

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 مقصودی پور (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
مدیریت آماده‌سازی هنری: علیرضا ابراهیم‌آبادی، هادی برزگر بفرویی، سمیرا دادستان، ندی دیده‌ور، بشیر فتوحی، فرشاد فرشیدفر، محمدحسن نجاری (اعضای گروه تألیف)
شناسه افزوده آماده‌سازی: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
نشانی سازمان: سیدمرتضی میرمجیدی (رسم فنی) - آرزو توماج، مریم دهقان‌زاده (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: ۳۷۵۱۵-۱۳۹
سال انتشار و نوبت چاپ: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص» چاپ چهارم ۱۳۹۹

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، عکسبرداری، 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 دانشگاه ها تا بازارها و کارخانه ها و مزارع و باغستان ها تا آنجا که خودکفا شود و روی پای خود بایستد.
امام خمینی (قَدِّسَ سِرَّةً)

فهرست

۱	پودمان اول: خردایش
۳۱	پودمان دوم: آسیاب کردن
۶۱	پودمان سوم: تعیین رطوبت و دانه‌بندی
۸۹	پودمان چهارم: گرانول‌سازی
۱۲۱	پودمان پنجم: پرس پودر

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 غیر فنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه
 ۳. شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم افزارها
 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 نموده‌اند 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 نمایید؛ 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 نمایید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید 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 نمایید. این کتاب را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید. سایر اجزای بسته آموزشی دیگری نیز برای شما در نظر گرفته شده است که با مراجعه به وبگاه رشته خود با نشانی www.tvoccd.medu.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 نمایید 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 محترمان در خصوص 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

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه‌درسی رشته سرامیک طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی است که برای سال یازدهم تدوین و تألیف گردیده 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 می‌گردد که شامل ارزشیابی پایانی و ارزشیابی مستمر برای هر یک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت‌یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست محیطی 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، بودجه بندی 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 خرد کردن 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 دانه بندی" است. در این پودمان اهمیت تعیین رطوبت و دانه بندی شرح داده شده است. همچنین روش‌های تعیین این خواص و تجهیزات مرتبط به آنها آموزش داده شده است.

پودمان چهارم: دارای عنوان "گرانول سازی" است که در آن عوامل مؤثر بر گرانول سازی 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 گردد.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان اول

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 فرآوری است.

شایستگی خریدار

- 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 مورد نیاز است؟

آیا تا به حال
پی برده‌اید؟

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 فرا می‌گیرد. به منظور 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 هنجریان 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- در بازیافت خودروهای فرسوده، کوچک کردن اجزای خودرو چه کمکی به فرایند بازیافت می‌کند؟



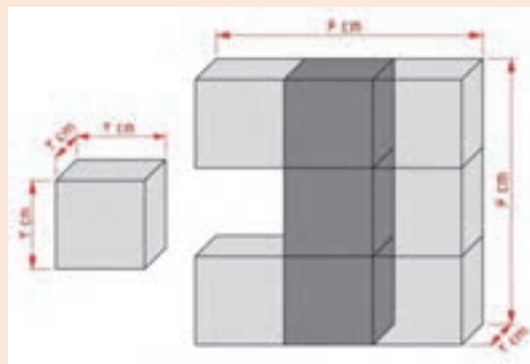
ب) قطعات خودروهای فرسوده



الف) خودروهای فرسوده

شکل ۲

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



شکل ۳ - تأثیر تقسیم شدن بر روی مساحت کل

فعالیت کلاسی



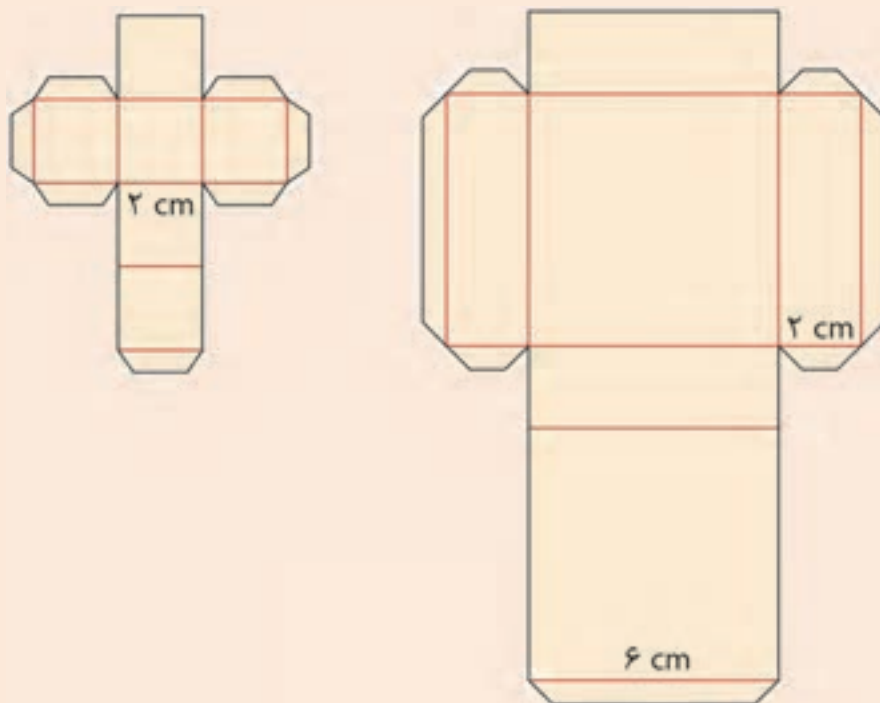


اثر کوچک کردن ابعاد بر افزایش سطح

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

شرح فعالیت:

- با توجه به نقشه شکل ۶ 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 $۲ \times ۲ \times ۲$ سانتی متری



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

بسیاری از مواد اولیه مورد نیاز برای تولید محصولات سرامیکی به صورت کلوخه یا قطعه سنگ‌های 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، نیاز به فراوری دارند. هدف از فراوری، آماده‌سازی مواد اولیه برای مصرف در واحد تولیدی است. خردایش سنگ‌ها و کلوخه‌های بزرگ، اولین مرحله در آماده‌سازی مواد اولیه است. در فرایند خردایش، ابعاد قطعات بزرگ تا حد امکان کاهش می‌یابد تا بتواند وارد مراحل بعدی فراوری و آماده‌سازی مواد مانند آسیاب، شست‌وشو و تغلیظ شود.



شکل ۶- روند خردایش



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

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



شکسته شدن سنگ بر اثر اعمال نیرو

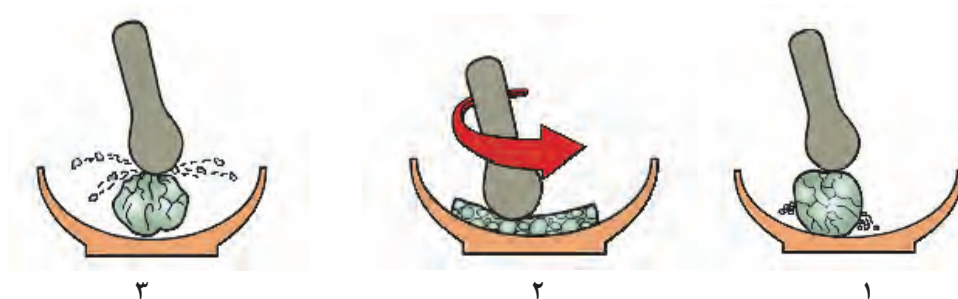


خرد شدن در اثر انبساط و انقباض در طبیعت

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.



شکل ۸

جدول ۱

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

خردایش

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 دستگامی که عملیات خردکردن 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) سنگ‌شکن ضربه‌ای



الف) سنگ‌شکن فکی



ت) سنگ‌شکن غلتکی



پ) سنگ‌شکن مخروطی

شکل ۹- انواع سنگ‌شکن

کلوخته‌ها و سنگ‌های استخراجی به‌طور طبیعی می‌توانند دارای محدوده‌ی ابعاد گسترده باشند.



شکل ۱۰

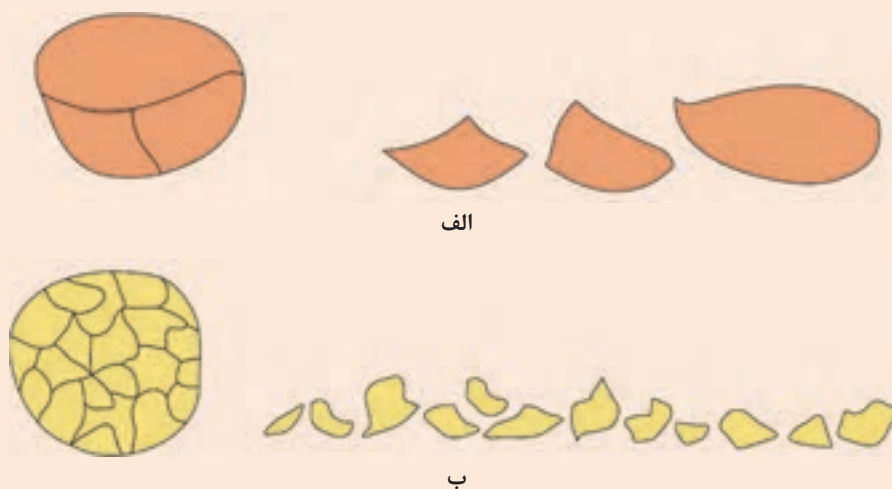
آیا ریز کردن مواد اولیه به صورت یکباره و در یک مرحله امکان‌پذیر است؟

گفت‌وگو کنید





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.



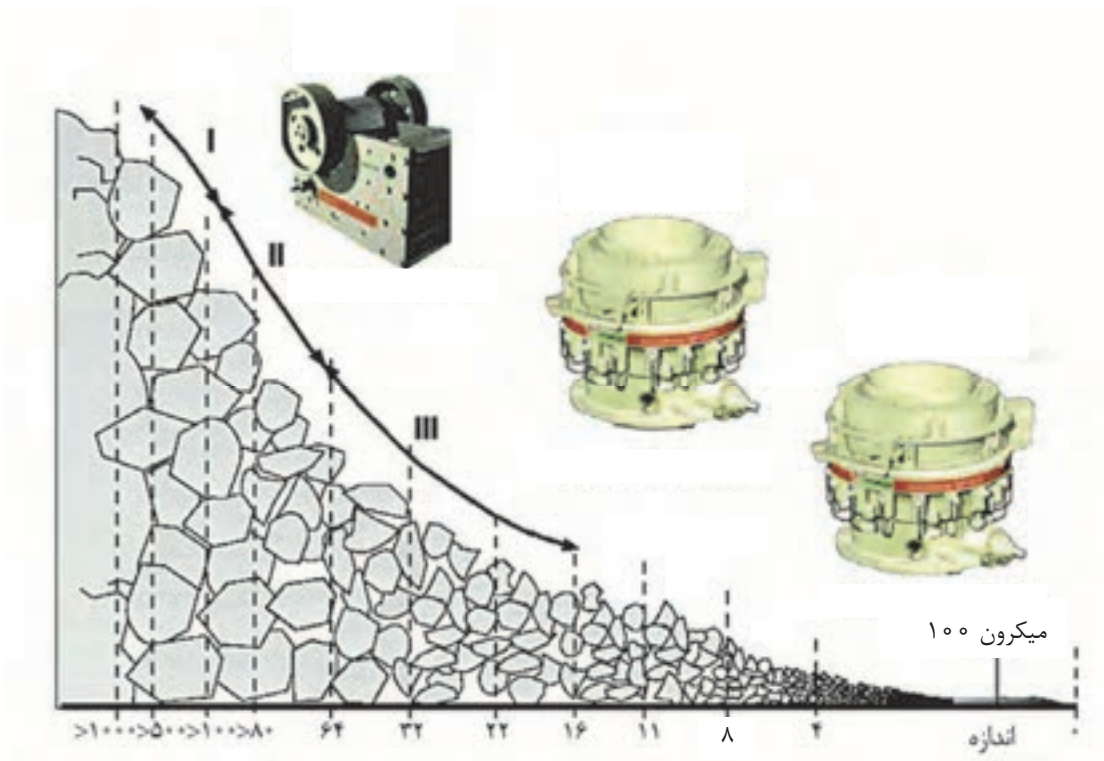
شکل ۱۱- الف) خرد شدن در جهات خاص ب) خرد شدن یکنواخت

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 چند صد 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

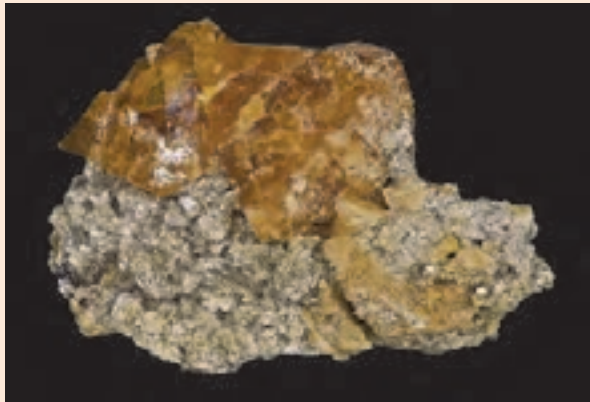
چرا تمامی مراحل خردایش برای کلوخه‌های کائولن انجام نمی‌شود؟

تحقیق کنید





کاهش ابعاد مواد اولیه تنها دلیل خردایش نیست. مواد خالص پس از خردایش به‌طور مستقیم وارد فرایند تولید می‌شوند، در حالی که برای مواد معدنی همراه با ناخالصی، هدف از خردایش علاوه بر کاهش ابعاد مواد اولیه، جدا کردن ماده‌ی 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 اشعه‌ی ماورای بنفش



پ) کنسانتره‌ی شیلیت

شکل ۱۴

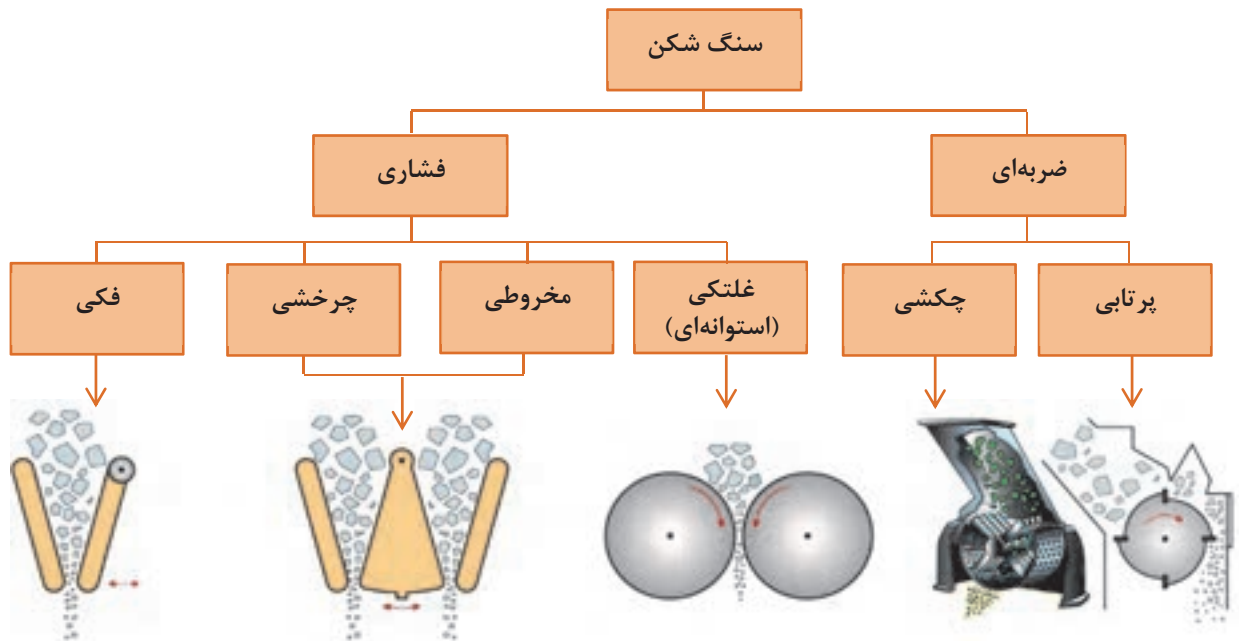
خردایش

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



شکل ۱۵

عملکرد سنگ‌شکن‌ها بر اساس نوع نیروی اعمالی عبارت‌اند از:



نمودار ۱

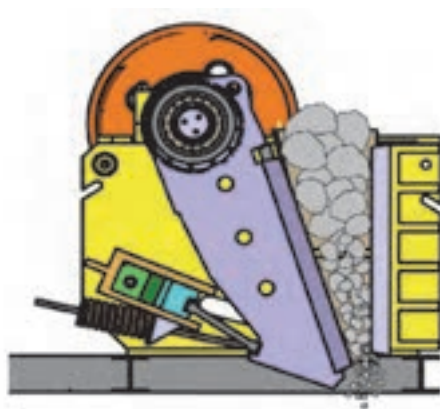
معمولاً فرایند خردایش فقط با یک دستگاه سنگ‌شکن عملی نیست. این فرایند معمولاً در دو یا چند مرحله انجام می‌شود.

نکته



۱- سنگ شکن فکی:

یکی از رایج ترین سنگ شکن‌ها، سنگ شکن فکی است که به عنوان سنگ شکن مقدماتی برای مرحله اول خردایش به کار گرفته می‌شود. سنگ شکن‌های فکی از دو فک تشکیل شده‌اند که معمولاً یکی از آنها ثابت و دیگری متحرک است. در برخی از این نوع سنگ شکن‌ها هر دو فک متحرک است. فاصله بین دو فک در قسمت فوقانی دستگاه، «دهانه» و در بخش تحتانی، «گلوگاه» نامیده می‌شود.



شکل ۱۶- سنگ شکن فکی



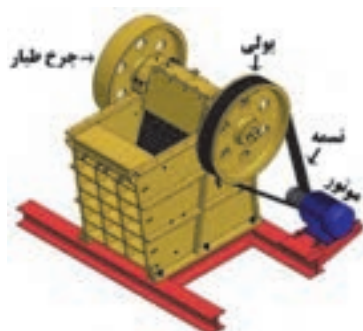
فک متحرک معمولاً حرکت نوسانی دارد و به فک ثابت، دور و نزدیک می‌شود.



در اثر این عمل، سنگ 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 خرده سنگ از گلوگاه خارج شود.

خردایش

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)



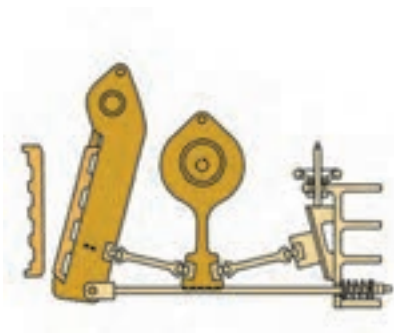
(۲)



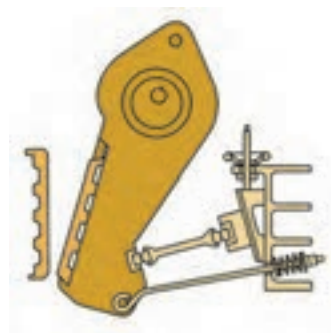
(۳)

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.



ب) بازوی مضاعف



الف) بازوی ساده

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 سنگ شکن فکی، به کار بردن بیشترین نیرو در فاصله بین دو فک برای خرد کردن مواد است. اعمال نیرو در سنگ شکن با بازوی مضاعف بیشتر از نوع ساده است، بنابراین سنگ شکن فکی با بازوی مضاعف برای خردایش سنگ های سخت و سنگین تر به کار گرفته می شود.

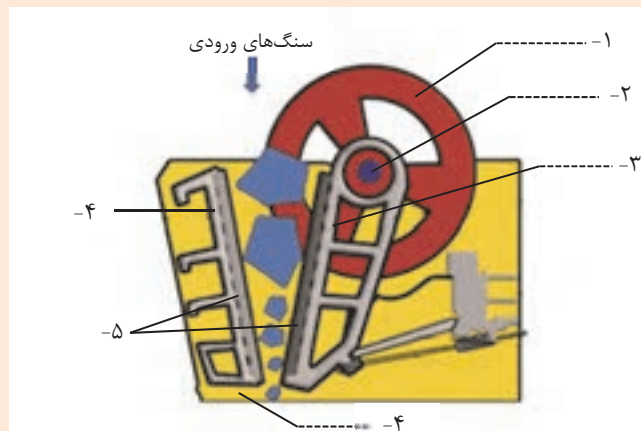
نکته



فعالیت کلاسی

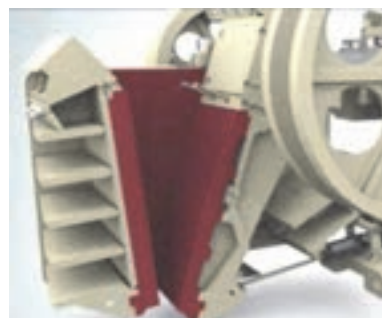
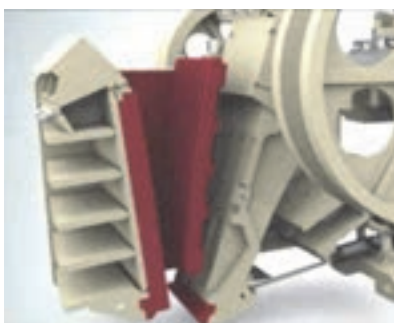


در شکل زیر اجزای سنگ شکن فکی را مشخص کنید:



شکل ۱۹- اجزای سنگ شکن فکی

در سنگ شکن فکی، فک ها از دولایه تشکیل می شوند که لایه فوقانی (زره) از جنس فولاد سخت بوده و در صورت فرسایش، با صفحه ای جدید تعویض می شود. این کار معمولاً توسط کاربر (اپراتور) سنگ شکن با خاموش کردن دستگاه و باز کردن پیچ های اتصال بین دو لایه انجام می پذیرد.



شکل ۲۰- تعویض زره سنگ شکن فکی

نکات ایمنی



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

با توجه به شکل زیر، دلیل موج دار یا پله‌دار کردن زره فک‌ها در این نوع سنگ‌شکن چیست؟



شکل ۲۱- انواع زره مخصوص سنگ‌شکن فکی

فکر کنید



کار عملی ۱: خرد کردن ماده اولیه سخت با سنگ‌شکن فکی و تعیین دانه‌بندی آن

مواد و ابزار: ماده اولیه سخت مانند کوارتز، فلدسپات به مقدار ۴۰۰۰ گرم، سطل پلاستیکی با اندازه متوسط، سنگ‌شکن فکی، 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، می‌توانید با پتک، پیش خردایش انجام دهید).
- ۳- بعد از انجام عملیات خردایش، ماده خرد شده را از الک عبور داده و دانه‌بندی آن را بررسی کنید.

فعالیت کارگاهی



- مراقب گیر کردن احتمالی دست و لباس خود به اجزای دستگاه سنگ‌شکن باشید.

- مراقب خطرات احتمالی ناشی از برق گرفتگی باشید.

- به منظور جلوگیری از آلودگی ناشی از گرد و غبار 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.

نکات ایمنی



۲- سنگ‌شکن چرخشی:

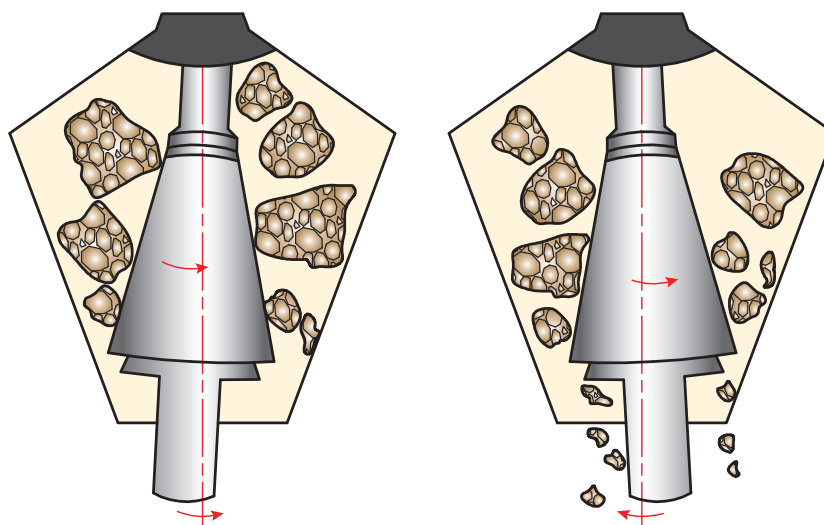
سنگ‌شکن نوع چرخشی یا ژیراتوری^۱ نیز مانند نوع فکی، برای مرحله اول خردایش به کار می‌رود. این نوع سنگ‌شکن معمولاً از یک بدنه ثابت مخروطی شکل (جام) و یک هسته میانی تشکیل شده است. هسته میانی نیز مخروطی شکل بوده که درون مخروط ثابت بیرونی معلق است و حرکت چرخشی دارد و از لحاظ عملکرد در مجموع مانند سنگ‌شکن فکی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

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



شکل ۲۲- سنگ شکن چرخشی (ژیبراتوری)

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 شده 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.



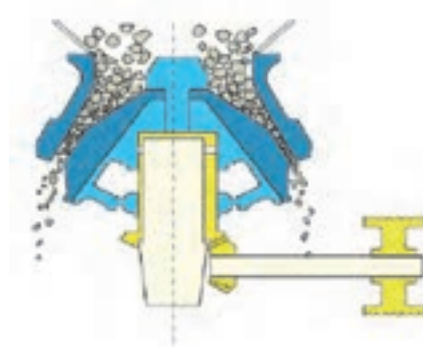
شکل ۲۳- حرکت چرخشی سنگ شکن چرخشی

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.



۳- سنگ شکن مخروطی^۱

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



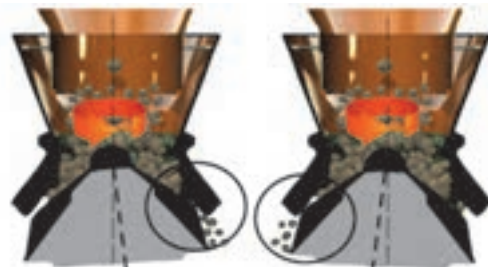
شکل ۲۴- سنگ شکن مخروطی

ویژگی های سنگ شکن مخروطی در مقایسه با چرخشی (ژیراتوری):



نمودار ۲

با ریختن سنگ به داخل سنگ شکن از قسمت بالا، سنگ بین مخروطی و دیواره فشرده شده و از قسمت پایین خارج می شود. سنگ های ورودی، بین مخروطی ثابت و چرخان قرار می گیرند. دهانه خروجی از طریق بالا و پایین کردن مخروطی ثابت قابل تنظیم است که امکان خرد کردن در اندازه های مختلف را فراهم می کند.



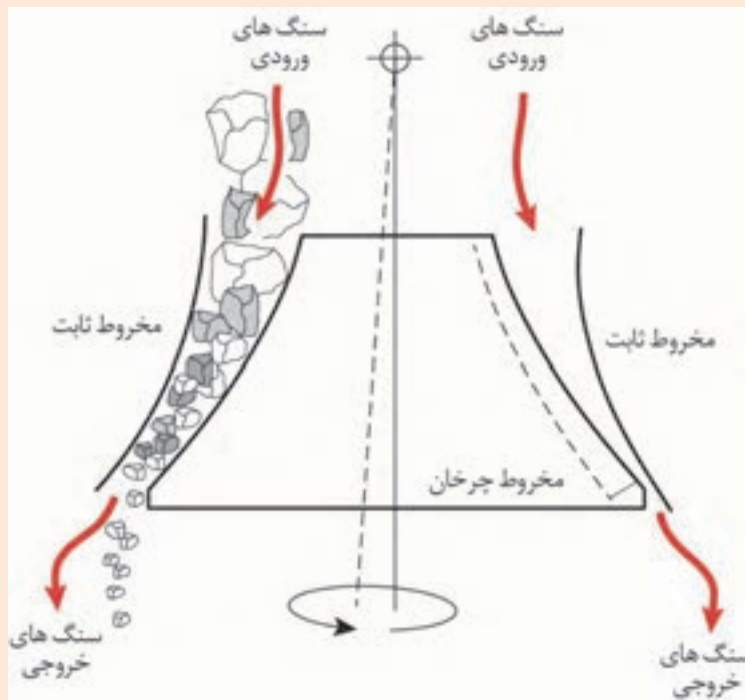
شکل ۲۵- خردایش در سنگ شکن مخروطی

۱. Cone Crusher

۲. Hydrocone

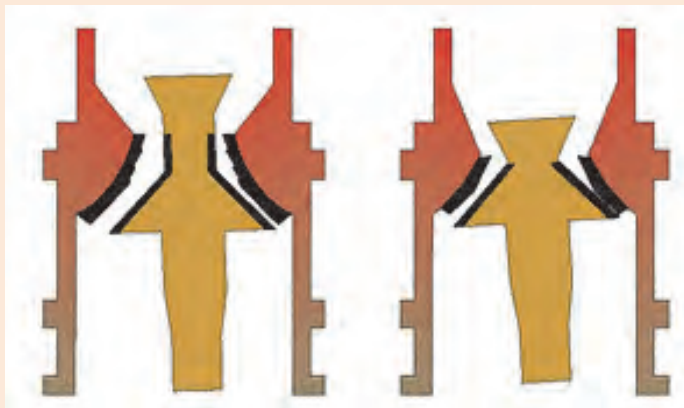


با توجه به شکل ۲۶ در مورد عملکرد سنگ‌شکن مخروطی گفت‌وگو کنید.



شکل ۲۶- سنگ‌شکن مخروطی

به‌طور معمول، سنگ‌شکن مخروطی نوع استاندارد، قابل استفاده در خردایش مرحله دوم و نوع با کلاهک کوتاه قابل کاربرد در خردایش مرحله سوم است.



شکل ۲۷- انواع سنگ‌شکن مخروطی



کار عملی ۲: خرد کردن ماده اولیه سخت با سنگ شکن مخروطی 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 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 سنگ شکن داخل دستگاه بریزید. (در صورت درشت بودن ابعاد مواد اولیه، می توانید با پتک، پیش خردایش انجام دهید)
- ۳- بعد از انجام عملیات خردایش، ماده خرد شده را از الک عبور داده 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 گرد و غبار و صدای بالا، در زمان کار با دستگاه، حتماً از ماسک و محافظ گوش استفاده کنید.
- از شوخی های بی مورد مانند هل دادن هم کلاسی های خود به سمت دستگاه یا پرتاب قطعات سنگ جداً خودداری کنید.
- از بلند کردن بارهای سنگین به تنهایی خودداری کنید.

۴- سنگ شکن استوانه ای:

در شکل ۲۸ سنگ شکن استوانه ای (غلتنکی^۱) نشان داده شده است. در این نوع سنگ شکن، عملیات خردایش به کمک یک یا دو استوانه سنگین با سطح صاف یا آجدار صورت می گیرد.



ب) دو غلتنکی



الف) تک غلتنکی

شکل ۲۸- نمای سنگ شکن استوانه ای (غلتنکی)

اساس کار در سنگ شکن غلتکی، اصطکاک بین استوانه و سنگها است که با ایجاد فشار باعث خردایش سنگها می شود.

نکته



ب



الف

شکل ۲۹- سنگ شکن الف) تک غلتکی ب) دو غلتکی

عوامل مؤثر در فرایند خردایش با سنگ شکن غلتکی عبارتند از:



نمودار ۳

حرکت چرخشی استوانه های روبرو با سرعت چرخشی مساوی یا نزدیک به هم بوده و فاصله بین استوانه ها قابل تنظیم است.

نکته



شکل ۳۰- جهت چرخش استوانه ها در سنگ شکن غلتکی



شکل ۳۱- سنگ شکن غلتکی آزمایشگاهی

فکر کنید

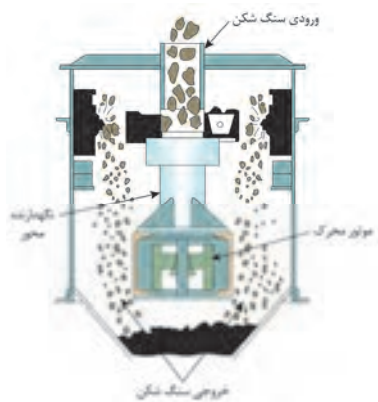
در سنگ شکن غلتکی اندازه مواد خرد شده چگونه تعیین می شود؟



۵- سنگ شکن های پرتابی:

این نوع سنگ شکن با اعمال ضربه منجر به شکست و خرد شدن سنگ می شود. سنگ شکن پرتابی از یک روتور دارای تعدادی پره تشکیل شده است که با سرعت بالا می چرخد. نقش پره ها پرتاب کردن قطعات ورودی (سنگ و مواد معدنی) به طرف جداره داخلی سنگ شکن است. بر روی جداره داخلی سنگ شکن تعدادی صفحه با لایه زرهی از جنس آلیاژهای ضد سایش وجود دارد که نقش آنها به عنوان مانع بوده و باعث خرد شدن قطعات پرتابی در اثر برخورد شدید با آنها می شود.

سنگ شکن پرتابی در دو نوع با محور افقی یا عمودی وجود دارد.



(ب) با محور عمودی

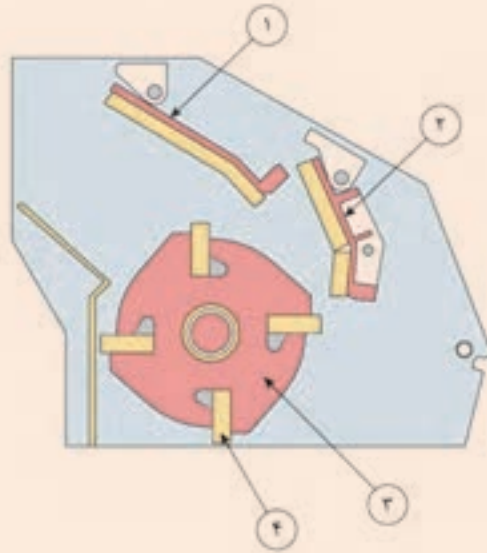


(الف) با محور افقی

شکل ۳۲- سنگ شکن نوع پرتابی



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



روتور:

پره:

مانع:

شکل ۳۳

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 چکشها ضربه زدن به سنگها یا مواد معدنی و خرد کردن آنهاست.



شکل ۳۴- سنگ شکن چکشی



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

جدول ۲

زره	چکش	نوع سنگ‌شکن
		سنگ‌شکن چکشی
		سنگ‌شکن پرتابی

انتخاب روش خردایش

چه دلایلی برای تنوع در طراحی و ساخت انواع سنگ‌شکن‌ها وجود دارد؟
به تصاویر شکل ۳۵ توجه کنید و به سؤالات زیر پاسخ دهید.

■ آیا برای خردکردن انواع مواد غذایی در منزل از یک نوع خردکن استفاده می‌شود؟

■ در انتخاب نوع خرد کننده 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

نکته

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.



انتخاب نوع سنگ‌شکن با توجه به سختی مواد:

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

نکته

در فرایند خردایش، اتلاف انرژی 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 میلی‌متر

- سنگ‌شکن چرخشی (خروجی ۸۰ تا ۲۲۰ میلی‌متر)
- سنگ‌شکن فکی (خروجی ۸۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر)



خردایش مرحله دوم: کاهش ابعاد تا حدود ۳۰ تا ۶۰ میلی‌متر

- سنگ‌شکن چکشی
- سنگ‌شکن مخروطی



خردایش مرحله سوم: کاهش ابعاد تا کوچک‌تر از ۲۰ میلی‌متر

- سنگ‌شکن مخروطی
- سنگ‌شکن ضربه‌ای
- سنگ‌شکن غلتکی: تبدیل ذرات کمی بزرگ‌تر به حداکثر ذرات یک میلی‌متری



در خردایش مرحله اول در صورت نرم بودن سنگ‌ها، گاهی سنگ‌شکن ضربه‌ای نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نکته





کار عملی ۳: خرد کردن ماده اولیه با درجه سختی مختلف و تعیین دانه‌بندی آنها
مواد و ابزار: ماده اولیه با سختی متفاوت مانند فلدسپات و کلوخه‌های گِل رس از هر کدام به مقدار ۴۰۰۰ گرم، دو عدد سطل پلاستیکی با اندازه متوسط، سنگ‌شکن 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 سنگ‌شکن، داخل دستگاه بریزید (در صورت درشت بودن ابعاد مواد اولیه، می‌توانید با پتک، پیش خردایش انجام دهید).
- ۳- بعد از انجام عملیات خردایش، ماده خرد شده را از الک عبور داده و دانه‌بندی آنها را بررسی کنید.
- ۴- در کدام نوع ماده اولیه خردایش آسان‌تر انجام گرفت؟
- 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 سنگ‌شکن باشید.
- مراقب خطرات احتمالی ناشی از برق گرفتگی باشید.
- به منظور جلوگیری از آلودگی ناشی از گرد و غبار 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، سنگ‌شکن فکی، چکشی و یا هرنوع 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 سنگ‌شکن داخل دستگاه بریزید (در صورت درشت بودن ابعاد مواد اولیه، می‌توانید با پتک، پیش خردایش را انجام دهید).
- ۳- بعد از انجام عملیات خردایش، ماده خرد شده را از الک عبور داده 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 باهم مقایسه کنید.



- مراقب گیر کردن احتمالی دست و لباس خود به اجزای دستگاه سنگ‌شکن باشید.
- مراقب خطرات احتمالی ناشی از برق گرفتگی باشید.
- به منظور جلوگیری از آلودگی ناشی از گرد و غبار 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 سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای و فشاری

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

جدول زیر را کامل کنید:

جدول ۴

فعالیت کلاسی

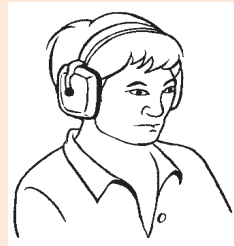
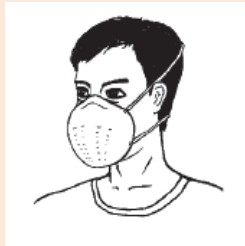


تصاویر	عوامل مؤثر و نوع (فشاری یا ضربه ای)	سنگ شکن
		فکی
		چرخشی
		مخروطی
		پرتابی
		چکشی
		استوانه‌ای (غلتکی)



موارد تهدید کننده در واحد خردایش عبارت‌اند از:

- خطر تجهیزات مکانیکی: خردشدن انگشت و دست، گیر کردن لباس به چرخ دنده 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 کیسول‌های اطراف.
- آلودگی محیطی: استنشاق غبارها و آلودگی‌های معدنی.
- آلودگی صوتی: ناشی از فرایند خردایش سنگ‌ها، حرکت سرند و دیگر تجهیزات خردکن.
- خطرات ارگونومیکی: بلند کردن بار سنگین و به صورت غیراستاندارد.



شکل ۳۶

ارزشیابی نهایی شایستگی خردایش

<p>شرح کار:</p> <p>۱- انتخاب دستگاه خردایش مناسب</p> <p>۲-تنظیم پارامترهای دستگاه و راه‌اندازی آن</p> <p>۳- دانه‌بندی مواد ورودی و خردایش آن</p> <p>۴- دانه‌بندی مواد خروجی از سنگ‌شکن</p>																											
<p>استاندارد عملکرد:</p> <p>خردایش مواد اولیه براساس ابعاد، میزان سختی و توجه به جدول توزیع دانه‌بندی</p>																											
<p>شاخص‌ها:</p> <p>انتخاب دستگاه سنگ‌شکن بر اساس نوع مواد اولیه</p> <p>دانه‌بندی مناسب</p> <p>کنترل دانه‌بندی با استاندارد</p>																											
<p>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</p> <p>مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی</p> <p>ابزار و تجهیزات: انواع دستگاه سنگ‌شکن (فکی، غلتکی، ضربه‌ای)، انواع سرنده، ظروف نگهداری مواد (انواع کیسه، سطل)، ابزار کنترل اندازه و دانه‌بندی (متر، خط‌کش و کولیس)، انواع خردکن دستی مانند پتک و چکش</p>																											
<p>معیار شایستگی:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ردیف</th> <th>مرحله کار</th> <th>حداقل نمره قبولی از ۳</th> <th>نمره هنرجو</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td> <td>انتخاب دستگاه خردایش</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>خردکردن مواد اولیه</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>دانه‌بندی مواد ورودی و خروجی</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">میانگین نمرات</td> <td>*</td> </tr> </tbody> </table> <p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.</p>				ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	انتخاب دستگاه خردایش	۲		۲	خردکردن مواد اولیه	۲		۳	دانه‌بندی مواد ورودی و خروجی	۱			شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب	۲			میانگین نمرات		*
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																								
۱	انتخاب دستگاه خردایش	۲																									
۲	خردکردن مواد اولیه	۲																									
۳	دانه‌بندی مواد ورودی و خروجی	۱																									
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب	۲																									
	میانگین نمرات		*																								

پودمان دوم

آسیاب کردن



امروزه، در صنعت تنها با خردایش به روش سنگ‌شکنی، نمی‌توان به دانه‌بندی مطلوب دست یافت. بنابراین، لازم است برای تکمیل فرایند ریز کردن 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.

شایستگی آسیاب کردن

- ۱ مواد اولیه پس از خردایش، برای تولید بدنه 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؟

آیا تا به حال
پی برده‌اید

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 با استفاده از آسیاب تر و خشک را در مقیاس کارگاهی و آزمایشگاهی کسب می‌کند.

استاندارد عملکرد

آسیاب کردن مواد اولیه مطابق با میزان سختی، اندازه دانه مواد ورودی، توزیع ساینبدی گلوله‌های بال‌میل و جدول توزیع دانه‌بندی مواد خروجی.

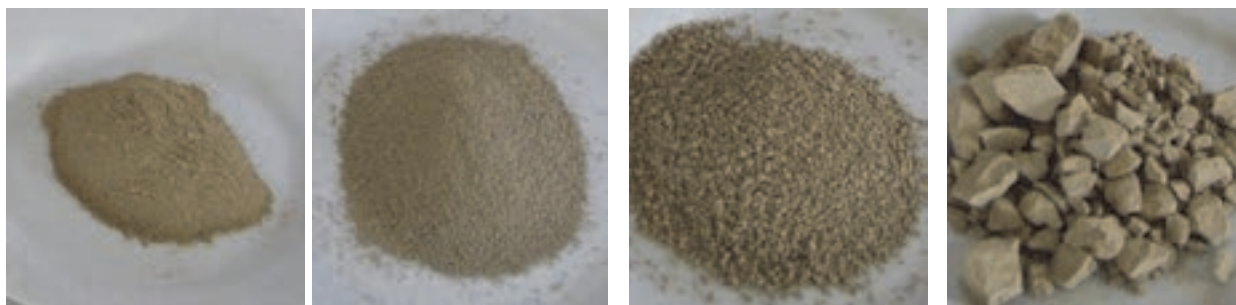
آسیاب کردن مواد اولیه چه اهمیتی دارد؟

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



شکل ۱- آسیاب بشقابی (دستاس)

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 پس از آسیاب کردن را نشان می‌دهد.



ت

پ

ب

الف

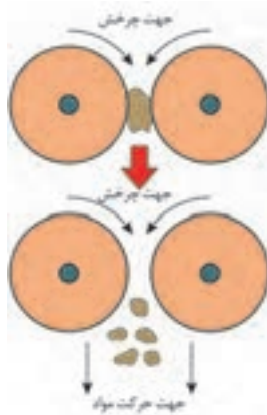
شکل ۲- یک نوع ماده اولیه با اندازه ذرات مختلف

در مورد اهمیت ریز کردن ذرات مواد در فرایند تولید با هم‌کلاسی‌های 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 شده و تا حد مطلوب ریز می‌شود.



شکل ۳- آسیاب کردن

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

فعالیت کلاسی



پ



ب



الف

شکل ۴

آسیاب‌ها چه ماشین‌هایی هستند؟

آسیاب‌ها، تجهیزاتی هستند که وظیفه ریز کردن مواد را بر عهده 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

آسیاب کردن

گفت‌وگو کنید

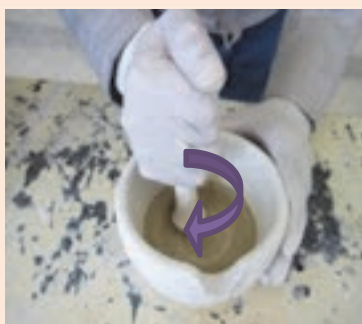


با هم کلاسی‌های خود درباره انواع آسیاب‌هایی که تاکنون مشاهده کرده‌اید، گفت‌وگو کنید.

فعالیت کلاسی



در هر یک از شکل‌های زیر، عامل مؤثر در آسیاب کردن را 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

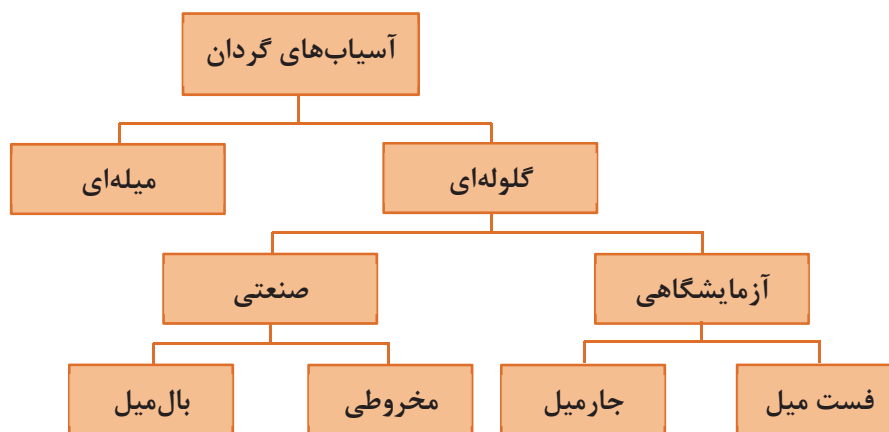


با توجه به انواع آسیاب‌های معرفی شده در شکل ۵، نوع هر یک از آسیاب‌های زیر را با توجه به مشخصات ظاهری آن بنویسید.



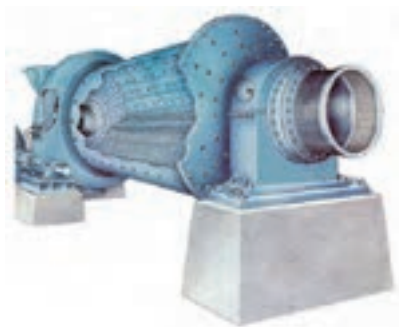
آسیاب‌های گردان

آسیاب‌هایی که به شکل استوانه یا مخروط ناقص حول محور افقی می‌چرخند «آسیاب گردان» نام دارند. در صنایع سرامیک، از این آسیاب‌ها برای ریز کردن مواد سخت و نیمه سخت 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.



نمودار ۲- دسته‌بندی آسیاب‌های گردان

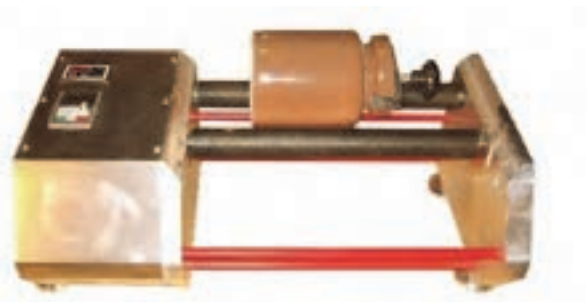
آسیاب کردن



آسیاب میله‌ای^۲



بال میل^۱



جارمیل^۴



آسیاب مخروطی^۳



فست میل^۵

شکل ۶- چند نوع آسیاب گردان

-
۱. Ball Mill
 ۲. Rod Mill
 ۳. Conical Mill
 ۴. Jar Mill
 ۵. Fast Mill

آسیاب گلوله‌ای (بال میل)



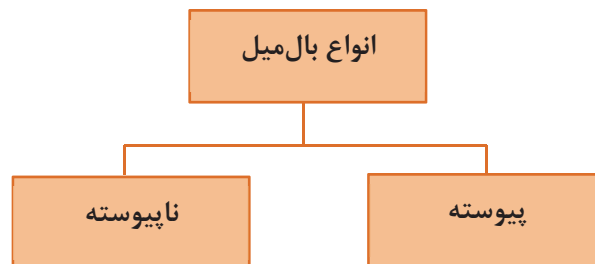
شکل ۷- بال میل

تحقیق کنید

علت نام‌گذاری بال میل به این نام چه بوده است؟



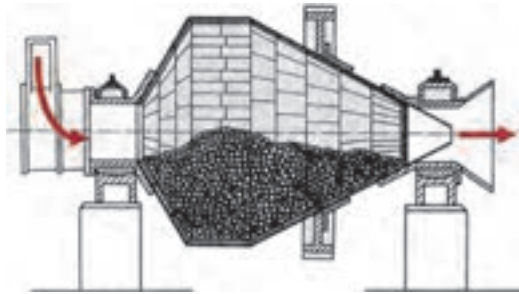
آسیاب گلوله‌ای (بال میل) از یک استوانه تشکیل شده است که در برخی موارد طول آن تقریباً برابر قطرش است. داخل آنها گلوله‌هایی کروی وجود دارد که وظیفه آنها ساییدن ذرات مواد است. گلوله‌هایی که در آسیاب‌ها به کار می‌رود از مواد مقاوم در برابر سایش انتخاب می‌شوند.



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

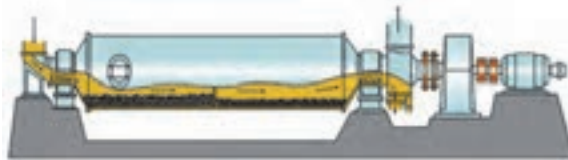
بال میل پیوسته^۱

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



شکل ۸- بال میل پیوسته یک بخشی

در بال میل مخروطی نیز برای بارگیری گلوله ها لازم نیست بال میل متوقف شود و گلوله ها همراه مواد اولیه بارگیری می شوند. در شکل های ۸ و ۹ نمونه هایی از بال میل پیوسته مشاهده می شود.

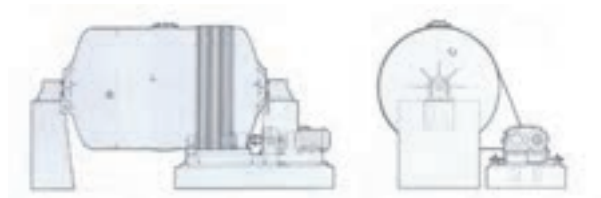


شکل ۹- بال میل پیوسته دو بخشی

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

بال میل ناپیوسته^۲

نحوه عملکرد بال میل های ناپیوسته به این صورت است که مواد اولیه را به همراه گلوله ها به صورت یکجا و به میزان ظرفیت بال میل درون آن بارگیری کرده و تا زمان معینی تحت سایش قرار می دهند؛ سپس بال میل را متوقف کرده و مواد ساییده شده تخلیه می شوند.



شکل ۱۰- بال میل ناپیوسته

۱. Continuous Ball Mill

۲. Discontinuous Ball Mill

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 کرده 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
		اتوماتیک 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 پرسلان^۱ سخت و تفلون است. مواد اولیه در این جارمیل‌ها ریخته می‌شوند و گلوله‌های سرامیکی در ابعاد و تعداد مناسب افزوده شده و در آنها بسته می‌شود. سپس به وسیله یک موتور الکتریکی به صورت دورانی به حرکت در می‌آید و پس از مدتی مواد را ریز می‌کند. مدت چرخش به دانه‌بندی مورد نیاز بستگی دارد. هر چه 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 فست میل استفاده می‌شود.



فست میل



جارمیل

شکل ۱۲

ساختمان آسیاب گلوله‌ای

به جداره خارجی بال میل «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 بال میل

پوشش داخلی آسیاب‌ها (آستر^۱) از چیست و چه نقشی در عملکرد بال میل دارد؟

جداره داخلی آسیاب‌ها در معرض فرسایش شدید ناشی از اصطکاک و ضربه میان مواد خردکننده و خرد شونده 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.



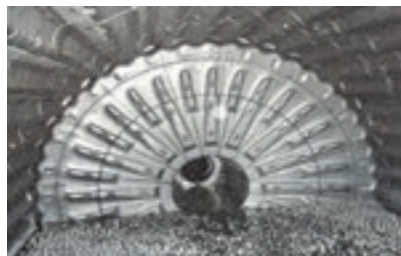
شکل ۱۴- آستر بال میل

پوشش داخلی این آسیاب‌ها از جنس فلینت^۱، آلومینا^۲، چینی سخت^۳، 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 بال میل



شکل ۱۵- آستر داخلی بال میل

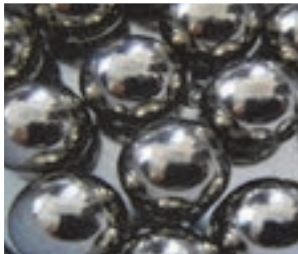
انواع گلوله

گلوله‌هایی که در داخل آسیاب قرار دارند ذرات مواد را دربرگرفته و آنها را ریز می‌کنند. در آسیاب‌های گلوله‌ای از گلوله‌هایی از جنس فلینت، چینی سخت، آلومینا، استئاتیت^۴ در اندازه‌های مختلف استفاده می‌شود.

۱. Flint
۲. Alumina
۳. Hard-paste Porcelain
۴. Steatite

آسیاب کردن

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



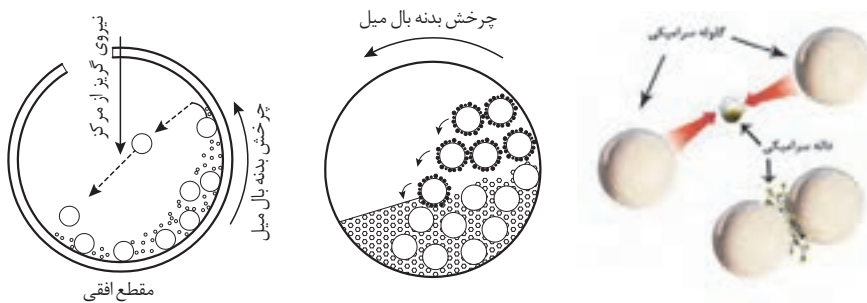
ث) گلوله استتائیتی



ت) گلوله زیرکونیایی

شکل ۱۶- انواع گلوله‌های بال میل

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- ریزش ذرات در اثر سقوط و برخورد گلوله‌ها

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

جدول ۲

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

فعالیت کلاسی



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 دَوَران بال‌میل توسط یک موتور الکتریکی یا یک موتور دیزل تأمین می‌شود. موتور الکتریکی به کمک سیستم انتقال نیروی چرخ دنده‌ای یا تسمه‌ای، بال‌میل را به حرکت درمی‌آورد.



تسمه‌ای



چرخ دنده‌ای

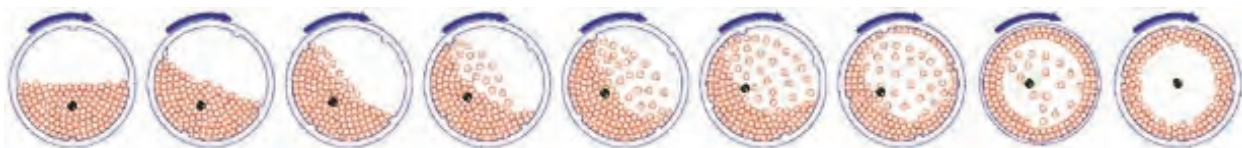
شکل ۱۸- انواع سیستم انتقال قدرت در بال‌میل

سرعت چرخش آسیاب

سرعت دَوَران آسیاب، برعمل 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 غلتیده یا سقوط کنند.

جدول ۳

مکانیزم آسیاب کردن مواد	حرکت گلوله‌ها
سایش	غلتیدن گلوله‌ها بر روی یکدیگر
ضربه	سقوط گلوله‌ها بر روی یکدیگر



شکل ۱۹

آسیاب کردن

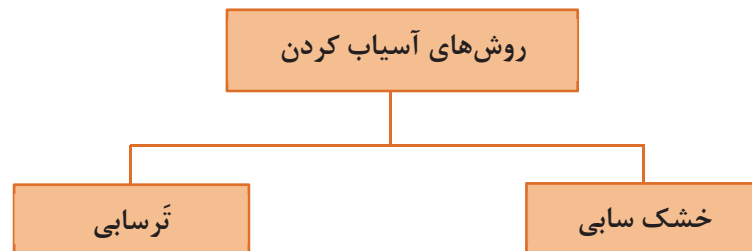
اگر سرعت دورانی آسیاب از سرعت بحرانی^۱ بیشتر شود، گلوله‌ها تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز، به جداره داخلی آسیاب چسبیده و عمل ریز کردن متوقف خواهد شد. اگر سرعت آسیاب از سرعت بحرانی خیلی کمتر انتخاب شود، گلوله‌ها از ابتدا به طرف پایین سرازیر می‌شوند و ضربه به حداقل میزان خود می‌رسد و سایش به تنهایی، مکانیزم غالب خواهد بود. در حالی که در سرعت چرخش نزدیک به بحرانی، مکانیزم غالب در آسیاب کردن، ضربه 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٪ 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 آسیاب شونده 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 گرد و غبار، 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.

۱. Critical Speed

آسیاب کردن به روش تر یا ترسابی

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

بال‌میل‌ها معمولی‌ترین آسیاب‌هایی هستند که در هر دو روش ترسابی و خشک‌سابی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

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 نمودن 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. به‌طور 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؛

ρ_1 = چگالی دوغاب؛

ρ_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 در دوغاب را حساب کنید.

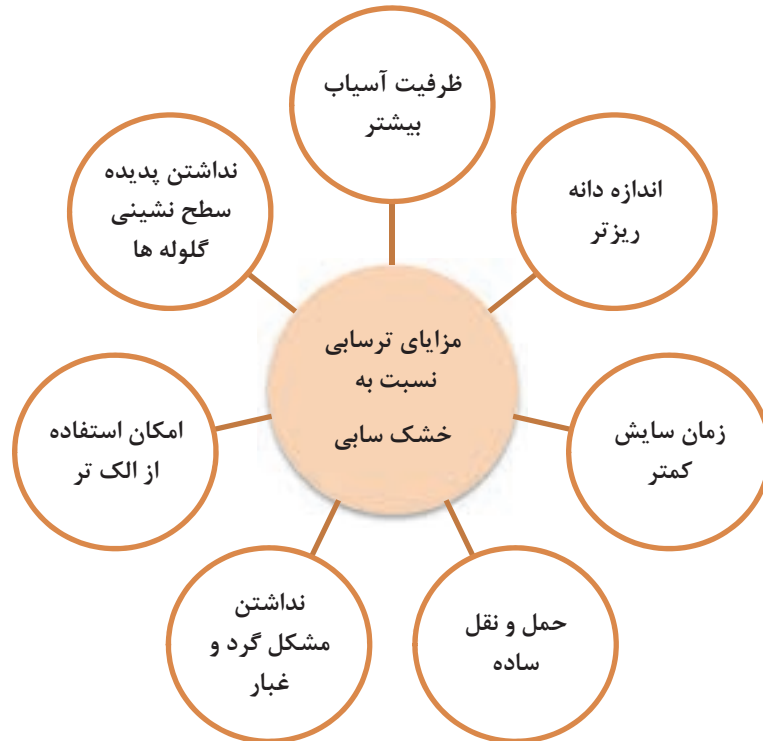
$$X = \frac{2/6 (1/5 - 1)}{1/5 (2/6 - 1)} \times 100 = \frac{1/3}{2/4} \times 100 = 54/16\%$$

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 (ترسایی) در مقایسه با روش خشک (خشک‌سایی) عبارت‌اند از:



نمودار ۶- مزایای روش ترسایی نسبت به خشک‌سایی

حجم داخلی بال‌میل و جارمیل

همان‌طور که گفته شد شکل هندسی جارمیل و بال‌میل استوانه‌ای 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، سانتی‌مترمکعب، دسی‌مترمکعب 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 برحسب مترمکعب و لیتر محاسبه نمایید.

راه حل:

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

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

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

چون هر متر مکعب ۱۰۰۰ لیتر است، پس حجم استوانه معادل ۲۴۸۰ لیتر می‌شود. $2/48 \times 1000 = 2480 lit$

مثال: اگر قطر خارجی یک بال‌میل (D) ۱۱۰ سانتی‌متر، ضخامت آستر آن ۵ سانتی‌متر، ضخامت بدنه ورق فلزی ۲ سانتی‌متر و ارتفاع (طول) بال‌میل ۱۵۰ سانتی‌متر باشد، حجم داخلی (مفید) بال‌میل را بر حسب لیتر محاسبه نمایید.
راه حل: برای محاسبه حجم داخلی بال‌میل به قطر داخلی آن نیاز است.

سانتی‌متر $D = 110 =$ قطر خارجی

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

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

متر $H = 150 =$ سانتی‌متر $H = 150 =$ ارتفاع خارجی

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

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

برای محاسبه قطر داخلی بال‌میل، 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





- ۱- اگر در یک بال میل قطر خارجی ۳۴۰۰ 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 متر مکعب و لیتر حساب کنید.
- ۲- جارمیلی از جنس چینی سخت با حجم کل ۵ لیتر (غیر مفید) مورد نظر است، اگر ارتفاع آن ۶۰ سانتی‌متر و ضخامت دیواره‌اش ۲۰ میلی‌متر باشد قطر داخلی آن را به دست آورید.



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 در کارگاه را اندازه‌گیری و یادداشت کنید. سپس به کمک خط‌کش، ضخامت جداره خارجی و آستر بال میل را اندازه گرفته، حجم داخلی و سهم حجمی و وزنی هر یک از اجزای لازم برای بارگیری بال میل را برای دو حالت ترسابی و خشک‌سابی محاسبه کنید.

برای محاسبه سهم وزنی گلوله و مواد، چگالی گلوله و مواد مورد سایش 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 اندازه‌گیری ابعاد بال میل از هم گروهی خود بخواهید مراقب باشد که هنرجویان دیگر به تابلوی راه‌اندازی 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 سی‌سی و ترازوی دیجیتالی ۲۰ تا ۳۰ کیلوپی.

شرح فعالیت:

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

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

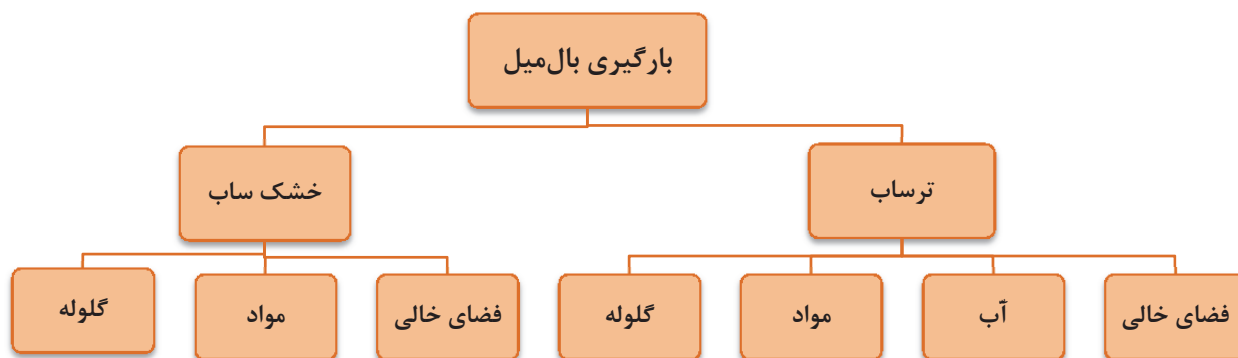




هنگام جابه‌جایی جارمیل دقت نمایید که به جارمیل ضربه وارد نشود یا از دست‌هایتان سقوط نکند.

مفهوم بارگیری بال‌میل و جارمیل

بارگیری بال‌میل و جارمیل مجموعه اقداماتی است که منجر به پر کردن مواد و راه اندازی بال‌میل یا جارمیل می‌شود. این عملیات شامل توزین مواد، گلوله‌ها، آب و روان‌ساز^۱ و ریختن آن داخل آسیاب است. پس از ریختن مواد در داخل آسیاب، نوبت به بستن در آن و آماده‌سازی آسیاب برای روشن کردن است.



نمودار ۷- بخش‌های مختلف در بارگیری بال‌میل

بخش‌های بیان شده در نمودار ۷ شامل (آب، مواد و گلوله) فضایی را به خود اختصاص می‌دهند که جمعاً فضای اشغال شده حدود (۶۵-۷۵٪) حجم داخلی بال‌میل 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 می‌شود.

روش تئوری

حجم داخلی بال‌میل را محاسبه کرده و به نسبت مساوی بین اجزا تقسیم می‌شود. یعنی در حالت خشک ساب، حجم داخلی تقسیم بر سه و در حالت ترساب، حجم داخلی تقسیم بر چهار می‌شود. با داشتن حجم هر یک از اجزا و با استفاده از رابطه چگالی ($\rho = \frac{m}{V}$) مقدار هر یک از اجزا محاسبه می‌شود.

مثال:

مقدار و فضای اشغال شده توسط گلوله‌ای به چگالی 3 g/cm^3 ، مواد اولیه با میانگین چگالی $2/5 \text{ g/cm}^3$ و آب با چگالی 1 g/cm^3 را برای بارگیری بال میلی به حجم 200 لیتر در دو حالت خشک‌ساب و ترساب محاسبه کنید.

الف: حالت خشک ساب

$$200 \div 3 = 66/67 \text{ lit} = 66670 \text{ cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{v} \rightarrow m = \rho \times v \rightarrow m = 3 \times 66670 = 200000 \text{ g}$$

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

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

ب: حالت ترساب

$$200 \div 4 = 50 \text{ Lit} = 50000 \text{ cm}^3$$

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

$$\text{وزن گلوله مورد نیاز} = 150 \text{ kg}$$

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

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

تحقیق کنید

در روش محاسبه تئوری، چه عواملی 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 آنها است.

بنابراین در صنعت، برای بال میل‌های مختلف و شرایط متفاوت، محاسبات، میزان گلوله و مواد قابل بارگیری، متفاوت خواهد بود.

به عنوان نمونه، بال میلی با گلوله‌های آلومینایی و در چهار اندازه را در نظر گرفته و محاسبات انجام می‌شود.

فرض بر این است که گلوله‌ها 33% ، مواد اولیه 22% و آب 20% حجم داخلی بال میل را اشغال کنند.



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

مثال:

حجم مفید یک بال‌میل ۱۷۲۵ لیتر است. مقدار گلوله، مواد و آب لازم برای تهیه دوغاب با شرایط زیر را محاسبه کنید. چگالی دوغاب $1/6 \text{ g/cm}^3$ ، چگالی گلوله‌ها از جنس آلومینا $3/68 \text{ g/cm}^3$ ، چگالی آب 1 g/cm^3 ، حجم ظاهری اشغال شده توسط گلوله‌ها ۵۵٪ حجم داخلی بال‌میل، فضای خالی بین گلوله‌ها ۴۰٪ این حجم و فضای اشغالی توسط آب ۲۰٪ حجم داخلی بال‌میل است.

۱- گلوله‌ها ۵۵٪ حجم داخلی بال‌میل را پر می‌کنند. بنابراین داریم:

$$\text{لیتر } 949 = 1725 \times 0/55 = 0/55 \times \text{حجم داخلی بال‌میل} = \text{حجم ظاهری گلوله‌ها}$$

۲- اگر حجم اشغال شده توسط گلوله‌ها و مواد را ۱۰۰ در نظر بگیریم ۶۰٪ این فضا به گلوله و ۴۰٪ به مواد اختصاص پیدا می‌کند. پس داریم:

$$\text{لیتر } 569 = 0/60 \times \text{حجم ظاهری گلوله‌ها} = \text{حجم واقعی گلوله‌ها}$$

$$3- \text{ با توجه به چگالی گلوله‌ها که } 3/68 \text{ g/cm}^3 \text{ است و رابطه } \rho = \frac{m}{v} \text{ چگالی داریم:}$$

$$\text{کیلوگرم } 2094 = 3/68 \times 569 = m = \rho \times v = \text{وزن گلوله‌ها}$$

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

$$\text{وزن هر اندازه‌ای از گلوله} \quad \text{کیلوگرم } 523 = 2094 \div 4$$

۵- مقدار مواد خشک با در نظر گرفتن ۴۰٪ فضای خالی بین گلوله‌ها برای مواد و حجم ظاهری گلوله‌های به دست می‌آید:

$$\text{لیتر } 380 = 949 \times 0/40 = \text{حجم مواد خشک}$$

۶- در این روش ۲۰٪ حجم داخلی بال‌میل به آب اختصاص می‌یابد پس:

$$\text{لیتر } 345 = 1725 \times 0/20 = \text{حجم آب}$$

$$\text{لیتر } 725 = 380 + 345 = \text{حجم دوغاب} \Rightarrow \text{حجم آب} + \text{حجم مواد} = \text{حجم دوغاب}$$

۷- وزن دوغاب، در تهیه دوغاب با چگالی $1/6 \text{ g/cm}^3$ ، ۶۵٪ دوغاب را مواد جامد و ۳۵٪ آن را آب تشکیل می‌دهد.

$$\text{کیلوگرم } 1160 = 1/6 \times 725 = m = \rho \times v$$

$$\text{وزن مواد خشک} \quad \text{کیلوگرم } 754 = 1160 \times 0/65$$

$$\text{وزن آب} \quad \text{لیتر } 406 = 1160 \times 0/35 = \text{کیلوگرم } 406$$

نکته



۱- دقت شود محاسبات انجام شده بر مبنای خاک خشک است. در حالتی که خاک‌ها، تر باشند، لازم است قبل از توزین آنها، رطوبت مواد محاسبه شود تا ضمن به دست آمدن مقدار دقیق خاک مورد نیاز، میزان رطوبت همراه هر ماده، از میزان آب محاسبه شده کم شود.
۲- روان‌ساز مورد نیاز، بر مبنای خاک خشک محاسبه و در بال‌میل اضافه می‌شود.

تحقیق کنید



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

بارگیری بال‌میل خشک

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

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

سیلیس با چگالی $2/5 \text{ g/cm}^3$

حجم ظاهری گلوله‌ها ۵۰٪ حجم بال‌میل، تراکم گلوله‌ها (حجم واقعی) ۶۰٪، حجم فضای خالی بین گلوله‌ها ۴۰٪، 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 مورد نیاز از هر اندازه (با فرض اینکه گلوله‌ها به نسبت مساوی استفاده شوند):

تعداد اندازه‌ها \div وزن گلوله مورد نیاز = وزن گلوله‌های هم اندازه

کیلوگرم $33 = 165 \div 5 =$ وزن گلوله‌های هم اندازه

۴- محاسبه حجم مواد اولیه مورد نیاز:

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

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

آیا می‌دانید



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 ساینده‌های 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، به هیچ عنوان 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 بال میل بسیار بالا است).
- ۸- از لمس کردن دوغاب داخل آسیاب خودداری کنید (دوغاب داخل آسیاب داغ است).

نکات زیست‌محیطی



در صنعت سرامیک آلاینده‌های مختلفی مانند گرد و غبار، پساب، سر و صدا و دود وجود دارد که سلامت کارکنان، شهروندان و محیط زیست را به مخاطره می‌اندازد 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 ترسایی را ترجیح می‌دهند و برای مناطق خشک و کم آب، در مواردی که مواد در آب محلول است و باید بعد از ریز کردن مواد، آنها را خشک نمود یا در فرایند بعدی تولید، مواد به صورت خشک کاربرد دارند، آسیاب‌های خشک استفاده می‌شوند.

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.

آسیاب کردن

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.

تحقیق کنید



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

فعالیت کلاسی



جدول ۴- برخی از وسایل و تجهیزات ایمنی و بهداشتی



















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

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 بال‌میل

مواد و ابزار: بال‌میل، ترازوی دیجیتالی (۲۰ تا ۳۰ کیلوپی)، پیمانۀ آب، گلولۀ بال‌میل (حداقل در سه اندازه)، مواد اولیهٔ سخت (سیلیس، فلدسپات یا رس‌های سخت)، سرتاس، سطل (۵ تا ۱۰ کیلوپی)، آب.

شرح فعالیت:

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



- ۱- قبل از مراجعه به بال‌میل از قطع بودن جریان برق آن اطمینان حاصل کنید.
- ۲- در هنگام بارگیری بال‌میل از هم‌گروهی خود بخواهید مراقب باشد که هنرجویان دیگر به تابلوی راه‌اندازی بال‌میل نزدیک نشوند و یا در صورت کوچک بودن بال‌میل، هنرجویان اقدام به حرکت دادن دستی آن نکنند.
- ۳- قبل از روشن کردن بال‌میل از بسته بودن در آن اطمینان حاصل کنید.
- ۴- در هنگام روشن کردن بال‌میل به دستورالعمل راه‌اندازی دستگاه توجه کنید.
- ۵- هنگام توزین و بارگیری مواد اولیه در بال‌میل، 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 بسته و پس از بررسی نکات ایمنی، جار را بر روی دستگاه جار میل قرار داده و محافظ جار را در جای خود قرار دهید. در ادامه موتور جار میل 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 نمایید 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 گرفته و در جارمیل به خوبی بسته شود.

۳- از قرار دادن جار بر روی جارمیل روشن جداً 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؟

پرسش



ارزشیابی نهایی شایستگی آسیاب کردن

<p>شرح کار:</p> <p>۱- آماده‌سازی دستگاه آسیاب؛</p> <p>۲- بارگیری آسیاب؛</p> <p>۳- محاسبه پارامترهای آسیاب، سرعت چرخش، زمان آسیاب، نسبت پودر به گلوله، محاسبه اندازه قطر گلوله؛</p> <p>۴- آسیاب کردن مواد.</p>																															
<p>استاندارد عملکرد:</p> <p>آسیاب کردن مواد اولیه مطابق با میزان سختی، اندازه مواد ورودی، توزیع سایزبندی گلوله‌های بال میل و جدول توزیع دانه‌بندی مواد خروجی</p>																															
<p>شاخص‌ها:</p> <p>روشن شدن دستگاه و تمیز بودن دریچه دستگاه و اجزای آن؛</p> <p>وزن کردن و بارگیری مواد و گلوله‌ها؛</p> <p>انتخاب سرعت چرخش و زمان مناسب بر اساس وزن مواد اولیه؛</p> <p>انتخاب گلوله مناسب از لحاظ قطر و تعداد.</p>																															
<p>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</p> <p>مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی.</p> <p>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.</p>																															
<p>معیار شایستگی:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #f4a460;"> <th style="width: 15%;">ردیف</th> <th style="width: 15%;">مرحله کار</th> <th style="width: 25%;">حداقل نمره قبولی از ۳</th> <th style="width: 45%;">نمره هنرجو</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td> <td>آماده‌سازی دستگاه آسیاب</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>آسیاب کردن به روش تر و خشک</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>کنترل نهایی</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;">شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست‌محیطی و نگرشی، شامل:</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;">دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr style="background-color: #f4a460;"> <td colspan="2" style="text-align: right;">میانگین نمرات</td> <td></td> <td>*</td> </tr> </tbody> </table> <p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.</p>				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 غیر فنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست‌محیطی و نگرشی، شامل:		۲		دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب.				میانگین نمرات			*
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 غیر فنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست‌محیطی و نگرشی، شامل:		۲																													
دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب.																															
میانگین نمرات			*																												

پودمان سوم

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.

شایستگی تعیین رطوبت و دانه‌بندی

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

آیا تا به حال
بی برده‌اید

هدف از این شایستگی درک اهمیت رطوبت مواد اولیه، روش‌های اندازه‌گیری و گزارش آن است. سپس هنرجو با روش‌ها و تجهیزات دانه‌بندی آشنا شده 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^۱ در بسته‌بندی آنها شده‌اید؟ آیا در محیط آزمایشگاه از دسیکاتور استفاده کرده‌اید؟ کاربرد و اهمیت آن در چیست؟

تحقیق کنید

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



ب) دسیکاتور



الف) بسته سیلیکاژل

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 شکل های 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 در روزهای آفتابی، رطوبت خود را از دست بدهند. بنابراین لازم است رطوبت مواد اولیه و آمیز اندازه‌گیری شود.

نکته

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



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° 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:

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

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

نکته ایمنی



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

نکته



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

گفت‌وگو کنید



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

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



چینی بهداشتی

معمولاً استفاده از مبنای وزنی تر



آجر

معمولاً استفاده از مبنای وزنی تر



دیرگداها و سرامیک‌های مهندسی

معمولاً استفاده از مبنای وزنی خشک

شکل ۴

در آزمون روان‌سازی از مبنای خشک و در دوغاب‌سازی از مبنای تر برای محاسبه درصد رطوبت استفاده می‌شود.

نکته





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- مقداری از پودر آمیز را بر روی ورق آلومینیومی یا داخل بوتۀ از قبل وزن شده بریزید.
 - ۲- وزن آن (m_w) را اندازه‌گیری کنید 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 کنید 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- از لباس کار و دستکش در محیط کارگاه استفاده کنید.
- ۲- هنگام خارج کردن بوتۀ 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)، خشک کن و دو عدد ظرف.

شرح فعالیت:

- ۱- مقداری خاک کائولن را در بوته یا فویل آلومینیومی ریخته و به مدت ۲ ساعت در خشک کن 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 مورد نیاز 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 مورد نیاز (گرم)	درصد رطوبت
بر مبنای خشک	۱۰۰		۳۰٪
بر مبنای تر	۱۰۰		۳۰٪

یکی از مزایای مهم شکل دهی به روش پرس پودر، چگالی بالای قطعه است. در روش پرس پودر، به دلیل درصد رطوبت کم نسبت به روش‌های دیگر مانند اکستروود 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.

جدول ۳

محصول	درصد رطوبت برای شکل دهی
سرامیک مهندسی	کمتر از ۵٪
دیگداها	۴-۸٪
چینی مظروف	۹-۱۶٪
چینی بهداشتی	۱۲-۱۶٪

تجهیزات اندازه‌گیری رطوبت

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



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



رطوبت سنجی الکتریکی

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



رطوبت سنجی وزنی

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

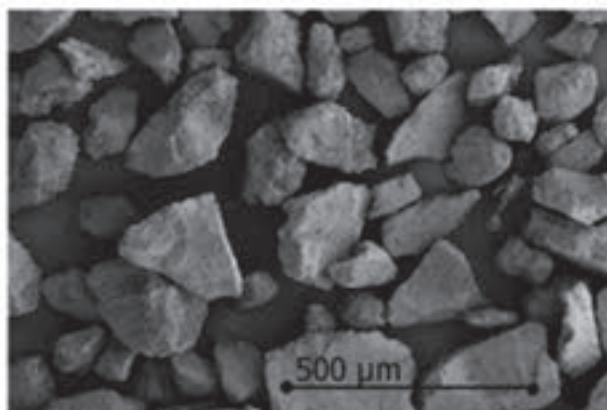
کار عملی ۳: درصد رطوبت خاک کائولن اندازه‌گیری شده در کار عملی ۱ را با یکی از تجهیزات موجود و در دسترس اندازه‌گیری و مقایسه کنید.

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. به عنوان مثال، ذرات مواد رسی مانند کائولن، ابعادی کوچک‌تر از 0.5 میلی‌متر دارند که قابل رؤیت با چشم 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.



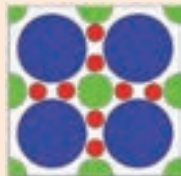
شکل ۶- دانه‌های ماسه سیلیسی قابل رؤیت با چشم

توزیع اندازه ذرات

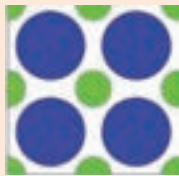
یک پودر معمولاً ذراتی با ابعاد و اندازه‌های متفاوت دارد. به تنوع در اندازه ذرات، از کوچک‌ترین تا بزرگ‌ترین ذره ماده «توزیع اندازه ذرات» یا «گستره دانه‌بندی» می‌گویند. هرچه این تنوع بیشتر باشد توزیع دانه‌بندی آن ماده اولیه یا پودر گسترده‌تر است.

تعیین رطوبت و دانه‌بندی

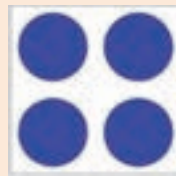
در شکل‌های زیر، اضلاع مربع ۵ سانتی‌متر، قطر دایره‌های آبی ۲ سانتی‌متر، قطر دایره‌های سبز ۱ سانتی‌متر و قطر دایره‌های قرمز ۰/۵ سانتی‌متر است. مساحت سطح سفید را در هر یک از شکل‌های ۱، ۲ و ۳ محاسبه و جداول را مطابق نمونه‌ها پر کنید.



۳



۲



۱

جدول ۴

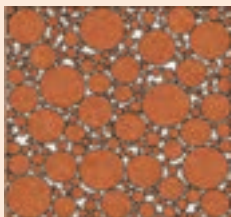
تعداد دایره‌ها			توزیع اندازه دایره‌ها	شماره شکل
قرمز	سبز	آبی		
				۱
۰	۴	۴	۱ تا ۲ سانتی‌متر	۲
				۳

درصد مساحت سفید رنگ	مساحت سفید	مساحت			شماره شکل
		قرمز	سبز	آبی	
۴۹/۷۶٪	$25 - 12/56 = 12/44$	۰	۰	۱۲/۵۶	۱
					۲
					۳

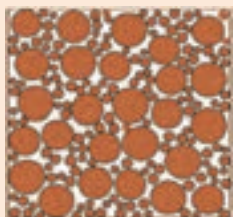
با فرض اینکه دایره‌های رنگی، همان دانه‌های پودر باشند، مفهوم درصد مساحت سفید رنگ چه خواهد بود؟

چگونه می‌توان مساحت قسمت سفید رنگ را بیشتر کاهش داد؟

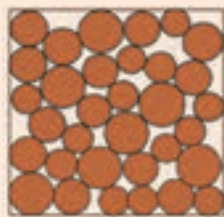
دانه‌های سه نوع پودر در یک واحد سطح به صورت شکل‌های زیر مشاهده می‌شود. با توجه به شکل‌ها، جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.



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.

فعالیت کلاسی



فعالیت کلاسی





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).

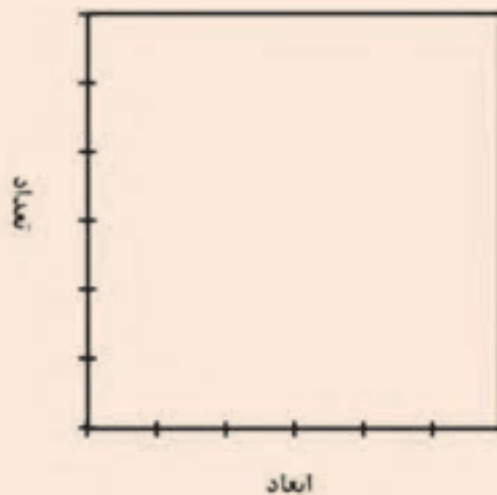
شرح فعالیت:

- ۱- ابعاد مواد را اندازه‌گیری کرده و یادداشت کنید.
- ۲- در ظرف شماره ۱ مواد با بزرگ‌ترین ابعاد را 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



تعیین رطوبت و دانه‌بندی

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.

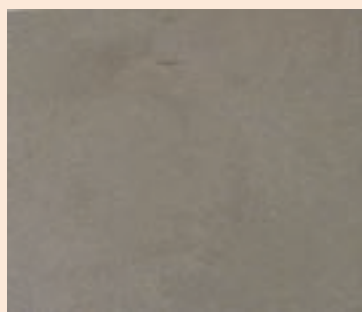
گفت و گو کنید



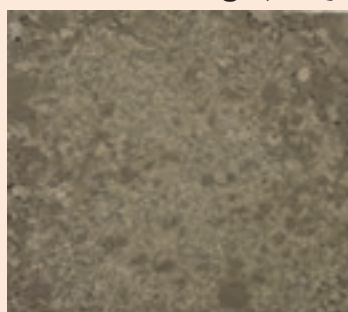
فعالیت کلاسی



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.

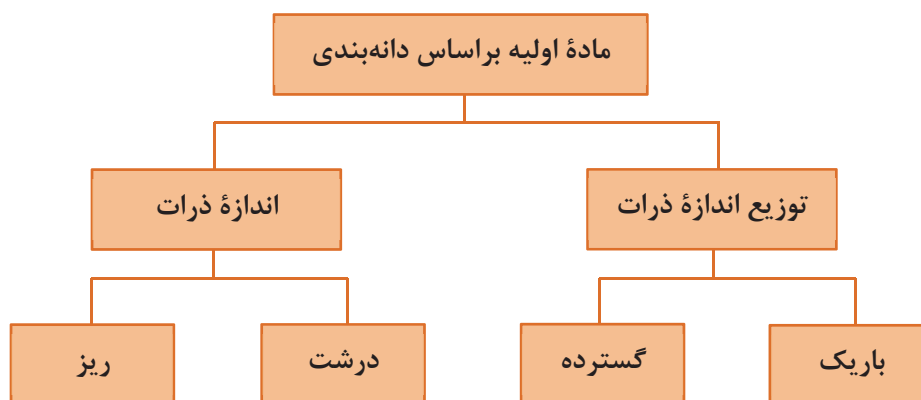


قطعه ۲



قطعه ۱






- ۱- کدام قطعه یکنواخت‌تر 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 مناسب‌تر بوده است؟



نمودار ۲



با توجه به شکل‌های زیر جاهای خالی را پر کنید.

			
۰/۱ تا ۰/۲ میلی‌متر	۰/۲ تا ۰/۴ میلی‌متر	۰/۳ تا ۰/۵ میلی‌متر	۰/۴ تا ۰/۸ میلی‌متر
			
۰/۵ تا ۱/۲ میلی‌متر	۰/۸ تا ۱/۷ میلی‌متر	۱/۲ تا ۳ میلی‌متر	۳ تا ۳/۴ میلی‌متر
.....
.....

باریک‌ترین توزیع اندازه ذرات

ریزترین اندازه ذرات

.....

درشت‌ترین اندازه ذرات

قبل از شکل‌دهی و بعد از مرحله آسیاب کردن، آمیز باید دانه‌بندی شده و اندازه ذرات و توزیع آنها تعیین و کنترل شود. اندازه ذرات و توزیع آنها با توجه به روش شکل‌دهی و کاربرد مورد نظر انتخاب می‌شود. ابعاد ذرات نباید از حد مجاز بزرگ‌تر یا کوچک‌تر باشد.

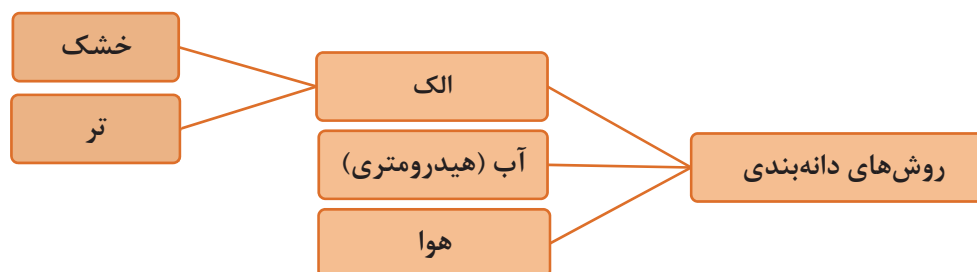
توزیع اندازه ذرات متناسب با روش و تجهیزات شکل‌دهی به گونه‌ای تغییر می‌کند که بتوان به حداکثر تراکم و یکنواختی در قطعه دست یافت.

نکته



روش‌های دانه‌بندی

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

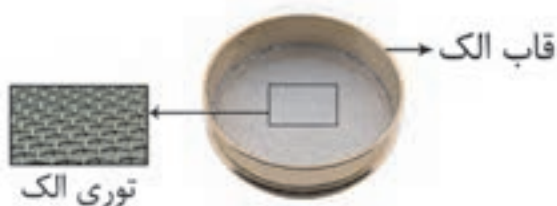


نمودار ۳

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 (شبهه 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 زیر الک نیز در زیر سری 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 مورد نیاز 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.

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

گفت‌وگو کنید



تعیین رطوبت و دانه‌بندی

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

نکته



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

چه استانداردهایی برای مش‌بندی الک‌ها کاربرد بیشتری دارد.

تحقیق کنید



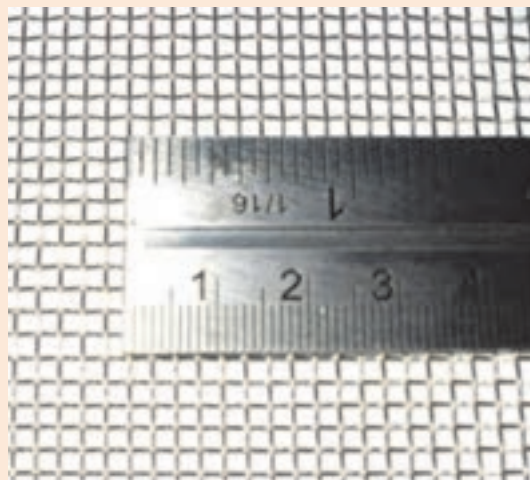
فعالیت کلاسی



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.



شکل ۱۱

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



شکل ۱۲

رابطه شماره مش الک با اندازه ذرات

۶ عدد الک با یک زیر الک به صورت سری مطابق شکل ۱۳ بر روی یکدیگر چیده شده‌اند. جاهای خالی را با کلمات افزایش یا کاهش پر کنید.



شکل ۱۳

فعالیت کلاسی



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 الک عبور می‌کنند.

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

نکته



تعیین رطوبت و دانه‌بندی

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

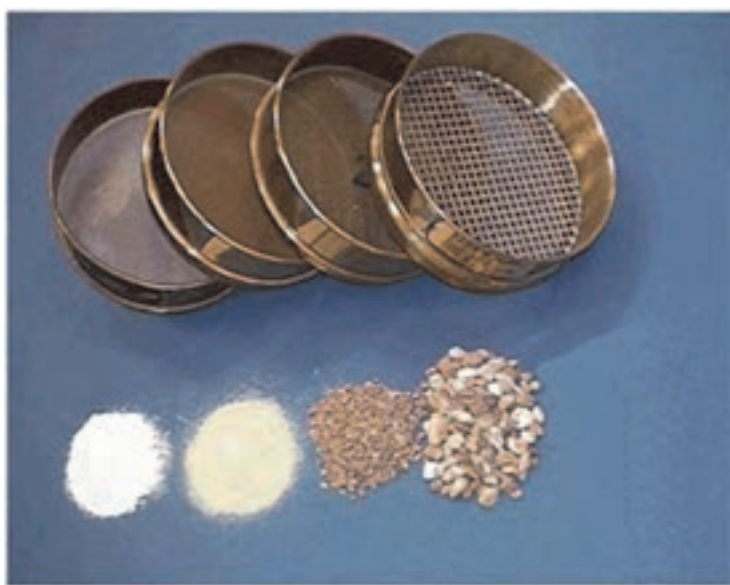
$$\text{درصد ذرات باقی‌مانده روی الک} = \frac{(\text{وزن ذرات باقی‌مانده روی الک با اندازه مشخص})}{(\text{وزن کل ماده اولیه ریخته شده روی الکها})} \times 100$$

درصد ذرات باقی‌مانده روی هر الک به صورت تجمعی:

این عدد از جمع کردن درصد دانه‌های باقی‌مانده روی هر الک با درصد ذرات باقی‌مانده 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 باقی‌مانده روی هر الک را به دست آورد. درصد تجمعی ذرات عبوری از رابطه زیر به دست می‌آید:

درصد تجمعی باقی‌مانده - 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 مادهٔ اولیه‌ای به صورت جدول زیر است. جدول را تکمیل کنید.

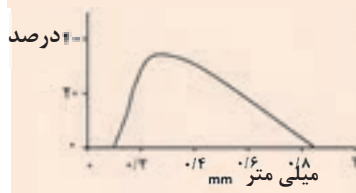
فعالیت کلاسی



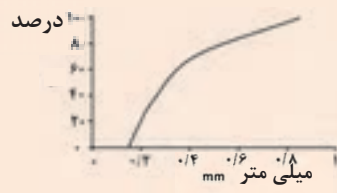
جدول ۷

مش الک	اندازهٔ 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					

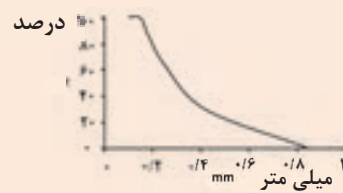
هر یک از نمودارهای زیر مربوط به کدام ستون از جدول بالا است.



پ



ب



الف

تعیین رطوبت و دانه‌بندی

الک کردن می‌تواند به صورت خشک یا تر (ذرات معلق در یک سیال) انجام شود.
الک خشک: در روش الک خشک، خاک خشک در بالاترین الک (کوچک‌ترین مش) از مجموعه الک‌ها قرار داده می‌شود. با لرزش الک‌ها و جداسدن ذرات، درصد مقادیر باقی‌مانده روی هر الک مشخص و نمودار دانه‌بندی برای درصد عبوری از هر الک، بر حسب اندازه الک رسم می‌شود.
الک تر: در الک تر ذرات ریزدانه یا دوغاب را روی الک ریخته و با فشار آب ذرات از الک عبور داده می‌شود. سپس مواد عبوری و مانده روی الک به صورت مجزا خشک شده و توزین می‌شوند.

اغلب برای ذرات درشت‌تر مؤثرتر و سریع‌تر از ذرات ریز است.	زیرا ذرات ریز (مش بیشتر) تمایل به چسبیدن به یکدیگر داشته و کلوخه‌های آن، منافذ الک را مسدود می‌کند.
برای ذرات با جریان‌یابی زیاد، الک خشک می‌تواند روش معمولی برای دانه‌بندی باشد.	زیرا جریان‌یابی به جابجایی ذرات و عبور آنها از منافذ کمک می‌کند.
برای پودرهای بسیار ریز سودمند است.	زیرا از کلوخه شدن آن جلوگیری می‌کند.
الک تر می‌تواند به عنوان مرحله کنترل کیفیت در حین فرایند تولید استفاده شود.	زیرا سریع‌تر است.

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 می‌شود.
کلوخه شدن پودر	روش الک تر
آلودگی هوا حین الک کردن

اندازه ذرات کوچک و تخلخل کم به ایجاد بدنه با استحکام بالا کمک می‌کند. ولی در برخی از موارد کاربردی، مانند عایق‌های دیرگداز استحکام معیار اصلی نیست. در عایق‌ها، تخلخل زیاد باعث خواص مطلوب مثل هدایت حرارتی پایین و مقاومت به شوک حرارتی بالا می‌شود.

آیا می‌دانید



ذرات زیر الکی

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

گفت‌وگو کنید

آیا ذرات زیرالکی دارای اهمیت هستند؟ درباره اهمیت ذرات زیر الکی با هم‌کلاسی‌های خود گفت‌وگو کنید.



نگهداری و تمیز کردن الکی آزمایشگاهی

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



ب) تمیز کاری الکی



الف) نمونه ای از برس برای تمیز کاری الکی

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)، زیر الک (سینی)، دستگاه لرزاننده، 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 اینجا ۲۰۰ مش) زیر الک یا سینی قرار می‌گیرد.

نکته: دقت کنید که الک‌های مورد استفاده خشک و تمیز باشند. الک‌ها و سینی را می‌توانید قبل از استفاده وزن کرده و یادداشت کنید. به نظر شما این کار چه کمکی به شما خواهد کرد؟

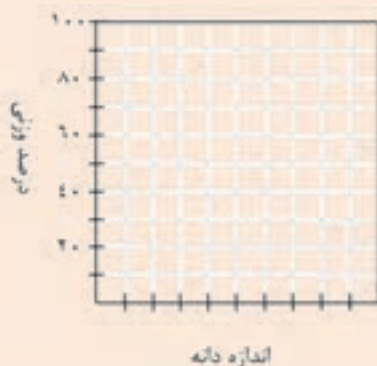
دستگاه الک را به مدت ۱۰ دقیقه روشن کنید. در صورت عدم دسترسی به لرزاننده مکانیکی مراحل را به صورت دستی انجام دهید.

جدول را تکمیل کنید.

جدول ۹

الک	روزنه الک (میلی‌متر)	وزن باقی‌مانده (گرم)	درصد باقی‌مانده	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.





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. از سطل با حجم مناسب به جای سینی الک استفاده شود.

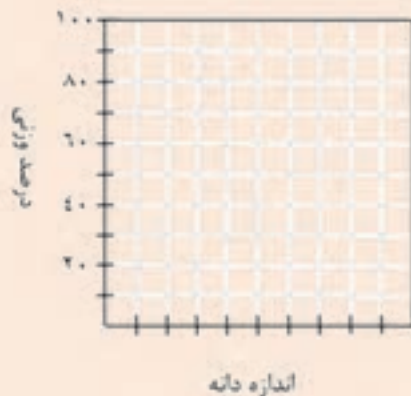
نکته:

- 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 شست‌شوی 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؛ به طور مثال، الک آزمایشگاهی مش ۲۰۰ به علت ظرافت توری، از نظر وزنی تحمل کمتری در برابر الکی با مش ۱۸ را 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 جداشدن توری از قاب الک شود.

آزمون ته‌نشینی (روش آندریازن)

در آزمون ته‌نشینی یا هیدرومتری جداسازی و دانه‌بندی 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 زمان سقوط ذرات با اندازه‌های مختلف، در یک مایع متفاوت است. همچنین سقوط ذرات در مایعات به عوامل مختلفی مانند چگالی مواد موجود در سوسپانسیون و گرانیوی مایع بستگی دارد. بنابراین به کمک روابطی بین ارتفاع سقوط ذرات، کوچک‌ترین قطر ذره براساس 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 گریز از مرکز 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 هوا است.

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

آیا می‌دانید





دستگاه بلین^۱

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 تعیین دانه بندی

شرح کار:

- ۱- آماده سازی، تمیز کاری و تنظیم تجهیزات تعیین رطوبت و دانه‌بندی
- 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 دانه‌بندی مواد اولیه مطابق با فرمول بدنه

شاخص‌ها:

وزن کردن صحیح و با دقت مواد به مقدار مناسب
تمیز بودن ابزارآلات و زدودن گرد و غبار، بازبودن منافذ الک‌ها، انتخاب صحیح الک‌های مورد نیاز
ترتیب قراردادن الک‌ها با توجه به مش آنها، حرکت لرزشی صحیح هنگام الک کردن دستی
کالیبره بودن ترازو، خشک شدن کامل پودر و قرار دادن آن در دسیکاتور، 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: خشک‌کن استاندارد با سرعت خشک کردن مناسب، ترازو با استاندارد دقت بالا، کف الک، دستگاه شیکر استاندارد، الک استاندارد، ترازو استاندارد و کالیبره شده.

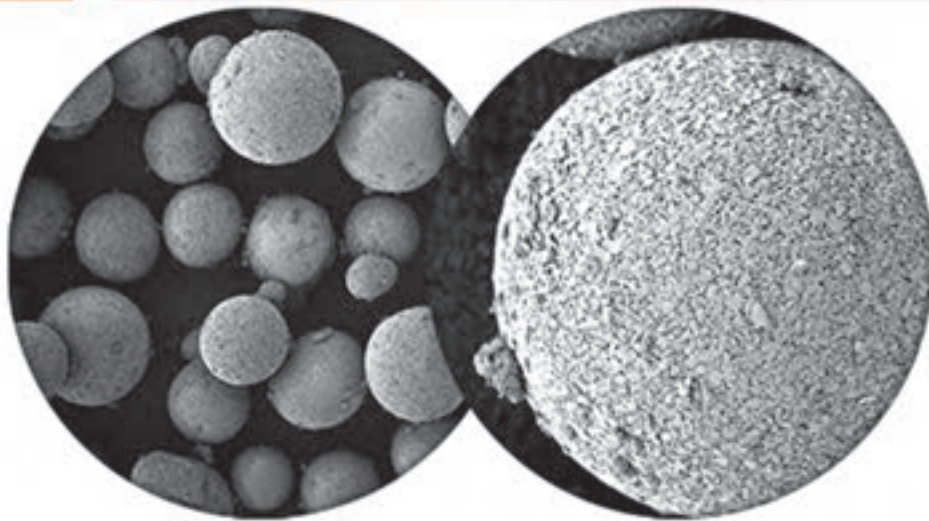
معیار شایستگی:

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	
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: 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 چهارم

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 آنها در صنعت سرامیک شده است.

شایستگی گرانول سازی

- 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؟

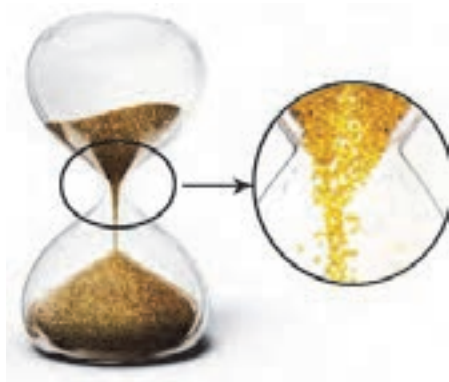
آیا تا به حال
پی برده‌اید

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 براساس ابعاد، شکل، رطوبت و دانه‌بندی مورد نیاز تولید قطعه سرامیکی

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



شکل ۱

با جابه‌جایی کدام یک از خاک‌های شکل ۲ از ظرفی به ظرف دیگر، گرد و غبار کمتری ایجاد می‌شود؟



ب



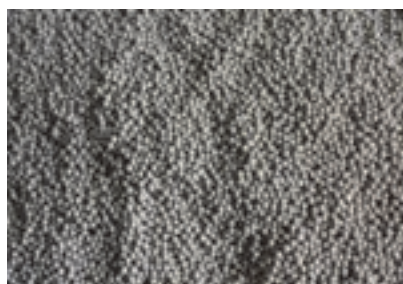
الف

شکل ۲

برای تولید یک محصول سرامیکی به روش پرس، کدام پودر مناسب‌تر است؟



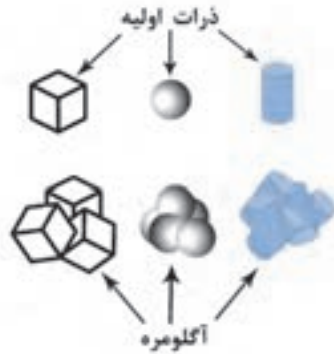
ب



الف

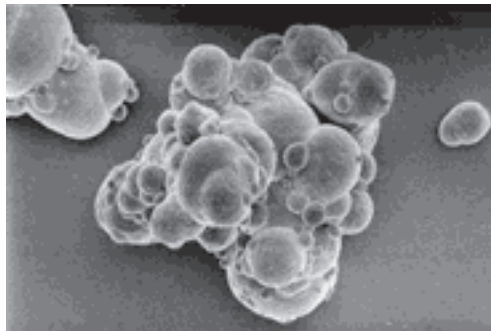
شکل ۳

پودر از اجزای کوچک‌تری به نام ذره^۱ تشکیل شده است.



شکل ۴

ذرات در اثر نیروهای سطحی به یکدیگر متصل شده و تشکیل یک توده نامنظم متخلخل را می‌دهند که به آن آگلومره^۲ 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.

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

تحقیق کنید



جدول ۱

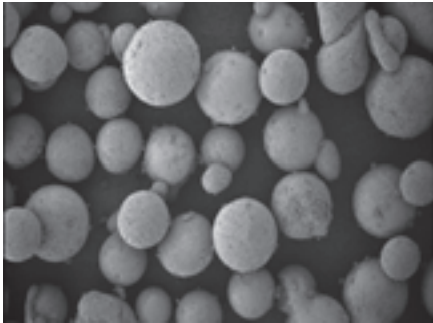
تخلخل محصول	یکنواختی چگالی محصول	جریان یابی مواد	ویژگی
			تأثیر

۱. Particle

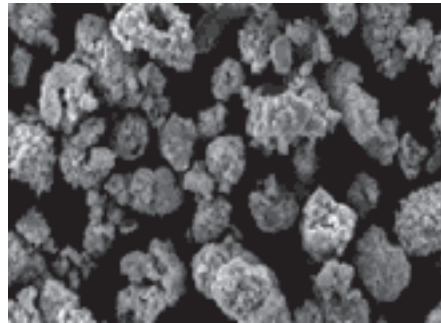
۲. Agglomerate

به تصاویر شکل ۶ نگاه کنید:

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



ب

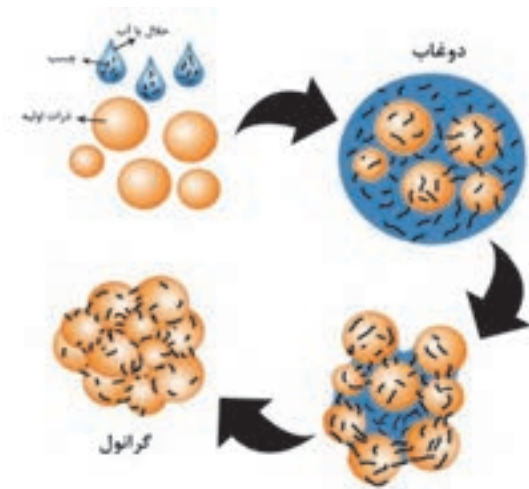


الف

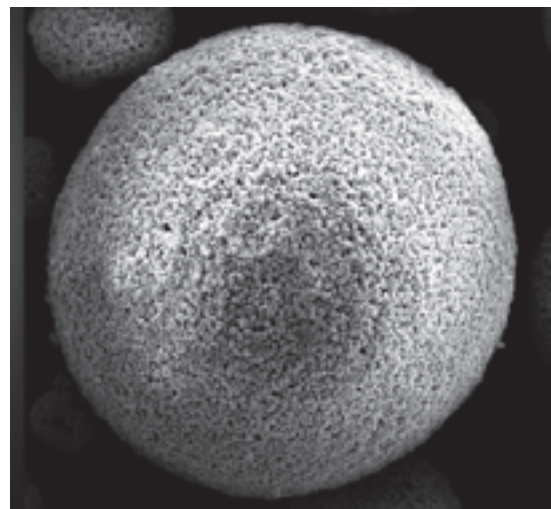
شکل ۶

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

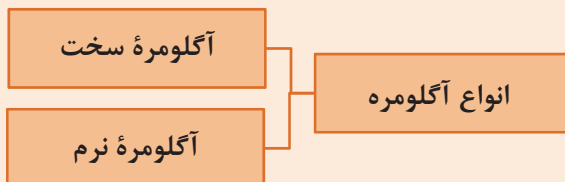


(الف) یک گرانول کروی شکل با قطر حدود ۱۰۰ میکرومتر

شکل ۷



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

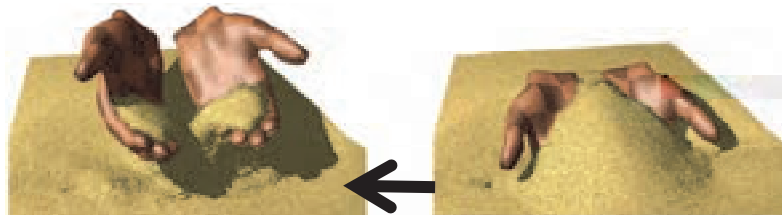


نمودار ۱- انواع آگلومره

- 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.

اهداف تهیه گرانول در شکل‌دهی به روش پرس پودر، عبارت‌اند از:

۱- بهبود جریان‌یابی مواد



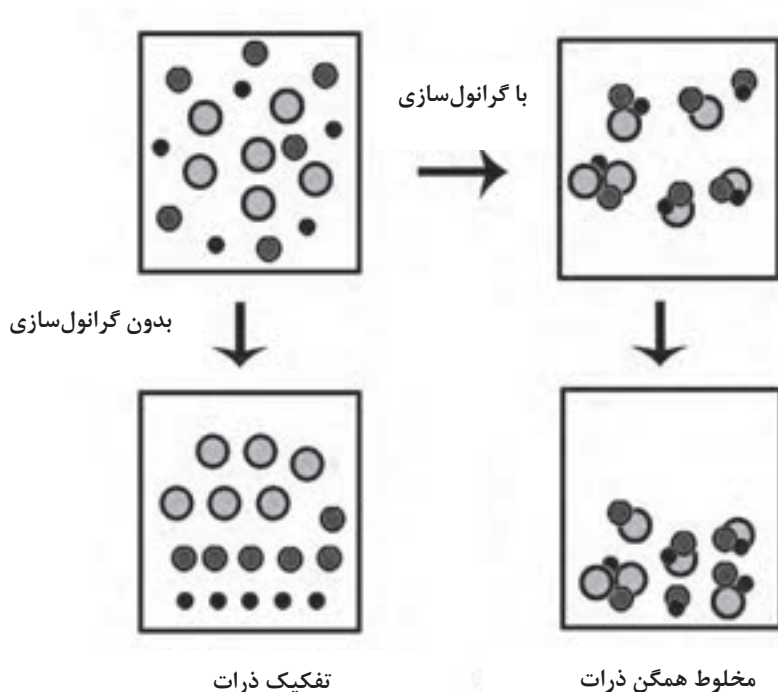
شکل ۸- گرانول با جریان‌یابی مناسب

۲- جلوگیری از ایجاد گرد و غبار



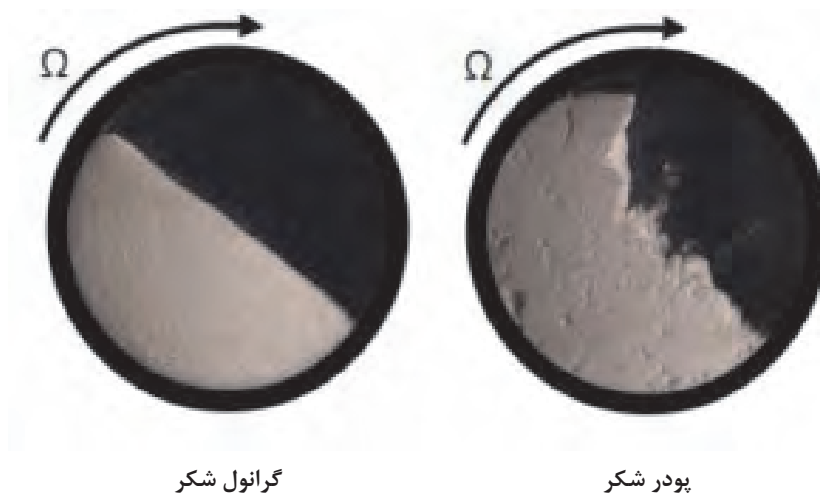
شکل ۹- گرد و غبار حاصل از مواد پودری

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



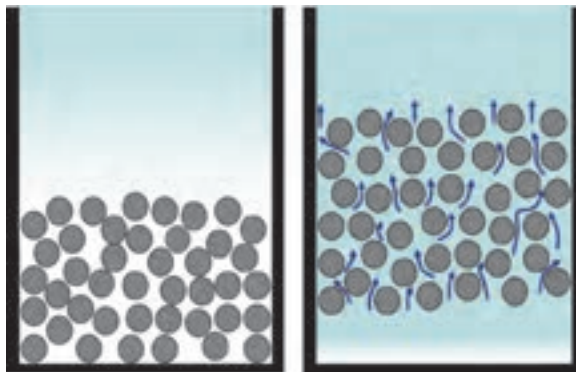
شکل ۱۰- جلوگیری از جدایش ذرات آمیز

۴- انتقال آسان‌تر 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

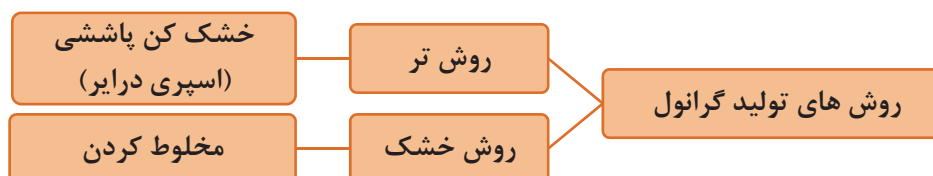
اثر هر یک از ویژگی‌های گرانول را در فرایند شکل‌دهی به روش پرس بررسی کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



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

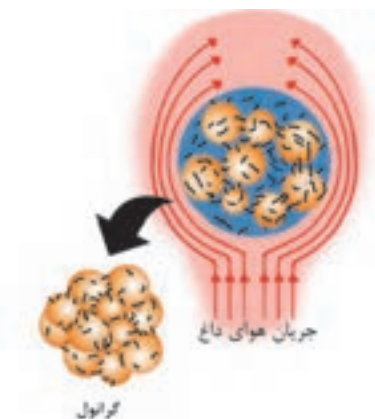
گرانول‌ها جهت تولید محصولات متنوع از قبیل کاشی، پسرلان‌ها، ظروف غذاخوری و تهیه رنگ‌ها و لعاب‌ها کاربرد دارند.



شکل ۱۴- گرانول‌های رنگ

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 با اندازه‌های مختلف و مقدار رطوبت مشخص را دارد.

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

نکته



شکل ۱۶- گرانول پودر لباس‌شویی

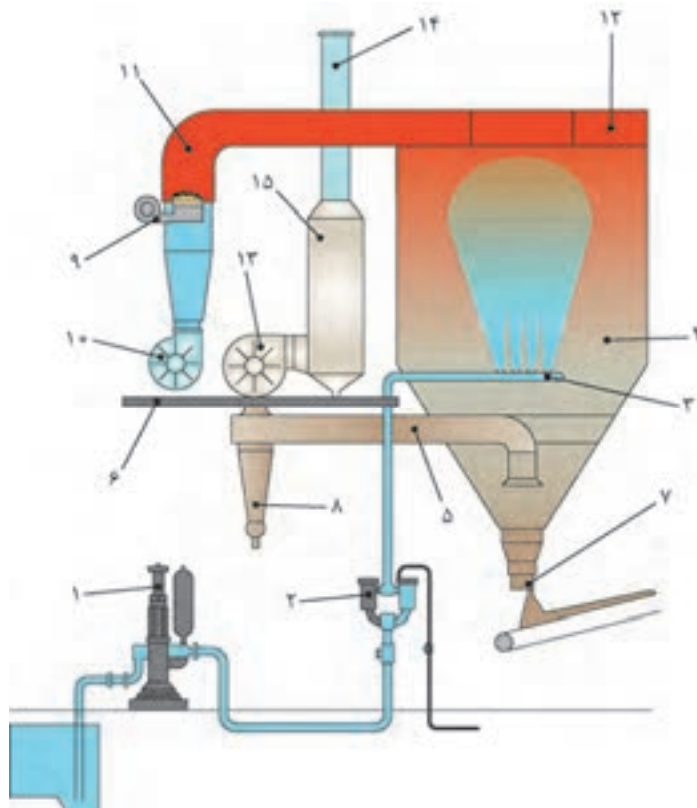
مزایای اسپری درایر

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



نمودار ۳

در شکل ۱۷ نمایی از اجزای خشک کن پاششی نشان داده شده است.

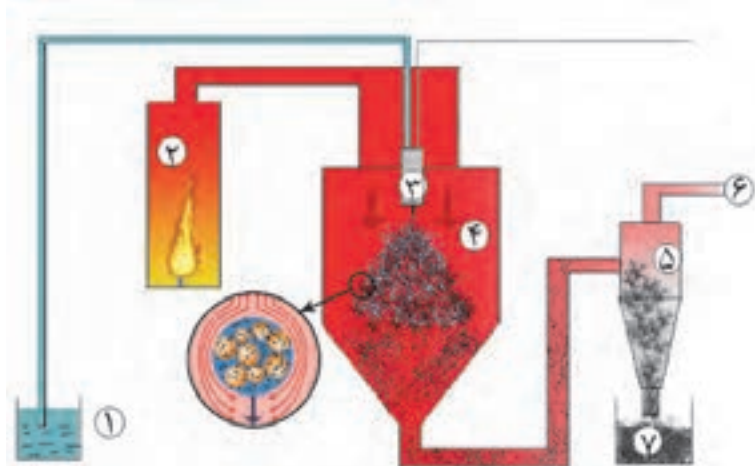


شکل ۱۷- نمایی از اجزای اسپری درایر

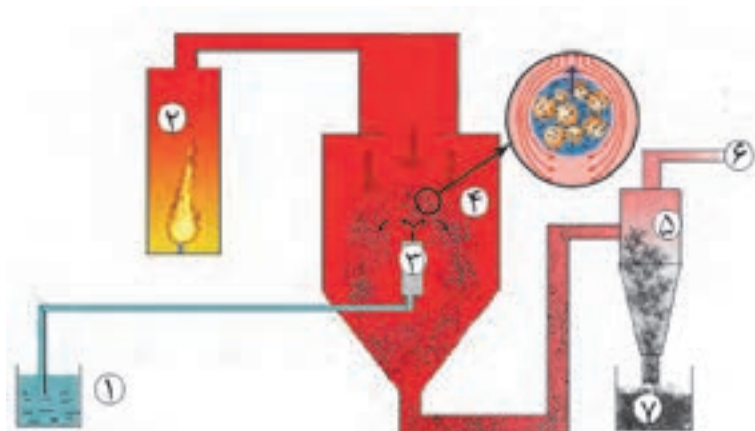
جدول ۲- اجزای دستگاه اسپری درایر

۱- پمپ اعمال دوغاب	۸- سیکلون
۲- فیلترها و لوله انتقال دوغاب	۹- مشعل
۳- نگه‌دارنده افشانک	۱۰- دمنده
۴- محفظه خشک کن	۱۱- خطوط انتقال هوای داغ
۵- لوله‌های 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 بر اساس جهت برخورد قطرات دوغاب با هوای داغ به دو نوع همسو و ناهمسو تقسیم می‌شوند. اسپری درایرهای با جریان ناهمسو در مقایسه با نوع همسو دارای تبخیر سریع‌تر و کارایی بالاتری هستند.



شکل ۱۸ - اسپری درایر از نوع همسو



شکل ۱۹ - اسپری درایر از نوع ناهمسو

اجزای مشخص شده در شکل‌های ۱۸ و ۱۹ را بنویسید:

- ۱- ۲- ۳- ۴-
 ۵- ۶- ۷-

فعالیت کلاسی

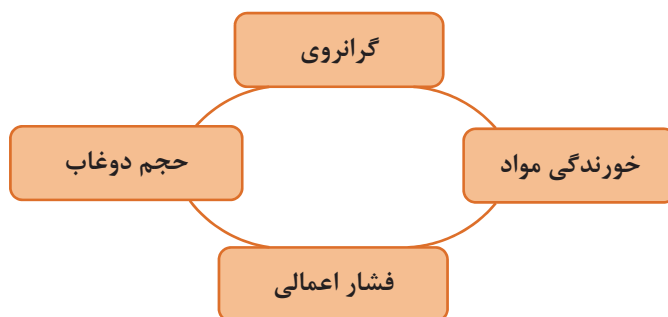


نکته



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

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



نمودار ۴- عوامل مؤثر بر روی انتخاب پمپ

به طور معمول در اسپری درایرها از پمپ‌های دیافراگمی و پیستونی استفاده می‌شود (شکل ۲۰).



پمپ پیستونی



پمپ دیافراگمی

شکل ۲۰

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

جدول ۳

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

فکر کنید



تأمین کننده هوای داغ

در دستگاه اسپری درایر، هوای داغ تأمین شده توسط مشعل می‌تواند به صورت مستقیم وارد محفظه شده یا توسط مبدل‌های 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 می‌شود. از مکانیزم تأمین هوای داغ به صورت غیرمستقیم برای مواد حساس به حرارت مانند مواد غذایی، دارویی، رنگ‌ها و دیگر مواد افزودنی استفاده می‌شود.



شکل ۲۱- تأمین کننده هوای داغ

افشانک^۱

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

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

فکر کنید



پ



ب



الف



ج



ث

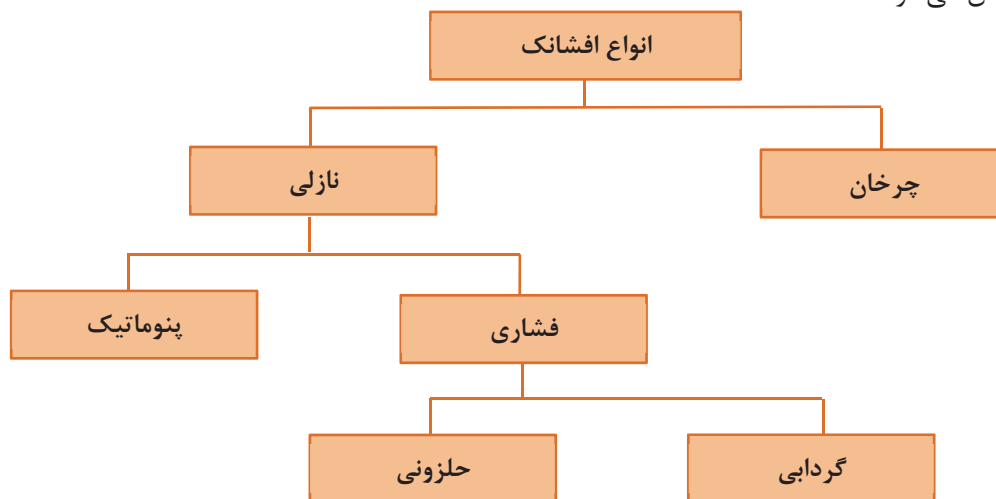


ت

شکل ۲۲

۱. Atomizer

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



نمودار ۵- انواع افشانک‌ها



شکل ۲۳- افشانک چرخان

در افشانک‌های نازلی از نوع فشاری، دوغاب تحت فشار بالا از روزنه نازل اسپری می‌شود، در حالی که در افشانک‌های نوع پنوماتیک، دوغاب 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.

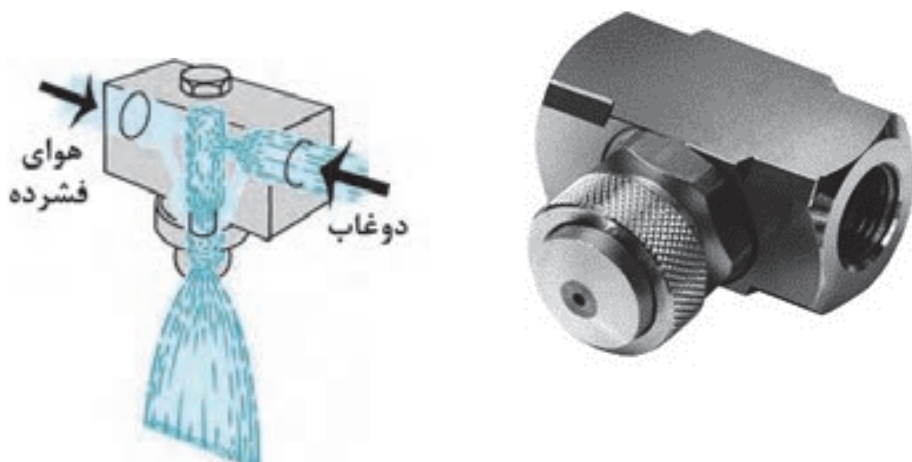


شکل ۲۵- افشانک نازلی نوع گردابی



شکل ۲۴- افشانک نازلی نوع حلزونی

انتخاب نوع افشانک بر اساس خصوصیات دوغاب، خواص گرانول مورد نظر، 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

فکر کنید



در اسپری درایر با جریان ناهمسو چه نوع افشانکی مناسب‌تر است؟ چرا؟

فعالیت کلاسی



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

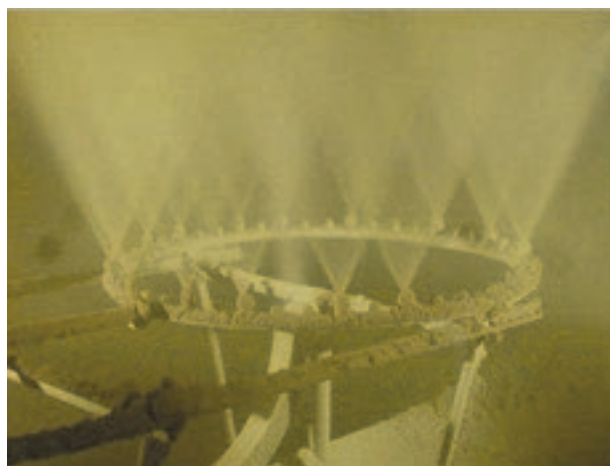
جدول ۵

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 مورد استفاده در اسپری درایر 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 از چندین نازل به صورت حلقه‌ای در کنار هم استفاده می‌شود.

نکته



شکل ۲۷- چیدمان چندین افشانک نازلی در یک اسپری درایر

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

نکته



محفظه خشک کن

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



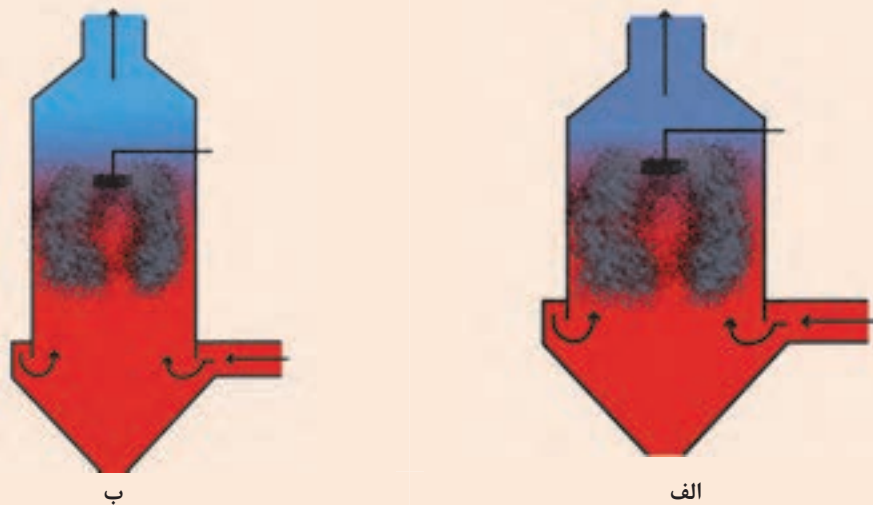
شکل ۲۸- محفظه خشک کن صنعتی

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

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

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

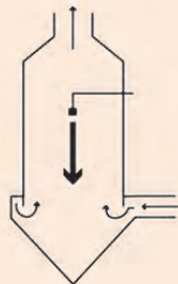
فکر کنید



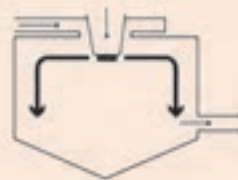
شکل ۲۹

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

تکته



شکل ۳۱ - اسپری درایر با افشانک نازلی



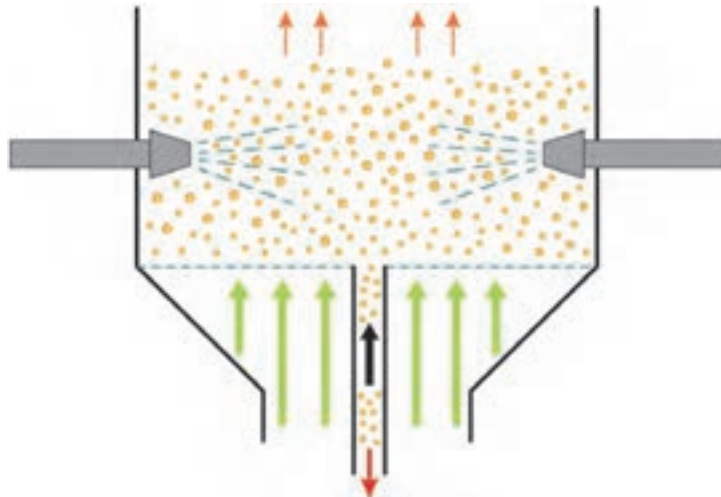
شکل ۳۰ - اسپری درایر با افشانک چرخان

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

فکر کنید



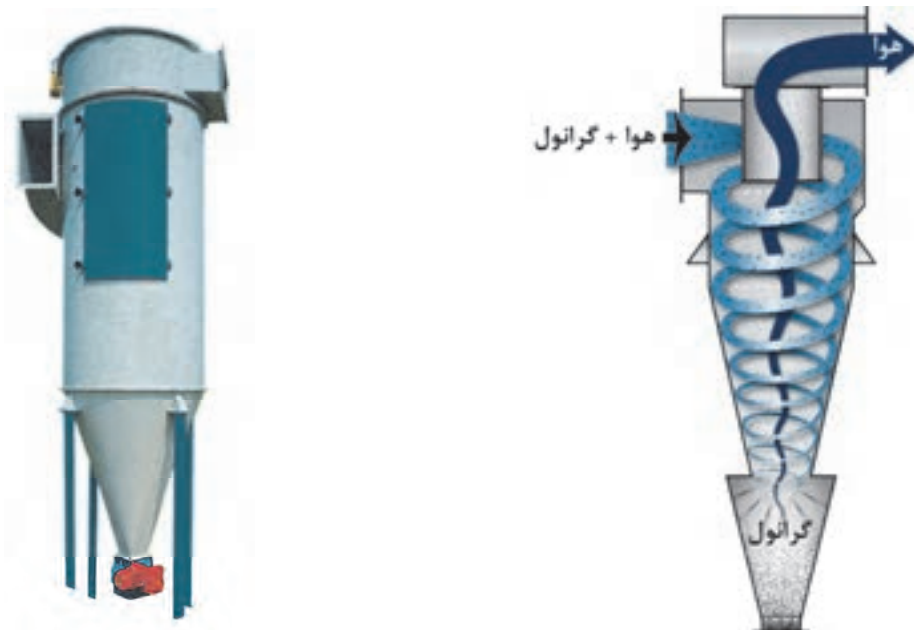
محفظه خشک کن در اسپری درایرها معمولاً عمودی است. افشانک‌ها و محل ورودی هوای داغ نیز می‌تواند بالا یا پایین و حتی از اطراف محفظه باشد.



شکل ۳۲

سیکلون

هوای گرم خارج شده از اسپری درایر 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 می‌شود.



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

گرانول‌سازی

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.

ساده‌ترین نوع اسپری درایر، سیستم تولید گرانول با رطوبت زیر ۱۰ درصد در یک مرحله است.

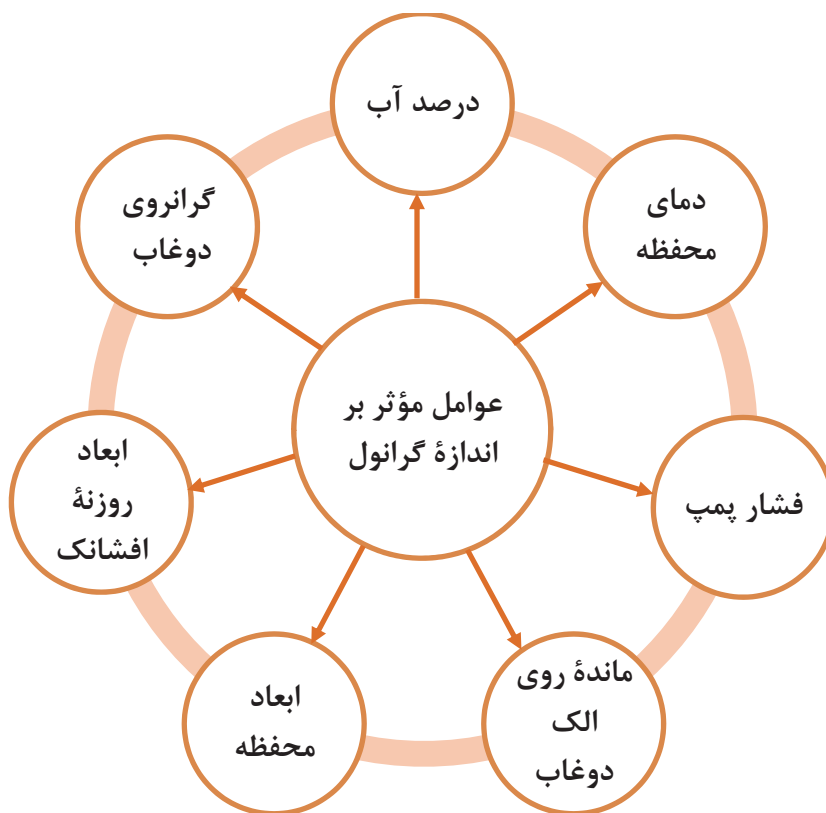
در برخی مواد حساس به دما، می‌توان از دو مرحله برای خشک کردن استفاده کرد. بدین ترتیب که درصد رطوبت گرانول خروجی از اسپری درایر بیشتر از ۱۰ درصد بوده و کاهش آن در خشک‌کن‌های دیگر و در مدت زمان‌های طولانی‌تر انجام می‌پذیرد.

آیا می‌دانید



عوامل مؤثر با اندازه گرانول

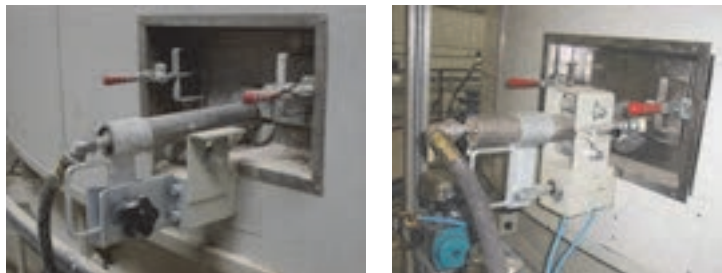
عوامل مختلفی باعث تغییر کیفیت و توزیع اندازه گرانول‌ها می‌شود. در زیر مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر روی اندازه گرانول‌ها ذکر شده است.



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 فرستاده می شود.
- ۲- دوغاب توسط لوله‌هایی به افشانک‌ها منتقل می شود که دارای ۶، ۸ یا ۱۲ لنس است.
- ۳- دمای هوای داغ ورودی به اسپری درایر ۴۰۰ تا ۷۰۰ درجه سلسیوس است.
- ۴- هنگام روشن کردن اسپری درایر باید دقت کرد شیر فلکه لنس‌ها به طور متقارن باز شوند.
- ۵- دمای هوای خروجی ۱۱۵-۱۲۰ درجه سلسیوس است.



شکل ۳۴- لنس‌های متصل به لوله‌های اسپری درایر

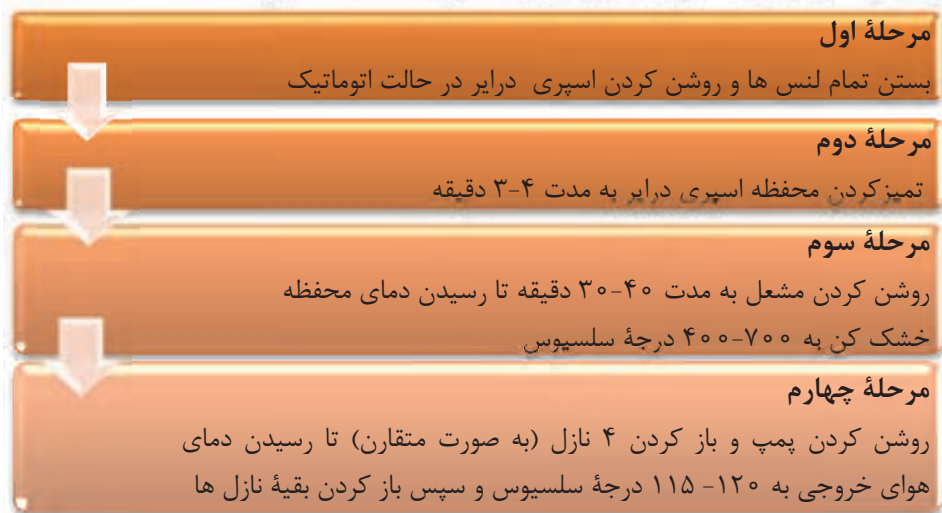
تحقیق کنید

کاهش یا افزایش دمای هوای خروجی اسپری درایر نشان دهنده چیست؟



راه‌اندازی اسپری درایر

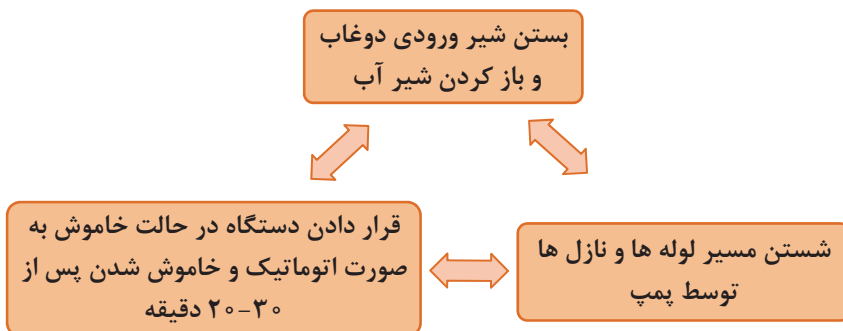
در زیر دستورالعمل کلی برای راه‌اندازی اسپری درایر به صورت شماتیک شرح داده شده است:



نمودار ۷

نحوه خاموش کردن اسپری درایر

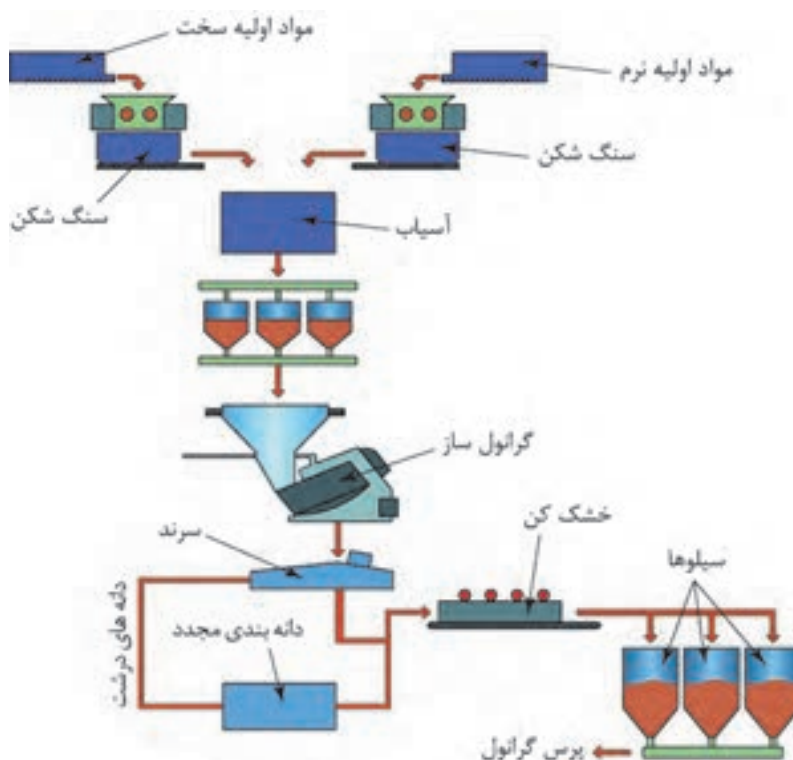
برای خاموش کردن اسپری درایر نیز نکاتی را باید مدنظر داشت که عبارت‌اند از:



نمودار ۸

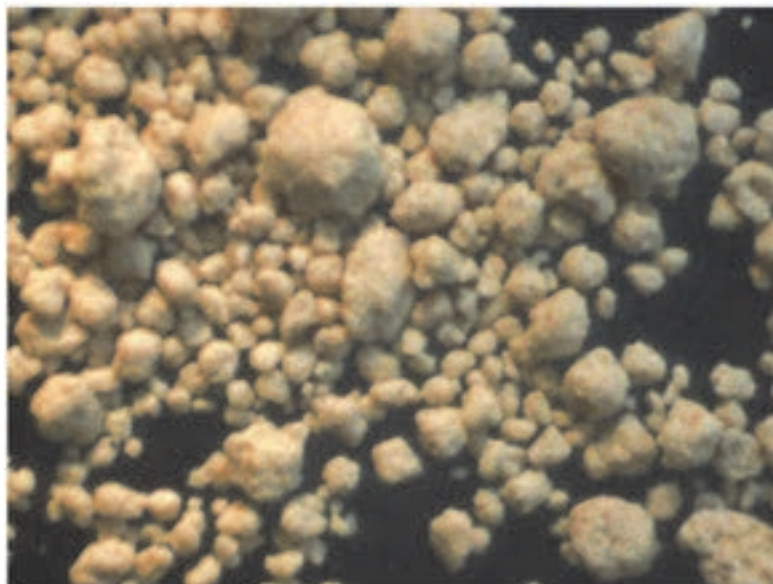
گرانول سازی به روش خشک

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



شکل ۳۵- گرانول سازی به روش خشک

گرانول‌های به دست 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 گرانول سازی به روش خشک و تر

مهم ترین مزیت گرانول سازی به روش خشک در مقایسه با روش تر، کاهش قابل ملاحظه آب و انرژی مصرفی است.

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

جدول ۴

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

آیا می دانید



ارزیابی گرانول تولید شده

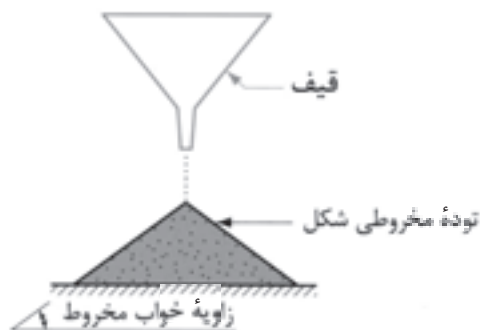
به طور معمول چهار آزمایش جهت بررسی کیفیت گرانول انجام می گیرد که عبارتند از:

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

۲- چگالی: چگالی و چگالی انباشتگی گرانول ها تعیین می شود.

۳- توزیع اندازه ذرات: قابل ارزیابی با آزمون الک

۴- جریان یابی: با ریختن مقدار مشخصی از پودر بر یک سطح صاف، توده ای مخروطی شکل تشکیل می شود. زاویه شیب سطح خارجی مخروط نسبت به سطح افق، به عنوان معیاری برای جریان یابی آن پودر در نظر گرفته می شود. این زاویه با عنوان زاویه خواب^۱ مخروط نام برده می شود و هرچه جریان یابی پودر بیشتر باشد، ذرات به سمت پایین جریان یافته و زاویه خواب کمتر می شود.



شکل ۳۸- آزمون مخروط برای مقایسه جریان یابی پودر

۱. 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، کدامیک از مواد جریان یابی بهتری دارند؟

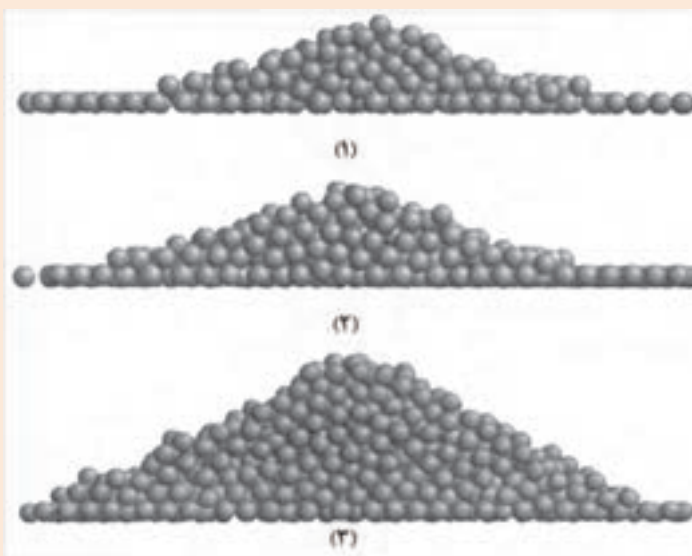
فعالیت کلاسی



(۲)

(۱)

الف



(۱)

(۲)

(۳)

ب

شکل ۳۹



کار عملی ۱: گرانول سازی دستی

مواد و ابزار: مواد فرموله آماده و خشک ۵ کیلوگرم، آب شهری، آبغشان، سینی بزرگ، هاون بزرگ، سرتاس، الک مش‌های 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 در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس را وزن کنید.
- ۲- آب تقریبی مورد نیاز برای افزودن به مواد به منظور رسیدن به رطوبت حدود ۱۰ درصد را محاسبه کرده، وزن کنید.
- ۳- مواد را روی سینی یا یک سطح تمیز با ضخامت کم (۱۰-۵ میلی‌متر) پهن کنید.
- ۴- با کمک آب فشان، آب وزن شده را 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 پوشانده 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 الک‌های با مش ۴۰ و ۶۰ 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 تکرار کنید.
- ۸- گرانول‌های 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 می‌توان استفاده کرد).



- ۱- در هنگام کار از ماسک تنفسی و دستکش استفاده کنید.
- ۲- دقت کنید هنگام خرد کردن مواد خشک و الک کردن آنها گرد و غبار 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 مش‌های ۳۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰، سطل پلاستیکی در دار (یا کیسه پلاستیک ضخیم)، ترازو، کاردک، سفره یک بار مصرف، دستکش کار و ماسک تنفسی.

شرح فعالیت:

در این کار عملی، هدف تهیه گرانول آلومینا با رطوبت ۱۰ درصد است.

۱- ابتدا آگلومره‌های مواد را با استفاده از هاون خرد کرده 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 مورد نیاز به منظور رسیدن به رطوبت حدود ۱۰ درصد را محاسبه و وزن کنید.

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

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

۵- در حین اسپری آب، به طور مرتب مواد را با کاردک مخلوط و دوباره پهن کنید 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 دانه بندی به دست آید.

۸- گرانول‌های تهیه شده را برای یکنواخت شدن رطوبت در 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 می‌توان استفاده کرد).

۹- بعد از طی زمان یکنواخت سازی رطوبت، در سطل را باز و گرانول‌ها را بررسی کنید در صورت آگلومره شدن یک بار دیگر از الک عبور داده شود.

۱۰- چگالی انباشتگی گرانول را اندازه‌گیری کنید.

۱۱- ۱۰۰ گرم از گرانول را در یک دقیقه و از ارتفاع حدود ۱۵ گرم سانتی‌متری بر روی سطحی صاف بریزید. زاویه خواب مخروط حاصل را اندازه‌گیری کرده 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 گرد و غبار 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 تر از الک، از ابزار نوک تیز و یا فلزی استفاده نکنید.



کار عملی ۳: آزمایش مخروط برای تعیین جریان یابی 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 می شود 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 سانتی متری بر روی سطحی صاف بریزید. زاویه خواب مخروط حاصل را اندازه گیری کرده و با جدول مقایسه کنید.



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 می شود را بررسی کنید و در صورت آگلومره شدن یک بار دیگر آنها را از الک عبور دهید.
- ۲- بوته ای انتخاب کرده و با ترازو وزن خالی آن را وزن کنید.
- ۳- ۱۰۰ گرم گرانول دستی تهیه شده را درون بوته ریخته و درون خشک کن قرار دهید.
- ۴- بعد از رسیدن به وزن ثابت، بوته را از خشک کن بیرون آورده 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 را 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 کنید و با چگالی پودر گرانول صنعتی مقایسه کنید.



کار عملی ۶: تعیین دانه بندی با الک به روش خشک

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

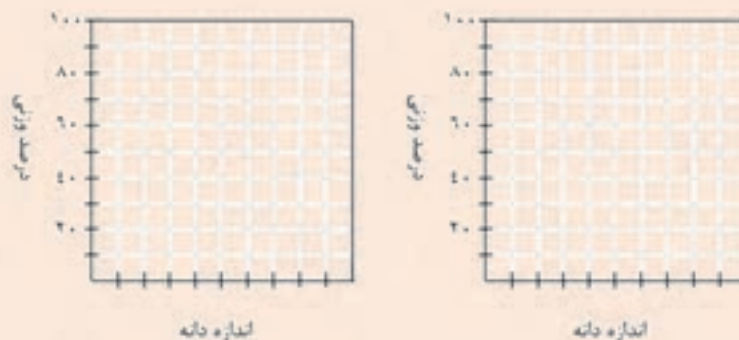
شرح فعالیت:

- ۱- گرانول را ابتدا در خشک کن به مدت ۲ ساعت خشک کنید.
- ۲- الک‌ها را با رعایت نکات مربوطه روی یکدیگر بچینید. ۱۰۰ گرم گرانول وزن کرده و روی مجموعه الک‌ها بریزید. در زیر ریزترین الک، زیر الک یا سینی قرار می‌گیرد.
- نکته: دقت کنید که الک‌های مورد استفاده خشک و تمیز باشند. الک‌ها و سینی را می‌توانید قبل از استفاده وزن کرده و وزن آنها را 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

الک	روزنه الک	وزن باقی‌مانده	درصد باقی‌مانده	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.



کار عملی ۷: تعیین چگالی انباشتگی پودر گرانول تولید شده با دستگاه اسپری درایر مواد و ابزار: گرانول ۲۰۰ گرم، دستکش کار، ماسک تنفسی، ترازو، پیکنومتر، خط کش و بشر.
شرح فعالیت:

فعالیت کارگاهی



- ۱- پیکنومتر فلزی خشک را وزن کرده و مقدار آن را یادداشت کنید.
- ۲- پودر گرانول را درون پیکنومتر بریزید و بعد از پر شدن پیکنومتر سطح گرانول درون آن را با خط کش 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 می آید.
- ۴- برای محاسبه چگالی انباشتگی، وزن ماده مورد نظر 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، دستکش کار، ماسک تنفسی و میکروسکوپ چشمی.

فعالیت کارگاهی



شرح فعالیت:

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

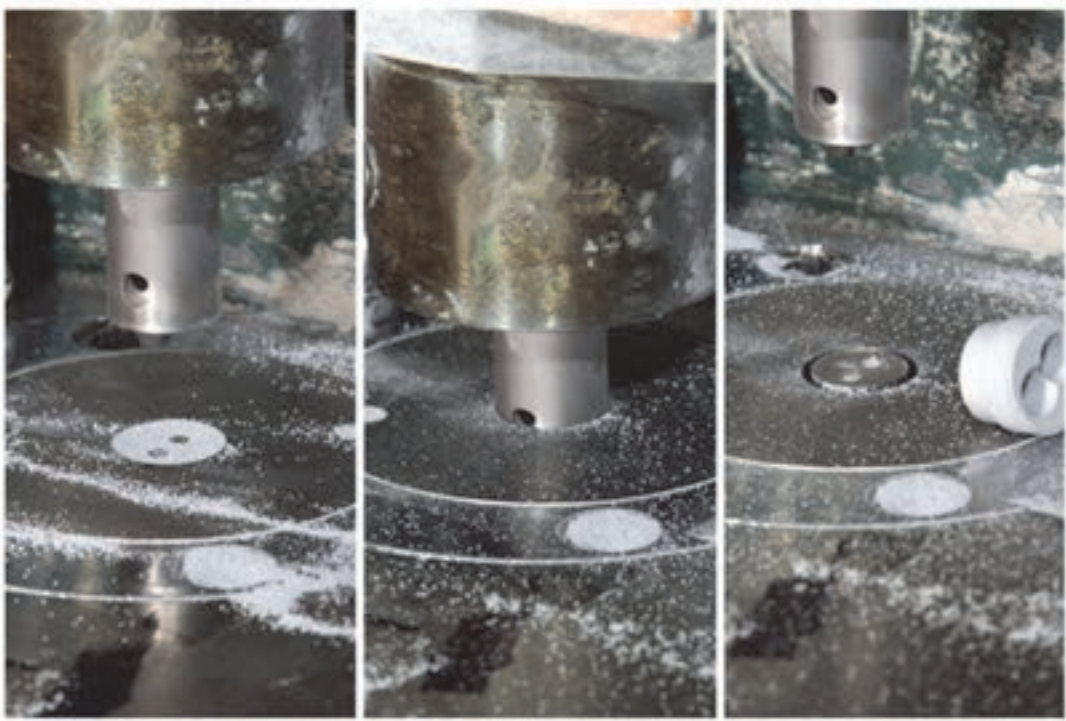
ارزشیابی نهایی شایستگی گرانول‌سازی

شرح کار:			
۱- آماده‌سازی اسپری درایر			
۲- تغذیه مواد			
۳- کنترل مشعل و نازل و سیستم پمپاژ			
۴- تهیه و جمع‌آوری گرانول			
۵- کنترل دانه‌بندی گرانول			
استاندارد عملکرد:			
گرانول‌سازی براساس ابعاد، شکل، رطوبت و دانه‌بندی مورد نیاز تولید قطعه سرامیکی			
شاخص‌ها:			
آماده‌سازی اسپری درایر			
تولید گرانول مناسب با توجه به ملاک‌های مورد نظر از لحاظ دانه‌بندی، توزیع دانه و درصد رطوبت			
کنترل دانه‌بندی گرانول از لحاظ توزیع اندازه دانه، شکل ذرات و آگلومره بودن پودرها			
شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:			
مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی			
ابزار و تجهیزات: دستگاه اسپری درایر، انواع نازل، هیدروسیکلون، انواع الک، دستگاه خشک‌کن			
معیار شایستگی:			
نمره هنرجو	حداقل نمره قبولی از ۳	مرحله کار	ردیف
	۲	آماده‌سازی اسپری درایر و تغذیه مواد	۱
	۱	تولید و جمع‌آوری گرانول	۲
	۲	دانه‌بندی و کنترل گرانول تولیدی از لحاظ ابعاد، شکل و رطوبت	۳
	۲	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی 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.

پودمان پنجم

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.

شایستگی پرس پودر

- 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؟

آیا تا به حال
بی برده‌اید

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 مورد نظر

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



شکل ۱

آیا می‌توان با استفاده از مخلوط مواد اولیه به صورت پودر و با رطوبت کم، بدنه‌های سرامیکی را 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



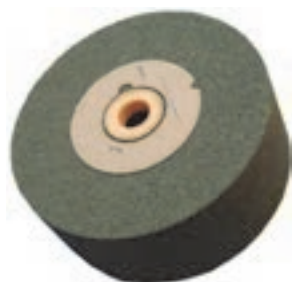
به تصاویر (شکل ۲) نگاه کنید. این بدنه‌های سرامیکی با یکی از روش‌های رایج شکل‌دهی سرامیک به نام «پرس پودر» شکل داده شده‌اند. در این روش شکل‌دهی، پودر درون یک قالب با شکل مشخص ریخته می‌شود سپس با اعمال فشار متراکم شده و شکل قالب را به خود می‌گیرد.



ب



الف



ت



پ



ج



ث

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.

پرس پودر

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

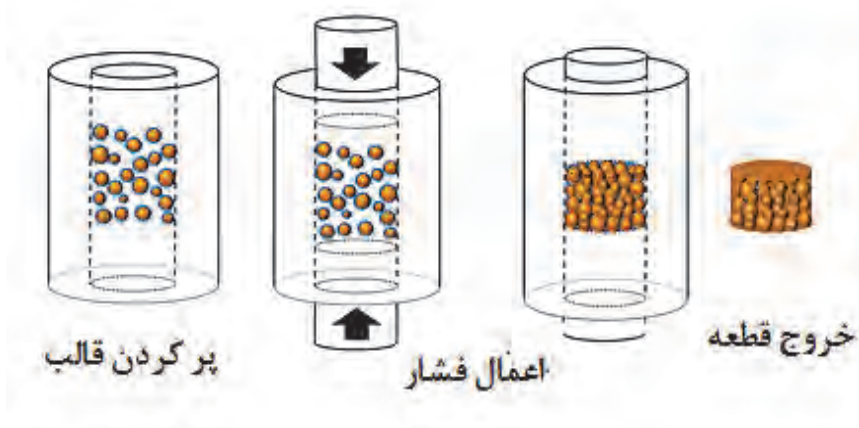
شکل ۳

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:
- تهیه گرانول توسط اسپری درایر یا دیگر تجهیزات گرانول‌سازی؛
 - 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.



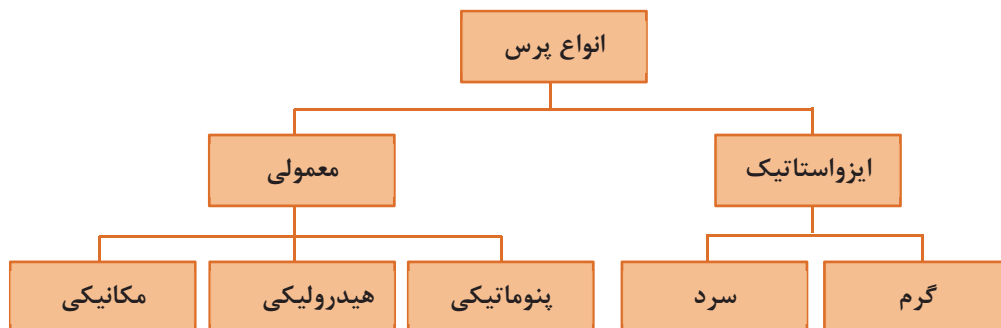
شکل ۵- محصولات سرامیکی

اندازه ذرات یا گرانول ورودی پرس، از چند میکرون تا چند میلی‌متر می‌تواند متغیر باشد.

نکته



تقسیم‌بندی انواع پرس



نمودار ۱

پرس معمولی

در این نوع پرس، معمولاً از یک یا دو جهت به آمیز در داخل قالب نیرو وارد می‌شود تا به شکل مورد نظر متراکم شود. نیروی اعمالی می‌تواند به صورت مکانیکی (دستی یا موتور الکتریکی)، هیدرولیکی (روغن هیدرولیک) یا پنوماتیکی (هوای فشرده) تأمین شود. پرس‌های معمولی انواع متنوعی دارند که شامل دو دسته اصطکاکی و ضربه‌ای هستند.

پرس اصطکاکی

آیا می‌دانید



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 کرده و عمل پرس کاری انجام می‌شود. این روش برای تولید موزائیک، آجر نما و دیرگداز به کار می‌رود.



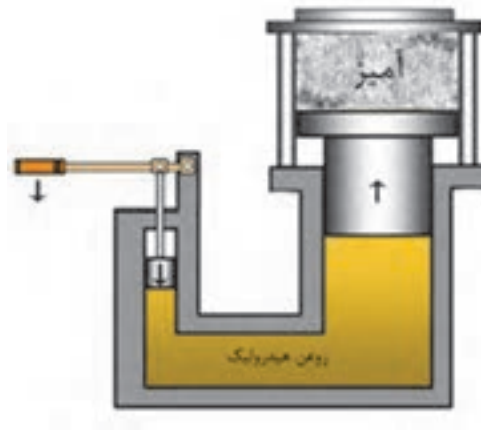
شکل ۶- پرس اصطکاکی

پرس ضربه‌ای

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

پرس هیدرولیک

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



شکل ۷- عملکرد پرس هیدرولیکی

تحقیق کنید

دمای محیط بر عملکرد پرس هیدرولیکی چه اثری دارد؟



پرس هیدرولیک به دو صورت تک محور و دو محور وجود دارد.

در این نوع پرس نیروی فشاری فقط از سنبه بالا به آمیز وارد می‌شود و سنبه پایین (پران یا جک) فقط برای خارج کردن قطعه از قالب استفاده می‌شود. معمولاً برای شکل دهی سرامیک‌های با ضخامت کم مانند کاشی به کار می‌رود.

تک محور

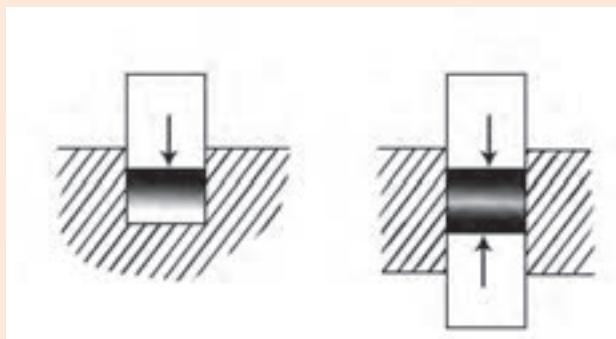
پرس
هیدرولیک

در این نوع پرس فشار از هر دو سنبه بالا و پایین به آمیز وارد می‌شود. معمولاً در دیرگدازها و آسترهای آلومینایی بال میل که ضخامت قطعه زیاد است، پرس‌های هیدرولیک دو محور استفاده می‌شود.

دو محور



۱- کدامیک از پرس‌های زیر تک محور و کدامیک دو محور است؟



شکل ۸

۲- مزیت پرس دو محور نسبت به تک محور چیست؟



ب



ب



الف

شکل ۹- الف) پرس هیدرولیک تک محور مورد استفاده در صنعت کاشی و سرامیک (ب) پرس هیدرولیک تک محور برای تولید آجرهای دیرگداز (پ) پرس هیدرولیک دو محور برای تولید آستر آلومینایی

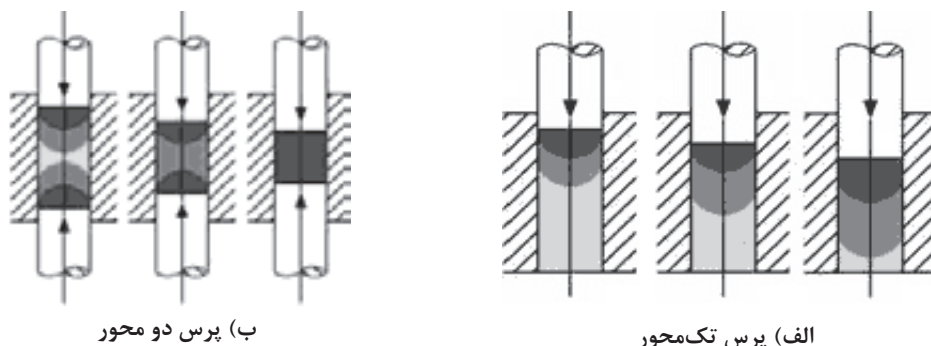
بیشترین فاصله‌ای را که پیستون یا سنبه می‌تواند جابه‌جا شود کورس^۱ پرس می‌گویند.

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

نکته



در پرس تک محور، تراکم یا چگالی در لایه‌های زیرین قطعه، کمتر از لایه‌های بالایی است. یکنواختی تراکم قطعات در پرس دو محور افزایش می‌یابد.



شکل ۱۰ - تفاوت تراکم در راستای پرس تک‌محور و دو محور

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 پرس کاری 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 پرس کاری چند قطعهٔ سرامیکی

تن نیرو (tonf)	کیلوگرم نیرو (kgf)	فشار پرسکاری (kgf/cm^2)	تعداد حفره*	ابعاد قطعه خام (cm)	
		۲۵۰	۴	۳۰×۶۰	کاشی دیوار
		۴۰۰	۲	۴۳×۸۶	پرسلان
		۲۰۰۰	۱	۲۵×۳۷/۵	آجر دیرگداز سیلیکون 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 kgf/cm^2 بر قطعه وارد شود. اگر ابعاد خام قطعه 18×12 سانتی متر باشد و در هر مرحله پرس کاری ۲ قطعه پرس شود، مقدار نیروی مورد نیاز را محاسبه کنید؟
راه حل:

$$\text{مساحت سطح یک قطعه} \rightarrow 12 \times 18 = 216 \text{ cm}^2$$

$$216 \times 700 \times 2 = 302400 \text{ kgf} = 302/4 \text{ tonf}$$

مشخصات یک پرس ۷۵۰۰ تن نیرو که در صنعت کاشی استفاده می شود:

آیا می دانید



جدول ۲- مشخصات پرس هیدرولیک

۷۵۰۰ تن نیرو	بیشترین نیروی پرس کاری (پیستون بالا)
۱۵ تن نیرو	بیشترین نیروی خارج سازی قطعه پیستون پایین
۱۵	بیشترین تعداد سیکل در دقیقه (در عمل کمتر می باشد)
۱۷۵ تن	وزن پرس
۲۱۲ کیلووات	قدرت موتور

با این پرس می توان سرامیک های پرسلانی با ابعاد 80×160 سانتی متر با فشار پرس کاری 400 kgf/cm^2 تولید کرد.



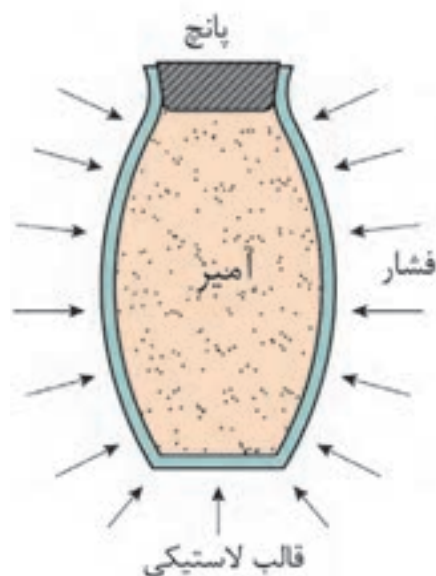
اگر بازده یک پرس هیدرولیک ۷۵۰۰ تن - نیرو، ۹۰ درصد باشد، بزرگ‌ترین قطعه خام مربعی شکلی که بتوان در قالب تک حفره‌ای تولید کرد چقدر است؟ فشار پرس کاری را 400 kgf/cm^2 فرض کنید. این مسئله را در مورد یک قالب دو حفره‌ای حل کنید.



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^۱

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 شده و سپس داخل محفظه‌ای توسط یک سیال تحت فشار قرار داده می‌شود. به عنوان مثال، در تولید گلوله‌های آلومینایی لازم است که فشار در تمامی جهات و به یک میزان اعمال گردد و به همین دلیل از پرس ایزواستاتیک استفاده می‌شود. در غیر این صورت گلوله در حین کارکرد به طور غیر یکنواخت ساییده می‌شود و راندمان آسیاب کاهش می‌یابد.



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 پلی یورتان در داخل توری قرار می‌گیرد.



شکل ۱۴- قالب و پانچ پلی یورتانی جهت تولید گلوله

۱. Cold Isostatic Pressing: (CIP)

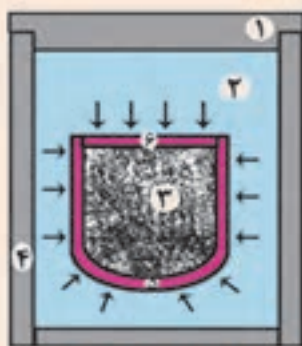
آب ارزان‌ترین سیال برای پرس ایزواستاتیک سرد است که برای جلوگیری از خوردگی تجهیزات به آن روغن‌های حل‌شونده و عوامل ضد فساد اضافه می‌کنند.

سیال با فشار معین از تمام جهات به قالب‌های لاستیکی نیرو وارد کرده و پودر داخل قالب به طور یکنواخت متراکم می‌شود. با حذف فشار ایزواستاتیک، قالب به حالت اولیه خود برگشته و قطعه پرس شده از قالب خارج می‌شود.

انواع پرس ایزواستاتیک سرد

دستی^۱

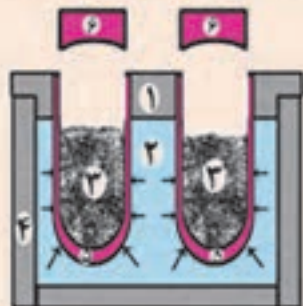
قالب‌ها در محفظه فشار غوطه‌ور و رها بوده که پس از انجام فرایند پرس باید درپوش محفظه باز شده و قالب از داخل آب خارج شود. سرعت تولید کم است. کاربرد: قطعات بزرگ مانند دیرگازها



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

اتوماتیک^۲

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 (kgf/cm^2)	نوع ماده یا محصول
۶۰۰۰-۷۰۰۰	پودر فلزی
۲۰۰۰-۳۰۰۰	پودر سرامیکی
۶۰۰	گلوله آلومینایی

یک پرس ایزواستاتیک ۲۰۰ تن- نیرو در هر مرحله از پرس می‌تواند ۴ گلوله آلومینایی اندازه ۶۰ میلی‌متر، یا ۸ گلوله آلومینایی اندازه ۴۰ میلی‌متر می‌تواند پرس کند. در هر دقیقه ۸ گلوله اندازه ۶۰ یا ۱۶ عدد گلوله اندازه ۴۰ پرس می‌شود.

نکته



۱- wetbag
۲- drybag



روش‌های ویژه پرس

۱- پرس گرم

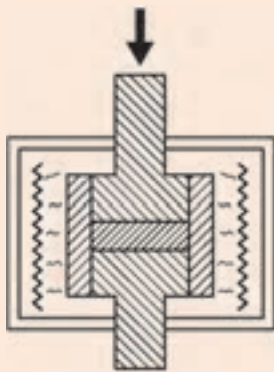
در این فرایند شکل‌دهی و پخت هم‌زمان انجام می‌شود. در اطراف قالب المان‌های حرارتی تعبیه شده است تا فرایند پرس‌کاری در دمای بالا انجام شود. در این روش دمای پخت کاهش می‌یابد و قطعه پس از پرس نیازی به پخت اضافی ندارد. تراکم زیاد و تخلخل کمتر از مزایای این روش است.

۲- پرس ایزوستاتیک گرم^۱

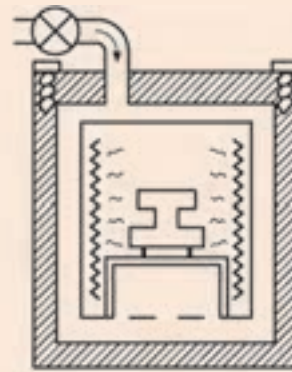
در این روش پرس، قطعه پیش شکل داده شده در محفظه‌ای تحت فشار و دمای بالا که به طور هم‌زمان و یکنواخت بر سطوح قطعه اعمال می‌گردد، قرار داده می‌شود. فشار بالا توسط یک گاز خنثی نظیر آرگون یا هلیوم اعمال می‌گردد. فشار گاز با کمپرسور و به کمک انبساط حرارتی قابل کنترل است. دمای مورد نیاز برای پرس ایزوستاتیک گرم با استفاده از المنت‌های الکتریکی تأمین می‌شود.

جدول ۴- محدوده دما و فشار در پرس ایزوستاتیک گرم

دما	۵۰۰ تا ۲۲۰۰ درجه سلسیوس
فشار	تا ۲۰۰۰ kgf/cm^2



ب) پرس گرم



الف) پرس ایزوستاتیک 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 که از فولاد آلیاژی ساخته شده‌اند، استفاده می‌شود و اگر مواد 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؟

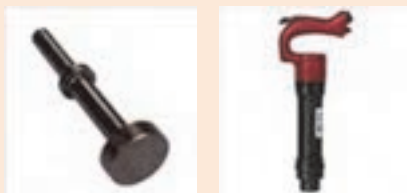
تحقیق کنید





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، دیرگذاها با اشکال ویژه (بلوک مشعل کوره) شکل داده می‌شود. همچنین دیرگذاهای (جرم) مصرفی در کوره دوار فریت‌سازی و کوره‌های القایی (ذوب چدن) با چکش بادی کوبیده می‌شوند.



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.

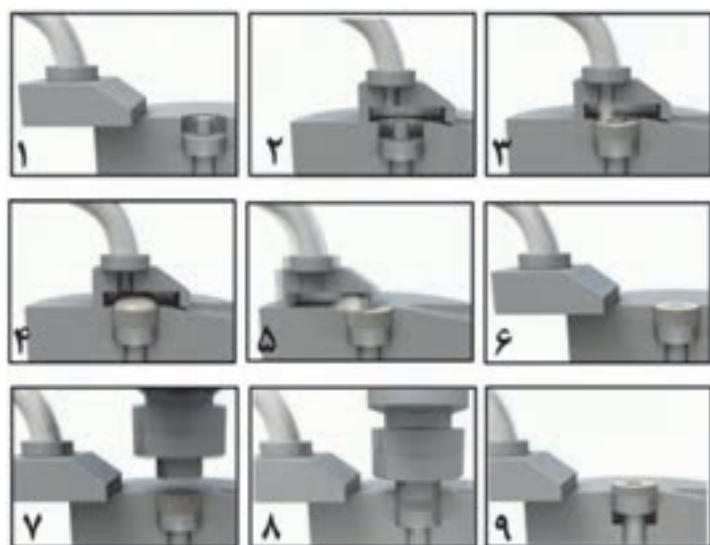
مزایا و معایب روش پرس خشک

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.		
با توجه به سایش قالب ناشی از آمیز خشک، هزینه تعمیرات و نگهداری قالب بالا است.	معایب	

مراحل پرس قطعه

جدول ۶



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

اعمال نیرو و افزایش تراکم آمیز در قالب در چند مرحله 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.

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

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۱: اندازه گیری تراکم‌پذیری گرانول

مواد و ابزار: گرانول، قالب، پرس، کولیس

شرح فعالیت:

۱- مقداری گرانول کاشی با رطوبت ۶٪ و مقداری گرانول کاملاً خشک را تهیه نمایید.

۲- هر یک از آمیزها را به صورت مجزا تا ارتفاع معینی در داخل قالب ریخته و با فشار 250 kg/cm^2 پرس نمایید.

۳- با اندازه‌گیری ارتفاع قطعه بعد از پرس، تراکم‌پذیری گرانول را محاسبه نمایید.

۴- تراکم‌پذیری گرانول مرطوب و خشک را با هم مقایسه و بحث نمایید.

نکته



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



کار عملی ۲: اثر توزیع دانه بندی بر تراکم قطعه

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

شرح فعالیت:

۱- منیزیت کاملاً تکلیس شده با توزیع دانه بندی اشاره شده در جدول ۴ را در گروه های مختلف با ۳ درصد کلرید منیزیم مخلوط کنید.

۲- آمیز به دست آمده را با فشار 500 kg/cm^2 پرس کنید.

۳- قرص های پرس شده را در داخل خشک کن در دمای 110° درجه سلسیوس خشک کرده و تخلخل و چگالی خام نمونه های مختلف را در نفت یا گازوئیل اندازه گیری نمایید.

نکته: برای جلوگیری از متلاشی شدن قطعه در هنگام اندازه گیری چگالی و تخلخل، به جای آب می توان از نفت یا گازوئیل استفاده نمود.

۴- کمترین تخلخل و بیشترین چگالی خام مربوط به کدام دانه بندی است؟

۵- بیشترین تخلخل و کمترین چگالی خام مربوط به کدام دانه بندی است؟

جدول ۷- توزیع دانه بندی های مختلف

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

مواد لغزان ساز^۱

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 دنده‌های بیچ



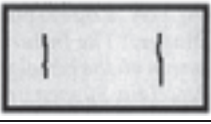
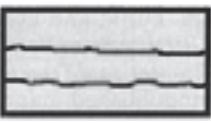
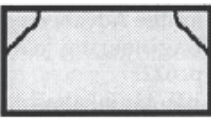




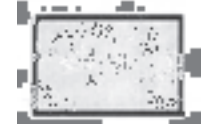
الف) پارگی پوشش سیم تغذیه

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 بسیار دارای اهمیت است، زیرا خطرات و مشکلاتی را برای مصرف کننده به همراه دارد و در نتیجه اعتماد مصرف کنندگان به شرکت تولیدی را از بین خواهد برد. محصولات سرامیکی نیز از این قاعده پیروی می کنند.

عیوبی که در قطعات تولید شده با روش پرس پودر می‌تواند ایجاد شود در جدول ارائه شده است. چه راه‌حلهایی برای رفع این عیوب پیشنهاد می‌کنید؟

جدول ۹- عیوب پرس

راه‌حل	علت ایجاد عیب	نوع عیب	
	بازگشت فنی غیر یکنواخت در آمیز با تراکم‌پذیری 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	جریان‌یابی 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		غیر یکنواختی چگالی Density Gradient
	تنظیم نبودن قالب عدم یکنواختی چگالی		قائمه نبودن squariness
	کشیف بودن سنبه فرسودگی و خوردگی سطحی در قالب		سطوح ناصاف Surface defects
	تنظیم نبودن قالب تغییر ابعاد قالب		عیب ابعادی Dimensional defects

گفت‌وگو کنید

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



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

فکر کنید



میلهٔ سرامیکی



صفحات سرامیکی



آجر دیرگداز

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^۱ نیز استفاده کرد. این دستگاه با اعمال فشار بر روی یک سوزن نافذ، میزان تراکم و نفوذپذیری قطعه را می‌سنجد و به عنوان روشی سریع برای تشخیص این عیب به کار گرفته می‌شود.



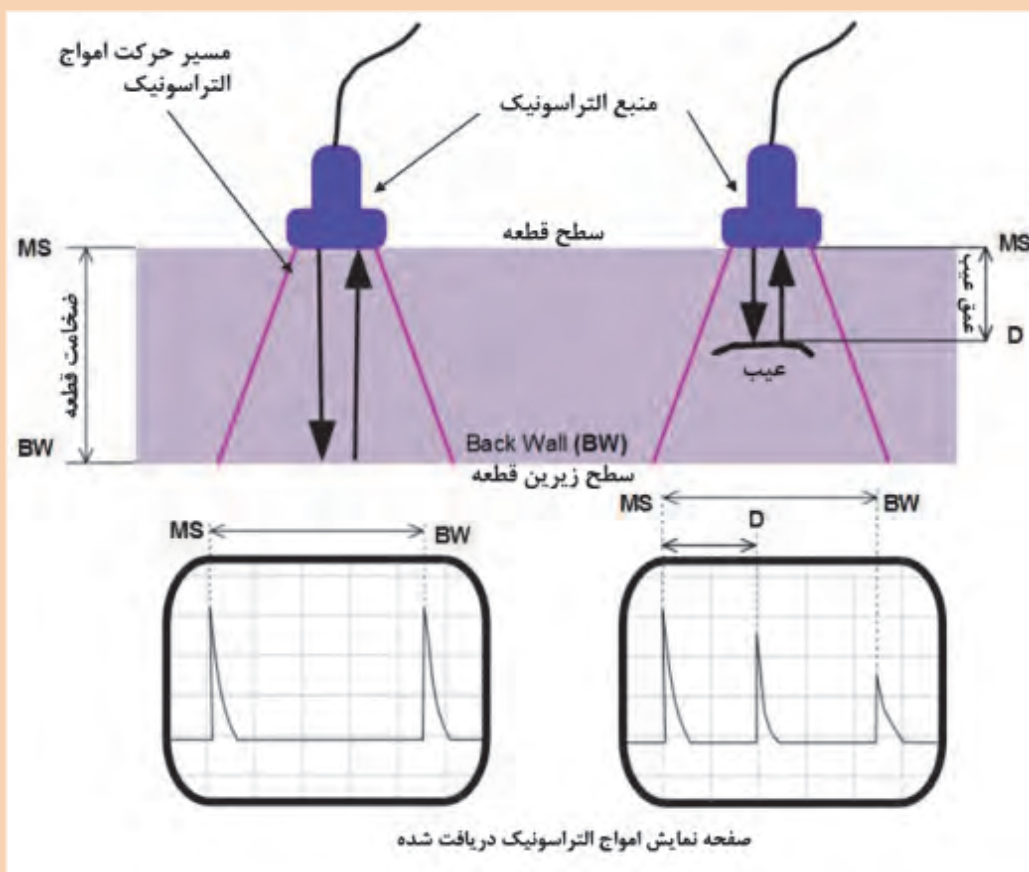
شکل ۲۰- نفوذسنج

۱. Penetrometer



روش تشخیص عیوب غیر قابل 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 غیر مخرب تشخیص داد. در یک روش غیرمخرب سنتی با ضربه زدن یا کشاندن یک قطعه سخت و زبر مانند یک قطعه سیلیکون کارباید بر روی سطح قطعه و ایجاد صدا می‌توان دریافت که قسمتی از قطعه دارای حفره یا ترک زیر سطحی است. همچنین تجهیزات الکترونیکی مانند آلتراسونیک نیز امروزه در صنعت برای تشخیص ترک‌های عمقی به کار گرفته می‌شوند.



شکل ۲۱



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 کرده 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 نماید.

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 (g/cm ^۳)
۱			
۲			
۳			
۴			

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



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.



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 جوئی خشک، مواد زودتر از فصول سرد و یا شرایط جوئی مرطوب خشک می‌شود.



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.

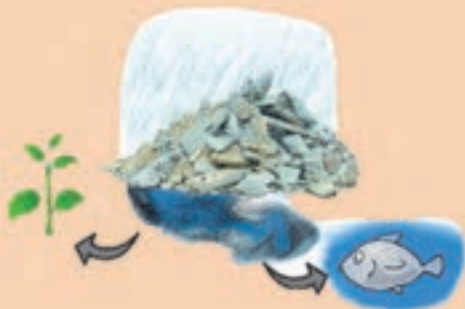
جدول ۱۱

مشکلات در مرحله مصرف	مشکلات در مرحله تولید	محصول
بین قطعات مختلف منجر به تفاوت ابعادی و چیدمان ناسازگار می‌شود. پشت نمایی (تغییر رنگ)	در یک قطعه باعث شکست قطعه در حین پخت و افزایش ضایعات می‌شود.	 <p>کاشی و سرامیک ساختمانی</p>
در یک قطعه منجر به تفاوت در ضریب انبساط حرارتی و شکست آن در دمای بالا می‌شود. بین قطعات مختلف	در یک قطعه.....	 <p>آجر دیرگداز</p>
در یک قطعه..... بین قطعات مختلف منجر به غیر همخوانی اتصالات و ایجاد درز و خروج مذاب فلز می‌شود.	در یک قطعه	 <p>انواع راه گاه های مذاب فلزها (با اتصالات)</p>
در یک قطعه..... بین قطعات مختلف منجر به کج شدن صفحات و احتمال ریزش مبلمان در کوره می‌شود.	در یک قطعه.....	 <p>مبلمان کوره (ساگارها، صفحات و پایه ها)</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 در صورت مصرف و تماس با این گونه از محصولات باید ایمنی لازم را رعایت کرد. همچنین رعایت نکات زیست‌محیطی در دور ریختن آنها الزامی است.



شکل ۲۲

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

ارزشیابی نهایی شایستگی پرس پودر

شرح کار:

- ۱- آماده‌سازی قالب و دستگاه پرس (کنترل دما و فشار، تمیزکاری و روانکاری)
- ۲- شکل‌دهی و پرس گرانول یا مخلوط مواد اولیه
- ۳- خارج کردن قطعه پرس شده از قالب
- ۴- پرداخت و کنترل قطعات از لحاظ وجود عیب در قطعه

استاندارد عملکرد:

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

شاخص‌ها:

تمیزکاری قالب و راه‌اندازی دستگاه پرس و تنظیم آن
تولید قطعه پرس شده با ابعاد، چگالی، ظاهر مناسب و سطوح صاف و تمیز

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی
ابزار و تجهیزات: انواع دستگاه پرس و قالب پرس، ابزارهای تمیزکاری، مخلوط پودری از مواد اولیه و گرانول، مواد روانکاری

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده کردن دستگاه پرس	۱	
۲	تمیزکاری و روانکاری 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 زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب	۲	
	میانگین نمرات		*

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

- ۱- برنامه درسی رشته سرامیک. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
- ۲- استاندارد شایستگی حرفه رشته سرامیک. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
- ۳- استاندارد ارزشیابی حرفه رشته سرامیک. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
- ۴- راهنمای عمل طراحی و تألیف بسته تربیت و یادگیری رشته‌های فنی و حرفه‌ای. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای 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- قصابی، حسین. (۱۳۷۷). آزمایشگاه فرایند ساخت ۱. دانشگاه علم و صنعت.
- ۸- صانع، خسرو. (۱۳۸۴). فن آوری تولید کاشی‌های سرامیکی. انتشارات نوید شیراز.
- ۹- بروسنان، دنیس. رابینسون، ژیلبرت. مقدمه‌ای بر خشک کردن سرامیک‌ها. ترجمه: محمد ابراهیم ابراهیمی. (۱۳۸۶). دانش پویان جوان.

- ۱۰- Anders, A. C., Ghorra, G. J., & Rigutto, R. V. (۲۰۰۸). Wet vs Dry Processing: Granulation of Ceramic Powders.
- ۱۱- Wisniewski, R. (۲۰۱۵). Spray Drying Technology Review, ۴۵th International Conference on Environmental Systems, ۱۲-۱۶, Bellevue, Washington.
- ۱۲- K. Swati, M., & Wagh, MP. (۲۰۱۴). Review on Spray Drying Technology, IJPCBS, ۴(۲), ۲۱۹-۲۲۵.
- ۱۳- Bertranda, G., Roya, p., Filiatreb, C., & Coddet, C. (۲۰۰۵). Spray-dried ceramic powders: A quantitative correlation between slurry characteristics and shapes of the granules, Chemical Engineering Science ۶۰ ۹۵ - ۱۰۲.
- ۱۴- Sloth, J. (۲۰۱۴). Method for Improving Spray Drying Equipment and Product Properties, international ceramic review.
- ۱۵- Lukasiewicz, S. J. (۱۹۸۹). Spray-drying ceramic powders, Journal of the American Ceramic Society ۷۲ [۴] ۶۱۷-۶۲۴.
- ۱۶- Licciulli, A. An introduction to ceramic forming processes.
- ۱۷- Advanced Ceramic Technologies & Products. DOI ۱۰,۱۰۰۷/۹۷۸-۴-۴۳۱-۵۴۱۰۸-۰, Authors: The Ceramic Society of Japan. ISBN: ۹۷۸-۴-۴۳۱-۵۳۹۱۳-۱ (Print) ۹۷۸-۴-۴۳۱-۵۴۱۰۸-۰

- 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 C 136-06*.

هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامر
برنشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام نگار tvoccd@roshd.ir ارسال نمایند.

وب گاه: www.tvoccd.medu.ir

دخترتالیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

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 بر خط 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 نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانه راهبری دروس نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته 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 کریم بیگی، خانم شراره شادان‌فر، خانم مرجان عزیزی

استان: فارس

آقای مهدی رستگار



