

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَّآلِ مُحَمَّدٍ وَّعَجِّلْ فَرَجَهُمْ



# تولید سرامیک به روش پرس پودر

رشته سرامیک

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه یازدهم دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



**نام کتاب:** تولید سرامیک به روش پرس پودر - ۲۱۱۵۰۹  
**پدیدآورنده:** سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی  
**مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:** دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش  
**شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:** غلامرضا امامی‌میبدی، هادی برزگر بفرویی، ندی دیده‌ور، فرشاد فرشیدفر، ناصر ضیاییان‌مفید، امیر مقصودی‌پور (اعضای شورای برنامه‌ریزی)  
**مدیریت آماده‌سازی هنری:** علیرضا ابراهیم‌آبادی، هادی برزگر بفرویی، سمیرا دادستان، ندی دیده‌ور، بشیر فتوحی، فرشاد فرشیدفر، محمدحسن نجاری (اعضای گروه تألیف) - آیدا قویدل (ویراستار)  
**شناسه افزوده آماده‌سازی:** اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی  
**نشانی سازمان:** سیدمرتضی میرمجیدی (رسم فنی) - مریم نصرتی (صفحه آرا)  
**ناشر:** تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی) تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹ وب سایت: www.chap.sch.ir  
**چاپخانه:** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران- کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج- خیابان ۶۱ (دارو پخش) تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰ صندوق پستی: ۱۳۹-۳۷۵۱۵  
**سال انتشار و نوبت چاپ:** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص» چاپ ششم ۱۴۰۱

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



ملت شریف ما اگر در این انقلاب بخواهد پیروز شود باید دست از آستین برآرد و به کار بپردازد. از متن دانشگاه‌ها تا بازارها و کارخانه‌ها و مزارع و باغستان‌ها تا آنجا که خودکفا شود و روی پای خود بایستد.

امام خمینی (قَدَسَ سِرُّهُ)

پودمان اول: خردایش ..... ۱

پودمان دوم: آسیاب کردن ..... ۲۹

پودمان سوم: تعیین رطوبت و دانه بندی ..... ۵۷

پودمان چهارم: گرانول سازی ..... ۸۳

پودمان پنجم: پرس پودر ..... ۱۱۳

منابع ..... ۱۳۷

## سخنی با هنرجویان عزیز

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی توانایی انجام کار واقعی به طور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی - حرفه‌ای شما چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

۱- شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی پرس پودر؛

۲- شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه؛

۳- شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها؛

۴- شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر.

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین کرده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است.

این کتاب چهارمین کتاب کارگاهی است که ویژه رشته سرامیک تألیف شده است و کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت در شغل و حرفه بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی کنید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی تولید سرامیک به روش پرس پودر شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب کنید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌کند و نمره قبولی در هر پودمان حداقل دوازده است.



همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزای بسته آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو است که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده کنید. این کتاب را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید. اجزای دیگری نیز برای بسته آموزشی شما در نظر گرفته شده است که با مراجعه به وبگاه رشته خود به نشانی <http://tvoccd.oerp.ir> می‌توانید از آنها مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش کنید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است، لذا توصیه‌های هنرآموز محترمانه را، درخصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام فعالیت کارگاهی جدی بگیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت مؤثر و شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداریم.

**دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

## سخنی با هنر آموزان گرامی

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه درسی رشته سرامیک طراحی و براساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف شد. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی است که برای سال یازدهم تدوین و تألیف شده است. این کتاب دارای پنج پودمان است که هر پودمان از یک یا چند واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب است که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی باید برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل دوازده است و نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌شود که شامل ارزشیابی پایانی و ارزشیابی مستمر برای هر یک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست‌محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزای بسته آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید.



کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

**پودمان اول:** دارای عنوان «خردایش» است. ابتدا مفهوم خردایش بیان شده و سپس فرایند خردکردن شرح داده شده است.  
**پودمان دوم:** عنوان «آسیاب کردن» دارد. در این پودمان مفاهیم آسیاب آورده شده و سپس انواع روش، تجهیزات آسیاب و اجرای عملیات آن بیان شده است.

**پودمان سوم:** دارای عنوان «تعیین رطوبت و دانه‌بندی» است. در این پودمان اهمیت تعیین رطوبت و دانه‌بندی شرح داده شده است. همچنین روش‌های تعیین این خواص و تجهیزات مرتبط به آنها آموزش داده شده است.

**پودمان چهارم:** دارای عنوان «گرانول‌سازی» است که در آن عوامل مؤثر بر گرانول‌سازی و روش‌های متداول تولید گرانول شرح داده شده است.

**پودمان پنجم:** با عنوان «پرس پودر» است. در این پودمان مراحل فرایند پرس و تجهیزات آن آموزش داده شده است. همچنین عیوب و عوامل مؤثر بر کیفیت محصولات پرس بیان شده است.

امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق شود.

**دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**





# پودمان ۱

## خردایش



ویژگی‌های ابعادی مواد اولیه تأثیر بسیار زیادی بر خواص نهایی بدنه‌های سرامیکی دارند. قبل از شروع تمامی فرایندهای ساخت بدنه‌های سرامیکی لازم است مواد اولیه مصرفی آماده شوند. اولین مرحله در آماده‌سازی مواد اولیه، تبدیل سنگ‌ها و کلوخه‌های بزرگ به ابعاد کوچک‌تر و مناسب برای ورود به مراحل بعدی فرایند تولید یا فراوری است.

# واحد یادگیری ۱

## شایستگی خریدار

### آیا تا به حال پی برده‌اید

- ۱ مواد اولیه در فرایند تولید سرامیک‌ها باید به ابعاد مناسبی تبدیل شوند تا قابل استفاده باشند؟
- ۲ از چه روش‌هایی می‌توان برای خرد کردن اشیا و مواد مختلف استفاده کرد؟
- ۳ چه دستگاه‌ها و تجهیزاتی برای خریدار مواد اولیه تولید قطعات سرامیک موردنیاز است؟

هدف از این شایستگی آشنایی با ضرورت خریدار و اهمیت انجام آن در آماده‌سازی مواد اولیه است. هنرجو انواع روش‌های خریدار، تجهیزات و عوامل مؤثر در انتخاب نوع سنگ‌شکن را فرامی‌گیرد. به‌منظور کسب مهارت عملی، فعالیت‌های کارگاهی برای خرد کردن در نظر گرفته شده است که با رعایت اصول ایمنی باید انجام پذیرد.

### استاندارد عملکرد

خریدار مواد اولیه براساس ابعاد، میزان سختی و با توجه به جدول توزیع دانه‌بندی.

## اهمیت کوچک کردن ابعاد مواد

درباره سؤالات زیر فکر کنید و نظر خود را با دیگر هنرجویان مقایسه کنید:

- ۱ چرا پیامبر اکرم (ص) درباره آداب غذا خوردن به کوچک کردن لقمه و جویدن آن تأکید کرده است؟
- ۲ قند حبه‌ای در آب سریع‌تر حل می‌شود یا شکر؟



ب) ذرات ریز شکر



الف) قطعات مکعبی قند

شکل ۱

- ۳ کوچک کردن اجزای خودرو در بازیافت خودروهای فرسوده چه کمکی به فرایند بازیافت می‌کند؟

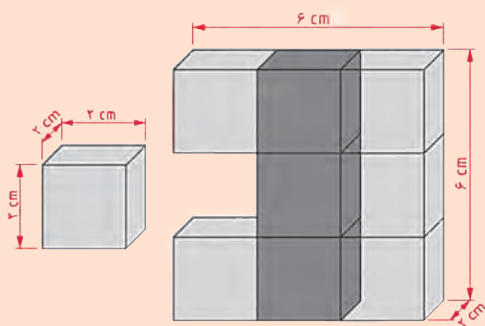


ب) قطعات خودروهای فرسوده



الف) خودروهای فرسوده

شکل ۲



شکل ۳- تأثیر تقسیم شدن بر روی مساحت کل

در شکل (۳) مساحت کل پس از تقسیم شدن مکعب مستطیل به ۹ قسمت مساوی چه تغییری می‌کند؟ نسبت مساحت کل به حالت اول (قبل از تقسیم) را پس از تقسیم شدن محاسبه کنید.

فعالیت  
کلاسی



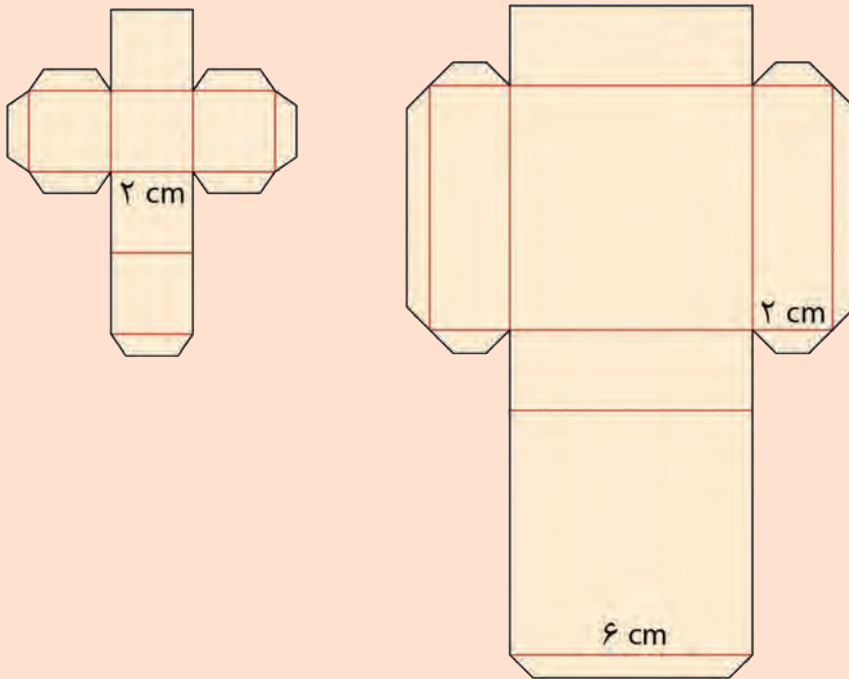


### اثر کوچک کردن ابعاد بر افزایش سطح

مواد و ابزار: کاغذ یا مقوا، قیچی، خط‌کش، مداد و چسب.

#### شرح فعالیت:

- با توجه به نقشه شکل (۴) و با استفاده از مقوا:
- مکعبی به ابعاد  $۶ \times ۶ \times ۲$  سانتی‌متر بسازید.
- ۹ عدد مکعب به ابعاد  $۲ \times ۲ \times ۲$  سانتی‌متر بسازید.
- مساحت کل مکعب اول و مکعب‌های ساخته شده در مرحله دوم را مقایسه کرده و مساحت مقوای مصرفی را در هر دو حالت محاسبه کنید.



شکل ۴ - نقشه ساخت مکعب  $۶ \times ۶ \times ۲$  و  $۲ \times ۲ \times ۲$  سانتی‌متری



هنگام کار با قیچی مراقب باشید تا صدمه‌ای به شما یا هم‌کلاسی‌هایتان وارد نشود.

## خردایش

بسیاری از مواد اولیه موردنیاز برای تولید محصولات سرامیکی به صورت کلوخه یا قطعه‌سنگ‌های بزرگ در طبیعت وجود دارند.  
آیا مواد اولیه به این صورت قابل استفاده در صنعت خواهند بود؟

با توجه به شکل (۵)، کدامیک از مواد اولیه برای مصرف در واحدهای صنعتی مناسبتر هستند؟



پ) پودر سنگ



ب) خرده سنگ



الف) تکه سنگ‌های بزرگ

شکل ۵

مواد معدنی استخراج شده پیش از ورود به فرایند تولید به فرآوری نیاز دارند. هدف از فرآوری آماده‌سازی مواد اولیه برای مصرف در واحد تولیدی است. اولین مرحله در آماده‌سازی مواد اولیه خردایش سنگ‌ها و کلوخه‌های بزرگ است. در فرایند خردایش، ابعاد قطعات بزرگ تا حد امکان کاهش می‌یابد تا بتواند وارد مراحل بعدی فرآوری و آماده‌سازی مواد مانند آسیاب، شست‌وشو و تغلیظ شود.



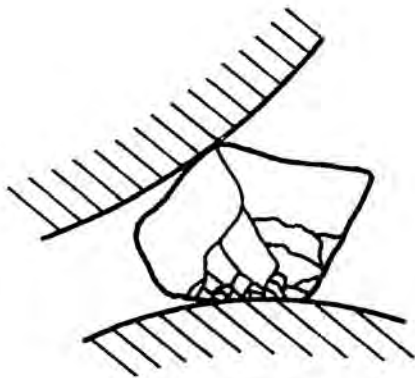
شکل ۶- روند خردایش

چه دلایل دیگری برای خردایش مواد اولیه در صنعت وجود دارد؟

گفت‌وگو کنید



به نظر شما مواد سخت مانند سنگ‌هایی با ابعاد بزرگ، چگونه به قطعات کوچک و قابل استفاده در صنعت تبدیل می‌شوند؟



شکسته شدن سنگ بر اثر اعمال نیرو



خرد شدن در اثر انبساط و انقباض در طبیعت

شکل ۷

## نیروهای مؤثر در خردایش

با توجه به شکل‌های زیر مشخص کنید در هر شکل چه نیرویی باعث فرایند خرد شدن می‌شود؟ پاسخ‌های خود را در جدول یادداشت کنید.



۳

۲

۱

شکل ۸

جدول ۱

شماره شکل	نیرو
<input type="checkbox"/>	ضربه
<input type="checkbox"/>	فشار
<input type="checkbox"/>	سایش

برای شکسته شدن یک سنگ باید به آن تنش وارد شود یعنی به سطح آن نیرویی وارد شود تا شکسته شود. فرایندی که با ایجاد ترک و شکستگی در سنگ‌ها، آنها را به ابعاد کوچک‌تر تبدیل می‌کند «خردایش» و دستگاهی که عملیات خرد کردن سنگ‌ها را انجام می‌دهد «سنگ‌شکن» نامیده می‌شود. تجهیزات متنوعی برای خردایش مواد در صنعت وجود دارد. این تجهیزات بیشتر با اعمال ضربه، فشار یا سایش، به صورت تکی یا ادغام با یکدیگر، موجب خرد شدن و ریزتر شدن سنگ‌ها می‌شوند.



ب) سنگ شکن ضربه‌ای



الف) سنگ شکن فکی



ت) سنگ شکن غلتکی



پ) سنگ شکن مخروطی

شکل ۹- انواع سنگ شکن

کلوخه‌ها و سنگ‌های استخراجی به‌طور طبیعی می‌توانند دارای محدودهٔ ابعاد گسترده باشند.



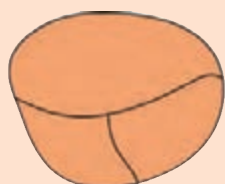
شکل ۱۰

آیا ریز کردن مواد اولیه به‌صورت یکباره و در یک مرحله امکان‌پذیر است؟





موادی که در طبیعت وجود دارند از لحاظ قابلیت خرد شدن به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱- موادی که در اثر ضربه یا فشار به آنها در تمام جهات به‌طور یکنواخت خرد می‌شوند. ۲- موادی که عمل خرد شدن در آنها در جهات مختلف یکسان نیست و عواملی مانند صفحات کلیواژ، وجود حفره و شکاف و رگه باعث می‌شود تا ماده معدنی در بعضی جهات آسان‌تر شکسته و خرد شود. در این میان سختی، چکش‌خواری و شکل تبلور نیز مؤثر است.



الف



ب

شکل ۱۱- الف) خرد شدن در جهات خاص ب) خرد شدن یکنواخت

فرایند کاهش ابعاد سنگ‌ها به دو دسته کلی خردایش (سنگ‌شکنی) و آسیاب کردن (نرم کردن) مواد تقسیم می‌شود.

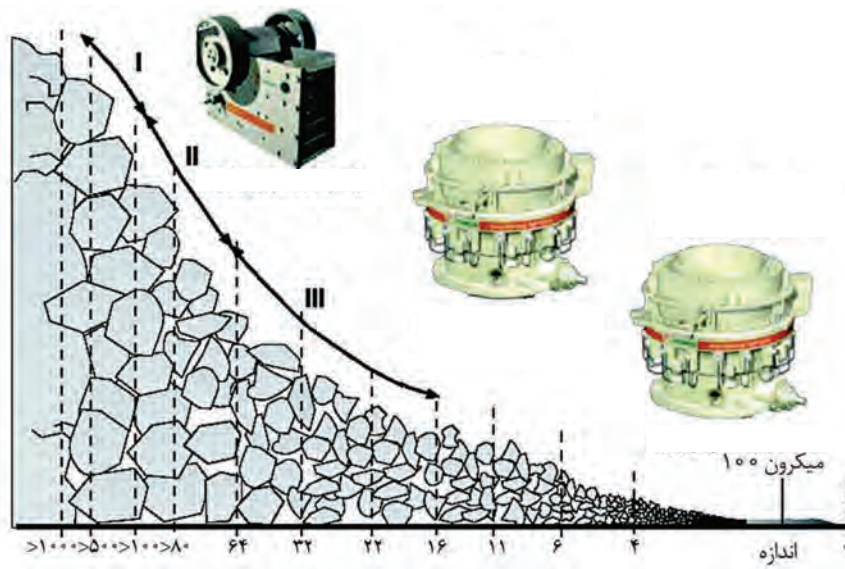
## خردایش (سنگ‌شکنی)

در مورد ذرات با ابعاد درشت به کار می‌رود.

- هدف از آن تبدیل سنگ با ابعاد تقریبی چندصد سانتی‌متر به چند سانتی‌متر یا چند میلی‌متر است.
- معمولاً تبدیل سنگ از ابعاد چندصد سانتی‌متری به ابعاد میلی‌متری در سه مرحله انجام می‌شود:

- سنگ‌شکنی مرحله اول
- سنگ‌شکنی مرحله دوم
- سنگ‌شکنی مرحله سوم





شکل ۱۲

در برخی از مواد اولیه مانند فلدسپات و سیلیس تمام مراحل خردایش انجام می‌شود و در مورد برخی مواد مانند کلوخه‌های کائولن تمامی مراحل انجام نمی‌شود.



کائولن

سیلیس

فلدسپات

شکل ۱۳

چرا تمامی مراحل خردایش برای کلوخه‌های کائولن انجام نمی‌شود؟

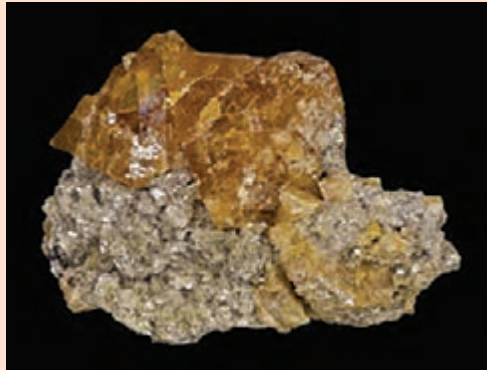
تحقیق کنید



آیا می‌دانید



کاهش ابعاد مواد اولیه تنها دلیل خردایش نیست. مواد خالص پس از خردایش به‌طور مستقیم وارد فرایند تولید می‌شوند، درحالی‌که برای مواد معدنی همراه با ناخالصی، هدف از خردایش علاوه بر کاهش ابعاد مواد اولیه، جدا کردن ماده مطلوب از سایر مواد نامطلوب است. مواد معدنی استخراج شده از معدن معمولاً با بعضی از کانی‌های نامطلوب همراه هستند.



الف) سنگ معدن شیلیت



ب) سنگ معدن شیلیت زیر اشعه ماورای بنفش



پ) کنسانتره شیلیت

شکل ۱۴

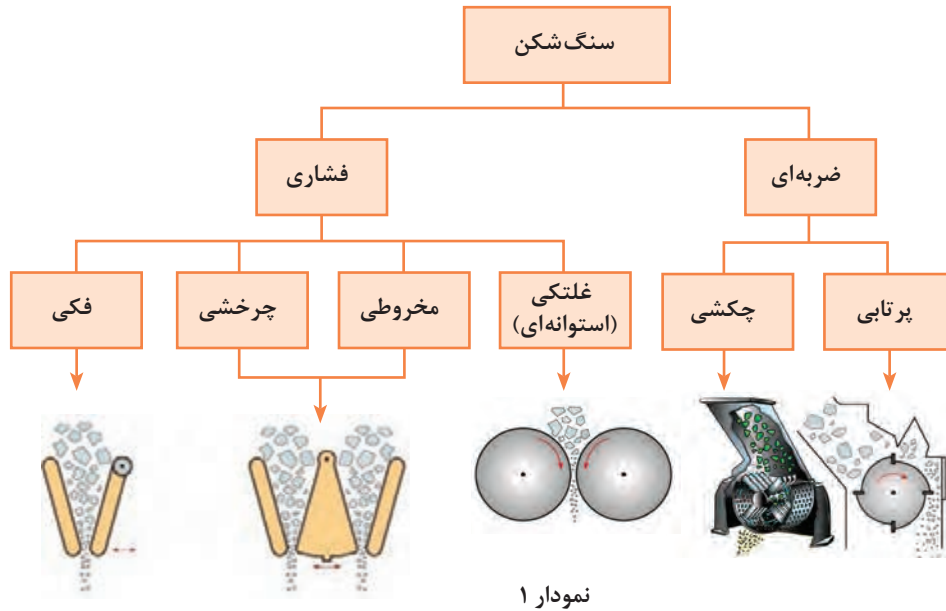
به شکل‌های زیر نگاه کنید. در هر کدام از چه نیرویی برای شکستن گردو استفاده شده است؟



شکل ۱۵



عملکرد سنگ‌شکن‌ها براساس نوع نیروی اعمالی عبارت است از:



معمولاً فرایند خردایش فقط با یک دستگاه سنگ‌شکن عملی نیست. این فرایند معمولاً در دو یا چند مرحله انجام می‌شود.

نکته



## انواع سنگ‌شکن

### ۱- سنگ‌شکن فکی:

سنگ‌شکن فکی یکی از رایج‌ترین سنگ‌شکن‌هاست که به‌عنوان سنگ‌شکن مقدماتی برای مرحله اول خردایش به‌کار گرفته می‌شود. سنگ‌شکن‌های فکی از دو فک تشکیل شده‌اند که معمولاً یکی از آنها ثابت و دیگری متحرک است. در برخی از این نوع سنگ‌شکن‌ها هر دو فک متحرک است. فاصله بین دو فک در قسمت فوقانی دستگاه «دهانه» و در بخش تحتانی «گلوگاه» نامیده می‌شود.



شکل ۱۶- سنگ‌شکن فکی

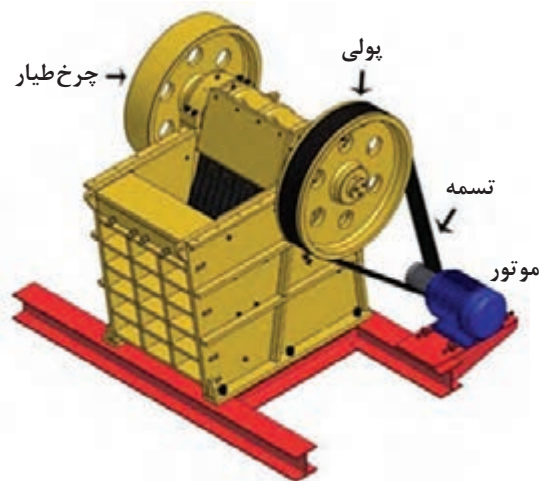


فک متحرک معمولاً حرکت نوسانی دارد و به فک ثابت، دور و نزدیک می‌شود.



سنگ در اثر این عمل خرد می‌شود و به قسمت پایین دستگاه، که فاصله فک‌ها کمتر است، منتقل می‌شود. در این قسمت نیز عمل خرد شدن ادامه می‌یابد تا سنگ به صورت خرده‌سنگ از گلوگاه خارج شود.

حرکت فک متحرک به روش‌های مختلفی از طریق یک شافت خارج از مرکز، که توسط تسمه و پولی به موتور وصل شده است، ایجاد می‌شود.



(۱)



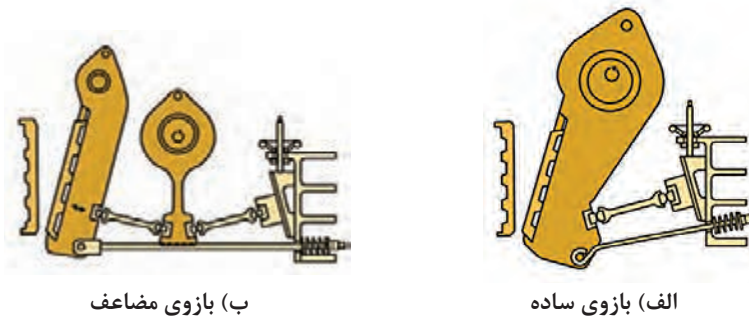
(۲)



(۳)

شکل ۱۷- مراحل خردایش سنگ در سنگ‌شکن فکی

برای به حرکت درآوردن فک متحرک از دو سیستم اصلی «بازوی ساده» و «بازوی مضاعف» استفاده می‌شود. برای ایجاد حرکت یکنواخت‌تر فک متحرک، از چرخ طیار استفاده می‌کنند.



شکل ۱۸

این حرکت ممکن است یک حرکت ساده نوسانی حول یک محور ثابت یا حرکت‌های پیچیده‌تر باشد. فک متحرک با فک ثابت زاویه حاده‌ای می‌سازد که فاصله بین آنها در حین کار دستگاه کم و زیاد می‌شود.

هدف اصلی در طراحی سنگ‌شکن فکی به کار بردن بیشترین نیرو در فاصله بین دو فک برای خرد کردن مواد است. اعمال نیرو در سنگ‌شکن با بازوی مضاعف بیشتر از نوع ساده است، بنابراین سنگ‌شکن فکی با بازوی مضاعف برای خردایش سنگ‌های سخت و سنگین‌تر به کار گرفته می‌شود.

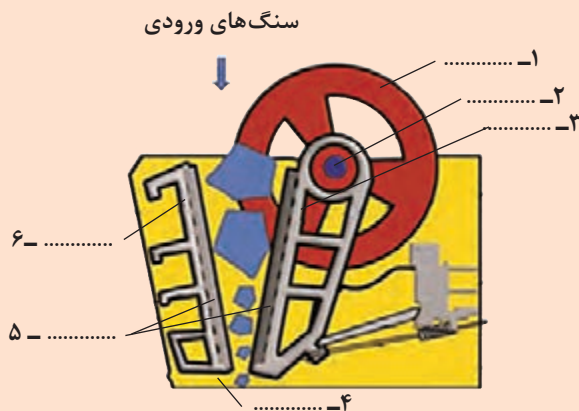
نکته



فعالیت کلاسی

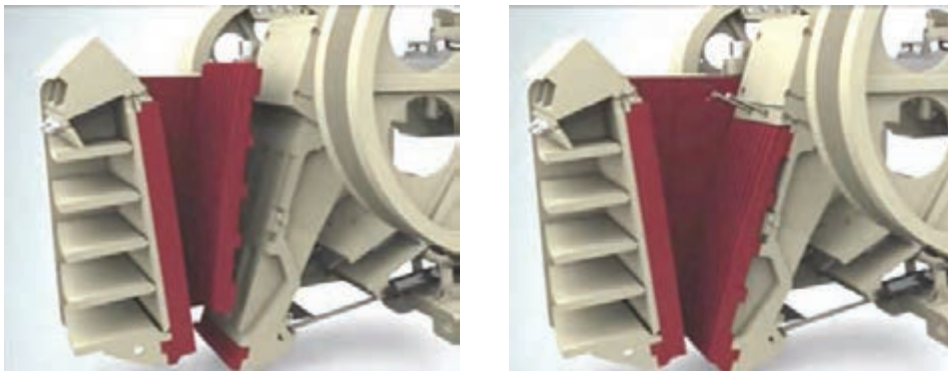


در شکل زیر اجزای سنگ‌شکن فکی را مشخص کنید:



شکل ۱۹- اجزای سنگ‌شکن فکی

فک‌ها در سنگ‌شکن فکی از دولایه تشکیل می‌شوند که لایه فوقانی (زره) از جنس فولاد سخت بوده و در صورت فرسایش، با صفحه‌ای جدید تعویض می‌شود. این کار معمولاً توسط کاربر (اپراتور) سنگ‌شکن با خاموش کردن دستگاه و باز کردن پیچ‌های اتصال بین دو لایه انجام می‌پذیرد.



شکل ۲۰- تعویض زره سنگ شکن فکی

هنگام تعویض زره فکها علاوه بر خاموش کردن دستگاه، جریان برق نیز باید قطع شود.

نکات ایمنی



فکر کنید



با توجه به شکل زیر دلیل موج دار یا پله دار کردن زره فکها در این نوع سنگ شکن چیست؟



شکل ۲۱- انواع زره مخصوص سنگ شکن فکی

**کار عملی ۱:** خرد کردن ماده اولیه سخت با سنگ شکن فکی و تعیین دانه بندی آن  
**مواد و ابزار:** ماده اولیه سخت مانند کوارتز، فلدسپات به مقدار ۴۰۰۰ گرم، سطل پلاستیکی با اندازه متوسط، سنگ شکن فکی، الک درشت (با مش کم مانند مش ۵) و ترازو.

فعالیت کارگاهی



**شرح فعالیت:**

- ۱] ۴۰۰۰ گرم از ماده اولیه را با ترازو وزن کنید.
- ۲] ماده اولیه را با توجه به اندازه ورودی دستگاه سنگ شکن، داخل دستگاه بریزید (در صورت درشت بودن ابعاد ماده اولیه می توانید پیش خردایش را با پتک انجام دهید).
- ۳] ماده خرد شده را بعد از انجام عملیات خردایش از الک عبور دهید و دانه بندی آن را بررسی کنید.



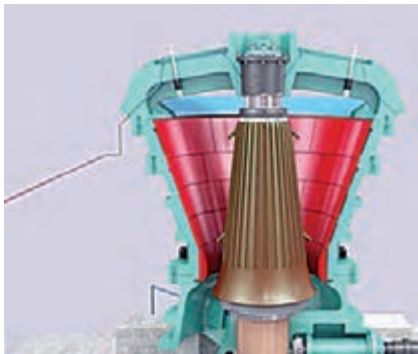
- مراقب گیر کردن احتمالی دست و لباس خود به اجزای دستگاه سنگ شکن باشید.
- مراقب خطرات احتمالی ناشی از برق گرفتگی باشید.
- به منظور جلوگیری از آلودگی ناشی از گردوغبار و صدای بالا در محیط، هنگام کار با دستگاه حتماً از ماسک و محافظ گوش استفاده کنید.
- از شوخی‌هایی مانند هل دادن هم‌کلاسی‌های خود به سمت دستگاه جداً خودداری کنید.
- از بلند کردن بارهای سنگین به تنهایی خودداری کنید.

## ۲- سنگ شکن چرخشی:

سنگ شکن نوع چرخشی یا ژیراتوری<sup>۱</sup> نیز مانند نوع فکی برای مرحله اول خردایش به کار می‌رود. این نوع سنگ شکن معمولاً از یک بدنه ثابت مخروطی شکل (جام) و یک هسته میانی تشکیل شده است. هسته میانی نیز مخروطی شکل بوده که درون مخروط ثابت بیرونی معلق است و حرکت چرخشی دارد و از لحاظ عملکرد در مجموع مانند سنگ شکن فکی با اعمال فشار بر سنگ عمل می‌کند.

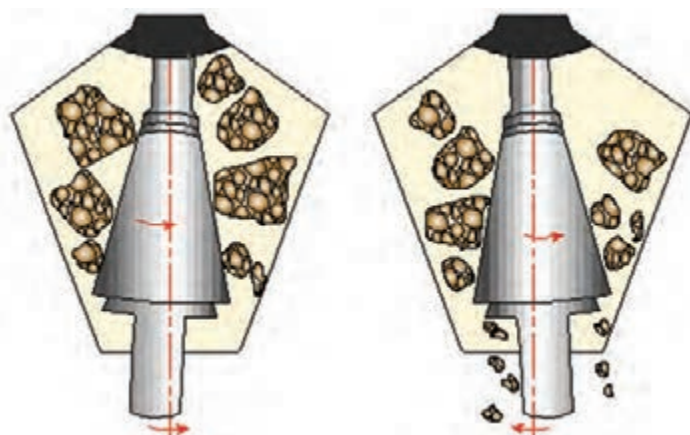


چرا سنگ شکن چرخشی (ژیراتوری) در خردایش مواد اولیه حجیم بسیار مرسوم است؟



شکل ۲۲- سنگ شکن چرخشی (ژیراتوری)

در این نوع سنگ شکن مخروط مرکزی، حول محوری زاویه دار نسبت به خط عمود می چرخد. در حین چرخش، در یک طرف با نزدیک شدن به مخروط بیرونی موجب اعمال فشار و خردایش سنگ در فاصله بین بدنه ثابت و هسته متحرک می شود و هم زمان در قسمت مقابل، با دور شدن از مخروط بیرونی، فاصله بین بدنه ثابت و هسته متحرک زیاد می شود و مواد در آن قسمت به تدریج به قسمت پایین تر حرکت می کنند. بدین ترتیب عمل سنگ شکنی به طور دائم انجام می گیرد.



شکل ۲۳- حرکت چرخشی سنگ شکن چرخشی

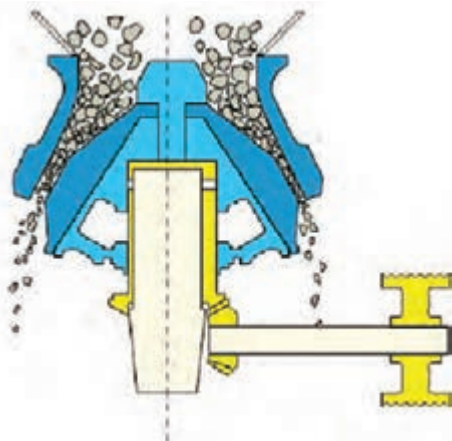
کلیه قطعات اصلی دستگاه، که با سنگ در تماس مستقیم هستند، از فولاد سخت ساخته شده اند و به همین دلیل مقاومت بسیار بالایی در برابر سایش دارند.

نکته



### ۳- سنگ شکن مخروطی<sup>۱</sup>

از این نوع سنگ شکن برای مرحله دوم خردایش استفاده می شود که به نام «هیدروکن»<sup>۲</sup> نیز معروف است و تا حدودی مشابه سنگ شکن نوع چرخشی است.



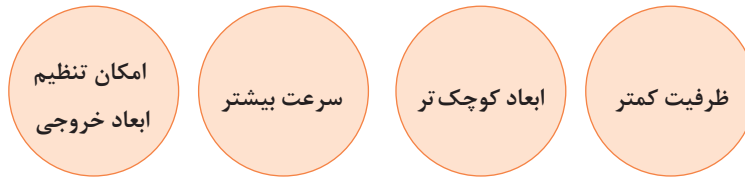
شکل ۲۴- سنگ شکن مخروطی

1- Cone Crusher

2- Hydrocone

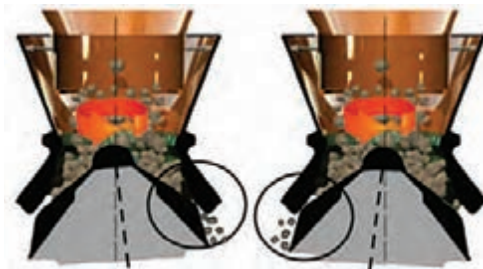


ویژگی‌های سنگ‌شکن مخروطی در مقایسه با چرخشی (ژیراتوری):



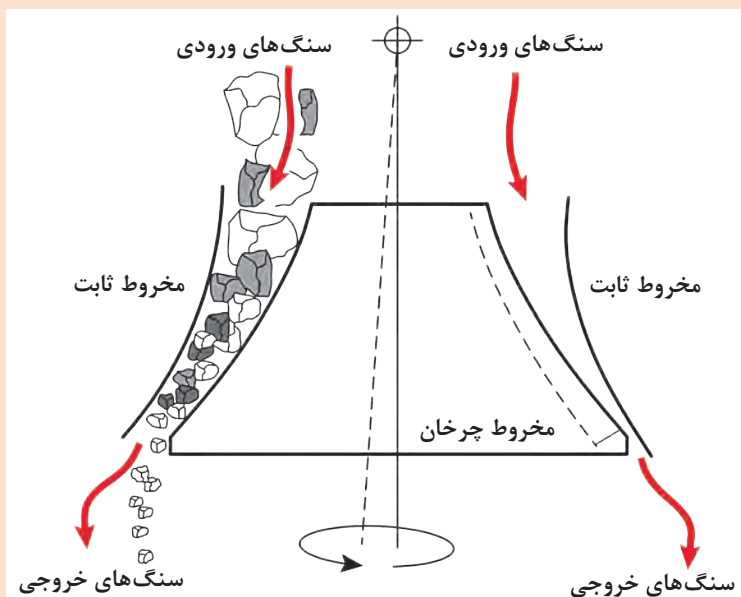
نمودار ۲

با ریختن سنگ به داخل سنگ‌شکن از قسمت بالا، سنگ بین مخروطی و دیواره فشرده شده و از قسمت پایین خارج می‌شود. سنگ‌های ورودی بین مخروطی ثابت و چرخان قرار می‌گیرند. دهانه خروجی از طریق بالا و پایین کردن مخروطی ثابت قابل تنظیم است که امکان خرد کردن را در اندازه‌های مختلف فراهم می‌کند.



شکل ۲۵- خردایش در سنگ‌شکن مخروطی

با توجه به شکل (۲۶) در مورد عملکرد سنگ‌شکن مخروطی گفت‌وگو کنید.



شکل ۲۶- سنگ‌شکن مخروطی

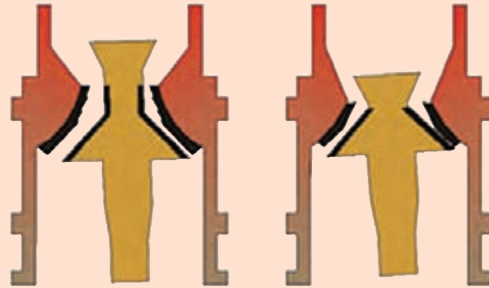
گفت‌وگو کنید



بیشتر  
بدانید



معمولاً در خردایش مرحله دوم از سنگ‌شکن مخروطی نوع استاندارد استفاده می‌کنند و در خردایش مرحله سوم از نوع با کلاhek کوتاه.



شکل ۲۷ - انواع سنگ‌شکن مخروطی

فعالیت  
کارگاهی



**کار عملی ۲:** خرد کردن ماده اولیه سخت با سنگ‌شکن مخروطی و تعیین دانه‌بندی آن  
**مواد و ابزار:** ماده اولیه سخت مانند کوارتز، فلدسپات به مقدار ۴۰۰۰ گرم، سطل پلاستیکی با اندازه متوسط، سنگ‌شکن مخروطی، الک درشت (با مش کم مانند مش ۵) و ترازو.

**شرح فعالیت:**

- ۱) ۴۰۰۰ گرم از مواد اولیه را با ترازو وزن کنید.
- ۲) ماده اولیه را با توجه به اندازه ورودی دستگاه سنگ‌شکن داخل دستگاه بریزید. (در صورت درشت بودن ابعاد مواد اولیه پیش خردایش را با پتک انجام دهید).
- ۳) ماده خرد شده را بعد از انجام عملیات خردایش از الک عبور دهید و دانه‌بندی آن را بررسی کنید.

نکات ایمنی



- مراقب گیر کردن احتمالی دست و لباس خود به اجزای دستگاه سنگ‌شکن باشید.
- مراقب خطرات احتمالی ناشی از برق‌گرفتگی باشید.
- به منظور جلوگیری از آلودگی ناشی از گردوغبار و صدای بالا، در زمان کار با دستگاه، حتماً از ماسک و محافظ گوش استفاده کنید.
- از شوخی‌های بی‌مورد مانند هل دادن هم‌کلاسی‌های خود به سمت دستگاه یا پرتاب قطعات سنگ جداً خودداری کنید.
- از بلند کردن بارهای سنگین به تنهایی خودداری کنید.

#### ۴- سنگ‌شکن استوانه‌ای:

در شکل (۲۸) سنگ‌شکن استوانه‌ای (غلطکی)<sup>۱</sup> نشان داده شده است. عملیات خردایش در این نوع سنگ‌شکن به کمک یک یا دو استوانه سنگین با سطح صاف یا آج‌دار صورت می‌گیرد.



(ب) دوغلتنکی



(الف) تک گلتنکی

شکل ۲۸- نمای سنگ شکن استوانه‌ای (گلتنکی)

اصطکاک بین استوانه و سنگ‌ها اساس کار در سنگ شکن گلتنکی است که با ایجاد فشار باعث خردایش سنگ‌ها می‌شود.

نکته



(ب)



(الف)

شکل ۲۹- سنگ شکن (الف) تک گلتنکی (ب) دوغلتنکی

عوامل مؤثر در فرایند خردایش با سنگ شکن گلتنکی عبارت‌اند از:



نمودار ۳



حرکت چرخشی استوانه‌های روبه‌رو با سرعت چرخشی مساوی یا نزدیک به هم بوده و فاصله بین استوانه‌ها قابل تنظیم است.



شکل ۳۰- جهت چرخش استوانه‌ها در سنگ‌شکن غلتکی



شکل ۳۱- سنگ‌شکن غلتکی آزمایشگاهی

در سنگ‌شکن غلتکی اندازه مواد خردشده چگونه تعیین می‌شود؟

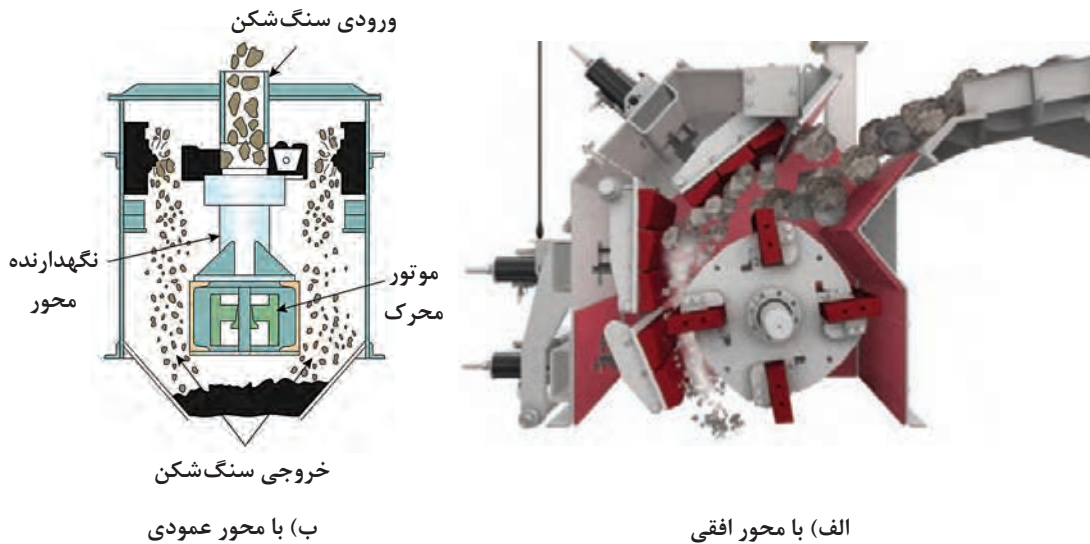
فکر کنید



### ۵- سنگ‌شکن‌های پرتابی:

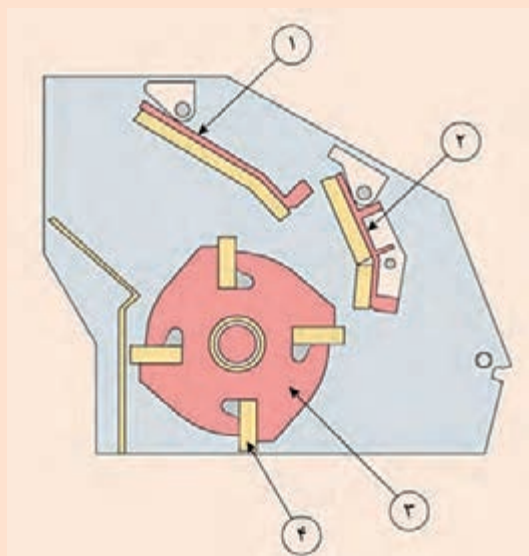
این نوع سنگ‌شکن با اعمال ضربه منجر به شکست و خرد شدن سنگ می‌شود. سنگ‌شکن پرتابی از یک روتور دارای تعدادی پره تشکیل شده است که با سرعت بالا می‌چرخد. نقش پره‌ها پرتاب کردن قطعات ورودی

(سنگ و مواد معدنی) به طرف جداره داخلی سنگشکن است. بر روی جداره داخلی سنگشکن تعدادی صفحه با لایه زرهی از جنس آلیاژهای ضدسایش وجود دارد که نقش آنها به عنوان مانع بوده و باعث خرد شدن قطعات پرتابی در اثر برخورد شدید با آنها می شود. سنگشکن پرتابی در دو نوع با محور (شافت) افقی یا عمودی وجود دارد.



شکل ۳۲- سنگشکن نوع پرتابی

هریک از اجزای نام برده شده مربوط به کدام شماره در شکل زیر است؟



- ..... روتور:
- ..... پره:
- ..... مانع:

شکل ۳۳



## سنگ شکن چکشی



شکل ۳۴- سنگ شکن چکشی

این نوع سنگ شکن نیز با اعمال ضربه منجر به شکست و خرد شدن سنگ می شود. این سنگ شکن از یک روتور، که دارای تعدادی چکش است، تشکیل شده که با سرعت بالا می چرخد. نقش چکش ها ضربه زدن به سنگ ها یا مواد معدنی و خرد کردن آنهاست.

کدام یک از موارد زیر در هر یک از سنگ شکن های چکشی و پرتابی تحت فرسایش هستند و به بازرسی و تعویض نیاز دارند؟

جدول ۲

نوع سنگ شکن	چکش	زره
سنگ شکن چکشی		
سنگ شکن پرتابی		

فعالیت  
کلاسی



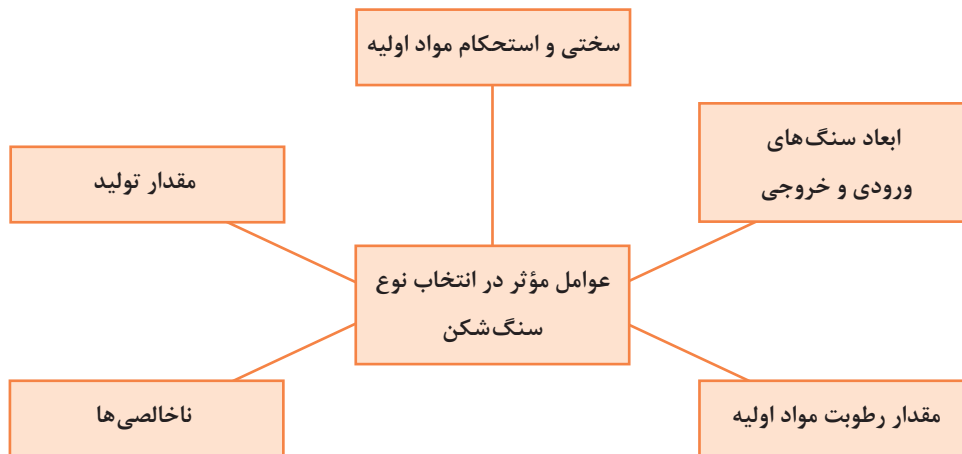
## انتخاب روش خردایش

- چه دلایلی برای تنوع در طراحی و ساخت انواع سنگ شکن ها وجود دارد؟  
به تصاویر شکل (۳۵) توجه کنید و به سؤالات زیر پاسخ دهید.  
- آیا برای خرد کردن انواع مواد غذایی در منزل از یک نوع خردکن استفاده می شود؟  
- در انتخاب نوع خردکننده چه عواملی باید در نظر گرفته شود؟



شکل ۳۵

انواع سنگ‌شکن‌ها وظیفه یکسانی دارند، ولی با توجه به شرایط نوع خاصی از سنگ‌شکن انتخاب می‌شود. عوامل مؤثر در انتخاب نوع سنگ‌شکن عبارت‌اند از:



نمودار ۳

با توجه به ویژگی‌های مواد اولیه، در فرایند خردایش آنها تفاوت وجود دارد. مثلاً سختی مواد اولیه در میزان سایش و استهلاک تجهیزات خردایش مؤثر است و در طراحی و انتخاب ماشین‌آلات خردایش باید مدنظر قرار گیرد.

نکته



### انتخاب نوع سنگ‌شکن با توجه به سختی مواد:

- سنگ سخت: از سنگ‌شکن با دور کم مانند فکی و چرخشی، که در آنها عامل فشار باعث خرد شدن است، استفاده می‌شود.
- سنگ نیمه سخت: معمولاً از سنگ‌شکن ضربه‌ای و چکشی استفاده می‌شود.

نکته



اتلاف انرژی در فرایند خردایش اغلب به صورت انرژی گرمایی و انرژی صوتی است. سنگ‌شکن‌ها عموماً در عمق زمین قرار داده می‌شوند تا از آلودگی صوتی آنها کاسته شود. عمر ماشین‌آلات خردایش به درجه سختی مواد و جنس اجزای آنها وابسته است.

خردایش مرحله اول: تبدیل ذرات حجیم به ابعاد تقریباً بیشتر از ۸۰ میلی متر:

- سنگ شکن چرخشی (خروجی ۸۰ تا ۲۲۰ میلی متر)
- سنگ شکن فکی (خروجی ۸۰ تا ۱۵۰ میلی متر)



خردایش مرحله دوم: کاهش ابعاد تا حدود ۳۰ تا ۶۰ میلی متر:

- سنگ شکن چکشی
- سنگ شکن مخروطی



خردایش مرحله سوم: کاهش ابعاد تا کوچک تر از ۲۰ میلی متر:

- سنگ شکن مخروطی
- سنگ شکن ضربه ای
- سنگ شکن غلتکی: تبدیل ذرات کمی بزرگ تر به حداکثر ذرات یک میلی متری



در خردایش مرحله اول در صورت نرم بودن سنگ‌ها، گاهی سنگ شکن ضربه ای نیز استفاده می شود.

نکته



فعالیت  
کارگاهی



### کار عملی ۳: خرد کردن ماده اولیه با درجه سختی مختلف و تعیین دانه بندی آنها

مواد و ابزار: ماده اولیه با سختی متفاوت مانند فلدسپات و کلوخه های گل رس از هر کدام به مقدار ۴۰۰۰ گرم، دو عدد سطل پلاستیکی با اندازه متوسط، سنگ شکن فکی، چکشی و یا هر نوع دیگر، الک درشت (با مش کم مانند مش ۵) و ترازو.

#### شرح فعالیت:

۱) ۴۰۰۰ گرم از هر کدام از مواد اولیه را با ترازو وزن کنید.

نکته: در خردایش هر دو نوع ماده اولیه، زمان مورد نیاز برای خرد کردن هر کدام را یادداشت کنید.

۲) هر کدام از مواد اولیه را، جداگانه با توجه به اندازه ورودی دستگاه سنگ شکن، داخل دستگاه بریزید (در صورت درشت بودن ابعاد مواد اولیه پیش خردایش را با پتک انجام دهید).

۳) مواد خرد شده را بعد از انجام عملیات خردایش از الک عبور دهید و دانه بندی آنها را بررسی کنید.

۴) در کدام نوع ماده اولیه خردایش آسان تر انجام گرفت؟

۵) دانه بندی دو نوع ماده را پس از انجام خردایش با هم مقایسه کنید.





- مراقب گیر کردن احتمالی دست و لباس خود به اجزای دستگاه سنگ شکن باشید.
- مراقب خطرات احتمالی ناشی از برق گرفتگی باشید.
- به منظور جلوگیری از آلودگی ناشی از گردوغبار و صدای بالا در محیط، هنگام کار با دستگاه حتماً از ماسک و محافظ گوش استفاده کنید.
- از شوخی‌هایی مانند هل دادن هم‌کلاسی‌های خود به سمت دستگاه و پرتاب قطعات سنگ خودداری کنید.
- از بلند کردن بارهای سنگین به تنهایی خودداری کنید.



**کار عملی ۴: خرد کردن مواد اولیه مختلف با مقدار رطوبت متفاوت و تعیین دانه‌بندی آنها**  
**مواد و ابزار:** مواد اولیه با درصد رطوبت متفاوت از هر کدام به مقدار ۴۰۰۰ گرم، دو عدد سطل پلاستیکی با اندازه متوسط، سنگ شکن فکی، چکشی و یا هر نوع دیگر، الک درشت (با مش کم مانند مش ۵) و ترازو.

**شرح فعالیت:**

۱. ۴۰۰۰ گرم از هر کدام از مواد اولیه را با ترازو وزن کنید.
- نکته:** در خردایش هر دو نوع ماده اولیه، زمان مورد نیاز برای خرد کردن هر کدام را یادداشت کنید.
۲. هر کدام از مواد اولیه را جداگانه با توجه به اندازه ورودی دستگاه سنگ شکن داخل دستگاه بریزید. (در صورت درشت بودن ابعاد مواد اولیه پیش خردایش را با پتک انجام دهید)
۳. بعد از انجام عملیات خردایش، مواد خرد شده را از الک عبور دهید و دانه‌بندی آنها را بررسی کنید.
۴. خردایش ماده اولیه با درصد رطوبت بالا راحت‌تر انجام گرفت یا با درصد رطوبت کمتر؟
۵. دانه‌بندی دو نوع ماده را پس از انجام خردایش با هم مقایسه کنید.



- مراقب گیر کردن احتمالی دست و لباس خود به اجزای دستگاه سنگ شکن باشید.
- مراقب خطرات احتمالی ناشی از برق گرفتگی باشید.
- به منظور جلوگیری از آلودگی ناشی از گردوغبار و صدای بالا در محیط، هنگام کار با دستگاه حتماً از ماسک و محافظ گوش استفاده کنید.
- از شوخی‌هایی مانند هل دادن هم‌کلاسی‌های خود به سمت دستگاه و پرتاب قطعات سنگ جداً خودداری کنید.
- از بلند کردن بارهای سنگین به تنهایی خودداری کنید.

**جدول ۳ - مقایسه مزایا و معایب سنگ شکن‌های ضربه‌ای و فشاری**

سنگ شکن فشاری	سنگ شکن ضربه‌ای	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- فرسایش کم و تعویض دیر هنگام قطعات</li> <li>- کنترل پذیری ابعاد خروجی</li> <li>- ورود ناخالصی‌های کمتر (حاصل از فرسایش قطعات) به مواد</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- قیمت کم</li> <li>- مصرف انرژی کم</li> </ul>	<p>۲.۶ ت</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- قیمت بالا</li> <li>- مصرف انرژی زیاد</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- فرسایش زیاد و نیاز به تعویض زود هنگام قطعات</li> <li>- تولید ذرات خیلی ریز در خردایش مواد نرم و</li> <li>- عدم کنترل ابعاد</li> <li>- تولید غبار و آلودگی زیاد</li> </ul>	<p>۳ ت</p>



جدول زیر را کامل کنید:

جدول ۴

تصاویر	عوامل مؤثر و نوع (فشاری یا ضربه‌ای)	سنگ شکن
		فکی
		چرخشی
		مخروطی
		پرتابی
		چکش‌سی
		استوانه‌ای (غلتکی)

## بازدید گروهی از بخش خردایش صنایع

نکات ایمنی



- موارد تهدیدکننده در واحد خردایش عبارت‌اند از:
- خطر تجهیزات مکانیکی: خردشدن انگشت و دست، گیر کردن لباس به چرخ‌دنده و تسمه‌ها، امکان پرت شدن سنگ و ابزارآلات.
  - خطر تجهیزات برقی: تابلوی برق فشار قوی، کابل‌ها و مانند آن.
  - خطر تجهیزات مرتبط: نوار نقاله (سقوط سنگ)، سقوط از نردبان‌ها و سکوها، برخورد با ماشین‌آلات سنگین حمل سنگ، انفجار کپسول‌های اطراف.
  - آلودگی محیطی: استنشاق غبارها و آلودگی‌های معدنی.
  - آلودگی صوتی: ناشی از فرایند خردایش سنگ‌ها، حرکت سرند و دیگر تجهیزات خردکن.
  - خطرات ارگونومیک: بلند کردن بار سنگین و به صورت غیراستاندارد.



شکل ۳۶

## ارزشیابی نهایی شایستگی خردایش

### شرح کار:

- ۱- انتخاب دستگاه خردایش مناسب؛
- ۲- تنظیم پارامترهای دستگاه و راه اندازی آن؛
- ۳- دانه بندی مواد ورودی و خردایش آن؛
- ۴- دانه بندی مواد خروجی از سنگ شکن.

### استاندارد عملکرد:

خردایش مواد اولیه بر اساس ابعاد، میزان سختی و توجه به جدول توزیع دانه بندی.

### شاخص ها:

انتخاب دستگاه سنگ شکن بر اساس نوع مواد اولیه؛  
دانه بندی مناسب؛  
کنترل دانه بندی با استاندارد.

### شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی.  
ابزار و تجهیزات: انواع دستگاه سنگ شکن (فکی، غلتکی، ضربه ای)، انواع سرنده، ظروف نگهداری مواد (انواع کیسه، سطل)، ابزار کنترل اندازه و دانه بندی (متر، خط کش و کولیس)، انواع خردکن دستی مانند پتک و چکش

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	انتخاب دستگاه خردایش	۲	
۲	خرد کردن مواد اولیه	۲	
۳	دانه بندی مواد ورودی و خروجی	۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب	۲	
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.



## پودمان ۲

# آسیاب کردن



امروزه در صنعت تنها با خردایش به روش سنگ‌شکنی، نمی‌توان به دانه‌بندی مطلوب دست یافت. بنابراین لازم است برای تکمیل فرایند ریزکردن مواد اولیهٔ سرامیکی از آسیاب‌کردن بهره‌جست. در گذشته‌های دور آسیاب کردن مواد به وسیلهٔ ابزار سادهٔ اولیه انجام می‌پذیرفت، ولی امروزه از آسیاب‌های صنعتی متنوعی استفاده می‌شود.

## واحد یادگیری ۲

### شایستگی آسیاب کردن

#### آیا تا به حال پی برده‌اید

- ۱ مواد اولیه پس از خردایش برای تولید بدنهٔ سرامیکی باید به ابعاد مناسب‌تری تبدیل شوند؟
- ۲ از چه تجهیزاتی برای آسیاب کردن مواد گوناگون در صنعت استفاده می‌شود؟
- ۳ به چه روش‌هایی آسیاب کردن مواد اولیه سرامیکی امکان‌پذیر است؟

هدف از این شایستگی فراگیری مفاهیم آسیاب کردن به روش تر و خشک است. هنرجو در این واحد یادگیری انواع روش‌ها و تجهیزات آسیاب کردن مواد را می‌آموزد و در ادامه، مهارت انتخاب، انجام محاسبات و اجرای عملیات آسیاب کردن مواد را با استفاده از آسیاب تر و خشک در مقیاس کارگاهی و آزمایشگاهی کسب می‌کند.

#### استاندارد عملکرد

آسیاب کردن مواد اولیه مطابق با میزان سختی، اندازهٔ دانهٔ مواد ورودی، توزیع سایزبندی گلوله‌های بال میل و جدول توزیع دانه‌بندی مواد خروجی.

## آسیاب کردن مواد اولیه چه اهمیتی دارد؟



شکل ۱- آسیاب بشقابی (دستاس)

به نظر شما اولین ابزار آسیاب کردن مواد که بشر استفاده کرده است چه بوده است؟

آسیاب کردن برای دستیابی به ذراتی با اندازه‌های میکرونی و همچنین برای موادی که در مراحل بعدی تولید یا فروش باید ابعاد ریز داشته باشند انجام می‌پذیرد. در این فرایند، ذرات در بین دو سطح ساینده قرار گرفته و ریز می‌شوند. در شکل (۲) یک نوع ماده اولیه با اندازه ذرات مختلف نشان داده شده است. در این شکل تصاویر (پ) و (ت) مواد اولیه را پس از آسیاب کردن نشان می‌دهد.



(ت)

(پ)

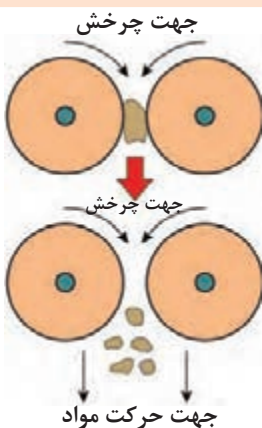
(ب)

(الف)

شکل ۲- یک نوع ماده اولیه با اندازه ذرات مختلف

در مورد اهمیت ریز کردن ذرات مواد در فرایند تولید با هم کلاسی‌های خود گفت‌وگو کنید.

گفت‌وگو کنید



عمل ریز کردن مواد در دستگاه‌هایی به نام «آسیاب» انجام می‌شود. محصول به دست آمده از سنگ‌شکن‌ها، پس از کنترل دانه‌بندی توسط سرندها، به آسیاب‌ها وارد و تا حد مطلوب ریز می‌شود.

شکل ۳- آسیاب کردن



با کدام یک از موارد شکل (۴) می‌توان راحت‌تر یک ظرف استوانه‌ای ساخت؟ چرا؟



(پ)



(ب)



(الف)

شکل ۴

## آسیاب‌ها چه ماشین‌هایی هستند؟

آسیاب‌ها تجهیزاتی هستند که وظیفه ریزکردن مواد را برعهده دارند. آسیاب‌ها با کمک یک یا ترکیبی از نیروهای نشان داده شده در نمودار (۱)، موجب سایش و ریز شدن مواد می‌شوند.



نمودار ۱- نیروهای مؤثر در آسیاب کردن

با هم کلاسی‌های خود درباره انواع آسیاب‌هایی که تاکنون مشاهده کرده‌اید، گفت‌وگو کنید.







عامل مؤثر در آسیاب کردن را در هر یک از شکل‌های زیر بنویسید.



آسیاب‌ها انواع مختلفی دارند که تعدادی از آنها در شکل (۵) نشان داده شده است.



پ) آسیاب چکشی



ب) آسیاب لرزشی



الف) آسیاب غلتکی



ج) هاون



ث) آسیاب بشقابی

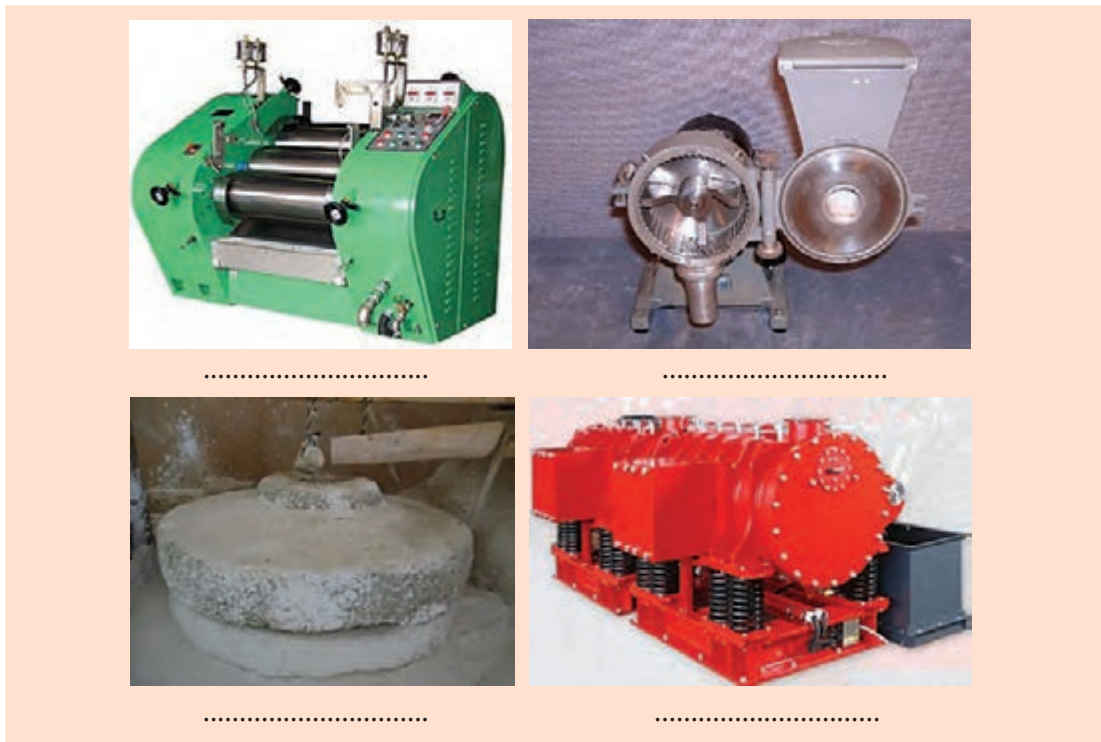


ت) آسیاب گردان

شکل ۵- برخی از انواع آسیاب

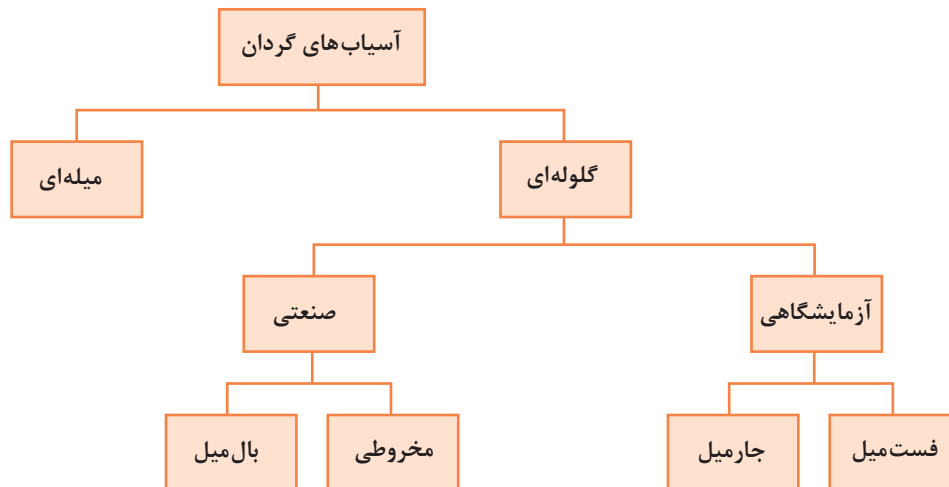
با توجه به انواع آسیاب‌های معرفی شده در شکل (۵)، نوع هر یک از آسیاب‌های صفحه بعد را با توجه به مشخصات ظاهری آن بنویسید.

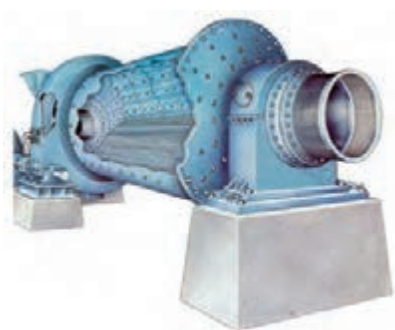




## آسیاب‌های گردان

آسیاب‌هایی که به شکل استوانه یا مخروط ناقص حول محور افقی می‌چرخند «آسیاب گردان» نام دارند. در صنایع سرامیک، از این آسیاب‌ها برای ریزکردن مواد سخت و نیمه‌سخت استفاده می‌شود. همچنین از آسیاب‌های گردان در کارخانه‌های تولید مواد شیمیایی، فراوری مواد معدنی، هسته‌ای و صنایع متالورژی استفاده می‌شود. ذرات مواد در اثر گردش استوانه و عملکرد عوامل مؤثر بر آسیاب کردن، به کمک اجزای خردکننده (گلوله‌ها) و پوشش داخلی آسیاب ریز می‌شوند.





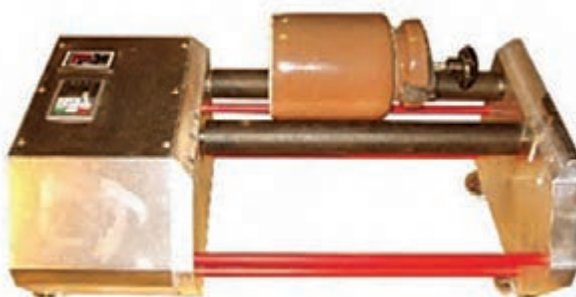
آسیاب میله‌ای<sup>۲</sup>



بال میل<sup>۱</sup>



فست میل<sup>۵</sup>



جارمیل<sup>۴</sup>



آسیاب مخروطی<sup>۳</sup>

شکل ۶- چند نوع آسیاب گردان

## آسیاب گلوله‌ای (بال میل)



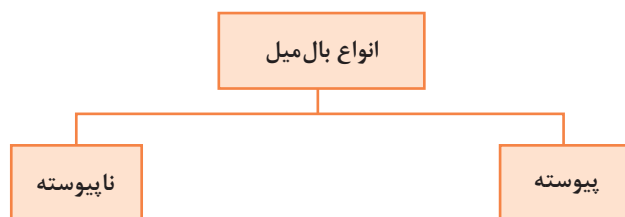
شکل ۷- بال میل

- 1- Ball Mill
- 2- Rod Mill
- 3- Conical Mill
- 4- Jar Mill
- 5- Fast Mill



علت نام گذاری بال میل به این نام چه بوده است؟

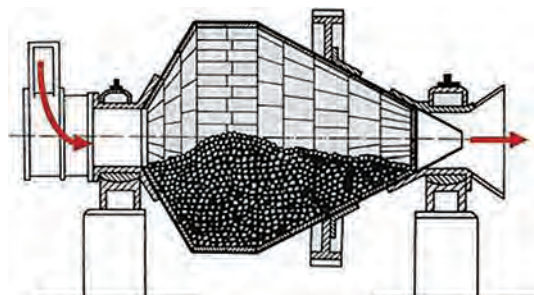
آسیاب گلوله‌ای (بال میل) از یک استوانه تشکیل شده است که در برخی موارد طول آن تقریباً برابر قطرش است. داخل آنها گلوله‌هایی کروی وجود دارد که وظیفه آنها ساییدن ذرات مواد است. گلوله‌هایی که در آسیاب‌ها به کار می‌روند از مواد مقاوم در برابر سایش انتخاب می‌شوند.



نمودار ۳- انواع بال میل بر اساس نحوه ورود و خروج مواد

## بال میل پیوسته<sup>۱</sup>

مواد اولیه در بال میل‌های پیوسته به طور مداوم از یک سمت وارد بال میل شده و پس از ساییده شدن از طرف دیگر بال میل خارج می‌شوند. به همین علت نیازی به متوقف کردن بال میل برای بارگیری و تخلیه کردن آن نیست.



شکل ۸- بال میل پیوسته یک بخشی

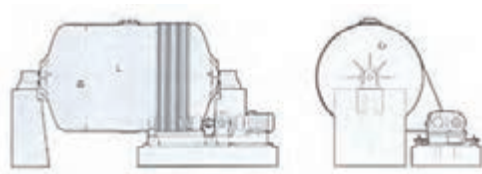
بال میل مخروطی برای بارگیری گلوله‌ها متوقف نمی‌شود و گلوله‌ها همراه مواد اولیه بارگیری می‌شوند. در شکل‌های (۸) و (۹) نمونه‌هایی از بال میل پیوسته مشاهده می‌شود.



شکل ۹- بال میل پیوسته دو بخشی

در بال میل‌های طویل ۸۵ درصد از سایش مواد در ۱/۵ متر اول از طول آنها انجام می‌شود در حالی که در طول باقیمانده فقط ۱۵ درصد سایش انجام می‌شود و این امر به دلیل آن است که در مرحله اول، اثر اصطکاک بر روی سنگ‌ها بیشتر است.

## بال میل ناپیوسته<sup>۱</sup>



شکل ۱۰- بال میل ناپیوسته

نحوه عملکرد بال میل‌های ناپیوسته به این صورت است که مواد اولیه را به همراه گلوله‌ها به صورت یک جا و به میزان ظرفیت بال میل درون آن بارگیری می‌کنند و تا زمان معینی تحت سایش قرار می‌دهند؛ سپس بال میل را متوقف می‌کنند و مواد ساییده شده تخلیه می‌شوند.

در شکل زیر نمونه‌ای از بال میل ناپیوسته را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۱- بال میل ناپیوسته

ویژگی‌های بال میل پیوسته و ناپیوسته را با هم مقایسه و جدول (۱) را تکمیل کنید.

جدول ۱

بال میل ناپیوسته	بال میل پیوسته	ویژگی
کمتر	بیشتر	کمیت و کیفیت تولید
		هزینه تولید
		فضای مورد نیاز
		خودکار بودن فرایند
		نیاز به نیروی انسانی
		میزان مصرف انرژی

فعالیت  
کلاسی



در آزمایشگاه‌ها برای بررسی و تحقیق بر روی انواع مواد اولیه، از آسیاب‌های آزمایشگاهی مانند جارمیل استفاده می‌شود. جنس جارمیل‌ها از پرسیلان<sup>۱</sup> سخت و تفلون است. مواد اولیه در این جارمیل‌ها ریخته می‌شوند و گوله‌های سرامیکی در ابعاد و تعداد مناسب افزوده شده و در آنها بسته می‌شود. سپس به وسیله یک موتور الکتریکی به صورت دورانی به حرکت درمی‌آید و پس از مدتی مواد را ریز می‌کند. مدت چرخش به دانه‌بندی موردنیاز بستگی دارد. هرچه زمان چرخش بیشتر شود، دانه‌ها به ذرات میکرونی کوچک‌تری تبدیل می‌شوند. در آزمایشگاه‌های صنایع سرامیک برای آسیاب کردن سریع مواد اولیه و تهیه دوغاب از فست‌میل استفاده می‌شود.



فست میل



جارمیل

شکل ۱۲

## ساختن آسیاب گوله‌ای

به جداره خارجی بال‌میل «بدنه» گفته می‌شود. بدنه از ورق فولادی به ضخامت ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر تشکیل شده است که به روش نورد کردن به شکل استوانه درمی‌آید و بر روی اسکلتی فولادی به نام «شاسی» نصب می‌شود.



شکل ۱۳- بدنه بال‌میل

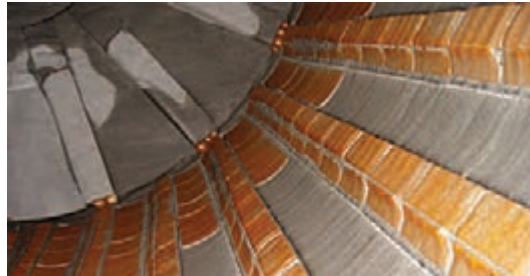
پوشش داخلی آسیاب‌ها (آستر)<sup>۲</sup> از چیست و چه نقشی در عملکرد بال‌میل دارد؟

جداره داخلی آسیاب‌ها در معرض فرسایش شدید ناشی از اصطکاک و ضربه میان مواد خردکننده و خردشونده

1- Porcelain

2- Lining

قرار دارد. در نتیجه لازم است سطح داخلی آسیاب‌های گردان با یک پوشش از جنس سخت و مقاوم در برابر سایش، فشار و ضربه محافظت شود.



شکل ۱۴- آستر بال‌میل

پوشش داخلی این آسیاب‌ها از جنس فلینت<sup>۱</sup>، آلومینا<sup>۲</sup>، چینی سخت<sup>۳</sup>، سایلکس (نوعی سنگ سیلیسی است) یا لاستیک ضدسایش است. به استثنای آسیاب‌هایی که پوشش داخلی آنها از لاستیک است، بهتر است جنس گلوله‌ها با پوشش داخلی یکسان باشد تا جداره داخلی و گلوله‌ها کمتر دچار سایش شوند. این پوشش‌ها از قطعات جداگانه‌ای تشکیل شده‌اند که بر روی جداره داخلی آسیاب متصل می‌شوند تا تعویض این پوشش‌ها در موقع لزوم با کمترین زمان و هزینه ممکن قابل انجام باشد. نقش آستر در نمودار (۴) آورده شده است:

محافظت از جداره

حرکت دادن گلوله‌ها

نمودار ۴- نقش آستر بال‌میل



شکل ۱۵- آستر داخلی بال‌میل

- 1- Flint
- 2- Alumina
- 3- Hard-paste Porcelain

## انواع گلوله

گلوله‌هایی که در داخل آسیاب قرار دارند ذرات مواد را دربر گرفته و آنها را ریز می‌کنند. در آسیاب‌های گلوله‌ای از گلوله‌هایی از جنس فلینت، چینی سخت، آلومینا، استئاتیت<sup>۱</sup> در اندازه‌های مختلف استفاده می‌شود. در برخی از صنایع مانند سیمان، از گلوله‌های آهنی یا فولادی یا میله‌های فولادی با مقاطع دایره‌ای یا مربع نیز استفاده می‌شود.



پ) گلوله فلزی



ب) گلوله چینی



الف) گلوله سیلیکون کاربیدی



ج) گلوله فلینتی



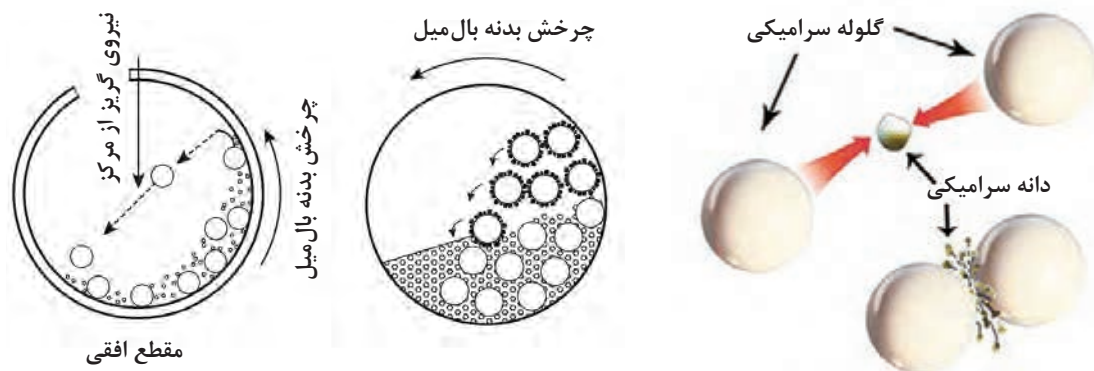
ث) گلوله استئاتیتی



ت) گلوله زیرکونیایی

شکل ۱۶- انواع گلوله‌های بال‌میل

گلوله‌ها در نتیجه حرکت دورانی آسیاب و نیروی گریز از مرکز، همراه جداره بالا می‌روند. سپس بر اثر غلبه نیروی وزن بر نیروی گریز از مرکز سقوط کرده و موجب ریزش ذرات می‌شوند.



شکل ۱۷- ریز شدن ذرات در اثر سقوط و برخورد گلوله‌ها





با توجه به ویژگی مواد ورودی و بال میل جدول زیر را کامل کنید.

جدول ۲

راهکار	ویژگی
قطر گلوله .....	بار ورودی درشت‌تر باشد.
تعداد گلوله و قطر بال میل .....	مقدار بار ورودی بیشتر باشد.
سختی گلوله‌ها .....	سختی مواد ورودی بیشتر باشد.

گردش گلوله‌ها در داخل آسیاب در خلاف جهت هم بوده و در نتیجه ذرات را به سمت یکدیگر هدایت می‌کنند. امروزه جهت دستیابی به مواد ریزتر و زمان سایش کمتر از گلوله‌هایی با اندازه‌های متنوع گاهی تا ۷ اندازه مختلف از ۱۳ میلی‌متر به بالا استفاده می‌شود.



## سیستم تأمین و انتقال نیرو

گشتاور لازم برای دوران بال میل توسط یک موتور الکتریکی یا یک موتور دیزل تأمین می‌شود. موتور الکتریکی بال میل را به کمک سیستم انتقال نیروی چرخ‌دنده‌ای یا تسمه‌ای به حرکت درمی‌آورد.



تسمه‌ای



چرخ دنده‌ای

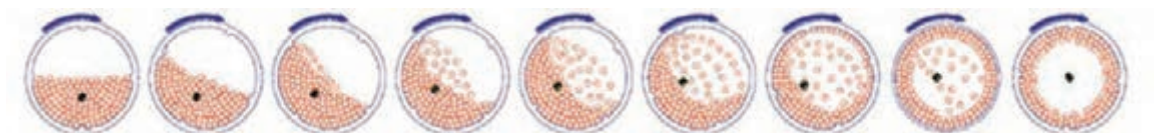
شکل ۱۸- انواع سیستم انتقال قدرت در بال میل

## سرعت چرخش آسیاب

سرعت دوران آسیاب، بر عمل ریز کردن و همچنین مصرف انرژی تأثیر مستقیم دارد. سرعت چرخش آسیاب باید به گونه‌ای باشد که در آن گلوله‌ها بتوانند مقداری بالا رفته و سپس در اثر نیروی جاذبه مجدداً به سمت پایین روی یکدیگر بغلتند یا سقوط کنند.

جدول ۳

مکانیسم آسیاب کردن مواد	حرکت گلوله‌ها
سایش	غلطیدن گلوله‌ها بر روی یکدیگر
ضربه	سقوط گلوله‌ها بر روی یکدیگر



شکل ۱۹

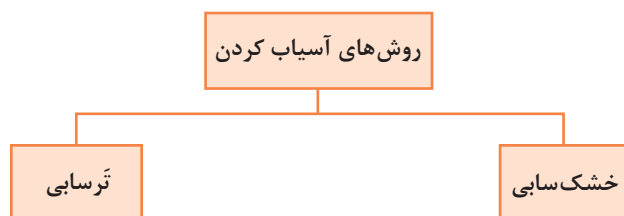
اگر سرعت دورانی آسیاب از یک حدی بیشتر شود، گلوله‌ها تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز، به جداره داخلی آسیاب می‌چسبند و عمل ریز کردن متوقف خواهد شد که به این سرعت، سرعت بحرانی گفته می‌شود. اگر سرعت آسیاب از سرعت بحرانی خیلی کمتر انتخاب شود، گلوله‌ها از ابتدا به طرف پایین سرازیر می‌شوند و ضربه به حداقل میزان خود می‌رسد و سایش به تنهایی، مکانیسم غالب خواهد بود. در حالی که در سرعت چرخش نزدیک به بحرانی، ضربه مکانیسم غالب در آسیاب کردن است.

آسیاب کردن در آماده‌سازی مواد اولیه، سهم قابل توجهی از میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهد. طبق محاسبات انجام شده، بیش از ۵۰ درصد انرژی مرحله خردایش برای آسیاب کردن مصرف می‌شود.

آیا می‌دانید



آسیاب کردن مواد در صنعت به دو روش «خشک‌سابی» و «ترسابی» انجام می‌شود.



نمودار ۵

## آسیاب کردن به روش خشک یا خشک‌سابی

در مواردی که مواد آسیاب‌شونده در آب محلول هستند یا در مواردی که لازم باشد بعد از آسیاب کردن، ذرات مواد خشک شوند، از آسیاب‌های خشک استفاده می‌شود. در ریز کردن مواد به روش خشک‌سابی،

مواد خشک مورد سایش قرار می‌گیرند. این روش دارای مشکلاتی همچون ایجاد گردوغبار، تفکیک مواد از گلوله‌ها، ظرفیت کم و مشکل تخلیه آسیاب است. در عین حال در مناطقی که با مشکل کم آبی مواجه هستند روش مناسبی است.

## آسیاب کردن به روش تر یا ترسابی

مواد در آسیاب کردن به روش ترسابی با حضور یک سیال به شکل دوغاب آسیاب می‌شوند.

بال‌میل‌ها معمولی‌ترین آسیاب‌هایی هستند که در هر دو روش ترسابی و خشک‌سابی استفاده می‌شوند.

نکته



در آسیاب‌هایی که به روش تر کار می‌کنند، مقدار آب قابل توجهی مورد نیاز است. بدیهی است هر قدر ذرات ورودی درشت‌تر باشند، مقدار آب لازم کمتر خواهد بود. نقش اصلی آب، سیال کردن جریان مواد است. در نتیجه هر قدر ذرات ریزتر باشند، مقدار آب بیشتری مورد نیاز خواهد بود تا مواد بتوانند راحت‌تر جریان پیدا کنند.

درصد جامد در دوغاب به صورت حجمی یا وزنی بیان می‌شود. برای مثال درصد جامد در بار آسیاب‌های تر ۵۰ تا ۸۰ درصد حجمی است و از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$X = \frac{\rho_2(\rho_1 - 1)}{\rho_1(\rho_2 - 1)} \times 100$$

که در آن

$X$  = درصد ماده جامد

$\rho_1$  = چگالی دوغاب

$\rho_2$  = چگالی ماده معدنی (چگالی ماده خشک)

مثال:

اگر چگالی ماده‌ای  $2/6 \text{ g/cm}^3$  و چگالی دوغاب  $1/5 \text{ g/cm}^3$  باشد، درصد جامد را در دوغاب حساب کنید.

$$X = \frac{2/6(1/5 - 1)}{1/5(2/6 - 1)} \times 100 = \frac{1/3}{2/4} \times 100 = 54/16\%$$

در عمل جهت ایجاد سیالیت بیشتر و مصرف آب کمتر، متناسب با درصد مواد خشک موجود در دوغاب، مقداری روان‌ساز (کمتر از ۱ درصد) به ترکیب اضافه می‌شود.

نکته



مزایای آسیاب کردن به روش تر (ترسابی) در مقایسه با روش خشک (خشک‌سابی) عبارت‌اند از:



نمودار ۶- مزایای روش ترسابی نسبت به خشک‌سابی

### حجم داخلی بال‌میل و جارمیل

همان‌طور که گفته شد شکل هندسی جارمیل و بال‌میل استوانه است. با داشتن ابعاد داخلی استوانه، حجم آن محاسبه می‌شود. با داشتن سطح قاعده استوانه و ارتفاع داخلی آن می‌توان حجم را محاسبه کرد. واحد حجم را می‌توان بر حسب لیتر، سانتی‌متر مکعب، دسی‌متر مکعب یا مترمکعب انتخاب کرد. برای محاسبه حجم یک استوانه از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = \text{حجم استوانه}$$

$$r = \text{شعاع داخلی بال‌میل}$$

$$h = \text{ارتفاع داخلی بال‌میل}$$

**مثال:** حجم استوانه‌ای را که قطر داخلی (d) آن ۱۲۰۰ میلی‌متر و دارای ارتفاع داخلی ۲۲۰ سانتی‌متر است بر حسب مترمکعب و لیتر محاسبه کنید.

**راه حل:**

$$d = 1200 \div 1000 = 1/2 \text{ m} \quad h = 220 \div 100 = 2/2 \text{ m}$$

$$r = \frac{d}{2} = \frac{1/2}{2} = 0/6 \text{ m}$$

$$V = \pi r^2 h = 3/14 \times (0/6)^2 \times 2/2 = 2/48 \text{ m}^3$$

چون هر متر مکعب ۱۰۰۰ لیتر است، پس حجم استوانه معادل ۲۴۸۰ لیتر می‌شود.

$$2/48 \times 1000 = 248 \text{ lit}$$

**مثال:** اگر قطر خارجی یک بال میل (D) ۱۱۰ سانتی‌متر، ضخامت آستر آن ۵ سانتی‌متر، ضخامت بدنه ورق فلزی ۲ سانتی‌متر و ارتفاع (طول) بال میل ۱۵۰ سانتی‌متر باشد، حجم داخلی (مفید) بال میل را بر حسب لیتر محاسبه کنید.

**راه حل:** برای محاسبه حجم داخلی بال میل به قطر داخلی آن نیاز است.

$$\text{سانتی‌متر } D = 110 = \text{قطر خارجی}$$

$$\text{سانتی‌متر } d = 110 - [2 \times (5 + 2)] = 96 = \text{قطر داخلی}$$

$$\text{متر } 0/48 = \text{سانتی‌متر } 48 = \frac{96}{2} = \frac{d}{2} = \text{شعاع داخلی}$$

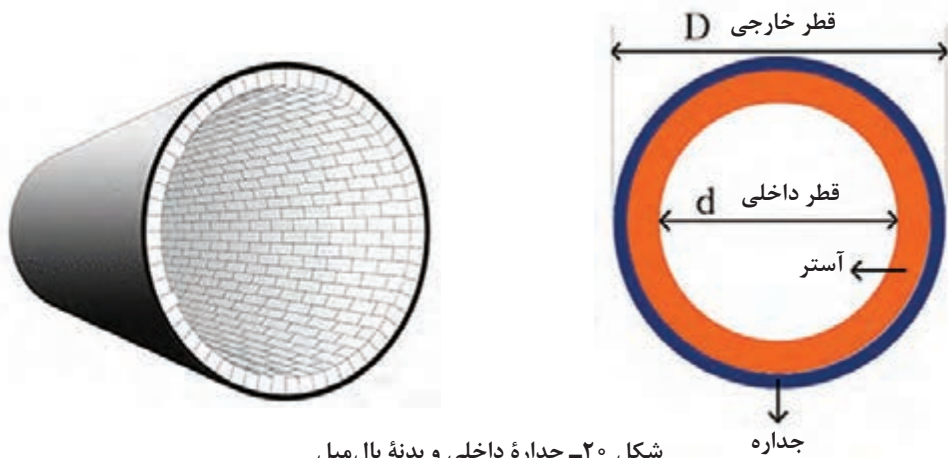
$$\text{متر } 1/5 = \text{سانتی‌متر } 150 = H = \text{ارتفاع خارجی}$$

$$\text{متر } 1/36 = \text{سانتی‌متر } 136 = h = 150 - [2 \times (5 + 2)] = \text{ارتفاع داخلی}$$

$$V = \pi r^2 h \quad V = 3/14 \times (0/48)^2 \times 1/36 = 0/984 = \text{لیتر } 984 = \text{متر مکعب}$$

برای محاسبه قطر داخلی بال میل، چون جداره خارجی و آستر در دو طرف قاعده آسیاب وجود دارد، باید عدد ۲ در مجموع ضخامت جداره خارجی و آستر ضرب شود. توضیح بالا در محاسبه ارتفاع داخلی نیز صدق می‌کند.

نکته



شکل ۲۰- جداره داخلی و بدنه بال میل

۱ اگر در یک بال میل قطر خارجی ۳۴۰ میلی‌متر، ضخامت آجر به کار گرفته شده در پوشش داخلی ۲۰ سانتی‌متر، ارتفاع بیرونی بال میل ۵/۱۰ متر و ضخامت جداره فلزی خارجی ۲۰ میلی‌متر باشد، حجم مفید (حجم داخلی) این بال میل را بر حسب مترمکعب و لیتر حساب کنید.

۲ جارمیلی از جنس چینی سخت با حجم کل ۵ لیتر (غیرمفید) موردنظر است، اگر ارتفاع آن ۶۰ سانتی‌متر و ضخامت دیواره‌اش ۲۰ میلی‌متر باشد، قطر داخلی آن را به دست آورید.

فعالیت  
کلاسی





**کار عملی ۱: تعیین سهم وزنی اجزای داخل بال میل در دو حالت ترساب و خشک ساب**  
مواد و ابزار: بال میل، متر، ماشین حساب، گلوله بال میل و مواد اولیه سرامیک (فلدسپات، سیلیس، کائولن نشسته).

### شرح فعالیت:

با استفاده از متر و خطکش، طول و قطر خارجی بال میل موجود را در کارگاه اندازه گیری و یادداشت کنید. سپس به کمک خطکش، ضخامت جداره خارجی و آستر بال میل را اندازه گرفته، حجم داخلی و سهم حجمی و وزنی هریک از اجزای لازم را برای بارگیری بال میل برای دو حالت ترسابی و خشک سابی محاسبه کنید.

برای محاسبه سهم وزنی گلوله و مواد، چگالی گلوله و مواد موردسایش را از هنرآموز خود بپرسید.



۱ قبل از مراجعه به بال میل از قطع بودن جریان برق آن اطمینان حاصل کنید.

۲ قبل از باز کردن در بال میل از خالی بودن آن مطمئن شوید.

۳ در هنگام اندازه گیری ابعاد بال میل از هم گروهی خود بخواهید مراقب باشد که هنرجویان دیگر به تابلوی راه اندازی بال میل نزدیک نشوند و یا در صورت کوچک بودن بال میل، هنرجویان به حرکت دادن دستی بال میل اقدام نکنند.



**کار عملی ۲: تعیین سهم وزنی اجزای داخل جارمیل در دو حالت ترساب و خشک ساب**  
مواد و ابزار: جارمیل، خطکش، متر، ماشین حساب، گلوله جارمیل، مواد اولیه سرامیک (فلدسپات، سیلیس، کائولن نشسته)، آب، استوانه مدرج ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ سی سی و ترازوی دیجیتالی ۲۰ تا ۳۰ کیلویی.

### شرح فعالیت:

با استفاده از متر و خطکش، طول و قطر خارجی جارمیل موجود در کارگاه را اندازه گیری و یادداشت کنید. سپس به کمک خطکش، ضخامت جداره جارمیل را اندازه بگیرید و با استفاده از روش و رابطه موجود در متن، حجم داخلی و سهم حجمی و وزنی هریک از اجزای لازم برای بارگیری جارمیل را برای دو حالت ترسابی و خشک سابی محاسبه کنید. برای مقایسه، با استفاده از یک استوانه مدرج و آب، حجم جارمیل را یک بار دیگر اندازه گیری کنید.

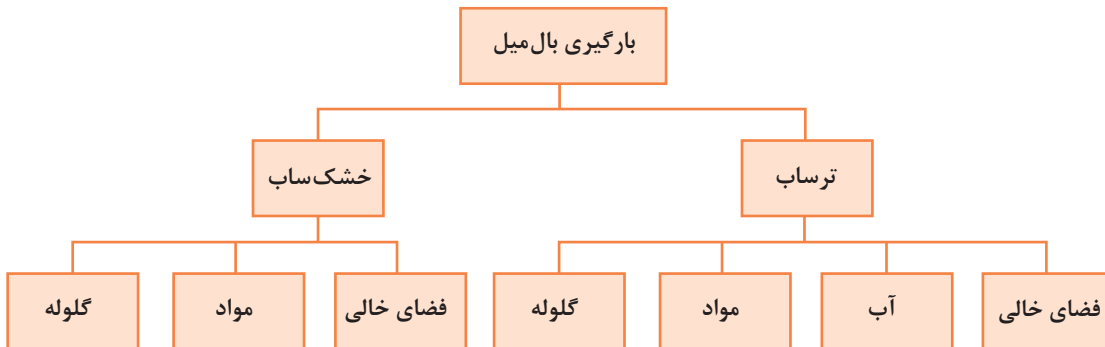
برای محاسبه سهم وزنی گلوله و مواد، چگالی گلوله و مواد موردسایش را از هنرآموز خود بپرسید.



هنگام جابه جایی جارمیل دقت کنید که به جارمیل ضربه وارد نشود یا از دست هایتان سقوط نکند.

## مفهوم بارگیری بال میل و جارمیل

بارگیری بال میل و جارمیل مجموعه اقداماتی است که منجر به پر کردن مواد و راه اندازی بال میل یا جارمیل می شود. این عملیات شامل توزین مواد، گلوله ها، آب و روان ساز<sup>۱</sup> و ریختن آن داخل آسیاب است. پس از ریختن مواد در داخل آسیاب، نوبت به بستن در آن و آماده سازی آسیاب برای روشن کردن است.



نمودار ۷- بخش های مختلف در بارگیری بال میل

بخش های بیان شده در نمودار (۷) شامل (آب، مواد و گلوله) فضایی را به خود اختصاص می دهند که جمعاً فضای اشغال شده حدود ۶۵-۷۵ درصد حجم داخلی بال میل است. در صورتی که این فضا به درستی محاسبه و اختصاص داده شود بازده آسیاب به شکل چشمگیری افزایش خواهد یافت.

برای محاسبه فضای اختصاص یافته و مقدار هر یک از اجزای نام برده شده دو روش تشریح می شود:

### روش تئوری

حجم داخلی بال میل را محاسبه و به نسبت مساوی بین اجزا تقسیم کنید. یعنی در حالت خشک ساب، حجم داخلی تقسیم بر سه و در حالت ترساب، حجم داخلی تقسیم بر چهار می شود. با داشتن حجم هر یک از اجزا

و با استفاده از رابطه چگالی ( $\rho = \frac{m}{v}$ ) مقدار هر یک از اجزا محاسبه می شود.

### مثال:

مقدار و فضای اشغال شده توسط گلوله ای به چگالی  $3 \text{ g/cm}^3$ ، مواد اولیه با میانگین چگالی  $2/5 \text{ g/cm}^3$  و آب با چگالی  $1 \text{ g/cm}^3$  را برای بارگیری بال میلی به حجم ۲۰۰ لیتر در دو حالت خشک ساب و ترساب محاسبه کنید.

### الف: حالت خشک ساب

$$200 \div 3 = 66.67 \text{ lit} = 66670 \text{ cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{v} \rightarrow m = \rho \times v \rightarrow m = 3 \times 66670 = 200010 \text{ g}$$

$$200 \text{ kg} = \text{وزن گلوله مورد نیاز}$$

$$2/5 \times 66670 = 166675 \text{ g} = 166/67 \text{ kg} = \text{وزن مواد مصرفی}$$

## ب: حالت ترسب

$200 \div 4 = 50 \text{ lit} = 50000 \text{ cm}^3$  حجم اشغالی توسط هریک از بخش‌ها

$$\rho = \frac{m}{v} \rightarrow m = \rho \times v \rightarrow m = 3 \times 50000 = 150000 \text{ g}$$

وزن گلوله مورد نیاز = ۱۵۰ kg

وزن مواد مصرفی =  $2/5 \times 50000 = 125000 \text{ g} = 125 \text{ kg}$

وزن آب =  $50000 \times 1 = 50000 \text{ g} = 50 \text{ kg}$

تحقیق کنید



چه عواملی در روش محاسبه تئوری در نظر گرفته نشده است و به عبارت دیگر چه مشکلی در این روش وجود دارد؟

## روش کاربردی

در این روش با کسب اطلاعاتی از بال میل از قبیل حجم داخلی، جنس آستر و گلوله‌ها، چگالی مواد، چگالی دوغاب و ضریب کارایی بال میل به محاسبه و اختصاص فضای هر یک از اجزا پرداخته می‌شود. در این روش فضای اشغال شده توسط گلوله‌ها، آستر و مواد به شدت تحت تأثیر جنس و چگالی آنهاست. بنابراین در صنعت، برای بال میل‌های مختلف و شرایط متفاوت، محاسبات، میزان گلوله و مواد قابل بارگیری متفاوت خواهد بود.

برای نمونه، بال میلی با گلوله‌های آلومینایی و در چهار اندازه را در نظر می‌گیرند و محاسبات انجام می‌شود. فرض بر این است که گلوله‌ها ۳۳ درصد، مواد اولیه ۲۲ درصد و آب ۲۰ درصد حجم داخلی بال میل را اشغال کنند.

نکته



گلوله‌ها ۵۵ درصد حجم ظاهری را پر می‌کنند که از این حجم ۶۰ درصد حجم واقعی گلوله و ۴۰ درصد فضای خالی بین گلوله‌هاست که توسط مواد اشغال می‌شود. بخشی از آب نیز به فضای خالی بین مواد وارد می‌شود و آب باقی‌مانده روی مواد را خواهد گرفت که مجموع فضای پر شده توسط این سه جزء حدود ۷۵-۷۰ درصد حجم داخلی بال میل خواهد شد که به آن ضریب پرشوندگی یا ضریب کاری بال میل گفته می‌شود.

## مثال:

حجم مفید یک بال میل ۱۷۲۵ لیتر است. مقدار گلوله، مواد و آب لازم برای تهیه دوغاب را با شرایط زیر محاسبه کنید.

چگالی دوغاب  $1/6 \text{ g/cm}^3$ ، چگالی گلوله‌ها از جنس آلومینا  $3/68 \text{ g/cm}^3$ ، چگالی آب  $1 \text{ g/cm}^3$ ، حجم ظاهری اشغال شده توسط گلوله‌ها ۵۵ درصد حجم داخلی بال میل، فضای خالی بین گلوله‌ها ۴۰ درصد



این حجم و فضای اشغالی توسط آب ۲۰ درصد حجم داخلی بال میل است.

۱ گلوله‌ها ۵۵ درصد حجم داخلی بال میل را پر می‌کنند. بنابراین داریم:

$$\text{لیتر } ۹۴۹ = ۱۷۲۵ \times ۰/۵۵ = \text{حجم داخلی بال میل} = \text{حجم ظاهری گلوله‌ها}$$

۲ اگر حجم اشغال شده توسط گلوله‌ها و مواد را ۱۰۰ در نظر بگیریم ۶۰ درصد این فضا به گلوله و

۴۰ درصد به مواد اختصاص پیدا می‌کند. پس داریم:

$$\text{لیتر } ۵۶۹ = ۰/۶۰ \times \text{حجم ظاهری گلوله‌ها} = \text{حجم واقعی گلوله‌ها}$$

۳ با توجه به چگالی گلوله‌ها که  $۳/۶۸ \text{ g/cm}^3$  است و رابطه چگالی  $\rho = \frac{m}{v}$  داریم:

$$\text{کیلوگرم } ۲۰۹۴ = ۳/۶۸ \times ۵۶۹ = m = \rho \times v = \text{وزن گلوله‌ها}$$

۴ اگر این مقدار گلوله در چهار قطر ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی‌متر بارگیری شود:

$$\text{وزن هر اندازه‌ای از گلوله} \quad \text{کیلوگرم } ۵۲۳ = ۲۰۹۴ \div ۴$$

۵ مقدار مواد خشک با در نظر گرفتن ۴۰ درصد فضای خالی بین گلوله‌ها برای مواد و حجم ظاهری

گلوله‌ها به دست می‌آید:

$$\text{لیتر } ۳۸۰ = ۹۴۹ \times ۰/۴۰ = \text{حجم مواد خشک}$$

۶ در این روش ۲۰ درصد حجم داخلی بال میل به آب اختصاص می‌یابد، پس:

$$\text{لیتر } ۳۴۵ = ۱۷۲۵ \times ۰/۲۰ = \text{حجم آب}$$

$$\text{لیتر } ۷۲۵ = ۳۸۰ + ۳۴۵ = \text{حجم دوغاب} \Rightarrow \text{حجم آب} + \text{حجم مواد} = \text{حجم دوغاب}$$

۷ وزن دوغاب در تهیه دوغاب با چگالی  $۱/۶ \text{ g/cm}^3$ ، ۶۵ درصد دوغاب را مواد جامد و ۳۵ درصد آن را آب

تشکیل می‌دهد.

$$\text{کیلوگرم } ۱۱۶۰ = ۱/۶ \times ۷۲۵ = m = \rho \times v$$

$$\text{کیلوگرم } ۷۵۴ = ۱۱۶۰ \times ۰/۶۵ = \text{وزن مواد خشک}$$

$$\text{لیتر } ۴۰۶ = ۱۱۶۰ \times ۰/۳۵ = \text{وزن آب}$$

نکته



۱ دقت شود محاسبات انجام شده بر مبنای خاک خشک است. درحالتی که خاک‌ها، تر باشند، لازم است

قبل از توزین آنها، رطوبت مواد محاسبه شود تا ضمن به دست آمدن مقدار دقیق خاک موردنیاز، میزان رطوبت همراه هر ماده، از میزان آب محاسبه شده کم شود.

۲ بر مبنای خاک خشک روان‌ساز موردنیاز، محاسبه و در بال میل اضافه می‌شود.

تحقیق کنید



در رابطه با مبنای تعیین اندازه گلوله‌های بال میل و روش‌های تولید آنها تحقیق کرده و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

## بارگیری بال میل خشک

### مثال:

بال میلی به حجم داخلی ۲۰۰ لیتر موجود است. مقدار گلوله و مواد موردنیاز برای سایش خشک را با مشخصات زیر محاسبه کنید.

گلوله‌ها از جنس استتائیت با چگالی  $2/75 \text{ g/cm}^3$

سیلیس با چگالی  $2/5 \text{ g/cm}^3$

حجم ظاهری گلوله‌ها ۵۰ درصد حجم بال میل، تراکم گلوله‌ها (حجم واقعی) ۶۰ درصد، حجم فضای خالی بین گلوله‌ها ۴۰ درصد، اندازه‌بندی گلوله‌ها ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۰، و ۵۰ میلی‌متر.

### حل:

۱ محاسبه حجم ظاهری اشغال شده توسط گلوله‌ها:

لیتر  $100 = 200 \times 0/50 =$  حجم ظاهری  $\Rightarrow$  درصد حجم ظاهری اشغال شده  $\times$  حجم داخلی = حجم ظاهری

۲ محاسبه حجم واقعی و مقدار گلوله:

لیتر  $60 = 100 \times 0/60 =$  حجم واقعی  $\Rightarrow$  درصد تراکم  $\times$  حجم ظاهری = حجم واقعی گلوله‌ها

کیلوگرم  $165 = 60 \times 2/75 =$  وزن گلوله‌ها  $\Rightarrow$  چگالی گلوله‌ها  $\times$  حجم واقعی = وزن گلوله‌ها

۳ محاسبه وزن گلوله موردنیاز از هر اندازه (با فرض اینکه گلوله‌ها به نسبت مساوی استفاده شوند):

تعداد اندازه‌ها  $\div$  وزن گلوله موردنیاز = وزن گلوله‌های هم‌اندازه

کیلوگرم  $33 = 165 \div 5 =$  وزن گلوله‌های هم‌اندازه

۴ محاسبه حجم ماده اولیه موردنیاز:

لیتر  $40 = 100 \times 0/4 =$  حجم ظاهری  $\times$  حجم فضای خالی بین گلوله‌ها = حجم ماده اولیه

۵ محاسبه وزن ماده اولیه: کیلوگرم  $100 = 40 \times 2/5 =$  چگالی ماده اولیه  $\times$  حجم ماده اولیه = وزن ماده اولیه

### آیامی‌دانید



در صنعت برای رسیدن به بالاترین بازده و کمترین زمان سایش مواد، با در نظر گرفتن ویژگی‌های زیر، محاسبه و بارگیری بال میل انجام می‌شود:

۱ ابعاد، حجم داخلی و ضریب پر بودن بال میل؛

۲ جنس، شکل و چگالی آستر به کار رفته؛

۳ جنس، چگالی، میزان تراکم و تنوع سایزبندی گلوله‌ها؛

۴ ترکیب، دانه‌بندی و چگالی مواد مورد سایش.

### نکات ایمنی



با توجه به آلاینده‌های نام برده شده در ابتدای این پودمان، لازم است در هنگام کار در بخش آماده‌سازی نکات زیر رعایت شوند:

۱ از لوازم ایمنی مناسب مانند: ماسک تنفسی، لباس کار، کفش کار، دستکش و محافظ گوش استفاده کنید.

- ۲ در صورت خیس بودن دست‌هایتان، به‌هیچ‌عنوان به بخش‌های حامل جریان برق مانند کلید راه‌اندازی، کابل‌های انتقال جریان و موتور دستگاه دست نزنید.
- ۳ قبل از روشن کردن دستگاه مطمئن شوید که در آسیاب، و شیر هواگیری و نمونه‌گیری بسته است.
- ۴ قبل از راه‌اندازی آسیاب از مرتب بودن اطراف آسیاب اطمینان حاصل کنید.
- ۵ پس از قرار دادن جار روی جارمیل محافظ آن را روی دستگاه قرار دهید.
- ۶ از نزدیک شدن به آسیاب در حال کار خودداری کنید.
- ۷ قبل از باز کردن در آسیاب و نصب شیر تخلیه، حتماً آن را هواگیری کنید. (فشار هوای داخل بال‌میل بسیار بالاست)
- ۸ از لمس کردن دوغاب داخل آسیاب خودداری کنید. (دوغاب داخل آسیاب داغ است).

در صنعت سرامیک آلاینده‌های مختلفی مانند گردوغبار، پساب، سروصدا و دود وجود دارد که سلامت کارکنان، شهروندان و محیط زیست را به مخاطره می‌اندازند و باید در طراحی خط تولید و چیدمان کارخانه‌های این صنعت، مورد توجه ویژه قرار گیرند. در مناطقی که مشکل کمبود آب وجود ندارد، روش ترسابی را ترجیح می‌دهند و برای مناطق خشک و کم‌آب، در مواردی که مواد در آب محلول است و باید بعد از ریز کردن مواد آنها را خشک کرد یا در فرایند بعدی تولید به‌صورت خشک کاربرد دارند، از آسیاب‌های خشک استفاده کرد.

آسیاب‌های تر، چون با ذرات مرطوب سروکار دارند، گرد و خاک کمتری داشته و برای حفظ سلامتی کارگران مطلوب‌تر هستند، از طرف دیگر، ظرفیت آنها برحسب واحد حجم یا وزن بیشتر است، ولی هزینه‌های بعدی افزایش می‌یابد.

با مراجعه به اینترنت یا مشورت با یک پزشک، بیماری‌های ناشی از کار کردن یا زندگی در محیط‌های پر گردوغبار را شناسایی و در کلاس ارائه دهید.

هریک از وسایل و تجهیزات جدول زیر، برای کاهش کدام‌یک از آلاینده‌ها یا رعایت کدام مورد ایمنی مناسب است؟ پاسخ خود را در جدول (۴)، زیر هر شکل بنویسید.

جدول ۴- برخی از وسایل و تجهیزات ایمنی و بهداشتی



نکات  
زیست‌محیطی



تحقیق کنید



فعالیت  
کلاسی





.....

.....

.....



.....

.....

لوازم و تجهیزات ایمنی، بهداشتی و کاهش خطرات زیست‌محیطی موجود در کارگاه‌های هنرستان خود را شناسایی کرده و جدول زیر را کامل کنید.

فعالیت  
کلاسی



جدول ۵- وسایل و تجهیزات ایمنی و بهداشتی کارگاه‌های هنرستان

ردیف	نام وسیله یا تجهیزات	کاربرد
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۷		
۸		
۹		



**کار عملی ۳: بارگیری و انجام عملیات سایش در دو حالت ترسابی و خشک‌سابی در بال میل**  
**مواد و ابزار:** بال میل، ترازوی دیجیتالی (۲۰ تا ۳۰ کیلویی)، پیمانۀ آب، گلولۀ بال میل (حداقل در سه اندازه)، مواد اولیهٔ سخت (سیلیس، فلدسپات یا رس‌های سخت)، سرتاس، سطل (۵ تا ۱۰ کیلویی)، آب.  
**شرح فعالیت:**

با توجه به محاسبات انجام شده در کار عملی شمارهٔ ۱ و با رعایت نکات فنی و ایمنی، بال میل کارگاه خود را بارگیری کنید. پس از بارگیری اجزای داخل بال میل، در آن را به خوبی ببندید و پس از بررسی نکات ایمنی، موتور آن را روشن کنید. زمان شروع به کار بال میل را یادداشت کنید. در زمان‌های ۴ و ۸ ساعت پس از سایش، ضمن رعایت نکات ایمنی، بال میل را متوقف کنید. پس از هواگیری، برای انجام کارهای عملی بعدی از ترکیب داخل بال میل نمونه‌برداری کنید. کار عملی فوق را یک بار دیگر در حالت خشک تکرار کنید.



- ۱ قبل از مراجعه به بال میل از قطع بودن جریان برق آن اطمینان حاصل کنید.
- ۲ در هنگام بارگیری بال میل از هم‌گروهی خود بخواهید مراقب باشد که هنجویان دیگر به تابلوی راه‌اندازی بال میل نزدیک نشوند و یا در صورت کوچک بودن بال میل، هنجویان اقدام به حرکت دادن دستی آن نکنند.
- ۳ قبل از روشن کردن بال میل از بسته بودن در آن اطمینان حاصل کنید.
- ۴ در هنگام روشن کردن بال میل به دستورالعمل راه‌اندازی دستگاه توجه کنید.
- ۵ هنگام توزین و بارگیری مواد اولیه در بال میل، حتماً از ماسک تنفسی و دستکش کار استفاده کنید.



**کار عملی ۴: بارگیری و انجام عملیات سایش در دو حالت ترسابی و خشک‌سابی در جارمیل**  
**مواد و ابزار:** جارمیل (۲ تا ۱۰ لیتری)، ترازوی دیجیتالی (۲۰ تا ۳۰ کیلویی)، پیمانۀ آب، گلولۀ جارمیل (حداقل در سه اندازه)، مواد اولیهٔ سخت (سیلیس، فلدسپات یا رس‌های سخت)، سرتاس، سطل (۵ الی ۱۰ کیلویی)، آب.  
**شرح فعالیت:**

با توجه به محاسبات انجام شده در کار عملی شمارهٔ ۲ و با رعایت نکات فنی و ایمنی، جارمیل کارگاه خود را بارگیری کنید. پس از بارگیری اجزای داخل جارمیل، در آن را به خوبی ببندید و پس از بررسی نکات ایمنی، جار را بر روی دستگاه جارمیل قرار داده و محافظ جار را در جای خود قرار دهید. در ادامه موتور جارمیل را روشن کنید. زمان شروع به کار جارمیل را یادداشت نموده و در زمان‌های ۴ و ۸ ساعت پس از سایش، ضمن رعایت نکات ایمنی، جارمیل را متوقف کنید. پس از هواگیری از ترکیب داخل جارمیل برای انجام کارهای عملی بعدی نمونه‌برداری کنید.



- ۱ هنگام حمل و نقل جارمیل دقت کنید که به جارمیل ضربه وارد نشود و یا از دستتان سقوط نکند.
- ۲ هنگام بستن در جارمیل دقت کنید تا واشر آببندی آن در جای مناسب قرار بگیرد و در جارمیل به خوبی بسته شود.
- ۳ از قرار دادن جار بر روی جارمیل روشن خودداری کنید.
- ۴ پس از قرار دادن جار بر روی جارمیل، محافظ جار را در جای خود محکم کنید.
- ۵ در هنگام روشن کردن جارمیل به دستورالعمل راهاندازی دستگاه توجه کنید.
- ۶ هنگام توزین و بارگیری مواد اولیه در جارمیل حتماً از ماسک تنفسی و دستکش کار استفاده کنید.

### آسیاب‌های آبی

مسلمانان اولین کسانی بودند که از آسیاب‌های آبی برای خرد کردن سنگ‌های معدنی استفاده کردند و سپس کشورهای اروپایی این شیوه را از آنها آموختند. این آسیاب‌ها با نیروی آب حرکت می‌کردند و به وسیله چرخ آبی، که به آن متصل بود، به سنگ ضربه وارد می‌کردند تا آسیاب شوند. ایرانیان در قرن دهم آسیاب‌های آبی را برای خرد کردن سنگ‌های معدنی مانند سنگ طلا به کار می‌بردند. در گذشته تقریباً در هر شهر ایران آسیاب آبی وجود داشته است. آسیاب شوشتر، دزفول، بجنورد، یزد و آسیاب‌های آبی بسیار قدیمی مانند زبید از جمله این آسیاب‌ها هستند.



شکل ۲۱- سازه‌های آبی شوشتر



- ۱ به نظر شما آسیاب‌های آبی مشابه کدام یک از آسیاب‌های ذکر شده در این پودمان است؟
- ۲ برای خردایش چه موادی از این آسیاب‌ها می‌توان استفاده کرد؟



## ارزشیابی نهایی شایستگی آسیاب کردن

### شرح کار:

- ۱- آماده‌سازی دستگاه آسیاب؛
- ۲- بارگیری آسیاب؛
- ۳- محاسبه پارامترهای آسیاب، سرعت چرخش، زمان آسیاب، نسبت پودر به گلوله، محاسبه اندازه قطر گلوله؛
- ۴- آسیاب کردن مواد.

### استاندارد عملکرد:

آسیاب کردن مواد اولیه مطابق با میزان سختی، اندازه مواد ورودی، توزیع سایزبندی گلوله‌های بال میل و جدول توزیع دانه‌بندی مواد خروجی.

### شاخص‌ها:

روشن شدن دستگاه و تمیز بودن دریچه دستگاه و اجزای آن؛  
وزن کردن و بارگیری مواد و گلوله‌ها؛  
انتخاب سرعت چرخش و زمان مناسب بر اساس وزن مواد اولیه؛  
انتخاب گلوله مناسب از لحاظ قطر و تعداد.

### شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی.  
ابزار و تجهیزات: انواع دستگاه آسیاب، (بال میل، جارمیل و فست میل)، مواد اولیه، انواع الک، ترازو با دقت بالا، انواع گلوله در اندازه‌های مختلف.

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی دستگاه آسیاب	۱	
۲	آسیاب کردن به روش تر و خشک	۲	
۳	کنترل نهایی	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست‌محیطی و نگرشی شامل: دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب.	۲	
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.







## پودمان ۳

# تعیین رطوبت و دانه‌بندی



ویژگی‌های مواد اولیه تأثیر بسیار زیادی بر خواص نهایی بدنه‌های سرامیکی دارد. قبل از فرایند تولید محصولات سرامیکی لازم است مواد اولیه ورودی کنترل و بررسی شوند. از جمله مواردی که باید در نظر گرفته شود، رطوبت و بررسی خواص ظاهری مانند دانه‌بندی و اندازه ذرات است.

## واحد یادگیری ۳

### شایستگی تعیین رطوبت و دانه‌بندی

#### آیا تا به حال پی برده‌اید

- ۱ وجود رطوبت در مواد چه اهمیتی دارد؟
- ۲ چگونه می‌توان رطوبت مواد را سنجید؟
- ۳ آیا اندازه ذرات تشکیل دهنده یک پودر قابل اندازه‌گیری است؟

هدف از این شایستگی درک اهمیت رطوبت مواد اولیه، روش‌های اندازه‌گیری و گزارش آن است. سپس هنرجو با روش‌ها و تجهیزات دانه‌بندی آشنا می‌شود و شرایط دانه‌بندی مناسب برای ساخت قطعه را فرا می‌گیرد. به‌منظور کسب مهارت، فعالیت‌های کارگاهی برای اندازه‌گیری میزان رطوبت و آنالیز الک در نظر گرفته شده است که با رعایت اصول ایمنی باید انجام پذیرد.

#### استاندارد عملکرد

تعیین درصد رطوبت و توزیع دانه‌بندی مواد اولیه مطابق با فرمول بدنه.

## اهمیت رطوبت

به نظر شما وجود رطوبت در اتو کردن لباس‌ها چه اهمیتی دارد؟ دلیل خشک شدن نان به مرور زمان چیست؟



شکل ۱

تا به حال در خرید برخی وسایل مانند کیف، کفش و دارو، متوجه وجود سیلیکاژل<sup>۱</sup> در بسته‌بندی آن‌ها شده‌اید؟

آیا در محیط آزمایشگاه از دسیکاتور استفاده کرده‌اید؟ کاربرد و اهمیت آن در چیست؟

در مورد انواع رنگ سیلیکاژل و دلیل تغییر رنگ آن تحقیق کنید.

تحقیق کنید



شکل ۲

۱- سیلیکاژل دانه‌های شفاف و متخلخل سیلیسیم دی اکسید است، که معمولاً در بسته‌های چند سانتی‌متری، در بسته‌بندی برخی وسایل برای جلوگیری از تأثیر مخرب رطوبت به کار می‌رود.

همان‌گونه که مشاهده کردید، گاهی نیاز به وجود رطوبت و گاهی نیاز به حذف آن است. تمامی این موارد بیانگر اهمیت مقدار رطوبت و کنترل آن است.

تحقیق کنید



در مورد دسیکاتور و کاربرد آن مطالعه کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

## رطوبت در خاک

به شکل‌های زیر نگاه کنید و اثر رطوبت در خاک را توضیح دهید.



ب) خاک بدون رطوبت



الف) خاک با رطوبت زیاد

شکل ۳

در شکل‌دهی بیشتر بدنه‌های سرامیکی، از ترکیب مواد اولیه با آب استفاده می‌شود. مقدار رطوبت بر اساس روش ساخت می‌تواند کم یا زیاد باشد. با توجه به اینکه مواد اولیه سرامیکی در فضای باز نگهداری می‌شوند، ممکن است در روزهای بارانی، رطوبت گرفته یا رطوبت خود را در روزهای آفتابی، از دست بدهند. بنابراین لازم است رطوبت مواد اولیه و آمیز اندازه‌گیری شود.

مابع مورد استفاده در ترکیب آمیز سرامیکی، فقط آب نیست و گاهی از مایعات دیگر نیز استفاده می‌شود. گاهی به غیر از آب از مایعات دیگر در ترکیب آمیز سرامیکی استفاده می‌شود.

نکته



## اندازه‌گیری میزان رطوبت

مقدار رطوبت در مواد اولیه و بدنه‌های سرامیکی اهمیت بسیاری دارد. در صنعت، روش‌ها و تجهیزات متنوعی برای اندازه‌گیری و کنترل مقدار رطوبت به کار می‌رود. مقدار رطوبت بر اساس درصد گزارش می‌شود و محاسبه آن بر دو مبنای خشک و تر انجام می‌شود.



نمودار ۱

اندازه‌گیری میزان رطوبت مطابق مراحل زیر انجام می‌شود:

- ۱ ریختن مقداری از پودر آمیز بر روی فویل آلومینیومی یا بوتۀ سرامیکی از قبل وزن شده (برای سهولت کار و حفظ نمونه) و اندازه‌گیری وزن تر آن ( $m_w$ ).
- ۲ قرار دادن نمونه وزن شده درون خشک‌کن با دمای  $110^\circ$  درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت و اندازه‌گیری وزن خشک آن ( $m_d$ ).

قرار دادن نمونه در داخل خشک‌کن، به منظور رسیدن به وزن ثابت است و مدت زمان آن می‌تواند متغیر باشد.

نکته



۳ محاسبه رطوبت طبق رابطه‌های زیر انجام می‌شود:

$$\text{میزان رطوبت بر مبنای وزن خشک (\%)} = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک}} \times 100 = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100$$

$$\text{میزان رطوبت بر مبنای وزن تر (\%)} = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن تر}} \times 100 = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100$$

استفاده از انبر و دستکش هنگام کار با خشک‌کن الزامی است.

نکات ایمنی



لازم است هنگام گزارش درصد رطوبت، مبنای محاسبات (تر یا خشک) نیز گزارش شود.

نکته



به نظر شما گزارش نکردن مبنای محاسبات رطوبت باعث چه مشکلی خواهد شد؟

گفت‌وگو کنید



مثال‌هایی از نحوه گزارش درصد رطوبت بر اساس مبنای تر یا خشک، که در صنایع مختلف معمول است، در شکل (۴) آمده است.



شکل ۴

در آزمون روان سازی از مبنای خشک و در دوغاب سازی از مبنای تر برای محاسبه درصد رطوبت استفاده می‌شود.

نکته



فعالیت  
کارگاهی



### کار عملی ۱: اندازه‌گیری میزان رطوبت

مواد و ابزار: بوتۀ سرامیکی یا ورق آلومینیوم، ترازو (با دقت ۰/۱ یا ۰/۰۱ گرم)، خشک‌کن، دسیکاتور، ماده‌ اولیه سرامیکی و وسایل ایمنی (دستکش و انبر).

#### شرح فعالیت:

- ۱ مقدار از پودر آمیز را بر روی ورق آلومینیومی یا داخل بوتۀ از قبل وزن شده بریزید.
- ۲ وزن آن ( $m_w$ ) را اندازه‌گیری و در جدول یادداشت کنید.
- ۳ نمونه وزن شده را درون خشک‌کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت (برای رسیدن به وزن ثابت) قرار دهید.
- ۴ نمونه را از خشک‌کن به دسیکاتور انتقال دهید تا سرد شود.
- ۵ وزن خشک ( $m_d$ ) آن را اندازه‌گیری و در جدول یادداشت کنید.
- ۶ طبق رابطه‌های ارائه شده درصد رطوبت را محاسبه و جدول را تکمیل کنید.
- ۷ نتایج خود را با گروه‌های دیگر مقایسه کنید.
- ۸ آیا میزان رطوبت بر مبنای وزنی خشک و تر با هم متفاوت است؟
- ۹ چه دلیلی بر لزوم ذکر نوع مبنای محاسبه رطوبت وجود دارد؟

نکته: در هر مورد لازم است وزن بوتۀ یا هر وسیله استفاده شده را از وزن اندازه‌گیری شده کم کنید.

جدول ۱

درصد رطوبت		وزن خشک ( $m_d$ )	وزن تر ( $m_w$ )	وزن بوتۀ یا فویل آلومینیوم
بر مبنای تر	بر مبنای خشک			



- ۱ در محیط کارگاه از لباس کار و دستکش استفاده کنید.
- ۲ هنگام خارج کردن بوته یا فویل از انبر و دستکش استفاده کنید.
- ۳ قبل از کار با تجهیزات کارگاهی، با هنرآموز خود هماهنگ کنید.



### کار عملی ۲: تعیین آب بر مبنای تر و خشک

مواد و ابزار: خاک کائولن، بوته یا فویل آلومینیومی، هاون، ترازو (با دقت ۰/۱ یا ۰/۰۱ گرم)، خشک‌کن و دو عدد ظرف.

شرح فعالیت:

- ۱ مقداری خاک کائولن را در بوته یا فویل آلومینیومی ریخته و به مدت ۲ ساعت در خشک‌کن با دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار دهید.
- ۲ خاک کائولن خشک شده را در هاون پودر کنید.
- ۳ داخل هر ظرف به مقدار ۱۰۰ گرم خاک کائولن بریزید.
- ۴ مقدار آب موردنیاز برای پودر خاک کائولن با ۳۰ درصد رطوبت را بر مبنای خشک محاسبه و به یکی از ظروف اضافه کنید.
- ۵ مقدار آب مورد نیاز برای پودر خاک کائولن با ۳۰ درصد رطوبت را بر مبنای تر محاسبه و به ظرف دیگر اضافه کنید.
- ۶ جدول زیر را کامل و نتایج دو مبنای محاسباتی را با یکدیگر مقایسه کنید.

جدول ۲

مبنای محاسبه رطوبت	وزن خاک کائولن خشک (گرم)	میزان آب موردنیاز (گرم)	درصد رطوبت
بر مبنای خشک	۱۰۰		۳۰
بر مبنای تر	۱۰۰		۳۰

جدول ۳

محصول	درصد رطوبت برای شکل‌دهی
سرامیک مهندسی	کمتر از ۵
دیرگذازها	۴-۸
چینی مظروف	۹-۱۶
چینی بهداشتی	۱۲-۱۶

یکی از مزایای مهم شکل‌دهی به روش پرس پودر، چگالی بالای قطعه است. در روش پرس پودر، به دلیل درصد رطوبت کم نسبت به روش‌های دیگر مانند اکسترود گل پلاستیک یا ریخته‌گری دوغابی، قطعه چگالی بالاتری دارد و این امر می‌تواند در افزایش استحکام خام، خشک و استحکام پس از پخت آن مؤثر باشد. در جدول شماره (۳) محدوده تقریبی مقدار رطوبت در محصولات خام سرامیکی (مبنای درصد وزنی خشک) آمده است.

## تجهیزات اندازه‌گیری رطوبت

امروزه به منظور تسریع در رطوبت‌سنجی مواد، تجهیزات آزمایشگاهی متنوعی وجود دارد.

### رطوبت‌سنجی با واکنش گر کلسیم کارباید

از طریق فشار گاز استیلین حاصل از واکنش پودر کلسیم کارباید با رطوبت موجود در خاک، میزان رطوبت مواد را اندازه‌گیری می‌کند.



### رطوبت‌سنجی الکتریکی

بر اساس اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی ماده کار می‌کند. هرچه درصد رطوبت بالاتر باشد مقاومت الکتریکی ماده کمتر است.



### رطوبت‌سنجی وزنی

میزان رطوبت را بر اساس وزن کردن هم‌زمان ماده و حرارت دادن آن محاسبه و گزارش می‌کند.



**کار عملی ۳:** درصد رطوبت خاک کائولن اندازه‌گیری شده در کار عملی ۱ را با یکی از تجهیزات موجود و در دسترس اندازه‌گیری و مقایسه کنید.

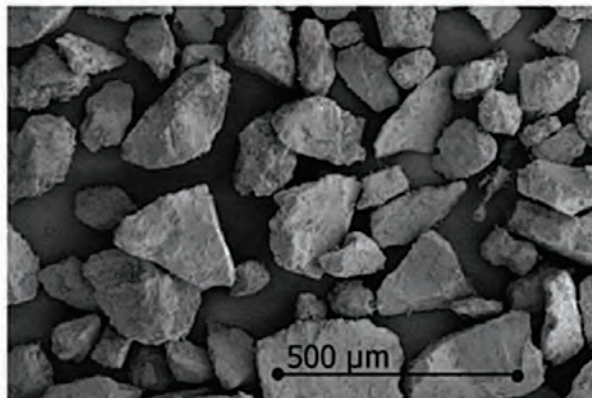
فعالیت  
کارگاهی





## دانه‌بندی

پودر یا ماسه از مجموعه‌ای از دانه‌ها یا ذرات تشکیل شده است. با توجه به نوع مواد اولیه، اندازه هر ذره می‌تواند از چند نانومتر تا چند میکرومتر یا حتی چند میلی‌متر تغییر کند. برای مثال، ذرات مواد رسی مانند کائولن، ابعادی کوچک‌تر از  $0.5$  میلی‌متر دارند که با چشم قابل‌رؤیت نیستند.



شکل ۵- ذرات رس قابل مشاهده زیر میکروسکوپ

ولی ذرات سیلیس می‌تواند از چند میکرومتر تا چند میلی‌متر و حتی بزرگ‌تر نیز وجود داشته باشد.



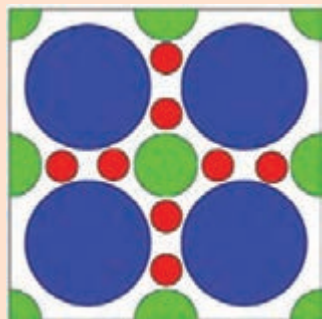
شکل ۶- دانه‌های ماسه سیلیسی قابل‌رؤیت با چشم

## توزیع اندازه ذرات

یک پودر معمولاً ذراتی با ابعاد و اندازه‌های متفاوت دارد. به تنوع در اندازه ذرات، از کوچک‌ترین تا بزرگ‌ترین ذره ماده، «توزیع اندازه ذرات» یا «گستره دانه‌بندی» می‌گویند. هرچه این تنوع بیشتر باشد، توزیع دانه‌بندی آن ماده اولیه یا پودر گسترده‌تر است.



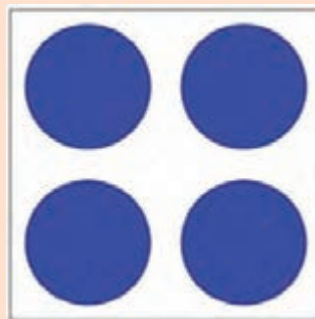
در شکل‌های زیر اضلاع مربع ۵ سانتی‌متر، قطر دایره‌های آبی ۲ سانتی‌متر، قطر دایره‌های سبز ۱ سانتی‌متر و قطر دایره‌های قرمز ۰/۵ سانتی‌متر است. مساحت سطح سفید را در هر یک از شکل‌های ۱، ۲ و ۳ محاسبه و جداول را مطابق نمونه‌ها پر کنید.



۳



۲



۱

جدول ۴

شماره شکل	توزیع اندازه دایره‌ها	تعداد دایره‌ها		
		آبی	سبز	قرمز
۱				
۲	۱ تا ۲ سانتی‌متر	۴	۴	۰
۳				

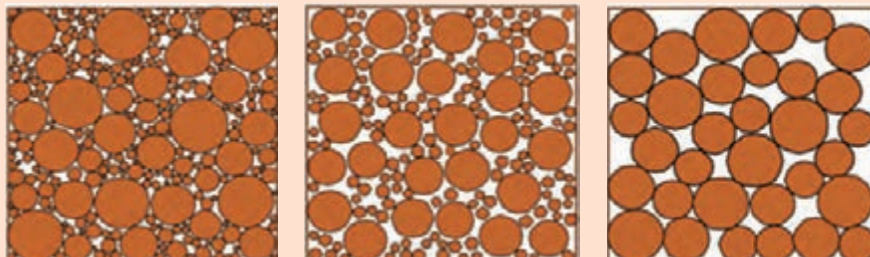
شماره شکل	مساحت			درصد مساحت سفیدرنگ
	آبی	سبز	قرمز	
۱	۱۲/۵۶	۰	۰	۴۹/۷۶
۲				
۳				

با فرض اینکه دایره‌های رنگی همان دانه‌های پودر باشند، مفهوم درصد مساحت سفیدرنگ چه خواهد بود؟

چگونه می‌توان مساحت قسمت سفیدرنگ را کمتر کرد؟



دانه‌های سه نوع پودر در یک واحد سطح به صورت شکل‌های زیر مشاهده می‌شود. با توجه به شکل‌ها، جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.



پودر ۳

پودر ۲

پودر ۱

گسترده‌ترین توزیع اندازه ذرات را ..... دارد و باریک‌ترین توزیع اندازه ذرات را ..... دارد.  
بیشترین تعداد ذرات در واحد سطح در ..... است و بیشترین فضای خالی بین ذرات در ..... است. بنابراین قطعه ساخته شده از ..... بیشترین تراکم را خواهد داشت.



#### کار عملی ۴: بررسی توزیع اندازه ذرات

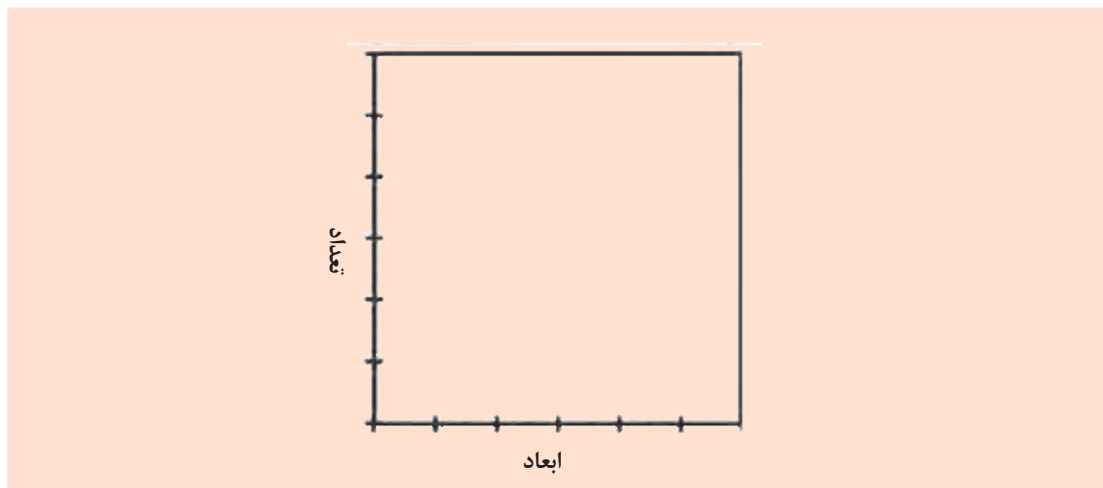
**مواد و ابزار:** ظرف شفاف، مواد با اندازه‌های متفاوت برای پر کردن ظرف شیشه‌ای (مانند: گردو، نخود، عدس یا گلوله‌های بال میل در سه ابعاد کوچک، متوسط و بزرگ).

#### شرح فعالیت:

- ۱ ابعاد مواد را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.
- ۲ مواد با بزرگ‌ترین ابعاد را در ظرف شماره ۱ بریزید تا ظرف پر شود.
- ۳ در ظرف شماره ۲ بزرگ‌ترین مواد را با کوچک‌ترین مواد مخلوط کنید و در ظرف بریزید.
- ۴ در ظرف شماره ۳ از مخلوط تمام مواد در اندازه‌های مختلف برای پر کردن ظرف استفاده کنید.
- ۵ ظروف را از لحاظ وجود جاهای خالی با دقت مشاهده و بررسی کنید.
- ۶ جدول زیر را تکمیل و نمودار را، مطابق ظرفی که کمترین جای خالی را دارد، پر کنید.

جدول ۵

کوچک	متوسط	بزرگ	ابعاد (میلی‌متر)
تعداد			شماره ظرف
کوچک	متوسط	بزرگ	
			۱
			۲
			۳



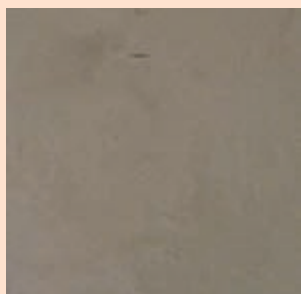
طبق کارهای عملی انجام شده، برای رسیدن به حداکثر تراکم در بدنه با استفاده از پودرها، لازم است پودر، توزیع گسترده‌ای از اندازه ذرات داشته باشد. درباره علت این اصل با هم در کلاس گفت‌وگو کنید.

گفت‌وگو کنید



دو قطعه کاشی دیوار که با دو نوع پودر متفاوت پرس شده، در زیر نشان داده شده است. به این تصاویر نگاه کنید و به سؤالات پاسخ دهید.

فعالیت کلاسی

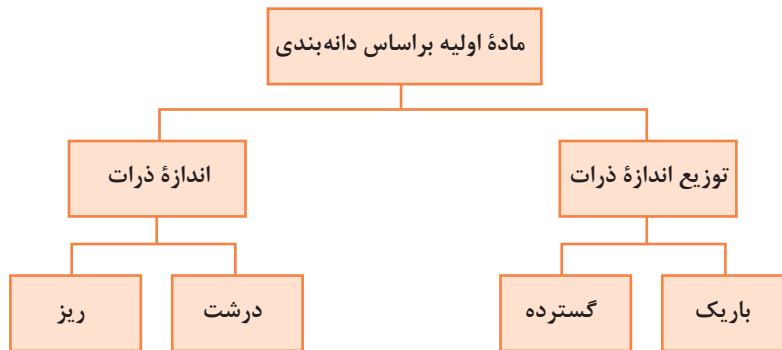


قطعه ۲











قطعه ۱

- ۱ کدام قطعه یکنواخت تر به نظر می‌رسد؟
- ۲ تخلخل و فضای خالی در کدام قطعه بیشتر است؟
- ۳ استحکام کدام قطعه می‌تواند بیشتر باشد؟
- ۴ دانه‌بندی پودر کدام قطعه مناسب تر بوده است؟



نمودار ۲

با توجه به شکل های زیر جاهای خالی را پر کنید.

			
۰/۱ تا ۰/۲ میلی متر	۰/۲ تا ۰/۴ میلی متر	۰/۳ تا ۰/۵ میلی متر	۰/۴ تا ۰/۸ میلی متر
			
۰/۵ تا ۱/۲ میلی متر	۰/۸ تا ۱/۷ میلی متر	۱/۲ تا ۳ میلی متر	۳ تا ۳/۴ میلی متر

ریزترین اندازه ذرات ..... باریک ترین توزیع اندازه ذرات .....

درشت ترین اندازه ذرات ..... گسترده ترین توزیع اندازه ذرات .....

آمیز باید قبل از شکل دهی و بعد از مرحله آسیاب کردن، دانه بندی و اندازه ذرات و توزیع آن ها تعیین و کنترل شود. اندازه ذرات و توزیع آن ها با توجه به روش شکل دهی و کاربرد مورد نظر انتخاب می شود. ابعاد ذرات نباید از حد مجاز بزرگ تر یا کوچک تر باشد.

توزیع اندازه ذرات متناسب با روش و تجهیزات شکل دهی به گونه ای تغییر می کند که بتوان به حداکثر تراکم و یکنواختی در قطعه دست یافت.

فعالیت  
کلاسی

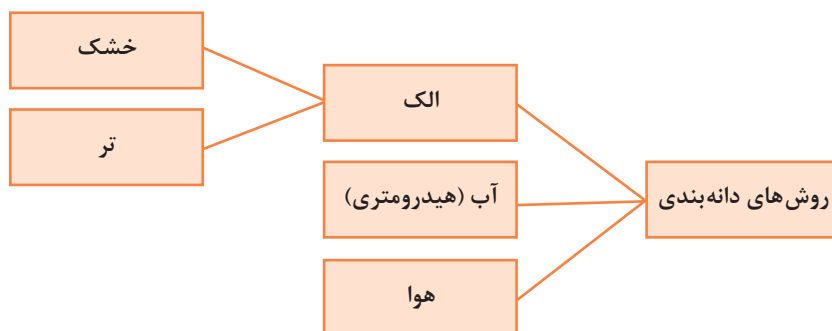


نکته



## روش‌های دانه‌بندی

مهم‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌های دانه‌بندی را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

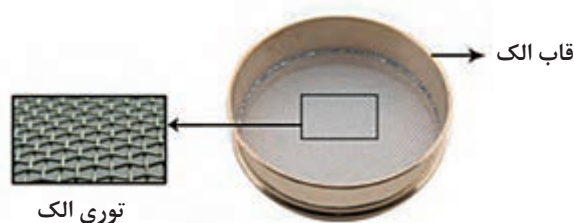


نمودار ۳

از میان انواع روش‌های دانه‌بندی، روش «الک کردن» به دلیل اهمیت داشتن و متداول بودن، مورد بررسی و مطالعه دقیق‌تر قرار می‌گیرد.

## دانه‌بندی با استفاده از الک

استفاده از الک یکی از متداول‌ترین روش‌های دانه‌بندی ذرات است. اساس الک کردن، امکان یا عدم امکان عبور ذرات از میان منافذ با اندازه مشخص است که با تکان دادن (به صورت افقی یا عمودی) و حرکت لرزشی الک انجام می‌شود. الک شامل یک قاب و توری (شبكة بافته شده سیمی) در کف است که در شکل (۷) نشان داده شده است.



شکل ۷

پودر بر روی یک الک یا یک سری از الک‌ها با روزهایی با اندازه معین ریخته می‌شود. در سری الک‌ها، الکی که بزرگ‌ترین روزه‌ها را داشته باشد در قسمت بالایی و الکی که کوچک‌ترین روزه‌ها را دارد در قسمت پایین قرار می‌گیرد. یک زیرالک نیز در زیرسری الک‌ها (در زیر آخرین الک) برای جمع‌آوری ریزترین ذرات قرار می‌گیرد.

در مقیاس صنعتی حرکت لرزشی الک‌ها با کمک موتور الکتریکی یا مغناطیسی انجام می‌گیرد که باعث سهولت در عبور مواد و افزایش بازدهی و سرعت می‌شود که نوع آزمایشگاهی آن نیز کاربرد زیادی دارد. بدین منظور از دستگاه لرزاننده استفاده می‌شود که به صورت ساده یا دیجیتالی وجود دارد.

نکته





ب) الک‌ها روی دستگاه لرزاننده



الف) الک‌های چیده شده

شکل ۸



شکل ۹ - حرکت چرخشی الک

## نحوه کار با دستگاه لرزاننده

دستگاه لرزاننده الک دارای مدل‌های متنوعی است. برای کار با دستگاه لرزاننده، بعد از چینش مجموعه الک‌ها به ترتیب شماره مش یا اندازه روزنه توری، نمونه پودر یا ماسه در بالاترین الک ریخته می‌شود و پس از گذاشتن در الک و محکم کردن گیره‌ها و اتصالات، دستگاه روشن می‌شود. هدف از قراردادن در الک و محکم کردن اتصالات آن جلوگیری از پاشیدن مواد به بیرون است. مدت زمان موردنیاز برای الک کردن، به کمک کلید مربوطه تنظیم می‌شود. در برخی از نمونه‌های دستگاه لرزاننده علاوه بر مدت زمان کل کار دستگاه، مدت زمان هر نوبت کاری، شدت کار لرزاننده و سرعت آن نیز قابل تنظیم است.



شکل ۱۰- دستگاه لرزاننده در اشکال و ابعاد مختلف

تحقیق کنید



از چه موادی برای ساخت توری الک استفاده می‌شود؟

## شماره الک‌ها

مهم‌ترین موضوع در الک‌ها ابعاد منافذ یا روزنه‌های الک است. شماره الک‌ها مطابق با تعداد روزنه‌ها در هر اینچ خطی مشخص و طبقه‌بندی می‌شود که به آن مش الک گفته می‌شود. مثلاً الک مش ۲۰، دارای ۲۰ سوراخ یکسان به صورت خطی در هر اینچ است.

گفت‌وگو کنید



آیا تعداد منافذ در یک اینچ دقیقاً می‌تواند قطر روزنه‌ها را تعیین کند؟ با هم کلاسی‌های خود در این مورد گفت‌وگو کنید.

نکته



استانداردهای مختلفی برای شماره‌های الک وجود دارد. در جدول زیر مهم‌ترین مش‌بندی الک‌ها آورده شده است.

جدول ۶

مش الک	تعداد روزنه در هر اینچ	ابعاد روزنه (میلی‌متر)
۵	۵	۴/۰۰
۱۰	۱۰	۲/۰۰
۲۰	۲۰	۰/۸۵
۳۰	۳۰	۰/۶۰
۴۰	۴۰	۰/۴۲
۵۰	۵۰	۰/۳۰
۶۰	۶۰	۰/۲۵
۸۰	۸۰	۰/۱۸
۱۰۰	۱۰۰	۰/۱۵
۱۲۰	۱۲۰	۰/۱۲

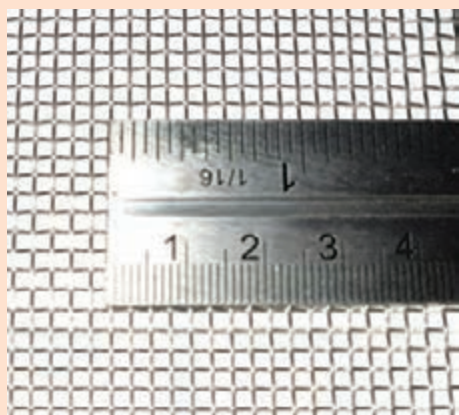


تحقیق کنید



چه استانداردهایی برای مش بندی الکها کاربرد بیشتری دارد؟

فعالیت  
کلاسی



شکل ۱۱

شماره الک یا عدد مش توری زیر را تعیین کنید.  
ابعاد روزنه این توری چند است؟  
نتایج خود را با جدول مربوط به استاندارد الکها  
مقایسه کنید.



اندازه روزنه براساس  
واحد متریک

شماره الک

اندازه روزنه  
براساس اینچ

شکل ۱۲

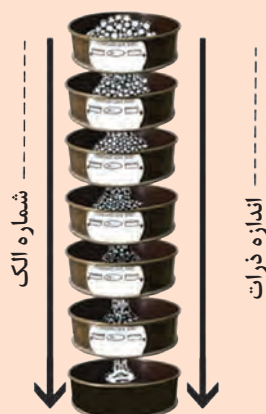
بر روی قاب الکهای استاندارد یک پلاک چسبانده می شود  
که مشخصات الک آزمایشگاهی روی آن درج شده است.  
در شکل (۱۲) یک نمونه الک نشان داده شده است.

## رابطه شماره مش الک با اندازه ذرات

فعالیت  
کلاسی



۶ عدد الک با یک زیرالک به صورت سری مطابق شکل (۱۳) بر روی  
یکدیگر چیده شده اند. جاهای خالی را با کلمات افزایش یا کاهش پر کنید.



شکل ۱۳

## جدایش ذرات در الک‌ها

ذرات بر اساس محدوده اندازه آن‌ها از یکدیگر جدا می‌شود. با لرزش الک یا مجموعه الک‌ها، ذرات بزرگ‌تر از روزنه‌های الک، روی الک باقی می‌مانند و ذرات کوچک‌تر تا رسیدن به الک با سوراخ‌های کوچک‌تر، از روزنه‌های الک‌ها عبور می‌کنند.

نکته



به ذراتی که روی الک باقی می‌ماند، ذرات روی الکی یا مانده گفته می‌شود.

درصد باقی مانده روی الک را به کمک رابطه زیر می‌توان محاسبه کرد:

$$\text{درصد ذرات باقی مانده روی الک} = \frac{(\text{وزن ذرات باقی مانده روی الک با اندازه مشخص})}{(\text{وزن کل ماده اولیه ریخته شده روی الک‌ها})} \times 100$$

**درصد ذرات باقی مانده روی هر الک به صورت تجمعی:**

این عدد از جمع کردن درصد دانه‌های باقی مانده روی هر الک با درصد ذرات باقی مانده روی الک‌های قبلی به دست می‌آید.

فکر کنید



چگونه می‌توان درصد عبوری از هر الک را به دست آورد؟



شکل ۱۴- الک‌های آزمایشگاهی

برای به دست آوردن درصد عبوری از هر الک، ابتدا لازم است درصد تجمعی باقی مانده روی هر الک را به دست آورد. درصد تجمعی ذرات عبوری از رابطه زیر به دست می‌آید:

**درصد تجمعی باقی مانده - ۱۰۰ = درصد تجمعی عبوری**

فکر کنید



آیا الک کردن تنها برای مواد خشک و پودر به کار می‌رود؟  
در زندگی روزمره در چه مواردی از الک کردن استفاده می‌شود؟

شکل ۱۵

نتایج آزمون دانه‌بندی ماده اولیه‌ای به صورت جدول زیر است. جدول را تکمیل کنید.

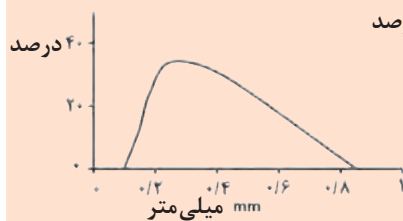
فعالیت  
کلاسی



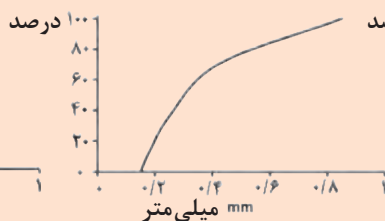
جدول ۷

مش الک	اندازه ذرات (میلی‌متر)	مقدار ماده (گرم)	درصد روی الک	درصد تجمعی روی الک	درصد عبوری از الک
۲۰		۰			
۴۰		۲۸			
۶۰		۳۲			
۸۰		۲۲			
۱۰۰		۱۲			
زیر الک		۰			
مجموع					

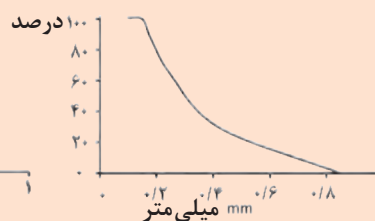
هر یک از نمودارهای زیر مربوط به کدام ستون از جدول بالاست.



پ



ب



الف

الک کردن می تواند به صورت خشک یا تر (ذرات معلق در یک سیال) انجام شود.  
**الک خشک:** در روش الک خشک، خاک خشک در بالاترین الک (کوچک ترین مش) از مجموعه الک ها قرار داده می شود. با لرزش الک ها و جدا شدن ذرات، درصد مقادیر باقی مانده روی هر الک مشخص و نمودار دانه بندی برای درصد عبوری از هر الک بر حسب اندازه الک رسم می شود.  
**الک تر:** در الک تر ذرات ریزدانه یا دوغاب را روی الک می ریزند و با فشار آب ذرات را از الک عبور می دهند. سپس مواد عبوری و مانده روی الک به صورت مجزا خشک و توزین می شوند.

زیرا ذرات ریز (مش بیشتر) تمایل به چسبیدن به یکدیگر داشته و کلوخه های آن، منافذ الک را مسدود می کند.	اغلب برای ذرات درشت تر مؤثرتر و سریعتر از ذرات ریز است.
زیرا جریان یابی به جابه جایی ذرات و عبور آن ها از منافذ کمک می کند.	برای ذرات با جریان یابی زیاد، الک خشک می تواند روش معمولی برای دانه بندی باشد.
زیرا از کلوخه شدن آن جلوگیری می کند.	برای پودرهای بسیار ریز سودمند است.
زیرا سریع تر است.	الک تر می تواند به عنوان مرحله کنترل کیفیت در حین فرایند تولید استفاده شود.

دانه بندی با الک به صورت خشک

دانه بندی با الک به صورت تر

جدول زیر را تکمیل کنید.

فعالیت کلاسی



### جدول ۸

مشکلات	اثرات	راه حل پیشنهادی
پارگی توری الک	منجر به عبور ذرات از توری می شود.	.....
کلوخه شدن پودر	.....	روش الک تر
آلودگی هوا حین الک کردن	.....	.....

آیا می دانید



اندازه ذرات کوچک و تخلخل کم به ایجاد بدنه با استحکام بالا کمک می کند، ولی در برخی از موارد کاربردی مانند عایق های دیرگداز، استحکام معیار اصلی نیست. در عایق ها، تخلخل زیاد باعث خواص مطلوب مثل هدایت حرارتی پایین و مقاومت به شوک حرارتی بالا می شود.

## ذرات زیرالکی

ریزترین الک که به طور معمول استفاده می‌شود، الک با مش ۳۲۵ است که دارای منافذ ۴۴ میکرومتری (۰/۰۴۴ میلی‌متر) است. بنابراین ذراتی که از الک مش ۳۲۵ عبور می‌کنند، از ۴۴ میکرومتر کوچک‌تر هستند که به آن‌ها ذرات زیرالکی گفته می‌شود.

آیا ذرات زیرالکی دارای اهمیت هستند؟ درباره اهمیت ذرات زیرالکی با هم کلاسی‌های خود گفت‌وگو کنید.

گفت‌وگو کنید



## نگهداری و تمیز کردن الک آزمایشگاهی

نگهداری صحیح از الک‌های آزمایشگاهی باعث افزایش عمر الک‌ها و همچنین کاهش خطا در نتایج می‌شود. همیشه بعد از استفاده از الک، بهتر است الک با برس‌های مخصوص یا فشار باد تمیز شود تا روزه‌های آن تمیز و بدون گرفتگی باشد. در صورت عدم رعایت این نکات، عمر الک بسیار کم شده و از دقت و کارایی آن کاسته می‌شود.



ب) تمیزکاری الک



الف) نمونه‌ای از برس برای تمیزکاری الک

شکل ۱۶

### کار عملی ۵: تعیین دانه‌بندی با الک به روش خشک

مواد و ابزار: ترازو، الک در مش‌های مختلف (۱۲، ۲۰، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۲۰)، زیرالک (سینی)، دستگاه لیزاننده، ماده اولیه سرامیکی.

#### شرح فعالیت:

- ۱ ماده اولیه را ابتدا در خشک‌کن به مدت ۲ ساعت خشک کرده و سپس وزن کنید.  
نکته: اگر ذرات ماده اولیه به صورت کلوخه در آمده است آن‌ها را با هاون خرد کنید.
- ۲ کل ماده وزن شده را روی مجموعه الک‌ها بریزید. الک با سوراخ‌های بزرگ‌تر (شماره‌های کوچک‌تر) بالاتر از الک‌های با سوراخ‌های ریزتر (شماره‌های بزرگ‌تر) قرار خواهند گرفت. در زیر، ریزترین الک (در

فعالیت  
کارگاهی

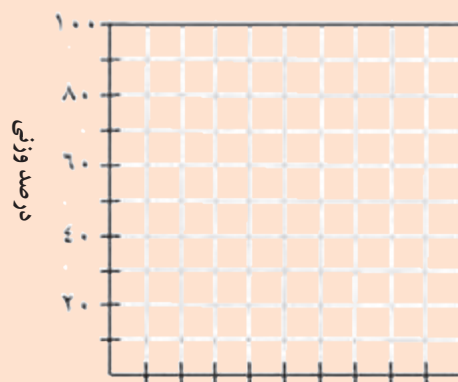


اینجا ۲۰۰ مش) زیرالک یا سینی قرار می‌گیرد.  
 نکته: دقت کنید که الک‌های مورد استفاده خشک و تمیز باشند. الک‌ها و سینی را می‌توانید قبل از استفاده وزن و یادداشت کنید. به نظر شما این کار چه کمکی به شما خواهد کرد؟  
 دستگاه الک را به مدت ۱۰ دقیقه روشن کنید. در صورت عدم دسترسی به لرزاننده مکانیکی مراحل را به صورت دستی انجام دهید.  
 جدول را تکمیل کنید.

جدول ۹

الک	روزنه الک (میلی‌متر)	وزن باقی مانده (گرم)	درصد باقی مانده	درصد عبوری	درصد تجمعی
۱۲					
۲۰					
۳۰					
۵۰					
۱۰۰					
۱۲۰					
کف الک					
مجموع					

نمودار درصد عبوری از هر الک را برحسب اندازه منفذ الک رسم کنید.



اندازه دهانه



### کار عملی ۶: تعیین دانه‌بندی با الک به روش تر

مواد و ابزار: هاون، ترازو، الک با مش‌های مختلف، دستگاه خشک‌کن، سطل یا ظرف مناسب و دوغاب.

#### شرح فعالیت:

دوغاب آماده شده را روی مجموعه الک‌ها بریزید. الک با سوراخ‌های بزرگ‌تر (مش‌های کوچک‌تر) بالاتر از الک‌های با سوراخ‌های ریزتر (مش‌های بزرگ‌تر) قرار خواهند گرفت. به جای سینی الک از سطل با حجم مناسب استفاده شود.

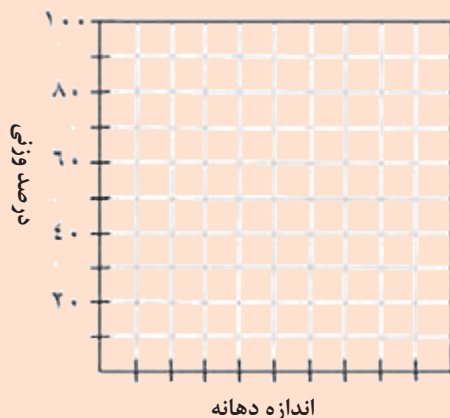
#### نکته:

- ۱ بهتر است سطح الک را قبل از استفاده تر کنید.
- ۲ بر روی ظروف و الک حاوی مواد گروه خود برچسب بزنید.
- ۳ از مقداری آب برای شست‌وشوی الک و اطمینان از شست‌وشوی تمام ذرات کوچک (کلوئیدها) استفاده کنید.
- ۴ الک‌های حاوی مواد باقی‌مانده را داخل خشک‌کن قرار دهید.
- ۵ مقدار ماده خشک شده روی هر الک را وزن کرده و جدول زیر را تکمیل کنید.

#### جدول ۱۰

الک	سوراخ الک (میلی‌متر)	وزن باقی‌مانده (گرم)	درصد باقی‌مانده	درصد عبوری	درصد تجمعی	مجموع
۱۲						
۲۰						
۳۰						
۵۰						
۱۰۰						
۱۲۰						

نمودار درصد عبوری از هر الک را برحسب اندازه منفذ الک رسم کنید.



## به نکات زیر توجه کنید:

- ۱ الک‌های با مش بالاتر از ۱۰۰ دارای سیم‌های نازک بوده و آسیب‌پذیر هستند. بنابراین نیاز به دقت بالایی در هنگام کار وجود دارد.
- ۲ در هنگام استفاده از الک‌های با مش بالاتر مانند ۳۲۵، استفاده از آب و گاهی برس به عبور ذرات از الک کمک می‌کند.
- ۳ دقت کنید الک‌های آزمایشگاهی با توجه به قدرت توری و قاب، توان تحمل وزن محدودی را دارند؛ برای مثال الک آزمایشگاهی مش ۲۰۰ به علت ظرافت توری، از نظر وزنی تحمل کمتری را در برابر الکی با مش ۱۸ دارد.
- ۴ در برخی از الک‌ها، قاب و توری الک با کمک چسب به هم متصل شده‌اند. در این مواقع از قرار دادن الک در داخل خشک‌کن خودداری شود، زیرا ممکن است سبب جدا شدن توری از قاب الک شود.

آیا می‌دانید



### آزمون ته‌نشینی (روش آندریازن)

جداسازی و دانه‌بندی در آزمون ته‌نشینی یا هیدرومتری توسط مایع انجام می‌شود. در این روش که برای به دست آوردن توزیع ذرات خیلی ریز، که به کمک الک نمی‌توان مقدار آن‌ها را مشخص کرد، به کار می‌رود، پودر با آب یا مایع دیگر همراه عامل ترکننده مخلوط می‌شود. این روش بر این اساس پایه‌گذاری شده که در یک مایع زمان سقوط ذرات با اندازه‌های مختلف متفاوت است. همچنین سقوط ذرات در مایعات به عوامل مختلفی مانند چگالی مواد موجود در سوسپانسیون و گرانی مایع بستگی دارد. بنابراین به کمک روابطی بین ارتفاع سقوط ذرات، کوچک‌ترین قطر ذره بر اساس زمان سقوط آن در مایع محاسبه می‌شود.

آیا می‌دانید



### جداسازی با هوا

جداسازی ذرات توسط هوا برای تفکیک ذرات ریز و درشت پودرهای سرامیکی خشک به کار می‌رود. در این روش از جریان هوا و نیروی گریزازمرکز استفاده می‌شود. این روش اغلب برای جداسازی ذرات در محدوده ۱ تا ۳۰۰ میکرون به کار گرفته می‌شود و عملکرد آن بر اساس تفاوت بین نیروی وارده بر ذرات با ابعاد مختلف توسط هواست.

**نکته:** این روش دانه‌بندی در صنایع آماده‌سازی پودرهای معدنی برای دانه‌بندی ذرات ریز با اندازه دقیق کاربرد گسترده‌ای دارد و گاهی در صنایع سرامیک نیز به عنوان فیلتر برای خارج کردن غبار و ذرات ریز نامطلوب به کار می‌رود.

آیا می‌دانید



### دستگاه بلین<sup>۱</sup>

دستگاه بلین برای انجام آزمون اندازه ذرات پودر به کار گرفته می‌شود. کارکرد دستگاه بلین بر اساس مکش و عبور یک مقدار معینی هوا از میان یک بستر پودر مانند سیمان با تخلخل معین است. اندازه



حفره‌ها در بستر سیمان با تخلخل معین با اندازه دانه‌های سیمان رابطه دارد و تعیین‌کننده میزان جریان‌پذیری هوا از داخل بستر است. هر چه پودر ریزتر باشد، مقاومت بیشتری در برابر جریان هوا خواهد داشت.



شکل ۱۷

## ارزشیابی نهایی شایستگی تعیین رطوبت و دانه بندی

### شرح کار:

- ۱- آماده سازی، تمیز کاری و تنظیم تجهیزات تعیین رطوبت و دانه بندی؛
- ۲- تعیین انواع رطوبت و وزن کردن مواد مورد بررسی؛
- ۳- خشک کردن انواع مواد جهت رطوبت سنجی؛
- ۴- الک کردن به روش دستی و دستگاهی؛
- ۵- وزن کردن مواد.

### استاندارد عملکرد:

تعیین درصد رطوبت و توزیع دانه بندی مواد اولیه مطابق با فرمول بدنه.

### شاخص ها:

- وزن کردن صحیح و با دقت مواد به مقدار مناسب؛
- تمیز بودن ابزارآلات و زدودن گردوغبار، بازبودن منافذ الک ها، انتخاب صحیح الک های مورد نیاز؛
- ترتیب قراردادن الک ها با توجه به مش آن ها، حرکت لرزشی صحیح هنگام الک کردن دستی؛
- کالیبره بودن ترازو، خشک شدن کامل پودر و قرار دادن آن در دسیکاتور و شستن به اندازه کافی.

### شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

**مکان:** کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی.  
**ابزار و تجهیزات:** خشک کن استاندارد با سرعت خشک کردن مناسب، ترازو با استاندارد دقت بالا، کف الک، دستگاه شیکر استاندارد، الک استاندارد، ترازو استاندارد و کالیبره شده.

### معیار شایستگی:

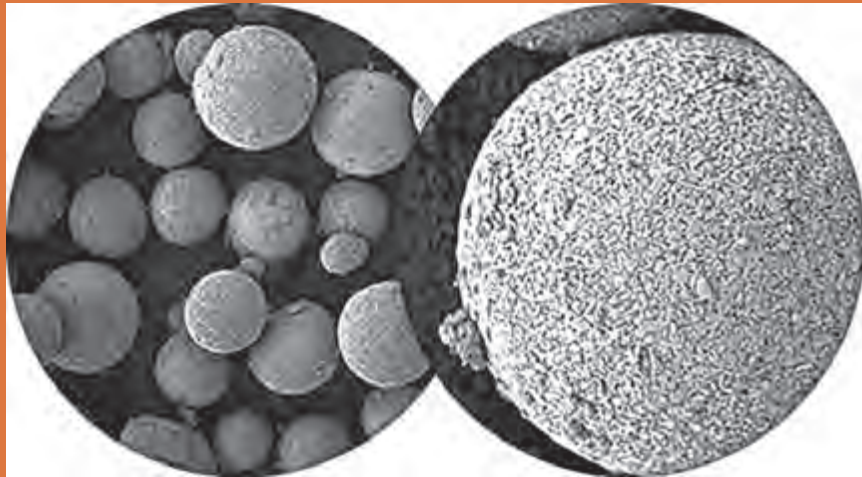
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی مواد	۱	
۲	الک کردن و وزن کردن مواد	۱	
۳	تعیین مقدار رطوبت	۲	
۴	خشک کردن	۱	
۵	تعیین دانه بندی	۲	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		۲
	دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب		
	میانگین نمرات		
			*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.



## پودمان ۴

# گرانول سازی



با اتصال ذرات ریز پودر به یکدیگر تحت شرایط کنترل شده و تبدیل آن به گرانول می توان بدنه های پرس شده با خواص مطلوب تولید کرد. گرانول ها دارای ویژگی های بسیاری هستند که شامل مواردی نظیر جریان یابی مناسب و ترکیب یکنواخت از آمیز می شود. این ویژگی ها باعث کاربرد گسترده آن ها در صنعت سرامیک شده است.

## واحد یادگیری ۴

### شایستگی گرانول سازی

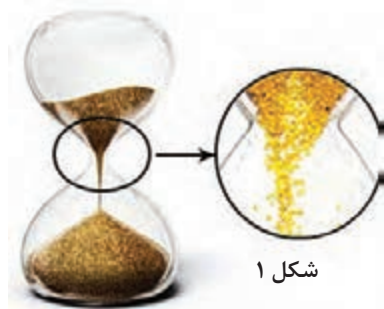
#### آیا تا به حال پی برده‌اید

- ۱ گرانول چیست و چه کاربردی در صنعت سرامیک دارد؟
- ۲ روش‌های تهیه گرانول چگونه است؟
- ۳ ویژگی‌های گرانول چه تأثیری بر روی بدنه سرامیکی دارد؟

هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت گرانول‌سازی است که در تولید سرامیک‌ها به روش پرس پودر مورد توجه قرار دارد. بررسی عوامل مؤثر بر گرانول‌سازی و روش‌های متنوع و متداول تولید گرانول، که شامل دو نوع تر و خشک است، در این پودمان در نظر گرفته شده است. شناخت روش و آشنایی با تجهیزات برای تولید گرانول با ویژگی مطلوب دارای اهمیت است.

#### استاندارد عملکرد

گرانول‌سازی بر اساس ابعاد، شکل، رطوبت و دانه‌بندی موردنیاز تولید قطعه سرامیکی.



شکل ۱

به نظر شما شکل ذرات در کارکرد ساعت شنی چه اهمیتی دارد؟

با جابه جایی کدام یک از خاک های شکل (۲) از ظرفی به ظرف دیگر، گرد و غبار کمتری ایجاد می شود؟



ب



الف

شکل ۲

کدام پودر برای تولید یک محصول سرامیکی به روش پرس مناسب تر است؟



ب



الف

شکل ۳



شکل ۴

پودر از اجزای کوچک تری به نام ذره<sup>۱</sup> تشکیل شده است.

ذرات در اثر نیروهای سطحی به یکدیگر متصل می‌شوند و یک توده نامنظم متخلخل را تشکیل می‌دهند که به آن آگلومره گفته می‌شود.



شکل ۵- آگلومره متخلخل با شکل نامنظم و ابعاد حدود ۳۰۰ میکرومتر

وجود آگلومره‌ها با شکل‌های نامنظم و متخلخل، مشکلات بسیاری در فرایند تولید محصولات ایجاد می‌کند.

تحقیق کنید



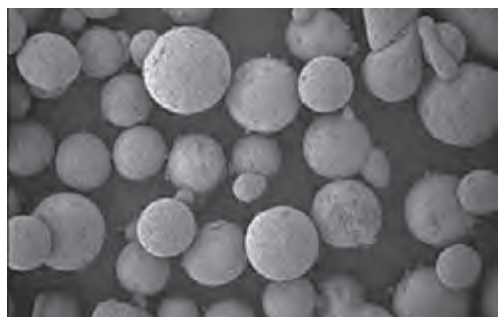
آگلومره‌های متخلخل با شکل‌های نامنظم چه اثری بر روی ویژگی‌های مواد و فرایند تولید سرامیک‌ها در جدول (۱) ایجاد می‌کنند؟

جدول ۱

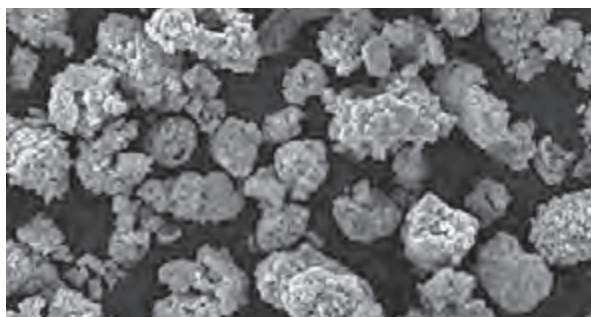
ویژگی تأثیر	جریان یابی مواد	یکنواختی چگالی محصول	تخلخل محصول

به تصاویر شکل (۶) نگاه کنید:

- چه تفاوت‌هایی در شکل‌های زیر مشاهده می‌شود؟
- به نظر شما کدام یک در فرایند شکل‌دهی سرامیک‌ها مناسب‌تر است؟



ب

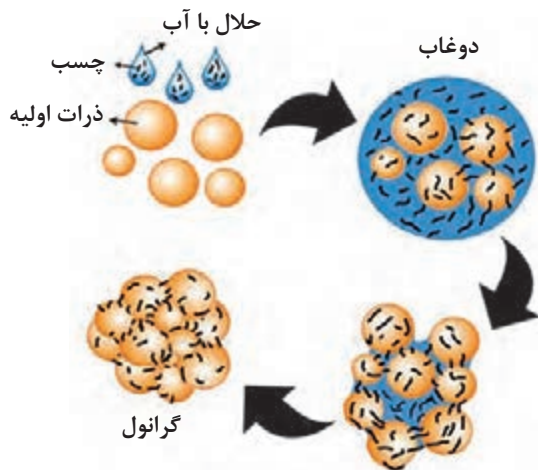


الف

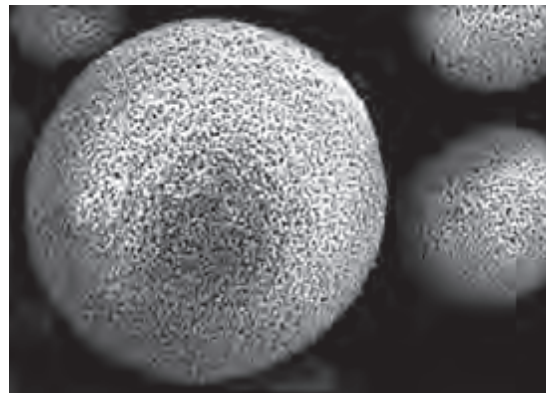
شکل ۶

## گرانول و گرانول‌سازی

آگلومره‌های کروی شکل و دارای تخلخل کم را «گرانول» و فرایند تولید آن را به صورت کنترل شده «گرانول‌سازی» گویند. در شکل (۷) مراحل و چگونگی تشکیل گرانول نشان داده شده است. در تشکیل گرانول‌ها، معمولاً با کاهش کنترل شده میزان رطوبت، ذرات نزدیک‌تر شده و به یکدیگر می‌چسبند.



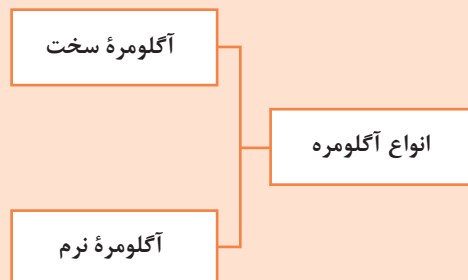
(ب) مراحل و چگونگی تشکیل گرانول



(الف) یک گرانول کروی شکل با قطر حدود ۱۰۰ میکرومتر

شکل ۷

آگلومره را می‌توان به دو دسته نرم و سخت تقسیم کرد:



نمودار ۱- انواع آگلومره

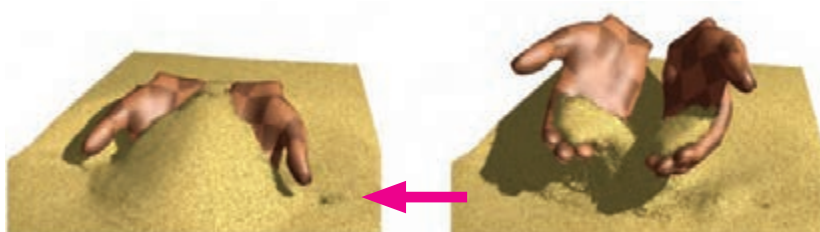
- ۱ نیروی بین ذرات در آگلومره‌های سخت در مقایسه با آگلومره‌های نرم قوی‌تر است.
- ۲ شکستن آگلومره‌های سخت مشکل‌تر از نوع نرم است.
- ۳ وجود آگلومره‌های سخت در آمیز، مشکلات زیادی در فرایند تولید و ویژگی‌های قطعه نهایی ایجاد می‌کند.

آیا می‌دانید



اهداف تهیه گرانول در شکل دهی به روش پرس پودر عبارت اند از:

### ۱- بهبود جریان یابی مواد



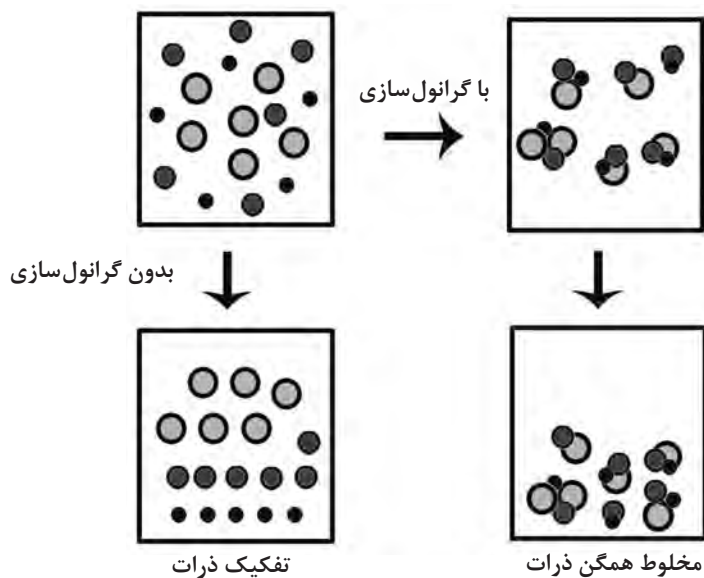
شکل ۸- گرانول با جریان یابی مناسب

### ۲- جلوگیری از ایجاد گردوغبار



شکل ۹- گردوغبار حاصل از مواد پودری

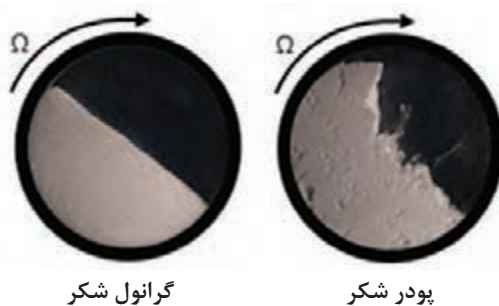
### ۳- تولید ترکیب یکنواخت و جلوگیری از جدایش ذرات مختلف در آمیز



شکل ۱۰- جلوگیری از جدایش ذرات آمیز

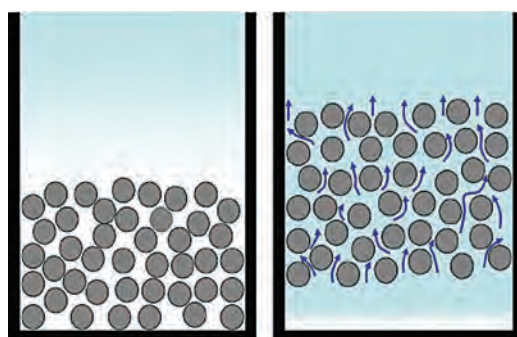


#### ۴- انتقال آسان تر آمیز در لوله‌ها و مجاری دستگاه‌های اتوماتیک و نیمه اتوماتیک



شکل ۱۱- بهبود جریان یابی

#### ۵- تسهیل در خروج هوا از بین ذرات و افزایش تراکم در مرحله پرس



شکل ۱۲- خروج هوا از بین گرانول‌ها

جهت دستیابی به قطعاتی با ویژگی‌های مناسب مانند تراکم بالا، گرانول تولیدشده باید دارای ویژگی‌هایی باشد که برخی از این ویژگی‌ها را در شکل (۱۳) ملاحظه می‌کنید:



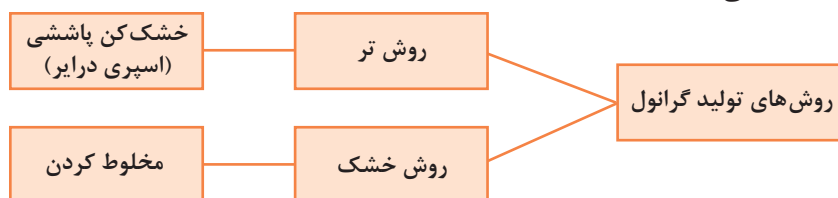
شکل ۱۳- ویژگی‌های گرانول



اثر هر یک از ویژگی‌های گرانول را در فرایند شکل‌دهی به روش پرس بررسی کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

## روش‌های تولید گرانول

بر اساس میزان آب مصرفی در فرایند تولید گرانول، روش‌های متنوعی در صنعت وجود دارد که آن‌ها را در نمودار زیر ملاحظه می‌کنید:



نمودار ۲

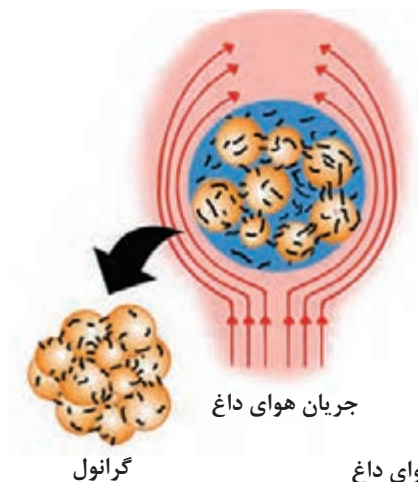


شکل ۱۴- گرانول‌های رنگ

گرانول‌ها جهت تولید محصولات متنوع از قبیل کاشی، پرسلان‌ها، ظروف غذاخوری، تهیه رنگ‌ها و لعاب‌ها کاربرد دارند.

## روش تر (خشک‌کن پاششی (اسپری درایر))

گرانول می‌تواند با کاهش میزان رطوبت قطرات دوغاب یا محلول تولید شود. اسپری درایر نوعی خشک‌کن است که این فرایند را به واسطه اسپری کردن دوغاب در جریانی از هوای داغ انجام می‌دهد. در شکل (۱۵) تبدیل قطره‌ای از یک دوغاب آمیز در مجاورت جریانی از هوای داغ نشان داده شده است.



شکل ۱۵- تبدیل قطره به گرانول در تماس با هوای داغ

اسپری درایر توانایی تولید گرانول‌هایی را با اندازه‌های مختلف و مقدار رطوبت مشخص دارد.

اسپری درایر علاوه بر تولید گرانول‌های سرامیکی، در تولید پودرهای شوینده، صنایع غذایی و دارویی نیز کاربرد دارد.

نکته



شکل ۱۶- گرانول پودر لباس شویی

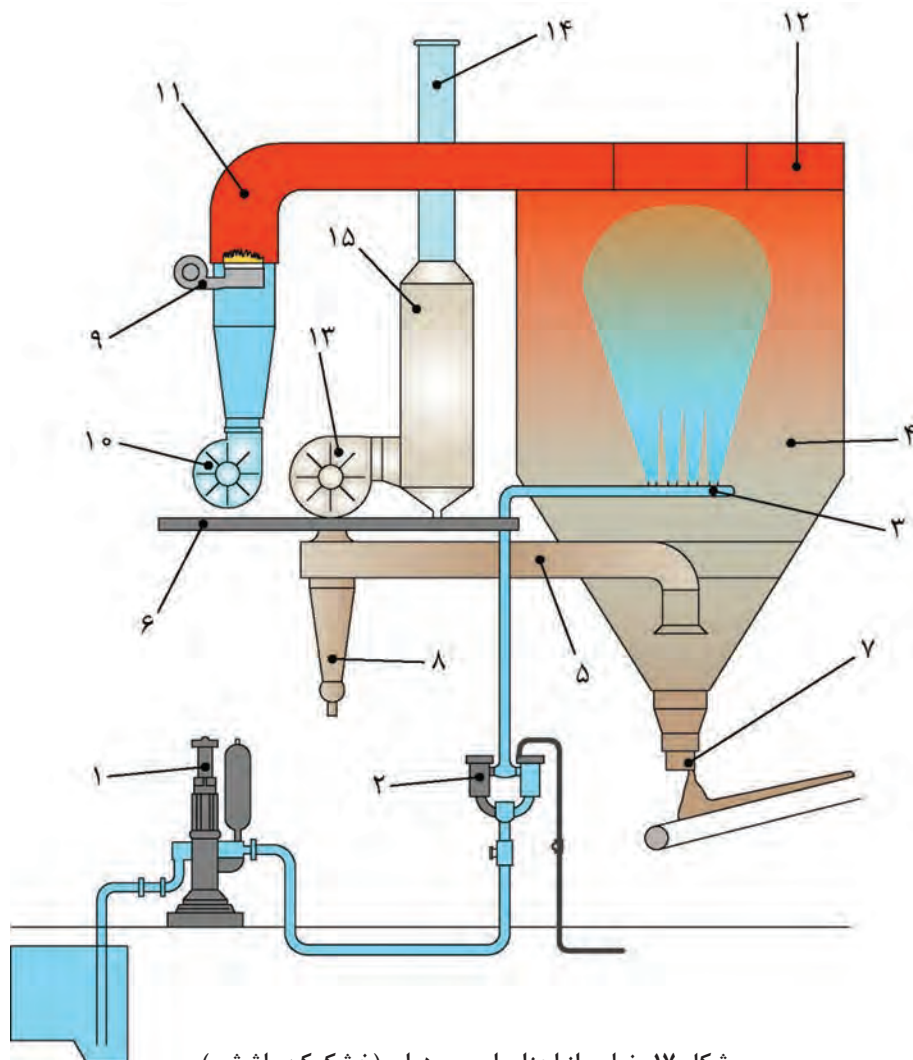
## مزایای اسپری درایر (خشک‌کن پاششی)

این دستگاه مزایای زیادی دارد که در نمودار زیر به آنها اشاره شده است.



نمودار ۳

در شکل (۱۷) نمایی از اجزای اسپری درایر (خشک کن پاششی) نشان داده شده است.

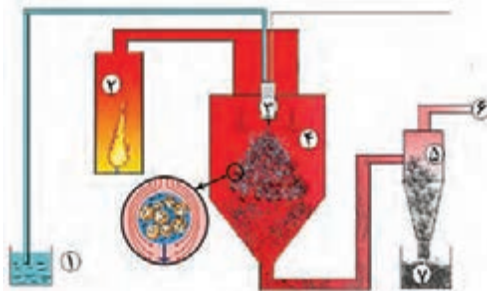


شکل ۱۷- نمایی از اجزای اسپری درایر (خشک کن پاششی)

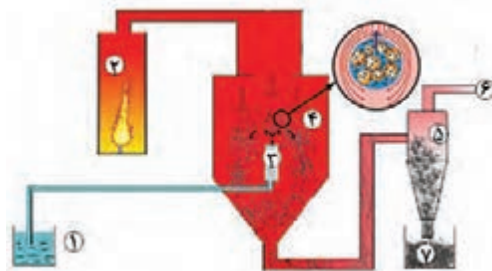
## جدول ۲- اجزای دستگاه اسپری درایر (خشک کن پاششی)

۱- پمپ اعمال دوغاب	۸- سیکلون
۲- فیلترها و لوله انتقال دوغاب	۹- مشعل
۳- نگه دارنده افشانک	۱۰- دمنده
۴- محفظه خشک کن	۱۱- خطوط انتقال هوای داغ
۵- لوله های انتقال هوای خروجی	۱۲- پخش کننده هوای داغ
۶- محل استقرار جهت سرویس	۱۳- مکنده
۷- شیر تخلیه پودر	۱۴- دودکش
	۱۵- فیلتر

اسپری درایرها (خشک‌کن‌های پاششی) بر اساس جهت برخورد قطرات دوغاب با هوای داغ به دو نوع همسو و ناهمسو تقسیم می‌شوند. اسپری درایرها (خشک‌کن‌های پاششی) با جریان ناهمسو در مقایسه با نوع همسو دارای تبخیر سریع‌تر و کارایی بالاتری هستند.



شکل ۱۸- اسپری درایر (خشک‌کن پاششی) از نوع همسو



شکل ۱۹- اسپری درایر (خشک‌کن پاششی) از نوع ناهمسو

اجزای مشخص شده را در شکل‌های (۱۸) و (۱۹) بنویسید:

- ۱- .....  
 ۲- .....  
 ۳- .....  
 ۴- .....  
 ۵- .....  
 ۶- .....  
 ۷- .....

فعالیت  
کلاسی

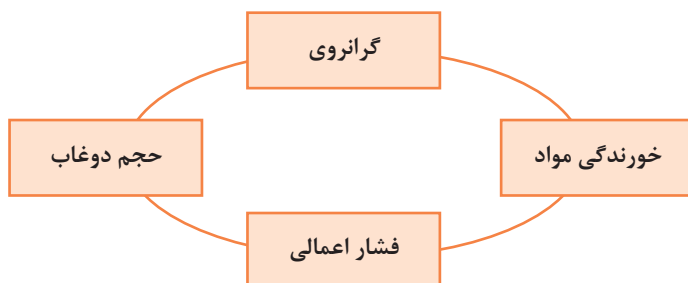


نکته



آمیز دوغاب برای اسپری کردن غلیظ بوده و برای انتقال دادن آن نیاز به پمپ‌های قوی است.

### پمپ



نمودار ۴- عوامل مؤثر بر روی انتخاب پمپ

پمپ‌های مورد استفاده در اسپری درایر (خشک‌کن پاششی) باید قدرت بالایی داشته باشند. عوامل تأثیرگذار بر روی انتخاب پمپ عبارت‌اند از:

به طور معمول در اسپری درایرها (خشک کن های پاششی) از پمپ های دیافراگمی و پیستونی استفاده می شود (شکل ۲۰)



پمپ پیستونی



پمپ دیافراگمی

شکل ۲۰

افزایش یا کاهش چگالی دوغاب چه تأثیری بر موارد ذکر شده در جدول زیر دارد؟

فکر کنید



جدول ۳

گرفتگی افشانک	فرسایش پمپ	اندازه گرانول	گرانروی دوغاب	
				افزایش چگالی دوغاب
				کاهش چگالی دوغاب

## تأمین کننده هوای داغ

در دستگاه اسپری درایر (خشک کن پاششی)، هوای داغ تأمین شده توسط مشعل می تواند به صورت مستقیم وارد محفظه شود یا توسط مبدل های حرارتی به صورت غیرمستقیم جداره محفظه را گرم کند. در صنعت سرامیک هوای داغ با دمای بین ۴۵۰ تا ۸۰۰ درجه سلسیوس به صورت مستقیم تأمین می شود. از مکانیزم تأمین هوای داغ به صورت غیرمستقیم برای مواد حساس به حرارت مانند مواد غذایی، دارویی، رنگ ها و دیگر مواد افزودنی استفاده می شود.



تأمین سوخت و شعله

شکل ۲۱- تأمین کننده هوای داغ

مجموعه اسپری کننده شامل یک یا چند افشانک است که برای تبدیل دوغاب به قطرات کوچک استفاده می شود.

فکر کنید



در هر یک از تصاویر زیر از چه روشی برای پخش کردن قطرات استفاده شده است؟



پ



ب



الف



ج



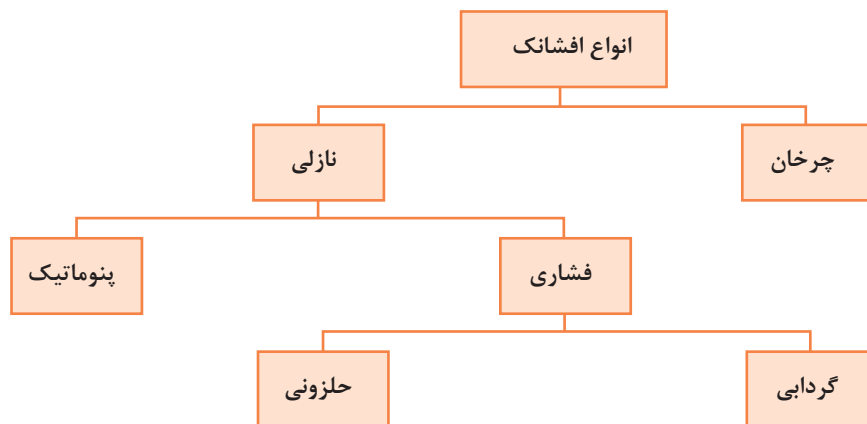
ث



ت

شکل ۲۲

انواع افشانک به دو دسته کلی چرخان و نازلی تقسیم می شوند. در نوع چرخان، دوغاب از دریچه های یک محفظه در حال چرخش، در اثر نیروی گریز از مرکز به بیرون پخش می شود در حالی که دوغاب در نوع نازلی آن، تحت فشار، از یک روزنه به بیرون پخش می شود.



نمودار ۵- انواع افشانک ها



شکل ۲۳- افشانک چرخان

دوغاب در افشانک‌های نازلی از نوع فشاری، تحت فشار بالا از روزنه نازل اسپری می‌شود، در حالی که در افشانک‌های نوع پنوماتیک، به کمک هوای فشرده اسپری می‌شود. تأمین فشار بالای دوغاب در افشانک‌های نوع نازلی با کمک پمپ‌های بسیار قوی مقدور است که هزینه تعمیر و نگهداری زیادی دارد.



شکل ۲۵- افشانک نازلی نوع گردابی

شکل ۲۴- افشانک نازلی نوع حلزونی

انتخاب نوع افشانک بر اساس خصوصیات دوغاب، خواص گرانول موردنظر، ابعاد و نوع خشک کن و میزان انرژی مصرفی صورت می‌پذیرد.



شکل ۲۶- افشانک نازلی نوع پنوماتیک





مزایا و معایب مربوط به انواع افشانک‌های چرخان و نازلی به طور کلی به صورت زیر است:

جدول ۴

افشانک	مزایا	معایب
چرخان	فشار کم انسداد و گرفتگی کم خوردگی و فرسایش کم مناسب برای دوغاب‌های با گرانروی بالا	توزیع اندازه گرانول گسترده نیاز به محفظه خشک‌کن با قطر زیاد
نازلی	توزیع اندازه گرانول باریک مناسب برای دوغاب‌های با چگالی کم	هزینه تعمیر و نگهداری بالا انسداد زیاد نیاز به محفظه خشک‌کن با ارتفاع زیاد

چه نوع افشانکی در اسپری درایر (خشک‌کن پاششی) با جریان ناهمسو مناسب‌تر است؟ چرا؟

فکر کنید



در هر یک از انواع افشانک‌ها، افزایش هر یک از عوامل مؤثر چه تأثیری بر اندازه گرانول دارد؟

فعالیت  
کلاسی



جدول ۵

افشانک	افزایش عوامل مؤثر	اندازه گرانول
چرخان	سرعت چرخش	
	اندازه دریچه‌ها	
نازلی	فشار دوغاب یا هوا	
	قطر نازل یا حلزونی	

افشانک‌های نازلی متداول‌ترین نوع افشانک در اسپری درایر (خشک‌کن پاششی) است. به طور کلی این افشانک‌ها در مقایسه با افشانک‌های چرخان، گرانول ریز با توزیع اندازه باریک‌تر و جریان‌یابی مناسب‌تر تولید می‌کند.

برای افزایش ظرفیت تولید دستگاه اسپری درایر (خشک‌کن پاششی) از چندین نازل به صورت حلقه‌ای در کنار هم استفاده می‌شود.

نکته





شکل ۲۷- چیدمان چندین افشانک نازلی در یک اسپری درایر (خشک کن پاششی)

از افشانک‌های نازلی بیشتر در صنعت سرامیک استفاده می‌شود، در حالی که افشانک‌های چرخان، در صنعت داروسازی کاربرد بیشتری دارند.

نکته



## محفظه خشک کن

فرایند اسپری کردن، خشک شدن قطرات دوغاب و تبدیل شدن به گرانول در محفظه اسپری درایر (خشک کن پاششی) انجام می‌شود.



شکل ۲۸- محفظه اسپری درایر (خشک کن پاششی)

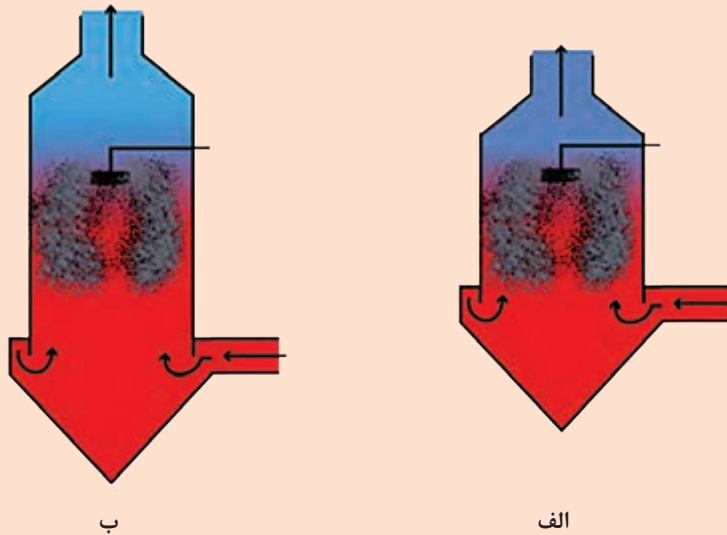
تعیین قطر و ارتفاع محفظه خشک کن بر اساس دو معیار است:

- ۱ محفظه باید فضای مناسب را برای تأمین زمان تماس کافی بین قطرات دوغاب و هوای داغ داشته باشد.
- ۲ تمام قطرات باید قبل از اینکه با سطح محفظه خشک کن تماس یابند، به اندازه کافی خشک شده باشند.

فکر کنید



با در نظر گرفتن ارتفاع محفظه خشک‌کن درصد رطوبت گرانول‌های به دست آمده را در دو حالت زیر مقایسه کنید.

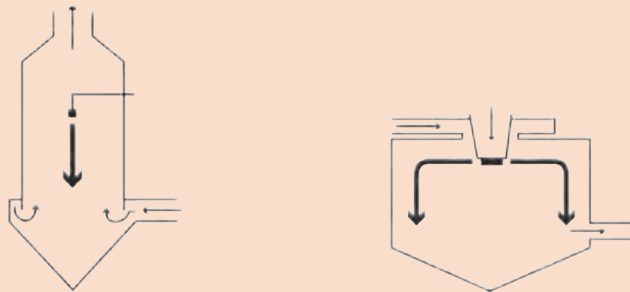


شکل ۲۹

نکته



در افشانک‌های چرخان، محفظه خشک‌کن باید قطر بزرگ‌تر و ارتفاع کمتری داشته باشد، در حالی که در افشانک نازلی به شرایطی خلاف این نیاز است.



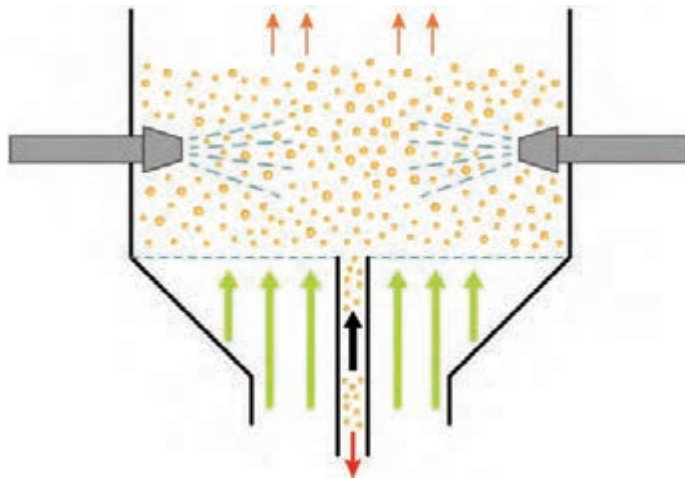
شکل ۳۰- اسپری درایر (خشک‌کن پاششی) با افشانک چرخان      شکل ۳۱ اسپری درایر (خشک‌کن پاششی) با افشانک نازلی

فکر کنید



چرا در صورت استفاده از افشانک‌های چرخان باید از محفظه‌ای با قطر زیاد و ارتفاع کم استفاده کرد؟

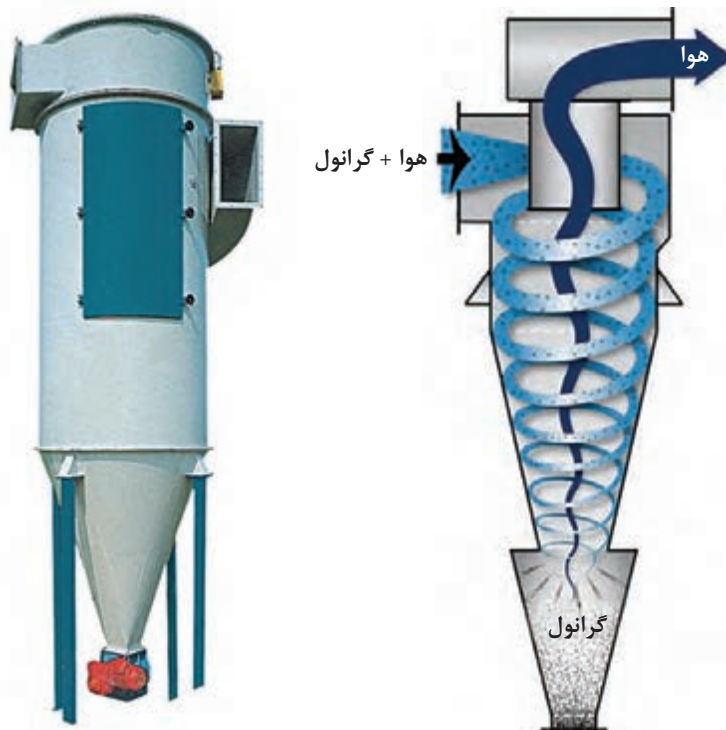
محفظه خشک‌کن در اسپری درایرها (خشک‌کن‌های پاششی) معمولاً عمودی است. افشانک‌ها و محل ورودی هوای داغ نیز می‌تواند بالا یا پایین و حتی از اطراف محفظه باشد.



شکل ۳۲

## سیکلون

هوای گرم خارج شده از اسپری درایر (خشک کن پاششی) حاوی برخی از ذرات ریز خشک شده است که باید جدا شوند. برای دستیابی به این هدف از سیستم سیکلون، که نحوه کارکرد آن بر اساس نیروی گریز از مرکز است، استفاده می شود.



شکل ۳۳- سیکلون برای تفکیک گرانول و ذرات معلق در هوا

بازده کاری سیکلون‌ها به مخلوط ورودی (پودر و هوا) و ابعاد ذرات بستگی دارد و می‌تواند تا حدود ۹۵ درصد ذرات را از هوا تفکیک کند. سیستم تولید گرانول با رطوبت زیر ۱۰ درصد ساده‌ترین نوع اسپری درایر (خشک‌کن پاششی)، در یک مرحله است.

آیامی‌دانید



در برخی مواد حساس به دما، می‌توان از دو مرحله برای خشک کردن استفاده کرد. بدین ترتیب که درصد رطوبت گرانول خروجی از اسپری درایر (خشک‌کن پاششی) بیشتر از ۱۰ درصد بوده و کاهش آن در خشک‌کن‌های دیگر و در مدت زمان‌های طولانی‌تر انجام می‌پذیرد.

## عوامل مؤثر بر اندازه گرانول

عوامل مختلفی باعث تغییر کیفیت و تغییر اندازه گرانول‌ها می‌شود. در زیر مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر روی اندازه گرانول‌ها ذکر شده است.



نمودار ۶- عوامل مؤثر بر اندازه گرانول‌ها

## نکات مهم در فرایند گرانول سازی

- ۱ بهتر است دوغابی که به مدت ۲۴ ساعت کهنه شده است توسط پمپ به اسپری درایر (خشک کن پاششی) فرستاده شود.
- ۲ دوغاب توسط لوله‌هایی به افشانک‌ها منتقل می‌شود که دارای ۶، ۸ یا ۱۲ لنس است.
- ۳ دمای هوای داغ ورودی به اسپری درایر (خشک کن پاششی) ۴۰۰ تا ۷۰۰ درجه سلسیوس است.
- ۴ باید دقت کرد شیر فلکه لنس‌ها هنگام روشن کردن اسپری درایر (خشک کن پاششی) به‌طور متقارن باز شوند.
- ۵ دمای هوای خروجی ۱۱۵-۱۲۰ درجه سلسیوس است.



شکل ۳۴- لنس‌های متصل به لوله‌های اسپری درایر (خشک کن پاششی)

کاهش یا افزایش دمای هوای خروجی اسپری درایر (خشک کن پاششی) نشان‌دهنده چیست؟

تحقیق کنید



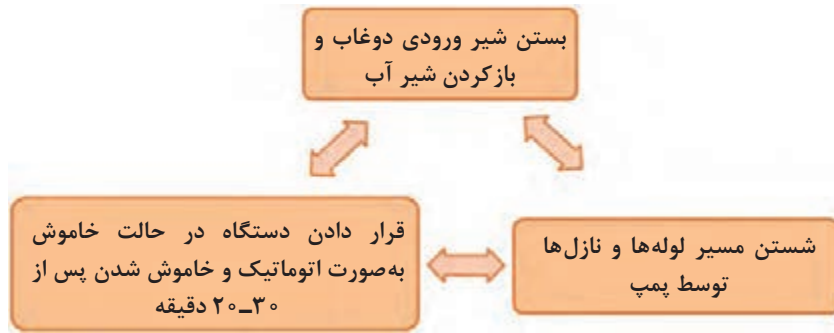
## راه‌اندازی اسپری درایر (خشک کن پاششی)

در زیر دستورالعمل کلی برای راه‌اندازی اسپری درایر (خشک کن پاششی) به صورت شماتیک شرح داده شده است:



## نحوه خاموش کردن اسپری درایر (خشک کن پاششی)

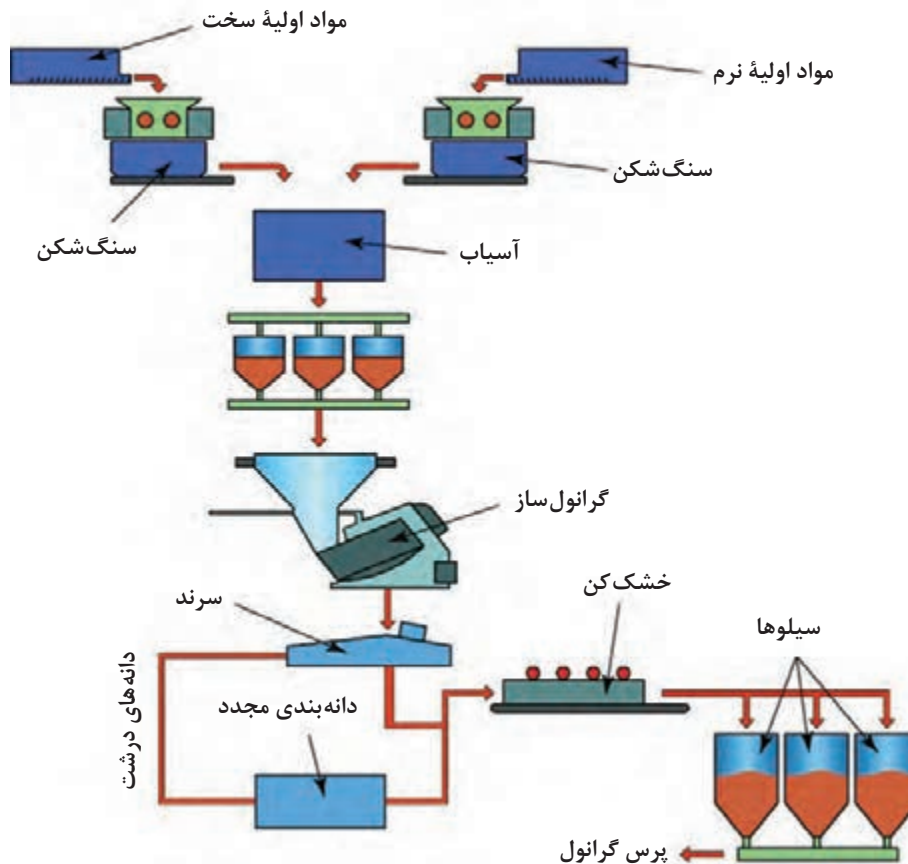
برای خاموش کردن اسپری درایر (خشک کن پاششی) نیز نکاتی را باید مدنظر داشت که عبارت‌اند از:



نمودار ۸

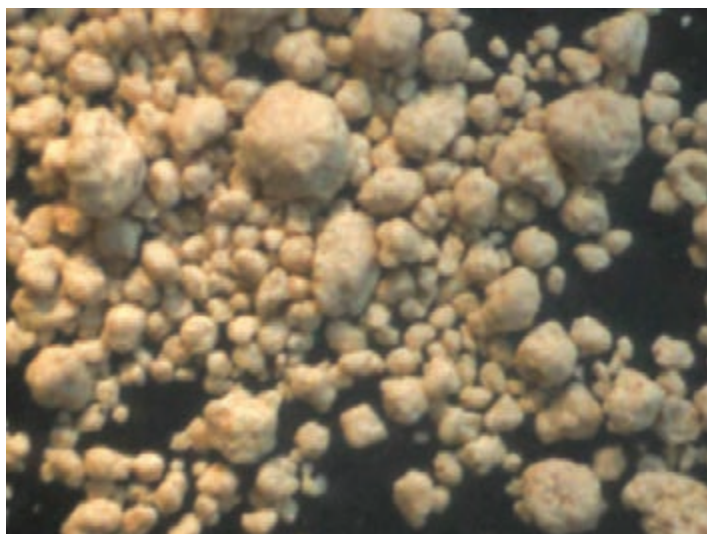
## گرانول‌سازی به روش خشک

با توجه به بحران آب و مسائل زیست‌محیطی، گرانول‌سازی به روش خشک توسعه یافته است. در این روش، گرانول با افزودن رطوبت به آمیز تولید می‌شود. گرانول‌سازی به روش خشک به طور شماتیک در شکل (۳۵) نشان داده شده است.



شکل ۳۵- گرانول‌سازی به روش خشک

گرانول‌های به‌دست آمده از روش خشک، ویژگی‌هایی مشابه با گرانول‌های به دست آمده از روش تر دارند. همان‌طور که در شکل (۳۶) مشاهده می‌کنید، گرانول‌های تولید شده با این روش تقریباً کروی شکل هستند.



شکل ۳۶- گرانول‌های تهیه شده به روش خشک

همچنین گرانول‌های تولید شده با این روش از نظر رفتار جریان‌یابی نیز شبیه به گرانول‌های تهیه شده به روش تر هستند.



شکل ۳۷- شکل رفتار جریان‌یابی گرانول‌های خشک (سمت چپ) و تر (سمت راست)

مقایسه انرژی و آب مصرفی در گرانول‌سازی به روش خشک و تر کاهش قابل ملاحظه آب و انرژی مصرفی مهم‌ترین مزیت گرانول‌سازی به روش خشک در مقایسه با روش تر است.





در جدول زیر این دو روش از نظر انرژی و مصرف آب با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

جدول ۶

واحد	روش خشک	روش تر	
انرژی مورد استفاده جهت آسیاب	۲۲	۲۵	کیلووات ساعت بر تن
انرژی مورد استفاده جهت خشک کردن	۱۱۶	۴۰۶	کیلووات ساعت بر تن
انرژی مورد استفاده برای گرانوله کردن	۱۹	-	کیلووات ساعت بر تن
مصرف انرژی کل	۱۵۷	۴۳۱	کیلووات ساعت بر تن
آب مصرفی	۹۵	۳۸۸	لیتر

## ارزیابی گرانول تولید شده

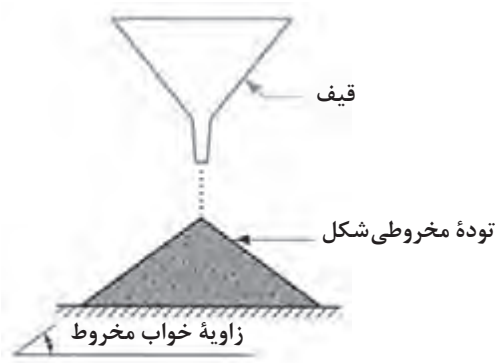
به‌طور معمول چهار آزمایش جهت بررسی کیفیت گرانول انجام می‌گیرد که عبارت‌اند از:

۱- درصد رطوبت: قابل محاسبه با وزن خشک و تر و یا با تجهیزات رطوبت‌سنجی است.

۲- چگالی: چگالی و چگالی انباشتگی گرانول‌ها تعیین می‌شود.

۳- توزیع اندازه ذرات: قابل ارزیابی با آزمون الک.

۴- جریان یابی: با ریختن مقدار مشخصی از پودر بر یک سطح صاف، توده‌ای مخروطی شکل تشکیل می‌شود. زاویه شیب سطح خارجی مخروط نسبت به سطح افق، به عنوان معیاری برای جریان یابی آن پودر در نظر گرفته می‌شود. این زاویه با عنوان زاویه خواب<sup>۱</sup> مخروط نام برده می‌شود و هرچه جریان یابی پودر بیشتر باشد، ذرات به سمت پایین جریان می‌یابند و زاویه خواب کمتر می‌شود.



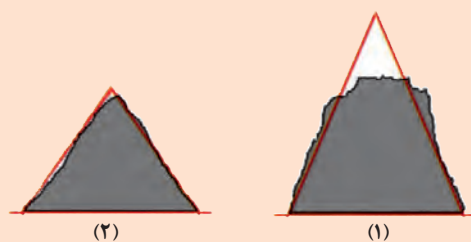
شکل ۳۸- آزمون مخروط برای مقایسه جریان یابی پودر

1- Angle of repose

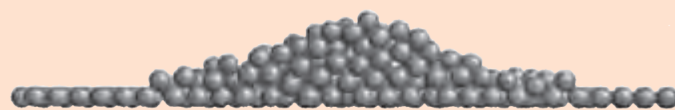
جدول ۷- رابطه زاویه خواب مخروط با جریان یابی

زاویه خواب مخروط	جریان یابی گرانول
۲۵-۳۰	بسیار زیاد
۳۱-۳۵	خوب
۳۶-۴۰	متوسط
۴۱-۵۵	قابل عبور از مجراها
>۵۵	ضعیف (نیاز به ویبره برای عبور یا تخلیه شدن)

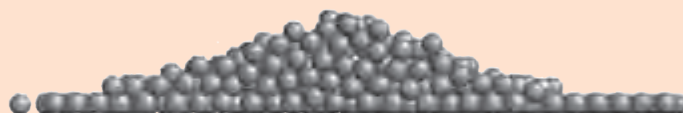
در شکل های ۳۹- الف و ب، کدام یک از مواد جریان یابی بهتری دارند؟



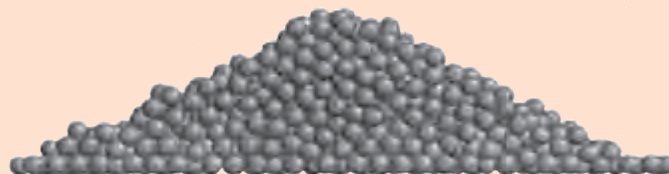
الف



(۱)



(۲)



(۳)

ب

شکل ۳۹

فعالیت  
کلاسی





### کار عملی ۱: گرانول سازی دستی

**مواد و ابزار:** مواد فرموله آماده و خشک ۵ کیلوگرم، آب شهری، آب فشان، سینی بزرگ، هاون بزرگ، سرتاس، الک مش های ۴۰ و ۶۰، سطل پلاستیکی دردار (یا کیسه پلاستیک ضخیم)، ترازو، کاردک، سفره یک بار مصرف، دستکش کار و ماسک تنفسی.

#### شرح فعالیت:

در این کار عملی هدف تهیه گرانول از مواد فرموله آماده با رطوبت ۱۰ درصد است.

۱ مقدار ۱ کیلوگرم آمیز خشک شده را در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس وزن کنید.  
۲ آب تقریبی مورد نیاز را برای افزودن به مواد به منظور رسیدن به رطوبت حدود ۱۰ درصد محاسبه و وزن کنید.

۳ مواد را روی سینی یا یک سطح تمیز با ضخامت کم (۱۰-۵ میلی متر) پهن کنید.

۴ آب وزن شده را با کمک آب فشان روی مواد خشک اسپری کنید.

۵ هنگام اسپری آب، مرتب مواد را با کاردک مخلوط و دوباره پهن کنید و همزمان آب را روی آن اسپری کنید تا آب تمام شود. (بهتر است اسپری آب به آرامی و با فرصت دادن جهت جذب توسط مواد انجام شود).

۶ روی مواد را با استفاده از یک پلاستیک بپوشانید و حدود دو ساعت به آن فرصت استراحت و جذب آب بدهید.

۷ بعد از گذشت زمان جذب آب اولیه، مواد را به ترتیب از الک های با مش ۴۰ و ۶۰ عبور دهید و با فشار آرام دست کمک کنید تا تمام کلوخه های به وجود آمده از الک عبور کنند. این عمل را برای بار دوم تکرار کنید.

۸ گرانول های تهیه شده را برای یکنواخت شدن رطوبت و همچنین کار عملی بعدی درون سطل دردار ریخته و در آن را ببندید و حداقل ۲۴ ساعت در محلی دور از نور آفتاب قرار دهید. (برای این بخش از کیسه پلاستیک هم می توان استفاده کرد).



۱ در هنگام کار از ماسک تنفسی و دستکش استفاده کنید.

۲ دقت کنید هنگام خرد کردن مواد خشک و الک کردن آن ها گردوغبار ایجاد نکنید.

۳ سعی کنید مرحله نرم کردن و الک کردن مواد را زیر هواکش هود با فیلتر مناسب انجام دهید.

۴ به هیچ عنوان برای عبور دادن مواد تر از الک، از ابزار نوک تیز و یا فلزی استفاده نکنید.



### کار عملی ۲: گرانول سازی دستی آلومینا

**مواد و ابزار:** آلومینا ۵ کیلوگرم، محلول آب حاوی ۵ درصد چسب، آب فشان، سینی بزرگ، هاون بزرگ، سرتاس، الک مش های ۳۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰، سطل پلاستیکی دردار (یا کیسه پلاستیک ضخیم)، ترازو، کاردک، سفره یک بار مصرف، دستکش کار و ماسک تنفسی.

### شرح فعالیت:

- هدف در این کار عملی تهیه گرانول آلومینا با رطوبت ۱۰ درصد است.
- ۱ ابتدا آگلومره‌های مواد را با استفاده از هاون خرد کنید و از الک مش ۶۰ یا ۸۰ عبور دهید. خرد کردن مواد را تا عبور همه مواد از الک ادامه دهید.
  - ۲ محلول آب حاوی ۵ درصد چسب موردنیاز را به منظور رسیدن به رطوبت حدود ۱۰ درصد محاسبه و وزن کنید.
  - ۳ مواد را روی سینی یا یک سطح تمیز با ضخامت کم (۱۰-۵ میلی متر) پهن کنید.
  - ۴ آب وزن شده را با کمک آب‌فشان، روی مواد خشک اسپری کنید.
  - ۵ در حین اسپری آب، به طور مرتب مواد را با کاردک مخلوط و دوباره پهن و هم‌زمان آب را روی آن‌ها اسپری کنید تا آب تمام شود (بهتر است اسپری آب به آرامی و با فرصت دادن جهت جذب توسط مواد انجام شود).
  - ۶ روی مواد را با استفاده از یک پلاستیک پوشانده و یک تا دو ساعت به آن فرصت دهید تا رطوبت آن جذب شود.
  - ۷ بعد از گذشت زمان اولیه جذب آب، مواد را به ترتیب از الک‌های درشت تا ریز (مش ۲۰، ۳۰ و ۴۰) عبور دهید و با فشار آرام دست کمک کنید تا تمام کلوخه‌های به وجود آمده از الک عبور کنند. این عمل را برای بار دوم و سوم تکرار کنید به طوری که گرانول‌هایی در سه دانه‌بندی به دست آید.
  - ۸ گرانول‌های تهیه شده را برای یکنواخت شدن رطوبت در سطل دَردار بریزد و در آن را ببندید و حداقل ۲۴ ساعت در محلی دور از نور آفتاب قرار دهید. (برای این بخش از کیسه پلاستیک هم می‌توان استفاده کرد).
  - ۹ بعد از طی زمان یکنواخت‌سازی رطوبت، در سطل را باز و گرانول‌ها را بررسی کنید در صورت آگلومره شدن یک بار دیگر از الک عبور دهید.
  - ۱۰ چگالی انباشتگی گرانول را اندازه‌گیری کنید.
  - ۱۱ ۱۰۰ گرم از گرانول را در یک دقیقه و از ارتفاع حدود ۱۵ سانتی‌متری بر روی سطحی صاف بریزید. زاویه خواب مخروط حاصل را اندازه‌گیری و با جدول مقایسه کنید.
  - ۱۲ به کمک پرس موجود در کارگاه، چند قطعه نمونه از گرانول‌های تولیدی تهیه کنید.

- ۱ در هنگام کار از ماسک تنفسی و دستکش استفاده کنید.
- ۲ دقت کنید هنگام خرد کردن مواد خشک و الک کردن آن گردوغبار ایجاد نکنید.
- ۳ سعی کنید مرحله نرم کردن و الک کردن مواد را در زیرهواکش (هود) با فیلتر مناسب انجام دهید.
- ۴ برای عبور دادن مواد تَر از الک، از ابزار نوک‌تیز و یا فلزی استفاده نکنید.

### کار عملی ۳: آزمایش مخروط برای تعیین جریان‌یابی پودر گرانول دستی

مواد و ابزار: گرانول آماده، دستکش کار، ماسک تنفسی، ترازو و قیف.

### شرح فعالیت:

- ۱ گرانول تولید شده دستی در کار عملی ۱ را، که درون سطل سرپوشیده نگه‌داری می‌شود، بررسی کنید و در صورت آگلومره شدن یک بار دیگر آن‌ها را از الک عبور دهید.
- ۲ ۱۰۰ گرم گرانول را در یک قیف ریخته و از ارتفاع حدود ۱۵ سانتی‌متری بر روی سطحی صاف بریزید. زاویه خواب مخروط حاصل را اندازه‌گیری کرده و با جدول مقایسه کنید.

نکات بهداشتی  
و ایمنی



فعالیت  
کارگاهی





### کار عملی ۴: تعیین درصد رطوبت پودر گرانول دستی

**مواد و ابزار:** گرانول آماده، دستکش کار، ماسک تنفسی، ترازو، بوته و دسیکاتور.

**شرح فعالیت:**

- ۱ گرانول تولید شده دستی در کار عملی ۱ را، که درون سطل سرپوشیده نگه‌داری می‌شود، بررسی کنید و در صورت آگلومره شدن یک بار دیگر آن‌ها را از الک عبور دهید.
- ۲ بوته‌ای را انتخاب و وزن خالی آن را با ترازو به دست آورید.
- ۳ ۱۰۰ گرم گرانول دستی تهیه شده را درون بوته ریخته و درون خشک‌کن قرار دهید.
- ۴ بعد از رسیدن به وزن ثابت، بوته را از خشک‌کن بیرون آورید و درون دسیکاتور قرار دهید تا سرد شود.
- ۵ بوته را وزن کرده و با کسر وزن بوته، وزن پودر خشک شده را یادداشت کنید.
- ۶ به کمک رابطه زیر، مقدار دقیق درصد رطوبت داخل گرانول را به دست آورید.

$$\text{درصد رطوبت گرانول} = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن تر}} \times 100$$



### کار عملی ۵: تعیین چگالی انباشتگی پودر گرانول دستی

**مواد و ابزار:** گرانول آماده، دستکش کار، ماسک تنفسی، ترازو، پیکنومتر، خط‌کش و بشر.

**شرح فعالیت:**

- ۱ گرانول تولید شده دستی در کار عملی ۱ را، که درون سطل سرپوشیده نگه‌داری می‌شود، بررسی کنید و در صورت آگلومره شدن یک بار دیگر آن‌ها را از الک عبور دهید.
- ۲ پیکنومتر فلزی خشک را وزن کرده و مقدار آن را یادداشت کنید.
- ۳ پودر گرانول را درون پیکنومتر بریزید و بعد از پر شدن پیکنومتر سطح گرانول درون آن را با خط‌کش صاف کنید.
- ۴ پیکنومتر حاوی پودر گرانول را وزن کنید. با کسر کردن وزن پیکنومتر فلزی خالی از وزن به دست آمده، وزن پودر به دست می‌آید.
- ۵ برای محاسبه چگالی انباشتگی، وزن ماده را بر حجم پیکنومتر تقسیم و با چگالی پودر گرانول صنعتی مقایسه کنید.



### کار عملی ۶: تعیین دانه‌بندی با الک به روش خشک

**مواد و ابزار:** ترازو، الک در مش‌های مختلف (۳۰، ۵۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰)، زیرالک (سینی)، دستگاه لرزاننده شیکر و گرانول دستی.

**شرح فعالیت:**

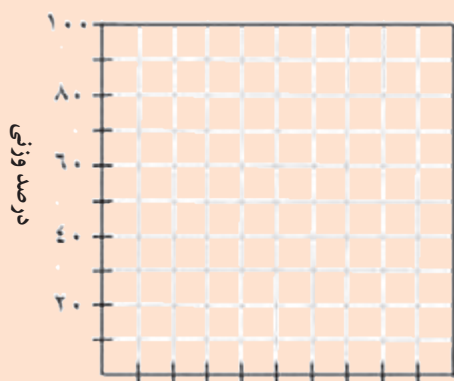
- ۱ ابتدا گرانول را به مدت ۲ ساعت درخشک‌کن قرار دهید.
- ۲ الک‌ها را با رعایت نکات ذکر شده روی یکدیگر بچینید. ۱۰۰ گرم گرانول وزن کنید و روی مجموعه الک‌ها بریزید. در زیر ریزترین الک، زیرالک یا سینی قرار می‌گیرد.

**نکته:** دقت کنید که الک‌های مورد استفاده خشک و تمیز باشند. وزن الک‌ها و سینی را قبل از استفاده یادداشت کنید. به نظر شما این کار چه کمکی به شما خواهد کرد؟  
 ۳ دستگاه الک را به مدت ۱۰ دقیقه روشن کنید. در صورت عدم دسترسی به لرزاننده مکانیکی مراحل را به صورت دستی انجام دهید و جدول را تکمیل کنید.

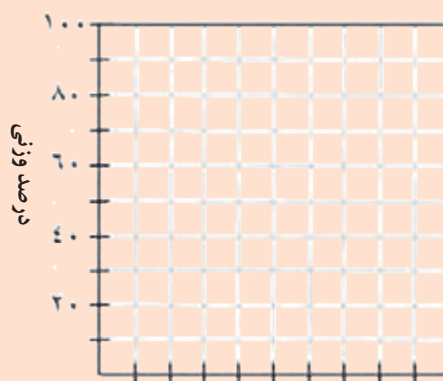
جدول ۸

کف الک	روزنه الک	وزن باقی مانده	درصد باقی مانده	درصد عبوری	درصد تجمعی
۱۲					
۲۰					
۳۰					
۵۰					
۱۰۰					
۱۲۰					
کف الک					

نمودار درصد باقی مانده و درصد عبوری از هر الک را برحسب اندازه منفذ الک رسم کنید.



اندازه دانه



اندازه دانه



**کار عملی ۷: تعیین چگالی انباشتگی پودر گرانول تولید شده با دستگاه اسپری درایر (خشک‌کن پاششی)**

**مواد و ابزار:** گرانول ۲۰۰ گرم، دستکش کار، ماسک تنفسی، ترازو، پیکنومتر، خط‌کش و بشر.  
**شرح فعالیت:**

- ۱ وزن پیکنومتر فلزی خشک را یادداشت کنید.
- ۲ پودر گرانول را درون پیکنومتر بریزید و بعد از پر شدن پیکنومتر سطح گرانول درون آن را با خط‌کش صاف کنید.
- ۳ پیکنومتر حاوی پودر گرانول را وزن کنید. با کسر کردن وزن پیکنومتر فلزی خالی از وزن به دست آمده، وزن پودر به دست می‌آید.
- ۴ برای محاسبه چگالی انباشتگی، وزن ماده موردنظر را بر حجم پیکنومتر تقسیم کنید و نتیجه را با چگالی پودر گرانول صنعتی و گرانول دستی مقایسه کنید.



**کار عملی ۸: مشاهده شکل گرانول زیر میکروسکوپ چشمی**

**مواد و ابزار:** گرانول دستی و گرانول تولید شده با دستگاه اسپری درایر (خشک‌کن پاششی)، دستکش کار، ماسک تنفسی و میکروسکوپ چشمی.

**شرح فعالیت:**

- ۱ مقداری گرانول دستی را روی یک کاغذ سفید بریزید و زیر لنز میکروسکوپ قرار دهید. شکل گرانول با تاباندن نور لامپ از کنار و تنظیم دوربین چشمی قابل دیدن است.
- ۲ مقداری گرانول تولید شده را با دستگاه اسپری درایر (خشک‌کن پاششی) روی یک کاغذ سفید بریزید و زیر لنز میکروسکوپ قرار دهید. شکل گرانول با تاباندن نور لامپ از کنار و تنظیم دوربین چشمی قابل دیدن است.
- ۳ به کمک دوربین از تصاویر عکس برداری کنید.

## ارزشیابی نهایی شایستگی گرانول سازی

<b>شرح کار:</b> ۱- آماده سازی اسپری درایر (خشک کن پاششی)؛ ۲- تغذیه مواد؛ ۳- کنترل مشعل و نازل و سیستم پمپاژ؛ ۴- تهیه و جمع آوری گرانول؛ ۵- کنترل دانه بندی گرانول.			
<b>استاندارد عملکرد:</b> گرانول سازی بر اساس ابعاد، شکل، رطوبت و دانه بندی مورد نیاز تولید قطعه سرامیکی.			
<b>شاخص ها:</b> - آماده سازی اسپری درایر (خشک کن پاششی)؛ - تولید گرانول مناسب با توجه به ملاک های مورد نظر از لحاظ دانه بندی، توزیع دانه و درصد رطوبت. - کنترل دانه بندی گرانول از لحاظ توزیع اندازه دانه، شکل ذرات و آگلومره بودن پودرها.			
<b>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</b> مکان : کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی. ابزار و تجهیزات: دستگاه اسپری درایر (خشک کن پاششی)، انواع نازل، هیدروسیکلون، انواع الک، دستگاه خشک کن.			
<b>معیار شایستگی:</b>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی اسپری درایر (خشک کن پاششی) و تغذیه مواد	۲	
۲	تولید و جمع آوری گرانول	۱	
۳	دانه بندی و کنترل گرانول تولیدی از لحاظ ابعاد، شکل و رطوبت	۲	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب	۲	
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.





## پودمان ۵

### پرس پودر



پرس پودر یکی از روش‌های شکل‌دهی محصولات سرامیکی است. مهم‌ترین ویژگی بدنه‌های سرامیکی پرس شده شامل دقت ابعادی، استحکام و چگالی بالا است. سرعت تولید زیاد و کاهش هزینه‌ها باعث کاربرد گسترده این روش در صنایع سرامیک شده است.

## واحد یادگیری ۵

### شایستگی پرس پودر

#### آیا تا به حال پی برده‌اید

- ۱ قرص‌های خوراکی و دارویی چگونه شکل داده می‌شوند؟
- ۲ چگونه می‌توان مواد اولیه به شکل گرانول را به قطعه تبدیل کرد؟
- ۳ چه عواملی بر تولید قطعه به روش پرس مؤثر است؟

هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت به‌کارگیری تجهیزات پرس برای ساخت محصولات سرامیکی است. همچنین آشنایی با مراحل فرایند پرس، عیوب و عوامل تأثیرگذار بر کیفیت محصول در این واحد در نظر گرفته شده است.

#### استاندارد عملکرد

تولید قطعه به روش پرس پودر با استفاده از پرس‌های دستی و نیمه اتوماتیک مطابق با ابعاد، چگالی و ظاهر موردنظر.

## پرس پودر

آیا می‌دانید قرص‌های دارویی و قندهای حبه به چه روشی شکل‌دهی می‌شوند؟



شکل ۱

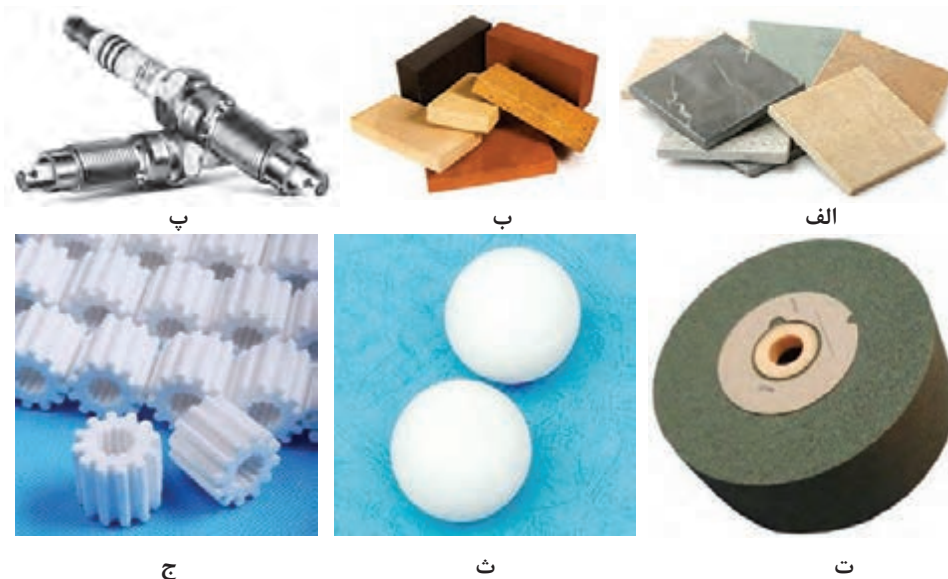
آیا می‌توان بدنه‌های سرامیکی را با استفاده از مخلوط مواد اولیه به صورت پودر و با رطوبت کم، شکل‌دهی کرد؟ می‌دانید که پلاستیسیته یکی از عوامل مهم در شکل‌دهی برخی از بدنه‌های سرامیکی است. اگر مقدار رطوبت آمیز کمتر از محدوده پلاستیک باشد، آمیز حاصل به سادگی شکل‌پذیر نخواهد بود.

راهکار مناسبی برای شکل‌دهی آمیزی، که دارای رطوبت کمتر از محدوده پلاستیک است، ارائه کنید.

فکر کنید



به تصاویر شکل (۲) نگاه کنید. این بدنه‌های سرامیکی با یکی از روش‌های رایج شکل‌دهی سرامیک به نام «پرس پودر» شکل داده شده‌اند. در این روش شکل‌دهی، پودر درون یک قالب با شکل مشخص ریخته می‌شود سپس با اعمال فشار متراکم شده و شکل قالب را به خود می‌گیرد.



ج

ث

ت

شکل ۲- بدنه‌های سرامیکی شکل داده شده به روش پرس پودر

بسیاری از قطعات سرامیکی مانند کاشی‌ها، آجرهای دیرگداز، دیسک ساینده، چینی شمع اتومبیل، گلوله سرامیکی و کاتالیست‌های مورد مصرف در صنایع نفت و گاز با روش پرس پودر تولید می‌شوند. علاوه بر صنعت سرامیک، در صنایع چوب برای تولید ورق نئوپان و در صنعت متالورژی برای ساخت چرخ‌دنده ساعت نیز از پرس پودر برای شکل‌دهی استفاده می‌شود.



ب) چرخ دنده ساعت



الف) ورق نئوپان

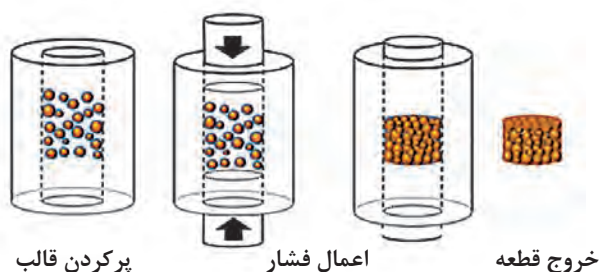
شکل ۳

ابعاد قطعات سرامیکی، که به روش پرس پودر تولید می‌شوند، از قطر چند میلی‌متر برای قطعات الکترونیکی تا قطر ۲ متر برای دیسک‌های ساینده سیلیکون کاربایدی متغیر است.

نکته



فرایند شکل‌دهی قطعات سرامیکی با روش پرس را می‌توان به طور کلی به سه مرحله تقسیم کرد:



شکل ۴- مراحل شکل‌دهی به روش پرس پودر

## آماده‌سازی مواد اولیه برای پرس

آماده‌سازی مواد اولیه برای پرس، با توجه به نوع محصولات، متفاوت بوده و به دو صورت زیر انجام می‌شود:

- ۱ تهیه گرانول توسط اسپری درایر (خشک‌کن پاششی) یا دیگر تجهیزات گرانول‌سازی؛
  - ۲ تهیه مخلوطی از مواد اولیه با اندازه ذرات درشت، متوسط و ریز همراه با افزودنی‌ها توسط میکسر.
- در شکل (۵) چند محصول سرامیکی بر اساس روش آماده‌سازی مواد اولیه نشان داده شده است.



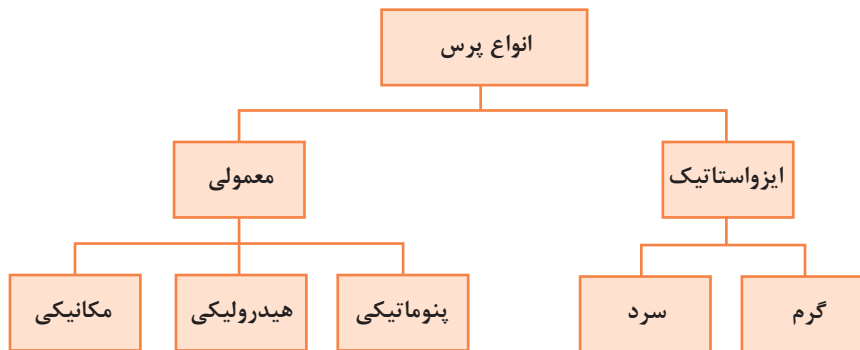
شکل ۵- محصولات سرامیکی

اندازه ذرات یا گرانول ورودی پرس، از چند میکرون تا چند میلی متر می تواند متغیر باشد.

نکته



## تقسیم بندی انواع پرس



نمودار ۱

## پرس معمولی

در این نوع پرس، معمولاً از یک یا دو جهت به آمیز در داخل قالب نیرو وارد می شود تا به شکل موردنظر متراکم شود.

نیروی اعمالی می تواند به صورت مکانیکی (دستی یا موتور الکتریکی)، هیدرولیکی (روغن هیدرولیک) یا پنوماتیکی (هوای فشرده) تأمین شود.

پرس های معمولی انواع متنوعی دارند که شامل دو دسته اصطکاکی و ضربه ای هستند.



### پرس اصطکاکی

پرس اصطکاکی یکی از قدیمی‌ترین روش‌های پرس پودر از نوع مکانیکی است. این پرس از یک پیچ بزرگ و یک چرخ اصطکاکی تشکیل شده است. در اثر اصطکاک بین چرخ و دیسک‌ها، پیچ به سمت پایین یا بالا حرکت می‌کند و عمل پرس‌کاری انجام می‌شود. این روش برای تولید موزائیک، آجر نما و دیرگداز به کار می‌رود.

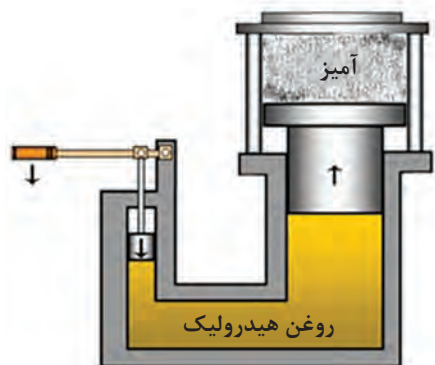


شکل ۶- پرس اصطکاکی

### پرس ضربه‌ای

این پرس‌ها پنوماتیک بوده و برای شکل‌دهی قطعات کوچک مانند جرقه‌زن لوازم گازسوز استفاده می‌شود و سرعت تولید بالایی دارد.

## پرس هیدرولیک



شکل ۷- عملکرد پرس هیدرولیکی

در پرس‌های هیدرولیک فشار توسط یک پمپ به روغن هیدرولیک اعمال شده و سپس از روغن به پیستون منتقل می‌شود. در نهایت سنبله متصل به پیستون، پودر یا آمیز داخل قالب را متراکم می‌کند.

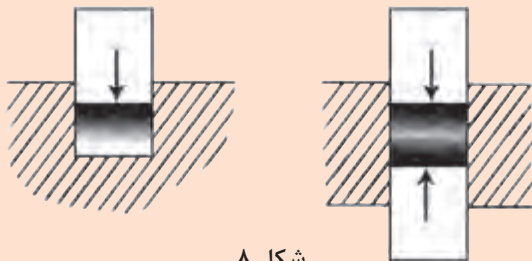


دمای محیط بر عملکرد پرس هیدرولیکی چه اثری دارد؟

پرس هیدرولیک به دو صورت تک‌محور و دومحور وجود دارد.



۱- کدام یک از پرس‌های زیر تک‌محور و کدام یک دومحور است؟



شکل ۸

۲- مزیت پرس دومحور نسبت به تک‌محور چیست؟



پ



ب



الف

شکل ۹- الف) پرس هیدرولیک تک‌محور مورد استفاده در صنعت کاشی و سرامیک (ب) پرس هیدرولیک تک‌محور برای تولید آجرهای دیرگذا (پ) پرس هیدرولیک دومحور برای تولید آستر آلومینایی

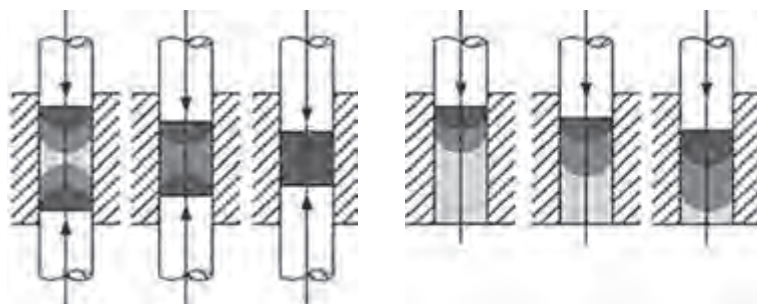
بیشترین فاصله‌ای را که پیستون یا سنبه می‌تواند جابه‌جا شود کورس<sup>۱</sup> پرس می‌گویند.

پرس‌های صنعت تولید کاشی به دلیل ضخامت کم محصولات از کورس کوتاهی برخوردارند، درحالی‌که پرس‌های صنعت دیرگداز به دلیل ضخامت زیاد محصولات، کورس بلندتری دارند.

نکته



در پرس تک‌محور، تراکم یا چگالی در لایه‌های زیرین قطعه، کمتر از لایه‌های بالایی است. یکنواختی تراکم قطعات در پرس دومحور افزایش می‌یابد.



ب) پرس دومحور

الف) پرس تک‌محور

شکل ۱۰- تفاوت تراکم در راستای پرس تک‌محور و دومحور

مقدار نیرو در پرس هیدرولیک از چند کیلوگرم نیرو تا ده هزار تن نیرو متغیر است. یک کیلوگرم نیرو معادل ۱۰ نیوتن است.

نکته



در جدول (۱) فشار و نیروی پرس‌کاری چند قطعهٔ سرامیکی مقایسه شده است. طبق مثال حل شده مقدار نیرو را محاسبه و جدول را تکمیل کنید.

فعالیت کلاسی



جدول ۱- مقایسهٔ فشار و نیروی پرس‌کاری چند قطعهٔ سرامیکی

تن نیرو (tonf)	کیلوگرم نیرو (kgf)	فشار پرس‌کاری (kgf/cm <sup>۲</sup> )	تعداد حفره*	ابعاد قطعه خام (cm)	
		۲۵۰	۴	۳۰×۶۰	کاشی دیوار
		۴۰۰	۲	۴۳×۸۶	پرسلان
		۲۰۰۰	۱	۲۵×۳۷/۵	آجر دیرگداز سلیکون کاربید
		۱۰۰۰	۲	۲۰×۲۲	آجر دیرگداز منیزیت- کرومیت
۳۰۲/۴	۳۰۲۴۰۰	۷۰۰	۲	۱۸×۱۲	آستر آلومینایی بال میل

\* حفره: معمولاً برای افزایش میزان تولید قطعه در هر ضربهٔ پرس، در یک قالب یک یا چند حفره طراحی می‌شود.





شکل ۱۱- پرس با قالب حاوی ۸ حفره

مثال: برای رسیدن به خواص مطلوب در آستر آلومینایی لازم است فشاری معادل  $700 \text{ kgf/cm}^2$  بر قطعه وارد شود. اگر ابعاد خام قطعه  $12 \times 18$  سانتی متر باشد و در هر مرحله پرس کاری ۲ قطعه پرس شود، مقدار نیروی مورد نیاز را محاسبه کنید.

راه حل:

$$\begin{aligned} \text{مساحت سطح یک قطعه} &\Rightarrow 12 \times 18 = 216 \text{ cm}^2 \\ 216 \times 700 \times 2 &= 302400 \text{ kgf} = 302/4 \text{ tonf} \end{aligned}$$

مشخصات یک پرس  $7500$  تن نیرو که در صنعت کاشی استفاده می شود:

جدول ۲- مشخصات پرس هیدرولیک

بیشترین نیروی پرس کاری (پیستون بالا)	$7500$ تن نیرو
بیشترین نیروی خارج سازی قطعه پیستون پایین	$15$ تن نیرو
بیشترین تعداد سیکل در دقیقه (در عمل کمتر است)	$15$
وزن پرس	$175$ تن
قدرت موتور	$212$ کیلووات

با این پرس می توان سرامیک های پرسلانی با ابعاد  $160 \times 80$  سانتی متر با فشار پرس کاری  $400 \text{ kgf/cm}^2$  تولید کرد.

اگر بازده یک پرس هیدرولیک  $7500$  تن - نیرو  $90$  درصد باشد، بزرگ ترین قطعه خام مربعی شکلی که بتوان در قالب تک حفره ای تولید کرد چقدر است؟ فشار پرس کاری را  $400 \text{ kgf/cm}^2$  فرض کنید. این مسئله را در مورد یک قالب دو حفره ای حل کنید.

آیا می دانید



فعالیت  
کلاسی

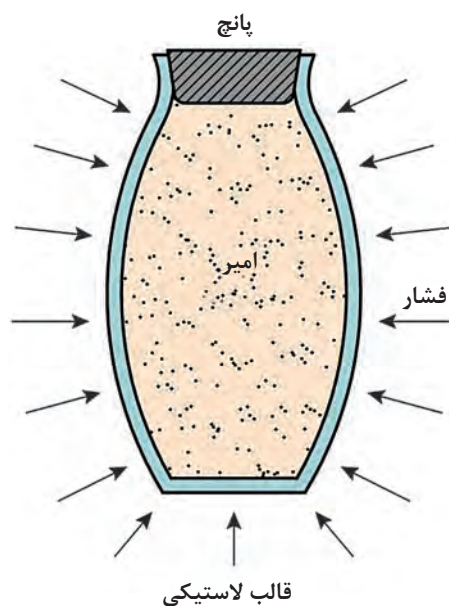




برای افزایش یکنواختی تراکم قطعه در تمامی جهات چه پیشنهادی دارید؟

## پرس ایزواستاتیک

طبق قانون پاسکال، اگر به یک سیال نیرو وارد شود آن سیال نیرو را در همه جهات به طور یکسان منتقل می‌کند. از این قانون در پرس ایزواستاتیک استفاده می‌شود تا با اعمال نیروی فشاری یکنواخت، تراکم پودر در تمامی جهات یکسان شود. این نوع پرس به صورت سرد یا گرم انجام می‌شود.



شکل ۱۲- مبنای کار پرس ایزواستاتیک

## پرس ایزواستاتیک سرد<sup>۱</sup>

در پرس ایزواستاتیک که فشار اعمالی از نوع هیدرواستاتیک است، به جای سنبه و قالب فلزی از قالبی با خاصیت الاستیک استفاده می‌شود. ابتدا قالب با آمیز پر و سپس داخل محفظه‌ای توسط یک سیال تحت فشار قرار داده می‌شود.

برای مثال در تولید گلوله‌های آلومینایی لازم است که فشار در تمامی جهات و به یک میزان اعمال شود و به همین دلیل از پرس ایزواستاتیک استفاده می‌شود. در غیر این صورت گلوله در حین کارکرد به طور غیریکنواخت ساییده می‌شود و راندمان آسیاب کاهش می‌یابد.

1- Cold Isostatic Pressing: (CIP)



شکل ۱۳- پرس ایزواستاتیک گلوله آلومینایی

در پرس‌های ایزواستاتیک یک محفظه فشار از جنس فولاد آلیاژی وجود دارد که داخل آن یک توری استیل قرار دارد و قالب‌های لاستیکی معمولاً از جنس پلی‌یورتان در داخل توری قرار می‌گیرد.



شکل ۱۴- قالب و پانچ پلی‌یورتانی جهت تولید گلوله

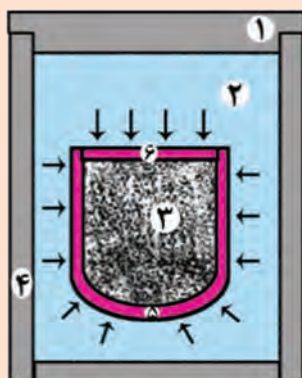
آب ارزان‌ترین سیال برای پرس ایزواستاتیک سرد است که برای جلوگیری از خوردگی تجهیزات به آن روغن‌های حل‌شونده و عوامل ضدفساد اضافه می‌کنند. سیال با فشار معین از تمام جهات به قالب‌های لاستیکی نیرو وارد می‌کند و پودر داخل قالب به‌طور یکنواخت متراکم می‌شود. با حذف فشار ایزواستاتیک، قالب به‌حالت اولیه خود برمی‌گردد و قطعه پرس شده از قالب خارج می‌شود.

## انواع پرس ایزواستاتیک سرد

### دستی<sup>۱</sup>

قالبها در محفظه فشار غوطه‌ور و رها هستند که پس از انجام فرایند پرس باید درپوش محفظه باز و قالب از داخل آب خارج شود. سرعت تولید کم است.

کاربرد: قطعات بزرگ مانند دیرگذاها



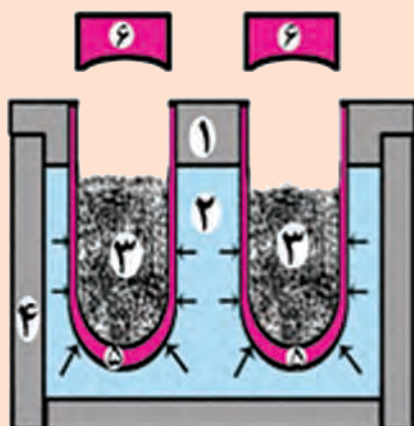
- ۱- درپوش محفظه فشار
- ۲- آب
- ۳- آمیز
- ۴- محفظه فشار
- ۵- قالب الاستیکی
- ۶- پانچ بالا

### اتوماتیک<sup>۲</sup>

در این نوع از پرس، قالبها در محفظه فشار جاسازی شده‌اند که پس از انجام پرس نیازی به خارج کردن قالب از محفظه نیست.

به صورت مکانیزه و اتوماتیک انجام می‌شود.

کاربرد: گلوله آلومینا و شمع ماشین



جدول ۳- مقدار فشار پرس چند محصول در پرس ایزواستاتیک سرد

مقدار فشار ( $\text{kgf/cm}^2$ )	نوع ماده یا محصول
۶۰۰۰-۷۰۰۰	پودر فلزی
۲۰۰۰-۳۰۰۰	پودر سرامیکی
۶۰۰	گلوله آلومینایی

یک پرس ایزواستاتیک ۲۰ تن - نیرو در هر مرحله از پرس می‌تواند ۴ گلوله آلومینایی اندازه ۶۰ میلی‌متر یا ۸ گلوله آلومینایی اندازه ۴۰ میلی‌متر پرس کند. در هر دقیقه ۸ گلوله اندازه ۶۰ یا ۱۶ عدد گلوله اندازه ۴۰ پرس می‌شود.

نکته



1- wetbag  
2- drybag



## روش‌های ویژه پرس

## ۱- پرس گرم

در این فرایند شکل‌دهی و پخت هم‌زمان انجام می‌شود. در اطراف قالب المان‌های حرارتی تعبیه شده است تا فرایند پرس کاری در دمای بالا انجام شود. در این روش دمای پخت کاهش می‌یابد و قطعه پس از پرس نیازی به پخت اضافی ندارد.

تراکم زیاد و تخلخل کمتر از مزایای این روش است.

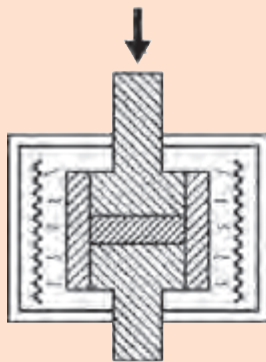
۲- پرس ایزواستاتیک گرم<sup>۱</sup>

در این روش پرس، قطعه پیش‌شکل داده شده را در محفظه‌ای تحت فشار و دمای بالا، که به‌طور هم‌زمان و یکنواخت بر سطوح قطعه اعمال می‌شود، قرار می‌دهیم.

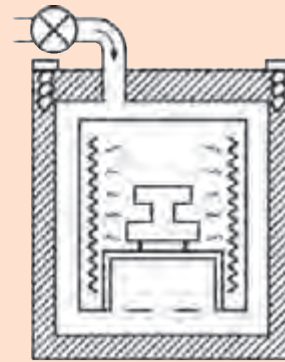
فشار بالا توسط یک گاز خنثی نظیر آرگون یا هلیوم اعمال می‌شود. فشار گاز با کمپرسور و به‌کمک انبساط حرارتی قابل کنترل است. دمای موردنیاز برای پرس ایزواستاتیک گرم با استفاده از المنت‌های الکتریکی تأمین می‌شود.

جدول ۴- محدوده دما و فشار در پرس ایزواستاتیک گرم

دما	۵۰۰ تا ۲۲۰۰ درجه سلسیوس
فشار	تا $20000 \text{ kgf/cm}^2$



(ب) پرس گرم



(الف) پرس ایزواستاتیک گرم

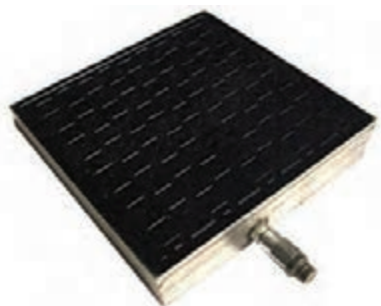
شکل ۱۵

## جنس سنبه (پانچ) و قالب

جنس قالب و سنبه با توجه به میزان سختی آمیز متغیر است. در صنعت دیرگداز از سنبه و قالب‌هایی استفاده می‌شود که از فولاد آلیاژی ساخته شده‌اند و اگر مواد

1- Hot Isostatic Pressing (HIP)

مصرفی، آلومینا یا سیلیکون کارباید باشد، برای افزایش سختی قالب، پوششی از جنس سخت مانند تنگستن کارباید روی سطح داخلی قالب‌ها اعمال می‌شود. در صنعت کاشی و سرامیک، قالب و سنبه از جنس آلیاژ مخصوص است و سنبه‌ها دارای آستری از جنس رزین بوده تا از چسبیدن آمیز به سطح سنبه جلوگیری کند. سنبه‌ها را تا دمای تقریبی ۴۰ تا ۵۰ درجه سلسیوس گرم می‌کنند تا چسبندگی گرانول به سنبه کاهش یابد. (شکل ۱۶ و ۱۷)



شکل ۱۷- سنبه



شکل ۱۶- قالب کاشی

برای پرس کاشی‌های با ابعاد بزرگ، جهت افزایش یکنواختی پرس چه راهکاری وجود دارد؟

فکر کنید



سایش سطوح داخلی قالب باعث ایجاد چه مشکلاتی می‌شود؟

تحقیق کنید



### روش چکش بادی

این روش برای تولید قطعات با اندازه بزرگ یا قطعاتی با تعداد کم به کار می‌رود و به همین دلیل سرعت تولید آن کم است. با استفاده از چکش بادی، دیرگدازها با اشکال ویژه (بلوک مشعل کوره) شکل داده می‌شوند. همچنین دیرگدازهای (جرم) مصرفی در کوره دوار فریت‌سازی و کوره‌های القایی (ذوب چدن) با چکش بادی کوبیده می‌شوند.

آیا می‌دانید



شکل ۱۸- چکش بادی و کوبه

## رطوبت در آمیز پرس

در فرایند پرس مواد سرامیکی، مقدار رطوبت با توجه به روش پرس کاری متغیر است:

### پرس تر

- در این روش آب موجود در گل مصرفی ۱۸-۱۲ درصد است.
- برای شکل‌های ساده مانند سفال‌های سقف، ظروف، مقره بشقابی به کار می‌رود.
- جنس قالب این پرس‌ها ممکن است فولادی یا گچی باشد.

### پرس نیمه خشک

- مقدار رطوبت موجود در آمیز ۹-۴ درصد است.
- برای شکل‌دهی بدنه‌هایی که در آمیز آن‌ها مقدار زیادی مواد رسی وجود دارد به کار می‌رود.
- ابتدا مواد اولیه مصرفی به شکل دوغاب و سپس به گرانول تبدیل می‌شود.
- این روش برای تولید قطعات با شکل ساده از قبیل دیرگذاها، سرامیک‌های الکتریکی، کاشی دیوار و کف به کار می‌رود.

### پرس خشک

- مقدار رطوبت موجود در آمیز ۴-۰ درصد است.
- برای شکل‌دهی قطعاتی که در آن‌ها مواد رسی وجود ندارد یا به مقدار بسیار کم وجود دارد، به کار می‌رود. بنابراین استفاده از چسب‌های آلی برای ایجاد استحکام در بدنه خام لازم است.
- آمیز مصرفی نیاز به آماده‌سازی و ساخت گرانول دارد.

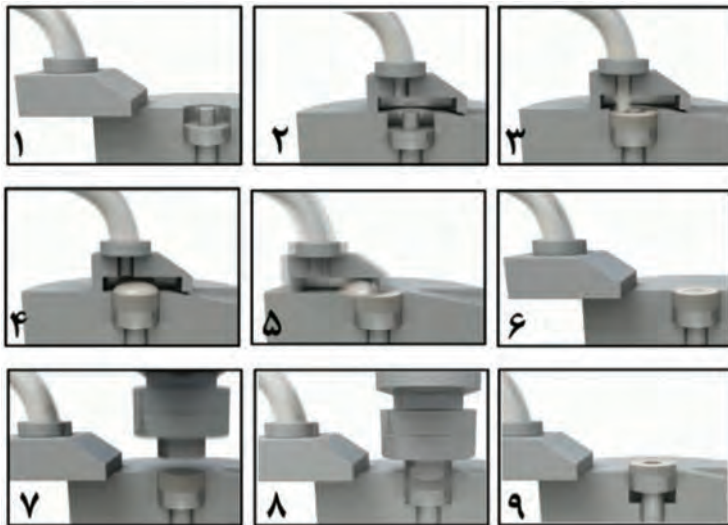
## مزایا و معایب روش پرس خشک

جدول ۵

با توجه به قابلیت اتوماتیک شدن و سرعت تولید بالا، برای تولید انبوه قطعات دارای صرفه اقتصادی است.	مزایا	پرس خشک
با توجه به رطوبت ناچیز، انقباض خشک قطعات بسیار کم است، بنابراین دقت ابعادی زیاد خواهد بود.		
در این روش، آمیز با پلاستیسیته کم هم قابلیت تولید دارد.	معایب	
با توجه به سایش قالب ناشی از آمیز خشک، هزینه تعمیرات و نگهداری قالب بالا است.		

## مراحل پرس قطعه

جدول ۶



مرحله	عنوان
۱	حرکت کشویی به جلو
۲	قرار گرفتن کشویی بر روی قالب
۳	پرس شدن کشویی
۴	پرس شدن قالب
۵	برگشت کشویی به عقب
۶	صاف شدن سطح پودر در قالب
۷	پایین آمدن سنبه
۸	فشار دادن پودر در قالب
۹	خروج قطعه

اعمال نیرو و افزایش تراکم آمیز قالب چندمرحله انجام می‌شود که در هر یک از آن‌ها فشار پرس به تدریج افزایش داده می‌شود. این مراحل شامل موارد زیر است:

- ۱ هواگیری برای خارج کردن هوای بین گرانول یا ذرات آمیز؛
- ۲ تغییر شکل گرانول یا ذرات آمیز؛
- ۳ شکستن و خرد شدن ذرات آمیز برای افزایش تراکم.

فکر کنید



اگر عمل هواگیری به درستی انجام نشود چه مشکلاتی در قطعه ایجاد می‌شود؟

نکته



برای تولید نسل جدید سرامیک‌ها و پانل‌های پرسلانی در ابعاد بزرگ  $3200 \times 1600 \text{ mm}$  برای اعمال فشار، به جای پرس هیدرولیک از غلتک‌ها استفاده می‌شود که به صورت پیوسته کار می‌کنند.

تراکم‌پذیری پودر از پارامترهای مهمی است که در فرایند پرس کاری باید در نظر گرفت.

$$\text{تراکم‌پذیری پودر} = \frac{\text{حجم مواد ریخته شده در قالب}}{\text{حجم قطعه}} = \frac{\text{ارتفاع مواد ریخته شده در قالب}}{\text{ضخامت قطعه}}$$





### کار عملی ۱: اندازه‌گیری تراکم‌پذیری گرانول

مواد و ابزار: گرانول، قالب، پرس، کولیس

شرح فعالیت:

- ۱ مقدار گرانول کاشی با رطوبت ۶ درصد و مقداری گرانول کاملاً خشک تهیه کنید.
- ۲ هریک از آمیزها را به صورت مجزا تا ارتفاع معینی در داخل قالب ریخته و با فشار  $250 \text{ kg/cm}^2$  پرس کنید.
- ۳ با اندازه‌گیری ارتفاع قطعه بعد از پرس، تراکم‌پذیری گرانول را محاسبه کنید.
- ۴ تراکم‌پذیری گرانول مرطوب و خشک را با هم مقایسه و بحث کنید.



پارامتر تراکم‌پذیری در طراحی قالب دارای اهمیت است. این عدد برای گرانول آلومینایی و در صنعت دیرگداز تقریباً ۲ است. برای مثال لازم است ارتفاع قالب برای یک آجر دیرگداز به ضخامت ۷۶ میلی‌متر، حداقل ۱۵۲ میلی‌متر باشد.



### کار عملی ۲: اثر توزیع دانه‌بندی بر تراکم قطعه

مواد و ابزار: منیزیت تکلیس شده، منیزیم کلرید، الک، قالب، پرس، خشک‌کن، نفت یا گازوئیل.

شرح فعالیت:

- ۱ منیزیت کاملاً تکلیس شده را با توزیع دانه‌بندی اشاره شده در جدول (۴) در گروه‌های مختلف، با ۳ درصد کلرید منیزیم مخلوط کنید.
  - ۲ آمیز به دست آمده را با فشار  $500 \text{ kg/cm}^2$  پرس کنید.
  - ۳ قرص‌های پرس شده را در داخل خشک‌کن در دمای  $110^\circ \text{C}$  درجه سلسیوس خشک کرده و تخلخل و چگالی خام نمونه‌های مختلف را در نفت یا گازوئیل اندازه‌گیری کنید.
- نکته: برای جلوگیری از متلاشی شدن قطعه در هنگام اندازه‌گیری چگالی و تخلخل، به جای آب می‌توان از نفت یا گازوئیل استفاده کرد.
- ۴ کمترین تخلخل و بیشترین چگالی خام مربوط به کدام دانه‌بندی است؟
  - ۵ بیشترین تخلخل و کمترین چگالی خام مربوط به کدام دانه‌بندی است؟

جدول ۷- توزیع دانه‌بندی‌های مختلف

گروه ۵	گروه ۴	گروه ۳	گروه ۲	گروه ۱	منیزیت
۳۴	۳۸	۴۳	۴۶	۵۰	جزء درشت ۱-۴ mm
۳۳	۳۵	۳۵	۳۶	۳۶	جزء متوسط ۷۵ μm-۱ mm
۳۳	۲۷	۲۲	۱۸	۱۴	جزء پودر ۰-۷۵ μm
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع
					تخلخل باز (%)
					چگالی خام ( $\text{g/cm}^3$ )

## مواد لغزان ساز

به منظور کاهش اصطکاک بین اجزا (آمیز و قالب) از مواد لغزان ساز در پرس کردن آمیز محصولات سرامیکی استفاده می شود.

جدول ۸- لغزان سازها

اولئیک اسید	پارافین
روی استئارات	آلومینیوم استئارات
پلی اتیلن گلیکول	منیزیم استئارات
تالک	سدیم استئارات
گرافیت	استئاریک اسید

## عیوب در قطعات پرس شده

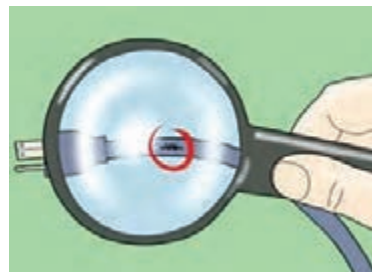
به نظر شما قطعات زیر چه مشکلات و خطراتی را در هنگام مصرف به همراه خواهند داشت؟



پ) ترک



ب) خوردگی دنده های پیچ











الف) پارگی پوشش سیم تغذیه

شکل ۱۹

تمامی محصولات با توجه به ماهیت، شکل و روش تولید عیوب خاص خود را دارند. تشخیص عیوب در محصولات، پیش از ارائه به بازار مصرف، دارای اهمیت زیادی است، زیرا خطرات و مشکلاتی را برای مصرف کننده به همراه دارد و در نتیجه اعتماد مصرف کنندگان را به شرکت تولیدی از بین خواهد برد. محصولات سرامیکی نیز از این قاعده پیروی می کنند.

عیوبی که در قطعات تولید شده با روش پرس پودر می تواند ایجاد شود در جدول (۹) ارائه شده است. چه راه حل هایی برای رفع این عیوب پیشنهاد می کنید؟

جدول ۹- عیوب پرس

راه حل	علت ایجاد عیب	نوع عیب	
	بازگشت فنری غیریکنواخت در آمیز با تراکم پذیری بالا		ترک‌های عمودی در راستای پرس Vertical crack
	دانه‌بندی و رطوبت نامناسب گرانول وجود دانه‌های بسیار ریز در گرانول فشار بالا و هواگیری نامناسب		لایه‌ای یا پوسته‌ای شدن Lamination
	عدم امکان خروج هوای اضافی از لبه‌های قالب به دلیل نبودن درز کافی		پریدگی لبه Ring capping
	استحکام خام پایین قطعه چسبندگی قسمت فوقانی به سنبه		کندگی End capping
در مرحله گرانول‌سازی رطوبت، اندازه و شکل دانه‌ها کنترل شود. استفاده از لغزان‌سازها	جریان‌بایی کم گرانول اصطکاک و چسبندگی بین دانه‌های گرانول پر نشدن یکنواخت قالب اصطکاک بالا بین جداره قالب و گرانول تفکیک شدن گرانول‌های درشت از گرانول‌های ریز		غیریکنواختی چگالی Density Gradient
	تنظیم نبودن قالب عدم یکنواختی چگالی		قائمه نبودن squariness
	کثیف بودن سنبه فرسودگی و خوردگی سطحی در قالب		سطوح ناصاف Surface defects
	تنظیم نبودن قالب تغییر ابعاد قالب		عیب ابعادی Dimensional defects

به نظر شما کدام یک از عیوب به راحتی قابل مشاهده نیست؟

گفت‌وگو کنید





برای بررسی یکنواختی چگالی در قطعات زیر چه روش‌هایی پیشنهاد می‌کنید؟



آجر دیرگداز



میلهٔ سرامیکی



صفحات سرامیکی



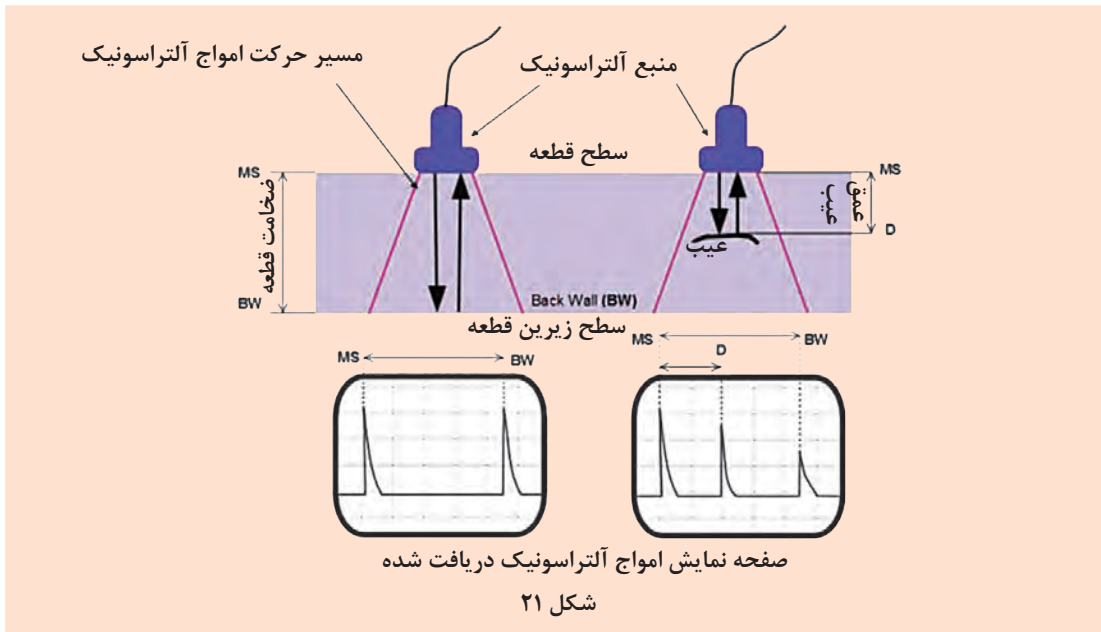
شکل ۲۰- نفوذسنج

یکنواختی چگالی در قطعات مسطح و قطعات ضخیم باید کنترل شود. یکنواختی چگالی در یک قطعه، با برش آن و تقسیم کردن یک قطعه به قسمت‌های متعدد و اندازه‌گیری چگالی هر قسمت قابل بررسی است. در سرامیک‌های نازک مانند کاشی و صفحات دیرگداز می‌توان از نفوذسنج<sup>۱</sup> نیز استفاده کرد. این دستگاه با اعمال فشار بر روی یک سوزن نافذ، میزان تراکم و نفوذپذیری قطعه را می‌سنجد و به‌عنوان روشی سریع برای تشخیص این عیب به کار گرفته می‌شود.



### روش تشخیص عیوب غیرقابل مشاهده در عمق قطعات چگونه است؟

عیوب داخل قطعه مانند ترک‌ها و حفره‌های بزرگ را، که عمدتاً در بلوک‌های بزرگ سرامیکی ایجاد می‌شوند، می‌توان با روش‌های مخرب و غیرمخرب تشخیص داد. در یک روش غیرمخرب سنتی با ضربه زدن یا کشاندن یک قطعه سخت و زبر، مانند یک قطعهٔ سیلیکون کارباید بر روی سطح قطعه و ایجاد صدا، می‌توان دریافت که قسمتی از قطعه دارای حفره یا ترک زیرسطحی است. همچنین تجهیزات الکترونیکی مانند آلتراسونیک نیز امروزه در صنعت برای تشخیص ترک‌های عمقی به کار گرفته می‌شوند.



### کار عملی ۳: بررسی یکنواختی در کاشی پرس شده

مواد و ابزار: کاشی، ابزار برش، لوازم اندازه‌گیری چگالی با غوطه‌وری.

#### شرح فعالیت

- ۱ در گروه‌های مختلف ابتدا کاشی را از نظر عیوب ظاهری بررسی کنند و سپس آن را به ۴ قسمت مساوی برش دهید.
  - ۲ قطعات را شماره‌گذاری کنید.
  - ۳ سپس هر گروه، چگالی هر یک از قسمت‌ها را با روش ارشمیدس اندازه‌گیری کند.
  - ۴ با تکمیل جدول، نتایج خود را با گروه‌های دیگر مقایسه کنید.
- آیا چگالی در تمام قسمت‌های کاشی مساوی است؟

جدول ۱۰

جدول چگالی			
شماره قطعه	وزن (گرم)	وزن غوطه‌وری (گرم)	چگالی ( $\text{g/cm}^3$ )
۱			
۲			
۳			
۴			

به نظر شما از قطعات برش خورده کاشی برای چه مصارف دیگری می‌توان استفاده کرد؟



نکات ایمنی



در هنگام برش قطعات از تجهیزات ایمنی کامل مانند کلاه، عینک و ماسک استفاده کنید. در صورت استفاده از سایر انواع قطعات سرامیکی، با پوشیدن دستکش و روپوش از تماس پوست با قطعات حاوی مواد شیمیایی مسموم‌کننده و حساسیت‌زا خودداری کنید.

نکته زیست‌محیطی



در صورت استفاده از سایر قطعات سرامیکی حاوی مواد شیمیایی مسموم‌کننده و حساسیت‌زا، از ریختن این قطعات در محیط زیست خودداری کنید.

### تغییر چگالی محصول در زمان‌های مختلف

ممکن است به دلایل فنی و مکانیکی مربوط به تجهیزات پرس یا تغییر شرایط محیطی مانند دما و رطوبت، فشار پرس و تراکم‌پذیری مواد در گذر زمان تغییر کند. این مشکل به ویژه با تغییر فصل محسوس‌تر می‌شود، چرا که در فصول گرم و یا شرایط جوی خشک، مواد زودتر از فصول سرد و یا شرایط جوی مرطوب خشک می‌شوند.

فعالیت کلاسی



به نظر شما یکنواخت نبودن چگالی در یک قطعه و همچنین بین قطعات مختلف از محصولات جدول زیر، چه مشکلاتی در مراحل تولید و مصرف آن محصول به همراه دارد؟ در تکمیل جدول به مثال‌ها دقت کنید.

جدول ۱۱

مشکلات در مرحله مصرف	مشکلات در مرحله تولید	محصول
بین قطعات مختلف منجر به تفاوت ابعادی و چیدمان ناسازگار می‌شود. پشت‌نمایی (تغییر رنگ)	در یک قطعه باعث شکست قطعه در حین پخت و افزایش ضایعات می‌شود.	 کاشی و سرامیک ساختمانی
در یک قطعه منجر به تفاوت در ضریب انبساط حرارتی و شکست آن در دمای بالا می‌شود. بین قطعات مختلف .....	در یک قطعه.....	 آجر دیرگداز

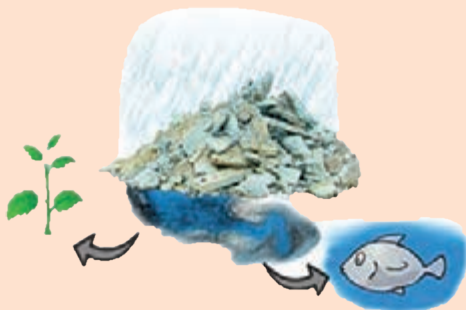
<p>در یک قطعه..... بین قطعات مختلف منجر به غیرهمخوانی اتصالات و ایجاد درز و خروج مذاب فلز می‌شود.</p>	<p>در یک قطعه.....</p>	 <p>انواع راه‌گاه‌های مذاب فلزها (با اتصالات)</p>
<p>در یک قطعه..... بین قطعات مختلف منجر به کج شدن صفحات و احتمال ریزش میلمان در کوره می‌شود.</p>	<p>در یک قطعه.....</p>	 <p>میلمان کوره ( ساگ‌ها، صفحات و پایه‌ها)</p>

### ۱۱ عنصر مرگ آفرین خطرناک

عناصر خطرناک دارای ویژگی‌هایی مانند: سمی بودن، رادیواکتیو بودن و واکنش‌گر بودن (فعالیت شیمیایی) هستند. خطرناک‌ترین عناصر در این میان عبارت‌اند از:

کروم با ظرفیت ۶ (Cr(VI))، سرب (Pb)، هیدروژن (H)، برلیوم (Be)، فلورین (F)، جیوه (Hg)، آرسنیک (As)، سزیم (Cs)، پولونیم (Po) و پولوتونیم (Pu) و بور (B).

در میان این عناصر، کروم در برخی محصولات دیرگداز و سرب در برخی از لعاب‌ها و ظروف شیشه‌ای تزئینی وجود دارد. لذا ایمنی لازم را در صورت مصرف و تماس با این گونه از محصولات رعایت کنید. همچنین رعایت نکات زیست‌محیطی در دور ریختن آن‌ها الزامی است.



شکل ۲۲

با توجه به تصویر فوق خطرات ناشی از دورریز مواد سمی و زیان‌آور را توضیح دهید. چه راه‌هایی برای جلوگیری از ورود این عناصر به طبیعت پیشنهاد می‌کنید؟

بیشتر  
بدانید



## ارزشیابی نهایی شایستگی پرس پودر

<p><b>شرح کار:</b></p> <p>۱- آماده‌سازی قالب و دستگاه پرس (کنترل دما و فشار، تمیزکاری و روان کاری)؛</p> <p>۲- شکل‌دهی و پرس گرانول یا مخلوط مواد اولیه؛</p> <p>۳- خارج کردن قطعه پرس شده از قالب؛</p> <p>۴- پرداخت و کنترل قطعات از لحاظ وجود عیب در قطعه.</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b></p> <p>تولید قطعه به روش پرس پودر با استفاده از پرس‌های دستی و نیمه‌خودکار مطابق با ابعاد، چگالی و ظاهر موردنظر.</p>			
<p><b>شاخص‌ها:</b></p> <p>- تمیزکاری قالب و راه‌اندازی دستگاه پرس و تنظیم آن؛</p> <p>- تولید قطعه پرس شده با ابعاد، چگالی، ظاهر مناسب و سطوح صاف و تمیز.</p>			
<p><b>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</b></p> <p>مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی.</p> <p>ابزار و تجهیزات: انواع دستگاه پرس و قالب پرس، ابزارهای تمیزکاری، مخلوط پودری از مواد اولیه و گرانول، مواد روان کاری.</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده کردن دستگاه پرس	۱	
۲	تمیزکاری و روان کاری قالب پرس	۱	
۳	شکل‌دهی با پرس پودر	۲	
۴	کنترل قطعه پرس شده از لحاظ ابعادی، شکل ظاهری و وجود عیوب در آن	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:		
	دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب		
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.



- ۱ برنامه درسی رشتهٔ سرامیک. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش.
- ۲ استاندارد شایستگی حرفه رشته سرامیک. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش.
- ۳ استاندارد ارزشیابی حرفه رشته سرامیک. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش.
- ۴ راهنمای عمل طراحی و تألیف بسته تربیت و یادگیری رشته‌های فنی‌وحرفه‌ای. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش.
- ۵ تشکری، شعبان علی. (۱۳۷۱). شکل دادن بدنه‌های سرامیکی به روش پرس پودر. شرکت تحقیقات صنایع سرامیکی.
- ۶ افتخاری یکتا، بیژن. (۱۳۹۴). محاسبات در سرامیک کد ۴۶۴/۷. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- ۷ قصاعی، حسین. (۱۳۷۷). آزمایشگاه فرایند ساخت ۱. دانشگاه علم و صنعت.
- ۸ صانع، خسرو. (۱۳۸۴). فن‌آوری تولید کاشی‌های سرامیکی. انتشارات نوید شیراز.
- ۹ بروسنان، دنیس. رابینسون، ژیلبرت. مقدمه‌ای بر خشک کردن سرامیک‌ها. ترجمه: محمد ابراهیم ابراهیمی. (۱۳۸۶). دانش پویان جوان.

- 10 Anders, A. C., Ghorra, G. J., & Rigutto, R. V. (2008). Wet vs Dry Processing: Granulation of Ceramic Powders.
- 11 Wisniewski, R. (2015). Spray Drying Technology Review, 45th International Conference on Environmental Systems, 12-16, Bellevue, Washington.
- 12 K. Swati, M., & Wagh, MP. (2014). Review on Spray Drying Technology, IJPCBS, 4(2), 219-225.
- 13 Bertranda, G., Roya, p., Filiatreb, C., & Coddet, C. (2005). Spray-dried ceramic powders: A quantitative correlation between slurry characteristics and shapes of the granules, Chemical Engineering Science 60 95 – 102.
- 14 Sloth, J. (2014). Method for Improving Spray Drying Equipment and Product Properties, international ceramic review.
- 15 Lukasiewicz, S. J. (1989). Spray-drying ceramic powders, Journal of the American Ceramic Society 72 [4] 617–624.
- 16 Licciulli, A. An introduction to ceramic forming processes.

- 17** Advanced Ceramic Technologies & Products. DOI 10.1007/978-4-431-54108-0, Authors: The Ceramic Society of Japan. ISBN: 978-4-431-53913-1 (Print) 978-4-431-54108-0
- 18** Fundamentals of ceramic powder processing and synthesis / by Terry Ring. ,Includes index. ISBN 0-12-588930-5 (alk. paper).
- 19** Ceramic powders. I. Title TP815.R56 1995 666-dc20.
- 20** E. Fayed, M., & Otten, L. (1997). Handbook of powder science and technology. Second edition. Chapman & Hall.
- 21** N. Wagner, Norbert Wagner, Mannarswami Nithiyanthan, Laura Farina. (2009). Safety and health in the stone crushing industry. Wagner Global Consultants.
- 22** ASTM International - Standards Worldwide. (2006). ASTM C136-06.



هنرمندان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظراتی اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه  
برشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام‌نگار tvoccd@roshd.ir ارسال نمایند.

وب‌گاه: [www.tvoccd.medu.ir](http://www.tvoccd.medu.ir)

دست‌نویس کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کارگاه‌ها

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی برخط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم کند. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانه راهبری دروس نقش سازنده‌ای را برعهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی را که تلاش مضاعفی در این زمینه داشته‌اند و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود:

همکاران هنرآموز که در فرایند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت فعال داشته‌اند:

استان: یزد

آقای علیرضا کریم‌بیگی، خانم شراره شادان‌فر، خانم مرجان عزیزی

استان: فارس

آقای مهدی رستگار