فصل ششم

تهیه دوغاب

هدف‌های رفتاری : از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :
۱ــ تهیه دوغاب به روش تر را بیان کند.
۲ــ تهیه دوغاب به روش خشک را بیان کند.
۳ــ نقاط قوت و ضعف هر روش را نام ببرد.
۴ــ عملی‌ترین روش تهیه دوغاب را تشخیص دهد.

مقدمه

پس از آن‌که مواد اوّلیه ساخت بدنه‌های سرامیکی به‌صورت پودر ریز و نرم تهیه شد، اختلاط آن‌ها به نسبت‌های موردنظر مطرح خواهد شد. همان‌گونه که قبلاً گفته شد، یک بدنه سرامیکی عمدتاً از مواد رسی و مواد غیررسی (فلدسپار و کوارتز) تشکیل شده است. مواد اوّلیه رسی معمولاً با هم‌زدن در داخلِ آب، باز و متفرق می‌شوند، و مواد اوّلیه غیررسی پس از آسیا کردن باید وارد دوغاب شوند.

معمولاً در تولید چینی مظروف مواد اولیه‌ی سخت داخل بالمیل بارگیری شده ــ به جهت جلوگیری از رسوب سریع دوغاب، ناشی از قطع برق یا موارد مشابه، درصد جزیی (حدود ۵ درصد از کل آمیز) مواد اولیه‌ی رسی نیز افزوده می‌شود ــ و به همراه بخش عمده‌ی آب و افزودنی‌ها با کنترل زمان آسیاب کردن به دانه‌بندی مناسب رسانده و سپس به داخل بلنجر تخلیه می‌شوند. باقی‌مانده‌ی مواد رسی (معمولاً شسته شده)، و بقیه‌ی افزودنی‌ها به بلنجر اضافه می‌شوند. متناسب با نوع روش شکل دادن، دوغاب بدون روانساز، روانه‌ی همزن پارویی شده و بعد از بارگیری که معمولاً توسط فیلتر پرس انجام می‌شود، تبدیل به گل پلاستیک می‌شود.

۱ــ۶ــ موارد مصرف آب در صنایع سرامیک

آب در صنعت سرامیک، دارای چنان نقش مهمّی 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 اهمّیّت و نقش آب در صنعت سرامیک را تشریح می‌کند :

الف) آب جزءِ مهمّی برای تهیّه انواع سوسپانسیون‌های مورد مصرف در صنعت سرامیک است. (ساخت انواع دوغاب برای شکل‌دهی به روش ریخته‌گری و روش اسپری درایینگ)

ب) آب می‌تواند وسیله‌ی شستشوی مواد اوّلیه‌ی سرامیکی باشد. (به‌عنوان مثال : شستشوی کائولین)

ج) از آب به‌عنوان مادّه‌ی اصلی در فلوتاسیون تعدادی از مواد اوّلیه سرامیکی (علی‌الخصوص فلدسپارها و کوارتز) استفاده می‌شود.

د) به‌عنوان یک عامل هموژن‌کننده، بازکننده و پخش‌کننده‌ی مواد به‌کار می‌رود.

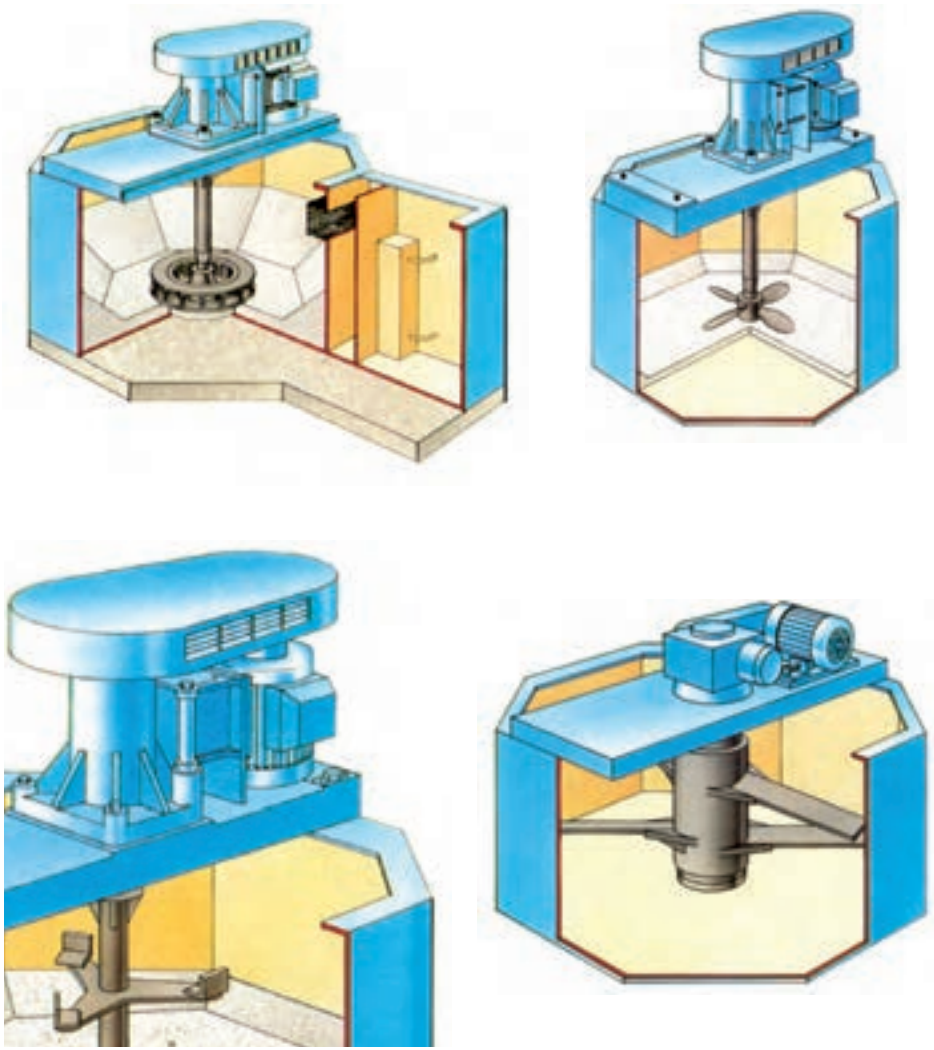
۲ــ۶ــ اختلاط و هم‌زدن آمیز بدنه

برای مخلوط کردن مواد رُسی با دیگر مواد اوّلیه سرامیکی (فلدسپار و کوارتز)، ذرّات مواد رسی باید به‌طور یکنواخت در آب باز و متفرّق شوند. این عمل در یک بلنجر[۱] (همزن دور بالا) ممکن و میسّر 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 هموژن از مواد به‌دست خواهد آمد.

طرح معمول همزن‌ها، دارای مقطع هشت ضلعی با یک پرّه‌ی چرخنده است (شکل ۱ــ۶). در تمام اوقات کار همزن، سرعت آن از ۲۵۰ تا ۱۵۰ دور در دقیقه است. ذرّات 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 ذرّات بسیار ریز دانه دارند، زمان کوتاه، امّا وقتی که به شکل کلوخه تهیّه می‌شوند، باز شدن و تفرّق آن‌ها مشکل خواهد بود.

۱ــ Blunger

۲ــ Blunging Time



شکل ۱ــ۶ــ چند نمونه بلنجر

اخیراً همزن‌های سرعت بالا[1] ساخته شده است. این همزن‌ها نسبت به نوع قدیمی پره‌های کوچک‌تری دارند ولی سرعت دورانی آن‌ها خیلی زیاد است. (دارای سرعت دورانی حدود ۳۰۰ــ۴۰۰rpm). درضمن 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

۱ــ 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 تذکّر است که گفته شود خواص سوسپانسیون‌های مواد در روش هم‌زدن معمولی و هم‌زدن سریع متفاوت خواهد بود.

۳ــ۶ــ تهیّه دوغاب به روش تر[۱] (با استفاده از دوغاب هریک از مواد اولیه)

در تهیّه دوغاب به روش تر، ممکن است هریک از اجزای بدنه، به‌صورت یک دوغاب مجزّا تهیه یا به‌صورت یک‌جا آماده‌سازی شوند. درصورتی که وزن مخصوص دوغاب یک ماده اولیّه اندازه‌گیری شود و وزن مخصوص ماده اولیّه معلوم باشد،امکان محاسبه ماده خشک موجود در دوغاب در هر حجم از آن به‌راحتی و با استفاده از فرمول زیر وجود دارد :

$$m = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} (L_g - V)$$

که در این رابطه :

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

L_g : وزن دوغاب در حجم V (برحسب گرم)

V : حجم دوغاب برحسب سانتی‌مترمکعب (میلی‌لیتر)

: وزن مخصوص ماده خشک موجود در دوغاب برحسب گرم بر سانتی‌مترمکعب

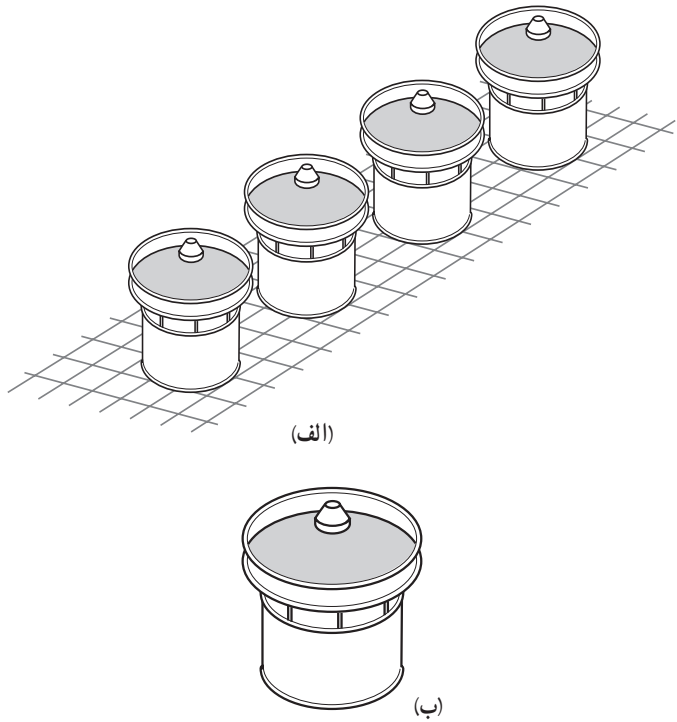
(برای این دوغاب، مایع آب درنظر گرفته شده است و درصورتی که مایع دیگری در دوغاب باشد به‌جای عدد ۱، باید وزن مخصوص آن مایع را قرار داد.)

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 آن‌را دوغاب بدنه[۲] نامید.

مقدار طبیعی ذرّات جامد کائولین در یک دوغاب (با توجه به آمیز بدنه) معمولاً ۴۰٪ــ۳۰٪ وزنی است.

در روش تر تهیّه دوغاب، مواد اوّلیه آسیا شده یا هم زده شده را در مخزن‌های ذخیره‌ی مشابه مخزن (الف) نگهداری می‌کنند. از این مخازن، می‌توان مقدار دوغاب مواد اولیّه 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 ۲ــ۶).

۱ــ Wet Mixing ۲ــ Body Slip

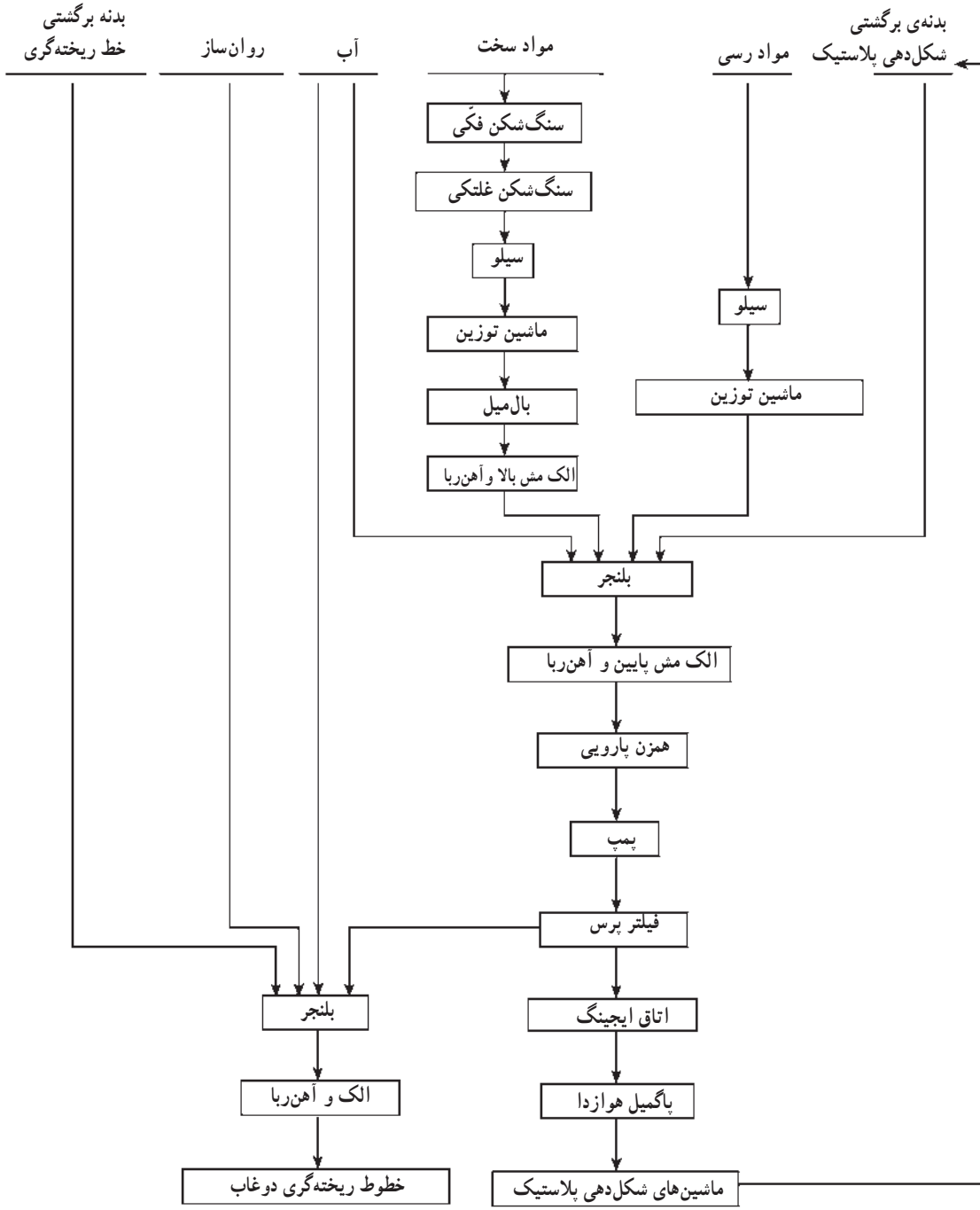


شکل ۲ــ۶ــ دو نمونه از مخازن ذخیره‌ی دوغاب با ابعاد مختلف

حجم هر دوغاب از مواد را در هرمخزنی می‌توان به‌راحتی و به‌وسیله‌ی اندازه‌گیری عمق دوغاب به‌دست آورد. با اندازه‌گیری عمق دوغاب به کمک میله‌ی مدرّج و ضرب کردن آن در مساحت مخزن، می‌توان حجم دوغاب را به‌دست آورد.

مخازن دوغاب در کارخانه‌ها، در فضاهای بسیار بزرگی معمولاً در زیرزمین ساخته می‌شوند و به‌وسیله 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 شکل‌دهی) نیز قبل از اختلاط با دوغاب آماده‌سازی شده، سرند شده و از مغناطیس عبور داده می‌شود (شکل ۳ــ۶).



شکل ۳ــ۶ــ آماده‌سازی بدنه برای شکل‌دهی پلاستیک و دوغابی

۱ــ۳ــ۶ــ مزایای تهیّه دوغاب به روش تر :

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

ب) کنترل دقیق برای نسبت هریک از مواد ممکن و میسّر خواهد بود.

علی‌رغم مزایای برشمرده برای تهیه دوغاب به روش تر، معایب و نقاط ضعف برای این روش به شرح زیر وجود دارد :

۲ــ۳ــ۶ــ معایب و نقاط ضعف تهیّه 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.

۴ــ۶ــ تهیّه دوغاب به روش خشک (با استفاده از مواد اولیه‌ی خشک)

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

الف) در این روش، مواد اوّلیه قبل از آن‌که به بال‌میل و یا بلنجر ریخته شود، وزن می‌شوند.

ب) میزان آب مورد نیاز برای آسیا کردن مواد اوّلیه سخت غیرپلاستیک و برای هم زدن، باز کردن و متفرّق ساختن مواد اوّلیه نرم پلاستیک به آن‌ها افزوده می‌شود. (براساس میزان آب مجاز که باید در دوغاب یا سوسپانسیون مواد اوّلیه 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 اوّلیه، به بلنجر هدایت می‌شود.

در این روش، هم‌چنین ممکن است که مواد رسی با همزن‌های جداگانه‌ای، هم زده و متفرّق شوند. در این حالت، مواد رسی به‌طور مستقیم به داخل مخازن، شارژ شده و با دوغاب مواد سخت آسیا شده مخلوط می‌شود.

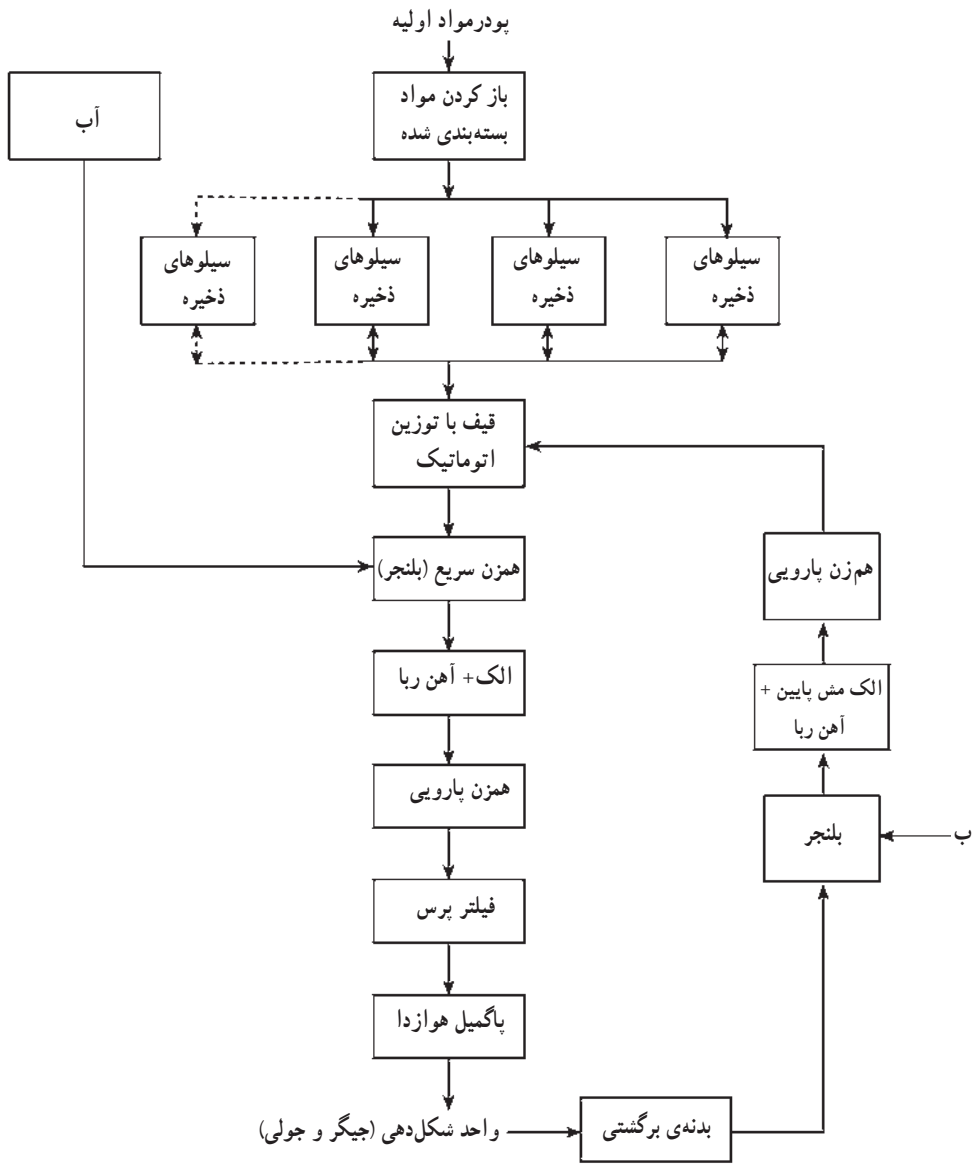
د) در بیشتر حالات، دوغاب مواد اوّلیه مخلوط شده، از بلنجر به همزن پارویی بزرگ منتقل می‌شوند. این مخازن به قدر کافی بزرگ هستند که چندین مخلوط دوغاب‌های تولید شده در بلنجر را در خود جای دهند.

هـ) معمولاً بدنه‌های برگشتی[1] پس از هم زدن در بلنجر به همزن پارویی اضافه می‌شوند.

در روش‌های سنّتی شکل‌دهی، مقدار بدنه‌های برگشتی که باید دوباره به‌کار گرفته شود، زیاد است (به‌عنوان مثال ۳۰ تا ۴۰ درصد از کلّ گل پلاستیک). حضور قابل‌ملاحظه‌ی بدنه‌ی برگشتی

۱ــ 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 ۴ــ۶).



شکل ۴ــ۶ــ تهیّه دوغاب به روش خشک

مراحل شکل را می‌توان به اختصار بدین‌صورت بیان کرد :

ــ مواد غیررسی (کوارتز، فلدسپار و...) به‌صورت یک دوغاب (بعد از آسیا کردن) توزین و مخلوط می‌شوند.

ــ مواد رسی به‌صورت خشک توزین می‌شوند(با توجه به رطوبت موجود در ماده‌ی اوّلیه).

ــ اختلاط مواد رسی و مواد سخت (فلدسپارها و کوارتز) صورت می‌پذیرد.

باید توجه داشت در این روش چون سیلیس به‌صورت 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.

۵ــ۶ــ اهداف تهیه‌ی دوغاب

در واحدهای آماده‌سازی دوغاب در کارخانه‌های سرامیک معمولاً برای سه هدف، دوغاب تهیّه 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.

سؤالات

۱ــ اهمیت آب در صنعت سرامیک چیست؟

۲ــ موارد استفاده از آب در صنعت سرامیک را توضیح دهید.

۳ــ نحوه‌ی استفاده از مواد رسی در آمیز دوغاب چگونه است؟

۴ــ مخازن نگهداری در صنعت سرامیک چه کاربردی دارند؟

۵ــ تهیه دوغاب به روش تر را به اختصار بیان کنید.

۶ــ فرمول لازم برای یافتن وزن مواد خشک در حجم V از دوغاب را نوشته و اجزای آن‌را بیان کنید.

۷ــ مزایا و معایب تهیه دوغاب به روش تر را بیان کنید.

۸ــ روش به‌دست آوردن حجم دوغاب داخل مخزن ذخیره‌ی دوغاب را بنویسید.

۹ــ تهیه دوغاب به روش خشک را به اختصار بیان کنید.

۱۰ــ برای چه هدف‌هایی دوغاب تهیه می‌کنند؟

فصل هفتم

آماده‌سازی گل پلاستیک

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

۱ــ دلیل آب‌زدایی را توضیح دهد.

۲ــ دستگاه‌های آب‌زدایی را نام ببرد.

۳ــ دلیل استفاده از گل پلاستیک را توضیح دهد.

۴ــ دستگاه‌های تهیه گل پلاستیک را نام ببرد.

۵ــ مراحل تهیه گل پلاستیک را توضیح دهد.

۶ــ نقاط قوت و ضعف اکستروژن را توضیح دهد.

۷ــ کهنگی گل را توضیح دهد.

مقدمه

یکی از روش‌هایی که برای شکل دادن قطعات سرامیکی به‌کار می‌رود استفاده از گِل پلاستیک است.

در این فصل به بررسی آماده‌سازی گِل پلاستیک خواهیم پرداخت.

پس از آن‌که آمیز مناسب برای تهیّه گل پلاستیک از طرف آزمایشگاه ارائه شد، ادامه‌ی عملیات به شکل زیر خواهد بود.

سنگ‌جوری، خردایش (شامل سنگ‌شکنی و آسیا کردن)، اختلاط مواد اوّلیه و تهیّه دوغاب مراحلی 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 :

ــ آب‌زدایی

ــ یک‌نواخت‌سازی گل (هموژن کردن)

ــ هوازُدایی

ـ اکستروژن
ـ خواباندن گل (کهنه کردن گل)

۱ـ۷ـ آب‌زُدایی[۱]

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

ـ مکش آب توسّط قالب‌های گچی (با مکانیزم مکش لوله‌های مویین).
ـ کاهش رطوبت در معرض هوا
ـ آب‌گیری به کمک کیسه‌های پارچه‌ای (درست مانند چکیده کردن ماست)
ـ فیلتر پرس
ـ 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:

ـ صرفه‌جویی در انرژی
ـ صرفه‌جویی در زمان آب‌زدایی
ـ هزینه‌ی مناسب تعمیرات و نگه‌داری ماشین‌آلات

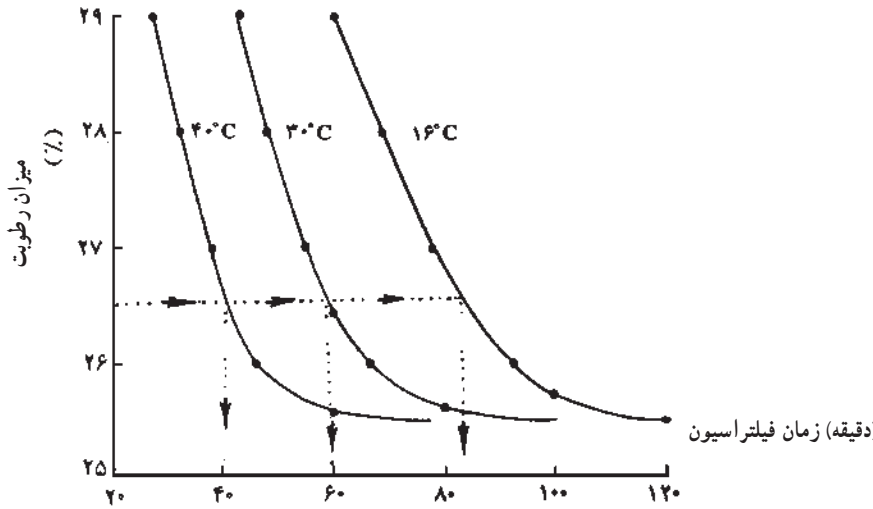
در ادامه‌ی بحث فرآیند آب‌زدایی، به عوامل مؤثر در زمان، سرعت و میزان فیلتراسیون[۳] در روش فیلتر پرس اشاره خواهد شد:

ـ دمای دوغاب: دمای دوغاب درحال فیلتراسیون بر زمان فیلتراسیون به شدت تأثیر داشته، به‌طوری که با افزایش درجه حرارت دوغاب، میزان دوغاب بیشتری فیلتر می‌شود (شکل ۲ـ۷ و ۳ـ۷). 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. (درصورتی که کلیه‌ی پارامترهای مؤثر در زمان فیلتراسیون ثابت باشند.) (به عنوان مثال: برای این که کیکی با رطوبت ٪۲۶/۵ به‌دست آوریم، زمان فیلتراسیون در دمای ۴۰°C، حدود ۴۰ دقیقه، در دمای ۳۰°C، حدود ۶۰ دقیقه و در

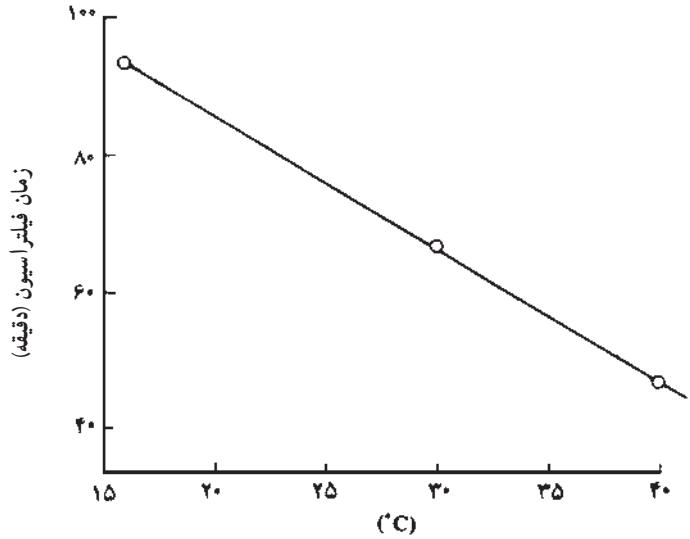
۱ـ Dewatering ۲ـ Spray drying

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

دمای ۱۶°C، حدود ۸۵ دقیقه به طول می‌انجامد. به عبارت دیگر با کاهش دما، زمان فیلتراسیون افزایش می‌یابد).



شکل ۱ــ۷ــ تأثیر دمای دوغاب بر میزان رطوبت کیک فیلتر پرس شده



شکل ۲ــ۷ــ تأثیر دمای دوغاب بر زمان فیلتراسیون

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

ــ نمک‌های محلول و نامحلول موجود در بال‌کلی‌ها

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

ــ از اسیدها یا بازهایی که برای خنثی‌سازی ذرّات دوغاب استفاده می‌شود.

منشأ ورود روانسازها به بدنه‌ها، منابع زیر است :

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

ــ 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 آن‌را کاهش می‌دهند. البته مقدار مصرف فلوکولانت‌ها دارای حدّ مجازی بوده به‌طوری که افزایش بیشتر آن بهبودی را در زمان فیلتراسیون ایجاد نخواهد کرد.

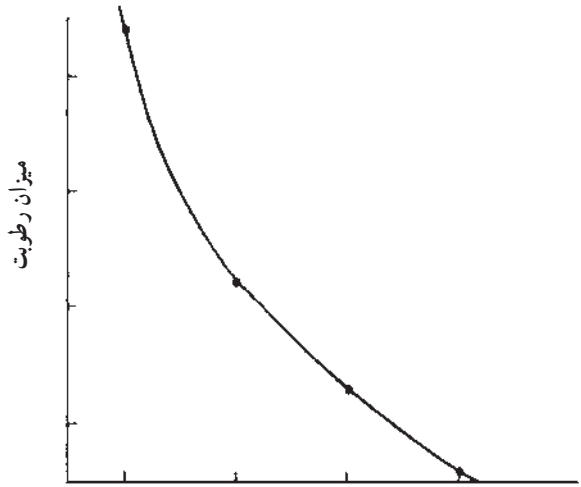
در روش فیلتراسیون دوغاب‌های سرامیکی با توجه به مصرف بسیار زیاد آب (٪۵۰ــ۴۵) در مقایسه با دوغاب‌های روش ریخته‌گری دوغابی که با آب کمتری تهیه می‌شود (٪۴۰ــ۳۲) روانی دوغاب بسیار زیاد است. ولی درصورتی که دوغاب فیلتر پرس روان را با افزودن فقط روانساز، روان‌تر کنیم زمان فیلتراسیون کاهش پیدا می‌کند. زیرا با تشکیل خانه‌های لانه مقوایی، نفوذپذیری آب از خمیر تشکیل شده بهبود می‌یابد و درنتیجه در زمان فیلتراسیون کاهش مشاهده می‌شود.

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

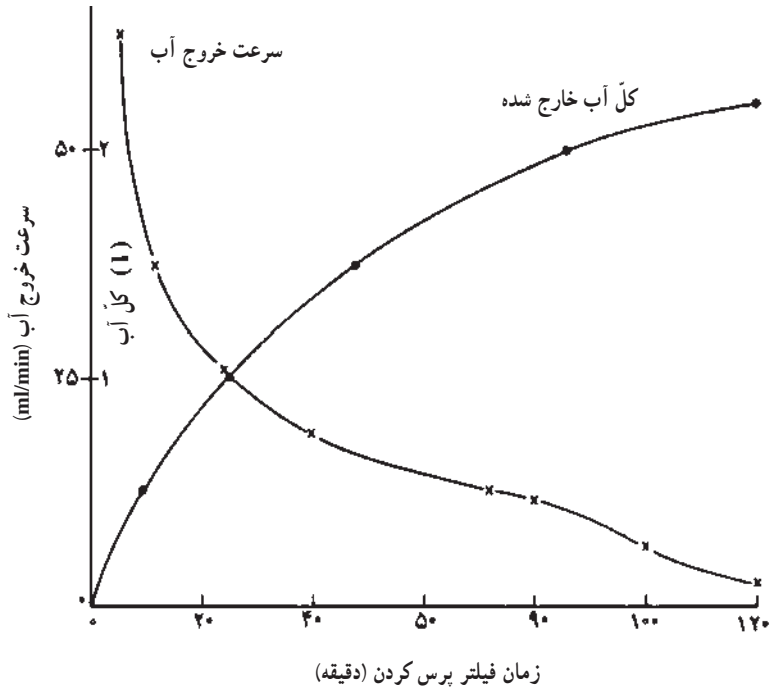
ــ **کشش سطحی دوغاب** : با توجه به پدیده‌ی ترشوندگی پودرهای سرامیکی در مجاورت آب، کشش سطحی به‌وجود می‌آید که آن‌را کشش سطحی دوغاب می‌گوییم، لذا افزایش این کشش سطحی در زمان فیلتراسیون تأثیر منفی دارد.

ــ **دانسیته‌ی دوغاب** : دانسیته‌ی هر دوغابی تنها با تغییر نسبت وزنی ذرّات جامد به مایع تغییر می‌یابد. بنابراین با افزایش دانسیته‌ی دوغاب، میزان رطوبت کیک فیلتر شده کاهش می‌یابد (شکل ۳ــ۷).

ــ **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، به‌طوری که پس از گذشت زمان‌های طولانی‌تر مقدار کیک فیلتر شده‌ی قابل‌ملاحظه‌ای تشکیل نخواهد شد و این مقدار دارای حدّ مشخصی می‌باشد که در شکل ۴ــ۷ نشان داده شده است.



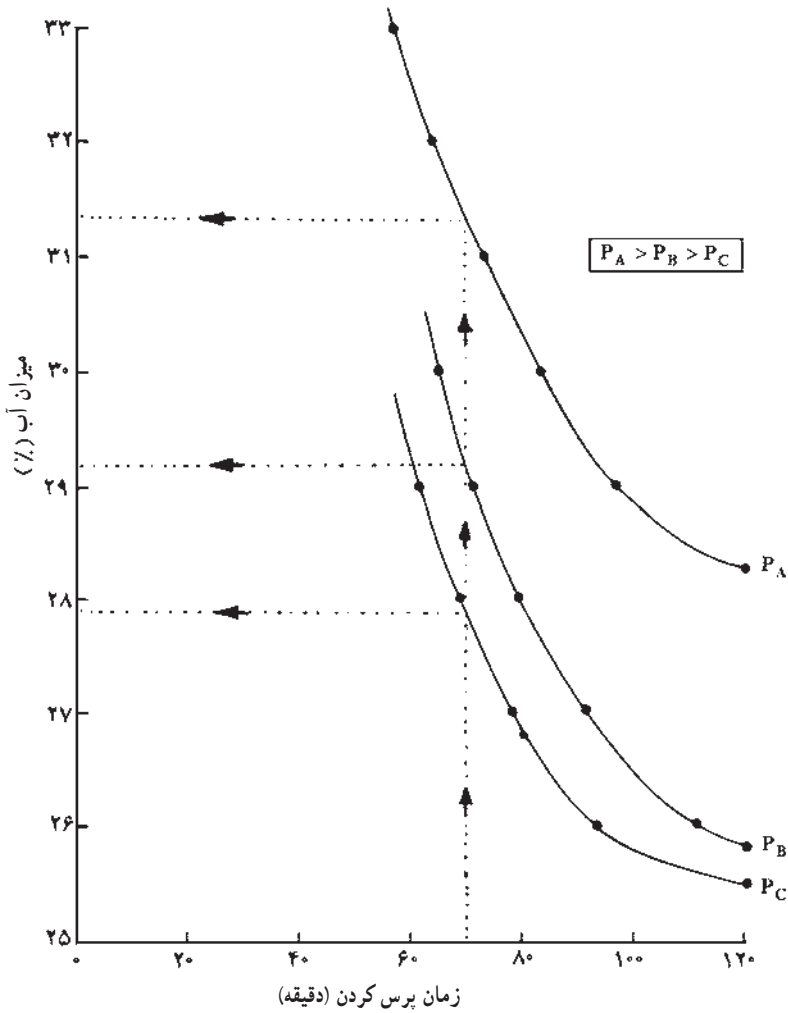
شکل ۳ــ۷ــ وابستگی دانسیته‌ی دوغاب از میزان رطوبت کیک فیلتر پرس شده.



شکل ۴ــ۷ــ تأثیر زمان فیلتر پرس کردن بر میزان فیلتراسیون

ـ **فشار فیلتر پرس** : با توجه به شکل ۵ـ۷ افزایش میزان فشار باعث افزایش مقدار کیک فیلتر شده، می‌گردد به‌طوری 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.

ـ **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 یک‌بار این کیسه‌ها را در ماشین مخصوص به همراه مواد شستشودهنده‌ی ویژه کاملاً شستشو داده و مجدد مورد استفاده قرار می‌دهند.



شکل ۵ـ۷ـ تأثیر فشار فیلتر پرس بر میزان خروجی آب

۲ــ۷ــ یکنواخت‌سازی گِل[۱]

کیک فیلتر پرس شده، از نظر رطوبت و درنتیجه دانسیته یکنواخت نیست. به‌طوری 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 ــ یکنواخت‌سازی با ماشین[۳]

۱ــ۲ــ۷ــ یکنواخت‌سازی با دست : برای ایجاد یکنواختی مناسب‌تر در گل سرامیکی درصورتی که ماشین مناسب ورزدهی در اختیار نباشد، با استفاده از روش‌های سنتی از جمله ورزدادن با دست و پا، گل سرامیکی را یکنواخت می‌کنیم.

ورز دادن با روش دستی دارای معایب زیر است :

ــ وقت‌گیر است.

ــ در واحدهای صنعتی، به‌کارگیری آن بسیار گران‌قیمت بوده و دارای هزینه‌ی بالایی است. (به علّت نیاز به کارگر زیاد و هزینه‌ی بالای کارگری)

۲ــ۲ــ۷ــ یکنواخت‌سازی با ماشین : این روش، اختلاط مواد اوّلیه سرامیکی با آب است نه اختلاط مواد اوّلیه 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.

۳ــ۷ــ 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 :

ــ گل یکنواخت و هموژن شود.

ــ ذرّات غیرپلاستیک و یا مقدار ذرّات با دانه‌بندی درشت در آن کم باشد.

۱ــ Homogenizing ۲ــ Wedging ۳ــ Pugging

۴ــ Pug Mill ۵ــ De - airing

با توجّه به این‌که حباب‌های هوا مثل مواد غیرپلاستیک عمل می‌کنند، بنابراین، کاهش آن‌ها به‌وسیله‌ی خلأسازی، برای افزایش پلاستیسیته‌ی گِل 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 درحال آماده‌سازی از صفحه‌ی مشبک کوچکی عبور کرده و به‌صورت رشته رشته درمی‌آید (شبیه به خروج گوشت از دهانه‌ی چرخ‌گوشت 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 :

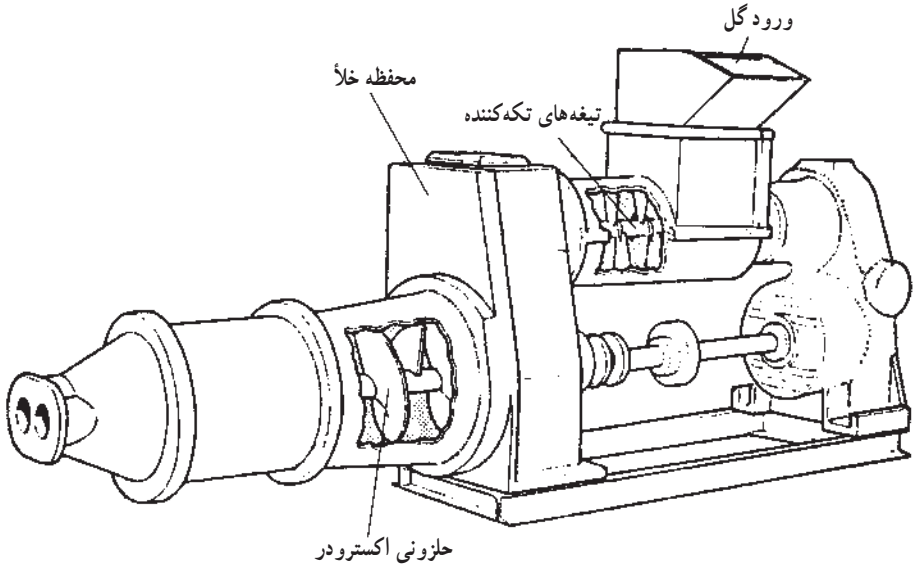
ــ میزان کیک بدنه ورودی به پاگمیل

ــ میزان رطوبت کیک

ــ میزان خلأ

ــ آب‌بندی قطعات پاگمیل (مثلاً اورینگ یا واشر آب‌بندی)

در اکستروژن حلزونی، عمل اکسترود کردن گِل توسّط یک حلزونی صورت می‌پذیرد. پس از آن‌که گل از محفظه‌ی پاگمیل (و در پاگمیل‌های هوازدا پس از محفظه‌ی خلأ) وارد قسمت اکستروژن می‌شود، گل توسّط حلزونی مخلوط شده و بافت خاصّی در آن به‌وجود می‌آید. گلی که توسّط حلزونی به‌طرف دهانه‌ی اکسترودر رانده می‌شود از میان یک قالب که در دهانه‌ی آن نصب می‌شود، عبور می‌کند (شکل ۶ــ۷). چون معمولاً ابعاد دهانه و قالب، کمتر از ابعاد محفظه‌ی حلزونی اکسترودر است ؛ بنابراین، گل به هنگام خروج از اکسترودر، فشرده نیز می‌شود.



شکل ۶ــ۷ــ یک دستگاه پاگمیل (اکسترودر هوازُدا)

۴ــ۷ــ خواباندن گل (کهنه کردن گل)

سفالگران قدیم پس از آن‌که گل را با دست عمل می‌آوردند و ورز می‌دادند، برای مدّت زمان طولانی آن را در محل‌های مرطوب (دالان‌های مرطوب) قرار می‌دادند تا ضمن یک‌نواختی رطوبتی پلاستی‌سیته‌ی گل افزایش یافته و درنتیجه 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 مدّت ۳۰ تا ۴۰ سال در محل‌های مرطوب (عمدتاً در زیر خاک) قرار می‌دادند، تا گل به نحو مطلوبی برای فرزندان کهنه شود.

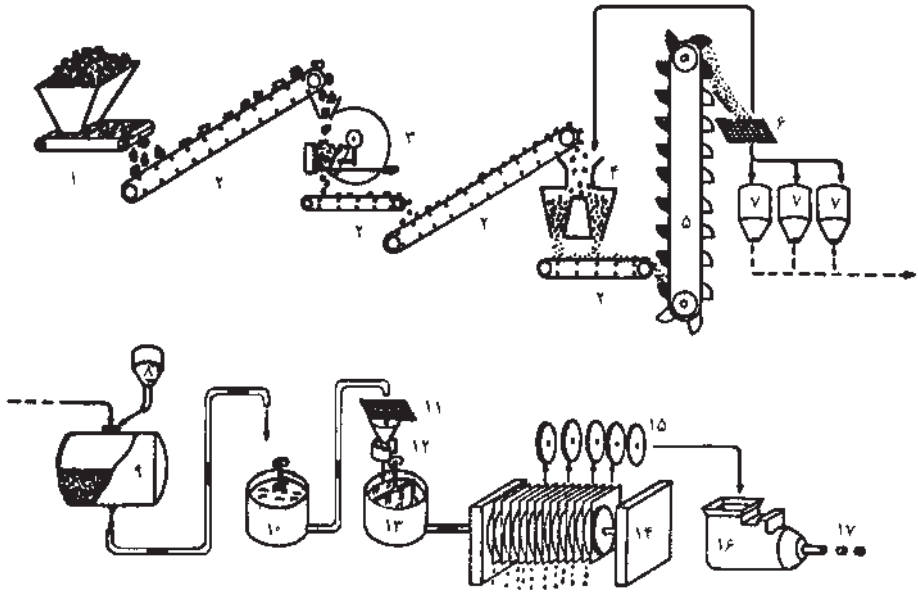
در بسیاری از کارخانه‌ها، معمولاً دو یا سه محل ذخیره وجود دارد، یکی از سه محل در حال استفاده و در حال کار هستند و دوّمی درحال کهنه کردن گل برای مدّت ۲۴ ساعت باقی می‌ماند تا این‌که پایدار شود و سوّمی درحال بارگیری است.

سفالگران باتجربه، عمل کهنه کردن را به مدّت دو هفته تا حتی شش ماه انجام می‌دهند.

لازم به توضیح است بهبود در افزایش پلاستی‌سیته‌ی گل ناشی از کهنه شدن آن عموماً در اثر یکنواخت شدن رطوبت و در عین حال، رشد باکتری‌ها صورت می‌گیرد.

برای کهنه کردن به‌صورت 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 ۷ــ۷، فرآیند آماده‌سازی متداول را برای تولید گِل پلاستیک نشان می‌دهد.



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

شکل ۷ــ۷ــ شکل شماتیک از فرآیند آماده‌سازی متداول مواد برای تولید گل پلاستیک

سؤالات

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

تحقیق

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

فصل هشتم

آماده‌سازی پودر (گرانول)

هدف‌های رفتاری : از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :
۱ــ گرانول را تعریف کند.
۲ــ دستگاه‌های تهیّه گرانول را نام ببرد.
۳ــ روش‌های تهیه گرانول را نام ببرد.
۴ــ ویژگی‌های گرانول را توضیح دهد.
۵ــ موارد کاربرد سیستم اسپری دراینگ را بیان کند.
۶ــ تولید گرانول با روش اسپری دراینگ را توضیح دهد.
۷ــ 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 تهیه‌ی 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.

۱ــ۸ــ مزایای پرس پودر

برخی از مزایایی که به‌کارگیری پرس پودر را مقرون به‌صرفه می‌کند، عبارتند از :

ــ امکان استفاده از مواد خام غیرپلاستیک (نظیر مواد مورد مصرف در ساخت بسیاری از سرامیک‌های مدرن).

ـ دقّت ابعادی بالا (به‌دلیل انقباض خشک ناچیز)
ـ کاهش زمان خشک شدن (به‌دلیل رطوبت کم)
ـ نیاز به حضور آب کمتر
ـ صرفه‌جویی قابل‌ملاحظه در مصرف انرژی، برای خشک کردن
ـ سرعت تولید بالا
ـ کاهش ضایعات تولید
ـ راندمان بالای سیستم
ـ تراکم بالای بدنه، درنتیجه کاهش انقباض پخت، زنیتر بهتر، کاهش انرژی پخت و...
ـ کاهش جهت‌گیری ذرّات رسی

۲ـ۸ـ ویژگی‌های گرانول

ـ **شکل گرانول** :گرانول‌ها دارای شکل کروی یا غیرکروی هستند. اشکال غیرکروی، گوشه‌دار هستند. هریک از این اشکال دارای ویژگی‌های خاص خود هستند (شکل ۱ـ۸).

شکل ۱ـ۸ـ ذرات کروی و غیرکروی

ـ**اندازه‌ی‌گرانول** : گرانول‌ها دارای اندازه‌ای در محدوده‌ی بین ۵۰۰ m. ۱۰۰ هستند.

ـ **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 درصورتی که شکل گرانول تولیدی به شکل کره باشد، سیّالیّت آن نسبت به گرانول گوشه‌دار، زیادتر است.

ـ **شکل‌پذیری** : دانه‌های گرانول به‌آسانی شکل می‌پذیرند و شکل خود را نیز حفظ می‌کنند ؛ دانه‌های گوشه‌دار نسبت به دانه‌های کروی، شکل‌پذیری بهتری دارند.

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

۱ـ 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.

۲ــ 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.

ــ **کیفیت ظاهری قطعه** : رطوبت، انـدازه‌ی دانـه، مانده روی الـک گرانول عامل کیفیت ظاهری قطعه می‌باشند.

ــ **رطوبت** : میزان رطوبت گرانول‌های تولیدی در کیفیّت نهایی محصول و فرآیندهای بعدی اهمیت دارد و معمولاً میزان رطوبت گرانول‌ها در محدوده‌ی ۰/۵ تا ۸ درصد متغیر است.

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

ــ **پایین بودن دمای خشک کردن** : برای این‌که در زمان و انرژی مصرفی برای خشک‌کردن گرانول‌ها صرفه‌جویی به‌عمل آید، باید گرانول‌ها در دمای پایین محدوده‌ی 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 خشک‌شدن نسوزند و از بین نروند.

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

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

۳ــ۸ــ روش‌های تولید گرانول

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

۱ــ۳ــ۸ــ تولید گرانول بـا روش خشک : در صنعت، مـواد پـودری شکل در یـک مخلوط‌کن دستگاه مولر[۱] یـا مخلوط‌کن مناسب دیگر بـا مقدار مناسب آب مخلوط شده،سپس، مخلوط مواد مرطوب در آسیا شیلی[۲] با کف سرندی به‌صورت گرانول درمی‌آید.

۱ــ Muller ۲ــ Edge - runner Mill

مواد خشک بدنه را هم‌چنین می‌توان همراه با نوعی چسب مناسب در یک دستگاه مولر مخلوط کرد تا به‌صورت پودر گرانوله درآیند. پودر به‌دست آمده سپس الک شده، خشک می‌شود.

گرانول تولیدی در این روش، کروی نبوده و گوشه‌دار است.

۲ــ۳ــ۸ــ تولید گرانول با خشک‌کن درامی[۱] : روش دیگری که به‌طور گسترده برای تبدیل دوغاب بدنه به شکل پودر گرانوله استفاده می‌شود، استفاده از سیستمی به‌نام خشک‌کننده‌ی درامی است. در این روش یک استوانه‌ی گرم شده در مخزن دوغاب می‌چرخد. سرعت چرخش به اندازه‌ای است که روی قسمتی از استوانه یا اصطلاحاً درام دستگاه که در تماس با دوغاب است، لایه‌ی نازکی از دوغاب می‌نشیند و به اندازه‌ی کافی خشک می‌شود. سپس دوغاب خشک شده توسّط تیغه‌هایی از سطح استوانه تراشیده می‌شود. دانه‌های گوشه‌دار ایجاد شده، اشکال نامنظم داشته و دارای لبه‌ها و گوشه‌های تیز و سطح ناصاف و خشن می‌باشند.

۳ــ۳ــ۸ــ تولید گرانول با روش تر : یکی از اصلی‌ترین روش‌های تولید پودر گرانوله، روش تر است. در این روش ابتدا مواد با آب کافی مخلوط می‌شوند تا به‌صورت سوسپانسیون همگن و با دانسیته‌ی مطلوب تبدیل شوند. عملیات آب‌زدایی بعدی این سوسپانسیون تا رسیدن به رطوبت موردنظر ممکن است به روش‌های مختلفی انجام شود. عمده‌ترین روش‌ها عبارتند از :

۱ــ سنّتی‌ترین روش آب‌زدایی از دوغاب، استفاده از فیلتر پرس است، تا دوغاب مواد به‌صورت کیک فیلتر شده تبدیل شود. در مرحله‌ی بعد، کیک فیلتر شده تا درجه‌ی رطوبتی که مناسب برای خرد شدن و الک شدن باشد، خشک می‌شود.

۲ــ روش دیگر، اکسترود کردن کیک فیلتر شده توسّط دستگاه فیلتر پرس است که علاوه بر همگن شدن رطوبت و مخلوط شدن بهتر مواد بدنه، گل بدنه نیز به‌صورت شمش گل یا رشته‌رشته درآمده تا راندمان عملیات خشک کردن بیشتر شود. در صورت کم بودن درصد رطوبت مواد آماده‌سازی شده برای اجرای عملیات پرس، نیاز به مرطوب کردن مواد می‌باشد. وقتی رطوبت به حدّ مطلوب رسید با دمیدن هوا به کمک یک فن قوی، توده‌ی گل به‌صورت دانه‌های از هم جدا تبدیل می‌شود. مواد حاصل در یک محفظه ته‌نشین شده، الک می‌شوند و سپس ذرّات درشت دانه مجدداً به داخل فن برگشت داده می‌شوند تا ریزدانه‌تر شوند.

۴ــ۳ــ۸ــ تولید گرانول با روش اسپری درایینگ[۲] : اسپری درایینگ نوعی سیستم خشک کردن مواد است که در آن برای تولید و تهیه گرانول‌ها و یا ذرّات ریز، از اسپری کردن دوغاب در معرض هوای داغ، استفاده می‌شود.

۱ــ Drum Drier ۲ــ Spray Drying

۴ــ۸ــ فرآیند سیستم اسپری دراینگ

مراحل اسپری دراینگ عبارت است از :

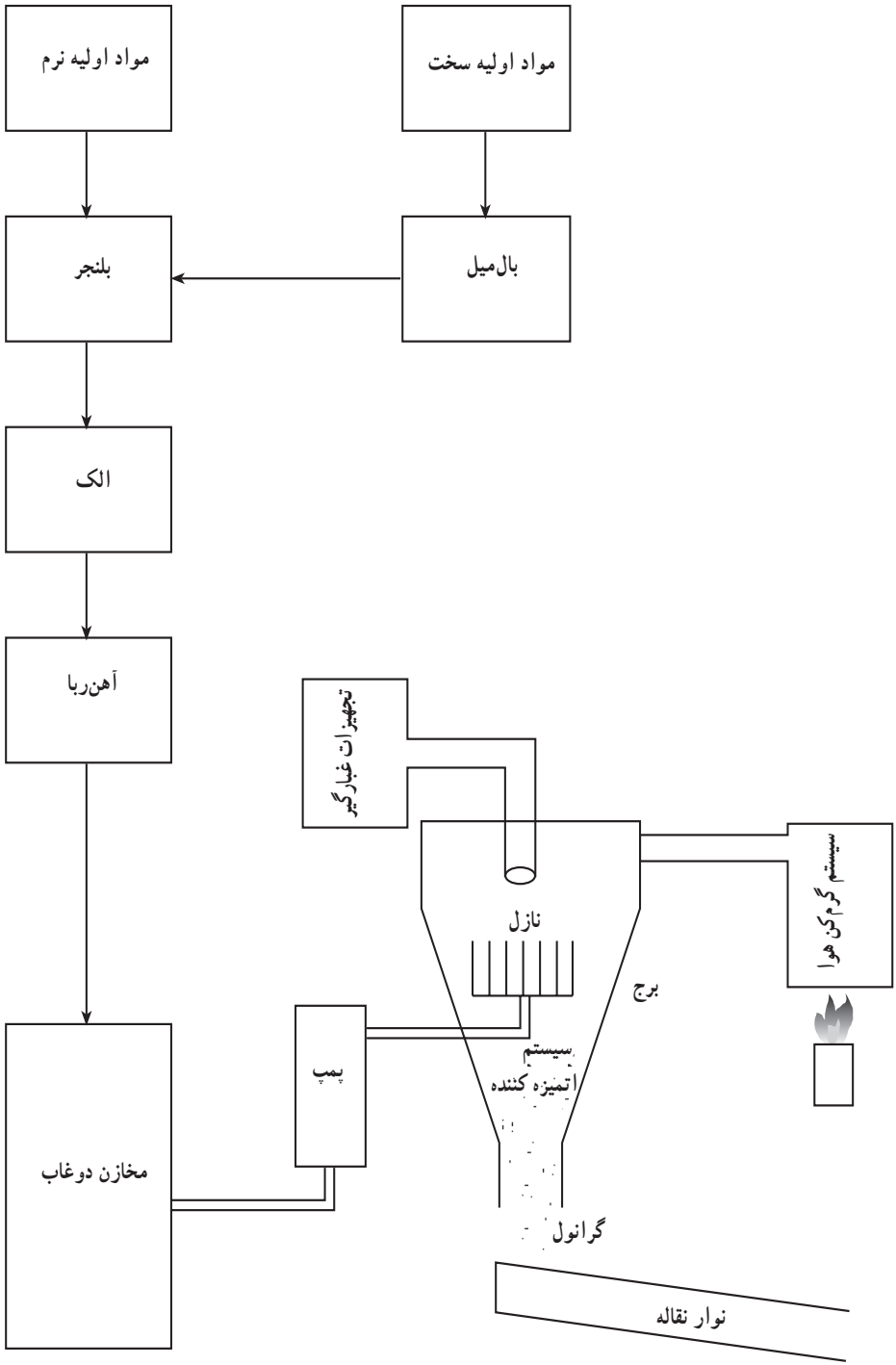
الف) اسپری کردن دوغاب برای تبدیل شدن به قطرات یا ذرّات ریز.

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 توسّط نازل به‌صورت ذرّات ریز و بسیار کوچک درمی‌آیند.

پس از اسپری کردن دوغاب، این ذرّات در داخل جریانی از یک گاز داغ که عمدتاً هوا است، قرار می‌گیرد. ذرّات پس از قرار گرفتن در معرض گاز داغ، سریعاً خشک شده و در انتهای پایین دستگاه اسپری درایر جمع می‌شود، و گرانول حاصله برای استفاده‌های بعدی از سیستم خارج می‌شود (شکل ۲ــ۸). یکنواختی شکل گرانول‌ها بسیار مهم است.



شکل ۲ــ۸ــ شکل شماتیک از فرآیند اسپری درایینگ

۱ــ۴ــ۸ــ موارد کاربرد سیستم اسپری درایینگ: اسپری درایرها برای خشک کردن طیف وسیعی از انواع مواد، به‌کار می‌روند که فهرست‌وار به آن‌ها اشاره می‌شود :

الف ــ خشک کردن و گرانوله کردن دوغاب‌های مواد سرامیکی برای تولید :

ــ بدنه‌های کاشی دیواری و کاشی کف

ــ مواد رسی و کائولین‌ها

ــ پرسلان‌های الکتریکی

ــ بدنه‌های ظروف غذاخوری

ــ رنگ‌ها و لعاب‌ها

ــ بدنه‌های سرامیک‌های ویژه و سرامیک‌های اکسیدی

ــ فرّیت‌ها[۱] و سوسپانسیون‌های کربن و گرافیت

ــ استاتیت و سیلیکات زیرکونیم (زیرکن)

ــ آلومینا و مخلوط‌های شیشه

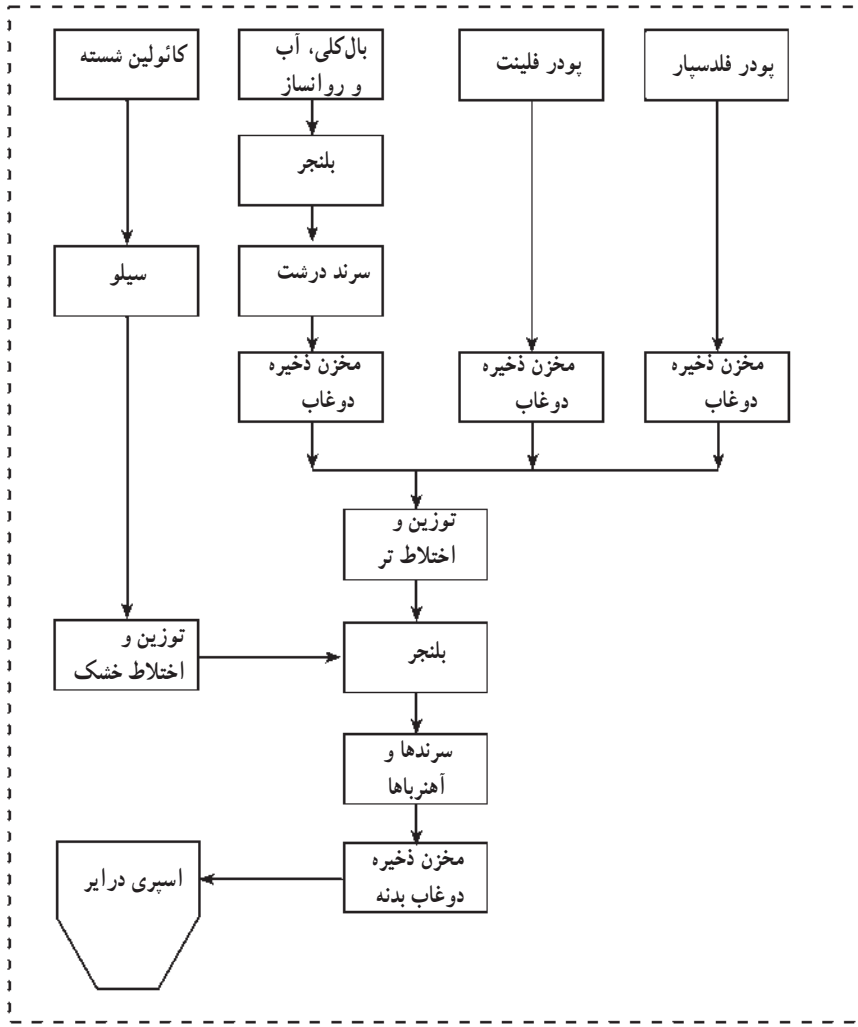
ب ــ خشک کردن و گرانوله کردن سوسپانسیون‌های انواع الیاف‌ها و ترکیبات شیمیایی برای تولید :

ــ پاک‌کننده‌ها و مواد مشابه

ــ مواد دارویی، محصولات غذایی مانند شیرخشک، تخم‌مرغ و قهوه

شکل ۳ــ۸، 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 به‌دست می‌آید، یعنی در هر جزء کنترل خواص مربوطه اهمیت دارد.

۱ــ Ferrite



شکل ۳ــ۸ــ یک واحد آماده‌سازی مرکزی برای آماده‌سازی گرانول انواع بدنه‌های سرامیکی، با استفاده از سیستم اسپری درایر

۲ــ۴ــ۸ــ مزایای سیستم اسپری درایینگ: خشک کردن محصولات سرامیکی با استفاده از سیستم اسپری درایینگ نسبت به سایر سیستم‌های خشک کردن از مزایای زیر برخوردار است:

ــ ***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.

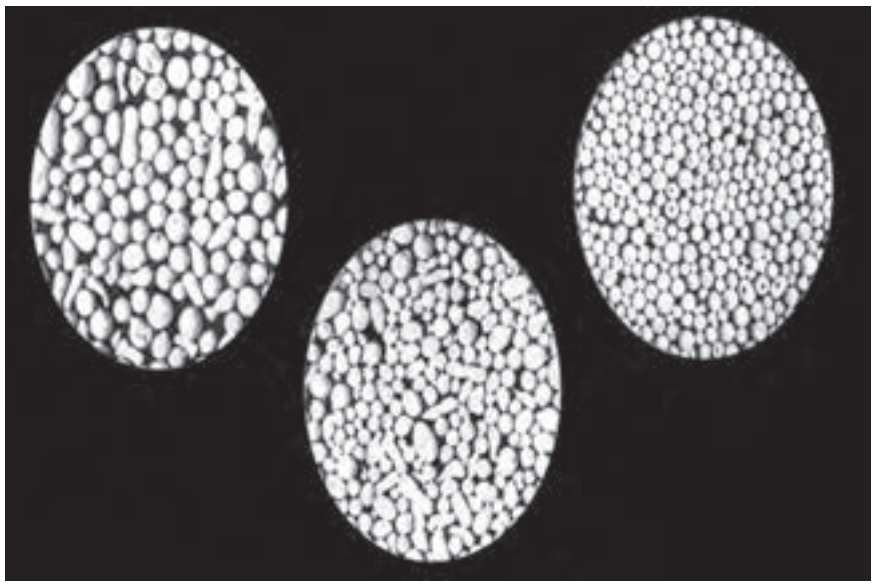
ـ ***صرفه‌جویی در تعداد عملیات:*** با کاهش فرآیندها و عملیاتی هم‌چون عملیات فیلترپرس و یکنواخت کردن مواد توسّط پاگمیل، در تعداد عملیات صرفه‌جویی شده، که نتیجه‌ی آن، صرفه‌جویی در هزینه‌های تولید محصولات سرامیکی است.

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

ـ ***صرفه‌جویی در مصرف انرژی حرارتی:*** به علّت افزایش سطح تماس ذرّات دوغاب با گازهای داغ، میزان انتقال حرارت افزایش یافته، درنتیجه راندمان سیستم بالاتر از سیستم‌های دیگر است.

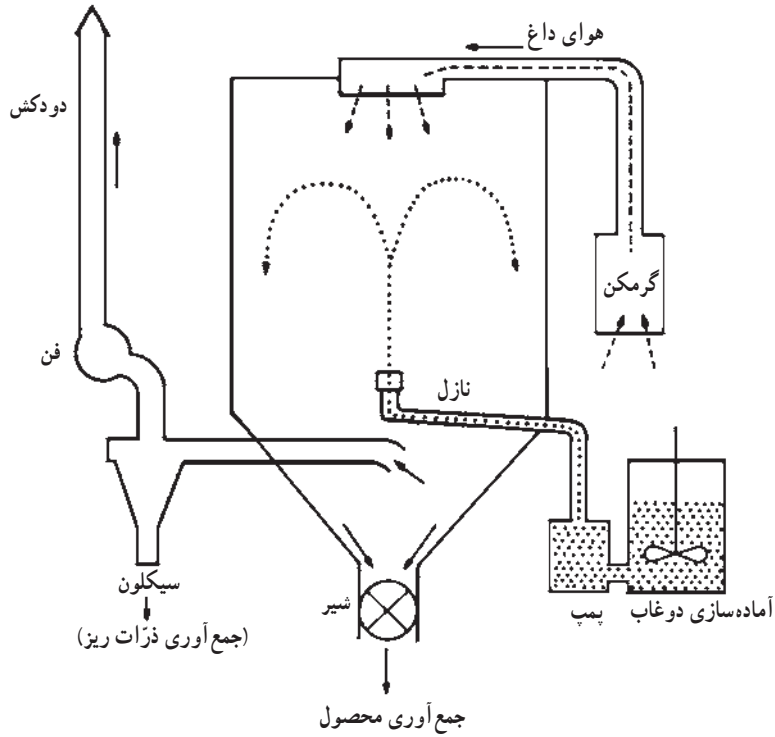
ـ ***سیّالیّت زیاد گرانول‌های تولید شده:*** گرانول‌های تولید شده براساس شکلی که دارند، (به شکل کره هستند) دارای سیّالیّت زیاد بوده، لذا به‌راحتی و سادگی انتقال یافته و زوایای قالب را به‌خوبی پر می‌کنند و سهولت پرس شدن را دربی دارد.

ـ ***یکنواختی در شکل، اندازه و دانسیته‌ی گرانول‌ها:*** به‌دلیل قابلیت کنترل بیشتر دستگاه اسپری درایر، یکنواختی شکل، اندازه و دانسیته‌ی گرانول‌های تولید شده بیشتر است (شکل ۴ـ۸).



شکل ۴ـ۸ـ چند نمونه گرانول تولید شده توسّط اسپری درایر

۳ــ۴ــ۸ــ مکانیزم خشک شدن گرانول‌ها : هنگامی که دوغاب، برای اسپری شدن به نازل‌های اسپری‌کننده می‌رسد، قطرات دوغاب به‌سرعت در جریان هوای داغ قرار می‌گیرد. پس از برخورد دوغاب با هوای داغ و انتقال حرارت از هوای داغ به ذرّات دوغاب، تبخیر آب از سطح ذرّات اتّفاق می‌افتد (شکل ۵ــ۸).



شکل ۵ــ۸ــ 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 ذرّات را که هنوز پلاستیک هستند منبسط می‌کند، و حجم آن را حدوداً به ۳ تا ۱۰ برابر حجم اوّلیه‌اش می‌رساند. درنهایت با ایجاد یک سوراخ و منفذ کوچک در دیواره و رها شدن بخار، ذرّه‌ای توخالی با قشر و پوسته‌ی خشک شده‌ی جامد تشکیل می‌شود.

درصورتی که مایع محبوس شده بخار نشود، هسته‌ی مایعی شکل که در مرکز ذرّات قرار دارد از میان هسته به بیرون آن تراوش و نفوذ می‌کند، که درنتیجه باعث کاهش فشار داخل ذرّه و باعث درهم رفتگی و فروریختگی داخلی ذرّه می‌شود، و محصولات خشک شده متناوباً و به‌صورت دانه‌های توخالی و کوچک با دانسیته‌ی ظاهری کم به‌وجود می‌آیند.

شکل ۶ــ۸ــ تأسیسات اسپری دراییِنگ

سؤالات

۱ــ گرانول را تعریف کنید.

۲ــ گرانول‌ها چه تفاوت‌هایی با هم دارند؟

۳ــ پنج مورد از ویژگی‌های گرانول‌ها را نام برده و یکی را توضیح دهید.

۴ــ در کدام روش تولید گرانول، بیشتر می‌توان دانسیته ظاهری گرانول‌ها را کنترل کرد؟

۵ــ نقش میزان رطوبت دوغاب‌های اسپری‌شونده در تهیه گرانول‌ها چیست؟ و این میزان در چه محدوده‌ای وجود دارد؟

۶ــ مکانیزم خشک شدن گرانول‌ها در روش اسپری درایینگ را بنویسید.

۷ــ دو مورد از محصولات غیرسرامیکی که برای تولید گرانول آن‌ها از سیستم اسپری درایینگ استفاده می‌شود، نام ببرید.

جدول ۱ــ۱ــ ارتباط هر یک از خواص موردنیاز برای آماده‌سازی بدنه‌های سرامیک با خواص دیگر و عملیات موردنیاز

خاصیّت	عملیات و فرآیند آماده‌سازی مناسب برای ایجاد خاصیّت موردنظر	ماشین‌آلات مورد نیاز و مناسب	خواص تأثیرپذیر بدنه از	خواص تأثیرگذار بر
دانه‌بندی	خردایش (شامل سنگ‌شکنی و آسیا کردن)	سنگ‌شکن، بال‌میل	دانسیته (جرم حجمی)، پلاستی‌سیته، استحکام مکانیکی، تراکم، انقباض پخت، مدول گسیختگی، کارپذیری، سرعت ریخته‌گری	سختی
توزیع دانه‌بندی	آسیا کردن، اختلاط	بال‌میل، همزن‌های پروانه‌ای، همزن‌های پارویی	یکنواختی، استحکام مکانیکی، تراکم، انقباض خشک کردن، انقباض پخت، مدول گسیختگی	سختی
خلوص مواد اوّلیه	شستشو و تغلیظ مواد اوّلیه	ــــــــــــ	پلاستی‌سیته، یکنواختی، استحکام مکانیکی، مدول گسیختگی، pH، کارپذیری، رنگ پس از پخت، حلالیّت نمک‌های محلول، ته‌نشین شدن ذرّات، تبادل یونی، شفافیّت، انبساط حرارتی	به ماهیّت مواد اوّلیّه بستگی دارد.
دانسیته	توزین، تهیّه دوغاب	ــــــــــــ	ویسکوزیته، سیّالیّت	میزان رطوبت (درصد آب)
ویسکوزیته	توزین، تهیّه دوغاب	ــــــــــــ	سیّالیّت	میزان رطوبت (درصد آب)، دانسیته
پلاستی‌سیته	شست‌وشو و تغلیظ مواد اوّلیّه، هوازدایی، یکنواخت سازی گل، اکستروژن (ورز دادن)، کهنگی	پاگمیل، اکسترودرِ هوازُدا	کارپذیری و زمان پرس کردن	به ماهیّت مواد اوّلیّه بستگی دارد. pH، دانه‌بندی، تراکم، خلوص مواد اوّلیّه، مواد افزودنی (فلوکولانت‌ها و دفلوکولانت‌ها و میزان کربن)، هوازدگی، کهنگی، کشش سطحی، وجود ذرّاتِ کلوئیدی، میزان رطوبت، تبادل یونی، عاری بودن از هوا
سیّالیّت	تهیه دوغاب، افزودن افزودنی‌های لازم	ــــــــــــ	ویسکوزیته	میزان رطوبت (درصد آب) خلوص مواد اوّلیّه

ادامه‌ی جدول ۱ــ۱

میزان رطوبت (درصد آب)	تهیّه دوغاب آبزدایی	اسپری درایر فیلتربرس	پلاستی‌سیته، دانسیته، ویسکوزیته، سیّالیت، استحکام مکانیکی در حالت خام، انقباض خشک شدن، کارپذیری، سرعت ریخته‌گری، کشش سطحی	شبکه ساختمانی (آب دوست بودن بعضی کانی‌ها)
یکنواختی	اختلاط، یکنواخت‌سازیِ گِل، عملیات تهیّه گرانول	همزن‌های پروانه‌ای، همزن‌هایِ پارویی، پاگمیل	استحکام مکانیکی، مدول گسیختگی، انقباض خشک شدن، دقّت ابعادی، انقباض پخت، شفّافیّت	خلوص مواد اوّلیّه به ماهیّت مواد اوّلیّه بستگی دارد.
سختی	ــــــــــــــ	ــــــــــــــ	دانه‌بندی، توزیع دانه‌بندی	به ماهیت مواد اوّلیّه بستگی دارد.
استحکام‌مکانیکی خام	اختلاط، یکنواخت‌سازیِ گِل، هوازُدایی، اکستروژن	همزن‌های پروانه‌ای، همزمان‌های پارویی، اکسترودِر هوازُدا	ــــــــــــــ	به ماهیت مواد اوّلیّه بستگی دارد. یکنواختی، پلاستی‌سیته، میزان رطوبت، تراکم
استحکام‌مکانیکی پس از پخت	اختلاط، یکنواخت‌سازی گِل، هوازُدایی، اکستروژن	همزن‌های پروانه‌ای، همزن‌های پارویی، اکسترودِر هوازُدا	مدول گسیختگی	به ماهیّت مواد اوّلیه بستگی دارد. یکنواختی، پلاستی‌سیته، تراکم، عاری بودن از هوا
تراکُم	اختلاط، یکواخت سازی گِل، هوازُدایی، اکستروژن	همزن‌های پروانه‌ای، همزن‌هایی پارویی، اکسترودِر هوازُدا	پلاستی‌سیته، انقباض پخت، انقباض خشک شدن، جذب آب، مدول گسیختگی، استحکام مکانیکی، دقّت ابعادی	دانه‌بندی، توزیع دانه‌بندی، عاری بودن از هوا
انقباض‌خشک شدن	اختلاط، یکنواخت‌سازی گِل، هوازُدایی، اکستروژن	همزن‌های پروانه‌ای، همزن‌های پارویی، اکسترودِر هوازُدا	ــــــــــــــ	دانه‌بندی، توزیع دانه‌بندی، خلوص مواد اوّلیّه، تراکم، میزان رطوبت، یکنواختی، عاری بودن از هوا
انقباض پخت	اختلاط، یکنواخت‌سازی گِل، هوازُدایی، اکستروژن	همزن‌های پروانه‌ای، همزن‌های پارویی، اکسترودِر هوازُدا	دقّت ابعادی	دانه‌بندی، توزیع دانه‌بندی، خلوص مواد اوّلیّه، تراکم، میزان رطوبت، یکنواختی، عاری بودن از هوا به ماهیّت مواد اوّلیه بستگی دارد.
جذب آب	ــــــــــــــ	ــــــــــــــ	ــــــــــــــ	تراکُم

ادامه‌ی جدول ۱ــ۱

عاری بودن از هوا	هوازدایی، تهیّه گرانول	اکسترودر هوازدا، اسپری درایر	استحکام مکانیکی، انقباض خشک شدن، انقباض پخت، تراکم، پلاستی‌سیته	ــــــــــــــ
کارپذیری	شستشو و تغلیظ مواد اوّلیه، هوازُدایی، یکنواخت‌سازی گِل، اکستروژن (ورز دادن)، کهنگی، هوازدگی رسی	اکسترودرِ هوازُدا	ــــــــــــــ	به ماهیت مواد اوّلیه بستگی دارد. pH، دانه‌بندی، تراکم، خلوص مواد اوّلیه، مواد افزودنی (دفلوکولانت‌ها، فلوکولانت‌ها و میزان کربن)، هوازدگی، کهنگی، کشش سطحی، وجود ذرّاتِ کلوئیدی، میزان رطوبت، تبادل یونی، عاری بودن از هوا
رنگ پس از پخت	شست‌وشو و تغلیظ مواد اولیه	ــــــــــــــ	ــــــــــــــ	خلوص مواد اوّلیّه
انبساط حرارتی	ــــــــــــــ	ــــــــــــــ	ــــــــــــــ	به ماهیت مواد اوّلیّه بستگی دارد. خلوص مواد اوّلیّه
سرعت ریخته‌گری	تهیه دوغاب، افزودنِ افزودنی‌های لازم	ــــــــــــــ	ــــــــــــــ	سیّالیت، ویسکوزیته، میزان رطوبت (درصد آب)
زمان پرس کردن	عملیات تهیّه گرانول، افزودنِ افزودنی‌های لازم	اسپری درایر	ــــــــــــــ	به ماهیّت مواد اوّلیّه بستگی دارد. پلاستی‌سیته
دقت ابعادی	عملیات تهیّه گرانول	اسپری درایر	ــــــــــــــ	به ماهیّت مواد اوّلیه بستگی دارد. انقباض پخت، تراکم
شفّافیّت	شست‌شو و تغلیظ مواد اوّلیه	ــــــــــــــ	ــــــــــــــ	خلوص مواد اوّلیه، یکنواختی
کشش سطحی	ــــــــــــــ	ــــــــــــــ	ــــــــــــــ	به ماهیّت مواد اوّلیه بستگی دارد. میزان رطوبت (درصد آب)
pH	افزودنِ افزودنی‌های لازم	ــــــــــــــ	پلاستی‌سیته، کارپذیری، تعویض یونی	به ماهیّت مواد اوّلیه بستگی دارد. خلوص مواد اوّلیه

ادامه‌ی جدول ۱ــ۱

حلالیّت نمک‌های محلول	افزودنِ افزودنی‌های لازم، فیلتر (پرس) کردن	فیلتر پرس	تبادل یونی	خلوص مواد اوّلیّه
تعویض یونی	افزودنِ افزودنی‌های لازم	ــــــــــــــــ	پلاستی‌سیته، استحکام مکانیکی، کارپذیری	به ماهیّت مواد اوّلیّه بستگی دارد.
ته‌نشین شدن ذرّات و حافظه‌ی گل	شستشو و تغلیظ	ــــــــــــــــ	ــــــــــــــــ	به ماهیّت مواد اوّلیّه بستگی دارد.
جهت‌گیری ترجیحی ذرّات	اکستروژن	اکسترودِر	انقباض خشک شدن، انقباض پخت، استحکام مکانیکی	به ماهیّت مواد اوّلیّه بستگی دارد.

جدول ۱ــ۲ــ انواع ناخالصی‌های مواد اوّلیّه سرامیک و آثار آن‌ها

نوع ناخالصی	ترکیبات مختلف ناخالصی	شکل‌های مختلف موجود در مواد اوّلیه	اثر ناخالصی	منشأ ناخالصی
آهن و ترکیبات آهن	۱ــ آهن آزاد ۲ــ اکسید فرّو (FeO) ۳ــ اکسید فریّک (Fe_2O_3) ۴ــ سولفیدهای آهن ۵ــ سولفات‌های آهن	۱ــ به صورت آزاد ۲ــ به صورت یک جزء شیمیایی در کانی‌ها ۳ــ جایگزین شدن به جای آلومینیم در شبکه‌ی کریستالی ۴ــ به صورت مینرال‌های آهن به شرح زیر: منیتیت، سیدریت، هماتیت، لیمونیت، مارکاسیت، پیریت.	۱ــ کاهش دمای پخت بدنه ۲ــ تیره کردن رنگ بدنه‌ی پخته شده	۱ــ ورود قطعات بزرگ آهن در حین عملیات استخراج و معدن‌کاری ۲ــ ورود آهن و اکسیدهای آن در حین عملیات خُردایش (شامل: سنگ‌شکنی، آسیا کردن) ۳ــ ورود ذرّات بسیار ریز آهن به علّت سایش ماشین‌آلات ۴ــ به عنوان یک جزء شیمیایی همراه کانی‌های مواد اوّلیّه
اکسید تیتانیم (تیتانیا)	۱ــ TiO_2 ۲ــ $FeTiO_3$	۱ــ روتایل ۲ــ ایلمنیت ۳ــ آناتاز ۴ــ بروکیت	۱ــ تیره و کدر کردن رنگ بدنه‌ی پخته شده ۲ــ عامل افزودن شدّت رنگ در بدنه (به‌ویژه اکسیدهای آهن)	ــ به عنوان یک جزءِ شیمیایی همراه با کانی‌های مواد اوّلیه
اکسیدهای رنگی	۱ــ اکسید کروم ۲ــ اکسید منگنز ۳ــ اکسید منیزیم ۴ــ اکسید تیتانیم ۵ــ اکسید مس ۶ــ اکسید آهن		۱ــ تیره و کدر نمودن رنگ بدنه‌ی پخته شده ۲ــ پایین آوردن دمای پخت بدنه	ــ به عنوان یک جزءِ شیمیایی همراه کانی‌های مواد اوّلیّه

ادامه‌ی جدول ۱ــ۲

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

واژه‌نامه

Ball mill	آسیاب گلوله‌ای (بالمیل)
Benefication	تغلیظ (کانه‌آرایی)
Binder	چسب
Black core	مغز سیاه
Bloating	باد کردگی بدنه
Brittleness	تُردی
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	تَرک
Crushing	خُردایش
Decoration	تزئین
Defects	عیوب
Deflocculant	روانساز
Deflocculation	روانسازی
Defoamer	ضدکف
Density	دانسیته
Drying	خشک کردن
Drying shrinkage	انقباض خشک
Emulsion	امولسیون
Extrusion	اکستروژن
Filteration	فیلتراسیون
Filter Press	فیلتر پرس
Final Product	محصول نهایی
Firing	پخت

Firing Shrinkage	انقباض پخت
Floatation	فلوتاسیون
Flocculant	لخته کننده
Flocculation	فلوکولاسیون
Flux	گداز آور
Foamer	کف‌ساز
Forming	شکل‌دهی
Glazing	لعاب‌زدن
Hard Materials	مواد سخت
Hardness	سختی
Heterogen	غیر همگن
Homogeneous	یکنواختی
Hole	حفره
Hydrocyclon	هیدروسیکلون
Impact	ضربه
Impurity	ناخالصی
Interparticle bonds	اتصالات بین‌ذره‌ای
Ion exchange	تعویض یونی
Lubricant	روان کننده(کاهنده اصطکاک)
Magnet	مگنت (آهنربا)
Modulus of rupture	مدول گسیختگی(استحکام خمشی خام)
Nuzzle	نازل
Particle size	دانه‌بندی
Particle size distribution	توزیع دانه‌بندی
Periodic	متناوب
Pinhole	سوزنی‌شدن لعاب
Physical properties	خواص فیزیکی
Pigment	پیگمنت
Plasticity	پلاستی‌سیته
Plasticizer	پلاستی سایزر
Porosity	تخلخل
Porous body	بدنه‌ی متخلخل

Prepration	آماده‌سازی
Properties	خواص
Raw materials	مواد اولیه
Refractoriness	دیر گدازی
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 مظروف
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	هوا زدگی
White ware	سفید پخت

مراجع کتاب

درتدوین 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.

۷ــ رستم‌خانی، محمد. «اسپری درایر»/ شرکت تحقیقات سرامیک/ ۱۳۶۹.

۸ــ تشکّری، شعبانعلی. «شکل دادن بدنه‌های سرامیکی به روش پرس پودر» / شرکت تحقیقات سرامیک/ ۱۳۷۱.