

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

آماده‌سازی مواد اولیه سرامیکی

رشته سرامیک

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۲۵۰۰

۶۲۰/۱۴	رستم‌خانی، محمد
آ ۴۸۹۱	آماده‌سازی مواد اولیه سرامیکی/مؤلف: محمد رستم‌خانی. - تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های
۱۳۹۵	درسی ایران، ۱۳۹۵.
۱۱۱ ص.	مصور. - (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۲۵۰۰)
	متون درسی رشته سرامیک، زمینه صنعت.
	برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته
	سرامیک دفتر تألیف کتابهای درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
	۱. سرامیک - آماده‌سازی مواد اولیه سرامیکی. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر تألیف
	کتابهای درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش. ب. عنوان. ج. فروست.

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتابهای درسی
فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

info@tvoccd.sch.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

این کتاب با توجه به برنامه سالی - واحدی و براساس نظرات هنرآموزان رشته
سرامیک سراسر کشور، توسط کمیسیون تخصصی رشته سرامیک، در تابستان ۸۴
بررسی و مورد اصلاح قرار گرفته است.

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتابهای درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب : آماده‌سازی مواد اولیه سرامیکی - ۴۷۱/۳

مؤلف : محمد رستم‌خانی

اعضای کمیسیون تخصصی : حسین قضاعی، محمود سالاریه، جمشید علی محمدی، مریم ابراهیمی،

رحیم شکری، حسن خوشیخت و هادی مجیدیان

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

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

وب سایت : www.chap.sch.ir

صفحه‌آرا : صغری عابدی

طراح جلد : طاهره حسن‌زاده

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

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

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

سال انتشار : ۱۳۹۵

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۵-۶۴۳-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-0643-5



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدس سرّه الشّریف»

فهرست مندرجات

۱	فصل اول : هدف های آماده سازی
۱	مقدمه
۲	۱-۱- تعریف آماده سازی
۲	۱-۲- خواص فیزیکی
۹	۱-۳- خواص شیمیایی
۱۰	۱-۴- بافت بدنه
۱۳	فصل دوم : ناخالصی های مواد اولیه
۱۳	مقدمه
۱۴	۲-۱- انواع ناخالصی ها
۱۴	۲-۱-۱- آهن و ترکیبات آن
۱۵	۲-۱-۲- ترکیبات تیتانیم
۱۵	۲-۱-۳- کربنات کلسیم
۱۶	۲-۱-۴- نمک های محلول
۱۶	۲-۱-۵- اکسیدهای رنگی
۱۶	۲-۱-۶- عناصر قلبایی
۱۷	۲-۱-۷- ناخالصی های کائولین
۱۷	۲-۱-۸- ناخالصی های بال کلی
۱۸	۲-۱-۹- ناخالصی های سیلیس
۱۸	۲-۱-۱۰- ناخالصی های فلدسپارها
۲۰	فصل سوم : کانه آرایی مواد اولیه سرامیکی
۲۰	مقدمه
۲۱	۳-۱- آلوده کنندگی صنایع سرامیک
۲۲	۳-۲- ارزیابی معادن کائولین
۲۳	۳-۳- مراحل ارزیابی معادن کائولین
۲۴	۳-۴- انواع معادن کائولین
۲۵	۳-۵- عوامل مؤثر بر روش های معدن کاری کائولین
۲۵	۳-۶- معدن کاری کائولین با عمق کم

- ۲۶ ۳-۷- معدن کاری کاتولین با عمق زیاد
- ۲۷ ۳-۸- شستشوی کاتولین
- ۲۷ ۳-۸-۱- عوامل مؤثر بر شستشو
- ۲۸ ۳-۸-۲- مراحل مختلف شستشوی کاتولین به روش تر
- ۲۹ ۳-۸-۳- روش‌های مختلف کانه‌آرایی کاتولین
- ۳۰ ۳-۹- شستشوی کاتولین به روش تر
- ۳۲ ۳-۹-۱- معایب شستشوی کاتولین به روش تر
- ۳۳ ۳-۱۰- جداسازی با هیدروسیکلون
- ۳۴ ۳-۱۱- فرآوری کاتولین به روش خشک
- ۳۵ ۳-۱۲- کاهش آهن و ترکیبات آن در کاتولین
- ۳۶ ۳-۱۳- کاهش نمک‌های محلول
- ۳۶ ۳-۱۴- معدن کاری بال کلی‌ها
- ۳۷ ۳-۱۵- کانه‌آرایی بال کلی‌ها
- ۳۸ ۳-۱۵-۱- هوازدگی
- ۳۹ ۳-۱۶- معدن کاری و کانه‌آرایی فلدسپارها
- ۴۰ ۳-۱۷- معدن کاری و کانه‌آرایی سیلیس

فصل چهارم : خردایش مواد اولیه سرامیکی

- ۴۳ مقدمه
- ۴۳ ۴-۱- خردایش
- ۴۴ ۴-۲- مکانیزم خردایش
- ۵۰ ۴-۳- عوامل مؤثر بر خردایش یک ماده
- ۵۱ ۴-۴- خردایش با روش سنگ‌شکنی
- ۵۲ ۴-۵- خردایش با روش آسیا کردن
- ۵۲ ۴-۶- قابلیت سایش مواد اولیه
- ۵۳ ۴-۶-۱- روش‌های تعیین قابلیت سایش
- ۵۳ ۴-۷- روش‌های مختلف آسیا کردن
- ۵۴ ۴-۸- نکات عمومی در واحدهای خردایش

فصل پنجم : افزودنی‌ها

- ۵۷ مقدمه
- ۵۷ ۵-۱- افزودنی‌ها

- ۵۸ ۵-۱-۱-۵- روان سازها
- ۵۸ ۵-۱-۱-۱- تأثیرات روان سازها
- ۵۹ ۵-۱-۱-۲- تأثیرات روان ساز مطلوب بر رفتار جریانی (رئولوژیکی)
دوغاب
- ۵۹ ۵-۱-۱-۳- معایب استفاده از روان سازها
- ۶۰ ۵-۱-۱-۴- انواع روان سازها
- ۶۱ ۵-۱-۲- لخته کننده ها
- ۶۱ ۵-۱-۳- چسب ها
- ۶۲ ۵-۱-۳-۱- انواع چسب ها
- ۶۳ ۵-۱-۳-۲- علت استفاده از چسب ها
- ۶۳ ۵-۱-۳-۳- خواص چسب ها
- ۶۳ ۵-۱-۳-۴- معایب استفاده از چسب ها
- ۶۳ ۵-۱-۴- روان کننده ها
- ۶۴ ۵-۱-۴-۱- علل استفاده از روان کننده ها
- ۶۴ ۵-۱-۴-۲- انواع روان کننده ها
- ۶۵ ۵-۱-۴-۳- خواصی که یک روان کننده ی بین ذره ای باید دارا باشد
- ۶۵ ۵-۱-۵- پلاستی سائزرها
- ۶۶ ۵-۱-۶- عوامل تسریع کننده ی خشک شدن قطعات سرامیکی
انواع عوامل تسریع کننده ی خشک شدن قطعات
سرامیکی
- ۶۶ ۵-۱-۷- کف سازها
- ۶۷ ۵-۱-۸- ضد کف ها
- ۶۷ ۵-۲- تأثیر آب و ناخالصی های آن
- ۶۹ فصل ششم : تهیه دوغاب
- ۶۹ مقدمه
- ۷۰ ۶-۱- موارد مصرف آب در صنایع سرامیک
- ۷۰ ۶-۲- اختلاط و هم زدن آمیز بدنه
- ۷۲ ۶-۳- تهیه دوغاب به روش تر
- ۷۵ ۶-۳-۱- مزایای تهیه دوغاب به روش تر
- ۷۵ ۶-۳-۲- معایب و نقاط ضعف تهیه دوغاب به روش تر

۷۵	۶-۴- تهیه دوغاب به روش خشک
۷۷	۶-۵- اهداف تهیه ی دوغاب
۷۹	فصل هفتم : آماده سازی گل پلاستیک
۷۹	مقدمه
۸۰	۷-۱- آب زدایی
۸۵	۷-۲- یکنواخت سازی گل
۸۵	۷-۲-۱- یکنواخت سازی با دست
۸۵	۷-۲-۲- یکنواخت سازی با ماشین
۸۵	۷-۳- هوازدایی
۸۷	۷-۴- خواباندن گل (کهنه کردن گل)
۹۰	فصل هشتم : آماده سازی پودر (گرانول)
۹۰	مقدمه
۹۰	۸-۱- مزایای پرس پودر
۹۱	۸-۲- ویژگی های گرانول
۹۲	۸-۳- روش های تولید گرانول
۹۲	۸-۳-۱- تولید گرانول با روش خشک
۹۳	۸-۳-۲- تولید گرانول با خشک کن درامی
۹۳	۸-۳-۳- تولید گرانول با روش تر
۹۳	۸-۳-۴- تولید گرانول با روش اسپری درایینگ
۹۴	۸-۴- فرآیند سیستم اسپری درایینگ
۹۶	۸-۴-۱- موارد کاربرد سیستم اسپری درایینگ
۹۷	۸-۴-۲- مزایای سیستم اسپری درایینگ
۹۹	۸-۴-۳- مکانیزم خشک شدن گرانول ها
۱۰۸	واژه نامه
۱۱۱	مراجع کتاب

مقدمه

آماده‌سازی مواد اولیه سرامیکی از جمله مهم‌ترین مراحل ساخت یک محصول سرامیکی است. آماده‌سازی مواد اولیه سرامیکی، به معنی کلید فرآوری و تولید قطعات سرامیکی است. به این معنا که اگر این مرحله به درستی و دقت انجام نپذیرد، ادامه‌ی ساخت این قطعات ممکن نبوده، از عیب، مصون نخواهند بود.

مرحله‌ی آماده‌سازی شامل تعدادی عملیات است که در صورت انجام شدن، در یک بدنه‌ی سرامیکی، آن بدنه خواص موردنیاز را خواهد داشت و از خواص نامطلوب عاری خواهد بود. به عبارت دیگر، قطعه‌ی بدون عیب در صورتی به دست خواهد آمد که مراحل آماده‌سازی به‌خوبی انجام شده باشد.

آماده‌سازی مواد اولیه سرامیکی و بدنه، شامل عملیات خردایش (کاهش ابعاد)، تغلیظ و کانه‌آرایی، توزین، مخلوط کردن، تهیه دوغاب، اضافه کردن افزودنی‌ها، آب‌زدایی، هموژن کردن، هوازدایی، تهیه گل پلاستیک و تهیه گرانول است. در این کتاب، بررسی کلیه عملیات آماده‌سازی، هدف اصلی خواهد بود.

هدف کلی

آشنایی با مبانی و اصول آماده‌سازی مواد اولیه و بدنه‌ی سرامیکی

هدف‌های آماده‌سازی

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

- ۱- آماده‌سازی را تعریف کند.
- ۲- خواص فیزیکی مطرح در آماده‌سازی را توضیح دهد.
- ۳- خواص شیمیایی مطرح در آماده‌سازی را توضیح دهد.
- ۴- تأثیر آماده‌سازی بر بافت محصولات آماده‌سازی شده را توضیح دهد.

مقدمه

محصولات سرامیکی همانند دیگر محصولات صنعتی، در مراحل مختلفی ساخته می‌شوند. به عبارت دیگر، برای این که یک محصول سرامیکی ساخته شود، باید طی مراحل گوناگونی مواد اولیه را به محصول نهایی تبدیل کرد.

ساخت محصولات سرامیکی عمدتاً شامل موارد زیر می‌شود:

«آماده‌سازی»، «شکل دهی»، «خشک کردن»، «پخت بسکویت (برای محصولات دو پخت)»، «لعاب زدن»، «پخت لعابی»، «دکور و تزیین» و «پخت دکور».

اهمیت آماده‌سازی:

الف: بسیاری از شرایط و ویژگی‌هایی که یک محصول نهایی باید داشته باشد، وابسته به آماده‌سازی صحیح آن است. به عبارت دیگر، اگر آماده‌سازی مواد اولیه درست انجام شود، ویژگی‌های موردنظر در محصول نهایی حاصل شده و در غیر این صورت، محصول معیوب خواهیم داشت.

ب: انتخاب و نحوه‌ی به کارگیری مواد اولیه، در ساخت محصولات سرامیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در صورت انتخاب و به کارگیری صحیح مواد اولیه، مراحل بعدی نیز به درستی انجام خواهد پذیرفت، و چون خواص نهایی محصول تولیدی به نوع و کیفیت مواد اولیه وابسته است، در نتیجه انتخاب و نحوه‌ی درست استفاده از آن‌ها، مهم خواهد بود. معمولاً با در نظر گرفتن شرایط آماده‌سازی و همزمان با آن، انتخاب مواد اولیه صورت می‌پذیرد.

بنا به اهمیتی که مرحله‌ی آماده‌سازی مواد اولیه و بدنه‌های سرامیکی در ساخت محصولات سرامیکی دارند و با توجه به این موضوع که انجام این مرحله از سطح بالای تخصصی برخوردار است، بعضی از واحدهای تولیدی انحصاراً به امر آماده‌سازی می‌پردازند و بدنه‌های آماده را در یکی از سه شکل، دوغابی، گل اکستروود شده و گرانول تحویل کارخانه‌های دیگر می‌دهند.

۱-۱- تعریف آماده‌سازی

«ایجاد خواص و ویژگی‌های لازم و موردنیاز در مواد اولیه و آمیز محصولات سرامیکی که ادامه‌ی فرایند تولید آن‌ها را ممکن کرده و موجب کیفیت مطلوب در محصول می‌شود.»
برای به‌وجود آوردن خواص لازم و موردنیاز در بدنه‌ی سرامیکی، گاهی لازم است که بعضی از خواص موجود در برخی مواد اولیه را حذف کرده و پس از آن، خواص مطلوب را در بدنه‌ی مواد اولیه ایجاد کرد. بعضی از این خواص در مرحله‌ی آماده‌سازی مهم بوده و تعداد دیگری در مراحل بعدی اهمیت خواهند داشت. بنابراین باید در مرحله‌ی آماده‌سازی شرایط مناسب برای ایجاد آن خواص فراهم آید.

مجموعه‌ی خواص مهم مواد اولیه و بدنه‌های سرامیکی را در سه دسته طبقه‌بندی می‌کنند:

الف: خواص فیزیکی

ب: خواص شیمیایی

ج: بافت بدنه

۱-۲- خواص فیزیکی

خواص فیزیکی موردنظر برای بدنه‌های آماده‌سازی شده سرامیکی شامل موارد زیر است:

— **سختی**: سختی طبق تعریف عبارت است از: «مقاومت یک ماده در مقابل خراش و

سایش را سختی آن ماده گویند.»

تمام مواد در مقابل خرد شدن و ریزدانه شدن به‌طور یکسان و مساوی از خود مقاومت نشان نمی‌دهند. با توجه به این که یک ماده‌ی سرامیکی که از معدن استخراج می‌شود، باید خرد و ریزدانه شود، مقاومت آن ماده در مقابل خردشدن، میزان انرژی و نوع سیستم و ماشین خردکننده تعیین می‌شود. سختی مواد اولیه یکی از ویژگی‌های موردنظر برای تعیین موارد ذکر شده است.

لازم به تذکر است که مواد از جهت سختی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

الف — مواد نرم ب — مواد نیمه سخت ج — مواد سخت

نحوه‌ی خرد شدن مواد به نرمی، نیمه سختی یا سخت بودن آن‌ها بستگی دارد. دسته‌بندی

سه گروه فوق بدین صورت انجام گرفته است:

الف) مواد نرم: موادی که دارای سختی بین ۱ تا ۳ هستند، نرم شناخته می‌شوند و شامل موارد زیر هستند:

مواد نرم با سختی ۱، (خانواده‌ی تالک): تالک، کیک‌های فیلترپرس شده، سنگ صابون^۱.

مواد نرم با سختی ۲، (خانواده‌ی ژیبس): سنگ گچ، سنگ نمک^۲.
مواد نرم با سختی ۳، (خانواده‌ی کلسیت): ماربل، سنگ آهک نرم، باریت، گل سفید (کربنات کلسیم ناشی از بقایای جانوران دریایی).

ب) مواد نیمه سخت: موادی که سختی بین ۴ تا ۶ دارند، نیمه سخت شناخته می‌شوند و شامل مواد زیر هستند:

مواد نیمه سخت با سختی ۴، (خانواده‌ی فلوریت): فلوریت (کلسیم فلوراید)، فسفات نرم، منیزیت، سنگ آهک.

مواد نیمه سخت با سختی ۵، (خانواده‌ی آپاتیت): آپاتیت، فسفات سخت، سنگ آهک سخت، کرومیت، بوکسیت.

مواد نیمه سخت با سختی ۶، (خانواده‌ی فلدسپار): فلدسپارها، ایلیمینیت، هورن بلند^۳.

ج) مواد سخت: موادی که دارای سختی بالاتر از ۷ باشند، سخت شناخته می‌شوند و شامل مواد زیر هستند:

مواد سخت با سختی ۷، (خانواده‌ی کوارتز): کوارتز، گرانیت.

مواد سخت با سختی ۸، (خانواده‌ی توپاز): توپاز

مواد سخت با سختی ۹، (خانواده‌ی کوراندوم): کوراندوم، سافیر (زمرّد).

— خلوص: بیشتر مواد اولیه‌ی سرامیکی، طبیعی بوده و از معدن استخراج می‌شوند، بنابراین، خالص نبوده و ناخالصی‌هایی همراه خود دارند. یکی از موارد اختلاف مواد با یکدیگر، میزان خلوص آن‌هاست. در نتیجه می‌توان تعریف خلوص و عیار یک ماده‌ی سرامیکی را چنین ارائه کرد:

«درصد وزنی مواد مطلوب در یک ماده اولیه سرامیکی.»

— دانسیته یا جرم حجمی: سبک یا سنگین بودن یک ماده، یک امر نسبی است. به همین

دلیل، سبک و یا سنگین بودن واحد حجم مواد در نظر گرفته می‌شود؛ پس دانسیته یا جرم حجمی یک ماده چنین تعریف می‌شود:

۱- Soap stone

۲- Rock Salt

۳- Hornblend

«نسبت جرم یک ماده به حجم آن»، و چنین محاسبه می‌شود:

$$\rho (\text{جرم حجمی}) = \frac{m(\text{جرم})}{V(\text{حجم})}$$

در صورتی که جرم حجمی یک ماده از جرم حجمی ماده‌ی دیگر بیشتر باشد، مفهوم آن این است که در حجم‌های مساوی از این دو ماده جرم یکی بیشتر از جرم دیگری است. جرم حجمی را معمولاً با دو واحد گرم بر سانتی‌متر مکعب (g/cm^3) و کیلوگرم بر مترمکعب (kg/m^3) اندازه‌گیری می‌کنند. جدول ۱-۱ جرم حجمی چند ماده‌ی اولیه‌ی سرامیکی را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱- جرم حجمی (دانسیته) چند ماده‌ی اولیه‌ی سرامیکی

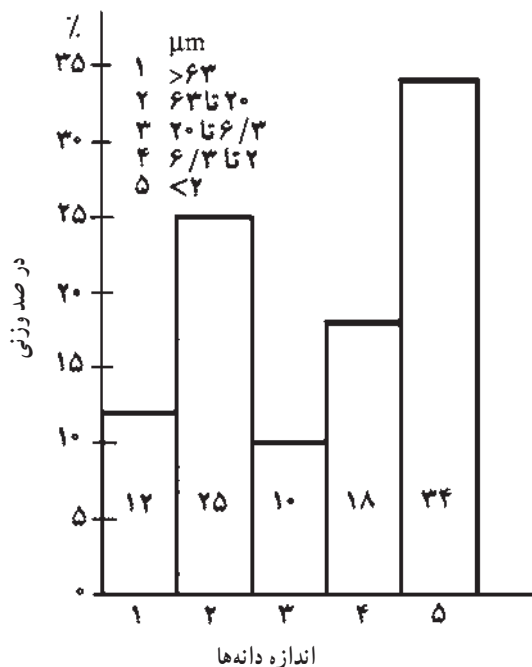
جرم حجمی (g/cm^3)	ترکیب شیمیایی	ماده‌ی اولیه
۲/۴	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	ژپس
۲/۶۱	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	آلبیت
۳/۳	CaO	آهک
۴/۲۶	TiO_2	روتایل
۵/۲۵	Fe_2O_3	هماتیت
۱۵/۷	WC	کاربید تنگستن

دانه‌بندی: مواد اولیه سرامیکی آماده شده به صورت پودر مصرف می‌شوند، میزان ریز بودن دانه‌های مواد پودری شکل، تأثیر عمده‌ای بر تعدادی از خواص نهایی محصول خواهد داشت؛ طبق تعریف:

«دانه‌بندی یک مخلوط، اندازه‌ی دانه‌های موادی است که در آن آمیز موجود است.»

اندازه‌ی دانه‌های یک آمیز برحسب واحد طول بیان می‌شود. (واحدهایی هم چون سانتی‌متر، میلی‌متر و میکرون.)

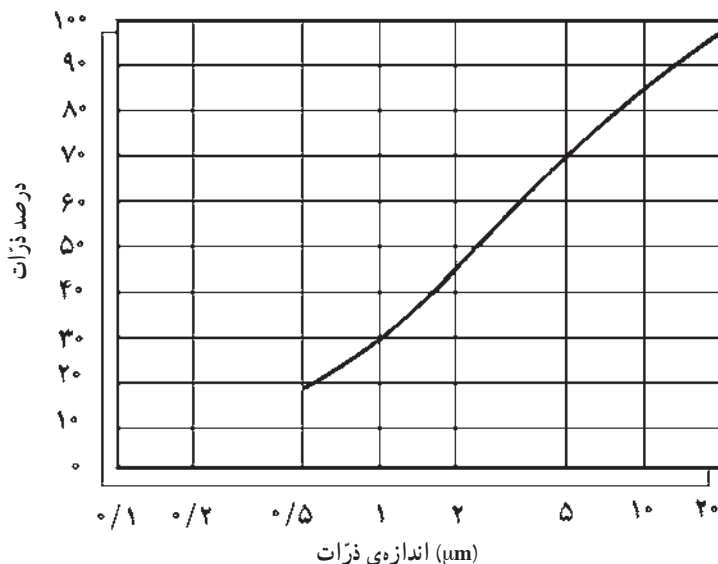
— **توزیع دانه‌بندی:** بدیهی است اندازه‌ی دانه‌های مواد اولیه، یکسان نبوده و به‌طور طبیعی با هم اختلاف دارند، در نتیجه نمی‌توان اندازه‌ی ثابتی برای دانه‌های یک آمیز اختصاص داد. در برخی از روش‌های اندازه‌گیری، توزیع دانه‌بندی در محدوده‌هایی از اندازه‌ی دانه‌ها اندازه‌گیری می‌شود، که در این حالت می‌توان محدوده‌ی توزیع دانه‌بندی را براساس شکل ۱-۱ نشان داد.



شکل ۱-۱- یک نمودار برای نشان دادن توزیع دانه‌بندی ذرات مواد اولیه سرامیکی

در نمودار بلوکی شکل ۱-۱، محدوده‌ای از اندازه‌ی دانه‌ها در هر یک از ستون‌های ۱، ۲، ۳ و ... نشان داده شده است. ارتفاع این ستون‌ها، درصد وزنی هر یک از محدوده‌ی اندازه‌ها را که مجموع آن‌ها ۱۰۰ درصد می‌باشد، نشان می‌دهد. به عنوان مثال، دانه‌هایی که اندازه‌ی آن‌ها بین ۲ تا ۶/۳ μm قرار دارد (ستون ۴)، ۱۸٪ وزنی کل آمیز است.

در منحنی شکل ۱-۲، محور افقی، اندازه‌ی ذرات و محور عمودی درصد ذرات را نشان می‌دهد. به عنوان مثال: (در این منحنی)، اندازه‌ی ۸۰٪ ذرات یک نمونه از ماده سرامیکی، کوچک‌تر از ۸ μm است.



شکل ۲-۱- یک نمونه از منحنی توزیع دانه بندی

— سیالیت: وقتی که آتشفشانی فوران می کند، گدازه های مذابی از آن خارج می شود. در ابتدای حرکت، گدازه ها با سرعت زیادی به طرف پایین حرکت می کنند. پس از مدتی که مذاب سردتر شد، سرعت حرکت آن نیز کندتر می شود، تا جایی که به حالت جامد درآمده و متوقف می شود. خاصیتی که سرعت سیال را بیان می کند، سیالیت نام دارد.

به عبارت دیگر، خاصیتی از یک دوغاب که موجب می شود دوغاب جریان یافته و به نقاط مختلف یک محفظه (قالب) راه یافته و یا نفوذ کند، و نقاط خالی از دوغاب ایجاد نشود، سیالیت دوغاب نامیده می شود.

سیالیت یک دوغاب با نسبت ذرات جامد موجود در آن، نسبت معکوس دارد. به این معنا که هر قدر میزان ذرات جامد در یک دوغاب زیاد باشد، سیالیت دوغاب کم بوده و بالعکس هر قدر میزان ذرات جامد در دوغاب کم باشد، سیالیت و روان بودن آن دوغاب زیاد خواهد بود.

به علت آن که اندازه گیری سیالیت یک دوغاب به سادگی امکان پذیر نیست، و باید در یک آزمایشگاه آن را اندازه گیری کرد، معمولاً به جای آن از خاصیتی به نام «غلظت دوغاب» استفاده می شود. طبق تعریف، غلظت دوغاب «میزان ذرات جامد تشکیل دهنده ی یک دوغاب» است. بدیهی است که دوغاب غلیظ تر، دوغابی است که ذرات جامد در آن زیادتر باشد.

با توجه به گفته های قبل، سیالیت با غلظت یک دوغاب نسبت عکس دارد؛ یعنی: هر چه دوغابی غلیظ تر باشد، سیالیت آن کمتر است، و بالعکس هر چه دوغابی دارای غلظت

کمتر باشد، سیالیت آن بیشتر است. به طور خلاصه می‌توان چنین گفت :

$$\text{غلظت دوغاب} \propto \frac{1}{\text{سیالیت (روان بودن) یک دوغاب}}$$

— ویسکوزیته : عسل و آب چه تفاوت‌هایی با هم دارند؟ آیا عسل را به راحتی آب، می‌توان از ظرفی به ظرف دیگر منتقل کرد و یا به عبارت دیگر، آیا زمان ریزش یک مقدار مساوی از عسل و آب با هم برابر است؟ چگونه می‌توان بین موادی هم چون عسل و آب فرق گذاشت؟ ویسکوزیته خاصیتی از یک سیال است که پدیده‌ی فوق را بیان می‌کند. طبق تعریف، ویسکوزیته عبارتست از مقاومت یک سیال در برابر جاری شدن، و ویسکوزیته عکس سیالیت است. بدین ترتیب، اگر سیالی به راحتی روان شود (یعنی سیالیت آن زیاد باشد)، ویسکوزیته‌ی آن کم بوده و در صورتی که به سادگی جاری نشود (یعنی سیالیت آن کم باشد) ویسکوزیته سیال زیاد است. در نتیجه ویسکوزیته‌ی یک دوغاب، عامل مهمی برای بیان روان بودن آن دوغاب است. به نظر شما ویسکوزیته‌ی یک دوغاب بیشتر است یا آب؟ پس از پاسخ دادن به این سؤال آیا می‌توان نتیجه گرفت که با ثابت بودن سایر پارامترها، غلظت یک دوغاب با ویسکوزیته‌ی آن نسبت مستقیم دارد؟ چگونه؟

— پلاستی سیتته : «پلاستی سیتته، خاصیتی است که ماده‌ای را قادر می‌سازد تا بر اثر اعمال نیروهای خارجی بدون این که گسیخته شود، تغییر شکل داده و پس از حذف کامل نیرو، شکل ایجاد شده، بدون تغییر حفظ شود.» به عنوان مثال مواد رسی دارای چنین خاصیتی می‌باشند و مواد غیرپلاستیک (سیلیس، فلدسپار و ...) این خاصیت را ندارند.

پلاستی سیتته‌ی یک بدنه، عامل مهمی در شکل دادن قطعات سرامیکی است. در اهمیت پلاستی سیتته همین بس که در چین باستان، برای افزایش پلاستی سیتته‌ی گل، آن را برای چند ده سال در زیر خاک نگهداری کرده و برای نوادگان خود به میراث می‌نهادند.

— عاری بودن از هوا : بدیهی است، هر چه بیشتر یک بدنه‌ی آماده‌سازی شده، عاری از حباب‌های هوا باشد، از این بدنه خواص فیزیکی، به ویژه پلاستی سیتته‌ی بهتری انتظار می‌رود.

— کارپذیری : ماده‌ی کارپذیر در فرایند شکل دهی پلاستیک، به راحتی می‌تواند شکل موردنظر را قبول کند. خاصیت پلاستی سیتته‌ی عاملی است که کارپذیری مواد را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به نحوی که هر چه پلاستی سیتته بیشتر باشد، کارپذیری نیز بیشتر است.

— میزان رطوبت : پس از خشک کردن قطعات شکل داده شده به روش ریخته‌گری دوغابی

۱- برای تعریف دقیق‌تر و علمی پلاستی سیتته، افزودن عبارت زیر لازم و ضروری است : ... حذف کامل نیرو، و یا کاسته شدن تا

مقدار معین، شکل ایجاد شده، ...

یا روش پلاستیک، کاهش وزنی مشاهده می‌شود که ناشی از خروج رطوبت قطعه می‌باشد. مقدار این کاهش وزن را با میزان رطوبت قطعه بیان می‌کنند. مقدار آب موجود در مواد اولیه سرامیکی یا بدنه، نسبت به کل وزن آن را میزان رطوبت بدنه گویند و میزان رطوبت را با درصد نشان می‌دهند. تعیین میزان رطوبت در بدنه‌های سرامیکی، اهمیت ویژه‌ای در شکل دادن محصولات و قطعات دارد.

— **یکنواختی (هموزن بودن):** لازم است که هر آمیز سرامیکی، در تمام نقاط، خواص یکسانی از خود نشان دهد. این ویژگی را به اختصار می‌توان چنین تعریف کرد: «یکسان و یکنواخت بودن خواص یک آمیز در تمام نقاط آن را همگنی گویند». بنابراین، یک آمیز سرامیکی را هنگامی همگن گویند که خواص تمام نقاط آن، یکسان باشد.

— **انقباض خشک:** میزان کاهش ابعاد قطعات سرامیکی پس از خشک شدن را انقباض خشک گویند.

افزایش انقباض خشک یکی از عوامل ایجاد عیوبی نظیر ترک خوردن، تاب برداشتن و تغییر شکل یک بدنه‌ی سرامیکی پس از خشک کردن می‌باشد.

— **سرعت ریخته‌گری:** سرعت تشکیل جداره‌ی یک قطعه سرامیکی را سرعت ریخته‌گری گویند. این خاصیت، سرعت تولید قطعات ریخته‌گری را در واحد زمان تعیین می‌کند. به این مفهوم که هر چه سرعت ریخته‌گری قطعات سرامیکی زیاد باشد، تولید قطعه در زمان کوتاه‌تر انجام می‌شود.

— **استحکام:** مقاومت یک جسم در مقابل اعمال بار^۱ را استحکام گویند. در صنعت سرامیک، استحکام یک محصول سرامیکی را معمولاً در سه حالت اندازه‌گیری می‌کنند: استحکام در حالت خام، خشک و پخت.

استحکام درحالت خام یا استحکام خام یک قطعه‌ی سرامیکی، مقاومت یک قطعه‌ی شکل داده قبل از خشک شدن است.

استحکام در حالت خشک یک قطعه‌ی سرامیکی، مقاومت یک قطعه‌ی شکل داده شده و خشک شده، قبل از پخت است.

استحکام پخت یک قطعه‌ی سرامیکی، مقاومت یک قطعه پس از پخت است. لازم به یادآوری است، استحکام پس از پخت تابع دمای پخت تغییر می‌کند.

— **تخلخل:** حفره‌های موجود بین ذرات تشکیل‌دهنده‌ی بدنه را تخلخل گویند. هرچه

۱- شامل نیروهای کششی، فشاری و خمشی

تخلخل یک جسم کم تر باشد، آن جسم متراکم تر است.

— جذب آب: مقدار آبی را که توسط یک بدنه‌ی پخته شده جذب می‌شود، میزان جذب آب گویند. هر قدر یک بدنه از تراکم بیشتری برخوردار باشد، جذب آب آن کمتر خواهد بود.

— انقباض پخت: انقباض یک بدنه‌ی خشک شده پس از پخت نهایی را انقباض پخت گویند. انقباض پخت تابع دمای پخت تغییر می‌کند.

— انقباض کل: انقباض یک بدنه‌ی خام، پس از پخت نهایی را انقباض کل گویند.

— مدول گسیختگی (استحکام خمشی خام): معیاری جهت سنجش مقاومت خمشی یک قطعه‌ی سرامیکی در مقابل شکستن است.

— رنگ پس از پخت: رنگ یک قطعه‌ی سرامیکی را پس از پخت گویند.

— انبساط حرارتی: انبساط ماده را بر اثر افزایش دما گویند. (انبساط طولی یا حجمی در اثر افزایش دما را به ترتیب انبساط حرارتی طولی و انبساط حرارتی حجمی آن ماده گویند).

— نیمه شفافیت (ترانسپارنتی): میزان عبور نور از یک قطعه‌ی با قابلیت عبور نور را نشان می‌دهد. هر چه میزان عبور نور بیشتر باشد، شفافیت قطعه بیشتر خواهد بود.

— ترانسپارنتی: مواد با میزان عبور نور زیاد را ترانسپارنت گویند، (مثل شیشه‌ی پنجره) و این خاصیت ترانسپارنتی نامیده می‌شود.

۳-۱- خواص شیمیایی

خواص شیمیایی بدنه‌های سرامیکی، شامل موارد زیر است:

— آنالیز شیمیایی: خاصیت مهمی که یک سرامیست برای ارزیابی و کار با مواد اولیه سرامیکی باید به آن بپردازد، آنالیز شیمیایی مواد اولیه سرامیکی است.

در آنالیز شیمیایی یک ماده اولیه سرامیکی معمولاً مقدار اکسیدهای زیر تعیین می‌شود:

Na_2O ، K_2O ، MgO ، CaO ، TiO_2 ، Fe_2O_3 ، Al_2O_3 ، SiO_2

از بین اکسیدهای موجود در یک ماده‌ی اولیه، برخی مطلوب و برخی نامطلوب (ناخالصی) هستند. برای مثال TiO_2 و Fe_2O_3 در مواد اولیه‌ی سرامیک به عنوان ناخالصی تلقی می‌شوند.

— pH: مقدار اسیدی و یا قلیایی بودن مواد اولیه یا آمیز آماده‌سازی شده را نشان می‌دهد.

— نمک‌های محلول: نشان‌دهنده‌ی میزان نمک‌های محلول در آمیزهای سرامیکی آماده‌سازی شده است. نمک‌های محلول مانند CaSO_4 (حلالیت در آب حدود ۸g/l) و NaCl (حلالیت در آب حدود ۳۵g/l)

— سختی آب: میزان کاتیون‌های کلسیم (Ca^{++}) و منیزیم (Mg^{++}) موجود در آب را نشان

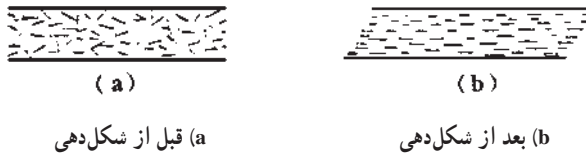
می دهد.

— تعویض یونی^۱: تعویض بعضی از یون‌های موجود در ساختمان رسی‌ها مانند Mg^{2+} و Ca^{2+} با یون‌هایی نظیر Na^+ و K^+ تبادل یونی یا کاتیونی نامیده می‌شود.

۴-۱- بافت بدنه

در بافت بدنه‌های سرامیکی، رفتارهای زیر مشاهده می‌شود:

— جهت‌گیری ترجیحی ذرات^۲: رسی‌ها به دلیل شکل خاصی که دارند (ذرات صفحه‌ای شکل) در راستای نیرو به طور موازی جهت‌گیری می‌کنند. به این نحوه از آرایش ذرات رسی، جهت‌گیری ترجیحی اتلاق می‌شود (شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱- جهت‌گیری ذرات رسی در قطعاتی که به روش پلاستیک شکل داده شده‌اند.

— حافظه‌ی گل^۳: هرگاه قطعه‌ای از یک گل رسی در حالت پلاستیک، در خلال شکل‌دهی تحت اثر نیرو تغییر شکل یافته باشد، این قطعه تمایل دارد پس از حذف نیروی شکل‌دهنده به حالت اولیه خود باز گردد. این پدیده می‌تواند خود را پس از خشک شدن یا پخت با ایجاد تغییر شکل در قطعه نشان دهد.

به‌طور کلی برای آماده‌سازی آمیزه‌های سرامیکی می‌توان سه نوع اقدام بدین شرح انجام داد:

الف: حذف و زدودن بعضی از مواد مضر موسوم به ناخالصی‌ها^۴ از مواد اولیه.

مانند: آهن و ترکیبات آن، ترکیبات تیتانیوم، کربنات کلسیم، نمک‌های محلول، اکسیدهای رنگی و عناصر قلیایی که برای کاهش هر کدام از این ناخالصی‌ها روش مناسبی به کار برده می‌شود.

ب: اضافه کردن و افزودن بعضی از مواد مفید، موسوم به افزودنی‌ها^۵، برای احراز یا بهبود برخی از خواص.

۱- Ion Exchange

۲- Preferred Orientation

۳- Clay Memory

۴- Impurities

۵- Additives

مانند : روان سازها، لخته کننده ها، چسب ها، روان کننده ها، پلاستی سائزها، عوامل تسریع کننده ی خشک شدن قطعات سرامیکی، کف سازها و ضد کف که هر کدام به تناسب به مقدار و در زمان مناسب اضافه می گردند.

ج : انجام عملیات لازم.
شامل کلسیناسیون، خردایش، تهیه دوغاب، آماده سازی گل پلاستیک و آماده سازی پودر مناسب پرس.

سوالات

- ۱- چرا آماده‌سازی مواد اولیه اهمیت دارد؟
- ۲- مواد اولیه سرامیکی به چند شکل آماده‌سازی می‌شوند؟
- ۳- اهمیت سختی یک ماده سرامیکی در چیست؟
- ۴- دانه‌بندی را تعریف کنید.
- ۵- اهمیت سیالیت یک دوغاب به هنگام ریخته‌گری در چیست؟
- ۶- کارپذیری یک بدنه سرامیکی برای چه نوع از شکل‌دهی اهمیت دارد؟
- ۷- ایجاد تغییر شکل پس از شکل دادن قطعات سرامیکی، ناشی از کدام رفتار بدنه‌های سرامیکی است؟

ناخالصی‌های مواد اولیه

- هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:
- ۱- انواع ناخالصی‌های موجود در مواد اولیه سرامیکی را نام ببرد.
 - ۲- منابع ناخالصی را نام ببرد.
 - ۳- اثر ناخالصی‌های موجود در مواد اولیه سرامیکی را در خواص بدنه‌ها تشخیص دهد.

مقدمه

همان‌گونه که در درس مواد اولیه خوانده‌اید، مواد اولیه‌ی ساخت محصولات سرامیکی به‌صورت طبیعی و معدنی بوده و از معادن خاصی، استخراج و تهیه می‌شوند. این نوع مواد به‌صورت خالص و عاری از مواد ناخالصی به ندرت یافت می‌شوند و در صورت یافتن آن‌ها به صورت خالص، مقدار آن‌ها بسیار کم و ناچیز خواهد بود، به نحوی که استخراج آن‌ها غیراقتصادی است. بنابراین، مواد اولیه سرامیکی، همگی ناخالصی داشته و فرق آن‌ها در مقدار ناخالصی‌ها و درصد و خلوص مواد اصلی است. به عبارت دیگر، مقدار ناخالصی‌های موجود در یک ماده‌ی معدنی، بیانگر کیفیت آن ماده‌ی موردنظر است و می‌توان مواد معدنی مختلف را با این معیار نسبت به هم مقایسه کرده و سنجید^۱.

۱- به عنوان مثال: دو نوع کاتولین از معادن زنوز و قره‌آغاج را به شرح زیر با هم مقایسه می‌کنیم:

کاتولین زنوز	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	L.O.I
	۷۵	۱۵/۵	۰/۴	۰/۰۵	۱/۱	۰/۲۵	۰/۰۵		۶/۷
کاتولین قره‌آغاج	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	L.O.I
	۵۶/۳۵	۲۹/۶۱	۱/۴۱	۱/۷۵	۰/۴۶	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۸۴	۹/۱۵

چنانچه دیده می‌شود، میزان Al₂O₃ که معیاری برای یک کاتولین خوب است، در کاتولین قره‌آغاج بیشتر است و نیز مقدار TiO₂

قبل از آن که روش‌های مختلف حذف ناخالصی‌ها را بیان کنیم، لازم است تعریفی از این نوع مواد ارائه کنیم:

«کلیه موادی که به نحوی باعث کاهش خلوص مواد اولیه شوند، ناخالصی نامیده می‌شوند.»

برای این که به نحوی کاهش ناخالصی و بهبود کیفیت مواد پردازیم، لازم است که این ناخالصی‌ها را شناخته و در ادامه‌ی بحث با انواع و تأثیر آن‌ها بر کیفیت محصولات سرامیکی آشنا شویم.

۱-۲- انواع ناخالصی‌ها

۱-۲-۱ آهن و ترکیبات آن: یکی از ناخالصی‌های عمده در مواد اولیه‌ی سرامیکی، آهن و ترکیبات آن است. Fe به سه شکل زیر ممکن است در مواد اولیه‌ی سرامیکی موجود باشد.

— آهن آزاد: در حین عملیات استخراج و معدن‌کاری مواد اولیه‌ی سرامیکی ممکن است، قطعات بزرگ آهن همچون مهره‌ها، پیچ‌ها، زنجیرها و ... به داخل این مواد اولیه وارد شوند. ممکن است در خلال عملیات خردایش و سایش (سنگ‌شکنی و آسیاب کردن)، ذرات آهن وارد مواد اولیه شوند. همچنین احتمال دارد در خلال عملیات فرآوری و ساخت محصولات سرامیکی، به علت مسائلی نظیر زنگ‌زدگی لوله‌های باد و آب، ذرات بسیار ریز اکسید آهن وارد مواد اولیه شود.

— به صورت یک جزء شیمیایی در کانی رسی و دیگر کانی‌ها: مانند اکسیدهای آهن شامل فرود (اکسید آهن دو ظرفیتی FeO) و اکسید فریک (اکسید آهن سه ظرفیتی Fe_2O_3)، سولفیدهای آهن (پیریت) و سولفات‌های آهن. با توجه به این که حذف کامل و صددرصد ناخالصی‌ها، از جمله ناخالصی‌های Fe و ترکیبات آن ممکن نیست، بنابراین، باید حد مجازی برای وجود آن‌ها تعیین شود. این حد مجاز در استاندارد مربوط به هر یک از بدنه‌های سرامیکی آورده شده است.

— جایگزین شدن در شبکه‌ی کریستالی: به عنوان مثال در کائولینیت به جای آلومینیم موجود در شبکه‌ی ژیبست، آهن قرار گیرد.

نقش ناخالصی‌های آهن و ترکیبات آن در بدنه‌های سرامیکی: به طور کلی وجود Fe و ترکیبات آن در بدنه‌های سرامیکی باعث به وجود آمدن دو پدیده‌ی زیر می‌شود:

— دمای پخت بدنه را کاهش می‌دهد.

— باعث کدر شدن رنگ بعد از پخت بدنه می‌شود.

این دو پدیده در تولید آجرهای ساختمانی و محصولات مشابه (همانند محصولات سفالی) مفید است، زیرا ایجاد رنگ زرد و یا قرمز، اغلب از نظر ظاهر زیبا و مطلوب است و همچنین باعث

کاهش دمای پخت بدنه و صرفه جویی در مصرف انرژی می‌شود، لذا برای تولید آجر و محصولات مشابه از مواد رسی که دارای ترکیبات آهن زیادی هستند، استفاده می‌شود.

Fe و ترکیبات آن، رنگ بدنه‌های سفید پخت (چینی مظروف) را کدر می‌کند و دمای کاربرد بعضی از دیرگدازها (نسوزهای آلومینایی) را پایین می‌آورد.

میزان اکسید آهن در چینی استخوانی عامل کنترل‌کننده‌ی جذب نور بوده به نحوی که میزان زیادتر اکسید آهن شفافیت چینی استخوانی را کاهش می‌دهد.

۲-۱-۲- ترکیبات تیتانیم: اکسید تیتانیم (TiO_۲) به شکل روتایل و آناتاز در مواد اولیه سرامیکی، خصوصاً در مواد رسی وجود دارد.

عمده مشکل و عیبی که ترکیبات تیتانیم در محصولات سرامیکی ایجاد می‌کنند، تیره کردن رنگ سفید این محصولات پس از پخت است.

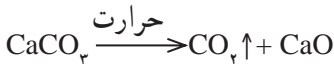
گرچه اکسید تیتانیم به خودی خود دارای رنگ سفید است، اما بر شدت رنگ اکسیدهای فلزی به‌ویژه اکسیدهای آهن می‌افزاید.

هنگامی که ترکیبات تیتانیم به‌عنوان یک ناخالصی در مواد اولیه سرامیکی ظاهر می‌شود، این مواد افت کیفیت پیدا می‌کنند.

۳-۱-۲- کربنات کلسیم: کربنات کلسیم به صورت کانی کلسیت (با فرمول CaCO_۳) در سنگ آهک، ماربل و گچ و همچنین به‌عنوان یک جزء عمده و اصلی در مارل‌ها (مخلوط مواد رسی و سنگ آهک) وجود دارد.

وجود ذرات درشت کربنات کلسیم، در بدنه‌های سرامیکی می‌تواند بنابه دلیل زیر بسیار مضر باشد:

در خلال پخت بدنه‌های سرامیکی، کربنات کلسیم طبق فرمول زیر به دی‌اکسید کربن (CO_۲) و اکسید کلسیم (CaO) یا آهک زنده تبدیل می‌شود:



در این حالت، دی‌اکسید کربن از بدنه خارج شده و اکسید کلسیم در بدنه باقی می‌ماند. بنابراین آهک زنده (CaO) در تماس با رطوبت یا آب تبدیل به هیدروکسید کلسیم (Ca(OH)_۲) خواهد شد که همراه با آزاد کردن گرما بوده در نتیجه باعث انبساط بدنه می‌شود. در صورتی که ذرات آهک درشت باشند، (در ابعاد میلی‌متری که در خلال عملیات آماده‌سازی مواد رسی آسیاب نشده باشد) ممکن است سطح بدنه را خرد کنند (نظیر آلوتک در آجر)، در صورتی که ذرات آهک کوچک باشند، (حتی اگر به‌طور یکنواخت هم در مواد رسی مخلوط شده باشد) باعث ترک خوردن و شکاف بدنه می‌شوند.

۴-۱-۲- نمک‌های محلول: بعضی از نمک‌های محلول معمولاً در مواد اولیه‌ی
سرامیکی (فرآوری نشده) وجود دارند به نحوی که آماده‌سازی دوغاب‌های ریخته‌گری را با مشکل
مواجه می‌کنند.

نمک‌های محلول موجود در مواد اولیه‌ی سرامیکی عبارت‌اند از:
سولفات کلسیم، سولفات منیزیم، سولفات آلومینیم، سولفات آهن، سولفات پتاسیم و سولفات
سدیم.

وجود نمک‌های محلول، آثار سوء زیر را در محصولات سرامیکی بر جای می‌گذارند:
- ایجاد پدیده‌ی شوره زدن، (مثلاً روی کاشی)
- ایجاد پدیده‌ی رسوب نمک روی سطح قطعه، (بعد از گذشت زمان)
- ایجاد پدیده‌ی ذوب موضعی.

زمانی که نمک‌های محلول در قطعات شکل داده شده وجود داشته باشند، تمایل دارند همراه
آبی که به هنگام خشک شدن از قطعه خارج می‌شود، به سطح رویی قطعه بیایند و همان‌طور که آب
تبخیر می‌شود، نمک‌ها روی سطح قطعه باقی می‌مانند. در خلال پروسه‌ی پخت، تجمع نمک‌ها
به عنوان یک کمک ذوب موضعی، باعث ایجاد ذوب موضعی می‌شود. نمک‌هایی که در خلال
پروسه‌ی خشک شدن به سطح قطعه‌ی خام نمی‌آیند، چنین آثاری را در خلال تر شدن و خشک
شدن مجدد قطعات پخته شده (پس از پخت) از خود نشان می‌دهند و آثار مشابهی از رسوب نمک
در سطح قطعه (علی‌الخصوص در آجرها) پدیدار می‌شود.

۵-۱-۲- اکسیدهای رنگی: اکسید فلزاتی همچون کروم، منگنز، مس، تیتانیم، منیزیم و
آهن که در مواد اولیه‌ی سرامیکی وجود دارند، باعث تغییر رنگ سفید بدنه شده و بدنه‌های تیره و کدر
تولید می‌کنند. بسته به میزان اکسیدهای فلزی در مواد اولیه‌ی سرامیکی، شدت تیرگی بدنه‌ها متغیر
خواهد بود و به مقدار قابل ملاحظه‌ای دمای پخت بدنه کاهش می‌یابد.

۶-۱-۲- عناصر قلیایی: عناصر قلیایی و ترکیبات آن‌ها در پایین آوردن دمای پخت
بدنه، نقش اصلی را ایفاء می‌کنند و پایین آمدن نقطه‌ی ذوب بدنه، میزان شیشه‌ای شدن یک قطعه‌ی
سرامیکی را افزایش می‌دهد. شیشه‌ای شدن یک قطعه آثار زیر را به دنبال دارد، بنابراین وجود این
عناصر، از اهمیت خاصی برخوردار است:

- کاهش میزان تخلخل بدنه
- کاهش میزان جذب آب بدنه
- کاهش انبساط حرارتی

به خاطر اهمیت این عناصر، اطلاع از میزان آن‌ها در آنالیز شیمیایی مواد اولیه لازم است
و میزان مجاز برای بدنه‌های مختلف می‌بایست ارائه شود. به‌طور مثال در آمیز بدنه‌های پیرسلانی

مجموع قلبایی‌ها کم‌تر از ۱/۵ درصد می‌باشد.

۷-۱-۲- ناخالصی‌های کائولین: کائولینی که از معادن مختلف استخراج می‌شود، قبل

از تصفیه و تغلیظ دارای ناخالصی‌های زیر است:

- کوارتز (عمدتاً به صورت کوارتز آزاد)
- میکای سدیم‌دار (پاراگونیت)
- میکای پتاسیم‌دار (موسکویت)
- آهن و ترکیبات آن (عمدتاً Fe_2O_3 به شکل هماتیت)
- اکسید تیتانیم (عمدتاً به شکل روتایل)
- ترکیبات کلسیم (شامل: کربنات کلسیم و آهک)
- ترکیبات منیزیم (شامل: کربنات منیزیم و اکسید منیزیم)
- مونت موری لونیت
- فلدسپار

علاوه بر آثار سوئی که هر یک از ناخالصی‌های بحث شده در موضوعات ۱-۱-۲ تا ۶-۱-۲

در بردارند، بقیه‌ی ناخالصی‌های کائولین دارای آثار سوء زیر هستند:

- **مونت موری لونیت:** از آن‌جا که این کانی یک ماده‌ی رسی منبسط شونده بوده و این موضوع به علت جذب آب در شبکه‌ی ساختمانی این کانی است، بنابراین، وجود این ماده در کائولین، به ترتیب ویسکوزیته و زمان پرس کردن را تغییر می‌دهد. (یعنی آن‌ها را از حد مجاز خارج می‌سازد.)

وجود حتی ۱٪ از این کانی، می‌تواند در فرآیند ریخته‌گری دوغاب، تأثیر عمده‌ای بر جای گذارد زیرا دارای انقباض خشک بالایی است. بنابراین، مقدار زیاد این ماده، باعث ایجاد معایبی در حین خشک شدن بدنه می‌شود.

- **کربنات کلسیم و منیزیم:** این مواد باعث عدم روان‌سازی دوغاب و در نتیجه کاهش پلاستی‌سیتیته‌ی مواد اولیه می‌شوند.

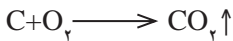
- **موسکویت (یا میکای پتاسیم‌دار):** با توجه به ساختمان ورقه‌ای شکل موسکویت، پدیده‌ی لایه لایه شدن و جهت‌گیری ترجیحی ذرات مواد رسی در اکستروژن افزایش می‌یابد.

۸-۱-۲- ناخالصی‌های بال کلی: با توجه به یکسان بودن منبع تشکیل بال کلی و کائولین،

ناخالصی‌های کائولین می‌تواند در بال کلی نیز یافت شود. و با توجه به تفاوت تشکیل بال کلی نسبت به کائولین، که بال کلی در زمین‌های باتلاقی و مردابی به وجود می‌آیند ناخالصی‌هایی مانند ترکیبات آلی (که از بقایای جانداران و گیاهان منشأ گرفته) و آهن به صورت عمده در آن‌ها یافت می‌شوند. وجود مواد آلی تأثیرات مثبت و منفی در بال کلی‌ها بر جای می‌گذارد:

تأثیر مثبت: مواد آلی موجود در افزایش پلاستی سیتته‌ی خاک، مفید است. همچنین مواد آلی در بال کلی‌ها، به عنوان عامل روانساز (دفلوکولانت) در دوغاب عمل کرده و به بدنه استحکام خام می‌بخشد.

تأثیر منفی: با توجه به ضرورت سوختن مواد آلی و واکنش آن‌ها با اکسیژن و کند بودن نفوذ اکسیژن و خروج گاز دی‌اکسید کربن (محصول احتراق مواد آلی) از بدنه‌های در حال پخت، مجبوریم زمان بیش‌تری صرف کنیم تا اجازه‌ی سوختن مواد آلی و خروج محصول واکنش داده شود.



در صورت عدم سوختن کامل مواد آلی فرآیند احیا باعث می‌شود تا ترکیبات آهن موجود، باعث تیرگی بدنه شود. در این صورت عیوبی نظیر مغز سیاه و بادکردگی بدنه و سوزنی شدن لعاب، ایجاد می‌شوند. لازم به توضیح است در صورت عدم احتراق کامل ترکیبات آلی، اکسید آهن دو ظرفیتی (FeO) موجود در بدنه به اکسید آهن سه ظرفیتی (Fe₂O₃) تبدیل می‌شود. با توجه به این که FeO فاز ی دیرگداز ولی Fe₂O₃ فاز گداز آور است، عدم احتراق کامل مواد آلی باعث کاهش دمای پخت بدنه خواهد شد.

به دلیل وجود سولفات در بال کلی‌ها که در هنگام پخت به دی‌اکسید گوگرد (SO₂) و تری‌اکسید گوگرد (SO₃) تبدیل می‌شود، عیوبی نظیر سوزنی روی لعاب ایجاد می‌شود.

۹-۱-۲- ناخالصی‌های سیلیس: سیلیس‌هایی که از معادن مختلف استخراج می‌شوند، دارای ناخالصی‌های زیر هستند:

- آهن و ترکیبات آن
- عناصر قلیایی و قلیایی خاکی و ترکیبات آن‌ها
- ناخالصی سطحی سنگ‌های معدنی کوارتز (سنگ آهک)
- جدول (۱-۲ ضمیمه آخر کتاب)، انواع ناخالصی‌های مواد اولیه سرامیک و آثار آن‌ها را نشان می‌دهد.

۱-۱-۲- ناخالصی‌های فلدسپارها: در انواع فلدسپارها ناخالصی‌های زیر موجود است:

- کوارتز
- میکا
- آهن و ترکیبات آن
- اکسید تیتانیم

سوالات

- ۱- ضرورت بهبود کیفیت (کاهش ناخالصی‌ها) در مواد اولیه چیست؟
- ۲- آهن آزاد چگونه وارد مواد اولیه می‌شود؟
- ۳- نقش ناخالصی‌های آهن و ترکیبات آن در مواد اولیه و بدنه‌های سرامیکی چیست؟
- ۴- اثر کربنات کلسیم در خلال پخت یک بدنه سرامیکی چیست؟
- ۵- نمک‌های محلول چه آثار سوئی در بدنه برجای می‌گذارند؟
- ۶- مواد آلی چه آثاری در بدنه‌های سرامیکی ایجاد می‌کنند؟
- ۷- پنج مورد از ناخالصی‌های کائولین را نام ببرید.
- ۸- اکسیدهای رنگی را نام برده و آثار آنها بر بدنه را شرح دهید.

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^۱: 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^۲: استخراج مغزه‌هایی^۳ 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^۱ 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^۲ 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 معادن، به روش کنده‌کاری با دست و به وسیله‌ی بیل‌های مکانیکی یا پنوماتیکی^۳ انجام پذیرفته، سپس قطعات مواد به دست آمده از لایه‌های مختلف دسته‌بندی^۴ می‌شوند.

ب: معدنی که سطح مواد رسی اکتشاف شده در آن یکنواخت است به وسیله‌ی ماشین حفار گودبرداری^۵ همراه با ماشین‌آلات حفاری (چون دراگ لاین^۶، شاول^۷، اسکیمر^۸ 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^۱ 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^۲ 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^۳: 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^۱ : در این روش آب با قدرت بسیار زیاد^۲ 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^۳، 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^۴ 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 فلدسپاریتاسیم، 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^۱:** 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 اکسترودر 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.^۲

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.

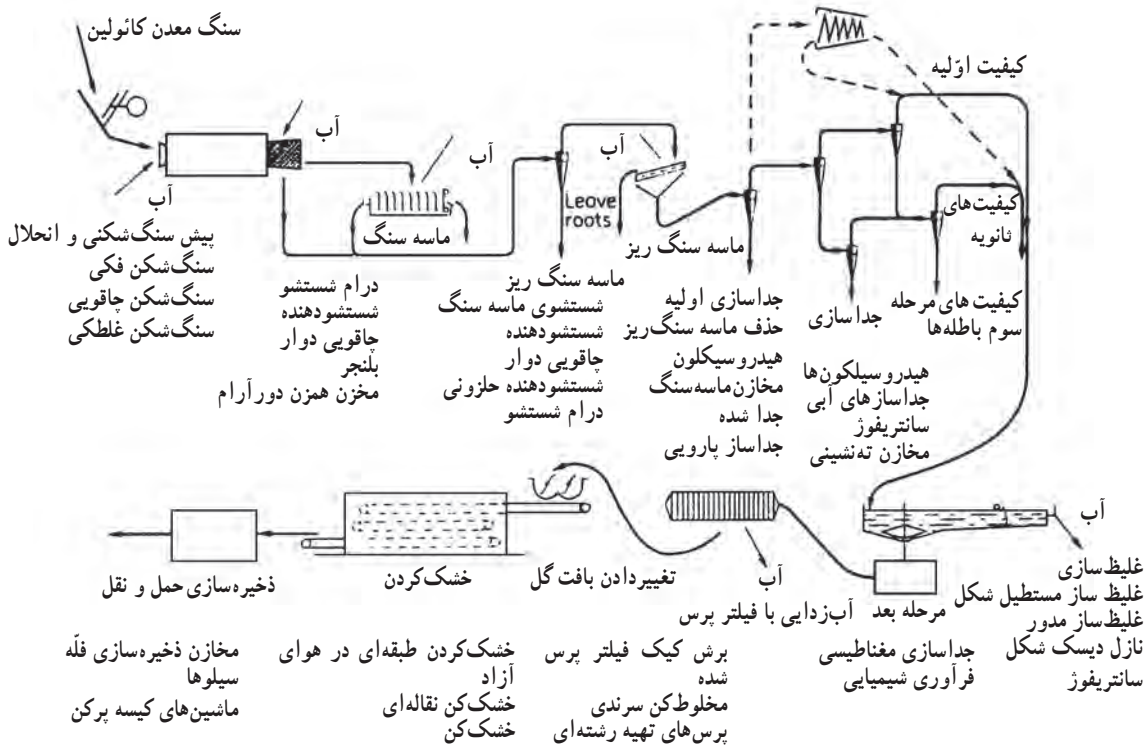
۱- Nodded

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 ریزبودن 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^۱ 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

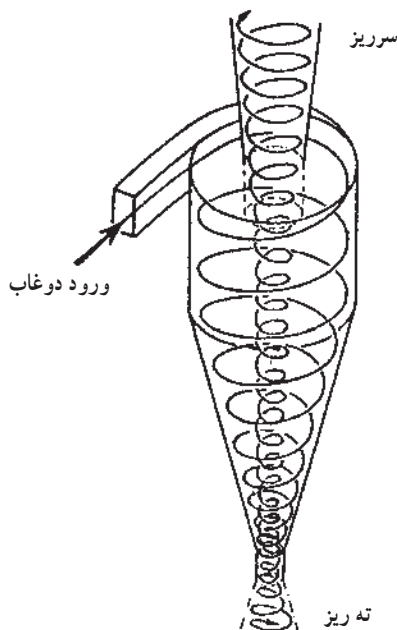
- نیروی کار زیاد (بالا بودن هزینه‌ی کارگری)

- 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.

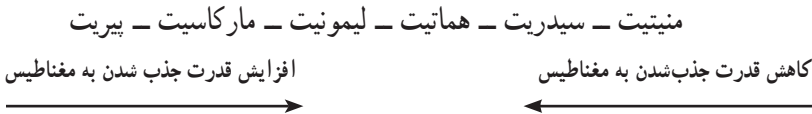
— پودر کردن : با توجه به وجود رطوبت نسبی (کمتر از ۱۰ درصد) به جهت جلوگیری از چسبیدن کلوخه‌های فرآوری شده به فک‌های سنگ شکن و یا جداره‌ی بال میل، معمولاً رطوبت

خاک را ابتدا کاهش داده و سپس فرآیند پودر کردن انجام می‌گیرد.
پس از فرآیند پودر کردن با کمک جداکننده‌های هوایی^۱، 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^۲، یا نوار نقاله‌ی مغناطیس شده (که مغناطیس در بالای نوار قرار دارد^۳) 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

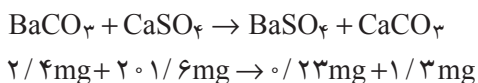
۳- Overhead Magnetics

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 (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 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 ml آب در دمای 18°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^۱.

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^۱: 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^۲). 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^۱ تهیه 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.

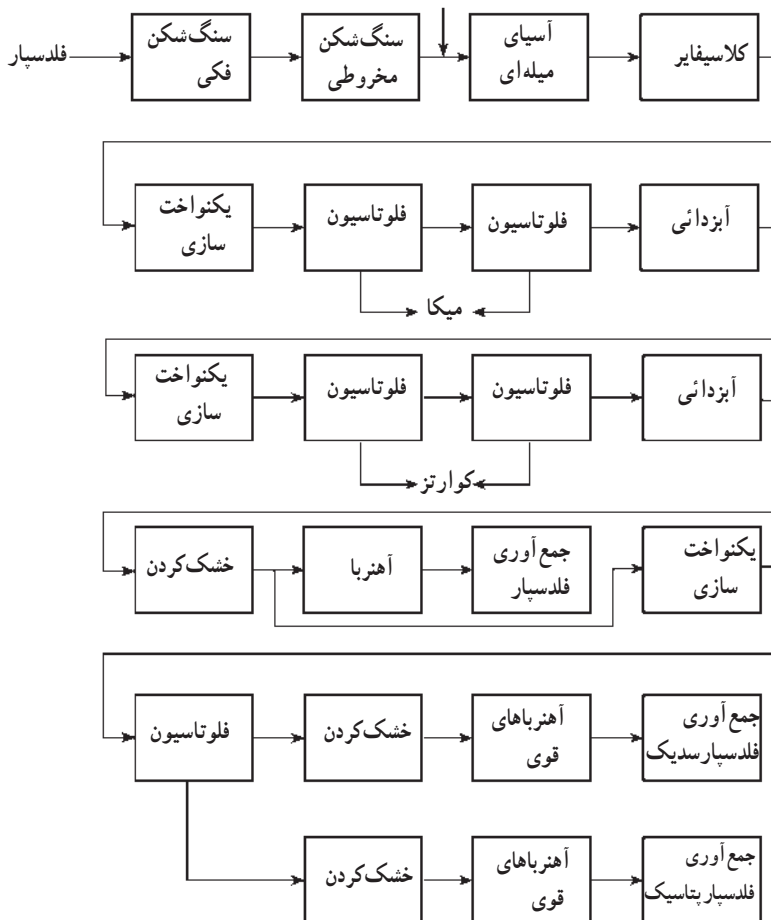
اولین مرحله در کانه‌آرایی فلدسپارها، خرد کردن و سپس سنگ جوری آن‌ها می‌باشد. سپس با کمک آسیا کردن، دانه‌بندی فلدسپار به اندازه‌ی مورد نظر رسیده و کانه‌آرایی با فلوتاسیون پی‌گیری می‌شود. اولین مرحله‌ی فلوتاسیون، شناورسازی میکا است، به نحوی که بخشی از ناخالصی‌های آهن‌دار همراه میکا به روی سطح آمده، در حالی که فلدسپار و سیلیس به طرف پایین حرکت می‌کند. این مواد (فلدسپار و سیلیس) به مجموعه‌ای از مخازن آماده‌سازی^۴ 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^۱ به صورت رگه‌های مجزا در سنگ‌های اولیه^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.

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 (کوارتزیت): 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 آتشفباری قرار می‌گیرد.

فلینت^۱ 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)^۲ 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.

خردایش مواد اولیه سرامیکی

هدف های رفتاری : از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل بتواند :

- ۱- خردایش را تعریف کند.
- ۲- عوامل مؤثر بر خردایش را توضیح دهد.
- ۳- مکانیزم های خردایش را توضیح دهد (ضربه - سایش - برخورد).
- ۴- اصول سنگ شکنی را توضیح دهد.
- ۵- سختی و اندازه ی سنگ هایی را که باید شکسته شوند، تشخیص دهد.
- ۶- انواع سنگ شکن ها را نام ببرد.
- ۷- اصول آسیا کردن را توضیح دهد.
- ۸- موارد استفاده آسیا را توضیح دهد.
- ۹- انواع آسیاها را نام ببرد.

مقدمه

بسیاری از خواص بدنه های سرامیکی در دو حالت خام و پخته به ترکیب آن مواد بستگی دارد. اما تقریباً با اهمیتی معادل اهمیت ترکیب مواد اولیه، اندازه و شکل ذرات این مواد در خواص نهایی بدنه های خام و پخته مؤثر است.

به عنوان مثال خواصی همچون پلاستیسیته، استحکام مکانیکی و ... به اندازه ی دانه های مواد اولیه به حالت پودر بستگی دارند. ارتباط خواص مهم بدنه ها و محصول نهایی با اندازه ی دانه های مواد اولیه، یک سرامیست را وادار کرده است که درباره ی رسیدن به اندازه های مورد نظر و کنترل آن ها اقدام های لازم و ضروری را به کار بندد. بنابراین، باید روش هایی را برای دانه بندی مناسب ذرات مواد اولیه سرامیکی به کار گرفت تا هدف نهایی حاصل شود.

در این فصل، به روش هایی که اندازه مورد نظر را برای ذرات پودری شکل مواد اولیه

سرامیکی ایجاد می‌کند، اشاره خواهد شد.

۱-۴- خردایش

«کلیه‌ی مراحل کاهش ابعاد مواد اولیه‌ی سرامیکی از ابعاد طبیعی پس از استخراج تا دانه‌بندی مورد نیاز برای ساخت محصولات سرامیکی را خردایش گویند.»

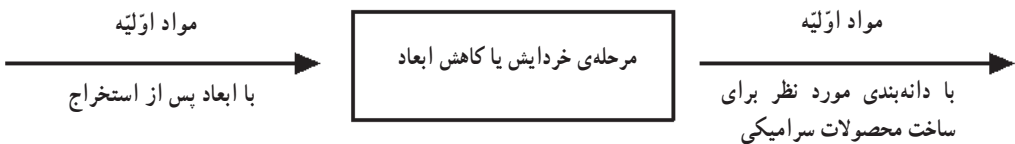
کاهش ابعاد و خردایش مواد اولیه‌ی سرامیکی از جهات زیر دارای اهمیت است:

– سهولت و امکان پذیر کردن شکل دادن قطعات و محصولات سرامیکی. شکل پذیری و قابلیت یک قطعه‌ی سرامیکی با ریزدانه بودن آن نسبت مستقیم دارد. مواد با دانه‌های بزرگ‌تر و درشت‌تر را به راحتی نمی‌توان شکل داد و در اکثر مواقع شکل مورد نظر با ابعاد کوچک‌تر ممکن خواهد بود. تا جایی که شکل دادن قطعات سرامیکی با مواد اولیه دانه‌درشت ممکن نخواهد بود.

– در صورتی که توزیع ابعاد ذرات مواد اولیه سرامیکی به‌طور مناسب کاهش داده شده باشد، دانسیته و دیگر خواص ساختمانی و بافت^۱ مطلوب در بدنه ایجاد خواهد شد.

دانه‌بندی مواد اولیه‌ای که در ساخت انواع محصولات سرامیکی به کار می‌روند، بسیار ریز و معمولاً حدود ۵۰٪ آن‌ها زیر ۱۰ میکرون است. در صورتی که مواد اولیه استخراج شده از معادن دارای ابعاد بسیار بزرگی باشند بهتر است در چند مرحله به دانه‌بندی مورد نظر تقلیل یابند.

مراحل کاهش ابعاد در شکل ۱-۴ خلاصه شده است.



شکل ۱-۴- مراحل کاهش ابعاد اولیه

کلوخه‌ها و سنگ‌های استخراج شده از معادن می‌توانند دارای ابعاد حدود چند دسیمتر (تا ۵۰ سانتی‌متر) باشند که باید نهایتاً به ابعاد چند میکرون (حداکثر ۶۰ میکرون) تبدیل شوند. بنابراین نمی‌توان فقط در یک مرحله ابعاد مواد اولیه استخراج شده را کاهش داد تا به دانه‌بندی مورد نظر برسد. دلیل این مطلب برمی‌گردد به:

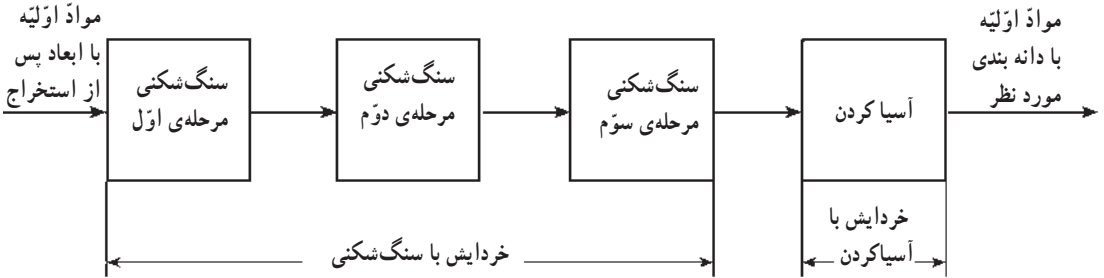
– محدودیت‌ها و ویژگی‌های انواع سیستم‌ها و ماشین‌آلات خردایش

– ابعاد اولیه بسیار بزرگ مواد خردشونده

بر اساس نوع مواد اولیه حداکثر در چهار مرحله، کاهش ابعاد صورت می‌پذیرد (شکل

۲-۴).

به طوری که تعدادی از مواد اولیه تمام مراحل خردایش را طی می‌کنند (مانند فلدسپار و کوارتز) و بعضی دیگر فقط تعدادی از تمام مراحل خردایش را طی می‌کنند (کلوخه‌های کائولین و ...).



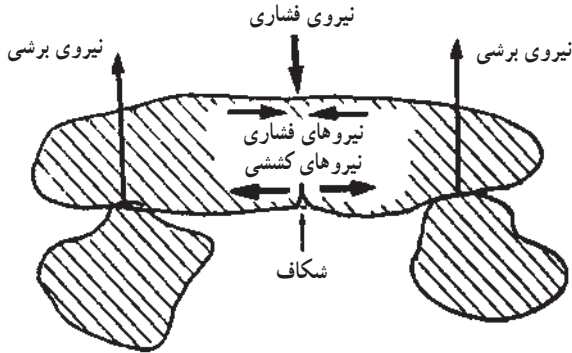
شکل ۲-۴- مراحل کاهش ابعاد مواد اولیه

۲-۴- مکانیزم خردایش

با توجه به سختی بالای مواد اولیه‌ی سرامیکی باید در خردایش آن‌ها انرژی کافی برای شکست اتصالات بین ذره‌ای اعمال شود. این انرژی باید از انرژی بین ذرات ماده بزرگ‌تر بوده به نحوی که بر قدرت اتصالات بین ذرات غلبه کرده تا ترک در قطعه پدید آید. این ترک در طول قطعه گسترش یافته تا جایی که قطعه کاملاً می‌شکند.

سنگ‌ها دارای ساختمان غیرهمگن با مناطق ضعیف و دارای ترک، گسیختگی و حفره هستند. هنگامی که نیروی فشاری به یک مقدار بحرانی رسید، اولین ترک‌ها در مناطق ضعیف‌تر ظاهر می‌شود. وقتی که بر اثر فشار، اولین قسمت ترک تشکیل شد، این ترک به سرعت در قطعه گسترش می‌یابد تا نهایتاً به شکستن قطعه بیانجامد. در ضمن هرچه سرعت اعمال نیرو سریع‌تر باشد شکست مواد اولیه‌ی سرامیکی سریع‌تر اتفاق افتاده یعنی سرامیک‌ها در مقابل ضربه ضعیف‌تر از فشار هستند.

با روش‌های مختلف اعمال نیرو می‌توان پیوند بین ذرات یک ماده را گسست. یکی از روش‌ها، اعمال نیروی فشاری بر یک قطعه است. این اعمال فشار می‌تواند، خود موجب نیروهای بُرنی و کششی شود (شکل ۳-۴). این نیروها که به دنبال نیروی فشاری در قطعه به وجود می‌آیند، «به نیروهای ثانویه» موسوم هستند.



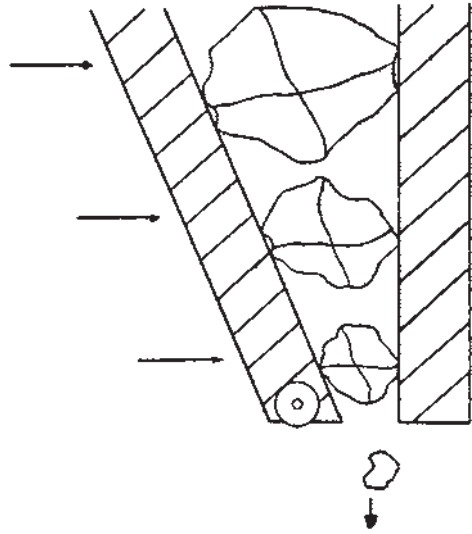
شکل ۳-۴- نمایش ایجاد نیروهای ثانویه در ماده

مواد تحت نیروهای فشاری، برشی و کششی، عکس‌العمل‌های مختلفی از خود نشان می‌دهد. بنابراین یک قطعه می‌تواند، علاوه بر اینکه تحت نیروی فشاری می‌شکند، تحت نیروهای برشی و کششی نیز گسیخته شود. به عبارت دیگر، می‌توان گفت که: شکست به وسیله‌ی برش و کشش یک نتیجه‌ی ثانویه از اعمال نیروی فشاری است.

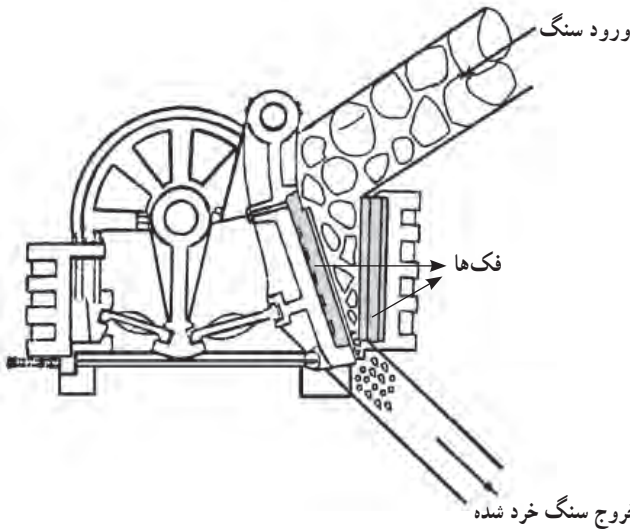
در حال حاضر هیچ روش تجاری وجود ندارد که از اعمال نیروهای کششی برای شکستن سنگ‌ها و مواد اولیه استفاده شود. در حالی که آزمایش‌های انجام‌شده نشان داده است که مقاومت کششی اکثر مواد اولیه سخت‌سرامیکی ممکن است تا حدود یک هزارم مقاومت فشاری آن ماده باشد. این موضوع نشان می‌دهد در صورتی که بتوان از اعمال نیروی کششی برای شکستن یک ماده استفاده کرد، انرژی زیادی در مرحله خردایش صرفه‌جویی خواهد شد و شکستن به راحتی انجام می‌پذیرد.

با توجه به اینکه اعمال نیروهای ضربه‌ای، اصل اساسی در عملکرد ماشین‌آلات خردکننده است، بنابراین، کلیه ماشین‌آلات خردکننده براساس اعمال سریع فشار (ضربه) طراحی می‌شوند و با روش‌های زیر، نیروهای ضربه‌ای را به قطعات منتقل می‌کنند. سه روش اصلی خردایش مواد اولیه سرامیکی، عبارتند از:

الف) شکستن تحت فشار (سنگ‌شکنی)^۱: در این روش، نیروی فشاری توسط دو صفحه به قطعات خردشونده که مابین دو صفحه قرار گرفته‌اند، اعمال می‌شود، و پس از اعمال نیروی فشاری و افزایش آن به حد کافی شکست در قطعه اتفاق می‌افتد. در این روش، نیروی فشاری آهسته و به تدریج به قطعه وارد می‌شود (شکل‌های ۴-۴ و ۴-۵).

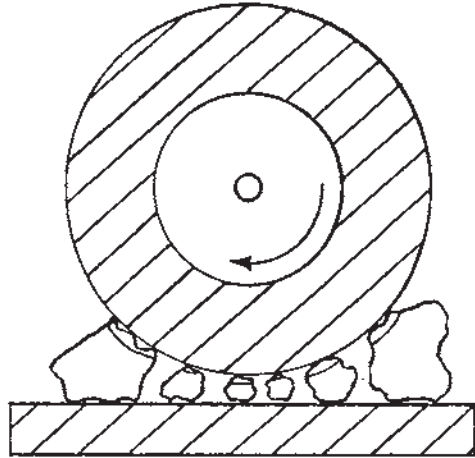


شکل ۴-۴- خردایش توسط سنگ شکن فکی



شکل ۴-۵- سنگ شکن فکی

ب) خردایش بر اثر سایش^۱: در این روش کاهش ابعاد به کندی صورت می‌پذیرد ولی ذرات نرم به دست می‌آید. همچنین توزیع دانه‌بندی محصولات آسیا شده از محصولات سنگ شکنی شده وسیعتر است (شکل‌های ۴-۶ و ۴-۷). به طوری که بر اثر پدیده‌ی بریده شدن، کنده شدن، تراشیده شدن و ورقه ورقه شدن قطعات، دانه‌بندی مورد نظر به دست می‌آید.



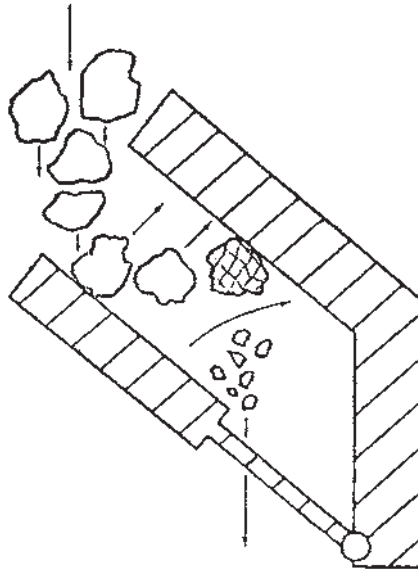
شکل ۶-۴- خردایش توسط سنگ شکن
 غلطکی (آسیای مالشی)



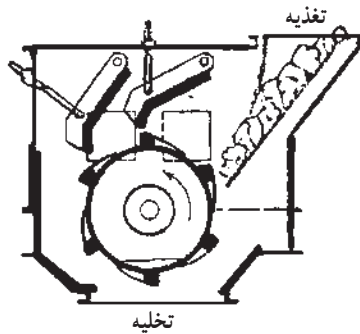
شکل ۷-۴- آسیای مالشی

ج) شکست بر اثر ضربه^۱: با توجه به ضعف سرامیک‌ها در نیروهای ناشی از ضربه، شکست در اثر اعمال ناگهانی نیروی ضربه در ضعیف‌ترین نقاط مواد اولیه اتفاق می‌افتد. بنابراین با اعمال ناگهانی نیرو این مکانیزم اتفاق می‌افتد.

در این روش، در اثر افتادن گلوله‌ها یا برخورد مواد اولیه به چکش در حال چرخش، خردایش اتفاق می‌افتد. همچنان‌که از نام این روش پیداست، اعمال نیروی فشاری سریع بوده و در مدت زمان بسیار کوتاهی نیرو به قطعه منتقل می‌شود (شکل‌های ۴-۸ و ۴-۹). سه روش خردایش اشاره شده می‌توانند در یک ماشین خردکننده به صورت انفرادی یا ادغام شده عمل کنند.



شکل ۴-۸- خردایش بر اثر ضربه



شکل ۴-۹- سنگ‌شکن چکشی

۳-۴- عوامل مؤثر بر خردایش یک ماده

بدیهی است که تمام مواد در فرآیند خردایش یکسان و همانند عمل نمی‌کنند. بعضی از آن‌ها در فرآیند خردایش، مقاومت کم‌تر و برخی دیگر مقاومت بیش‌تری از خود نشان می‌دهند.

به‌طورکلی دو عامل مهم فیزیکی در خردایش مواد دخالت دارند:

الف: سختی (که در فصل اول با آن آشنا شدید)

ب: استحکام سنگ‌شکنی (مقاومت سنگ‌شکنی^۱)

سختی مواد اولیه‌ای که باید خرد شوند از جهات مختلف، اهمیت بسزایی در خردایش آن مواد دارند. سختی مواد میزان سایش و خوردگی مکانیکی تجهیزات و ماشین‌آلاتی را که عهده‌دار امر خردایش هستند، معلوم و معین می‌کند. و به طراح این ماشین‌آلات اطلاعات کاملی در زمینه مشخصات فنی مواد سازنده‌ی آن‌ها ارائه می‌کند.

پس از آن‌که سختی یک ماده تعیین شد، عامل دیگری که در مرحله‌ی سنگ‌شکنی مؤثر است، باید مد نظر قرار گیرد، استحکام سنگ‌شکنی (مقاومت سنگ‌شکنی) ماده است. همچنان‌که قبلاً گفته شد، برای شکست یک ماده باید در آن ترک ایجاد شود و سپس این ترک گسترش یابد. مواد مختلفی که باید شکسته شوند، معمولاً در برابر نیروهای فشاری قرار می‌گیرند. مقاومت مواد در مقابل ترک‌دارشدن در برابر نیروهای فشاری را استحکام سنگ‌شکنی آن ماده گویند. بدیهی است هر چقدر یک ماده در مقابل ترک‌برداشتن مقاومت بیش‌تری از خود نشان دهد، استحکام سنگ‌شکنی آن ماده بالاتر است.

با توجه به مطالب گفته‌شده و ویژگی‌های فرآیند خردایش نکات زیر را درباره‌ی خردایش مواد می‌توان نتیجه‌گیری کرد:

– کلیه‌ی مراحل خردایش، با اعمال نیروهای مکانیکی انجام می‌شود، لذا خردایش مواد اولیه‌ی سرامیکی فرآیند مکانیکی است.

– در فرآیند خردایش اتلاف انرژی زیاد بوده و عمدتاً به‌صورت انرژی‌های گرمایی و آلودگی صوتی هدر می‌رود.

– عمر تجهیزات و ماشین‌آلات خردایش، به‌سختی مواد بستگی دارد. در نتیجه مواد سخت بیش‌تر از دیگر مواد، عمر تجهیزات و ماشین‌آلات خردایش را کاهش می‌دهند.

– با ایجاد مناطق ضعیف در مواد درشت می‌توان استحکام و مقاومت سنگ‌شکنی مواد را کاهش داد. به عنوان مثال: با کلسیناسیون توده‌ی کوارتز می‌توان در کوارتز مناطق ضعیف پدید آورد.

۴-۴- خردایش با روش سنگ شکنی

براساس مطالبی که قبلاً گفته شد، نمی‌توان ابعاد مواد اولیه را در یک مرحله از بسیار درشت تا ابعاد مطلوب برای استفاده در ساخت محصولات سرامیکی، کاهش داد. بنابراین، باید روش‌های مختلفی را شناسایی کرد تا در هر روش و مرحله، اولاً از بازدهی بالا، ثانیاً از ظرفیت خردایش کافی برخوردار باشند.

عملیات سنگ‌شکنی، مرحله‌ای از خردایش و کاهش ابعاد مواد است که قطعات بزرگ را به قطعاتی تبدیل می‌کند که برای عملیات خردایش ثانویه مناسب باشد.

معمولاً در عملیات سنگ‌شکنی نیروی فشاری که باید برای شکستن سنگ‌ها اعمال شود به تدریج به سنگ‌ها وارد می‌شود که در این صورت نوع طراحی ماشین خردکننده براساس اعمال نیروی فشاری به صورت تدریجی خواهد بود، به نحوی که سنگ بین دو سطح قرار می‌گیرد و دو سطح خردکننده در مدت زمان معین نیروی لازم را به سنگ اعمال می‌کنند. سنگ‌شکن‌های فکی و سنگ‌شکن‌های ژیراتوری از این نوع ماشین‌آلات خردکننده هستند.

در نوع دوم، نیروی فشاری برای شکستن سنگ‌ها به‌طور سریع به سنگ‌ها وارد می‌شود. در این نوع عامل خردکننده، نیروی فشاری را با اعمال ضربه به سنگ منتقل می‌کند. و سنگ بر اثر ضربه‌ی فشاری می‌شکند. سنگ‌شکن‌های چکشی ضربه‌ای از این ماشین‌آلات خردکننده هستند. در یک کارخانه‌ی آماده‌سازی مواد اولیه سرامیکی، معمولاً در سه مرحله مبادرت به سنگ‌شکنی مواد سخت سرامیکی می‌کنند که به این مراحل، سنگ‌شکنی مرحله‌ی اول، سنگ‌شکنی مرحله‌ی دوم و سنگ‌شکنی مرحله‌ی سوم می‌گویند.

در مرحله‌ی اول سنگ‌شکنی، مواد اولیه با ابعادی که از معدن استخراج شده‌اند، خردایش می‌شوند، بدیهی است که در این مرحله، سنگ‌شکن باید بتواند ابعاد بزرگی را برای خردکردن بپذیرد. سنگ‌شکن‌های فکی که معمولاً در معادن به‌عنوان سنگ‌شکن‌های اولیه به کار می‌روند، قطعات بزرگ را به ابعاد حدود ۷ سانتی‌متر تبدیل می‌کنند. (ابعاد ورودی و خروجی به نوع و ظرفیت سنگ‌شکن بستگی دارند.)

سنگ‌شکن‌های ژیراتوری^۱ که معمولاً به‌عنوان سنگ‌شکن‌های ثانویه مورد استفاده قرار می‌گیرند، ابعاد مواد را از ۷ سانتی‌متر به حدود ۲ سانتی‌متر تبدیل می‌کنند. و سنگ‌شکن‌های رولری (غلتکی) به‌عنوان سنگ‌شکن‌های مرحله‌ی سوم، ابعاد مواد را حداقل تا ۲ میلی‌متر کاهش می‌دهند. ممکن است در یک واحد آماده‌سازی همه‌ی ماشین‌آلات سنگ‌شکنی مراحل اول تا سوم موجود باشد یا فقط تعدادی از این مراحل مورد استفاده قرار گیرد، که بستگی به ابعاد موادی دارد که به واحد آماده‌سازی ارسال می‌شود.

۱- Gyrotory Crushers

۵-۴- خردایش با روش آسیاکردن

با خردایش به روش سنگ‌شکنی، به تنهایی نمی‌توان به دانه‌بندی مورد نظر دست یافت. بنابراین، لازم است، روش دیگری برای این مرحله از خردایش به کار گرفته شود. از روش آسیاکردن و یا سایش^۱ می‌توان به‌عنوان آخرین مرحله‌ی فرآیند خردایش مواد اولیه‌ی سرامیکی نام برد. در این مرحله، بر اثر ترکیبی از فشار ناشی از ضربه و سایش، به‌صورت خشک و یا تر، از ابعاد ذرات کاسته می‌شود.

به علت این‌که آسیاکردن آخرین مرحله‌ی خردایش بوده و ویژگی محصول نهایی به این مرحله بستگی دارد، بنابراین، مرحله‌ی آسیاکردن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عمل سایش و آسیاکردن در مخازن فولادی استوانه‌ای دوار که به نام آسیاهای دوار شناخته شده‌اند، صورت می‌پذیرد.

آسیاکردن در فرآوری مواد معدنی، بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهد. طبق محاسبات انجام‌شده، حدود ۵۰٪ انرژی مرحله‌ی خردایش برای آسیاکردن مصرف می‌شود. طبق تحقیقاتی که در تعدادی از کارخانه‌های در رابطه با مصرف انرژی صورت گرفته است، مشخص شده که مصرف متوسط انرژی براساس آمار زیر است:

۲/۲ کیلووات ساعت، در قسمت سنگ‌شکنی؛ ۱۱/۶ کیلو وات ساعت، در قسمت آسیاکردن (سایش)؛ ۲/۶ کیلووات ساعت، در قسمت فلوتاسیون.

در نتیجه از آن‌جا که هزینه‌ی آسیاکردن بالا است، ذرات نباید ریزتر از مقدار مطلوب شوند.

۶-۴- قابلیت سایش^۲ مواد اولیه

همچنان‌که قبلاً اشاره شد، بعضی از مواد با انرژی کم‌تر و به راحتی ساییده می‌شوند و برخی دیگر برای ساییده‌شدن به انرژی بیشتری نیاز دارند و سخت‌تر آسیا می‌شوند. برای مقایسه‌ی مواد از لحاظ قابلیت سایش باید معیاری ارائه شود. بنابراین، عبارت زیر را برای قابلیت سایش تعریف می‌کنند:

«مقدار محصول آسیا شده‌ای که از یک آسیای خاص با دانه‌بندی مشخص در یک زمان معین به دست می‌آید.»

به‌عنوان مثال: مقدار محصول آسیاشده برحسب تن که در یک ساعت از الک ۲۰۰ مش عبور می‌کند.

هدف اصلی از مطالعه قابلیت سایش مواد، تعیین و ارزیابی عوامل^۳ زیر است:

۱- Grinding

۲- Grindability

۳- عوامل مؤثر بر قابلیت آسیاشوندگی مواد عبارتند از: اندازه‌ی آسیا، نوع آسیا، سختی، الاستیسیته، تردی (چقرمگی)، کلیواژ، مدول الاستیسیته و سرعت صوت در مواد.

الف) نوع و اندازه‌ی آسیایی که برای آسیاکردن مقدار و تناژ معینی مورد نظر است.
ب) توان مورد نیاز برای آسیاکردن مواد.

براساس قابلیت سایش مواد (سایندگی) است که میزان ساییده شدن وسایل ساینده (گلوله‌ها، جداره داخلی آسیا و میله‌های آسیاها) و جداره‌ی آسیا تعیین می‌شود. به عبارت دیگر، این خاصیت تعیین می‌کند که مواد مختلف تا چه میزانی وسایل ساینده را می‌سایند.

۱-۶-۴- روش‌های تعیین قابلیت سایش: برای این که قابلیت سایش یک ماده تعیین شود، یکی از راه‌های پیشنهادی به قرار زیر است:

مقداری از ماده‌ی مورد نظر برای تعیین قابلیت سایش، وزن شده و در یک بال میل با ابعاد از قبل تعیین شده (با ابعاد خاص) ریخته می‌شود. تعداد دورهای آسیای گلوله‌ای (بال میل) برای آسیاکردن نمونه به نحوی که ۸۰٪ وزنی آن از الک ۲۰۰ مش بگذرد، شمرده می‌شود. سپس ضریب قابلیت سایش^۱ یک ماده برحسب درصد از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\text{ضریب قابلیت سایش} = \frac{500}{\text{متوسط تعداد دورهای بال میل}} \times 100$$

بدیهی است هر قدر ماده‌ای سخت‌تر باشد، متوسط تعداد دورهای بال میل برای آسیاکردن نمونه تا اندازه‌ای که ۸۰٪ وزنی آن از الک ۲۰۰ بگذرد، بیش‌تر از مواد نرم خواهد بود؛ بنابراین، از رابطه‌ی فوق نتیجه‌ی زیر را می‌توان به دست آورد:

«هر قدر ماده‌ای سخت‌تر باشد، ضریب قابلیت سایش آن کم‌تر خواهد بود.»

۷-۴- روش‌های مختلف آسیاکردن

آسیاکردن مواد اولیه‌ی سرامیکی به دو روش تر و خشک انجام می‌شود. در بیش‌تر واحدهای صنعتی، آماده‌سازی مواد اولیه‌ی سرامیکی، از روش تر (ترسابی)^۲ بهره‌برداری می‌شود. در روش تر، علاوه بر مواد اولیه پیش‌خردشده (به عنوان شارژ آسیا) و وسایل سایش (عواملی که ساییدن مواد اولیه را به عهده دارند) مقداری آب نیز در داخل آسیا ریخته می‌شود. در نتیجه سایش مواد اولیه در حضور آب صورت می‌پذیرد.

روش دیگر آسیاکردن مواد اولیه‌ی سرامیکی، روش خشک است^۱ (خشک‌سابی). از این روش در تعداد کم‌تری از واحدها استفاده می‌کنند. آلودگی محیط‌زیست عمده‌ترین مشکل این روش است. محدودیت در ریزدانه‌کردن، پایین بودن بازده سیستم سایش و مشکل بودن به کارگیری این روش در سیستم مدار بسته نیز از نقاط ضعف دیگر خشک‌سابی است.

۱- Grindability Index

۲- Wet Grinding

۳- Dry Grinding

مزایای آسیاکردن به روش تر (ترسایی) در مقایسه با روش خشک را چنین برشمرده‌اند :
— زمان سایش در ترسایی کم‌تر از زمان سایش در خشک‌سایی است ؛ پس :
— برای آسیاکردن واحد وزن (معمولاً یک تن) مواد اولیه، توان مصرفی کم‌تری مورد نیاز است.

— در عمل دیده شده است که در روش ترسایی می‌توان به ذرات ریزتری رسید.
— به‌ازای حجم مساوی از آسیا، ظرفیت آسیاکردن بالاتر است.
— استفاده از الک‌تر یا کلاسیفایرهای تر را در سیستم مدار بسته‌ی مواد ممکن می‌سازد.
— مشکل گرد و غبار را حذف می‌کند.
— استفاده از روش‌های حمل و نقل ساده، همانند پمپ‌ها، لوله‌ها و ... را ممکن می‌سازد.
— یکی از معایب آسیاهای خشک ایجاد پدیده‌ی «سطح‌نشینی گلوله‌ها» است که راندمان آسیا را کاهش می‌دهد. لذا مصرف انرژی برای سایش بالا می‌رود. ولی در آسیاکردن به روش تر این پدیده وجود نخواهد داشت. محصول نهایی ترسایی، دوغاب ریزدانه است.
برای سهولت سایش و کاهش آلودگی و گرد و غبار به مخلوط مواد اولیه آب اضافه می‌شود و حذف این آب بزرگ‌ترین نقطه ضعف روش ترسایی است.

۸-۴- نکات عمومی در واحدهای خردایش

به هنگام انتخاب نوع و اندازه‌ی ماشین‌آلات سنگ‌شکنی و آسیاکردن به نکات زیر باید توجه

کرد :

— سختی و تُردی مواد اولیه‌ای که باید شکسته شوند.
— اندازه‌ی قطعاتی که به این ماشین‌ها تغذیه می‌شوند.
— میزان رطوبت مواد
— اندازه‌ی نهایی مورد نظر برای محصولات تولیدی
— میزان و مقدار محصول مورد نیاز (ظرفیت ماشین)
— نسبت تبدیل ابعاد (نسبت ابعاد مواد ورودی به ابعاد مواد خروجی)
— نوع آلودگی‌هایی که بر اثر خوردگی مکانیکی تجهیزات و ماشین‌آلات خردایش به مواد اولیه اضافه می‌شود.

نکات دیگری که از نقطه نظر تجهیزات سنگ‌شکنی و آسیاکردن مورد نظر است، این است که آیا سیستم خردایش باید متناوب (مدار باز) کار کند و یا مداوم و پیوسته (مدار بسته). در سیستم متناوب مقداری از مواد به سیستم تغذیه می‌شود. این سیستم آن‌قدر آهسته عمل می‌کند تا تمام ذرات

به اندازه‌ی مورد نظر برسند. در بسیاری از ماشین‌ها، به علت وجود پدیده‌ی «سطح نشینی گلوله‌ها»، ذرات ریز تولید می‌شود. بنابراین، زمان و توان زیادی برای کاهش ابعاد آخرین ذرات مصرف می‌شود. در صورتی که در سیستم‌های مدار بسته، آسیا به کلاسیفایر^۱ متصل می‌شود، به نحوی که ذرات کوچک‌شده (تا زیر اندازه‌ی مورد نظر) را از سیستم خارج سازد، و ذرات بزرگ‌تر را به سیستم مدار بسته برگرداند، بدین ترتیب انرژی و توان زیادی صرفه‌جویی می‌شود.

۱- کلاسیفایرها سیستم‌هایی هستند که جداسازی ذرات را با استفاده از هوا یا مایعات (مثل آب) انجام می‌دهند.

سوالات

- ۱- اهمیت خردایش مواد اولیه سرامیکی چیست؟
- ۲- چرا نمی‌توان در یک مرحله، ابعاد مواد را به ابعاد نهایی کاهش داد؟
- ۳- اولین مرحله شکست مواد، چه مرحله‌ای است؟
- ۴- نیروهای ثانویه چه نیروهایی هستند و چگونه ایجاد می‌شوند؟
- ۵- عوامل مؤثر بر خردایش یک ماده کدام هستند؟
- ۶- ضریب قابلیت آسیاشوندگی کاتولین بیش‌تر است یا فلدسپار؟ چرا؟
- ۷- چرا راندمان آسیاهای خشک کم‌تر از راندمان آسیاهای تر است؟
- ۸- در کدام روش آسیاکردن، پدیده‌ی سطح‌نشینی گلوله‌ها مشاهده می‌شود و این پدیده چه مشکلی ایجاد می‌کند؟

افزودنی‌ها

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

- ۱- افزودنی‌ها را نام ببرد.
- ۲- اثر هر یک از افزودنی‌ها را در بهبود و اصلاح بدنه‌های سرامیکی تشخیص دهد.

۳- نحوه‌ی کاربرد افزودنی‌ها را بیان کند.

مقدمه

بعضی از خواص مورد نظر برای بدنه‌های سرامیکی آماده‌سازی شده در تک تک مواد اولیه و یا در آمیز آن‌ها وجود ندارد. بنابراین، لازم است مواد دیگری که قابلیت ایجاد خواص مورد نظر را در مخلوط مواد اولیه دارند، به بدنه‌های سرامیکی اضافه گردند. بعضی از این مواد در مراحل مختلف ساخت محصولات سرامیکی از بدنه خارج شده و نهایتاً از ترکیب محصول نهایی بیرون می‌روند.

۱-۵- افزودنی‌ها

افزودنی‌ها، مواد اصلی سازنده و تشکیل‌دهنده‌ی اجزای قطعات ساخته شده نیستند، اما در آماده‌سازی محصولات سرامیکی نقش اساسی ایفاء می‌کنند.^۱

انواع افزودنی‌ها عبارتند از:

- روان‌سازها^۲
- لخته‌کننده‌ها^۳
- چسب‌ها^۴

۱- معمولاً مقدار این مواد در آمیز مواد اولیه، کم‌تر از ۱٪ می‌باشد.

۲- Deflocculants

۳- Flocculants

۴- Binders

- روان کننده ها^۱
- پلاستی سائزرها^۲
- عوامل تسریع کننده خشک شدن قطعات سرامیکی
- کف سازها^۳
- ضد کف^۴
- ۱-۵- روان سازها^۵ :

«موادی که با حداقل آب سیالیتِ مطلوبِ دوغاب را تأمین می کنند روانساز نامیده می شوند.»

۱-۱-۵- تأثیر روان سازها : دوغاب های مورد مصرف برای شکل دهی محصولات سرامیکی (بدون روانساز) به روش ریخته گری دوغاب، معمولاً از ۴۰٪ تا ۶۰٪ (بر مبنای تر) آب دارند. بدیهی است محصول نهایی باید عاری از آب بوده و این میزان آب باید از قطعات سرامیکی خارج شود. علاوه بر آن وجود این میزان آب مشکلات زیر را نیز به همراه دارد :

- طولانی تر شدن زمان خشک شدن قطعه
 - افزایش انقباض خشک قطعه
 - خطر بروز ترک
 - کاهش سرعت ریخته گری
- پس اگر میزان آب موجود در دوغاب های ریخته گری کم تر باشد، مشکلات فوق کاهش می یابد ؛ از طرفی کاهش میزان آب نباید مانع نفوذ دوغاب در نقاط مختلف قالب شود. برای تأمین سیالیت مطلوب دوغاب و استفاده از حداقل آب از موادی تحت عنوان روانساز استفاده می شود. کاهش میزان آب تا کم تر از ۳۰٪ یا حتی کم تر از ۲۵٪، فقط با افزودن مقدار بسیار کم از روانسازها امکان پذیر است. (معمولاً مقدار روانساز از ۳٪ وزنی ماده خشک تجاوز نمی کند.)

عوامل کنترل کننده ی دوغاب عبارتند از : دانسیته، ویسکوزیته و تیکسوتروپی. و این خواص از آب و به ویژه مواد رسی موجود در مواد اولیه تأثیر پذیر هستند.

علاوه بر مسائل فوق الذکر استفاده از روانسازها مزایای زیر را در بر دارد :

- کاهش زمان آسیاکردن
- کاهش انرژی مصرفی (برای آسیاکردن و اسپری کردن)
- افزایش دانسیته ی دوغاب

۱- Lubricants

۲- Plasticizers

۳- Foaming agents

۴- Antifoaming

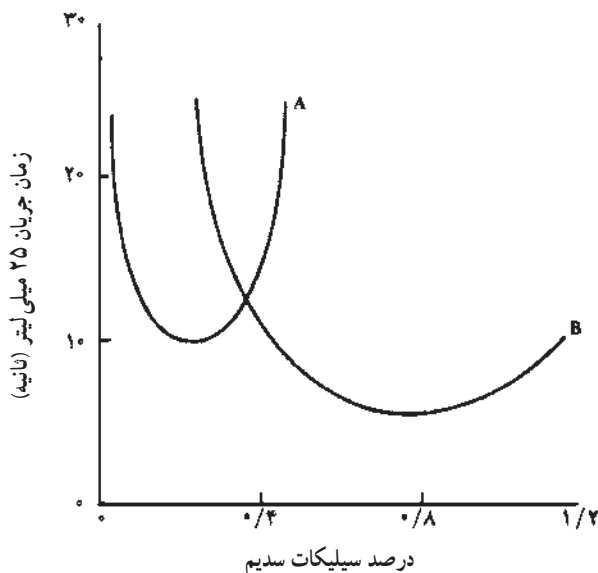
۵- Deflocculant (دفلوکولانت)، نام های دیگری برای این مواد وجود دارد که عبارتند از : سیال کننده ها (Fluidizing Medium)، عوامل سوسپانسیون ساز (Suspending Agents)

۲-۱-۵- تأثیرات روان‌ساز مطلوب بر رفتار جریانی (رئولوژیکی) دوغاب
(خواص دانسیته، ویسکوزیته، تیکسوتروپی):

- خواص یک روانساز خوب باید برای طولانی‌مدت پایدار باشد.
- پایداری دوغاب را برای مدت طولانی حفظ کند. (برای لعابکاری، لعاب برای مدت زمان طولانی پایدار باشد).
- باعث شود که سطح قطعه‌ی ریخته‌گری شده (شکل داده‌شده) صاف شود. (از شره‌کردن جلوگیری کند).

- برای لعابکاری ضخیم (مثلاً در چینی بهداشتی) تسهیل شود.
- از ته‌نشین شدن لعاب‌ها و پیگمنت‌ها (به‌ویژه در لعاب‌های فریتی) جلوگیری کند.
- رفتارهای رئولوژیکی دوغاب پس از هم‌زدن برگشت پذیر باشد.
- از محدوده‌ی روان‌سازی وسیعی برخوردار باشد. (نوسان میزان روانساز تأثیر سوء در رفتار رئولوژیکی دوغاب نداشته باشد).

۳-۱-۵- معایب / استفاده از روان‌سازها: علی‌رغم وجود مزایای قابل توجه برای استفاده از روان‌سازها، این مواد، معایب و نقاط ضعف زیر را دارند:
خارج شدن از محدوده‌ی مطلوب روان‌ساز، رفتار رئولوژیکی دوغاب را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش ویسکوزیته می‌شود. (در شکل ۵-۱ مقدار می‌نیم منحنی درصد روانساز مطلوب را نشان می‌دهد).



شکل ۵-۱- منحنی‌های ویسکوزیته - روانساز برای هر دوغاب رسی مختلف

– روان‌سازها به قالب‌های گچی صدمه می‌زنند و عمر آن‌ها را کاهش می‌دهند. (پس بهتر است درصد مطلوب این مواد در دوغاب استفاده شود).

– به علت انتقال روان‌سازها به سطح قطعه در حین خشک‌کردن، عیوبی در قطعه ایجاد می‌شوند.

– بعضی از روان‌سازها (به‌ویژه روان‌سازهای آلی) به هنگام مصرف دارای بوی نامطبوعی هستند.

۴-۱-۱-۵- انواع روان‌سازها: روان‌سازها به دو دسته‌ی عمده‌ی آلی و معدنی تقسیم‌بندی می‌شوند (جدول ۵-۱).

جدول ۵-۱- تعدادی از روان‌سازهای آلی و معدنی

آلی	معدنی
پلی‌آکریلات سدیم	هیدروکسیدسدیم
پلی‌آکریلات آمونیوم	سیلیکات سدیم
نیتрат سدیم	کربنات سدیم
سوسینات سدیم	پروفسفات سدیم
تارتارات سدیم	تترافسفات سدیم
پلی‌سولفونات سدیم	آلومینات سدیم
نیترات آمونیوم	اگزالات سدیم
دی‌اتیل‌آمین	گالات سدیم
تری‌اتیل‌آمین	تانات سدیم
پیریدین	اگزالات آمونیوم
پیریدین	هیدروکسید لیتیم
اتیل‌آمین	کربنات لیتیم
پلی‌وینیل‌آمین	آلومینات لیتیم
	سترات لیتیم

— روان‌سازهای معدنی: این روان‌سازها عمدتاً نمک‌های لیتیم و سدیم حاصل از اسیدهای ضعیف هستند، بنابراین، واکنش‌های قلیایی می‌دهند. باید توجه داشت که درصد مناسب روان‌ساز، کم‌ترین ویسکوزیته را برای دوغاب حاصل می‌کند و گذشتن از این درصد باعث فلوکولاسیون نسبی (انعقاد دوغاب) و افزایش ویسکوزیته می‌شود.

به‌طور مثال کربنات سدیم، سیلیکات سدیم و کالکُن. شکل ۱-۵ تأثیر روان‌ساز سیلیکات سدیم را بر دو نوع ماده نشان می‌دهد.

— روان‌سازهای آلی: مزایای استفاده از این نوع مواد این است که برخلاف روان‌سازهای غیرآلی، باعث ایجاد شوره بر سطح قالب‌های گچی نمی‌شوند و به‌هنگام پختِ قطعه، به‌طور کامل از بین می‌روند. عیب این مواد بوی نامطبوع و قیمت بالای آن‌ها می‌باشد.

۲-۱-۵- لخته‌کننده‌ها^۱:

لخته‌کننده‌ها موادی هستند که باعث انعقاد ذرات مواد رسی در دوغاب می‌شوند، در نتیجه ویسکوزیته دوغاب را افزایش داده و روانی دوغاب را به‌شدت کاهش می‌دهند.

هنگامی که از انواع آب برای آماده‌سازی و تهیه دوغاب استفاده می‌شود، تعدادی از یون‌ها در آب وجود دارند که همگی باعث ایجاد پدیده‌ی لختگی می‌شوند. این یون‌ها عمدتاً Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، Na^+ و Cl^- ... می‌باشند.

لازم به توضیح است در بعضی از صنایع با استفاده از دانش فنی مکانیزم لخته‌کننده‌ها، می‌توانیم مواد جامد موجود در آب را سریع‌تر رسوب داده و در نتیجه با این روش قادر خواهیم بود بخشی از آب دوغاب را از سیستم خارج کنیم. مثلاً در صنایع فیلتراسیون بعضی از دوغاب‌های سرامیکی جهت افزایش دانسیته‌ی دوغاب می‌توانیم آب را با افزودن بعضی از لخته‌کننده‌های شیمیایی جدا کنیم. در ضمن در صورت افزایش بیش از حد روان‌سازها، پدیده‌ی لختگی اتفاق خواهد افتاد، به‌طوری‌که ناروانی دوغاب به‌شدت افزایش خواهد یافت (در شکل ۱-۵ پس از می‌نیم نقطه‌ی روان‌سازی لخته‌کنندگی شروع و با افزایش مقدار روان‌ساز به حداکثر خود می‌رسد).

۳-۱-۵- چسب‌ها^۲:

در ساخت محصولات هم‌چون کاشی‌های کف و دیوار و چینی بهداشتی یا سرامیک‌های مهندسی، معمولاً از مواد اولیه‌ای استفاده می‌شود که دارای پلاستی‌سیتی کمی هستند، برای آن که کاهش پلاستی‌سیتی این گونه مواد اولیه جبران شود از مواد چسباننده‌ای استفاده می‌شود تا بین ذرات مواد اولیه چسبندگی مورد نیاز را ایجاد کنند^۳.

۱- Flocculants

۲- Binders

۳- میزان مصرف مواد اولیه در صنایع ساخت کاشی بسیار بالا است، لذا از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نخواهد بود که از مواد اولیه‌ی خوب و گران‌قیمت استفاده شود.

۱-۳-۱-۵- انواع چسب‌ها: چسب‌های مورد استفاده در صنعت سرامیک عمدتاً به دو دسته‌ی آلی و معدنی تقسیم‌بندی می‌شوند (جدول ۲-۵).

جدول ۲-۵- تعدادی از چسب‌های آلی و معدنی

معدنی	آلی
کائولین	سلولز (C.M.C)
بال کلی	صمغ عربی
بتونیت	نشاسته
سیلیکات سدیم	دکسترین
سیلیکات اتیل	آلژینات سدیم
فسفات‌های قلیایی	آلژینات آمونیوم
آلومینات سدیم	اترهای سلولز
	پلی‌وینیل‌الکل
	پلی‌وینیل بوتیرال
	پلی‌اتیلن گلیکول
	پارافین
	امولسیون‌های موم
	ملاس‌ها
	کازئین
	آرد ذرت
	ژلاتین
	گلوکز
	گلیسرین
	سولفونات لیگنین
	اسیدتانیک
	اوره

چسب‌های مورد مصرف در صنایع سرامیک در صورتی که در حضور آب در سیستم بدنه‌های سرامیکی عمل کنند می‌توانند هم به‌عنوان روان‌ساز و در صورت استفاده‌ی بیش‌تر به‌عنوان

لخته‌کننده، نقش بازی کنند. در ضمن در این حالت در صورت ماندگاری بدنه‌های دارای چسب، با توجه به حضور مواد آلی در ترکیب چسب‌ها، در اثر رشد باکتری‌ها دچار افت کیفیت خواص می‌شوند.

۲-۳-۱-۵- علت استفاده از چسب‌ها :

- به دلایل زیر چسب‌ها را در صنعت سرامیک به کار می‌برند :
- ایجاد مقاومت مکانیکی بیش‌تر در حالت خام (نیخته) برای قطعه‌ی شکل داده شده
- سهولت در جابه‌جایی و حمل و نقل قطعات شکل داده‌شده‌ی خام قبل از پخت
- بهبود خاصیت پلاستیسیته برای بدنه‌ها به منظور سهولت در شکل‌دهی
- بهبود استحکام خام لعاب و چسبندگی لعاب به بدنه

۳-۳-۱-۵- خواص چسب‌ها :

چسب‌ها باید در دماهای پایین‌تر از پخت نهایی قطعه سوخته و از بدنه خارج شوند. (لازم به توضیح است عموماً چسب‌ها از مواد آلی تشکیل و ساخته شده‌اند، لذا در دماهایی در حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰°C سوخته و از بدنه خارج می‌شوند.)

چسب بایستی در حالت خشک به هنگام انبارشدن برای طولانی‌مدت خواص خود را حفظ کند.

چسب پس از مخلوط‌شدن با دوغاب لعاب بایستی خواص رئولوژیکی دوغاب را در مدت زمان مشخصی حفظ کند.

- چسب‌ها از پدیده‌ی تیکسوتروپی جلوگیری کنند.
- چسب‌ها زمان خشک‌شدن بهینه را برای لعاب تأمین کنند.
- در رنگ بدنه و لعاب تأثیر منفی نداشته باشند.

۴-۳-۱-۵- معایب استفاده از چسب‌ها :

آن دسته از چسب‌هایی که از مواد آلی تشکیل شده‌اند در حین پخت به جهت سوختن و واکنش با اکسیژن هوا گاز ایجاد می‌کنند و موجب افزایش تخلخل بدنه شده لذا این گاز بایستی از بدنه‌ی متخلخل خارج شود تا باعث عیوبی در بدنه یا لعاب نشود.

۴-۱-۵- روان‌کننده‌ها^۱ :

روان‌کننده‌ها موادی هستند که برای کاهش اصطکاک بین سطوح قطعات در حال تماس به کار می‌روند. روان‌کننده‌ها همچنین باعث صافی سطح قطعه و چسبندگی حداقل بین سطوح در حال تماس قالب فلزی و قطعه می‌شوند.

۱-۴-۱-۵- عِلل استفاده از روان‌کننده‌ها: روان‌کننده‌ها برای دو منظور مورد

استفاده واقع می‌شوند:

– کمک برای شکل‌دهی قطعات سرامیکی علی‌الخصوص در شکل‌دهی با روش پرس و شکل‌دهی با روش اکستروژن.

– آغشته کردن سطوح قالب برای جلوگیری از چسبیدن مواد به آن‌ها.

۲-۴-۱-۵- انواع روان‌کننده‌ها: روان‌کننده‌ها از نظر حالت به دو دسته‌ی مایع و

جامد تقسیم می‌شوند.

روان‌کننده‌های جامد، مواد دانه‌ریز با ساختمان لایه‌ای^۱ و سطوح صاف هستند و برای کاهش اصطکاک مابین سطوح زبر و خشن مؤثر بوده و خصوصاً با افزایش فشار مؤثر خواهند بود. از انواع مختلف روان‌کننده‌ها می‌توان در ساخت محصولات سرامیکی استفاده کرد که عمده‌ترین آن‌ها به شرح زیر است:

– آب: آب یکی از روان‌کننده‌های طبیعی مورد استفاده برای شکل‌دهی محصولات سرامیکی به روش شکل‌دهی با دست و قالب‌گیری است.

آب و بخار آب: آب به طور موفقیت‌آمیزی برای راحتی خروج خمیر بدنه‌ی سرامیکی از دهانه‌ی اکسترودر برای ساخت آجرها، و بخار آب جهت جلوگیری از چسبیدن کاشی به قالب و دیگر محصولات نسبتاً بزرگ که دارای سطح مقطع ساده‌ای هستند، به کار می‌رود.

– انواع استتارات محلول در آب

– روان‌کننده‌های روغنی: برای اکستروژن لوله‌ها یا قطعات با شکل‌های پیچیده و برای پرس کردن قطعات و روان کردن قالب‌ها به کار می‌روند.

– روان‌کننده‌های بین‌ذره‌ای^۲: وقتی که یک بدنه، پرس خشک می‌شود، ذرات مواد اولیه باید به راحتی روی هم حرکت کنند، موادی که باعث ایجاد این سهولت می‌شوند، روان‌کننده‌های داخلی نامیده می‌شوند. بدیهی است این روان‌کننده‌ها نباید خواص کیفی بدنه‌هایی که از آن‌ها استفاده می‌کنند را کاهش دهند.

این روان‌کننده‌ها باید ویژگی‌های زیر را داشته باشند:

– بدون باقی گذاشتن هرگونه دوده یا ذوب کردن سطح قطعه، سوخته و از بدنه خارج شوند.

– در حین فرایند پخت، حداقل خلل و فرج را در قطعه ایجاد کنند.

بعضی از مواد روان‌کننده که در صنعت استفاده می‌شوند و به روغن‌های سفالگری^۳ معروف

هستند دارای مخلوط‌های زیر هستند:

۱- Laminar

۲- Internal Lubricants

۳- Pottery Oils

الف: روغن‌های نفتی و روغن‌های حیوانی^۱ (چربی)

ب: مخلوط روغن خوک و نفت سفید

ج: روغن کم‌قیمت و یک قسمت روغن‌های حیوانی (چربی) و ده قسمت روغن‌های نفتی با ویسکوزیته کم (عمدتاً برای روان کردن سطوح)

لازم به ذکر است که روغن‌های حیوانی (چربی)، یک لایه‌ی نازک محافظ بر روی سطوح فلز پرس‌کننده ایجاد می‌کنند.

۳-۴-۱-۵- خواصی که یک روان‌کننده‌ی بین‌ذره‌ای باید دارا باشد:

این مواد لازم است که به‌سادگی و سهولت در آب باز و پراکنده شوند تا از یکنواختی آن اطمینان حاصل شود. برای این منظور، روغن‌ها و صمغ‌های محلول بسیار مناسبند. این روغن‌ها شامل موارد زیر هستند:

الف: روغن‌های نفتی

ب: روان‌کننده‌های غیر روغنی: این روان‌کننده‌ها در شکل‌دهی ذرات پودری شکل مورد استفاده واقع می‌شوند و به استتارات روی، منیزیم، باریم و آلومینیم و اسید استتاریک موسومند.

۵-۱-۵- پلاستی‌سایزرها^۲:

پلاستی‌سایزرها با ایجاد لایه‌ی نازکی بین ذرات یک قطعه، پلاستی‌سیتی‌ی آن‌را افزایش می‌دهند. قابل ذکر است که اکثر چسب‌ها، خاصیت پلاستی‌سیتی‌ی بدنه را نیز بهبود می‌بخشند. لذا در بعضی موارد به جای پلاستی‌سایزر نیز قابل مصرفند.

انواع پلاستی‌سایزرها: عمدتاً به‌صورت آلی استفاده می‌شوند. البته پلاستی‌سایزهای غیرآلی نظیر فسفات‌ها و سودا نیز کاربرد دارند. سودا علاوه بر بهبود خاصیت پلاستی‌سیتی، رفتار خشک کردن را نیز اصلاح می‌کند.

جدول ۳-۵- بعضی از مواد پلاستی سایزر معمول و متداول در مقایسه با آب

پلاستی سایزرها	نقطه‌ی ذوب °C	نقطه‌ی جوش °C	وزن مولکولی g/mol
آب	۰	۱۰۰	۱۸
اتیلن گلیکول	-۱۳	۱۹۷	۶۲
دی اتیلن گلیکول	-۸	۲۴۵	۱۰۶
دی متیل فتالات	۱	۲۸۴	۱۹۴
تری اتیلن گلیکول	-۷	۲۸۸	۱۵۰
گلیسرول	۱۸	۲۹۰	۹۲
تترا اتیلن گلیکول	-۵	۳۲۷	۱۹۴
پلی اتیلن گلیکول	-۱۰	کم تر از ۳۳°	۳۰۰
دی بوتیل فتالات		۳۴۰	۲۷۸

۶-۱-۵- عوامل تسریع کننده‌ی خشک شدن قطعات سرامیکی: مرحله خشک کردن

قطعات سرامیکی از اهمیت خاصی برخوردار است. چرا که اگر در این مرحله از ساخت قطعات سرامیکی مراقبت‌های لازم انجام نشود، ضایعات و مشکلاتی در آن‌ها به وجود خواهد آمد. هرچه قطعه بزرگ‌تر شود، این مشکلات نیز بیش‌تر خود را نمایان خواهند ساخت. با توجه به ایجاد گرادیان رطوبتی در قطعات با افزایش سرعت خشک کردن احتمال ایجاد ضایعات در قطعه‌ی در حال خشک شدن افزایش می‌یابد. لذا با افزودن عوامل کمکی می‌توانیم سرعت خشک شدن را افزایش دهیم.

۴-۱-۵- انواع عوامل تسریع کننده‌ی خشک شدن قطعات سرامیکی: ترکیباتی

نظیر بی‌کربنات و کربنات آمونیم می‌توانند به‌عنوان تسریع کننده‌ی خشک شدن در بدنه‌های سرامیکی مورد استفاده قرار گیرند. این مواد برای کمک به خشک شدن محصولات که محتوی مواد محلول در آب هستند به کار می‌روند؛ به‌ویژه اگر این مواد چسب‌های آلی باشند ممکن است باعث انسداد تخلخل قطعه شوند.

کربنات آمونیم در دمای پایین به اجزای فرّار تجزیه می‌شود. این مواد به هنگام خروج از قطعه پوشش موادی را که بر روی سطوح تخلخل‌ها قرار گرفته، از بین برده و مکانیزم خشک شدن را تسهیل می‌کنند.

مقدار مجاز این مواد ۱٪ تا ۵٪ برای وزن بدنه تراست. این مواد در دمای محیط شروع به تجزیه کرده ولی وقتی در آب محلول شوند، با سرعت کم‌تر تجزیه می‌شوند.

۷-۱-۵- کف سازها: کف، هوا یا بعضی از گازهای محبوس شده با یک لایه‌ی نازک از مایع است، و پایداری حباب‌های گاز در دوغاب را موجب می‌شود.

روغن‌های با زنجیره‌ی مولکولی بلند یا سولفات آلکیل سدیم و پلی‌پروپیلن گلیکول اتر، عوامل کف‌ساز آلی مؤثر هستند.

از کف‌سازی برای ساخت آجرهای نسوز و تغلیظ بعضی از مینرال‌ها استفاده می‌شود.

۸-۱-۵- ضد کف‌ها: ضد کف‌ها، عواملی هستند که با افزودن مقدار کمی از آن‌ها به دوغاب، حباب‌های موجود در دوغاب‌ها ترکیده و به حباب‌های بسیار کوچک تبدیل می‌شوند.

ضد کف‌های محلول در آب تجاری عبارتند از:

فلوروکربن‌ها، دی‌متیل سیلیکون‌ها، گلیکول‌ها، الکل‌های با زنجیره‌های مولکولی بلند و سنگین، استتارات آلومینیم و کلسیم و تری‌بوتیل فسفات.

۲-۵- تأثیر آب و ناخالصی‌های آن

- همانند اکثر موادّ اولیه‌ی سرامیکی آب دارای ناخالصی‌هایی بوده که می‌تواند تأثیراتی بر خواص رئولوژیکی (جریان) دوغاب‌های سرامیکی و نحوه‌ی اثر افزودنی‌ها بر دوغاب‌ها ایجاد نماید. این ناخالصی‌ها عبارتند از:

- مواد آلی

- مواد جامد معلق (ذرات ریز مثل سنگریزه، چوب و ...)

- کربنات منیزیم

- کربنات کلسیم

- کربنات سدیم

- کربنات پتاسیم

- سولفات‌ها

- کلریدها

این ناخالصی‌ها در آب یون‌هایی ایجاد می‌کنند که در آماده‌سازی موادّ اولیه‌ی سرامیکی آثاری بر جای می‌گذارند. یون‌های ایجادشده، pH آب را تحت تأثیر قرار داده و pH نیز به نوبه‌ی خود بر پلاستی‌سیتی‌ی موادّ اولیه مؤثر است^۱.

۱- بر اساس تجربیات به‌دست‌آمده، بیش‌ترین پلاستی‌سیتی‌ی موادّ اولیه زمانی ایجاد می‌شود که pH دوغاب بین ۶ تا ۸/۵ باشد.

سوالات

- ۱- انواع مواد افزودنی را نام برده و کاربرد آن‌ها را بنویسید.
- ۲- علت استفاده از روانسازها چیست؟
- ۳- معایب استفاده از روانسازها چیست؟
- ۴- علت استفاده از لخته‌کننده‌ها چیست؟
- ۵- یون‌های لخته‌کننده‌ی دوغاب‌ها چه یون‌هایی هستند؟
- ۶- هدف از استفاده از چسب‌ها چیست؟
- ۷- روان‌کننده‌های بین‌ذره‌ای چه نقشی را ایفاء می‌کنند؟
- ۸- مکانیزم عمل پلاستی‌سایزرها چیست؟
- ۹- از انواع روان‌کننده‌های مصرفی در صنایع سرامیک چند مورد را نام ببرید. (حداقل ۴ مورد)
- ۱۰- چند مورد از روانسازهای مورد استفاده در صنایع سرامیک را نام ببرید.

تهیه دوغاب

هدف های رفتاری : از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل بتواند :

- ۱- تهیه دوغاب به روش تر را بیان کند.
- ۲- تهیه دوغاب به روش خشک را بیان کند.
- ۳- نقاط قوت و ضعف هر روش را نام ببرد.
- ۴- عملی ترین روش تهیه دوغاب را تشخیص دهد.

مقدمه

پس از آن که مواد اولیه ساخت بدنه های سرامیکی به صورت پودر ریز و نرم تهیه شد، اختلاط آن ها به نسبت های مورد نظر مطرح خواهد شد. همان گونه که قبلاً گفته شد، یک بدنه سرامیکی عمدتاً از مواد رسی و مواد غیررسی (فلدسپار و کوارتز) تشکیل شده است. مواد اولیه رسی معمولاً با هم زدن در داخل آب، باز و متفرق می شوند، و مواد اولیه غیررسی پس از آسیا کردن باید وارد دوغاب شوند.

معمولاً در تولید چینی مطروف مواد اولیه ی سخت داخل بالمیل بارگیری شده - به جهت جلوگیری از رسوب سریع دوغاب، ناشی از قطع برق یا موارد مشابه، درصد جزئی (حدود ۵ درصد از کل آمیز) مواد اولیه ی رسی نیز افزوده می شود - و به همراه بخش عمده ی آب و افزودنی ها با کنترل زمان آسیاب کردن به دانه بندی مناسب رسانده و سپس به داخل بلنجر تخلیه می شوند. باقی مانده ی مواد رسی (معمولاً شسته شده)، و بقیه ی افزودنی ها به بلنجر اضافه می شوند. متناسب با نوع روش شکل دادن، دوغاب بدون روانساز، روانه ی همزن پارویی شده و بعد از بارگیری که معمولاً توسط فیلتر پرس انجام می شود، تبدیل به گل پلاستیک می شود.

۱-۶- موارد مصرف آب در صنایع سرامیک

آب در صنعت سرامیک، دارای چنان نقش مهمی است که گاهی اوقات آن را به‌عنوان یکی از مواد اصلی ساخت بدنه‌های سرامیکی می‌شناسند و فصلی جداگانه و مستقل برای آن اختصاص می‌دهند. موارد زیر اهمیت و نقش آب در صنعت سرامیک را تشریح می‌کند:

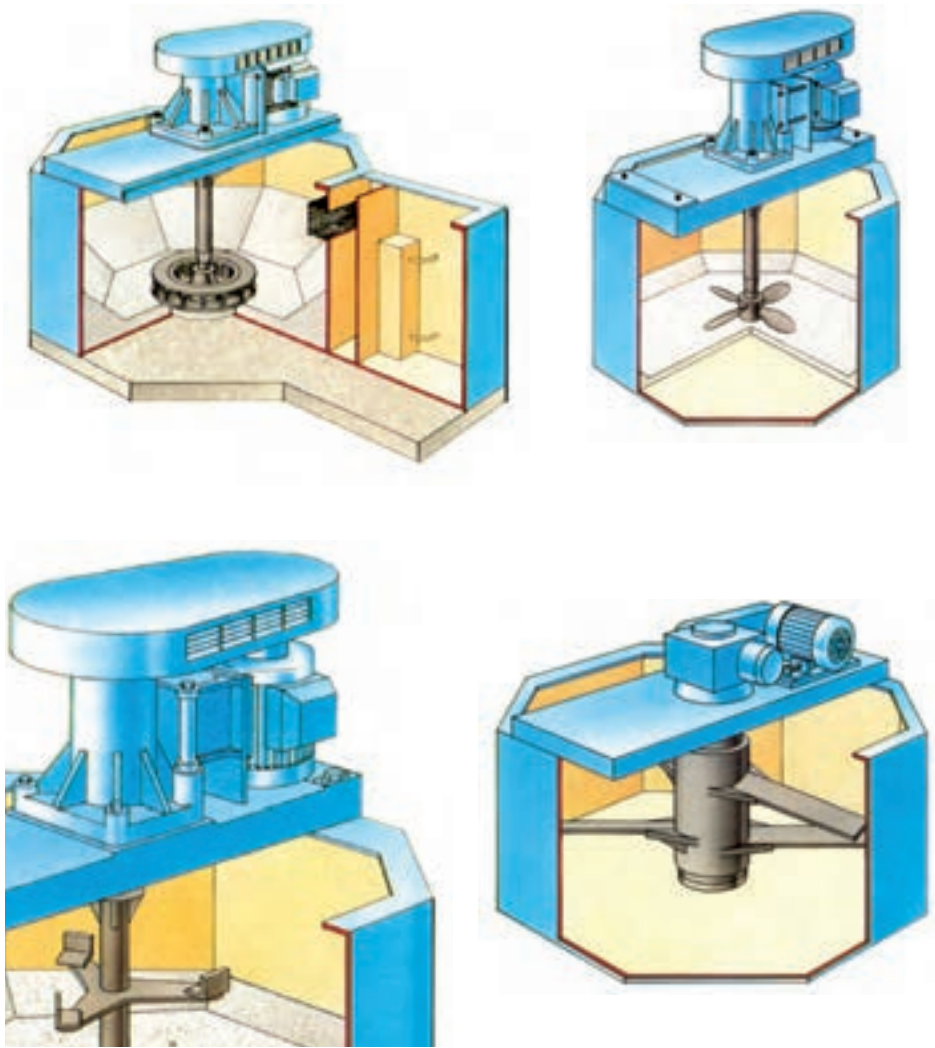
الف) آب جزء مهمی برای تهیه انواع سوسپانسیون‌های مورد مصرف در صنعت سرامیک است. (ساخت انواع دوغاب برای شکل‌دهی به روش ریخته‌گری و روش اسپری درآیینگ) ب) آب می‌تواند وسیله‌ی شستشوی مواد اولیه‌ی سرامیکی باشد. (به‌عنوان مثال: شستشوی کاتولین)

ج) از آب به‌عنوان ماده‌ی اصلی در فلوتاسیون تعدادی از مواد اولیه سرامیکی (علی‌الخصوص فلدسپارها و کوارتز) استفاده می‌شود. د) به‌عنوان یک عامل هموزن‌کننده، بازکننده و پخش‌کننده‌ی مواد به‌کار می‌رود.

۲-۶- اختلاط و هم‌زدن آمیز بدنه

برای مخلوط کردن مواد رُسی با دیگر مواد اولیه سرامیکی (فلدسپار و کوارتز)، ذرات مواد رسی باید به‌طور یکنواخت در آب باز و متفرق شوند. این عمل در یک بلنجر^۱ (همزن دور بالا) ممکن و میسر است. بلنجر در اصل یک مخزن ساده بوده، که محتویات آن باید به‌طور مناسب هم زده شود. زمان‌های اختلاط^۲ مواد به‌طور قابل ملاحظه‌ای با هم متفاوت است و به نوع مواد و بازده بلنجر بستگی دارد. در انتهای فرآیند اختلاط مواد، یک سوسپانسیون هموزن از مواد به‌دست خواهد آمد.

طرح معمول همزن‌ها، دارای مقطع هشت ضلعی با یک پره‌ی چرخنده است (شکل ۱-۶). در تمام اوقات کار همزن، سرعت آن از ۲۵° تا ۱۵° دور در دقیقه است. ذرات مواد بر اثر برخورد با پره‌های گردنده و دیواره‌های بلنجر و جریان متلاطم آب باز می‌شوند. با این نوع از تجهیزات، زمان هم‌زدن معمولاً تا چند ساعت می‌باشد تا اختلاط و باز شدن کامل مواد رسی ایجاد شود. به‌ویژه در مورد بال‌کلی‌ها که ذرات بسیار ریز دانه دارند، زمان کوتاه، اما وقتی که به شکل کلوخه تهیه می‌شوند، باز شدن و تفرق آن‌ها مشکل خواهد بود.



شکل ۱-۶- چند نمونه بلنجر

اخیراً همزن‌های سرعت بالا^۱ ساخته شده است. این همزن‌ها نسبت به نوع قدیمی پره‌های کوچک‌تری دارند ولی سرعت دورانی آن‌ها خیلی زیاد است. (دارای سرعت دورانی حدود ۳۰۰-۴۰۰ rpm). در ضمن انواع پره‌های همزن متفاوت با شکل‌های پیچیده موجود می‌باشد. گرچه این نوع از همزن‌ها به‌طور مؤثر، زمان‌های مورد نیاز برای هم زدن را کاهش می‌دهند، ولی باید توجه

۱- High Speed Blunger

داشت که مواد رسی بیش از حدّ هم زده نشود زیرا هم‌زدن‌های طولانی با دور بالا موجب کاهش بیش از حدّ دانه‌بندی دوغاب درحال آماده‌سازی می‌گردد. لازم به تذکر است که گفته شود خواص سوسپانسیون‌های مواد در روش هم‌زدن معمولی و هم‌زدن سریع متفاوت خواهد بود.

۳-۶- تهیه دوغاب به روش تر^۱ (با استفاده از دوغاب هریک از مواد اولیه)
در تهیه دوغاب به روش تر، ممکن است هریک از اجزای بدنه، به‌صورت یک دوغاب مجزاً تهیه یا به‌صورت یک‌جا آماده‌سازی شوند. در صورتی که وزن مخصوص دوغاب یک ماده اولیه اندازه‌گیری شود و وزن مخصوص ماده اولیه معلوم باشد، امکان محاسبه ماده خشک موجود در دوغاب در هر حجم از آن به‌راحتی و با استفاده از فرمول زیر وجود دارد:

$$\bar{m} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots - 1} (L_g - V)$$

که در این رابطه:

m: وزن ماده اولیه خشک در حجم V از دوغاب برحسب گرم

L_g: وزن دوغاب در حجم V (برحسب گرم)

V: حجم دوغاب برحسب سانتی‌متر مکعب (میلی‌لیتر)

: وزن مخصوص ماده خشک موجود در دوغاب برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب

(برای این دوغاب، مایع آب در نظر گرفته شده است و در صورتی که مایع دیگری در دوغاب

باشد به‌جای عدد ۱، باید وزن مخصوص آن مایع را قرار داد.)

در فرمول بالا، محاسبه شامل حجم و وزن به‌صورت هم‌زمان است. بنابراین، می‌توان هر

حجم از هر دوغابی از مواد مختلف با نسبت‌های گوناگون نسبت به هم تهیه کرده و آن را دوغاب بدنه^۲ نامید.

مقدار طبیعی ذرات جامد کائولین در یک دوغاب (با توجه به آمیز بدنه) معمولاً ۳۰٪-۴۰٪

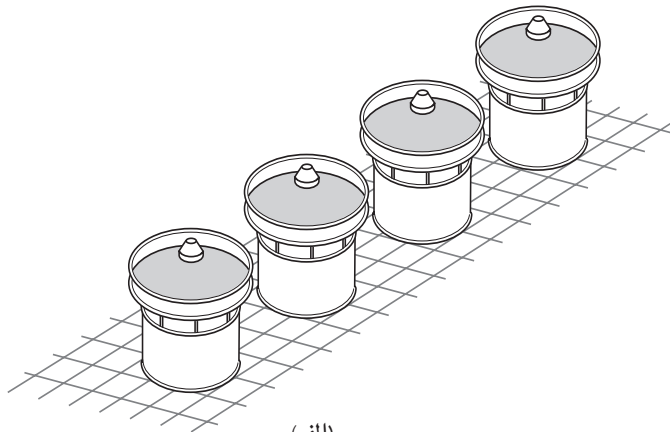
وزنی است.

در روش تر تهیه دوغاب، مواد اولیه آسیا شده یا هم‌زده شده را در مخزن‌های ذخیره‌ی مشابه

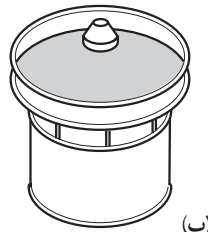
مخزن (الف) نگهداری می‌کنند. از این مخازن، می‌توان مقدار دوغاب مواد اولیه مورد نیاز را وزن

کرده و پس از هدایت به مخزن ذخیره (مخزن پارویی) پس از اختلاط کامل، دوغاب بدنه (ترکیب)

حاصل شده را در مخزن بزرگتر (ب) ذخیره نمود (شکل ۲-۶).



(الف)



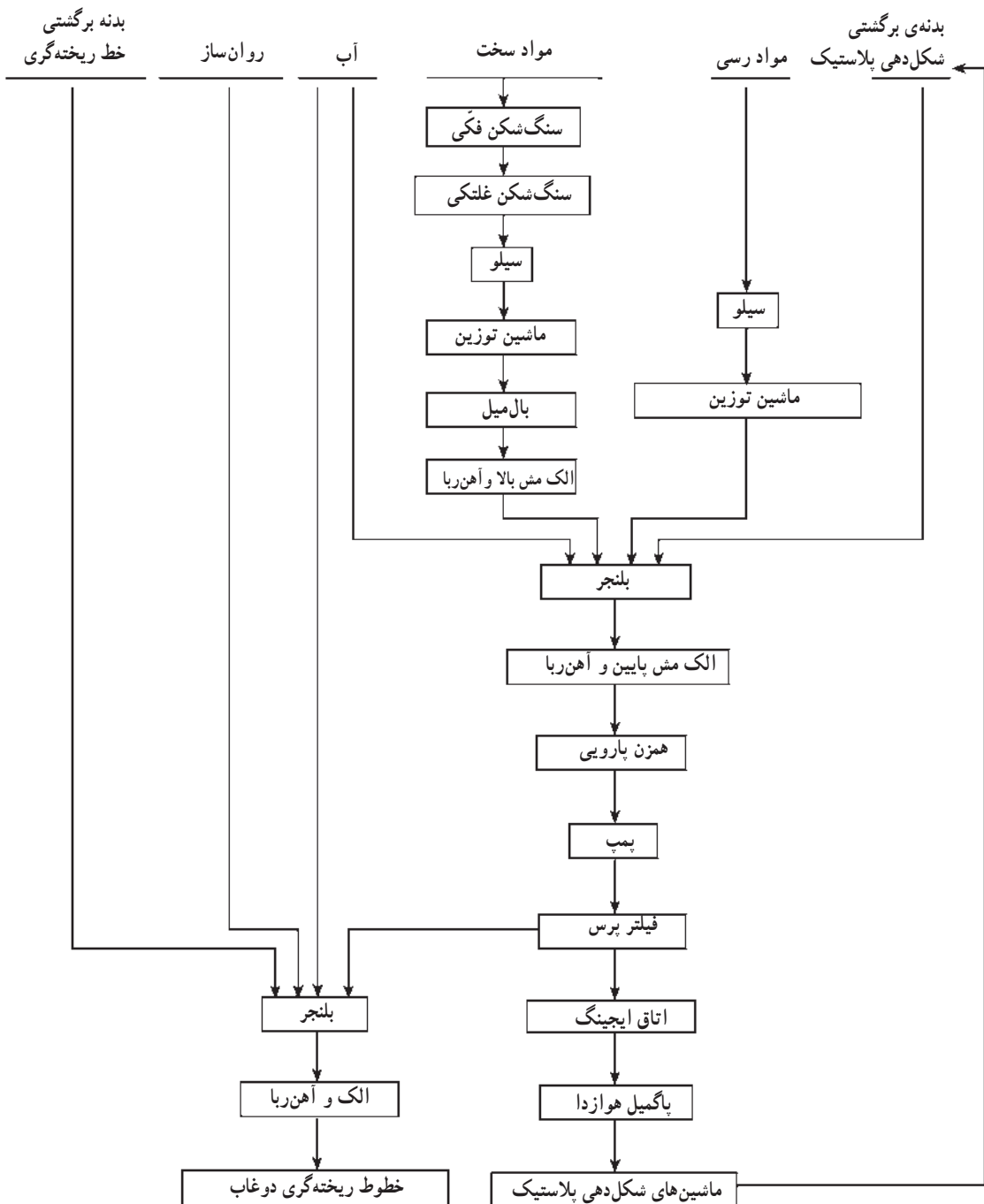
(ب)

شکل ۲-۶- دو نمونه از مخازن ذخیره‌ی دوغاب با ابعاد مختلف

حجم هر دوغاب از مواد را در هر مخزنی می‌توان به راحتی و به وسیله‌ی اندازه‌گیری عمق دوغاب به دست آورد. با اندازه‌گیری عمق دوغاب به کمک میله‌ی مدرج و ضرب کردن آن در مساحت مخزن، می‌توان حجم دوغاب را به دست آورد.

مخازن دوغاب در کارخانه‌ها، در فضاهای بسیار بزرگی معمولاً در زیرزمین ساخته می‌شوند و به وسیله همزن‌های پارویی به آرامی هم زده می‌شوند.

دوغاب تهیه شده در مسیر حرکت خود، از الک‌ها و مغناطیس‌ها عبور کرده تا اطمینان کامل از کاهش ناخالصی‌ها حاصل شود. دوغاب برگشتی (از مرحله‌ی شکل دهی) نیز قبل از اختلاط با دوغاب آماده‌سازی شده، سرند شده و از مغناطیس عبور داده می‌شود (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۶- آماده‌سازی بدنه برای شکل‌دهی پلاستیک و دوغابی

۱-۳-۶- مزایای تهیه دوغاب به روش تر :

الف) اختلاط بسیار دقیق و مناسب مواد مختلف می‌تواند در این روش حاصل شود ؛

در نتیجه :

ب) کنترل دقیق برای نسبت هریک از مواد ممکن و میسر خواهد بود.
علی‌رغم مزایای برشمرده برای تهیه دوغاب به روش تر، معایب و نقاط ضعف برای این روش به شرح زیر وجود دارد :

۲-۳-۶- معایب و نقاط ضعف تهیه دوغاب به روش تر :

الف) برای توزین و اختلاط تر به زمان زیادتری نیاز است.
ب) برای هم زدن هریک از مواد به‌صورت جداگانه تجهیزات بیشتری مورد نیاز است ؛
ج) برای تهیه دوغاب به روش تر، به فضای زیادتری نیاز است.

۴-۶- تهیه دوغاب به روش خشک (با استفاده از مواد اولیه‌ی خشک)

مراحل زیر، تهیه‌ی دوغاب به روش خشک را شرح می‌دهد :

الف) در این روش، مواد اولیه قبل از آن‌که به بال‌میل و یا بلنجر ریخته شود، وزن می‌شوند.
ب) میزان آب مورد نیاز برای آسیا کردن مواد اولیه سخت غیرپلاستیک و برای هم زدن، باز کردن و متفرق ساختن مواد اولیه نرم پلاستیک به آن‌ها افزوده می‌شود. (براساس میزان آب مجاز که باید در دوغاب یا سوسپانسیون مواد اولیه سرامیکی موجود باشد، رطوبت مواد رسی از ۳٪ تا ۱۵٪ می‌تواند تغییر کند که باید در محاسبات میزان آب منظور شود.)
ج) بعد از آسیا کردن مواد سخت، دوغاب به‌دست آمده از مواد اولیه، به بلنجر هدایت می‌شود. در این روش، هم‌چنین ممکن است که مواد رسی با همزن‌های جداگانه‌ای، هم زده و متفرق شوند. در این حالت، مواد رسی به‌طور مستقیم به داخل مخازن، شارژ شده و با دوغاب مواد سخت آسیا شده مخلوط می‌شود.

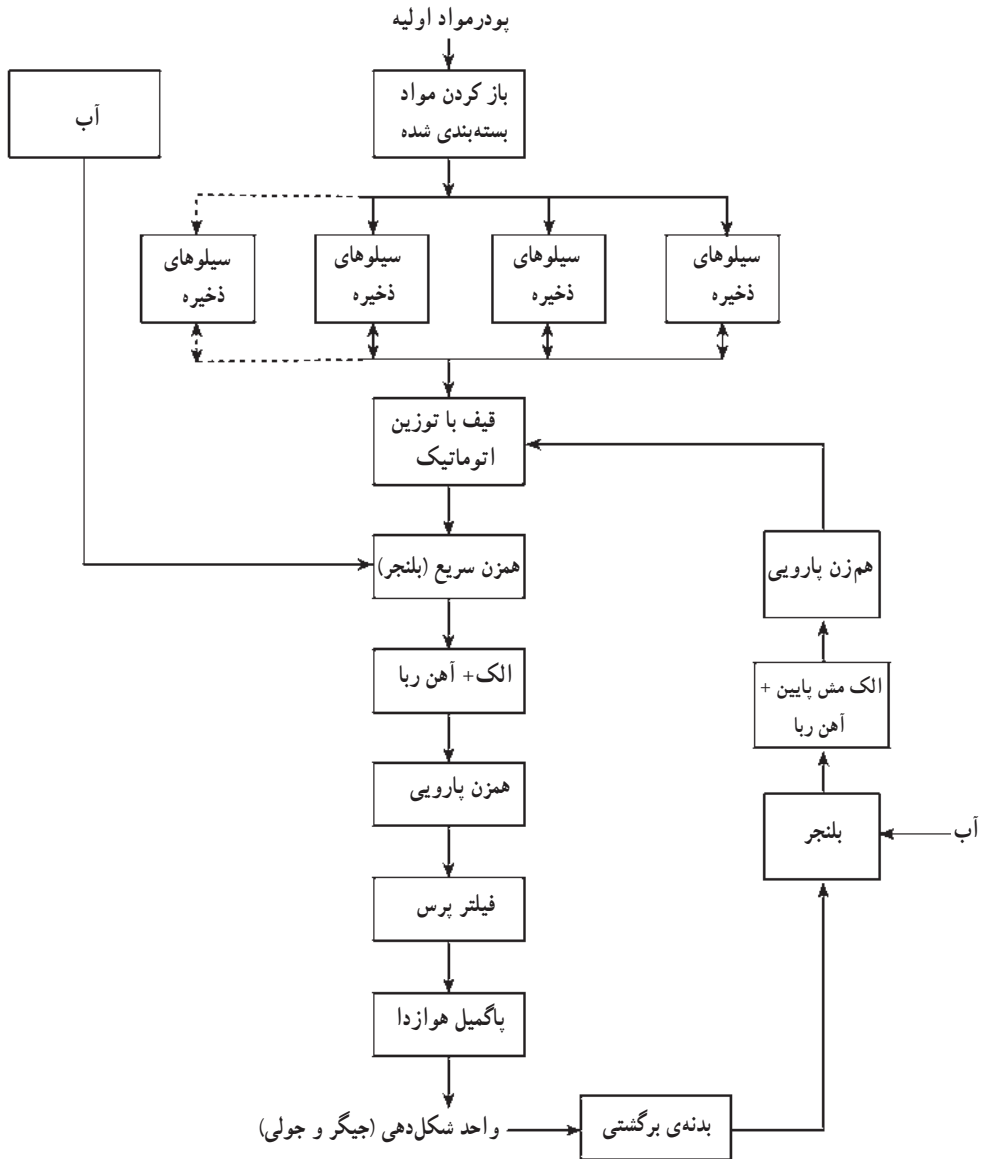
د) در بیشتر حالات، دوغاب مواد اولیه مخلوط شده، از بلنجر به همزن پارویی بزرگ منتقل می‌شوند. این مخازن به قدر کافی بزرگ هستند که چندین مخلوط دوغاب‌های تولید شده در بلنجر را در خود جای دهند.

ه) معمولاً بدنه‌های برگشتی^۱ پس از هم زدن در بلنجر به همزن پارویی اضافه می‌شوند. در روش‌های سنتی شکل دهی، مقدار بدنه‌های برگشتی که باید دوباره به کار گرفته شود، زیاد است (به‌عنوان مثال ۳۰ تا ۴۰ درصد از کل گل پلاستیک). حضور قابل ملاحظه‌ی بدنه‌ی برگشتی

۱- Scraps: بدنه‌های برگشتی، شامل بدنه‌ی برگشت داده شده از قسمت ریخته‌گری قطعات سرامیکی چه به‌صورت قطعات

اضافی و یا قطعات شکل داده شده‌ای است که عیب و نقص آن‌ها قبل از پخت مشخص شده باشد.

باعث ورود ناخالصی به دوغاب می‌شود. بنابراین، الک کردن (با الک مش پایین) و آهن‌زدایی دوغاب بدنه‌های برگشتی باید قبل از افزودن به دوغاب تازه صورت گیرد (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۶- تهیه دوغاب به روش خشک

مراحل شکل را می‌توان به اختصار بدین صورت بیان کرد :
– مواد غیررسی (کوارتز، فلدسپار و...) به صورت یک دوغاب (بعد از آسیا کردن) توزین و مخلوط می‌شوند.
– مواد رسی به صورت خشک توزین می‌شوند (با توجه به رطوبت موجود در ماده‌ی اولیه).

– اختلاط مواد رسی و مواد سخت (فلدسپارها و کوارتز) صورت می‌پذیرد.
باید توجه داشت در این روش چون سیلیس به صورت خشک سایش می‌یابد، به جهت خطرات تنفسی از انتشار گرد و غبار آن در محیط جلوگیری شود. ضمناً به حضور رطوبت در مواد اولیه‌ی فراوری شده مانند کائولین شسته و منظور کردن آن برای محاسبه‌ی آب دوغاب باید توجه شود و در محاسبات منظور گردد.

۵-۶- اهداف تهیه‌ی دوغاب

در واحدهای آماده‌سازی دوغاب در کارخانه‌های سرامیک معمولاً برای سه هدف، دوغاب تهیه می‌کنند :

الف) دوغاب مناسب برای شکل دادن قطعات سرامیکی به روش ریخته‌گری دوغابی.
ب) دوغاب مناسب برای تهیه‌ی گِل پلاستیک مورد مصرف در شکل دادن قطعات سرامیکی.
ج) دوغاب مناسب برای تهیه‌ی گرانول مناسب پرس.

سوالات

- ۱- اهمیت آب در صنعت سرامیک چیست؟
- ۲- موارد استفاده از آب در صنعت سرامیک را توضیح دهید.
- ۳- نحوه‌ی استفاده از مواد رسی در آمیز دوغاب چگونه است؟
- ۴- مخازن نگهداری در صنعت سرامیک چه کاربردی دارند؟
- ۵- تهیه دوغاب به روش تر را به اختصار بیان کنید.
- ۶- فرمول لازم برای یافتن وزن مواد خشک در حجم V از دوغاب را نوشته و اجزای آن را بیان کنید.
- ۷- مزایا و معایب تهیه دوغاب به روش تر را بیان کنید.
- ۸- روش به‌دست آوردن حجم دوغاب داخل مخزن ذخیره‌ی دوغاب را بنویسید.
- ۹- تهیه دوغاب به روش خشک را به اختصار بیان کنید.
- ۱۰- برای چه هدف‌هایی دوغاب تهیه می‌کنند؟

آماده‌سازی گل پلاستیک

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

- ۱- دلیل آب‌زدایی را توضیح دهد.
- ۲- دستگاه‌های آب‌زدایی را نام ببرد.
- ۳- دلیل استفاده از گل پلاستیک را توضیح دهد.
- ۴- دستگاه‌های تهیه گل پلاستیک را نام ببرد.
- ۵- مراحل تهیه گل پلاستیک را توضیح دهد.
- ۶- نقاط قوت و ضعف اکستروژن را توضیح دهد.
- ۷- کهنگی گل را توضیح دهد.

مقدمه

یکی از روش‌هایی که برای شکل دادن قطعات سرامیکی به کار می‌رود استفاده از گل پلاستیک است.

در این فصل به بررسی آماده‌سازی گل پلاستیک خواهیم پرداخت. پس از آن که آمیز مناسب برای تهیه گل پلاستیک از طرف آزمایشگاه ارائه شد، ادامه‌ی عملیات به شکل زیر خواهد بود.

سنگ‌جوری، خردایش (شامل سنگ‌شکنی و آسیا کردن)، اختلاط مواد اولیه و تهیه دوغاب مرحله‌ی هستند که قبلاً درباره‌ی آن‌ها مطالبی ارائه شده است. اکنون نحوه‌ی تبدیل دوغاب به بدنه‌ی پلاستیک را مورد بررسی قرار می‌دهیم، که شامل مراحل زیر خواهد بود:

- آب‌زدایی
- یک‌نواخت‌سازی گل (هموزن کردن)
- هوازدایی

- اکستروژن
- خواباندن گل (کهنه کردن گل)

۱-۷- آب‌زدایی^۱

در مرحله‌ی اول باید آب اضافی دوغاب تا حد مشخصی کاهش یابد. (معمولاً میزان آب دوغاب تا حدود ۵۰٪ بوده که بایستی تا حدود ۲۵٪-۲۱٪ تقلیل یابد.) آب‌زدایی از دوغاب می‌تواند با روش‌های زیر صورت پذیرد.

- مکش آب توسط قالب‌های گچی (با مکانیزم مکش لوله‌های موبین).
- کاهش رطوبت در معرض هوا
- آب‌گیری به کمک کیسه‌های پارچه‌ای (درست مانند چکیده کردن ماست)
- فیلتر پرس
- خشک‌کن پاشیدنی^۲.

به منظور صرفه‌جویی در زمان آب‌زدایی از دوغاب، معمولاً روش‌های مکانیکی آب‌زدایی ترجیح داده می‌شوند. به‌طوری که دو روش فیلتر پرس و خشک‌کن پاشیدنی نسبت به روش‌های سنتی بهتر است. استفاده از روش‌های مکانیکی برای کاهش آب دوغاب در صنایع سرامیک به دلایل ذیل مطلوب تشخیص داده شده است:

- صرفه‌جویی در انرژی
 - صرفه‌جویی در زمان آب‌زدایی
 - هزینه‌ی مناسب تعمیرات و نگهداری ماشین‌آلات
- در ادامه‌ی بحث فرآیند آب‌زدایی، به عوامل مؤثر در زمان، سرعت و میزان فیلتراسیون^۳ در روش فیلتر پرس اشاره خواهد شد:

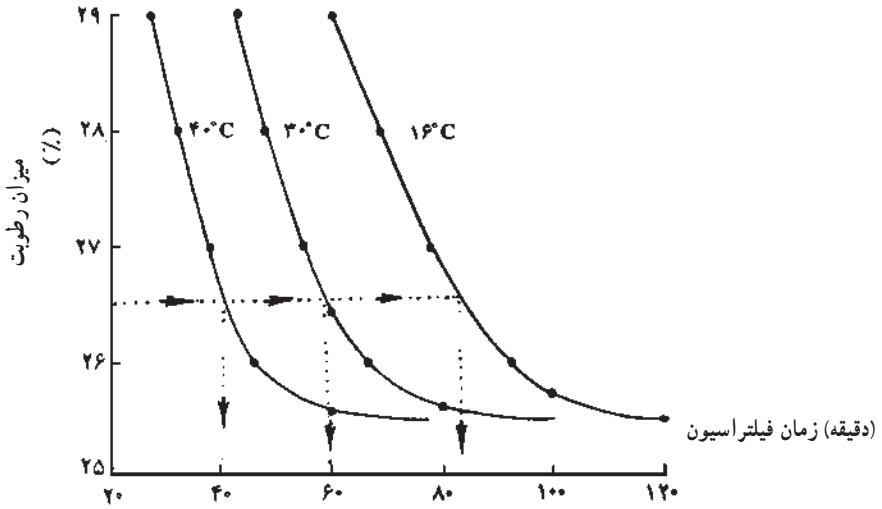
- دمای دوغاب: دمای دوغاب در حال فیلتراسیون بر زمان فیلتراسیون به شدت تأثیر داشته، به‌طوری که با افزایش درجه حرارت دوغاب، میزان دوغاب بیشتری فیلتر می‌شود (شکل ۲-۷ و ۳-۷). همان‌طوری که مشاهده می‌شود با افزایش درجه حرارت دوغاب از ۱۶°C به ۴۰°C، مدت زمان فیلتراسیون از ۸۳ دقیقه به ۴۰ دقیقه کاهش می‌یابد. (در صورتی که کلیه‌ی پارامترهای مؤثر در زمان فیلتراسیون ثابت باشند.) (به عنوان مثال: برای این که کیک با رطوبت ۲۶/۵٪ به دست آوریم، زمان فیلتراسیون در دمای ۴۰°C، حدود ۴۰ دقیقه، در دمای ۳۰°C، حدود ۶۰ دقیقه و در

۱- Dewatering

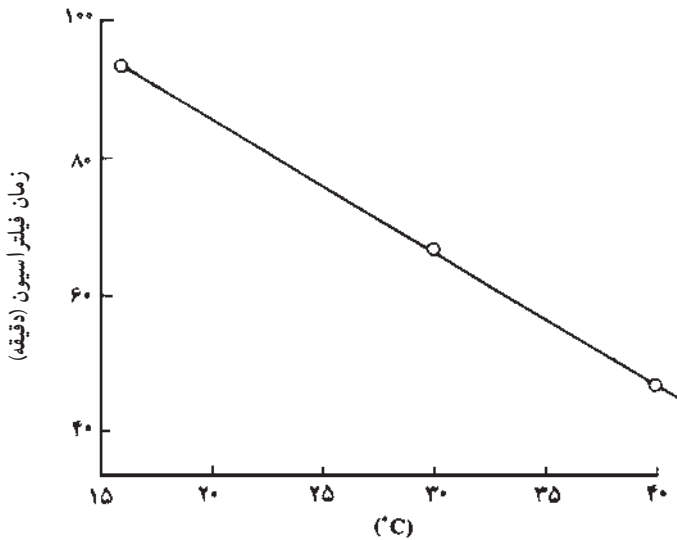
۲- Spray drying

۳- Filtration Rate: میزان فیلتراسیون، وزن کیک آب‌زدایی شده با درصد رطوبت معین در واحد زمان است.

دمای 16°C ، حدود ۸۵ دقیقه به طول می‌انجامد. به عبارت دیگر با کاهش دما، زمان فیلتراسیون افزایش می‌یابد.



شکل ۱-۷- تأثیر دمای دوغاب بر میزان رطوبت کیک فیلتر پرس شده



شکل ۲-۷- تأثیر دمای دوغاب بر زمان فیلتراسیون

— فلوکولاسیون و روانسازی: بدنه‌های متداول و معمولی، دارای فلوکولانت‌هایی هستند. منشأ ورود این فلوکولانت‌ها به بدنه، منابع زیر است:

— نمک‌های محلول و نامحلول موجود در بال‌کلی‌ها

— از آلودگی‌های گچ که از تخلیه‌ی دوغاب اضافی به هنگام ریخته‌گری دوغاب به همراه دوغاب بازگردانده می‌شود.

— از اسیدها یا بازهایی که برای خنثی‌سازی ذرات دوغاب استفاده می‌شود.

منشأ ورود روانسازها به بدنه‌ها، منابع زیر است:

— حل شدن مواد معدنی قلیایی (انحلال سدیم یا پتاسیم فلدسپار ناشی از فرایند سایش)

— روانساز آلی موجود در بال‌کلی ناشی از گیاهان و زمین‌های باتلاقی.

در آزمایش‌های تجربی مشاهده شده است که فلوکولانت‌ها علاوه بر کاهش سیالیت، میزان فیلتراسیون را افزایش و زمان آن را کاهش می‌دهند. البته مقدار مصرف فلوکولانت‌ها دارای حد مجازی بوده به طوری که افزایش بیشتر آن بهبودی را در زمان فیلتراسیون ایجاد نخواهد کرد.

در روش فیلتراسیون دوغاب‌های سرامیکی با توجه به مصرف بسیار زیاد آب (۵۰٪-۴۵) در مقایسه با دوغاب‌های روش ریخته‌گری دوغابی که با آب کمتری تهیه می‌شود (۴۰٪-۳۲) روانی دوغاب بسیار زیاد است. ولی در صورتی که دوغاب فیلتر پرس روان را با افزودن فقط روانساز، روان‌تر کنیم زمان فیلتراسیون کاهش پیدا می‌کند. زیرا با تشکیل خانه‌های لانه مقوایی، نفوذپذیری آب از خمیر تشکیل شده بهبود می‌یابد و در نتیجه در زمان فیلتراسیون کاهش مشاهده می‌شود.

روانسازها که به منظور بهبود سیالیت دوغاب اضافه می‌شوند، در صورتی که بیش از حد مورد استفاده قرار بگیرند، به جهت کاهش بیش از حد سیالیت، موجب رسوب ذرات درشت می‌شوند. بنابراین در میزان فیلتراسیون تأثیر چندانی نمی‌گذارد.

— کشش سطحی دوغاب: با توجه به پدیده‌ی ترشوندگی پودرهای سرامیکی در مجاورت

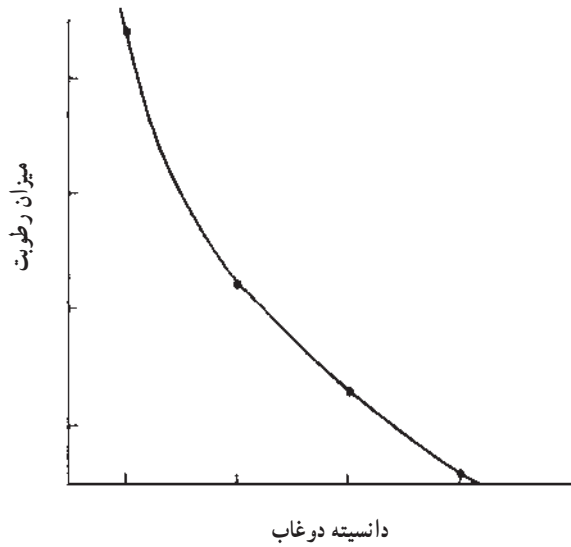
آب، کشش سطحی به وجود می‌آید که آن را کشش سطحی دوغاب می‌گوییم، لذا افزایش این کشش سطحی در زمان فیلتراسیون تأثیر منفی دارد.

— دانسیته‌ی دوغاب: دانسیته‌ی هر دوغابی تنها با تغییر نسبت وزنی ذرات جامد به مایع

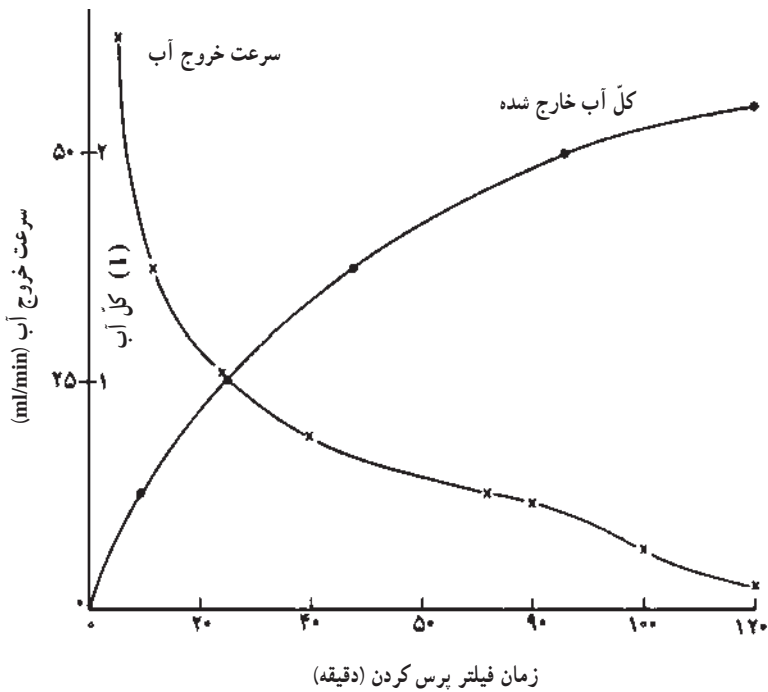
تغییر می‌یابد. بنابراین با افزایش دانسیته‌ی دوغاب، میزان رطوبت کیک فیلتر شده کاهش می‌یابد (شکل ۳-۷).

— زمان فیلتراسیون: با گذشت زمان فیلتراسیون به جهت کاهش میزان رطوبت موجود

در کیک و افزایش تراکم آن، فشار پمپ دوغاب به شدت افزایش یافته، به طوری که پس از گذشت زمان‌های طولانی‌تر مقدار کیک فیلتر شده‌ی قابل ملاحظه‌ای تشکیل نخواهد شد و این مقدار دارای حد مشخصی می‌باشد که در شکل ۴-۷ نشان داده شده است.



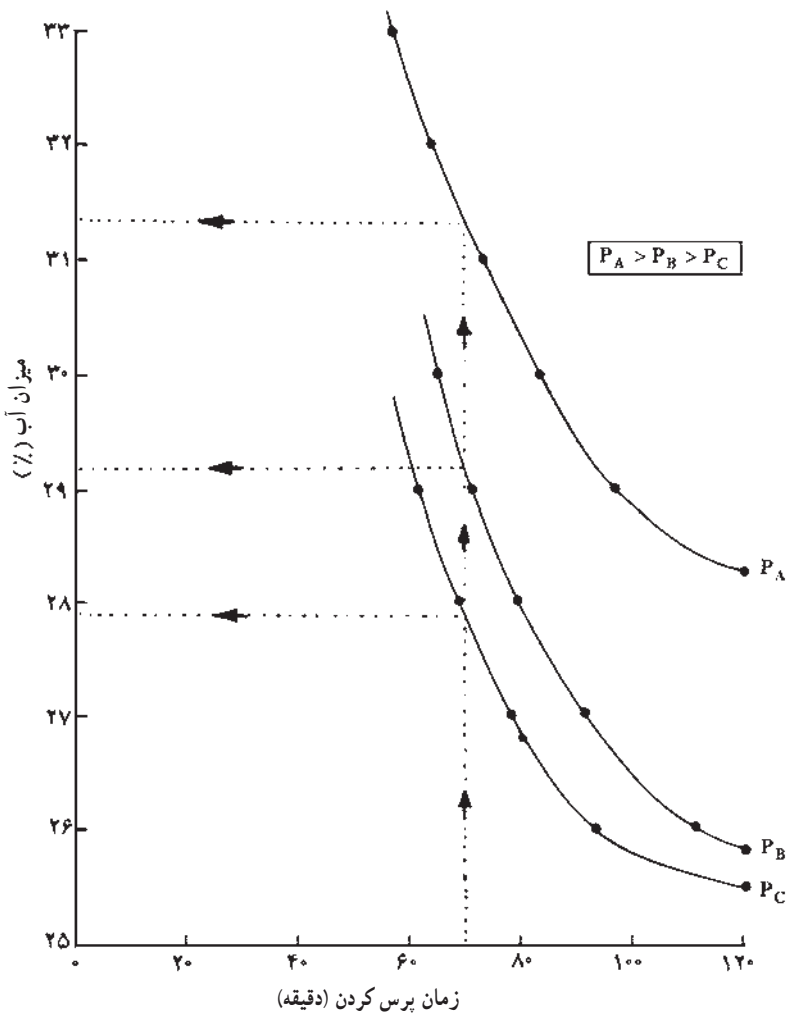
شکل ۳-۷- وابستگی دانسیته‌ی دوغاب از میزان رطوبت کیک فیلتر پرس شده.



شکل ۴-۷- تأثیر زمان فیلتر پرس کردن بر میزان فیلتراسیون

— فشار فیلتر پرس: با توجه به شکل ۵-۷ افزایش میزان فشار باعث افزایش مقدار کیک فیلتر شده، می‌گردد به طوری که مطابق شکل اگر فشار از P_C به P_A افزایش یابد، در زمان ۷۰ دقیقه میزان آب خارج شده از حدود ۲۸٪ به ۳۱/۵٪ افزایش می‌یابد.

— نوع و شرایط پارچه‌های فیلتر پرس: به جهت وجود خاصیت نفوذپذیری در پارچه‌های فیلتر پرس، در اثر گذشت زمان خاصیت نفوذپذیری کاهش یافته و هرچه تعداد دفعات استفاده افزایش یابد، میزان نفوذپذیری کاهش می‌یابد. لذا معمولاً هفته‌ای یک بار این کیسه‌ها را در ماشین مخصوص به همراه مواد شستشو دهنده‌ی ویژه کاملاً شستشو داده و مجدد مورد استفاده قرار می‌دهند.



شکل ۵-۷- تأثیر فشار فیلتر پرس بر میزان خروجی آب

۲-۷- یکنواخت‌سازی گل^۱

کیک فیلتر پرس شده، از نظر رطوبت و در نتیجه دانسیته یکنواخت نیست. به طوری که میزان رطوبت کیک فیلتر شده در محل ورود دوغاب (در مرکز) بیشتر از کنار آن است. بنابراین جهت ایجاد یکنواختی رطوبت به دو روش عمل می‌کنیم:

الف) یکنواخت‌سازی با دست^۲ (ورز دادن)

ب- یکنواخت‌سازی با ماشین^۳

۱-۲-۷ یکنواخت‌سازی با دست: برای ایجاد یکنواختی مناسب‌تر در گل سرامیکی در صورتی که ماشین مناسب ورزدهی در اختیار نباشد، با استفاده از روش‌های سنتی از جمله ورز دادن با دست و پا، گل سرامیکی را یکنواخت می‌کنیم.

ورز دادن با روش دستی دارای معایب زیر است:

- وقت‌گیر است.

- در واحدهای صنعتی، به کارگیری آن بسیار گران‌قیمت بوده و دارای هزینه‌ی بالایی است.

(به علت نیاز به کارگر زیاد و هزینه‌ی بالای کارگری)

۲-۲-۷ یکنواخت‌سازی با ماشین: این روش، اختلاط مواد اولیه سرامیکی با آب است نه اختلاط مواد اولیه با یکدیگر. دستگاهی که این عمل را انجام می‌دهد، پاگمیل^۴ نامیده می‌شود. لذا پاگمیل باعث اختلاط بیشتر و دقیق‌تر گل سرامیکی می‌شود.

یکی از عیوب احتمالی این روش، حضور حباب‌های هوا در گل ورز داده شده با روش ماشینی است که این عیب در مراحل بعدی توضیح داده خواهد شد.

۳-۷- هوازدایی^۵

مراحلی که لازم است تا هوای موجود در گل به حداقل مقدار خود کاهش یابد را هوازدایی می‌گویند. با توجه به ضرورت یکپارچگی خمیر بدنه‌ی سرامیکی در مرحله‌ی شکل‌دهی بایستی علاوه بر اختلاط و یکنواخت‌سازی گل، کلیه‌ی پارامترهایی که این یکنواختی را ضعیف می‌کنند یا از بین می‌برند، کاهش پیدا کنند، یکی از عوامل از بین برنده‌ی یکنواختی گل، حباب هوای موجود در خمیر بدنه می‌باشد.

برای بهبود کارپذیری خمیر بدنه بهتر است که:

- گل یکنواخت و هموزن شود.

- ذرات غیر پلاستیک و یا مقدار ذرات با دانه‌بندی درشت در آن کم باشد.

۱- Homogenizing

۲- Wedging

۳- Pugging

۴- Pug Mill

۵- De - airing

با توجه به این که حباب‌های هوا مثل مواد غیرپلاستیک عمل می‌کنند، بنابراین، کاهش آن‌ها به وسیله‌ی خلأسازی، برای افزایش پلاستیسیته‌ی گل امری حیاتی است.

در پاگمیل مواد با فشار و تحت نیرو از میان یک صفحه‌ی مشبک با سوراخ ریز به محفظه خلأ رانده می‌شود. برای بهبود و تسریع در خروج حباب هوای ناشی از فرایند تولید، ابتدا خمیر در حال آماده‌سازی از صفحه‌ی مشبک کوچکی عبور کرده و به صورت رشته رشته درمی‌آید (شبیبه به خروج گوشت از دهانه‌ی چرخ گوشت خانگی). زیرا با استفاده از افزایش سطح و کاهش عمق نفوذ قدرت خروج حباب‌های محبوس، با استفاده از فرایند خلأ تسریع می‌شود. رشته‌های گل پس از عبور از این مرحله به قسمت بعدی رانده شده و تحت فشار حلزونی متراکم شده و خمیر ستون گل از دهانه‌ی پاگمیل خارج می‌شود. لازم به توضیح است که سیستم کاملاً آب‌بندی و از ورود هوا به داخل محفظه خلأ جلوگیری می‌شود.

پس از هوازدایی خمیر بدنه براساس شکل دهانه‌ی خروج پاگمیل، اکسترود می‌شود.

عواملی که بر آب‌بندی و محفظه‌ی خلأ مؤثر است، عبارتند از:

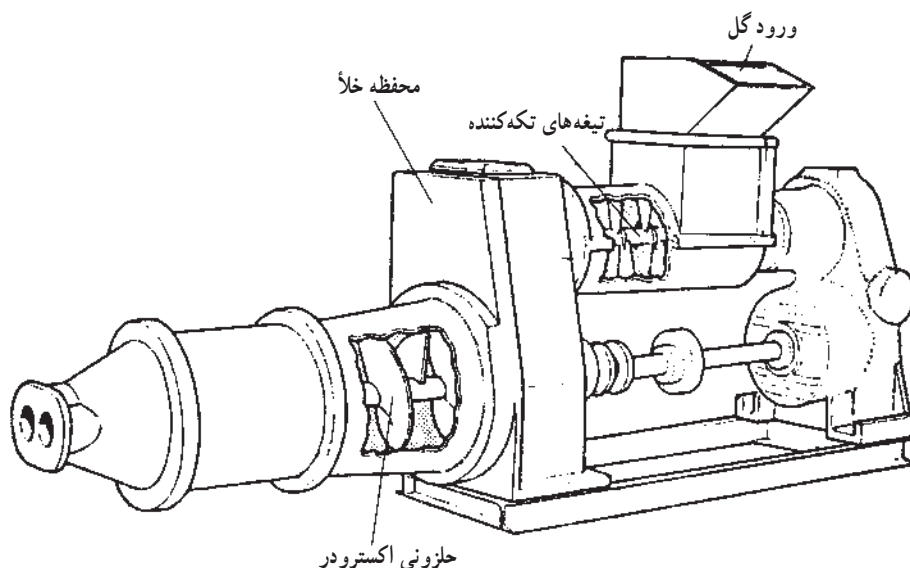
– میزان کیک بدنه ورودی به پاگمیل

– میزان رطوبت کیک

– میزان خلأ

– آب‌بندی قطعات پاگمیل (مثلاً اورینگ یا واشر آب‌بندی)

در اکستروژن حلزونی، عمل اکسترود کردن گل توسط یک حلزونی صورت می‌پذیرد. پس از آن که گل از محفظه‌ی پاگمیل (و در پاگمیل‌های هوزدا پس از محفظه‌ی خلأ) وارد قسمت اکستروژن می‌شود، گل توسط حلزونی مخلوط شده و بافت خاصی در آن به وجود می‌آید. گلی که توسط حلزونی به طرف دهانه‌ی اکسترودر رانده می‌شود از میان یک قالب که در دهانه‌ی آن نصب می‌شود، عبور می‌کند (شکل ۶-۷). چون معمولاً ابعاد دهانه و قالب، کمتر از ابعاد محفظه‌ی حلزونی اکسترودر است؛ بنابراین، گل به هنگام خروج از اکسترودر، فشرده نیز می‌شود.



شکل ۶-۷- یک دستگاه پاکمیل (اکسترودر هواژدا)

۴-۷- خواباندن گل (کهنه کردن گل)

سفالگران قدیم پس از آن که گل را با دست عمل می‌آوردند و ورز می‌دادند، برای مدت زمان طولانی آن را در محل‌های مرطوب (دالان‌های مرطوب) قرار می‌دادند تا ضمن یک نواختی رطوبتی پلاستی‌سیتیته‌ی گل افزایش یافته و در نتیجه کار با آن آسان‌تر و راحت‌تر صورت پذیرد.

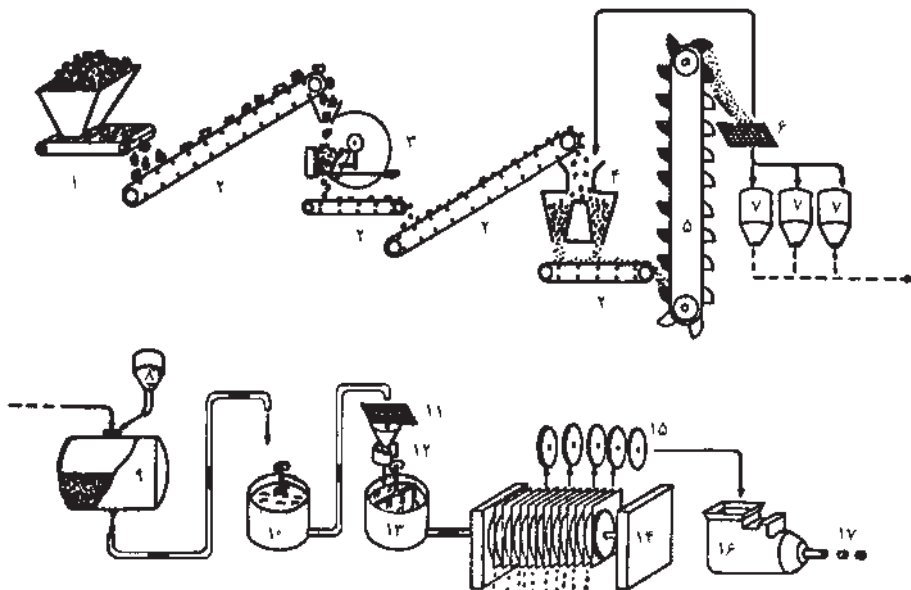
مثلاً در قرن سیزدهم میلادی مارکوپلو طی مسافرت به چین مشاهده کرده است که پدران سفالگر گل ورز داده شده‌ی خود را به مدت ۳۰ تا ۴۰ سال در محل‌های مرطوب (عمدتاً در زیر خاک) قرار می‌دادند، تا گل به نحو مطلوبی برای فرزندان کهنه شود.

در بسیاری از کارخانه‌ها، معمولاً دو یا سه محل ذخیره وجود دارد، یکی از سه محل در حال استفاده و در حال کار هستند و دومی در حال کهنه کردن گل برای مدت ۲۴ ساعت باقی می‌ماند تا این که پایدار شود و سوئی در حال بارگیری است.

سفالگران باتجربه، عمل کهنه کردن را به مدت دو هفته تا حتی شش ماه انجام می‌دهند. لازم به توضیح است بهبود در افزایش پلاستی‌سیتیته‌ی گل ناشی از کهنه شدن آن عموماً در اثر یکنواخت شدن رطوبت و در عین حال، رشد باکتری‌ها صورت می‌گیرد.

برای کهنه کردن به صورت بهینه و عملی در واحدهای صنعتی، معمولاً انباری می‌سازند که در آن بخار آب وارد می‌شود. معمولاً محیط این انبارها از بخار آب یا رطوبت (یا قطرات بسیار ریز آب) اشباع شود. حداقل زمان لازم برای خواباندن گل، ۴۸ ساعت است.

شکل ۷-۷، فرآیند آماده‌سازی متداول را برای تولید گل پلاستیک نشان می‌دهد.



۱- تغذیه‌کننده ۲- نوار نقاله ۳- سنگ‌شکن فکّی ۴- سنگ‌شکن زیراتوری ۵- بالابر ۶- سرند ۷- سیلوی مواد
 ۸- مخزن آب ۹- آسیای گلوله‌ای ۱۰- همزن پروانه‌ای ۱۱- الک ۱۲- آهن‌ریا ۱۳- همزن پارویی ۱۴- فیلتر پرس
 ۱۵- کیک ۱۶- باگمیل ۱۷- خمیر بدنه

شکل ۷-۷- شکل شماتیک از فرآیند آماده‌سازی متداول مواد برای تولید گل پلاستیک

سوالات

- ۱- مراحل مختلف آماده‌سازی گل پلاستیک را نام ببرید.
- ۲- هدف از یکنواخت‌سازی گل پلاستیک چیست؟
- ۳- تفاوت‌های بین آماده‌سازی گل پلاستیک و ریخته‌گری دوغاب را بیان کنید.
- ۴- کار پاکمیل چیست؟
- ۵- هوازدایی چیست و چه نقشی در آماده‌سازی گل پلاستیک دارد؟
- ۶- کهنگی چیست و اثر آن در آماده‌سازی گل پلاستیک چه می‌باشد؟

تحقیق

- اثر الک کردن و مگنت‌گیری را بر کیفیت خمیر بدنه‌ی سرامیکی بررسی کنید.

آماده‌سازی پودر (گرانول)

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

- ۱- گرانول را تعریف کند.
- ۲- دستگاه‌های تهیه گرانول را نام ببرد.
- ۳- روش‌های تهیه گرانول را نام ببرد.
- ۴- ویژگی‌های گرانول را توضیح دهد.
- ۵- موارد کاربرد سیستم اسپری درایینگ را بیان کند.
- ۶- تولید گرانول با روش اسپری درایینگ را توضیح دهد.
- ۷- تولید گرانول با روش خشک‌کن درامی را توضیح دهد.

مقدمه

یکی از روش‌های شکل دادن محصولات سرامیکی روش پرس پودر است و برای استفاده از این روش نیاز به تهیه گرانول داریم. «گرانول، دانه‌های کروی شکل و یا توده‌ای شکل است که از به هم چسبیدن تعداد زیادی ذرات ریزدانه‌تر تشکیل شده است.» برای دست‌یابی به ویژگی‌های مطلوب گرانول مناسب پرس، نیاز است که از روش‌های تولید و محدودیت‌های تولید گرانول آگاهی یابیم. در این فصل ابتدا به تعریف گرانول و ویژگی‌های آن پرداخته و سپس روش‌های تولید گرانول و مزایای آن روش‌ها بررسی می‌شود.

۸-۱- مزایای پرس پودر

برخی از مزایایی که به‌کارگیری پرس پودر را مقرون به‌صرفه می‌کند، عبارتند از: — امکان استفاده از مواد خام غیرپلاستیک (نظیر مواد مورد مصرف در ساخت بسیاری از سرامیک‌های مدرن).

- دقت ابعادی بالا (به دلیل انقباض خشک ناچیز)
- کاهش زمان خشک شدن (به دلیل رطوبت کم)
- نیاز به حضور آب کمتر
- صرفه جویی قابل ملاحظه در مصرف انرژی، برای خشک کردن
- سرعت تولید بالا
- کاهش ضایعات تولید
- راندمان بالای سیستم
- تراکم بالای بدنه، در نتیجه کاهش انقباض پخت، زنیتر بهتر، کاهش انرژی پخت و...
- کاهش جهت گیری ذرات رسی

۸-۲- ویژگی های گرانول

- شکل گرانول: گرانول‌ها دارای شکل کروی یا غیرکروی هستند. اشکال غیرکروی، گوشه دار هستند. هریک از این اشکال دارای ویژگی‌های خاص خود هستند (شکل ۸-۱).



شکل ۸-۱- ذرات کروی و غیرکروی

- اندازه‌ی گرانول: گرانول‌ها دارای اندازه‌ای در محدوده‌ی بین ۵۰۰. m تا ۱۰۰ هستند.

- سیلان: پودری که مناسب پرس است، باید از سیلان کافی برخوردار باشد، زیرا بسیار آسان و روان منتقل می‌شود و در حین نقل و انتقال به طرف قالب پرس‌ها، با اصطکاک کمتری حرکت می‌کند. بدیهی است در صورتی که شکل گرانول تولیدی به شکل کره باشد، سیالیت آن نسبت به گرانول گوشه‌دار، زیادتر است.

- شکل پذیری: دانه‌های گرانول به آسانی شکل می‌پذیرند و شکل خود را نیز حفظ می‌کنند؛ دانه‌های گوشه‌دار نسبت به دانه‌های کروی، شکل پذیری بهتری دارند.

- چسبندگی به قالب: گرانول‌ها عموماً به قالب پرس می‌چسبند؛ دلایل زیر عوامل چسبندگی به قالب هستند.

۱- استفاده از روانسازها: روانسازهای استفاده شده در آماده‌سازی دوغاب در

گرانول‌های تولید شده باقی می‌ماند و می‌تواند در سطح آن‌ها متمرکز شود. این حالت ممکن است باعث شود تا گرانول‌ها برای چسبیدن به سطح قالب تمایل پیدا کنند.

۲- *استفاده از آب بیش از اندازه*: اگر درصد آب گرانول‌ها بیش از اندازه زیاد باشد، باز هم احتمال چسبیدن گرانول‌ها به سطح قالب وجود دارد.

— *کیفیت ظاهری قطعه*: رطوبت، اندازه‌ی دانه، مانده روی الک گرانول عامل کیفیت ظاهری قطعه می‌باشند.

— *رطوبت*: میزان رطوبت گرانول‌های تولیدی در کیفیت نهایی محصول و فرآیندهای بعدی اهمیت دارد و معمولاً میزان رطوبت گرانول‌ها در محدوده‌ی ۵٪ تا ۸ درصد متغیر است.

— *عاری بودن از حباب‌های هوا و گرد و غبار*: یکی از ویژگی‌های گرانول، نداشتن حباب هوا و گرد و غبار است.

— *پایین بودن دمای خشک کردن*: برای این‌که در زمان و انرژی مصرفی برای خشک کردن گرانول‌ها صرفه‌جویی به عمل آید، باید گرانول‌ها در دمای پایین محدوددهی خشک کردن، خشک شوند. پایین بودن دمای خشک کردن، علاوه بر امتیاز گفته شده، عوامل چسباننده (بیندرها) را از قرار گرفتن در معرض دمای بالا محافظت می‌کند، و موجب می‌شوند که آن‌ها در فرآیند خشک شدن نسوزند و از بین نروند.

— *غلظت دوغاب*: میزان دانسیته (غلظت) دوغاب در کیفیت گرانول تأثیر مهمی دارد.

— *استحکام خام قطعه*: استحکام مطلوب قطعه به تراکم گرانول بستگی دارد.

۳-۸- روش‌های تولید گرانول

برای تولید گرانول دو روش خشک و تر در صنعت مورد استفاده است. در هر دو روش، در موقع مناسب، مقدار معین و مشخصی از افزودنی‌ها شامل بیندرها و عوامل روان‌کننده را با توجه به نیاز عملیات پرس بودر به مخلوط مواد اولیه بدنه باید افزود و با روش‌های گوناگونی آن را به صورت بودر گرانوله، یا دانه‌های غیرکروی مناسب برای پرس بودر، تبدیل کرد. برای تبدیل مخلوط مواد اولیه تشکیل‌دهنده‌ی بدنه به صورت بودر گرانوله، روش‌های مختلفی وجود دارد. چهار مورد آن عبارتند از:

۱-۳-۸- *تولید گرانول با روش خشک*: در صنعت، مواد پودری شکل در یک مخلوط‌کن دستگاه مولر^۱ یا مخلوط‌کن مناسب دیگر با مقدار مناسب آب مخلوط شده، سپس، مخلوط مواد مرطوب در آسیا شیلی^۲ با کف سرنندی به صورت گرانول درمی‌آید.

۱- Muller

۲- Edge - runner Mill

مواد خشک بدنه را هم چنین می توان همراه با نوعی چسب مناسب در یک دستگاه مولر مخلوط کرد تا به صورت پودر گرانوله درآیند. پودر به دست آمده سپس الک شده، خشک می شود. گرانول تولیدی در این روش، کروی نبوده و گوشه دار است.

۲-۳-۸- تولید گرانول با خشک کن درامی^۱: روش دیگری که به طور گسترده برای تبدیل دوغاب بدنه به شکل پودر گرانوله استفاده می شود، استفاده از سیستمی به نام خشک کننده ی درامی است. در این روش یک استوانه ی گرم شده در مخزن دوغاب می چرخد. سرعت چرخش به اندازه ای است که روی قسمتی از استوانه یا اصطلاحاً درام دستگاه که در تماس با دوغاب است، لایه ی نازکی از دوغاب می نشیند و به اندازه ی کافی خشک می شود. سپس دوغاب خشک شده توسط تیغه هایی از سطح استوانه تراشیده می شود. دانه های گوشه دار ایجاد شده، اشکال نامنظم داشته و دارای لبه ها و گوشه های تیز و سطح ناصاف و خشن می باشند.

۳-۳-۸- تولید گرانول با روش تر: یکی از اصلی ترین روش های تولید پودر گرانوله، روش تر است. در این روش ابتدا مواد با آب کافی مخلوط می شوند تا به صورت سوسپانسیون همگن و با دانسیته ی مطلوب تبدیل شوند. عملیات آب زدایی بعدی این سوسپانسیون تا رسیدن به رطوبت مورد نظر ممکن است به روش های مختلفی انجام شود. عمده ترین روش ها عبارتند از:

۱- سنتی ترین روش آب زدایی از دوغاب، استفاده از فیلتر پرس است، تا دوغاب مواد به صورت کیک فیلتر شده تبدیل شود. در مرحله ی بعد، کیک فیلتر شده تا درجه ی رطوبتی که مناسب برای خرد شدن و الک شدن باشد، خشک می شود.

۲- روش دیگر، اکستروود کردن کیک فیلتر شده توسط دستگاه فیلتر پرس است که علاوه بر همگن شدن رطوبت و مخلوط شدن بهتر مواد بدنه، گل بدنه نیز به صورت شمش گل یا رشته رشته درآمده تا راندمان عملیات خشک کردن بیشتر شود. در صورت کم بودن درصد رطوبت مواد آماده سازی شده برای اجرای عملیات پرس، نیاز به مرطوب کردن مواد می باشد. وقتی رطوبت به حد مطلوب رسید با دمیدن هوا به کمک یک فن قوی، توده ی گل به صورت دانه های از هم جدا تبدیل می شود. مواد حاصل در یک محفظه ته نشین شده، الک می شوند و سپس ذرات درشت دانه مجدداً به داخل فن برگشت داده می شوند تا ریزدانه تر شوند.

۴-۳-۸- تولید گرانول با روش اسپری درایینگ^۲: اسپری درایینگ نوعی سیستم خشک کردن مواد است که در آن برای تولید و تهیه گرانول ها و یا ذرات ریز، از اسپری کردن دوغاب در معرض هوای داغ، استفاده می شود.

۴-۸- فرآیند سیستم اسپری درآینگ

مراحل اسپری درآینگ عبارت است از:

الف) اسپری کردن دوغاب برای تبدیل شدن به قطرات یا ذرات ریز.

ب) قرار گرفتن مواد اسپری شده در مجاورت یک گاز داغ (معمولاً هوا) برای خشک شدن

مواد.

ج) جمع‌آوری محصول گرانول مطلوب و جداسازی ذرات ریز و غبار توسط تجهیزات

غبارزدایی.

لازم به توضیح است موادی که باید خشک شوند توسط نازل به صورت ذرات ریز و بسیار

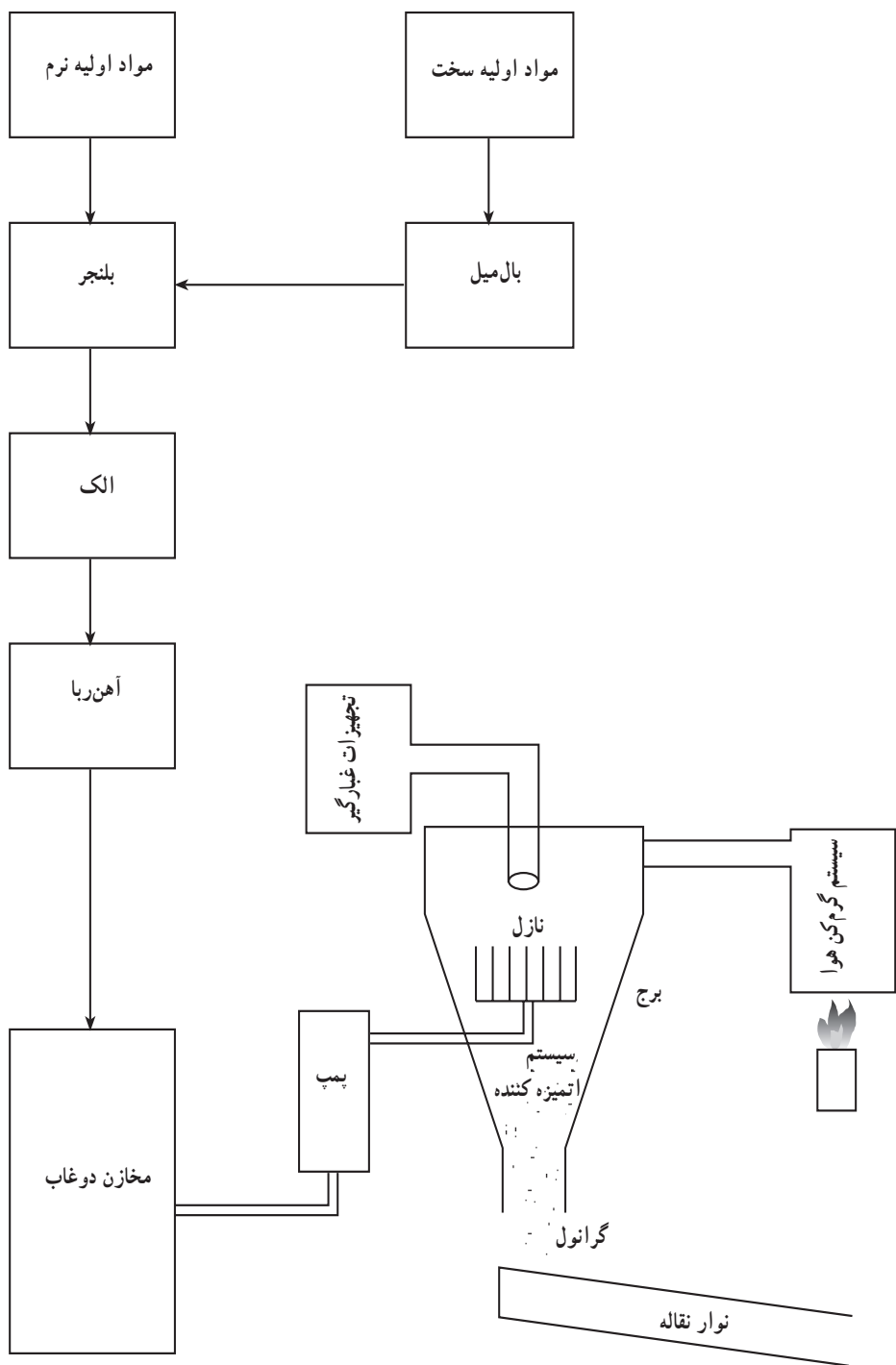
کوچک درمی‌آیند.

پس از اسپری کردن دوغاب، این ذرات در داخل جریانی از یک گاز داغ که عمدتاً هوا

است، قرار می‌گیرد. ذرات پس از قرار گرفتن در معرض گاز داغ، سریعاً خشک شده و در انتهای

پایین دستگاه اسپری درآیر جمع می‌شود، و گرانول حاصله برای استفاده‌های بعدی از سیستم خارج

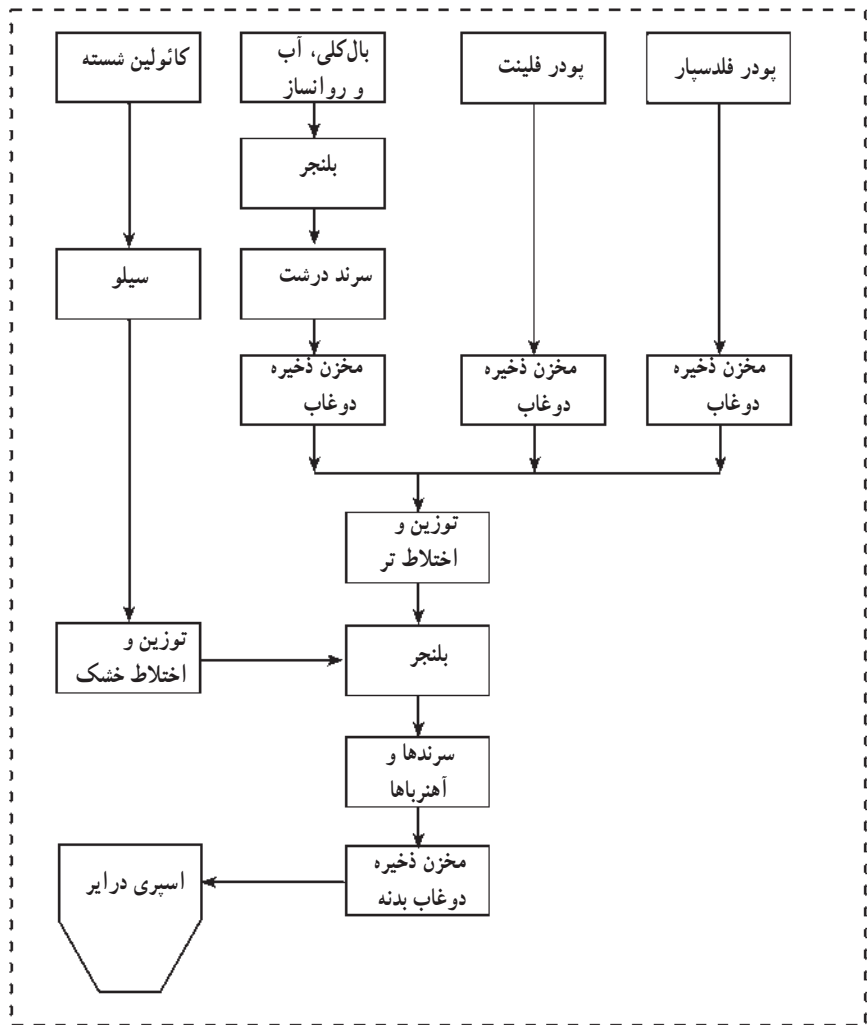
می‌شود (شکل ۲-۸). یکنواختی شکل گرانول‌ها بسیار مهم است.



شکل ۲-۸- شکل شماتیک از فرآیند اسپری درآینگ

- ۱-۴-۸- موارد کاربرد سیستم اسپری درآیینگ : اسپری درآیرها برای خشک کردن طیف وسیعی از انواع مواد، به کار می‌روند که فهرست وار به آن‌ها اشاره می‌شود :
- الف - خشک کردن و گرانوله کردن دوغاب‌های مواد سرامیکی برای تولید :
- بدنه‌های کاشی دیواری و کاشی کف
 - مواد رسی و کاتولین‌ها
 - پرسلان‌های الکتریکی
 - بدنه‌های ظروف غذاخوری
 - رنگ‌ها و لعاب‌ها
 - بدنه‌های سرامیک‌های ویژه و سرامیک‌های اکسیدی
 - فرّیت‌ها^۱ و سوسپانسیون‌های کربن و گرافیت
 - استاتیت و سیلیکات زیرکونیم (زیرکن)
 - آلومینا و مخلوط‌های شیشه
- ب - خشک کردن و گرانوله کردن سوسپانسیون‌های انواع الیاف‌ها و ترکیبات شیمیایی برای تولید :

- پاک‌کننده‌ها و مواد مشابه
 - مواد دارویی، محصولات غذایی مانند شیرخشک، تخم‌مرغ و قهوه
- شکل ۳-۸، یک واحد آماده‌سازی مرکزی برای انواع روش‌های شکل‌دهی را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است خواص محصول نهایی از کنترل فرآیند هر جزء از فرآیند به دست می‌آید، یعنی در هر جزء کنترل خواص مربوطه اهمیت دارد.



شکل ۳-۸- یک واحد آماده‌سازی مرکزی برای آماده‌سازی گرانول انواع بدنه‌های سرامیکی، با استفاده از سیستم اسپری درایر

۲-۴-۸- مزایای سیستم اسپری درآینگ : خشک کردن محصولات سرامیکی با

استفاده از سیستم اسپری درآینگ نسبت به سایر سیستم‌های خشک کردن از مزایای زیر برخوردار است :

— *تداوم فرآیند* : چون چند مرحله‌ی فرآوری مواد در یک فرآیند ادغام شده است و نیز اجزای این سیستم به‌طور مداوم مشغول کار هستند، چون مراحل‌ی مانند ورود دوغاب به محفظه، اسپری کردن دوغاب و مجاورت دوغاب با هوای داغ در یک زمان انجام می‌شود، لذا سرعت تولید

گرانول بالاتر می‌رود.

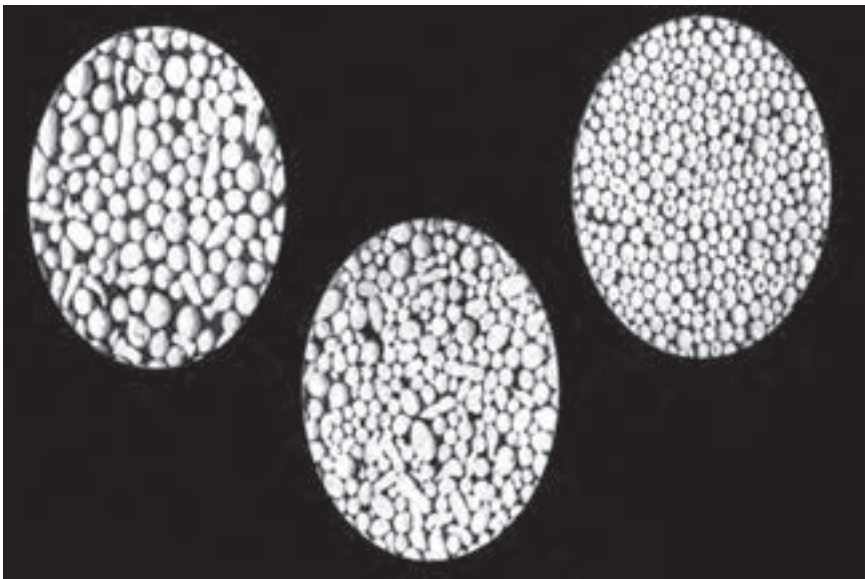
— **صرفه‌جویی در تعداد عملیات:** با کاهش فرآیندها و عملیاتی هم‌چون عملیات فیلتر پرس و یکنواخت کردن مواد توسط پاگمیل، در تعداد عملیات صرفه‌جویی شده، که نتیجه‌ی آن، صرفه‌جویی در هزینه‌های تولید محصولات سرامیکی است.

— **صرفه‌جویی در فضای مورد نیاز:** به‌دنبال صرفه‌جویی در تعداد عملیات، صرفه‌جویی در ماشین‌آلات مورد نیاز تولید نیز ایجاد خواهد شد. در نتیجه‌ی صرفه‌جویی در ماشین‌آلات، صرفه‌جویی در فضای مورد نیاز برای احداث یک واحد صنعتی تولید محصولات سرامیکی را در پی دارد.

— **صرفه‌جویی در مصرف انرژی حرارتی:** به علت افزایش سطح تماس ذرات دوغاب با گازهای داغ، میزان انتقال حرارت افزایش یافته، در نتیجه راندمان سیستم بالاتر از سیستم‌های دیگر است.

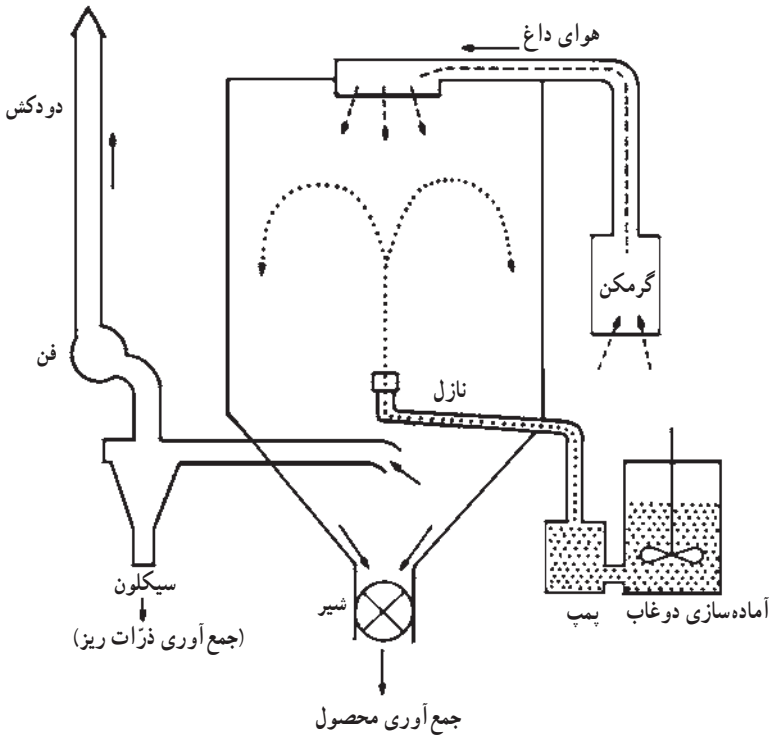
— **سیالیت زیاد گرانول‌های تولید شده:** گرانول‌های تولید شده براساس شکلی که دارند، (به شکل کره هستند) دارای سیالیت زیاد بوده، لذا به راحتی و سادگی انتقال یافته و زوایای قالب را به خوبی پر می‌کنند و سهولت پرس شدن را در پی دارد.

— **یکنواختی در شکل، اندازه و دانسیته‌ی گرانول‌ها:** به دلیل قابلیت کنترل بیشتر دستگاه اسپری درایر، یکنواختی شکل، اندازه و دانسیته‌ی گرانول‌های تولید شده بیشتر است (شکل ۴-۸).



شکل ۴-۸— چند نمونه گرانول تولید شده توسط اسپری درایر

۳-۴-۸- مکانیزم خشک شدن گرانول‌ها: هنگامی که دوغاب، برای اسپری شدن به نازل‌های اسپری‌کننده می‌رسد، قطرات دوغاب به سرعت در جریان هوای داغ قرار می‌گیرد. پس از برخورد دوغاب با هوای داغ و انتقال حرارت از هوای داغ به ذرات دوغاب، تبخیر آب از سطح ذرات اتفاق می‌افتد (شکل ۵-۸).



شکل ۵-۸- اسپری شدن دوغاب در خلاف جهت هوای داغ در اسپری درایر

با انتقال سریع گرما از گازهای داغ به ذرات، مایع محبوس شده در قطرات دوغاب، بخار شده و دیواره‌ی ذرات را که هنوز پلاستیک هستند منبسط می‌کند، و حجم آن را حدوداً به ۳ تا ۱۰ برابر حجم اولیه‌اش می‌رساند. درنهایت با ایجاد یک سوراخ و منفذ کوچک در دیواره و رها شدن بخار، ذره‌ای توخالی با قشر و پوسته‌ی خشک شده‌ی جامد تشکیل می‌شود.

در صورتی که مایع محبوس شده بخار نشود، هسته‌ی مایعی شکل که در مرکز ذرات قرار دارد از میان هسته به بیرون آن تراوش و نفوذ می‌کند، که در نتیجه باعث کاهش فشار داخل ذره و باعث درهم رفتگی و فروریختگی داخلی ذره می‌شود، و محصولات خشک شده متناوباً و به صورت دانه‌های توخالی و کوچک با دانسیته‌ی ظاهری کم به وجود می‌آیند.



شکل ۸-۶- تأسیسات اسپری در ایننگ

سوالات

- ۱- گرانول را تعریف کنید.
- ۲- گرانول‌ها چه تفاوت‌هایی با هم دارند؟
- ۳- پنج مورد از ویژگی‌های گرانول‌ها را نام برده و یکی را توضیح دهید.
- ۴- در کدام روش تولید گرانول، بیشتر می‌توان دانسیته ظاهری گرانول‌ها را کنترل کرد؟
- ۵- نقش میزان رطوبت دوغاب‌های اسپری‌شونده در تهیه گرانول‌ها چیست؟ و این میزان در چه محدوده‌ای وجود دارد؟
- ۶- مکانیزم خشک شدن گرانول‌ها در روش اسپری درایینگ را بنویسید.
- ۷- دو مورد از محصولات غیرسرامیکی که برای تولید گرانول آن‌ها از سیستم اسپری درایینگ استفاده می‌شود، نام ببرید.

جدول ۱-۱- ارتباط هر یک از خواص مورد نیاز برای آماده سازی بدهنده های سرامیک با خواص دیگر و عملیات مورد نیاز

خواص تأثیرگذار بر	خواص تأثیرپذیر بدهنده از	ماشین آلات مورد نیاز و مناسب	عملیات و فرآیند آماده سازی مناسب برای ایجاد خاصیت مورد نظر	خاصیت
سختی	دانسیته (جرم حجمی)، پلاستیسیته، استحکام مکانیکی، تراکم، انقباض پخت، مدول کشش پذیری، کارپذیری، سرعت ریخته گری	سنگ شکن، بال میل	خردایش (شامل سنگ شکنی و آسیا کردن)	دانه بندی
سختی	یکنواختی، استحکام مکانیکی، تراکم، انقباض خشک کردن، انقباض پخت، مدول کشش پذیری، پلاستیسیته، یکواختی، استحکام مکانیکی، مدول کشش پذیری، کارپذیری، رنگ پس از پخت، حالات تنگ های محلول، ته نشین شدن ذرات، پدال یونی، شفافیت، انبساط حرارتی	بال میل، همزن های یروانه ای، همزن های باروی	آسیا کردن، انحلاط	توزیع دانه بندی
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد.	پلاستیسیته، دانسیته	_____	شستشو و تغلیظ مواد اولیه	خلوص مواد اولیه
میزان رطوبت (درصد آب)	ویسکوزیته، سیالیت	_____	توزین، تهیه دوغاب	دانسیته
میزان رطوبت (درصد آب)، دانسیته	سیالیت	_____	توزین، تهیه دوغاب	ویسکوزیته
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد. pH، دانه بندی، تراکم، خلوص مواد اولیه، مواد افزودنی (فلوکولانت ها و فلوکولانت ها و میزان کرین)، هوازدگی، کهنگی، کشش سطحی، وجود ذرات کلوئیدی، میزان رطوبت، پدال یونی، عاری بودن از هوا	کارپذیری و زمان پرس کردن	پاگمل، اکسترودر، هو اژدا	تغلیظ مواد اولیه، هوازدگی، یکواخت سازی گل، اکستروژن (ورز دادن)، کهنگی	پلاستیسیته
میزان رطوبت (درصد آب) خلوص مواد اولیه	ویسکوزیته	_____	تهیه دوغاب، افزودن افزودنی های لازم	سیالیت

ادامه‌ی جدول ۱-۱

شبکه ساختمانی (آب دوست بودن بعضی کانرها)	پلاستی سسته، دانسیته، وسکوزیته، سیالیت، استحکام مکانیکی در حالت خام، انقباض خشک شدن، کارپذیری، سرعت ریخته‌گری، گسش سطحی	اسیری درابر فیلتربرس	تهیه دوغاب آزادای	میزان رطوبت (درصد آب)
خلوص مواد اولیه به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد.	استحکام مکانیکی، مدول گسیختگی، انقباض خشک شدن، دقت ابعادی، انقباض پخت، بقائیت	همزن‌های پروانه‌ای، همزن‌های باروسی، پاکبیل	انحلاط، یکواخت‌سازی گل، عملیات تهیه گرانول	یکواختی
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد.	دانه‌بندی، توزیع دانه‌بندی	_____	_____	سختی
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد. یکواختی، پلاستی سسته، میزان رطوبت، تراکم	_____	همزن‌های پروانه‌ای، همزن‌های باروسی، اکسترودر هوآزدا	انحلاط، یکواخت‌سازی گل، هوآزادی، اکستروژن	استحکام مکانیکی خام
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد. یکواختی، پلاستی سسته، تراکم، عاری بودن از هوا	مدول گسیختگی	همزن‌های پروانه‌ای، همزن‌های باروسی، اکسترودر هوآزدا	انحلاط، یکواخت‌سازی گل، هوآزادی، اکستروژن	استحکام مکانیکی پس از پخت
دانه‌بندی، توزیع دانه‌بندی، عاری بودن از هوا	پلاستی سسته، انقباض پخت، انقباض خشک شدن، جذب آب، مدول گسیختگی، استحکام مکانیکی، دقت ابعادی	همزن‌های پروانه‌ای، همزن‌های باروسی، اکسترودر هوآزدا	انحلاط، یکواخت‌سازی گل، هوآزادی، اکستروژن	تراکم
دانه‌بندی، توزیع دانه‌بندی، خلوص مواد اولیه، تراکم، میزان رطوبت، یکواختی، عاری بودن از هوا	_____	همزن‌های پروانه‌ای، همزن‌های باروسی، اکسترودر هوآزدا	انحلاط، یکواخت‌سازی گل، هوآزادی، اکستروژن	انقباض خشک شدن
دانه‌بندی، توزیع دانه‌بندی، خلوص مواد اولیه، تراکم، میزان رطوبت، یکواختی، عاری بودن از هوا	دقت ابعادی	_____	_____	انقباض پخت
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد. تراکم	_____	_____	_____	جذب آب

ادامی جدول ۱-۱

_____	استحکام مکانیکی، انقباض خشک شدن، انقباض پخت، تراکم، پلاستیسیته	اکسترودر هوزادا، اسپری درابر	هوزادای، تهیه گرانول شستشو و تغلیظ مواد اولیه، پکرواغت سازی گل، اکستروژن (وزن دادنا)، کهنگی، هوزادگی رسی	عاری بودن از هوا
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد. pH، دانه بندی، تراکم، خلوص مواد اولیه، مواد افزودنی (دفلو کولانت ها، فلوکولانت ها و میزان کرن)، هوزادگی، کهنگی، کشش سطحی، وجود ذرات کلوئیدی، میزان رطوبت، تبادل یونی، عاری بودن از هوا	_____	اکسترودر هوزادا	_____	کارپندیری
خلوص مواد اولیه	_____	_____	شست و شو و تغلیظ مواد اولیه	رنگ پس از پخت
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد. خلوص مواد اولیه	_____	_____	_____	انقباض حرارتی
سیالیته، ویسکوزیته، میزان رطوبت (درصد آب)	_____	_____	تهیه دوغاب، افزودن افزودنی های لازم	سرعت ریخته گری
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد. پلاستیسیته	_____	اسپری درابر	عملیات تهیه گرانول لازم	زمان برس کردن
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد. انقباض پخت، تراکم	_____	اسپری درابر	عملیات تهیه گرانول	دقت ابعادی
خلوص مواد اولیه، یکدختی	_____	_____	شست و شو و تغلیظ مواد اولیه	تغلیظت
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد. میزان رطوبت (درصد آب)	_____	_____	_____	کشش سطحی
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد. خلوص مواد اولیه	پلاستیسیته، کارپندیری، تعویض یونی	_____	افزودن افزودنی های لازم	pH

ادامه‌ی جدول ۱-۱

خلوص مواد اولیه	تبادل یونی	فیلتر پرس	افزودن افزودنی‌های لازم، فیلتر (پرس) کردن	حالات نئک‌های محلول
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد.	پلاستیسمیت، استحکام مکانیکی، کارپذیری	_____	افزودن افزودنی‌های لازم	تعرض یونی
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد.	_____	_____	شستشو و تعویض	ته‌نشین شدن ذرات و حافظه‌ی گل
به ماهیت مواد اولیه بستگی دارد.	انقباض خشک شدن، انقباض بخت، استحکام مکانیکی	اکسترودر	اکستروژن	جهت‌گیری ترجیحی ذرات

جدول ۱-۲ انواع ناخالصی‌های مواد اولیه سرامیک و آثار آن‌ها

نوع ناخالصی	آهن و ترکیبات آهن	ترکیبات مختلف ناخالصی	شکل‌های مختلف موجود در مواد اولیه	اثر ناخالصی	منشأ ناخالصی
آهن و ترکیبات آهن	<ol style="list-style-type: none"> ۱- آهن آزاد ۲- اکسید فزو (FeO) ۳- اکسید فرتک (Fe_۳O_۴) ۴- سولفیدهای آهن ۵- سولفات‌های آهن 	<ol style="list-style-type: none"> ۱- به صورت آزاد ۲- به صورت یک جزء شیمیایی در کانی‌ها ۳- جایگزین شدن به جای آلومینیم در شبکه‌ی کریستالی ۴- به صورت میزغال‌های آهن به شرح زیر: <ul style="list-style-type: none"> منیتیت، سیدریت، هماتیت، لیمونیت، مارکاسیت، پیریت. 	<ol style="list-style-type: none"> ۱- کاهش دمای پخت بدنه ۲- تیره کردن رنگ بدنه‌ی پخته شده 	<ol style="list-style-type: none"> ۱- ورود قطعات بزرگ آهن در حین عملیات استخراج و معدن‌کاری ۲- ورود آهن و اکسیدهای آن در حین عملیات خردایش (شامل: سنگ‌شکنی، آسیا کردن) ۳- ورود ذرات بسیار ریز آهن به علت ساییش ماشین‌آلات ۴- به عنوان یک جزء شیمیایی همراه کانی‌های مواد اولیه 	
اکسید تیتانیم (یتانیا)	<ol style="list-style-type: none"> ۱- TiO_۲ ۲- FeTiO_۳ 	<ol style="list-style-type: none"> ۱- روتایل ۲- ایلمنیت ۳- آناتاز ۴- بروکیت 	<ol style="list-style-type: none"> ۱- تیره و کدر نمودن رنگ بدنه‌ی پخته شده ۲- عامل افزودن شدت رنگ در بدنه (به‌ویژه اکسیدهای آهن) 	<ol style="list-style-type: none"> ۱- به عنوان یک جزء شیمیایی همراه کانی‌های مواد اولیه 	
اکسیدهای رنگی	<ol style="list-style-type: none"> ۱- اکسید کروم ۲- اکسید منگنز ۳- اکسید منیزیم ۴- اکسید تیتانیم ۵- اکسید مس ۶- اکسید آهن 		<ol style="list-style-type: none"> ۱- تیره و کدر نمودن رنگ بدنه‌ی پخته شده ۲- پالین آوردن دمای پخت بدنه 	<ol style="list-style-type: none"> ۱- به عنوان یک جزء شیمیایی همراه کانی‌های مواد اولیه 	

ادامه‌ی جدول ۱-۲

<p>- به عنوان یک جزء شیمیایی همراه کانی‌های مواد اولیه.</p>	<p>۱- عامل انبساط بدنه ۲- ایجاد ترک در بدنه ۳- عامل خرد شدن بدنه ۴- کوچک شدن محدوددهی شیشه‌ای شدن بدنه ۵- پایین آمدن دمای پخت بدنه ۶- کاهش پلاستیسیته مواد اولیه</p>	<p>به صورت کانی کلسیت و به عنوان جزء عمده در مارل‌ها (مخلوط رسی و گچ)</p>	<p>۱- $CaCO_3$ ۲- $CaO.CO_2$</p>	<p>کربنات کلسیم</p>
<p>۱- به عنوان یک جزء شیمیایی همراه کانی‌های مواد اولیه ۲- همراه آب افزودنی برای تهیه دوغاب</p>	<p>۱- ایجاد پدیده‌ی شوره زدن ۲- ایجاد پدیده‌ی رسوب نمک روی سطح قطعه (آلویک) ۳- ایجاد پدیده‌ی ذوب موضعی ۴- ایجاد اشکال در دوغاب‌ها</p>		<p>۱- سولفات کلسیم ۲- سولفات منیزیم ۳- سولفات آهن ۴- سولفات پتاسیم ۵- سولفات سدیم</p>	<p>نمک‌های محلول</p>
<p>۱- به عنوان یک جزء شیمیایی همراه کانی‌های مواد اولیه ۲- همراه آب افزودنی برای تهیه دوغاب</p>	<p>۱- کاهش دمای پخت ۲- افزایش میزان شیشه‌ای شدن ۳- کاهش میزان تخلخل بدنه ۴- کاهش جذب آب بدنه ۵- کاهش انبساط حرارتی بدنه</p>		<p>۱- Na_2O ۲- K_2O ۳- MgO</p>	<p>عناصر قلیایی</p>

واژه‌نامه

Ball mill	آسیاب گلوله‌ای (بالمیل)
Benefication	تغلیظ (کانه‌آرایی)
Binder	چسب
Black core	مغز سیاه
Bloating	باد کردگی بدنه
Brittleness	تُرْدی
Calcination	کلسیناسیون
Casting rate	سرعت ریخته‌گری
Chemical analysis	آنالیز شیمیایی
Chemical properties	خواص شیمیایی
Color oxides	اکسیدهای رنگ‌کننده
Compressive force	نیروی فشاری
Concentration	غلظت
Continuous	پیوسته
Crack	ترک
Crushing	خردایش
Decoration	تزئین
Defects	عیوب
Deflocculant	روانساز
Deflocculation	روانسازی
Defoamer	ضدکف
Density	دانسیته
Drying	خشک کردن
Drying shrinkage	انقباض خشک
Emulsion	امولسیون
Extrusion	اکستروژن
Filtration	فیلتراسیون
Filter Press	فیلتر پرس
Final Product	محصول نهایی
Firing	پخت

Firing Shrinkage	انقباض پخت
Floataation	فلواتاسیون
Flocculant	لخته کننده
Flocculation	فلوکولاسیون
Flux	گداز آور
Foamer	کف ساز
Forming	شکل دهی
Glazing	لعاب زدن
Hard Materials	مواد سخت
Hardness	سختی
Heterogen	غیر همگن
Homogeneous	یکنواختی
Hole	حفره
Hydrocyclon	هیدروسیکلون
Impact	ضربه
Impurity	ناخالصی
Interparticle bonds	اتصالات بین ذره ای
Ion exchange	تعویض یونی
Lubricant	روان کننده (کاهنده اصطکاک)
Magnet	مگنت (آهنربا)
Modulus of rupture	مدول گسیختگی (استحکام خمشی خام)
Nuzzle	نازل
Particle size	دانه بندی
Particle size distribution	توزیع دانه بندی
Periodic	متناوب
Pinhole	سوزنی شدن لعاب
Physical properties	خواص فیزیکی
Pigment	پیگمنت
Plasticity	پلاستی سبته
Plasticizer	پلاستی سبایزر
Porosity	تخلخل
Porous body	بدنه ی متخلخل

Preparation	آماده‌سازی
Properties	خواص
Raw materials	مواد اولیه
Refractoriness	دیرگدازی
Semi-hard materials	مواد نیمه سخت
Shear force	نیروی برشی
Slip	دوغاب
Soluble salts	نمک‌های محلول
Strength	استحکام
Surface tension	کشش سطحی
Table ware	چینی مطروف
Tanks	حوضچه‌ها و مخازن
Tensile force	نیروی کششی
Texture	بافت
Thermal energy	انرژی گرمایی
Thermal expansion	انبساط حرارتی
Thixotropy	تیکسوتروپی
Translucency	نیمه شفافیت
Trans parency	ترانسپارنتی
Viscosity	ویسکوزیته
Water absorption	جذب آب
Water hardness	سختی آب
Weathering	هوازدگی
White ware	سفید پخت

مراجع کتاب

در تدوین و تهیه این کتاب ، از مراجع زیر استفاده شده است :

- 1 - Rado, Paul. "An Interoduction to the Technology of pottery" / Pergamon Press/1988.
- 2- Dinsdale, Allen; Wiley, John." Pottery Scienc, Materials, Processes & Products"/ 1986.
- 3- Bernard Leach, Faber & Faber. "A Potter's Book"/ 1971.
- 4- RYAN, " Whiteware, Production, Testing, Quality Control"/ Pergamon Press/ 1989.
- 5- S. REED, JAMES; Wiley, John. "Principle of Ceramic Processing"/ 1988.
- 6- Singer, S.S. "Industrial Ceramic" / Chapman & Hall/ 1960.
- ۷- رستم‌خانی، محمد. «اسپری درایر»/ شرکت تحقیقات سرامیک / ۱۳۶۹.
- ۸- تشکری، شعبانعلی. «شکل دادن بدنه‌های سرامیکی به روش پرس پودر» / شرکت تحقیقات سرامیک / ۱۳۷۱.



