشد، باید ماده‌ی معدنی استخراج شده از آن، ارزش تجاری و کاربردی موردنظر را دارا باشد.

ــ **تعیین موارد مصرف مادّه‌ی معدنی** : ممکن است یک مادّه‌ی معدنی بیش از یک مورد مصرف داشته باشد. در این صورت تعیین موارد کاربرد آن مادّه معدنی بسیار مهّم بوده، به نحوی که تعیین این موارد یکی از پارامترهای اساسی در ارزش و قیمت آن مادّه معدنی است.

## ۳ــ۳ــ مراحل ارزیابی معادن کائولین

ــ **تخمین ذخیره‌ی معدن**[۱] : قبل از اینکه به ارزیابی دقیق معدن پرداخته شود و هزینه زیادی پرداخت گردد، لازم است که تخمین اوّلیه‌ای زده شود تا اطمینان ابتدایی از اقتصادی بودن استخراجِ معدن حاصل شود. برای این منظور گمانه‌زنی صورت می‌گیرد.

ــ **گمانه‌زنی**[۲] : استخراج مغزه‌هایی[۳] به منظور ارزیابی کیفت ماده‌ی معدنی و عمق ذخیره معدن را گمانه‌زنی گویند.

پس از آنکه گمانه‌زده شد، بدون آن‌که مادّه‌ی معدنی استخراج شده به هم خورده و مخلوط شود به ترتیبِ استخراجِ آن‌ها در جعبه‌های خاصّی قرار گرفته و چیده می‌شوند، به‌طوری که مادّه‌ی معدنی به دست آمده از این گمانه، نماینده و نشانگرِ ذخیره‌ی محدوده‌ی گمانه است.

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

در گمانه‌زنی، فاصله‌ی گمانه‌ها از اهمیت خاصّی برخوردار است، معمولاً این فاصله در مراحل اوّلیه 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 حفّارهای حلزونی است. این وسیله به دلیل اینکه از به هم خوردن و مخلوط شدن طبقات مختلف کائولین حفر

---

۱ــ Mine Prospecting ۲ــ Core Drilling ۳ــ Cores

شده جلوگیری می‌کند، از امتیاز خاصّی برخوردار است.

پس از آنکه گمانه‌های مناسب زده شد، صورت وضعیت مغزه‌ها موسوم به جدول‌بندی معدن[1] 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 ــ نمونه‌گیری و تعیین صورت وضعیت مغزه‌ها**: عملیات گمانه‌زنی، به تهیّه نمونه‌های مغزه‌ای بدون اینکه متفرّق شده و به هم بخورند، کمک می‌کند. به نحوی که یک تصویر دقیق از نتایج زمین‌شناسی می‌تواند به دست آید. صورت وضعیّت مغزه مستلزم ثبت تغییرات زمین‌شناسی درباره‌ی موارد زیر است:

مغزه‌ها براساس رنگ و بافت[2] به تعدادی از رگه‌ها یا واحدها تقسیم می‌شوند. هر رگه یا واحد سپس به نمونه‌های دیگری برای آزمایش‌کردن و آنالیز تقسیم می‌شود.

**ب ــ تست‌کردن و تعیین انواع مواد رسی و رسم مقاطع مختلف**: در تکمیل کار آزمایش، هر رگه یا واحد کائولین براساس ویژگی‌های متداول و رایج به انواع مواد رسیِ مختلف تقسیم می‌شود.

در نهایت، اطّلاعات به دست‌آمده از تهیّه نمونه‌ها، برنامه‌ی استخراج و معدن‌کاری تهیه می‌شود، که برای تعیین برنامه‌ی تولید کائولین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## ۴ــ۳ــ انواع معادن کائولین

لازم است قبل از استخراجِ معدن، نوع آن معدن براساسِ اعمال روش‌های معدن‌کاری مشخص و معین شود. انواع معادن کائولین عبارتند از:

الف: معدنی که تعدادی از مواد معدنی مختلف در بستر باریکی بر روی هم قرار گرفته‌اند. استخراج این نوع معادن، به روش کنده‌کاری با دست و به وسیله‌ی بیل‌های مکانیکی یا پنوماتیکی[3] انجام پذیرفته، سپس قطعات مواد به دست آمده از لایه‌های مختلف دسته‌بندی[4] می‌شوند.

ب: معدنی که سطح مواد رُسیِ اکتشاف شده در آن یکنواخت است به وسیله‌ی ماشین حفّار گودبرداری[5] همراه با ماشین‌آلات حفّاری (چون دراگ لاین[6]، شاول[7]، اسکیمر[8] و ...) و تجهیزات انتقال مواد معدنی همچون نوار نقّاله و ... استخراج معدن صورت می‌پذیرد.

---

۱ــ Mine Charting
۲ــ Texture
۳ــ Pneumatic Spades
۴ــ Sort
۵ــ Excavator
۶ــ Dragline
۷ــ Shovel
۸ــ Skimmer

## ۵ــ۳ــ عوامل مؤثر بر روش‌های معدن‌کاری کائولین

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

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

**ب ــ 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 صورتی‌که 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[1] مواد اولیه در معدن نیز توجه شود.

## ۶ــ۳ــ معدن‌کاری کائولین با عمق کم

اکثر معادن کائولین دارای عمق کم هستند. (مواد معدنی به حدّ کافی به سطح رویی معدن نزدیک هستند.) استخراج کائولین از این معادن، با روش معدن‌کاری روباز[2] انجام می‌گیرد، (همانند روش معدن‌کاری در استخراج گچ و آهک.)

این نوع معادن که فقط چند متر عمق دارند، می‌توانند توسّط روش‌های زیر معدن‌کاری شوند :

**الف ــ معدن‌کاری خشک**[3] : در این روش معدن‌کاری که به صورت مکانیکی انجام می‌شود، ابتدا توسّط حفّارهای مکانیکی مواد باطله‌ی روی معدن برداشته و جدا می‌شود. سپس توسّط دستورالعملی که برای استخراجِ معدن از طرف کارشناسان ارائه می‌شود، عمل حفّاری و برداشت مواد معدنی آغاز می‌شود. در بهره‌برداری از یک معدن، توجّه به این نکته ضروری است که یک استخراج درست و با اصول صحیحِ معدن‌کاری نه تنها عمر مفید یک معدن را افزایش می‌دهد، بلکه از تخریبِ 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 بهره جست، زیرا که معادن ثروتِ ملّی یک کشور محسوب شده و باید برای نسل‌های آینده

---

۱ــ Regularity ۲ــ Open - cast Mining

۳ــ به عنوان مثال معدن کائولین زنوز در اطراف شهر مرند در استان آذربایجان شرقی توسّط معدن‌کاری خشک، استخراج و بهره‌برداری می‌شود.

نیز به ارث برسند.

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

**ب ــ معدن‌کاری با فشار آب**[1] : در این روش آب با قدرت بسیار زیاد[2] مستقیماً به دیواره‌ی معدن پاشیده می‌شود، (شکل ۱ــ۳) مخلوطی از آب و مواد معدنی به صورت سیلاب به طرف مخازن و حوضچه‌هایی که برای این منظور تعبیه شده است، روان می‌شود (شکل۲ــ۳). 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 ۱ــ۳ــ یک جت آب برای استخراج کائولین

## ۷ــ۳ــ معدن‌کاری کائولین با عمق زیاد

در بعضی از معادنِ کائولین[3]، که عمق زیادی دارند، برای استخراج کائولین گودال‌هایی حفر می‌کنند.

از هر گودال کانال‌هایی منشعب می‌شود(همانند روش معدن‌کاری در استخراج زغال‌سنگ)، و استخراج معدن به صورت زیرزمینی صورت می‌گیرد. مواد معدنی استخراج شده توسّط نوار نقاله‌های افقی و عمودی[4] به روی زمین منتقل می‌شوند و از آن‌جا برای کانه‌آرایی به تأسیسات

---

۱ــ به عنوان مثال : این روش در معدن‌کاری ذخائر عظیم کورن وال انگلستان اِعمال می‌شود.

۲ــ قدرت جت‌های آب، آن‌قدر بالاست که گرانیت هوازده شده ترد و شکننده را خرد کرده و می‌شکند.

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

۴ــ Bucket Elevators

شستشو می‌رسند.

شکل ۲ــ۳ــ دورنمایی از یک ذخیره کائولین

## ۸ــ۳ــ شستشوی کائولین

مواد اوّلیه سرامیکی به طور عام و کائولین به طور خاص به عنوان یک مادّه معدنی، پس از استخراج دارای ناخالصی‌هایی هستند. این ناخالصی‌ها به نوبه‌ی خود در خواص بدنه‌های آماده‌سازی شده و خواص نهایی محصولات سرامیکی می‌توانند آثار سویی برجای گذارند. بنابراین، لازم است این ناخالصی‌ها را از مواد اوّلیه سرامیکی، به ویژه کائولین جدا کرد.

«به کاهش ناخالصی‌های کائولین، شستشوی کائولین گفته می‌شود.»

**۱ــ۸ ــ۳ــ عوامل مؤثر بر شستشو**: برای این‌که 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.

***۱ــ توزیع ذرّات کانی‌های موجود (مینرال‌ها)***: چون در شستشوی کائولین، هدف جداسازی ناخالصی‌هاست، لازم است ذرّات 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.

***۲ــ 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.

***۳ــ 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 جداشدن ناخالصی‌ها از ذرات کائولین ممکن نمی‌باشد. (مانند کائولین نشسته‌ی زنوز) که در این صورت باید به‌وسیله‌ی سنگ‌شکن خرد شده و سپس شستشو روی آن انجام شود.

***۴ــ کیفیت ماده‌ی معدنی***

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

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

***۷ــ نوع ناخالصی‌های موجود در کائولین معدن‌کاری شده***

**۲ــ۸ــ۳ــ مراحل مختلف شستشوی کائولین به روش تر :** مراحلی که در این قسمت از آن‌ها یاد می‌شود، در اکثر کارخانه‌های شستشوی کائولین مشترک بوده و به ترتیب زیر است :

ــ ***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.

ــ ***تهیه‌ی سوسپانسیون از کائولین:*** این سوسپانسیون یا در حین استخراج به وسیله‌ی فشار پرقدرت 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 دورهای بالای همزن به این مهم دست یابیم. زیرا سرعت بالای همزن و زمان طولانی‌تر باعث جداشدن بهتر ذرات به‌هم چسبیده‌ی ریز می‌شود.

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

فرایند شستشو خارج می‌شوند.

ـ ***ته‌نشین سازی کائولین:*** برای افزایش غلظت دوغاب «بالابردن میزان ذرّات 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 ته نشین‌سازی به روش ثقلی، که در این روش ذرات کائولین به علّت سنگینی که دارند تمایل به رسوب بیشتری داشته و به سمت ته مخزن حرکت می‌کنند. در روش دوّم، با اضافه کردن بعضی از افزودنی‌ها (نظیر هیدروکسید کلسیم)، ته‌نشینی کائولین تسریع می‌شود.

ـ ***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 متغیّر تهیه کنیم.

ـ ***تهیه‌ی نودل[1]:*** 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 اکسترودکردن، رشته‌هایی از کائولن تهیه می‌شود که پس از خشک‌کردن به صورت نقلی (نودل) درمی‌آید و پس از کیسه‌گیری به بازار مصرف منتقل می‌شود.[2]

**۳ـ۸ـ۳ـ 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.

---

۱ـ Noddeled

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

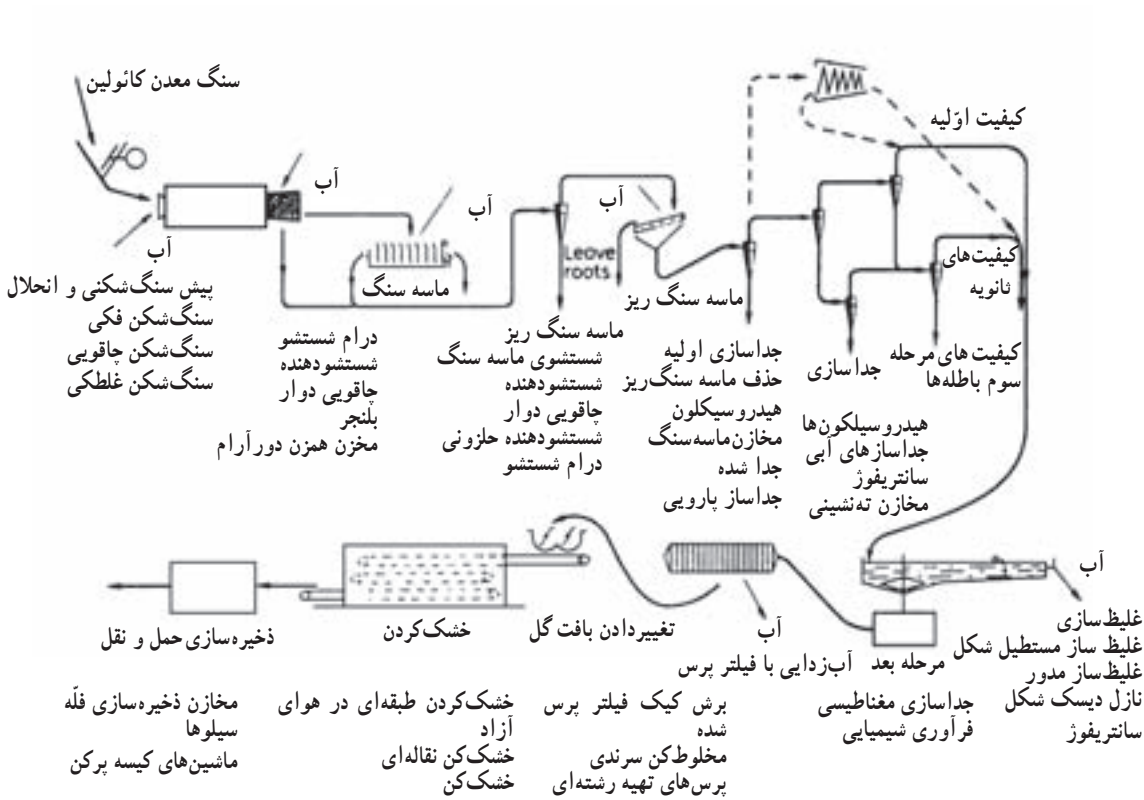
## ۹ــ۳ــ شستشوی کائولین به روش‌تر

پس از باطله برداری و رسیدن به ماده‌ی معدنی کائولین، آب با فشار زیاد به روی مواد اولیه پاشیده می‌شود. فشار آب طوری است که سنگ کائولین را خرد می‌کند. برای سهولت در انتقال مواد اوّلیه که به صورت سوسپانسیون درآمده است، دیواره‌های معدن را به صورت شیبدار درمی‌آورند. در این صورت سوسپانسیون کائولین به طرف حوضچه‌ها و مخازنی که در پایین‌ترین نقطه‌ی معدن تعبیه شده است، هدایت می‌شود و دانه‌های کائولین ته‌نشین می‌شوند. سپس مخازن و حوضچه‌ها به طور متناوب از این مواد تخلیه می‌شوند. دوغاب کائولین که هم‌اکنون دارای خلوص بالاتر بوده و محتوی مینرال‌های رُسی (عمدتاً کائولینیت) و ذرّات ناخالصی ریز است، به مراحلِ بعدی تصفیه، پمپ می‌شوند. دوغابِ به دست آمده از میان کانال‌های بلند عبور می‌کند و در آن‌ها ذرّات دانه درشت (عمدتاً کوارتز) و میکا، فلدسپارها، و کائولینیت 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. شکلِ صفحه‌ای و ریزبودن کریستالِ کائولینیت مانع از ته‌نشین شدنِ سریع آن می‌شود و این موضوع باعث سرریز شدن کائولینیت 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٪ ذرّات جامد دارد) به طرف مخازن ته‌نشین سازی[۱] هدایت می‌شود. در این مخازن، پس از گذشت زمان و جداشدن آب، آب بالای مخازن تخلیه می‌شود، بنابراین وقتی که سوسپانسیون غلیظ‌تر شد (در حدود ۱۰٪ ذرّاتِ جامد به همراه داشت) برای آبزدایی بیشتر، فیلتر پرس می‌شود.

کائولین‌های به‌دست آمده از گودال‌های مختلف که برای معدن‌کاری و کانه‌آرایی کائولین حفر شده‌اند، دارای خواص و ویژگی‌های متفاوتی هستند. برای این منظور، کائولینِ، به دست آمده از چاله‌ها و گودال‌های مختلف با هم مخلوط می‌شوند. هم‌اکنون تمام مراحل این عملیات به صورت مکانیزه انجام می‌شود (شکل ۳ــ۳).

---

۱ــ Settling tanks




**شکل ۳ــ۳ــ شستشوی کائولین به روش تر**

برای آهن‌گیری به کمک مگنت معمولاً دوغاب از مسیرهایی عبور داده می‌شود. آهنربای این جداکننده‌ها دارای سطح موجدار و یا دارای مجاری شبکه‌ای بوده که دوغاب از میان آن‌ها عبور می‌کند. به نحوی که ذرّات آهن در تماس با دیواره‌های شیار قرار گرفته و جذب آهنربا می‌شود. نوع بسیار متداول جداکننده‌های دوغاب مواد به صورت یک استوانه بوده و به صورت یکی از سه مدل زیر ساخته می‌شوند :

ــ حرکت دوغاب بر اثر نیروی وزن دوغاب.

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

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

در این روش‌ها، دوغاب از میان یک صفحه مشبک الکترومغناطیس شونده که چشم‌های آن به اندازه‌ی کافی ریز است، عبور کرده و ذرّات مغناطیسی به طرف آهنرباها جذب و از دوغاب حذف

می‌شوند (شکل ۴ــ۳).

**شکل ۴ــ۳ــ چند نمونه از شبکه‌ی فیلترهای مغناطیسی برای زدودن و جذب آهن از موادّ اولیه سرامیکی (این شبکه‌ها می‌توانند آهن‌رباهای دائمی باشند یا موقّت)**

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، امّا باید این عمل برای مدّت زمان کافی ادامه یابد تا سولفات‌های آهن به صورت نمک‌های محلول به دست آید. سولفات‌های آهن به عنوان فلوکوله کننده عمل می‌کنند که بسیار مضرتر از سولفیدهای آهن اوّلیه 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، امّا اقتصادی بودن آن‌ها برای کاربردهای صنعتی اثبات نشده است.

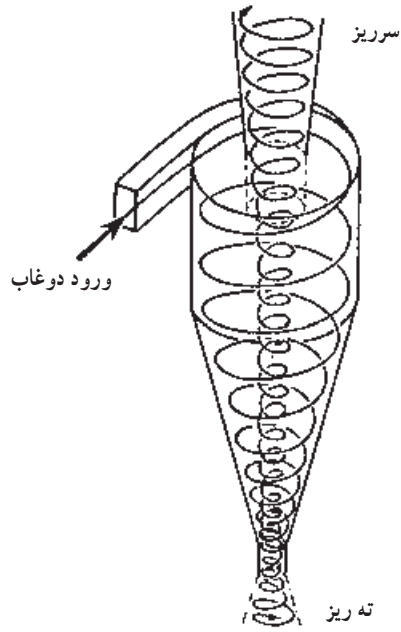
**۱ــ۹ــ۳ــ معایب شستشوی کائولین به روش تر :**

ــ طولانی بودن مسیر کانال‌های ته‌نشین سازی
ــ نیاز به فضای زیاد
ــ زمان طولانی برای ته‌نشین‌سازی
ــ نیروی کار زیاد (بالا بودن هزینه‌ی کارگری)
ــ هدر رفتن مقدار قابل توجهی کائولین

## ۱۰ــ۳ــ جداسازی با هیدروسیکلون

اساس جداسازی ناخالصی‌ها از کائولین، ته‌نشین شدن ذرّات دانه درشت از دوغاب است. در صورتی که سرعت بیشتری برای جداسازی مدّنظر 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 کائولین در داخلِ آن به حالت چرخشی درمی‌آید. حرکت چرخشی کائولین به وسیله‌ی تغذیه و ورود زاویه‌دار سوسپانسیون کائولین که تحت فشار است، به‌وجود می‌آید (شکل ۵ــ۳).




شکل ۵ــ۳ــ 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 ذرّات حدود ۳۰ میکرون عملیات هیدروسیکلون ادامه یافته به طوری که محصول این مرحله از عملیات (عملیات خالص‌تر کردن)، کائولینی با حدود ۹۵٪ مواد رسی یا بیشتر خواهد بود.

برای مصارف کاغذسازی، عملیات هیدروسیکلونی دیگری برای اندازه‌ی ذرّاتِ 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 پرس‌کردن، و سپس اکستروژن (رشته رشته کردن کائولین) و در نهایت کاهش رطوبت صورت می‌پذیرد.

محصولِ تولیدی، با خلوص مناسب دارای خواص موردنظر، همچون سفید پخت بودن، پلاستیسیته‌ی بالا، دیرگدازی و ... است.

## ۱۱ــ۳ــ 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 آسیاکردن بیشتری نیاز دارد.

آسیا کردن مادّه‌ی معدنی از یک طرف هزینه‌ی عملیات فرآوری را افزایش داده و از طرف دیگر باعث خردشدن 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 :**

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

ــ **سرندکردن :** با توجّه به قابلیت خردشدن 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 سرندکردن ناخالصی‌هایی از قبیل قطعات فلزی و چوب، قطعات دستگاه خردکننده‌ی شکسته شده در داخل آسیا و غیره از کائولین جدا می‌شوند.

ــ **پودرکردن :** 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 پودرکردن انجام می‌گیرد.

پس از فرآیند پودرکردن با کمک جداکننده‌های هوایی[1]، پودر دانه‌بندی شده جمع‌آوری و بسته‌بندی می‌شود.

## ۱۲ ــ۳ــ کاهش آهن و ترکیبات آن در کائولین

همان‌گونه که در فصل دوّم اشاره شد، وجود Fe و ترکیبات آن، مشکلات و آثار سویی 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 جذب‌شدن به مغناطیس، به ترتیب زیر چنین مرتب کرده است :

منیتیت ــ سیدریت ــ هماتیت ــ لیمونیت ــ مارکاسیت ــ پیریت

کاهش قدرت جذب‌شدن به مغناطیس ←

→ افزایش قدرت جذب شدن به مغناطیس

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 نقّاله تا محل کارخانه منتقل شود، جداکننده‌ی مغناطیسی به شکل صفحه‌ی مدوّر[2]، یا نوار نقّاله‌ی مغناطیس شده (که مغناطیس در بالای نوار قرار دارد[3]) می‌تواند در سیستم نصب شود.

یک پولی مغناطیس شده با مشخصات زیر : قطر ۶۱cm، طول رویه ۹۹cm، قابلیت جداکردن $۱۹۸m^3/h$ 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.

---

۱ــ Air Classifiers: اصول کار جداکننده‌های هوایی به قرار زیر است : عمل جداسازی ذرّات مختلف به وسیله‌ی رسوب‌دادن مواد توسّط هوا به جای آب صورت می‌پذیرد.

۲ــ Terminal Pulley ۳ــ Overhead Magnetics

## ۱۳ــ۳ــ کاهش نمک‌های محلول

آن دسته از مواد اولیه‌ای که به روش تر و با هم‌زدن، مخلوط‌کردن و سپس فیلتر پرس‌کردن آماده‌سازی می‌شوند، مقدار زیادی از نمک‌های محلولِ نامطلوب و ناخواسته را از دست می‌دهند. اما اگر مواد اولیه یا حتی بدنه‌های موردنظر 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 ($BaCO_3$) با سولفات‌های محلول ($CaSO_4$) واکنش کرده و سولفات باریم ($BaSO_4$) بسیار نامحلول و مقدار کمی کربنات‌های محلول ($CaCO_3$) تشکیل می‌دهد. با توجه به این‌که کربنات باریم در دوغاب‌های سرامیکی تقریباً نامحلول است، لذا استفاده‌ی بیش از حد آن مشکلی را ایجاد نخواهد کرد. (درصد مجاز مصرف ۰/۰۵٪ تا ۱٪ می‌باشد).

واکنش سولفات کلسیم و نمک‌های محلول در ۱۰۰ml آب در دمای ۱۸℃ به شرح زیر است :

$$BaCO_3 + CaSO_4 \rightarrow BaSO_4 + CaCO_3$$
$$۲/۴mg + ۲۰۱/۶mg \rightarrow ۰/۲۳mg + ۱/۳mg$$

واکنش فوق به علّت 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.

حلالیّت آن می‌تواند بعداً با افزودن اسید کربنیک اضافه شود، به ویژه اگر حلالیّت اسیدکربنیک در حضور اسیدهیومیک بیشتر شده باشد. این امولسیون با شدّت واکنش‌کنندگی بالا می‌تواند با اختلاط آب در مخازن و همزن‌های مناسب افزوده شود.

## ۱۴ــ۳ــ معدن‌کاری بال کلی‌ها

با توجّه به اینکه نحوه‌ی تشکیل و منشأ رسی‌های ثانویه نظیر بال‌کلی‌ها در مقایسه با کائولین‌های اوّلیه بسیار متفاوت است، انتظار می‌رود استخراج و نحوه‌ی معدن‌کاری 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 بال‌کلی موسوم است، تشکیل شده است و علّت نام‌گذاری این ماده به این نام، معدن‌کاری این ماده به شکل

بُرش آن‌ها به مکعب‌های رُسی بزرگ است.

ارزیابی معادن بال‌کلی و کائولین‌های ثانویه، شبیه کائولین‌های اوّلیه است. به عبارت دیگر با حفر مغزه‌ها (گمانه‌زنی) و آزمون محتویات آن‌ها معادن بال‌کلی و کائولین‌های 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 کائولین‌های ثانویه، به علّت نحوه‌ی تشکیل آن‌ها، و در دسترس بودن ماده‌ی معدنی در لایه‌های سطحی، روش‌های ژئوفیزیکی و فتوگرافی که درباره‌ی کائولین‌های اوّلیه اعمال می‌شود، کمتر مورد استفاده واقع می‌شود. به‌طوری‌که 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، توسّط کامیون یا نوار نقّاله برای عملیات بعدی به محل کارخانه منتقل می‌شوند.

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

## ۱۵ــ۳ــ کانه‌آرایی بال‌کلی‌ها

در فصل دوّم درباره‌ی ناخالصی‌های بال‌کلی‌ها بحث به میان آمد. جداسازی و بهبود کیفیت بال‌کلی‌ها با کمک سنگ جوری‌دستی 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 طوری‌که یک مادّه‌ی رسی به منظور هوازدگی، برای مدّت چند ماه، در معرض هوا قرار می‌گیرد[1].

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 قرارگرفته 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

---

۱ــ بعضی از مواد رسی اسکاتلندی به مدّت 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.

**۱ــ۱۵ــ۳ــ هوازدگی**[۱] : هوازدگی شامل انبارکردن (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. هوازدگی هم در تابستان می‌تواند انجام شود (هوازدگی تابستانی) و هم در فصل زمستان (هوازدگی زمستانی) می‌تواند صورت گیرد. امّا به هر حال هوازدگی 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 هوازدگی در کارپذیری بهبودهایی ایجاد می‌کند که به وسیله‌ی روش‌ها و عوامل مکانیکی نمی‌توان به سرعت به آن دست یافت.

کلوخه‌های استخراج شده با ابعاد متوسّط به ارتفاع حدودی ۴۵ تا ۷۵ سانتی‌متر کپّه می‌شوند و اگر لازم باشد، بر روی آن‌ها آب ریخته می‌شود، ولی نباید آن‌قدر آب ریخته شود که باعث تراکم کپّه (عدم نفوذ آب) شود (به اصطلاح کپّه آب گرفته شود[۲].) فصل زمستان، آبی که در خلل و فرج مواد رسی نفوذ کرده، پس از یخزدن منبسط می‌شود (انبساط غیرعادی آب)، و این انبساط باعث شکستن کلوخه‌ها می‌شود.

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

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

هوازدگی با شکستن و تبدیل مواد رسی به ذرّات 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 هوازدگی قرار می‌گیرد.

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

---

۱ــ Weathering (هوازدگی) : از درس مواد اولیه به یاد دارید که در طی میلیون‌ها سال تأثیر آب و هوا و عوامل جوّی، کانی‌های فلدسپاردار به کانی‌های کائولین تبدیل شده‌اند، که این پدیده را نیز هوازدگی گویند. در این درس به مفهوم دیگری از «هوازدگی» می‌پردازیم.

۲ــ Water Logged

مواد آلی به کمک باکتری‌ها پوسیده شده و در اثر این فرایند پلاستی‌سیته‌ی 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 علّت این که سولفات‌ها به صورت واسطه تشکیل می‌شوند، هوازدگی موادّرسی باید در مدّت زمان طولانی صورت پذیرد زیرا وجود آن‌ها باعث شوره‌زنی، بی‌رنگ‌کردن و جلوگیری از ایجاد پدیده‌ی دفلوکولاسیون در دوغاب است. در صورتی که مادّه‌ی رسی به خوبی هوازده شود، رنگ پس از پخت آن بهبود نسبی می‌یابد.

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

## ۱۶ــ۳ــ معدن‌کاری و کانه‌آرایی فلدسپارها

فلدسپارها نیز همچون سیلیس با روش معدن‌کاری روباز استخراج می‌شوند. فلدسپارهای مورد مصرف در صنعت سرامیک اغلب به صورت کلوخه[۱] تهیّه می‌شوند. در ضمن برای دست‌یابی به فلدسپارهایی با کیفیت بالاتر معمولاً سنگ جوری لازم می‌باشد.

ذخایر وسیع پگماتیت[۲] در جهان[۳] برای تهیه انواع فلدسپارها مورد استفاده قرار می‌گیرند و به وسیله‌ی روش فلوتاسیون کانه‌آرایی و تولید می‌شوند.

اوّلین مرحله در کانه‌آرایی فلدسپارها، خردکردن و سپس سنگ‌جوری آن‌ها می‌باشد. سپس با کمک آسیاکردن، دانه‌بندی فلدسپار به اندازه‌ی موردنظر رسیده و کانه‌آرایی با فلوتاسیون پی‌گیری می‌شود. اوّلین 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[۴] هدایت می‌شوند. در این مخازن، افزودنی‌هایی که برای جداسازی آن‌ها لازم است، افزوده می‌شود. پس از اضافه‌کردن افزودنی‌ها، سیلیس به طرف پایین مخازن حرکت کرده در حالی که فلدسپار شناور می‌شود. در بعضی از کارخانه‌ها، مجدّداً فلدسپارهای پتاسیک و سدیک به وسیله‌ی فلوتاسیون از هم جدا می‌شوند. لازم به یادآوری است که با روش فلوتاسیون محصولی با کیفیتِ بالاتر نسبت به کلوخه‌های به دست آمده از معدن حاصل می‌شود (شکل ۶ــ۳).

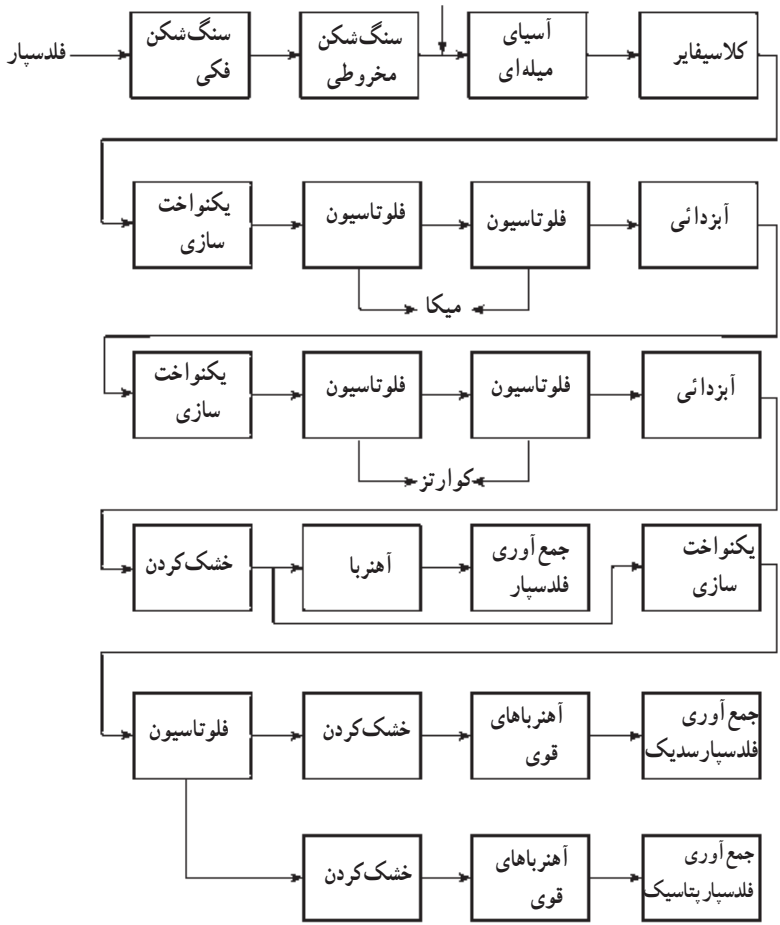
---

۱ــ Lump

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

۳ــ ذخایر وسیع پگماتیت علی‌الخصوص در اسکاندیناوی وجود دارد.

۴ــ Conditioning Tanks




**شکل ۶ــ۳ــ کانه‌آرایی و شستشوی فلدسپارها از طریق فلوتاسیون**

## ۱۷ــ۳ــ معدن‌کاری و کانه‌آرایی سیلیس

کریستال‌های سیلیس[۱] به صورت رگه‌های مجزّا در سنگ‌های اوّلیه[۲] یا به صورت دانه‌های مجتمع در بین دیگر مینرال‌ها پیدا می‌شوند. سیلیس همچنین به صورت رسوبی به شکل ماسه یا سنگ ماسه[۳] و یا کوارتزیت[۴] وجود دارد.

---

۱ــ Rock Quartz ۲ــ Primary Rocks

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

۴ــ Quartzite (کوارتزیت) : از ماسه سنگ به وسیله عملیات متامورفسیس تشکیل شده است. (متامورفسیس : اثر توأم گرما و فشار)

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

فلینت[1] معمولاً به شکل قلوه سنگ در کنار دریا و رودخانه پیدا می‌شود و به وسیله‌ی دست سنگ‌جوری 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)[2] پوشش داده می‌شود. سپس مینرال به طور 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، ذرّات کانی آب‌گریز در داخل کفی که از حباب‌ها به دست می‌آید، جمع می‌شوند. این کف‌ها به طور مداوم به وسیله‌ی پاروهایی کف‌گیری می‌شوند.

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

---

۱ــ Flint (فلینت) : از کریستال‌های بی‌نهایت کوچک کوارتز که به وسیله‌ی مولکول‌های آب به یکدیگر پیوند داده شده‌اند، تشکیل شده است.

۲ــ Hydrophobic Agents

## سؤالات

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