

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# 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 سوم ۱۳۹۸

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 (قدّس سرّه)

## 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               |

## سخنی با هنرجویان عزیز

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



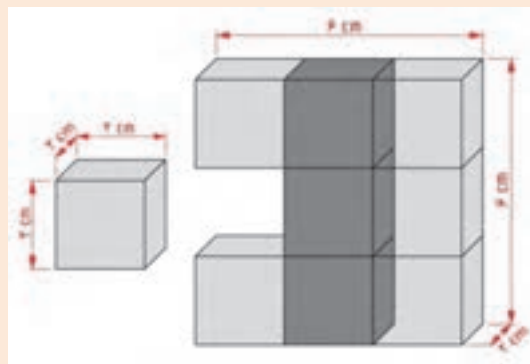
ب) قطعات خودروهای فرسوده



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



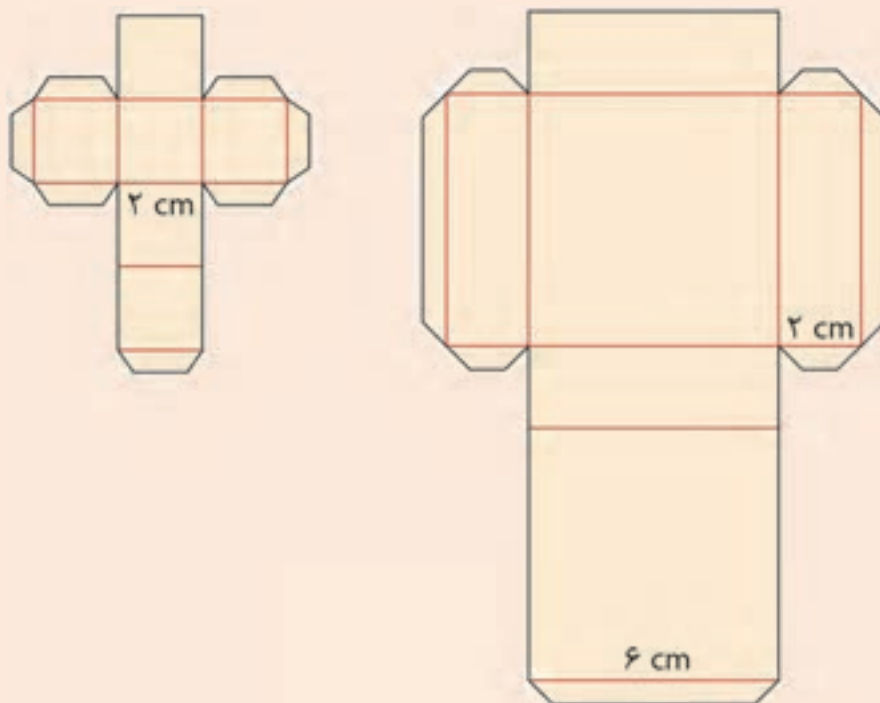


### اثر کوچک کردن ابعاد بر افزایش سطح

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

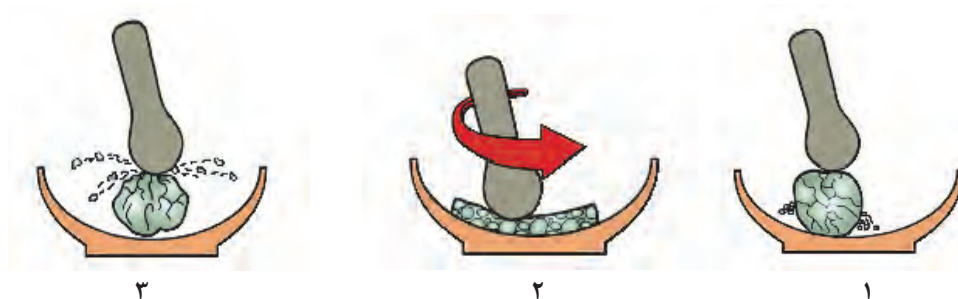


خرد شدن در اثر انبساط و انقباض در طبیعت

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

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

## 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

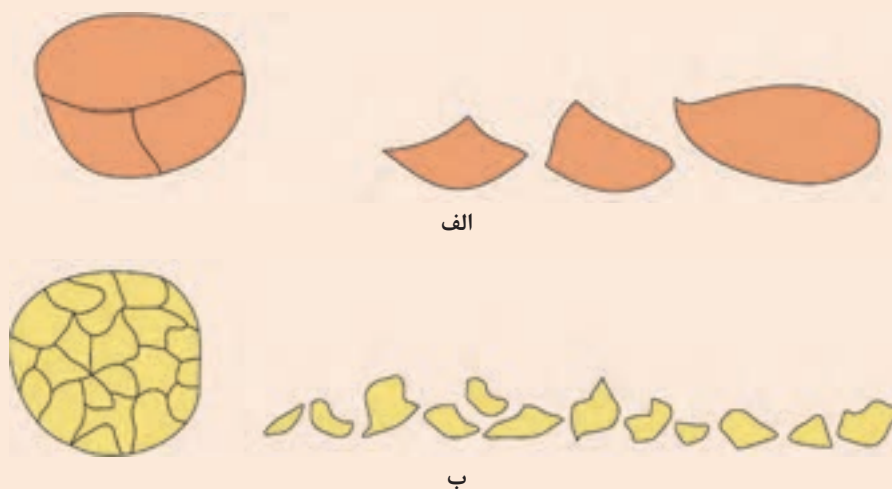
آیا ریز کردن مواد اولیه به صورت یکباره و در یک مرحله امکان‌پذیر است؟

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.



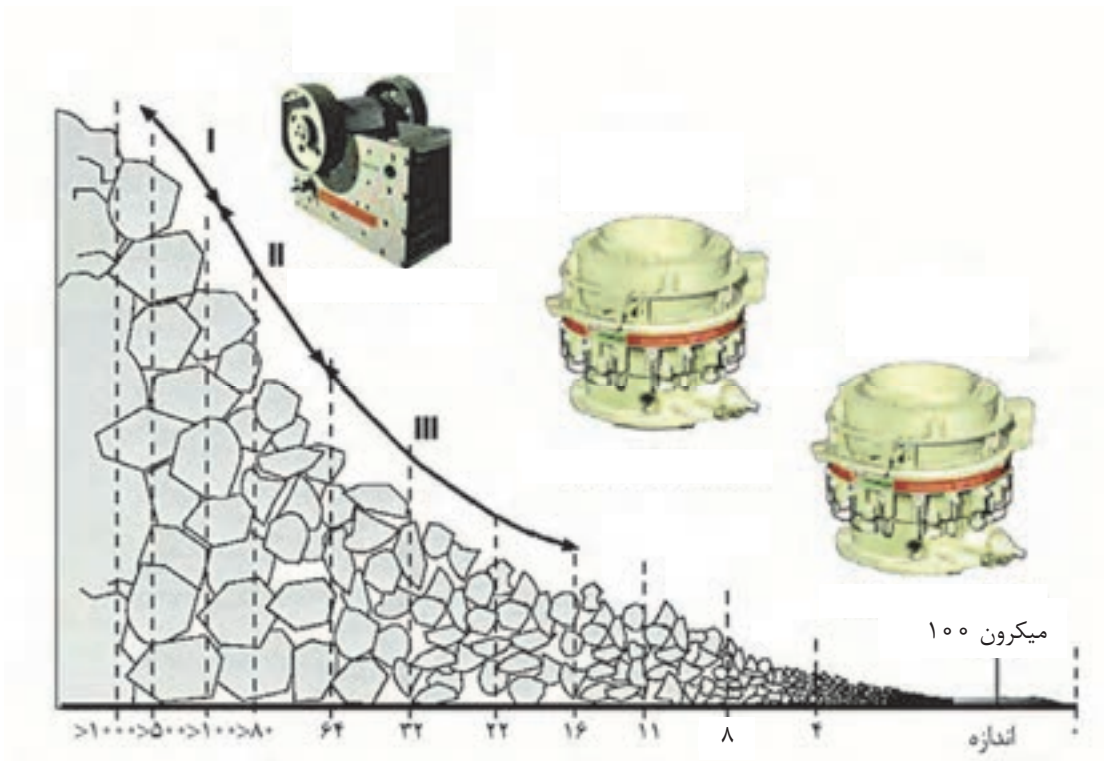
شکل ۱۱- الف) خرد شدن در جهات خاص ب) خرد شدن یکنواخت

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

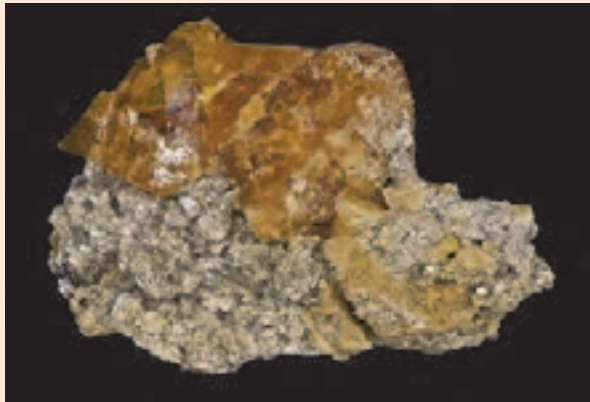
چرا تمامی مراحل خردایش برای کلوخه‌های کائولن انجام نمی‌شود؟

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



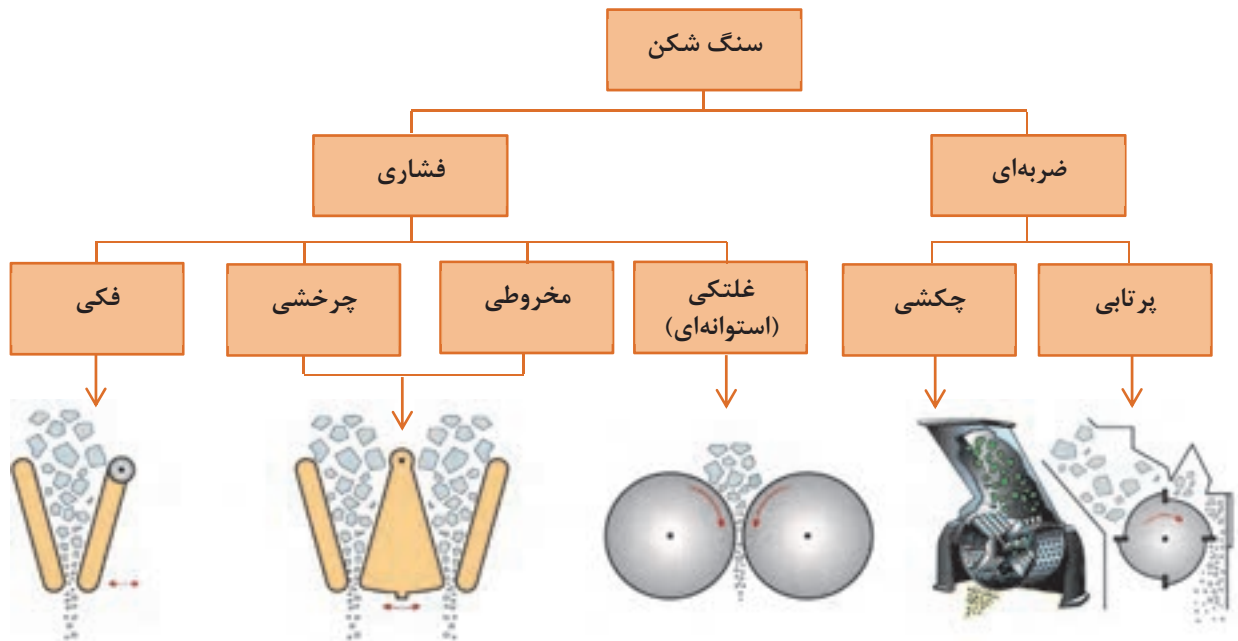
## خردایش

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

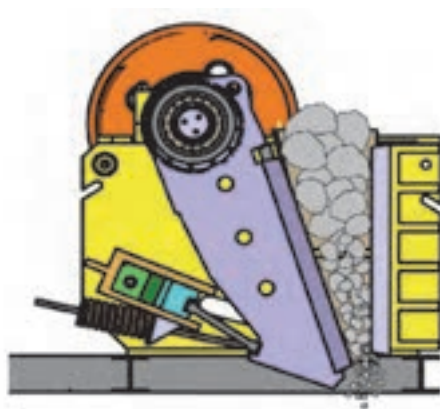
معمولاً فرایند خردایش فقط با یک دستگاه سنگ‌شکن عملی نیست. این فرایند معمولاً در دو یا چند مرحله انجام می‌شود.

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



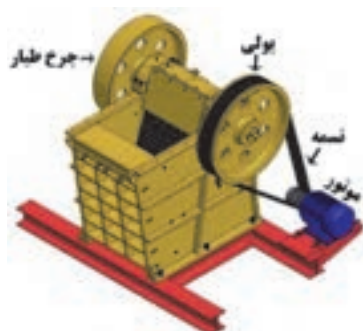
فک متحرک معمولاً حرکت نوسانی دارد و به فک ثابت، دور و نزدیک می‌شود.



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)



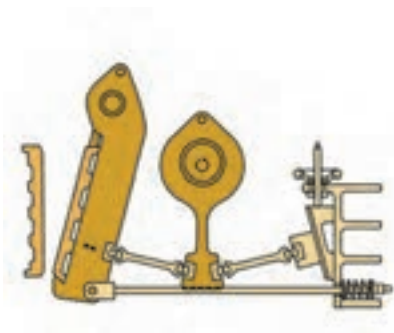
(۲)



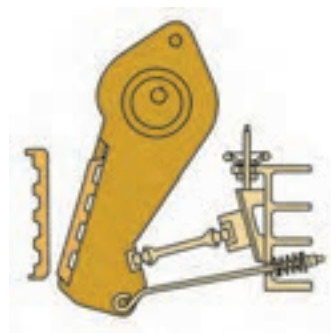
(۳)

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.

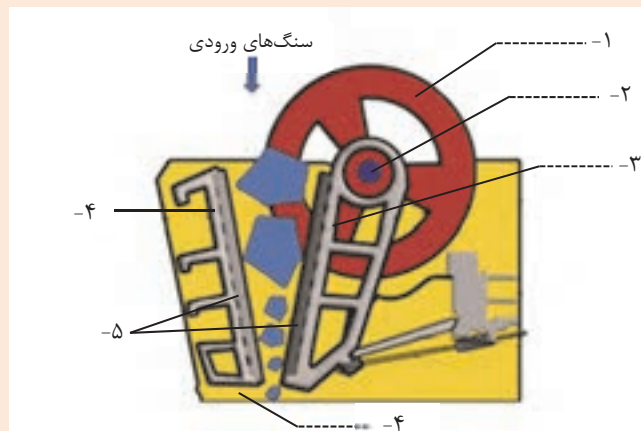
نکته



فعالیت کلاسی

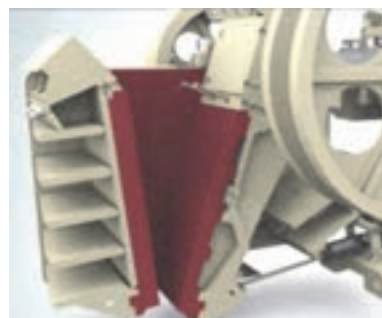
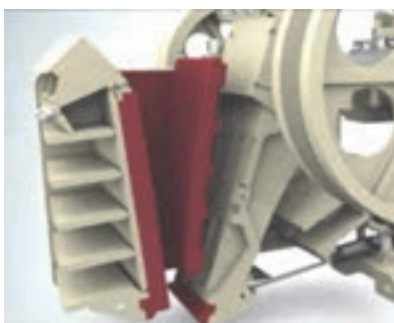


در شکل زیر اجزای سنگ شکن فکی را مشخص کنید:



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.

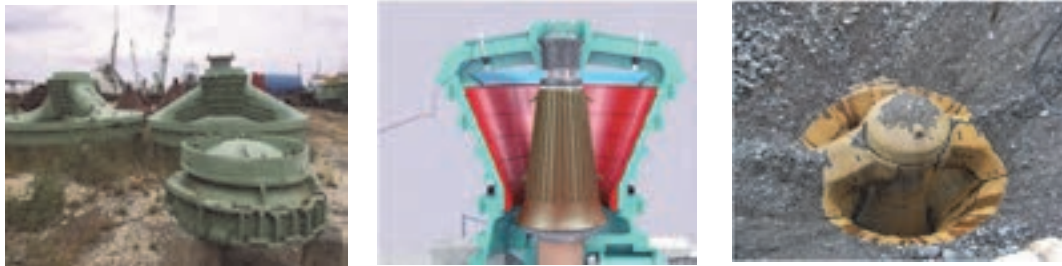
نکات ایمنی



۲- سنگ‌شکن چرخشی:

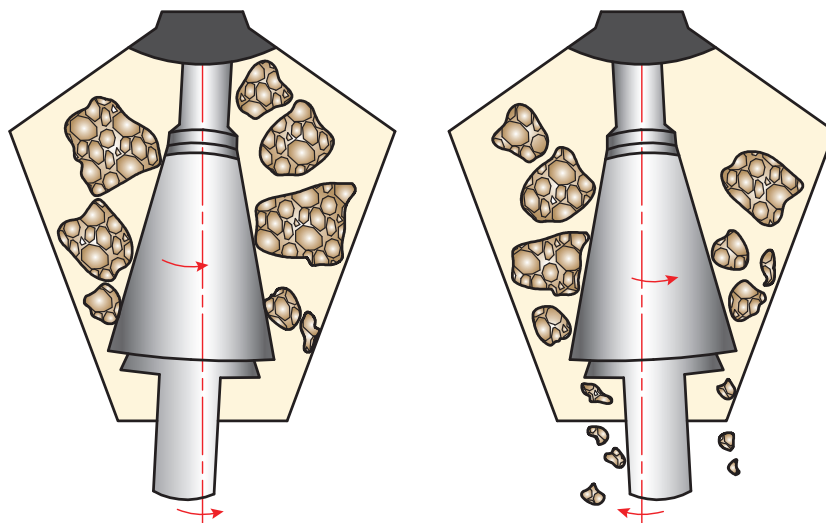
سنگ‌شکن نوع چرخشی یا ژیراتوری<sup>۱</sup> نیز مانند نوع فکی، برای مرحله اول خردایش به کار می‌رود. این نوع سنگ‌شکن معمولاً از یک بدنه ثابت مخروطی شکل (جام) و یک هسته میانی تشکیل شده است. هسته میانی نیز مخروطی شکل بوده که درون مخروط ثابت بیرونی معلق است و حرکت چرخشی دارد و از لحاظ عملکرد در مجموع مانند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



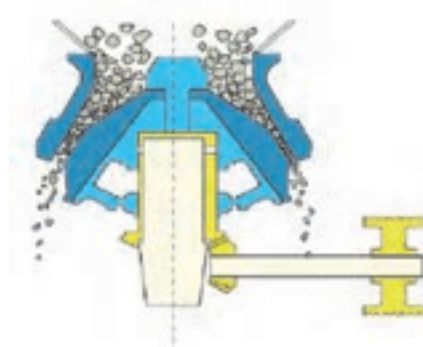
شکل ۲۳- حرکت چرخشی سنگ شکن چرخشی

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<sup>۱</sup>

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



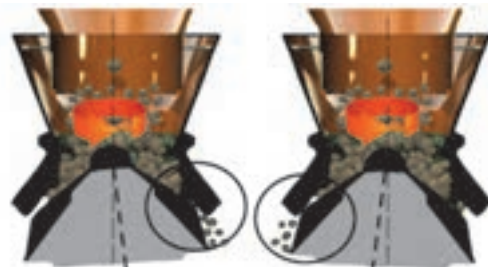
شکل ۲۴- سنگ شکن مخروطی

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



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.



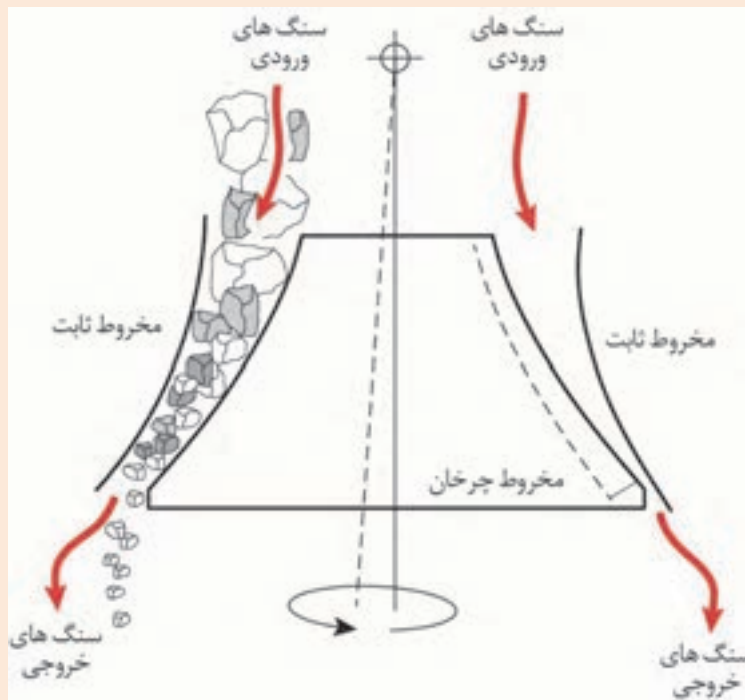
شکل ۲۵- خردایش در سنگ شکن مخروطی

۱. Cone Crusher

۲. Hydrocone

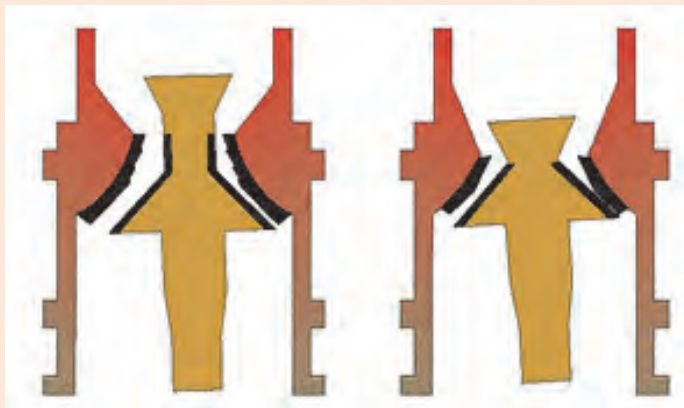


با توجه به شکل ۲۶ در مورد عملکرد سنگ‌شکن مخروطی گفت‌وگو کنید.



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<sup>۱</sup>) 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

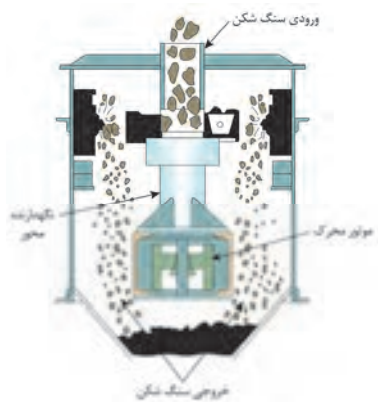
در سنگ شکن غلتکی اندازه مواد خرد شده چگونه تعیین می شود؟



### 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 (شافت) افقی یا عمودی وجود دارد.



(ب) با محور عمودی

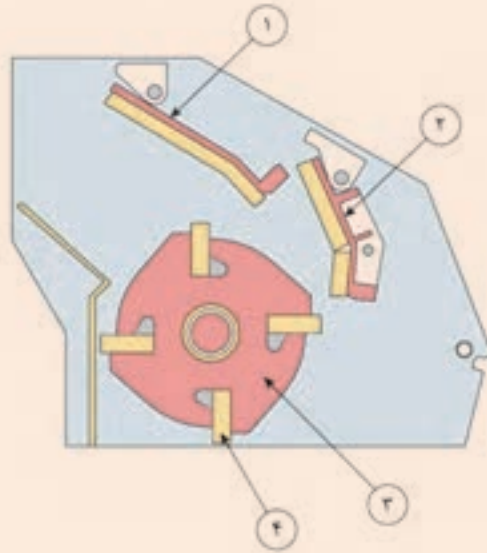


(الف) با محور افقی

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

| نوع سنگ‌شکن    | چکش | زره |
|----------------|-----|-----|
| 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



نکته

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





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



جدول زیر را کامل کنید:

جدول ۴

فعالیت کلاسی

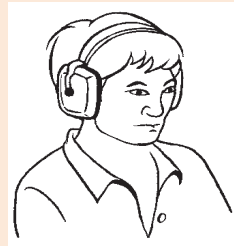
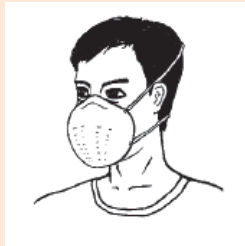


| تصاویر  | عوامل مؤثر و نوع (فشاری یا ضربه ای) | سنگ شکن               |
|---|-------------------------------------|-----------------------|
|    |                                     | فکی                   |
|    |                                     | چرخشی                 |
|   |                                     | مخروطی                |
|  |                                     | پرتابی                |
|  |                                     | چکشی                  |
|  |                                     | استوانه‌ای<br>(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><b>شرح کار:</b></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><b>استاندارد عملکرد:</b></p> <p>خردایش مواد اولیه براساس ابعاد، میزان سختی و توجه به جدول توزیع دانه‌بندی</p>  |   |                       |            |      |           |                       |            |   |                      |   |  |   |                    |   |  |   |                              |   |  |  |   |   |  |  |               |  |   |
| <p><b>شاخص‌ها:</b></p> <p>انتخاب دستگاه سنگ‌شکن بر اساس نوع مواد اولیه</p> <p>دانه‌بندی مناسب</p> <p>کنترل دانه‌بندی با استاندارد</p>   |   |                       |            |      |           |                       |            |   |                      |   |  |   |                    |   |  |   |                              |   |  |  |   |   |  |  |               |  |   |
| <p><b>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</b></p> <p>مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی</p> <p>ابزار و تجهیزات: انواع دستگاه 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><b>معیار شایستگی:</b></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:<br/>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:<br>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:<br>دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب | ۲                     |            |      |           |                       |            |   |                      |   |  |   |                    |   |  |   |                              |   |  |  |   |   |  |  |               |  |   |
|   | میانگین نمرات   |                       | *          |      |           |                       |            |   |                      |   |  |   |                    |   |  |   |                              |   |  |  |   |   |  |  |               |  |   |

