

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى 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 سرمایه 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 امامی میبدی، هادی برزگر بغروی، ندی دیده‌ور، فرشاد فرشیدفر، ناصر رضاییان مجد

و امیر مقصودی پور (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

علیرضا ابراهیم‌آبادی، هادی برزگر بغروی، سمیرا دادستان، ندی دیده‌ور، بشیر فتوحی، فرشاد

فرشیدفر، محمدحسن نجاری، مهدی حیدری باقرآباد، محسن فلاح‌زاده، محمد کهرویی و

غلامرضا امامی میبدی (اعضای گروه تألیف)

مدیریت آماده‌سازی هنری: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری) - مریم کیوان (طراح جلد) - سارا ساعدی‌نژاد (صفحه‌آرا) - الهام

محبوب (رسم) - زهره برهانی‌زرنندی، فریبا سیر، فاطمه صفری ذوالفقاری، کتابون نبی‌زاده‌حقیقی

و حمید ثابت کلاچاهی (امور آماده‌سازی)

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

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

وبسایت: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir

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

(داروخش)، تلفن: ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰

صندوق پستی: ۱۳۹ - ۳۷۵۱۵

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

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۴۰۵

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.



اگر یک ملتی نخواهد آسیب ببیند باید این ملت اولاً با هم متحد باشد، و ثانیاً در هر کاری که اشتغال دارد آن را خوب انجام بدهد. امروز کشور محتاج به کار است. باید کار کنیم تا خودکفا باشیم. بلکه انشاءالله صادرات هم داشته باشیم. شما برادرها الآن عبادت تان این است که کار بکنید. این عبادت است.

امام خمینی «قَدَسَ سِرُّهُ»

این کتاب در سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ از منظر چهار گروه از دنیای کار (کارفرمایان بزرگ، خبرگان حرفه‌ای، فروشنندگان خدمات و کالا و انجمن‌های حرفه‌ای) و چهار گروه از دنیای آموزش (هنرآموزان خبره، مربیان سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای، هنرجویان پایه دوازدهم و فارغ‌التحصیلان شاغل) مورد ارزشیابی کشوری قرار گرفت و نتایج آن در محتوا اعمال گردید.

۱	پودمان اول : خردایش
۲	واحد یادگیری ۱: انتخاب روش خردایش
۱۵	واحد یادگیری ۲: خردایش با سنگ شکن ها
۳۵	پودمان دوم : آسیاب کردن
۳۶	واحد یادگیری ۱: انتخاب آسیاب
۵۱	واحد یادگیری ۲: محاسبه پارامترهای آسیاب
۶۵	پودمان سوم : گرانول سازی
۶۶	واحد یادگیری ۱: آماده سازی گرانول
۸۶	واحد یادگیری ۲: کنترل پارامترهای گرانول
۱۰۵	پودمان چهارم: پرس پودر
۱۰۶	واحد یادگیری ۱: پرس پودر
۱۲۶	واحد یادگیری ۲: نظارت بر پرس پودر
۱۳۷	پودمان پنجم : کنترل فرایند و تولید سبز
۱۳۸	واحد یادگیری ۱: کنترل فرایند تولید
۱۵۹	واحد یادگیری ۲: فناوری سبز و پایدار
۱۸۲	منابع

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 به‌طور 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 پرس پودر

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

۳ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها

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

بر این اساس دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی 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 درس، چهارمین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژه رشته سرامیک تألیف شده است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و حرفه‌ای شما 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 دو 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. شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان، کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان است. در صورت احراز نشدن شایستگی در یک یا هر دو واحد یادگیری پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود دارد.

این درس شامل پنج پودمان است. شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان است. در صورت احراز نشدن شایستگی در هر یک از واحدهای یادگیری پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود دارد. ارزشیابی هر واحد یادگیری نیز از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل شده است و شرط لازم برای محاسبه این دو بخش، کسب شایستگی در بخش شایستگی‌های غیرفنی 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. کتاب همراه خود 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 به نشانی www.oerp.ir می‌توانید از عناوین آن 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 را در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام کارها 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 برداشته شود.

دفتر برنامه‌ریزی و 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 می‌باشد که برای سال یازدهم تدوین و تألیف گردیده است. این کتاب دارای پنج پودمان است و شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان است. در صورت احراز نشدن شایستگی در هر یک از واحدهای یادگیری پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود دارد. ارزشیابی هر واحد یادگیری نیز از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل شده است و شرط لازم برای محاسبه این دو بخش، کسب شایستگی در بخش شایستگی‌های غیر فنی است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست‌محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزای بسته آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و مراحل کلیدی بر اساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند. کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: با عنوان «خردایش» است. در واحد یادگیری اول انتخاب روش خردایش و در واحد یادگیری دوم خردایش توسط سنگ‌شکن‌ها شرح داده شده است.

پودمان دوم: عنوان «آسیاب کردن» نام دارد. در واحد یادگیری اول انتخاب آسیاب و در واحد یادگیری دوم محاسبه پارامترهای آسیاب آموزش داده شده است.

پودمان سوم: دارای عنوان «گرانول سازی» است. در این پودمان ابتدا آماده‌سازی گرانول و سپس کنترل پارامترهای گرانول به صورت گام به گام آموزش عملی و تئوری داده شده است.

پودمان چهارم: «پرس پودر» نام دارد که در واحد یادگیری اول پرس پودر با استفاده از پرس دستی و در واحد یادگیری دوم نظارت بر پرس کاری شرح و آموزش داده شده است.

پودمان پنجم: با عنوان «کنترل فرایند و تولید سبز» است که در آن هنرجویان ابتدا با کنترل فرایند تولید آشنا می‌شوند. در واحد یادگیری دوم فناوری سبز و پایدار آموزش داده می‌شود.

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

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش





پودمان اول

خردایش



قبل از شروع تمامی فرایندهای ساخت یک قطعه سرامیکی لازم است ابتدا آماده‌سازی مواد اولیه انجام شود. اولین مرحله در آماده‌سازی مواد اولیه، تبدیل سنگ‌ها و کلوخه‌های بزرگ به ابعاد کوچک‌تر و مناسب برای ورود به مراحل بعدی فرایند تولید یا فراوری است. ویژگی‌های مواد اولیه تأثیر بسیار زیادی بر فرایند تولید و کیفیت نهایی قطعه سرامیکی دارند.

واحد یادگیری ۱

انتخاب روش خردایش

آیا تا به حال پی برده‌اید

- ۱ در طبیعت چه عواملی باعث خردایش سنگ‌ها می‌شود؟
- ۲ آیا مواد اولیه با هر اندازه‌ای قابلیت استفاده در فرایند تولید سرامیک‌ها را دارند؟
- ۳ از چه روش‌هایی می‌توان برای خردکردن مواد استفاده نمود؟

هدف از این شایستگی، آشنایی با ضرورت خردایش و اهمیت انجام آن در آماده‌سازی مواد اولیه است. مواد اولیه مصرفی در صنعت سرامیک معمولاً به صورت کلوخه‌های درشت با ابعاد بزرگ حدوداً تا ۵۰ سانتی‌متر از معادن استخراج می‌شوند این ابعاد برای ورود مستقیم به خط تولید و فرایندهای بعدی کاملاً نامناسب هستند؛ بنابراین اولین عملیاتی که بر روی مواد خام انجام می‌شود خردایش و سنگ‌شکنی است.

استاندارد عملکرد

کسب مهارت تعیین کیفی مقاومت سنگ‌شکنی مواد اولیه

اهمیت کوچک کردن ابعاد مواد

دربارهٔ سؤالات زیر فکر کنید و نظر خود را با دیگر هنجریان به بحث بگذارید:

۱ چرا پیامبر اکرم (ص) دربارهٔ آداب مربوط به غذاخوردن، به کوچک کردن لقمه و سپس جویدن آن تأکید کرده‌اند؟

۲ قند حبه‌ای سریع‌تر در آب حل می‌شود یا شکر؟



ب) ذرات ریز شکر



الف) قطعات مکعبی قند

شکل ۱

۳ آیا قطعات بزرگ آهنی قابلیت استفاده مجدد را دارند یا برای مراحل بعدی باید خرد شوند؟



ب) قطعات خرد شده خودروها



الف) خودروهای فرسوده خرد نشده

شکل ۲

مواد اولیهٔ سرامیک معمولاً با استفاده از بیل مکانیکی، بولدوزر یا لودر استخراج می‌شوند. در بعضی از معادن جهت تسهیل در استخراج با انفجارهای کنترل شده، حجم زیادی از مواد جدا شده و سپس مواد توسط ماشین‌آلات، استخراج و با کامیون‌ها حمل می‌شوند (شکل ۳).



شکل ۳



مواد بعد از استخراج برای ذخیره‌سازی و همگن شدن در مکان مناسبی از معدن انبارش شده و سپس توسط کامیون‌ها به واحدهای تولیدی ارسال می‌شود (شکل ۴).

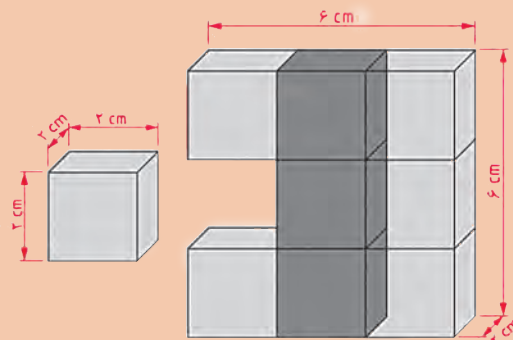


شکل ۴- انبارش خاک در معدن

خاک ارسالی از معدن به واحد تولیدی برای ذخیره‌سازی، اشغال فضای کمتر و بهبود یکنواختی، به صورت لایه‌لایه روی هم انبارش می‌شوند که به این فرایند انبارکردن (دپو کردن) خاک می‌گویند. سنگ‌های بزرگ قابلیت انتقال، سایش و همگن‌سازی کمتری دارند و هر چه ابعاد سنگ‌ها کوچک‌تر شود این فرایند تسهیل می‌شود. فرایند کاهش ابعاد ذرات مواد توسط سنگ‌شکن انجام می‌شود. با خردایش مواد، سطح ذرات و کارایی آسیاب کردن افزایش می‌یابد.



در شکل زیر 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 ۵- تأثیر تقسیم شدن بر روی مساحت کل

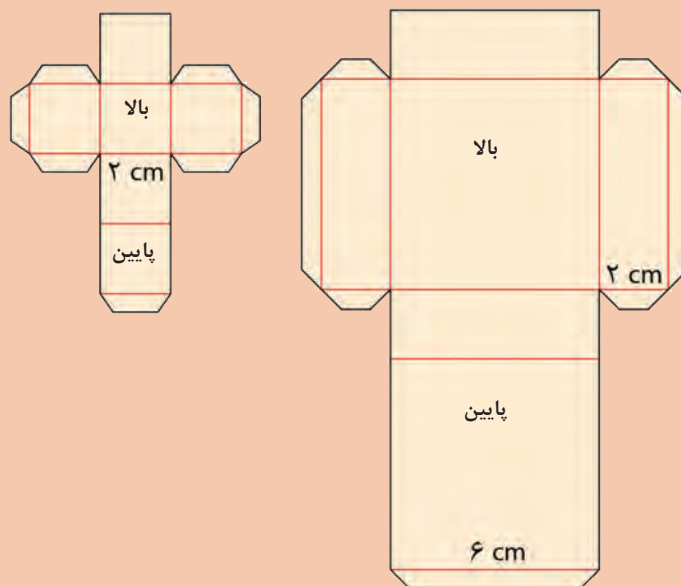


بررسی تأثیر کوچک کردن ابعاد بر افزایش سطح

مواد و تجهیزات مورد نیاز: کاغذ یا مقوا، قیچی، خط کش، مداد و چسب.

شرح فعالیت:

- ۱ با توجه به نقشه شکل مقابل و با استفاده از مقوا، مکعبی به ابعاد $6 \times 6 \times 2$ سانتی متر بسازید.
- ۲ ۹ عدد مکعب به ابعاد $2 \times 2 \times 2$ سانتی متر بسازید.
- ۳ 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 ۶- نقشه ساخت مکعب $6 \times 6 \times 2$ و $2 \times 2 \times 2$ سانتی متری

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

نکات ایمنی



خردایش

بسیاری از مواد اولیه مورد نیاز برای تولید محصولات سرامیکی به صورت کلوخه یا قطعه‌سنگ‌های بزرگ در طبیعت وجود دارند که در ابتدای فرایند تولید سرامیک‌ها باید خرد و به ابعاد کوچک‌تر تبدیل شوند. در شکل ۷ دو ماده اولیه با دانه‌بندی مختلف نشان داده شده است. به نظر شما کدام یک قابلیت نرم کردن آسان‌تری دارند؟

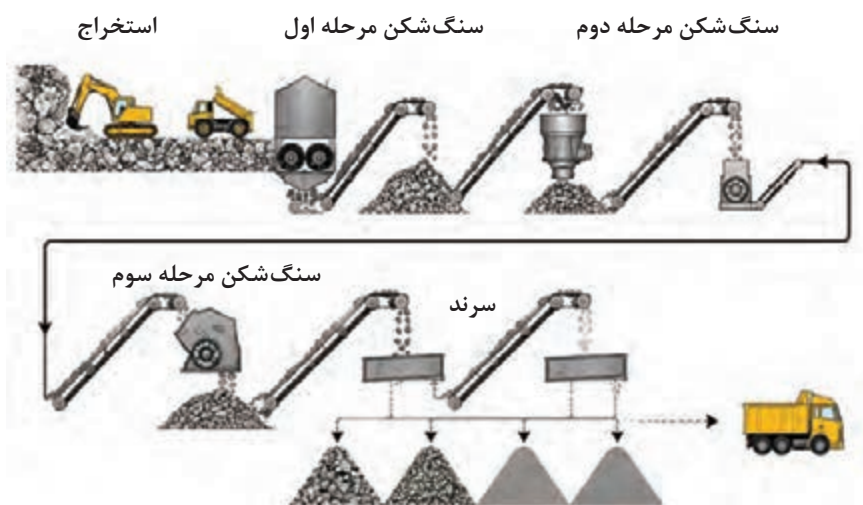


(ب) خرده سنگ

(الف) تکه سنگ‌های بزرگ

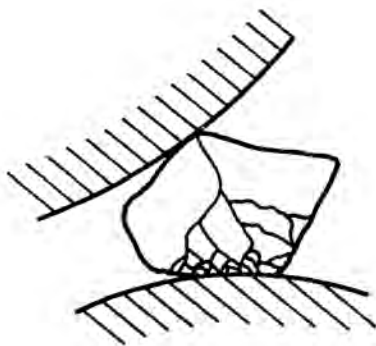
شکل ۷

کلیه مراحل کاهش اندازه ماده سرامیکی از ابعاد طبیعی پس از استخراج تا دانه‌بندی موردنیاز برای آسیاب کردن را **خردایش** می‌گویند و به دستگاهی که عملیات خردکردن سنگ‌ها را انجام می‌دهد «سنگ‌شکن» گفته می‌شود. 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، و در صورت ضرورت شست‌وشو و تغلیظ شود. این مراحل در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸- روند خردایش

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



الف) خردشدن در اثر انقباض و انقباض در طبیعت
ب) شکسته شدن سنگ بر اثر اعمال نیرو

شکل ۹

مکانیزم خردایش

مواد در فرایند خردایش یکسان و همانند عمل نمی‌کنند. بعضی از آنها در فرایند خردایش مقاومت کمتر و برخی دیگر مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند. به‌طور کلی دو عامل فیزیکی سختی و استحکام سنگ‌شکنی در خردایش مواد تأثیرگذارند. **الف) سختی:** مقاومت یک ماده در مقابل خراش و سایش را سختی آن ماده می‌گویند. مقاومت آن ماده در مقابل خردشدن، میزان انرژی، نوع سیستم و ماشین خردکننده را تعیین می‌کند.

مواد از لحاظ سختی موهس طبق نمودار زیر به سه گروه نرم، نیمه‌سخت و سخت تقسیم‌بندی می‌شوند. سخت‌ترین ماده طبیعی در مقیاس موهس الماس با سختی ۱۰ می‌باشد.



شکل ۱۰

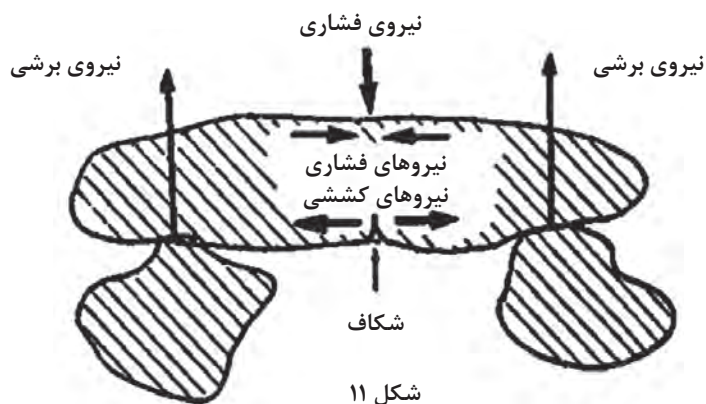
هرچه سختی مواد بیشتر باشد، میزان سایش و خوردگی مکانیکی تجهیزات و ماشین‌آلات افزایش یافته و باعث ورود ناخالصی‌ها به مواد اولیه می‌گردد.

ب) استحکام سنگ‌شکنی (مقاومت سنگ‌شکنی): مقاومت سنگ در برابر ایجاد و رشد ترک بر اثر نیروهای فشاری را استحکام سنگ‌شکنی آن سنگ گویند. وقتی سنگ در برابر نیروی فشاری قرار می‌گیرد، ابتدا در برابر نیروی اعمالی مقاومت می‌کند در صورتی که نیرو، بیشتر از استحکام سنگ‌شکنی شود در سنگ ترک ایجاد می‌شود و در صورت ادامه فشار، ترک رشد می‌کند و منجر به خردایش سنگ می‌شود.

هر چقدر یک سنگ در مقابل ایجاد و رشد ترک مقاومت بیشتری از خود نشان دهد، استحکام سنگ‌شکنی آن سنگ بالاتر است.

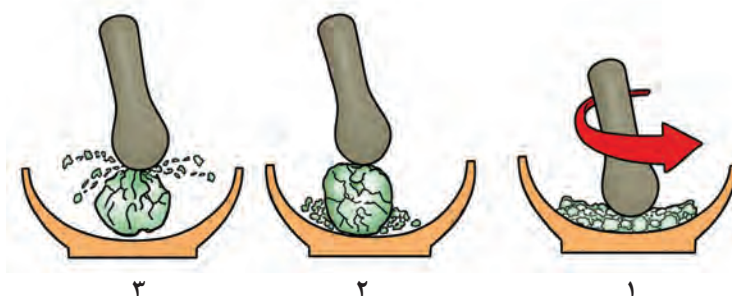


یکی از روش‌های خرد کردن، اعمال نیروی فشاری بر سنگ است. هم‌زمان با فشار اعمالی نیروهای برشی و کششی درون سنگ پدید می‌آید که منجر به ایجاد و رشد ترک و شکسته شدن سنگ خواهد شد.



نیروهای مؤثر در خردایش

با توجه به شکل ۱۲ مشخص کنید در هر شکل چه نوع نیرویی باعث کاهش اندازه ذرات می‌شود؟ پاسخ‌های خود را در جدول ۱ یادداشت کنید.



شکل ۱۲

جدول ۱

شماره شکل	نیرو
□	ضربه
□	فشار
□	سایش



کار عملی ۱: خردایش کائولن فراوری نشده

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ۲۰۰ گرم کائولن، سطل پلاستیکی با اندازه متوسط، الک با مش ۴/۵ و ۲۰، ترازو، هاون. کرنومتر

شرح فعالیت:

۱. ۲۰۰ گرم خاک کائولن عبوری از الک با مش ۴ و مانده روی الک با مش ۵ را تهیه کنید.
۲. کائولن را به دو قسمت مساوی تقسیم کنید و در دو هاون بریزید.
۳. در هر هاون به مدت ۱۰ دقیقه فرایند خردایش را انجام دهید. (هاون اول: فقط با ضربه، هاون دوم فقط با سایش)
۴. مواد خرد شده در هر مرحله را از الک ۲۰ عبور دهید و میزان ماده عبوری از الک را در هر هاون با یکدیگر مقایسه کنید.
۵. نتیجه کار عملی ۱ و ۲ را با هم مقایسه کنید.



کار عملی ۲: خردایش فلدسپات

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ۲۰۰ گرم فلدسپات، سطل پلاستیکی با اندازه متوسط، الک با مش ۴/۵ و ۲۰، ترازو، هاون. کرنومتر

شرح فعالیت:

۱. ۲۰۰ گرم خاک فلدسپات عبوری از الک با مش ۴ و مانده روی الک با مش ۵ را تهیه کنید.
۲. فلدسپات را به دو قسمت مساوی تقسیم کنید و در دو هاون بریزید.
۳. در هر هاون به مدت ۱۰ دقیقه فرایند خردایش را انجام دهید. (هاون اول: فقط با ضربه، هاون دوم فقط با سایش)
۴. مواد خرد شده در هر مرحله را از الک ۲۰ عبور دهید و میزان ماده عبوری از الک را در هر هاون با یکدیگر مقایسه کنید.
۵. نتیجه را در کارگاه گزارش دهید.
۶. نتیجه کار عملی ۱ و ۲ را با هم مقایسه کنید.

در صنعت برای خردایش، سنگ شکن‌های متنوعی وجود دارد. این دستگاه‌ها عمدتاً با اعمال ضربه، فشار، سایش و یا ترکیبی از آنها، باعث خرد شدن و ریزتر شدن سنگ‌ها می‌شوند. در شکل ۱۳ برخی از سنگ شکن‌ها و نیروهای مؤثر در خردایش آن نشان داده شده است.



ب) سنگ شکن با اعمال نیروی ضربه



الف) سنگ شکن با اعمال نیروی فشار و سایش



(د) سنگ شکن با اعمال نیروی فشار و سایش



(ج) سنگ شکن با اعمال نیروی فشار و سایش

شکل ۱۳- نیروهای مؤثر در سنگ شکن ها

آیا ریز کردن مواد اولیه به صورت یک باره و در یک مرحله امکان پذیر است؟

گفت و گو کنید



آیا می دانید



کلوخه ها و سنگ های استخراجی به طور طبیعی می توانند دارای محدوده ابعاد گسترده باشند.



موادی که در طبیعت وجود دارند از لحاظ قابلیت خرد شدن به دو دسته تقسیم می شوند: ۱- موادی که در اثر ضربه یا فشار به آنها در تمام جهات به طور یکنواخت خرد می شوند 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 می شود تا ماده معدنی در بعضی جهات آسان تر شکسته و خرد شود. در این میان سختی، چکش خواری و شکل تبلور نیز مؤثر است.



(الف) خرد شدن در جهات خاص



(ب) خرد شدن یکنواخت

شکل ۱۴

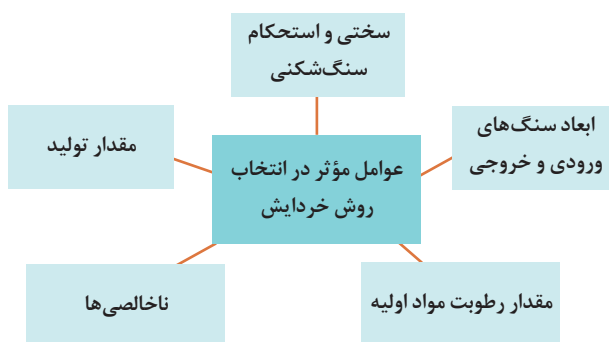
انتخاب روش خردایش

- به تصاویر شکل ۱۵ 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 خردکن چه عواملی باید در نظر گرفته شود؟



شکل ۱۵

انتخاب روش خردایش و دستگاه سنگ‌شکن به عواملی مختلفی بستگی دارد که در نمودار ۱ نشان داده شده است:



نمودار ۱

۱- سختی و استحکام سنگ‌شکنی:

معمولاً برای خردایش مواد بسیار سخت و ساینده از سنگ‌شکن‌های فکی و مخروطی و برای مواد نرم‌تر از سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای یا چکشی استفاده می‌شود. انتخاب نادرست می‌تواند منجر به کاهش شدید بازدهی، افزایش هزینه‌ها و تعمیرات و همچنین اندازه نامناسب خاک خروجی از سنگ‌شکن شود.



برای خردایش برخی از سنگ‌های سیلیس که سختی بالاتری دارند، چنانچه آنها را در کوره حرارت داده و سریع سرد کنیم، به آنها شوک وارد شده و سبب ایجاد ترک‌های ریز در آنها می‌شود که این کار باعث تسهیل در فرایند خردایش خواهد شد.



کار عملی ۳: تأثیر حرارت در خردایش کلوخه سیلیس با خلوص بالا
مواد و تجهیزات مورد نیاز: سنگ سیلیس با خلوص بالا، کوره، الک با مش ۲۰، ترازو، هاون
شرح فعالیت:

- ۱ دو کلوخه سنگ سیلیس با خلوص بالا به میزان ۵۰۰ گرم آماده کنید.
- ۲ یکی از کلوخه‌های سنگ‌ها را داخل کوره تا دمای ۹۰۰ درجه سلسیوس حرارت دهید.
- ۳ سپس آن را سریع سرد کنید.
- ۴ کلوخه سیلیس سرد شده را با هاون به مدت ۱۰ دقیقه خرد کنید و از الک با مش ۲۰ عبور دهید.
- ۵ کلوخه دیگری را بدون حرارت دادن به مدت ۱۰ دقیقه داخل هاون خرد و از الک با مش ۲۰ عبور دهید.
- ۶ میزان سختی دو کلوخه سنگ هنگام خردایش را بررسی و با یکدیگر مقایسه کنید و نتیجه را در کارگاه ارائه دهید.

۲- ابعاد سنگ‌های ورودی و خروجی:

ابعاد سنگ‌های ورودی و خروجی مستقیماً بر روی ظرفیت تولید، مصرف انرژی، سایش قطعات و کیفیت محصول نهایی تأثیر می‌گذارند.
 سنگ‌شکن‌های فکی و ژیراتوری ورودی بزرگ و خروجی نسبتاً درشت تولید می‌کند و سنگ‌شکن‌های مخروطی و ضربه‌ای ورودی متوسط و خروجی ریزتر دارند.

۳- مقدار رطوبت مواد اولیه:

با توجه به آب‌وهوای محل واحد تولیدی، معدن و همچنین محل نگهداری مواد اولیه، رطوبت متفاوت بوده و در نتیجه در انتخاب سنگ‌شکن تأثیرگذار می‌باشد.

۴- ناخالصی‌ها:

ناخالصی‌هایی که در سنگ باعث افزایش سختی می‌شوند، سبب سائیدگی شدید و در نتیجه کاهش عمر قطعات سنگ‌شکن می‌شوند. وجود رس در سنگ‌هایی مثل سنگ آهکی سختی آن را کاهش می‌دهد، مثلاً سنگ آهک سخت است؛ اما مارن آهکی سختی کمتری دارد؛ چون رس به آن اضافه شده است.
 مواد با سائیدگی بالا (مقادیر بالای کوارتز) با استفاده از نیروی فشار و مواد با سائیدگی پایین (سنگ آهک، سنگ گچ) با استفاده از نیروی ضربه، خرد می‌شوند.

۵- مقدار تولید:

ظرفیت مورد نیاز مستقیماً تعیین می‌کند که از چه نوع سنگ‌شکنی، با چه ابعادی و در چه تعداد استفاده شود.



کار عملی ۴: تأثیر درصد رطوبت بر خردایش و دانه‌بندی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ۲۰۰ گرم کائولن فراوری نشده عبوری از الک ۱۰ و مانده روی الک ۲۰، الک با مش ۱۰، ۲۰ و ۴۰، ترازو، هاون، بشقاب، خشک‌کن.

شرح فعالیت:

۱. ۲۰۰ گرم کائولن عبوری از الک ۱۰ و مانده روی الک ۲۰ را به دو قسمت مساوی تقسیم کرده و داخل دو بشقاب بریزید.

۲. یکی از بشقاب‌ها را داخل خشک‌کن قرار داده و بعد از خشک‌شدن کامل، فرایند خردکردن را به مدت ۵ دقیقه انجام دهید.

۳. بشقاب دیگر را بدون انجام فرایند خشک‌کردن به مدت ۵ دقیقه خرد کنید.

۴. سنگ‌های خرد شده در دو حالت قبلی را از الک با مش ۲۰ عبور دهید.

۵. مقدار ماده عبوری را در هر حالت یادداشت کنید.

سؤال:

۱. چرا مقدار ماده عبوری در دو حالت با یکدیگر متفاوت است؟

۲. در کدام یک از حالت‌ها فرایند عبور از الک آسان‌تر می‌باشد؟

نتایج را با بقیه گروه‌ها در کارگاه مقایسه کنید.

ارزشیابی شایستگی انتخاب روش خردایش

نام و نام خانوادگی		شماره ملی	تاریخ ارزشیابی:	نوبت:
کد حرفه	۸۱۸۱۲۳	حرفه:	متصدیان دستگاه های تولید سرامیک و شیشه	کدپیمان/پودمان ۸۱۸۱۲۳۰۱۱
کد وظیفه شغل	۸۱۸۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	خردایش	سطح صلاحیت I.۲
کد کار	۸۱۸۱۲۳۰۱۱۱	کار	انتخاب روش خردایش	سطح شایستگی تسلط

ردیف	مرا حل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص ها/داوری /نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	اندازه گیری مقاومت سنگ و ارزیابی اثر آن در فرایند خردایش	مکان: کارگاه یا آزمایشگاه استاندارد زمان: ۳۰ دقیقه مواد: نمونه های سنگ، آب (در صورت نیاز) ابزار: چکش زمین شناسی، دستگاه برش سنگ، کولیس یا میکرومتر، ترازو، الک استاندارد تجهیزات: دستگاه آزمایش مقاومت فشاری، دستگاه خردایش آزمایشگاهی (در صورت نیاز)، تجهیزات ثبت و نمایش داده ها.	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	اجرای صحیح و کامل نمونه برداری، آزمون و ثبت نتایج	۳	
					۲	
					۱	
۲	بررسی تأثیر درصد رطوبت بر خردایش	مکان: کارگاه یا آزمایشگاه استاندارد زمان: حدود ۳۰ دقیقه مواد: نمونه های سنگ، آب ابزار: چکش، دستگاه برش سنگ، کولیس یا میکرومتر، ترازو، الک استاندارد تجهیزات: دستگاه مقاومت فشاری، دستگاه خردایش آزمایشگاهی، تجهیزات ثبت و نمایش داده ها.	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	اجرای صحیح و کامل آزمون، ثبت دقیق نتایج و تحلیل مناسب داده ها	۳	
					۲	
					۱	
۳	بررسی تأثیر شوک حرارتی بر خردایش	مکان: کارگاه یا آزمایشگاه استاندارد زمان: حدود ۳۰ دقیقه مواد: نمونه های سنگ، آب سرد ابزار: انبر نسوز، چکش، دستگاه برش سنگ، کولیس یا میکرومتر، ترازو، الک استاندارد تجهیزات: کوره آزمایشگاهی، مخزن آب، دستگاه خردایش آزمایشگاهی، تجهیزات ثبت و اندازه گیری داده ها.	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	اجرای صحیح و کامل آزمایش، ثبت دقیق نتایج و تحلیل مناسب داده ها	۳	
					۲	
					۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	۱- ایمنی: کفش ایمنی - کلاه ایمنی - لباس کار ۲- نگرش: علاقه به کار - دقت بالا - نظم ۳- زیست محیطی: استفاده از سیستم های تهویه - جداسازی و تفکیک زباله ها - رعایت نظافت محیط کار ۴- شایستگی های غیر فنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار	رعایت بند ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها، و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل های اجرایی در تمام مراحل کار	۲	
			عدم رعایت موارد ۱ الی ۴	عدم رعایت اصول ایمنی و استفاده ناقص از تجهیزات فردی، ضعف در نگرش حرفه ای شامل بی دقتی و بی نظمی، بی توجهی به الزامات زیست محیطی مانند تهویه و نظافت و عدم پایبندی به قوانین و دستورالعمل های اجرایی در انجام فعالیت ها	۱	

☐ بلی	ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)
☐ خیر	

توضیحات:

۱- معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۱ و ۲ (مراحل بحرانی)
- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش
- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲- تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه ای انجام می شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه ریزی و تحلیل، پاسخ گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت ها تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲

خردایش با سنگ شکن‌ها

آیا تا به حال پی برده‌اید

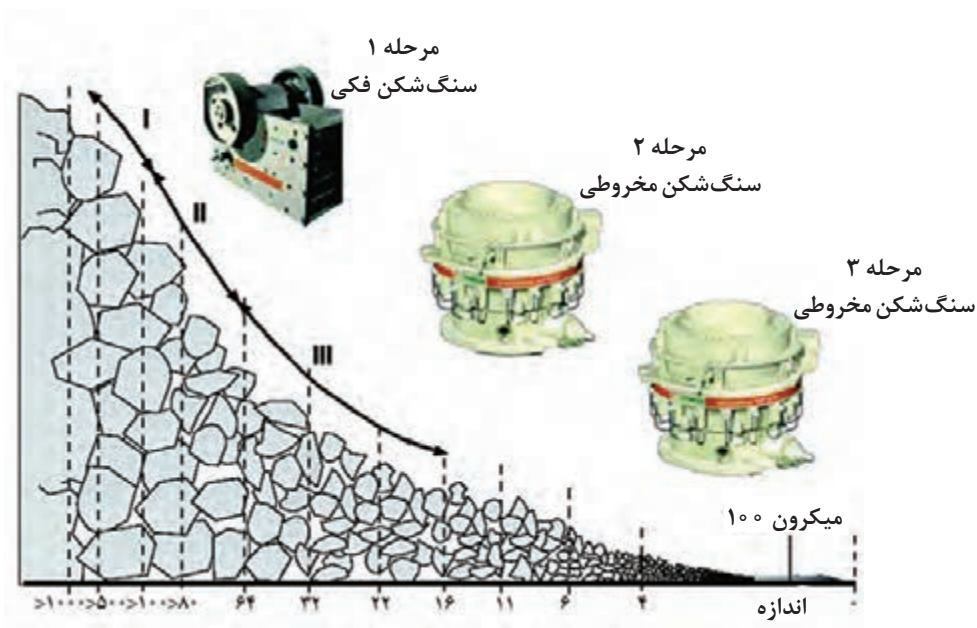
- ۱ آیا مواد اولیه با هر اندازه و ابعادی در فرایند تولید سرامیک‌ها قابل استفاده هستند؟
 - ۲ از چه روش‌هایی می‌توان برای خردکردن مواد و اشیای مختلف استفاده کرد؟
 - ۳ چه دستگاه‌ها و تجهیزاتی برای خردایش مواد اولیه تولید قطعات سرامیک موردنیاز است؟
- هدف از این شایستگی، کسب مهارت انتخاب دستگاه سنگ‌شکن در فرایند تولید سرامیک‌ها است.

استاندارد عملکرد

کسب مهارت انتخاب سنگ‌شکن مناسب و دانه‌بندی مواد اولیه

خردایش (سنگ شکنی)

کاهش اندازه سنگ‌ها از ابعاد بزرگ به ابعاد کوچک‌تر از ۲ سانتی‌متر معمولاً در سه مرحله انجام می‌شود. در شکل ۱۶ خردایش مواد توسط سنگ‌شکن‌ها و کاهش ابعاد سنگ‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱۶

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



کائولن



سیلیس



فلدسپات

شکل ۱۷

چرا تمامی مراحل خردایش برای کلوخه‌های کائولن انجام نمی‌شود؟

تحقیق کنید

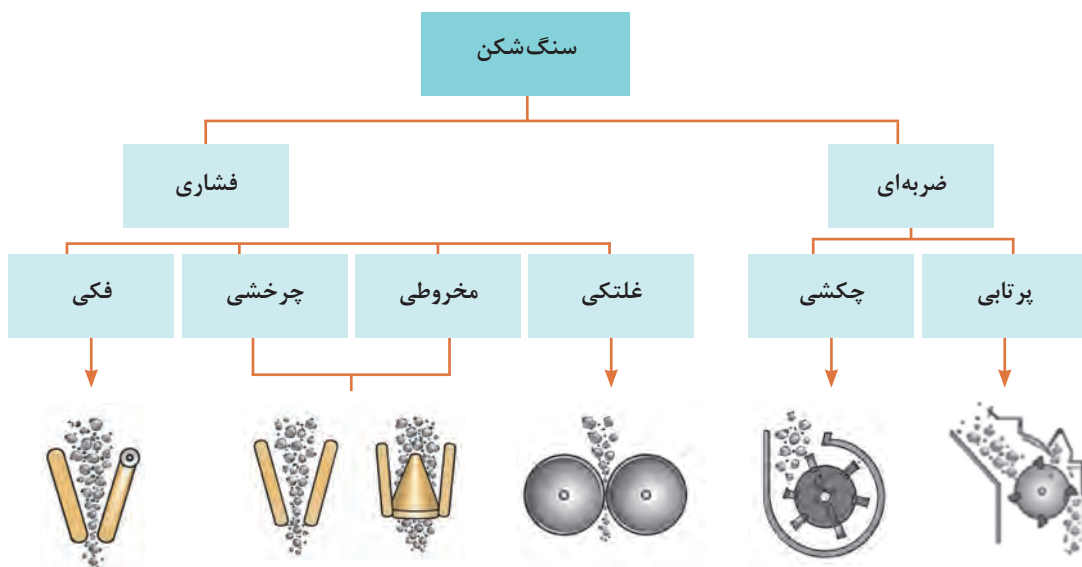


به تصاویر شکل ۱۸ نگاه کنید. در هر کدام، از چه نیرویی برای شکستن گردو استفاده شده است؟



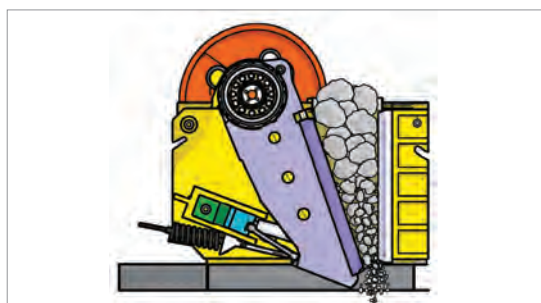
شکل ۱۸

عملکرد سنگ شکن‌ها براساس نوع نیروی اعمالی در نمودار ۲ نشان داده شده است.



نمودار ۲

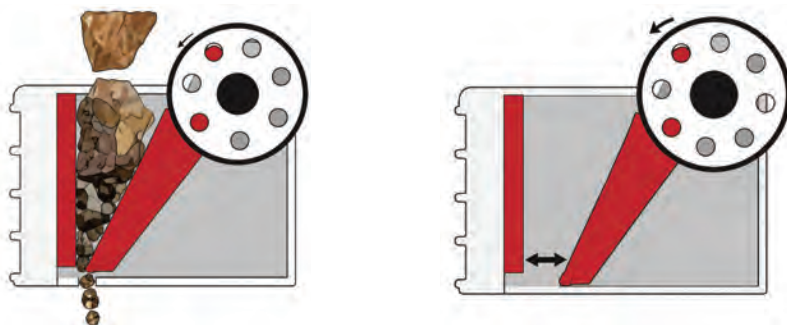
سنگ شکن فکی^۱



شکل ۱۹- سنگ شکن فکی

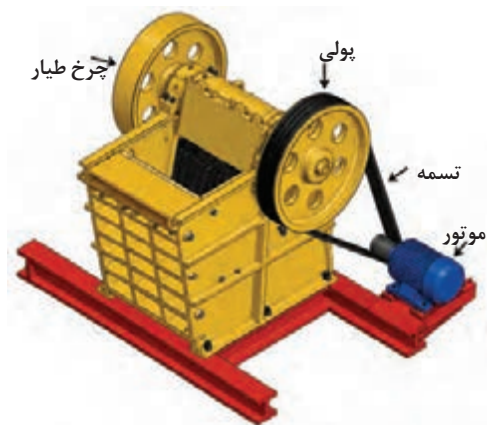
یکی از رایج‌ترین سنگ شکن‌ها، سنگ شکن فکی است که به‌عنوان سنگ شکن مقدماتی برای مرحله اول خردایش به کار گرفته می‌شود. سنگ شکن‌های فکی از دو فک تشکیل شده‌اند که معمولاً یکی از آنها ثابت و دیگری متحرک است. در برخی از این نوع سنگ شکن‌ها هر دو فک متحرک است. فاصله بین دو فک در قسمت فوقانی دستگاه، «دهانه» و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

فک متحرک معمولاً حرکت نوسانی دارد و به فک ثابت، دور و نزدیک می‌شود. در اثر این عمل، سنگ خرد شده و به قسمت پایین دستگاه که فاصله فک‌ها کمتر است، منتقل می‌شود. در این قسمت نیز عمل خردشدن ادامه می‌یابد تا سنگ به صورت خرده‌سنگ از گلوگاه خارج شود.



شکل ۲۰- نحوه عملکرد فک‌ها در سنگ‌شکن فکی

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.

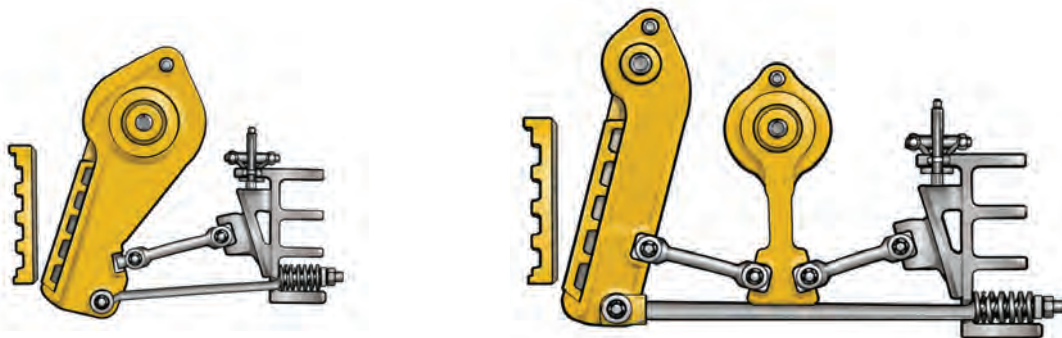


شکل ۲۱



شکل ۲۲- مراحل خردایش سنگ در سنگ‌شکن فکی

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



(ب) بازوی ساده

(الف) بازوی مضاعف

شکل ۲۳

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 هنگام کار دستگاه، کم و زیاد می‌شود.

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

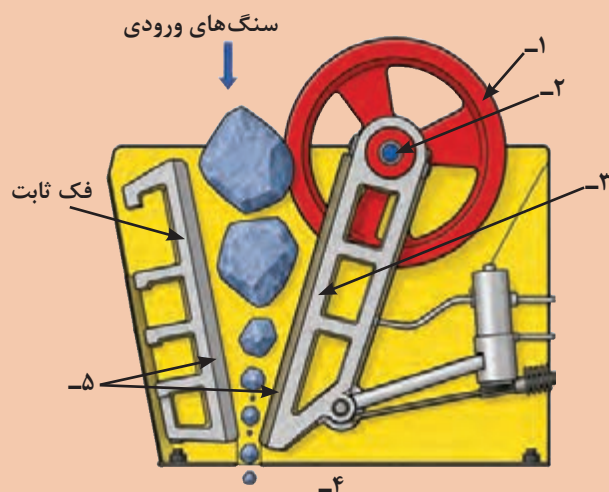
نکته



فعالیت کلاسی

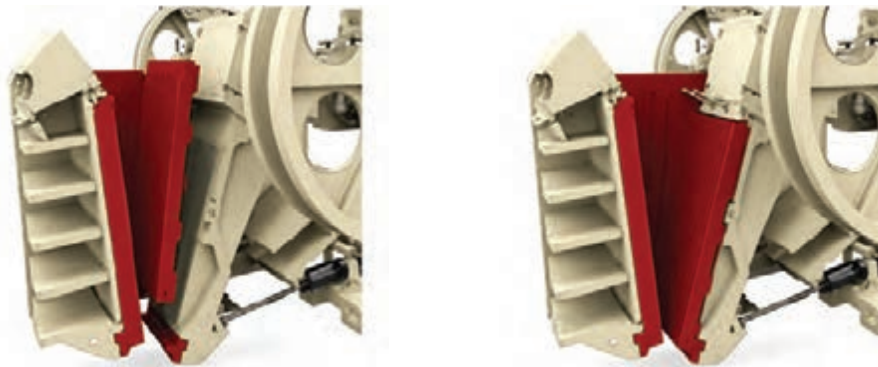


در شکل روبه‌رو اجزای سنگ‌شکن فکی را مشخص کنید:



شکل ۲۴- اجزای سنگ‌شکن فکی

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



شکل ۲۵- تعویض زره سنگ شکن فکی

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

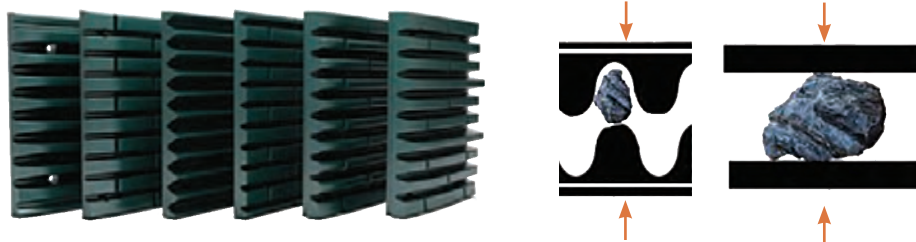
نکات ایمنی



فکر کنید



با توجه به شکل ۲۶، دلیل موج‌دار یا پله‌دار کردن زره فک‌ها در این نوع سنگ شکن چیست؟



شکل ۲۶- انواع زره مخصوص سنگ شکن فکی

کار عملی ۵: خرد کردن ماده اولیه سخت با سنگ شکن فکی و تعیین دانه‌بندی آن
مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماده اولیه سخت مانند کوارتز، فلدسپات به مقدار تقریبی ۴۰۰۰ گرم، سطل پلاستیکی با اندازه متوسط، سنگ شکن فکی، الک درشت (با مش کم مانند مش ۵) و ترازو.
شرح فعالیت:

فعالیت کارگاهی



- ۱ در صورت درشت بودن ابعاد مواد اولیه، نسبت به دهانه ورودی سنگ شکن آن را با پتک، پیش خردایش کنید.
- ۲ تقریباً ۴۰۰۰ گرم مواد اولیه مانده روی الک با مش ۵ را با ترازو وزن کنید.
- ۳ بعد از انجام عملیات خردایش مجدد آن را از الک با مش ۵ عبور دهید.
- ۴ اندازه سنگ‌های خرد شده را قبل و بعد از خردایش مقایسه کنید.

- به هنگام کار با دستگاه سنگ شکن، مراقب باشید تا دست و لباس شما به اجزای دستگاه گیر نکند.
- از خود در برابر خطرات احتمالی ناشی از برق‌گرفتگی محافظت کنید.

نکات ایمنی



- به منظور جلوگیری از آلودگی ناشی از گردوغبار و صدای بالا در محیط، هنگام کار با دستگاه حتماً از ماسک و محافظ گوش استفاده کنید.
- از شوخی‌هایی مانند هل دادن هم‌کلاسی‌های خود به سمت دستگاه جداً خودداری کنید.
- از بلند کردن بارهای سنگین به تنهایی خودداری کنید.

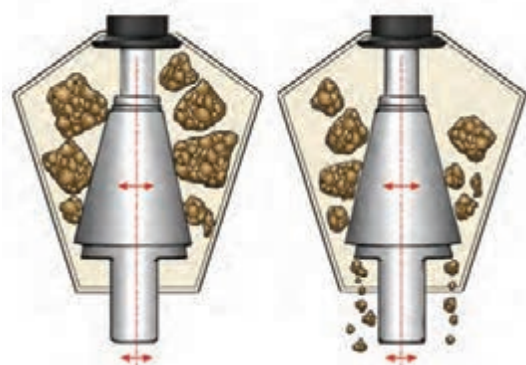
سنگ شکن چرخشی

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



شکل ۲۷- سنگ شکن چرخشی (ژیراتوری)

در این نوع سنگ شکن، مخروط مرکزی، حول محوری زاویه دار نسبت به خط عمود می‌چرخد. 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 می‌شود و هم‌زمان 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 پایین‌تر حرکت می‌کند. بدین ترتیب عمل سنگ شکنی به‌طور دائم انجام می‌گیرد.

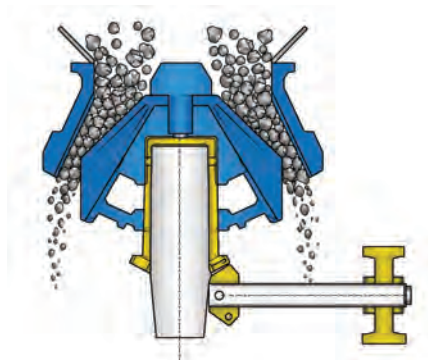


شکل ۲۸- حرکت چرخشی سنگ شکن چرخشی



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

سنگ شکن مخروطی



از این نوع سنگ شکن برای مرحله دوم خردایش استفاده می‌شود که به نام «هیدروکن»^۱ نیز معروف است و تا حدودی مشابه سنگ شکن نوع چرخشی است.

شکل ۲۹- سنگ شکن مخروطی



نمودار ۳

ویژگی‌های سنگ شکن مخروطی در مقایسه با چرخشی (ژیراتوری):

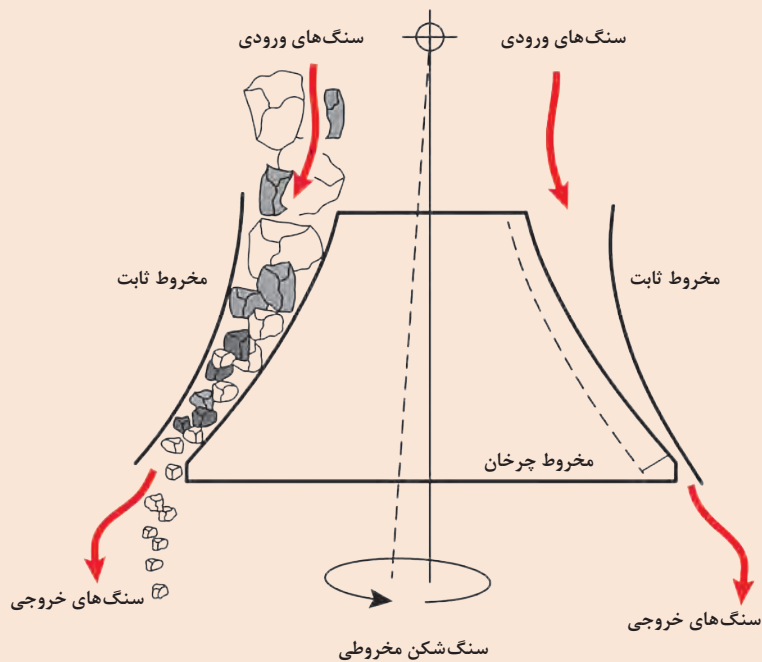
با ریختن سنگ به داخل سنگ شکن از قسمت بالا، سنگ بین مخروطی و دیواره فشرده شده و از قسمت پایین خارج می‌شود. سنگ‌های ورودی، بین مخروطی ثابت و چرخان قرار می‌گیرند. دهانه خروجی از طریق بالا و پایین کردن مخروطی ثابت قابل تنظیم است که امکان خرد کردن در اندازه‌های مختلف را فراهم می‌کند.



شکل ۳۰- خردایش در سنگ شکن مخروطی



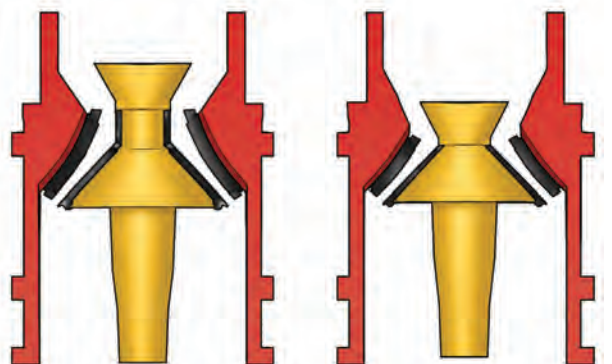
با توجه به شکل زیر در مورد عملکرد سنگ‌شکن مخروطی گفت‌وگو کنید.



شکل ۳۱



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



الف) کلاhek کوتاه
ب) کلاhek بلند
شکل ۳۲- انواع سنگ‌شکن مخروطی



کار عملی ۶: خرد کردن ماده اولیه سخت با سنگ شکن مخروطی و تعیین دانه بندی آن
مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماده اولیه سخت مانند کوارتز، فلدسپات به مقدار تقریبی ۴۰۰۰ گرم، سطل پلاستیکی با اندازه متوسط، سنگ شکن مخروطی، الک درشت (با مش کم مانند مش ۵) و ترازو.

شرح فعالیت:

- ۱ در صورت درشت بودن ابعاد مواد اولیه، نسبت به دهانه ورودی سنگ شکن آن را با پتک، پیش خردایش کنید.
- ۲ تقریباً ۴۰۰۰ گرم مواد اولیه مانده روی الک با مش ۵ را با ترازو وزن کنید.
- ۳ بعد از انجام عملیات خردایش دوباره آن را از الک با مش ۵ عبور دهید.
- ۴ اندازه سنگ های خرد شده را قبل و بعد از خردایش مقایسه کنید.



- مراقب گیر کردن احتمالی دست و لباس خود به اجزای دستگاه سنگ شکن باشید.
- مراقب خطرات احتمالی ناشی از برق گرفتگی باشید.
- به منظور جلوگیری از آلودگی ناشی از گردوغبار و صدای بالا، در زمان کار با دستگاه، حتماً از ماسک و محافظ گوش استفاده کنید.
- از شوخی در کارگاه 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.

سنگ شکن غلتکی

در شکل ۳۳ نمای دو نوع سنگ شکن استوانه ای (غلتکی)^۱ نشان داده شده است. در این نوع سنگ شکن، عملیات خردایش به کمک یک استوانه سنگین (صاف یا آج دار) با فشار کم و یا با دو استوانه (صاف یا آج دار) با فشار کم و مضاعف صورت می گیرد.



(ب) دو غلتکی (صاف)



(الف) تک غلتکی (آج دار)

شکل ۳۳- نمای سنگ شکن استوانه ای

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





دو غلتکی



تک غلتکی

شکل ۳۴- سنگ شکن تک غلتکی و دو غلتکی آجدار

عوامل مؤثر در فرایند خردایش با سنگ شکن غلتکی در نمودار ۴ نشان داده شده است.



نمودار ۴



شکل ۳۵- جهت چرخش استوانه‌ها در سنگ شکن غلتکی

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

نکته



برای تعیین اندازه مواد خروجی، سنگ شکن غلتکی چگونه تنظیم می‌شود؟

فکر کنید

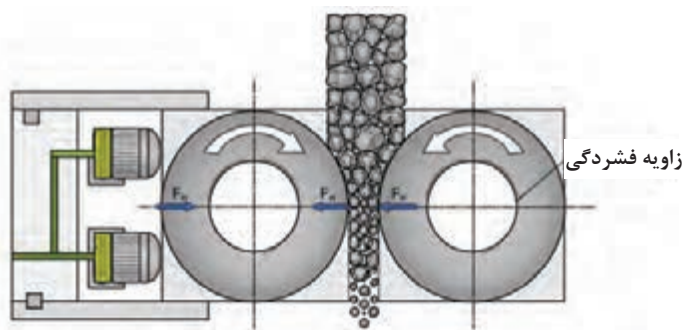


شکل ۳۶- سنگ شکن غلتکی آزمایشگاهی (با سطوح صاف)

■ سنگ شکن غلتکی فشار بالا^۱

(HPGR)

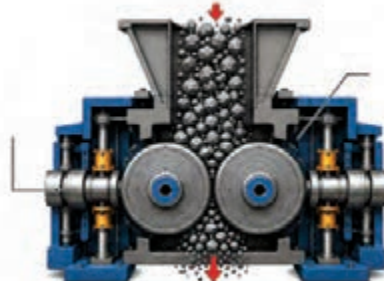
این نوع سنگ شکن با ایجاد فشار بالا بین دو غلتک سبب خرد شدن سنگ می شود (شکل ۳۷).



شکل ۳۷

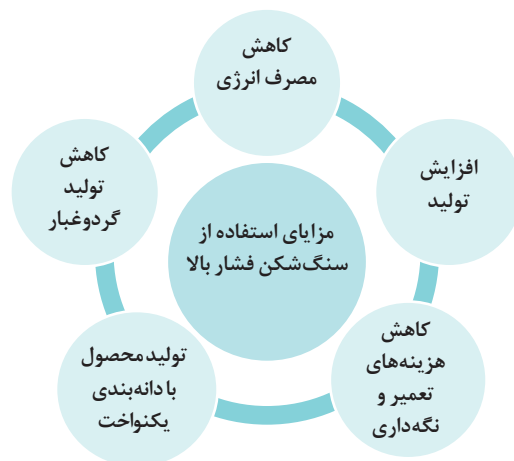
فرایند خردایش در سنگ شکن فشار بالا نه تنها اندازه مواد را کاهش می دهد، بلکه باعث ایجاد ترک های ریز بیشتری درون سنگ ها می شود.

این ترک ها در مراحل بعدی فراوری مانند آسیاب، مصرف انرژی را کاهش و کارایی را افزایش می دهند.



شکل ۳۸- سنگ شکن استوانه ای با فشار مضاعف

در نمودار ۵ دلایل استفاده از سنگ شکن استوانه ای با فشار مضاعف بیان شده است.



نمودار ۵

الف) کاهش مصرف انرژی: این دستگاه با ایجاد فشار ثابت و یکنواخت، سنگ‌ها را بدون نیاز به ضربه یا سایش شدید خرد می‌کند. همین موضوع باعث می‌شود انرژی کمتری برای خردایش مصرف شود.

ب) افزایش ظرفیت تولید: سنگ‌شکن فشار بالا به دلیل طراحی ویژه، ظرفیت خردایش بسیار زیادی دارد. این دستگاه می‌تواند حجم زیادی از مواد سخت را در مدت زمان کوتاه و با دانه‌بندی یکنواخت خرد کند. غلتک‌های فشار بالا با نیروی ثابت کار می‌کنند و این موضوع باعث افزایش سرعت عملیات می‌شود.

پ) کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری: به دلیل ساختار ساده و نبود ضربه‌های شدید مکانیکی، این سنگ‌شکن استهلاک کمتری نسبت به سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای و چکشی دارد. این موضوع باعث می‌شود هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری کاهش یابد.

ت) خردایش مواد با دانه‌بندی یکنواخت: یکی از ویژگی‌های مهم دستگاه سنگ‌شکن غلتکی فشار بالا، تولید مواد خروجی با اندازه یکنواخت است. در دستگاه‌های ضربه‌ای، دانه‌بندی مواد معمولاً متفاوت می‌باشد و برای رسیدن به اندازه مناسب نیاز به چند مرحله، سرند وجود دارد.

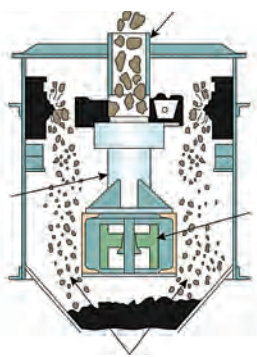
اما در این سنگ‌شکن‌ها فشار ثابت و متمرکز باعث می‌شود خردایش، کنترل شده‌تر باشد و خروجی بسیار یکنواخت‌تری تولید شود. این موضوع باعث کاهش نیاز به تجهیزات کمکی و افزایش سرعت عملیات می‌شود.

ث) کاهش تولید غبار: در بسیاری از فرایندهای خردایش، مقدار زیادی غبار تولید می‌شود که علاوه بر آلودگی محیط، باعث فرسایش تجهیزات هم می‌شود. در این سنگ‌شکن‌ها به دلیل ماهیت فشاری خود، غبار بسیار کمتری تولید می‌کند.

سنگ شکن پرتابی

این نوع سنگ‌شکن با اعمال ضربه منجر به شکست و خردشدن سنگ می‌شود. سنگ‌شکن پرتابی از یک روتور دارای تعدادی پره تشکیل شده است که با سرعت بالا می‌چرخد. نقش پره‌ها پرتاب کردن قطعات ورودی (سنگ و مواد معدنی) به طرف جداره داخلی سنگ‌شکن است. بر روی جداره داخلی سنگ‌شکن تعدادی صفحه با لایه زرهی از جنس آلیاژهای ضدسایش وجود دارد که نقش آنها به عنوان مانع بوده و باعث خردشدن قطعات پرتابی در اثر برخورد شدید با آنها می‌شود.

سنگ‌شکن پرتابی در دو نوع با محور (شافت) افقی یا عمودی وجود دارد.



ب) با محور عمودی



الف) با محور افقی

شکل ۳۹- سنگ شکن نوع پرتابی

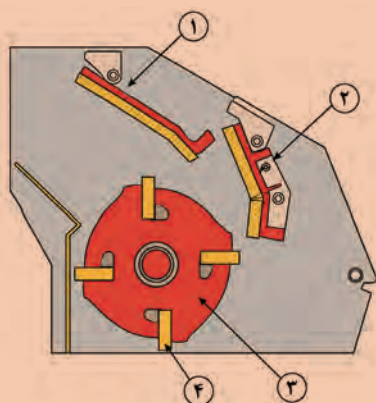


هریک از اجزای نام برده شده مربوط به کدام شماره در شکل زیر است؟

روتور:

پره:

مانع:



شکل ۴۰

■ سنگ شکن پرتابی شافت افقی^۱ (HSI):

در این سنگ شکن ها که شافت روتور به صورت افقی قرار گرفته است، سبب حرکت پره ها می شود. فرایند خردایش با ضربه ناشی از پره ها و برخورد مواد اولیه به همدیگر و زره انجام می شود. در شکل ۴۱ نمای کلی سنگ شکن پرتابی شافت افقی نشان داده شده است.



شکل ۴۱- سنگ شکن پرتابی شافت افقی

■ سنگ شکن پرتابی شافت عمودی^۲ (VSI):

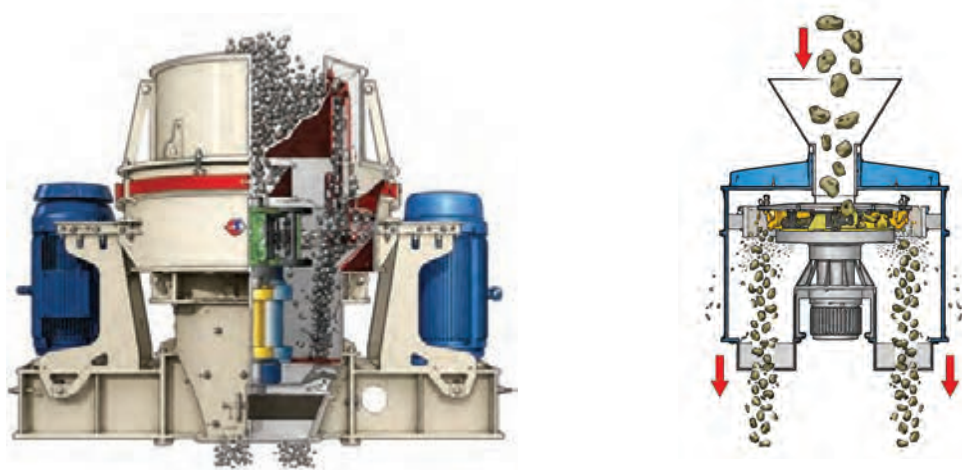
سنگ شکن VSI نوعی سنگ شکن ضربه ای است که فرایند خردایش در آن توسط یک شافت عمودی و با استفاده از نیروی گریز از مرکز انجام می شود. در شکل ۴۲ نمای کلی سنگ شکن ضربه ای شافت عمودی نشان داده شده است.



شکل ۴۲

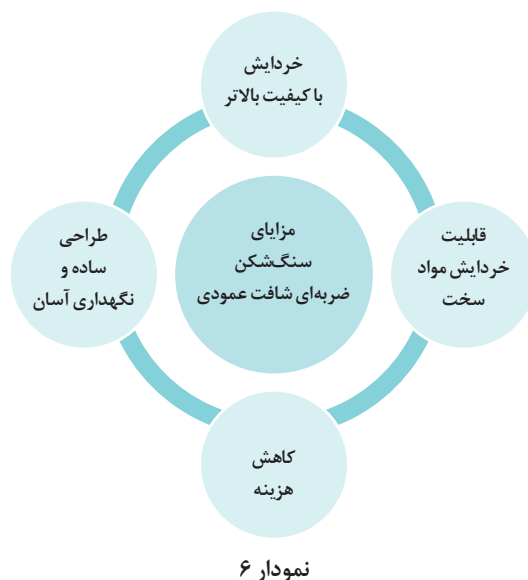
عملکرد این دستگاه بر پایه سرعت بالا و برخورد سنگ ها با یکدیگر است. به این صورت که مواد ورودی به داخل یک پروانه یا روتور که با سرعت بسیار بالا (بین ۶۰ تا ۷۵ متر بر ثانیه) در حال چرخش است، هدایت می شوند. سپس این مواد با شدت به سمت بدنه سنگ شکن پرتاب شده و به یکی از دو روش بیان شده خرد می شوند:

- ۱- **برخورد سنگ با سنگ:** مواد پرتاب شده به مواد دیگر که در اطراف روتور انباشته شده اند، برخورد کرده و خرد می شوند. این روش برای تولید مواد با کیفیت بالا و یکنواخت ایده آل است.
- ۲- **برخورد سنگ با زره:** مواد پرتاب شده به صفحات و زره های فلزی در اطراف محفظه برخورد می کنند.



شکل ۴۳- سنگ شکن پرتابی با شافت عمودی

در نمودار ۶ مزایای سنگ شکن ضربه ای با شافت عمودی بیان شده است.



نمودار ۶

سنگ شکن چکشی

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

را تنظیم نمود به گونه‌ای که اگر اندازه سنگ‌ها مناسب بود از سرند عبور کرده و اگر عبور نکرد در اثر برخورد چکش سنگ خرد شده و سپس خارج می‌شود. در شکل ۴۴ سنگ‌شکن چکشی نشان داده شده است.



شکل ۴۴- سنگ‌شکن چکشی

در هریک از سنگ‌شکن‌های چکشی و پرتابی کدامیک از موارد بیان شده در جدول زیر تحت فرسایش هستند و نیاز به بازرسی و تعویض دارند؟

جدول ۲

زره	چکش	
		سنگ‌شکن چکشی
		سنگ‌شکن پرتابی

فعالیت کلاسی



فعالیت کارگاهی



کار عملی ۷: راه‌اندازی دستگاه سنگ‌شکن

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماده اولیه، سنگ‌شکن موجود در کارگاه
شرح فعالیت:

- ۱ با کمک هنرآموز خود دستگاه سنگ‌شکن موجود در کارگاه را از لحاظ نیروی مؤثر در خردایش و اجزای دستگاه بررسی نمایید.
- ۲ سنگ‌شکن را براساس دانه‌بندی مورد نظر تنظیم و سپس راه‌اندازی کنید.
- ۳ مقدار معینی از مواد اولیه را برای خردایش داخل دستگاه بریزید.
- ۴ عملکرد دستگاه سنگ‌شکن را با کمک هنرآموز خود تحلیل کنید.

مقایسه سنگ شکن‌های فشاری و ضربه‌ای

در جدول ۳ مزایا و معایب سنگ شکن‌های ضربه‌ای و فشاری بیان شده است.

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

سنگ شکن فشاری	سنگ شکن ضربه‌ای
۱ فرسایش کم و تعویض دیر هنگام قطعات ۲ کنترل پذیری ابعاد خروجی ۳ ورود ناخالصی‌های کمتر (حاصل از فرسایش قطعات) به مواد	۱ قیمت کم ۲ مصرف انرژی کم
۱ قیمت بالا ۲ مصرف انرژی زیاد	۱ فرسایش زیاد و نیاز به تعویض زود هنگام قطعات ۲ تولید ذرات خیلی ریز در خردایش مواد نرم و عدم کنترل ابعاد ۳ تولید غبار و آلودگی زیاد

انتخاب نوع سنگ شکن

نوع سنگ شکن با توجه به سختی مواد و اندازه خروجی سنگ انتخاب می‌شود. برای خرد کردن سنگ‌های سخت، از سنگ شکن با دور کم مانند فکی و چرخشی که عامل فشار باعث خرد شدن است استفاده می‌شود و برای خرد کردن سنگ‌های نیمه سخت معمولاً از سنگ شکن ضربه‌ای و چکشی استفاده می‌شود. در جدول ۴ انتخاب سنگ شکن براساس اندازه خروجی دستگاه بیان شده است.

	خردایش مرحله اول: تبدیل ذرات حجیم به ابعاد تقریباً بیشتر از ۸۰ میلی متر - سنگ شکن چرخشی (خروجی ۸۰ تا ۲۲۰ میلی متر) - سنگ شکن فکی (خروجی ۸۰ تا ۱۵۰ میلی متر)
	خردایش مرحله دوم: کاهش ابعاد تا حدود ۳۰ الی ۶۰ میلی متر - سنگ شکن چکشی - سنگ شکن مخروطی
	خردایش مرحله سوم: کاهش ابعاد تا کوچکتر از ۲۰ میلی متر - سنگ شکن مخروطی - سنگ شکن ضربه‌ای - سنگ شکن غلتکی: تبدیل ذرات کمی بزرگتر به حداکثر ذرات یک میلی متری

جدول ۴



- در فرایند خردایش، اتلاف انرژی اغلب به صورت انرژی گرمایی و انرژی صوتی است.
- سنگ شکن‌ها عموماً در عمق زمین قرار داده می‌شوند تا از آلودگی صوتی آنها کاسته شود.
- عمر ماشین آلات خردایش به درجه سختی مواد و جنس اجزای آنها وابسته است.
- در خردایش مرحله اول در صورت نرم بودن سنگ‌ها، گاهی سنگ شکن ضربه‌ای نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.



کار عملی ۸: خردکردن ماده اولیه با درجه سختی مختلف و تعیین دانه بندی آنها

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

شرح فعالیت:

- ۱ در صورت درشت بودن ابعاد مواد اولیه، نسبت به دهانه ورودی سنگ شکن آن را با پتک، پیش خردایش کنید.
- ۲ تقریباً ۴۰۰۰ گرم مواد اولیه مانده روی الک با مش ۵ را با ترازو وزن کنید.
- ۳ مواد را داخل سنگ شکن بریزید.
- ۴ زمان مورد نیاز برای خردکردن هر کدام را یادداشت کنید.
- ۵ نتایج خود را در کارگاه ارائه دهید و با یکدیگر مقایسه کنید.



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



جدول ۵ را کامل کنید:

جدول ۵

سنگ شکن	نیروی مؤثر در خردایش	مزایا	معایب
فکی			
چرخشی			
مخروطی			

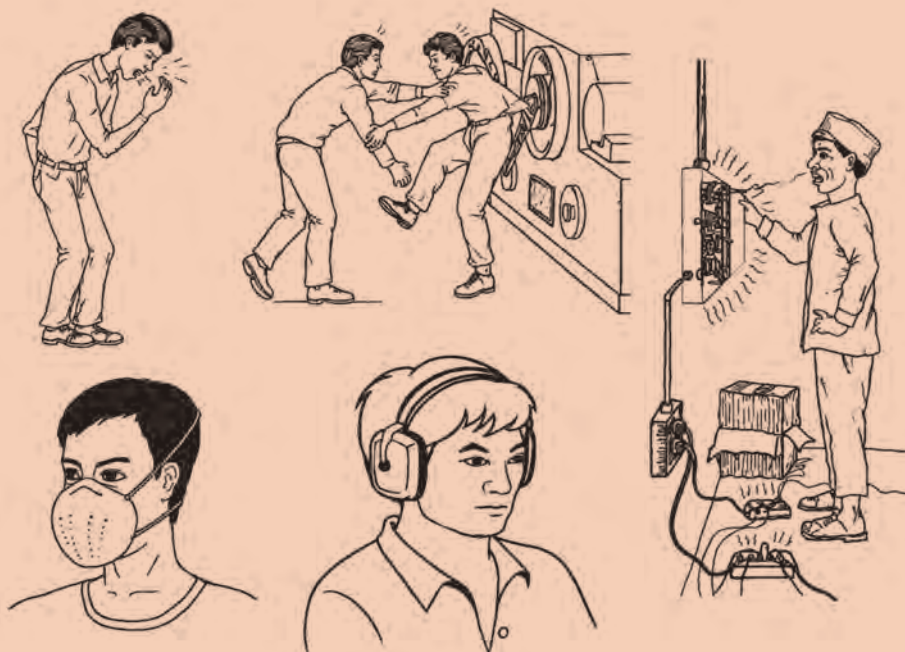
سنگ شکن	نیروی مؤثر در خردایش	مزایا	معایب
پرتابی			
چکشی			
غلتکی			

نکات ایمنی و
بهداشتی



موارد تهدیدکننده در واحد خردایش عبارت‌اند از:

- خطر تجهیزات مکانیکی: خرد شدن انگشت و دست، گیر کردن لباس به چرخ‌دنده و تسمه‌ها، امکان پرت شدن سنگ و ابزارآلات.
- خطر تجهیزات برقی: تابلو برق فشارقوی، کابل‌ها و...
- خطر تجهیزات مرتبط: نوار نقاله (سقوط سنگ)، سقوط از نردبان‌ها و سکوها، برخورد با ماشین‌آلات سنگین حمل سنگ، انفجار کپسول‌های اطراف.
- آلودگی محیطی: استنشاق غبارها و آلودگی‌های معدنی.
- آلودگی صوتی: ناشی از فرایند خردایش سنگ‌ها، حرکت سرند و دیگر تجهیزات خردکن.
- خطرات ارگونومیک: بلند کردن بار سنگین و به‌صورت غیراستاندارد.



شکل ۴۵

ارزشیابی شایستگی خردایش با سنگ شکن ها

نام و نام خانوادگی		شماره ملی	تاریخ ارزشیابی:	نوبت:
کد حرفه	۸۱۸۱۲۳	حرفه :	متصدیان دستگاه های تولید	کدپیمانه/پودمان
کد وظیفه شغل	۸۱۸۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	خردایش	سطح صلاحیت
کد کار	۸۱۸۱۲۳۰۱۱۲	کار	خردایش با سنگ شکن ها	سطح شایستگی

ردیف	مرا حل کار	شرایط انجام کار (ابزار،مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخصی ها/داوری /نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده		
۱	انتخاب دستگاه خردایش	مکان: کارگاه استاندارد زمان: حدود ۲۰ تا ۳۰ دقیقه مواد مصرفی: نمونه‌های سنگ یا ماده معدنی مورد مطالعه تجهیزات و ابزار مورد نیاز: دستگاه‌های خردایش آزمایشگاهی (مانند سنگ‌شکن فکی، سنگ‌شکن مخروطی یا آسیای گلوله‌ای)، کولیس یا خط‌کش برای اندازه‌گیری ابعاد خوراک، ترازوی آزمایشگاهی، الک‌های استاندارد برای بررسی دانه‌بندی محصول	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	انتخاب صحیح و آگاهانه دستگاه خردایش متناسب با شرایط کار	۳			
				انتخاب قابل قبول دستگاه خردایش متناسب با نیاز کار	۲			
				انتخاب نامناسب دستگاه خردایش یا عدم تطابق با نیاز کار	۱			
۲	راه‌اندازی سنگ‌شکن	مکان: کارگاه استاندارد زمان: حدود ۱۵ تا ۲۰ دقیقه مواد مصرفی: نمونه‌های سنگ یا ماده معدنی برای خردایش تجهیزات و ابزار مورد نیاز: دستگاه سنگ‌شکن (مانند سنگ‌شکن فکی یا مخروطی)،تابلو برق یا کلید راه‌انداز؛ دستگاه‌ابزار تنظیم دهانه خروجی،ترازوی آزمایشگاهی و الک‌های استاندارد برای بررسی محصول خردایش	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	راه‌اندازی صحیح و ایمن دستگاه مطابق دستورالعمل	۳			
				راه‌اندازی قابل قبول دستگاه با رعایت اصول اصلی	۲			
				راه‌اندازی نادرست یا نایمن دستگاه	۱			
۳	کنترل دانه‌بندی مواد ورودی و خروجی	مکان: کارگاه استاندارد زمان: حدود ۲۰ تا ۳۰ دقیقه مواد مصرفی: نمونه مواد ورودی به دستگاه؛نمونه مواد خروجی از دستگاه تجهیزات و ابزار مورد نیاز: مجموعه الک‌های استاندارد با مش‌های مختلف،دستگاه الک لرزان (شیکر)،ترازوی آزمایشگاهی،سینی و برس تمیزکاری	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	کنترل دقیق و صحیح دانه‌بندی مواد و ثبت نتایج	۳			
				کنترل قابل قبول دانه‌بندی مواد	۲			
				کنترل نادرست یا عدم کنترل دانه‌بندی مواد	۱			
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	۱- ایمنی: کفش ایمنی - کلاه ایمنی - لباس کار ۲- نگرش: علاقه به کار - دقت بالا - نظم ۳- زیست محیطی: استفاده از سیستم‌های تهویه - جداسازی و تفکیک زباله‌ها - رعایت نظافت محیط کار ۴- شایستگی‌های غیرفنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار	رعایت بند ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه‌ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست‌محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها، و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در تمام مراحل کار	۲			
			عدم رعایت موارد ۱ الی ۴	عدم رعایت اصول ایمنی و استفاده ناقص از تجهیزات فردی، ضعف در نگرش حرفه‌ای شامل بی‌دقتی و بی‌نظمی، بی‌توجهی به الزامات زیست‌محیطی مانند تهویه و نظافت، و عدم پایبندی به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در انجام فعالیت‌ها	۱			
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)								
توضیحات:								
- معیار شایستگی انجام کار:								
کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۱ و ۲ (مراحل بحرانی)								
کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش								
کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار								
- تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.								
مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها								
تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.								



پودمان دوم

آسیاب کردن



در صنعت با خردایش به روش سنگ شکنی، نمی توان به دانه بندی ریز دست یافت؛ بنابراین، برای تکمیل فرایند خردایش مواد اولیهٔ سرامیکی از آسیاب ها استفاده می شود. در گذشته، آسیاب کردن مواد به وسیله ابزارهای ساده و امروزه به کمک آسیاب های صنعتی انجام می شود.

واحد یادگیری ۱

انتخاب آسیاب

آیا تا به حال پی برده‌اید

- ۱ چرا مواد اولیه پس از خردایش، جهت تولید بدنه سرامیکی مناسب نیستند؟
- ۲ جهت پودر کردن آمیز پس از خردایش، از چه دستگاهی استفاده می‌شود؟
- ۳ در گذشته عملیات آسیاب کردن مواد چگونه انجام می‌گرفت؟

هدف از این شایستگی انتخاب دقیق دستگاه آسیاب برای پودر کردن مواد اولیه سرامیکی است. انتخاب دستگاه به عواملی مانند روش تولید، شرایط مواد اولیه و ظرفیت تولید بستگی دارد. عملکرد دستگاه آسیاب مستقیماً بر خواص نهایی پودر مانند میزان ریزدانه شدن، توزیع اندازه ذرات و شکل ذرات تأثیرگذار است. انتخاب صحیح آن باعث افزایش بازده تولید و کاهش هزینه‌های فرایند تولید می‌گردد.

استاندارد عملکرد

انتخاب «آسیاب^۱» برای آماده‌سازی مواد اولیه براساس استانداردهای مربوطه

ضرورت آسیاب کردن

برای تهیه نان و کیک، آسیاب کردن گندم و تهیه آرد ضروری است.

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

فکر کنید



شکل ۱- آسیاب بشقابی (دستاس)

مواد اولیه خردشده توسط سنگ شکن قابلیت آمیزسازی ندارند. با آسیاب کردن این قابلیت ایجاد و شکل پذیری محصول امکان پذیر می شود. کیفیت آسیاب کردن بر روی ادامه فرایند تولید مانند شکل دهی، خشک کردن و پخت و خواص نهایی محصول تأثیر بسزایی خواهد داشت. در شکل ۲ یک نوع ماده اولیه با اندازه های مختلف نشان داده شده است. در این شکل تصاویر (پ) و (ت) مواد اولیه پس از آسیاب کردن را نشان می دهد.



ت



پ



ب



الف

شکل ۲- یک نوع ماده اولیه با اندازه های مختلف

با کدام یک از موارد شکل زیر می توان راحت تر یک ظرف استوانه ای ساخت؟ چرا؟

فعالیت کلاسی

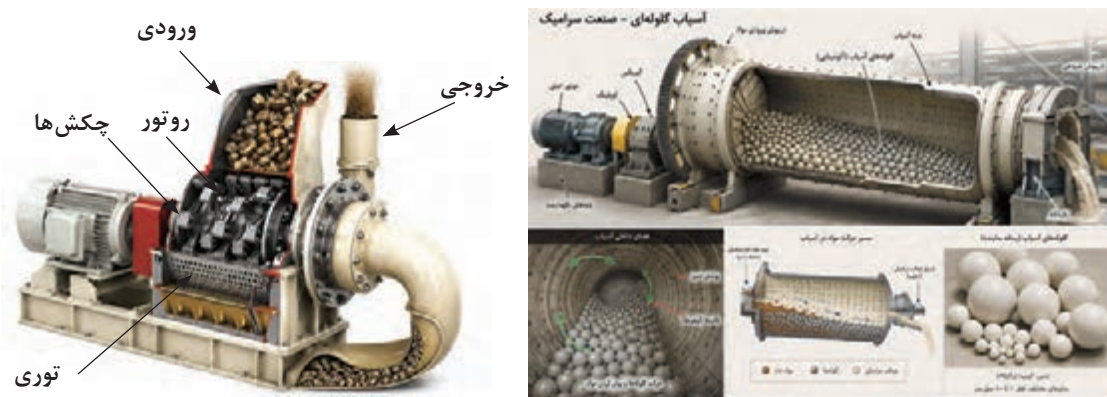


شکل ۳



در مورد اهمیت پودر کردن مواد اولیه در فرایند تولید با هم کلاسی‌های خود گفت‌و‌گو کنید.

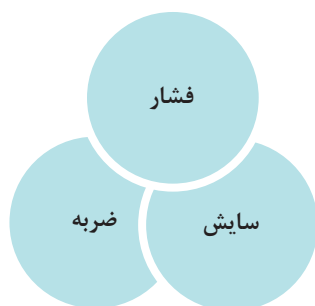
عمل نرم کردن مواد در دستگاهی به نام «آسیاب» انجام می‌شود. مواد اولیه پس از خردایش سنگ‌شکنی به آسیاب‌ها وارد شده و پودر می‌شود.



شکل ۴- آسیاب

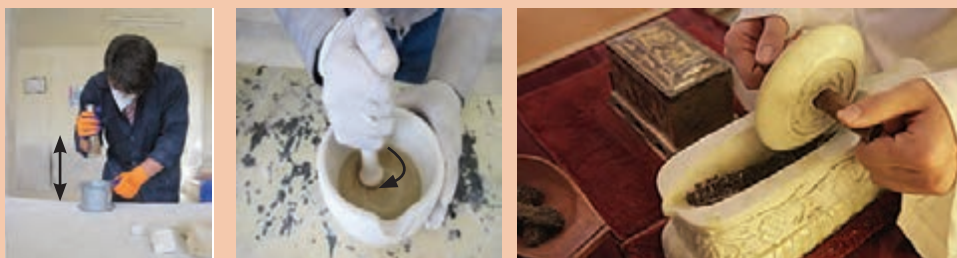
آسیاب‌ها

آسیاب‌ها، تجهیزاتی هستند که وظیفه نرم کردن مواد را بر عهده دارند. آسیاب‌ها با کمک یک یا ترکیبی از نیروهای نشان داده شده در نمودار ۱، موجب پودر شدن مواد می‌شوند.



نمودار ۱- نیروهای مؤثر در آسیاب کردن

در هریک از تصاویر شکل ۵، عامل مؤثر در آسیاب کردن را بنویسید.



شکل ۵



آسیاب‌ها انواع مختلفی دارند که تعدادی از آنها در شکل ۶ نشان داده شده است.



پ) آسیاب غلتکی



ب) هاون



الف) آسیاب بشقابی



ج) آسیاب لرزشی



ث) آسیاب چکشی



ت) آسیاب گردان

شکل ۶- برخی از انواع آسیاب

آسیاب‌های گردان به دلیل اصول مکانیکی ساده اما مؤثرشان، پایه‌ای‌ترین و پرکاربردترین طراحی در صنعت آسیاب مواد، از جمله سرامیک‌ها هستند.

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

گفت‌وگو کنید



فعالیت کلاسی

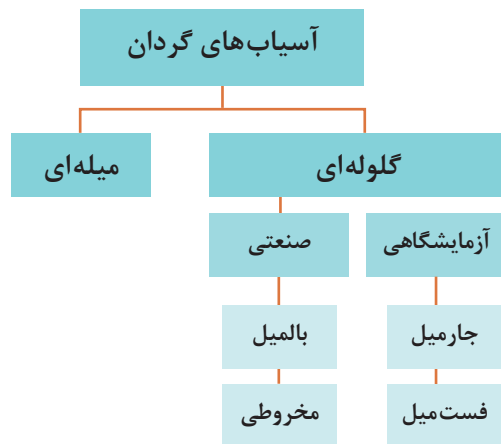


با توجه به انواع آسیاب‌های معرفی شده در شکل زیر، نوع هر یک از آسیاب‌ها را با توجه به مشخصات ظاهری آن بنویسید.



شکل ۷

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 پودر کردن مواد سخت و نیمه‌سخت استفاده می‌شود. همچنین از آسیاب‌های گردان در کارخانه‌های صنایع شیمیایی، فراوری مواد معدنی، هسته‌ای و صنایع متالورژی استفاده می‌شود. مواد داخل محفظه آسیاب در اثر ضربه، فشار و اصطکاک بین اجزای خردکننده (گلوله‌ها) و پوشش داخلی آسیاب، پودر می‌شوند. در نمودار ۲ آسیاب‌های گردان دسته‌بندی شده است.

نمودار ۲- دسته‌بندی آسیاب‌های گردان

شما می‌توانید تصاویر این آسیاب‌ها را در شکل ۸ مشاهده کنید.



آسیاب مخروطی^۲



بالمیل^۲



آسیاب میل‌ای^۱



جارمیل^۵



فست میل^۴

شکل ۸- انواع آسیاب‌های گردان

آسیاب‌های گلوله‌ای

۱- آسیاب‌های آزمایشگاهی



شکل ۹- فست میل

در آزمایشگاه‌ها برای بررسی و تحقیق بر روی انواع مواد اولیه، ابتدا نمونه‌های سنگی را به وسیله دستگاه‌های سنگ‌شکن آزمایشگاهی خرد و سپس با استفاده از آسیاب‌های آزمایشگاهی این مواد پودر می‌شود. **الف) فست میل:** فست میل از یک پایه گردان و قندان (جار) تشکیل شده است. جنس قندان از نوع سرامیکی یا تفلون سخت می‌باشد. آمیز درون قندان ریخته می‌شود و سپس به وسیله یک موتور الکتریکی به صورت دَوْرانی افقی به حرکت در می‌آید و پس از مدتی مواد پودر می‌شوند. از فست میل برای آسیاب کردن سریع مواد اولیه و تهیهٔ دوغاب با مقادیر کم استفاده می‌شود. در شکل ۹ فست میل نشان داده شده است.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۱: راه‌اندازی فست میل

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ۲۰۰ گرم ماده خرد شده، آب، استوانه مدرج، ترازو و فست میل
شرح فعالیت:

- ۱ با کمک هنرآموز، قابلیت راه‌اندازی دستگاه فست میل موجود در کارگاه را ارزیابی کنید.
- ۲ ۲۰۰ گرم ماده آسیاب نشده و ۱۰۰ سی‌سی آب را درون محفظه دستگاه بریزید.
- ۳ زمان سنج دستگاه را روی ۲۰ دقیقه تنظیم و راه‌اندازی کنید.
- ۴ نحوه عملکرد دستگاه را در کارگاه بررسی و تحلیل کنید.

ب) جارمیل

جارمیل از یک پایه گردان و یک یا چند جار تشکیل شده است. جنس جار از چینی و تفلون سخت است. ابتدا گلوله سرامیکی در ابعاد و تعداد مناسب در این جار ریخته می‌شود و مواد به مقدار مناسب افزوده شده و در آنها بسته می‌شود. سپس به وسیله یک موتور الکتریکی به صورت دَوْرانی به حرکت در می‌آید و پس از مدتی مواد در اثر ضربه و سایش ریز می‌شوند. مدت چرخش این آسیاب‌ها به دانه‌بندی مورد نیاز بستگی دارد. هر چه زمان چرخش بیشتر شود، دانه‌ها به ذرات میکرونی کوچک‌تری تبدیل می‌شوند. در شکل ۱۰ جارمیل نشان داده شده است.



شکل ۱۰- جارمیل



کار عملی ۲: راه اندازی جارمیل

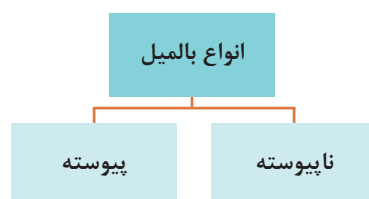
مواد و تجهیزات مورد نیاز: ماده اولیه خرد شده، آب، استوانه مدرج، ترازو و فست میل
شرح فعالیت:

- ۱ با کمک هنرآموز، قابلیت راه اندازی دستگاه جار میل موجود در کارگاه را ارزیابی کنید.
- ۲ بر اساس ظرفیت محفظه جارمیل، مقدار مناسب ماده اولیه خرد شده بریزید.
- ۳ به مقدار ۵۰ درصد وزنی ماده اولیه، آب به محفظه اضافه کنید.
- ۴ زمان سنج دستگاه را روی ۲ ساعت تنظیم و راه اندازی کنید.
- ۵ نحوه عملکرد دستگاه را در کارگاه بررسی و تحلیل کنید.

۲- آسیاب های صنعتی

الف) بالمیل

آسیاب های گلوله ای (بالمیل) از یک استوانه گردان و گلوله های ساینده تشکیل شده است. با چرخش استوانه گلوله ها به حرکت در می آیند و مواد در بین گلوله ها ساییده می شوند. بالمیل ها بر اساس نحوه ورود و خروج مواد اولیه به دو گروه پیوسته و ناپیوسته تقسیم می شوند (نمودار ۳).



نمودار ۳- انواع بالمیل بر اساس نحوه ورود و خروج مواد

بالمیل ناپیوسته: نحوه عملکرد بالمیل های ناپیوسته به این صورت است که ابتدا گلوله ها و سپس مواد اولیه به کمک آسیاب ها به صورت یکجا و به میزان ظرفیت بالمیل بارگیری می شود و تا زمان معینی تحت سایش قرار می گیرد؛ سپس بالمیل را متوقف کرده و مواد ساییده شده تخلیه می شوند. در شکل ۱۱ طرحواره بالمیل ناپیوسته نشان داده شده است.



شکل ۱۱- بالمیل ناپیوسته

پیش از تغییر آمیز، لازم است محفظه داخلی بالمیل به طور کامل تمیز شود تا از آلوده شدن آمیز جدید جلوگیری شود.



در شکل ۱۲ نمونه‌ای از بالمیل ناپیوسته را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۲- بالمیل ناپیوسته

ویژگی‌های بالمیل ناپیوسته در نمودار ۴ بیان شده است.



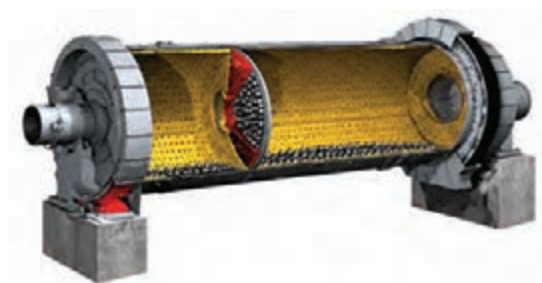
نمودار ۴

برای نظارت بر عملکرد بالمیل، لازم است تا قبل از تخلیه بالمیل، دانه‌بندی آمیز آسیاب شده مورد بررسی قرار گیرد. در صورتی که دانه‌بندی آمیز مطلوب نباشد، زمان آسیاب، میزان و اندازه گلوله مورد بررسی قرار می‌گیرد و در صورت نیاز زمان آسیاب و میزان گلوله اصلاح می‌گردد.

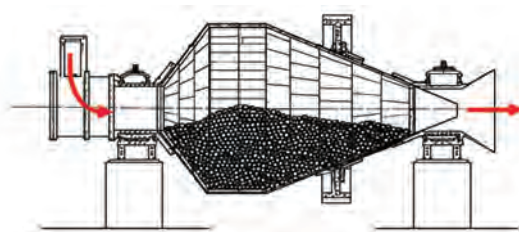


بالمیل پیوسته: در بالمیل‌های پیوسته، آمیز به طور مداوم از یک سمت وارد بالمیل شده و پس از ساییده شدن، از طرف دیگر بالمیل خارج می‌شوند. به همین علت نیازی به متوقف کردن بالمیل برای بارگیری و

تخلیه کردن آن نیست. این فرایند می تواند توسط یک بالمیل یا بیش از یک بالمیل (مدولار^۱) انجام شود. زمانی که از یک بالمیل استفاده می شود محفظه داخل می تواند یک یا چندبخشی باشد. در بالمیل های پیوسته چندبخشی، هر قسمت توسط دیافراگم جدا می شود. به عنوان مثال در بالمیل های دوبخشی، 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 آمیز بیشتر است. در شکل ۱۳ بالمیل پیوسته یک بخشی و در شکل ۱۴ بالمیل پیوسته دوبخشی نشان داده شده است.



شکل ۱۴- بالمیل پیوسته دوبخشی



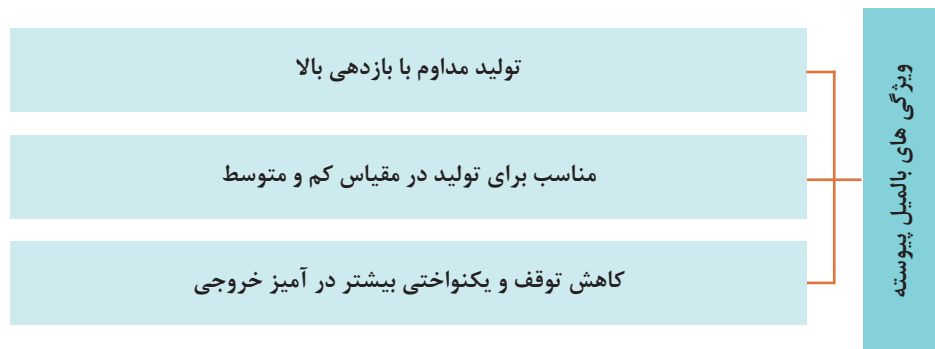
شکل ۱۳- بالمیل پیوسته یک بخشی

در بالمیل های پیوسته مدولار، چند بالمیل در کنار هم قرار گرفته و به هم متصل می شود. در این بالمیل ها قابلیت تنظیم سرعت برای هر بالمیل امکان پذیر است، به همین دلیل بازدهی آنها نسبت به بالمیل های چندبخشی بالاتر است. در شکل ۱۵ بالمیل مدولار نشان داده شده است.



شکل ۱۵- بالمیل مدولار

در نمودار ۵ ویژگی‌های بالمیل پیوسته بیان شده است.



نمودار ۵

- ۱ برای نظارت بر عملکرد بالمیل پیوسته لازم است تا به‌طور منظم از آمیز خروجی نمونه‌گیری شود و دانه‌بندی آمیز مورد بررسی قرار گیرد.
- ۲ میزان صدای بالمیل هنگام کار بررسی می‌شود و تغییر صدا می‌تواند نشانه کم یا زیاد بودن آمیز بارگیری شده و یا سایش گلوله‌ها باشد که با توقف آن، کنترل شرایط و اصلاح پارامترهای فنی، بالمیل دوباره راه‌اندازی می‌شود.

نکته



فعالیت کلاسی



ویژگی‌های بالمیل پیوسته و ناپیوسته را با هم مقایسه کرده و جدول زیر را تکمیل کنید.

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

ب) آسیاب مخروطی

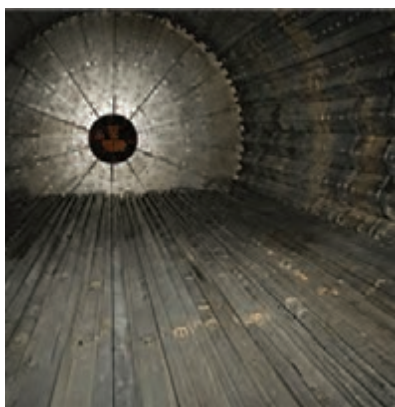
آسیاب گلوله‌ای مخروطی دستگاهی است که محفظه استوانه‌ای آن دارای انتهای مخروطی می‌باشد. این طراحی باعث می‌شود گلوله‌های درشت در ابتدای آسیاب و گلوله‌های ریز در انتهای مخروطی قرار گیرند و موجب توزیع بهتر فشار و کاهش دمای داخلی آسیاب می‌شود. در شکل ۱۶ آسیاب گلوله‌ای مخروطی نشان داده شده است.



شکل ۱۶- آسیاب گلوله‌ای مخروطی

آسیاب‌های میله‌ای

این نوع آسیاب‌ها در مقایسه با آسیاب‌های گلوله‌ای طول بیشتری نسبت به قطر دارند و نرم کردن آمیز توسط میله‌های فولادی انجام می‌شود. آمیز با قرار گرفتن در بین میله‌های در حال غلتیدن و جداره ساییده می‌شود. در شکل ۱۷ آسیاب میله‌ای و در شکل ۱۸ نمای داخلی آسیاب میله‌ای نشان داده شده است.



شکل ۱۸- نمای داخلی آسیاب میله‌ای



شکل ۱۷- آسیاب میله‌ای

اجزای بالمیل

۱- بدنه: به جداره خارجی بالمیل «بدنه» گفته می‌شود. بدنه (شکل ۱۹) 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 ۱۹- بدنه بالمیل



در طراحی بالمیل‌ها، نسبت ابعاد بدنه بر اساس کاربرد و نوع آمیز تغییر می‌کند. برای مواد با سختی پایین نسبت طول به قطر بدنه افزایش می‌یابد تا ارتفاع بالا رفتن گلوله‌ها از جداره داخلی کاهش یابد و نیروی ساییش بر نیروی ضربه غلبه کند. اما برای مواد سخت نسبت قطر به طول افزایش می‌یابد تا ارتفاع ریزش گلوله بر روی مواد جهت ساییش بیشتر شود و مکانیزم غالب برای ساییش مواد ضربه در نظر گرفته شود.



شکل ۲۰- آستر بالمیل

۲- آستر: جداره داخلی بالمیل در معرض فرسایش شدید ناشی از اصطکاک، ضربه میان مواد خرد کننده، خرد شونده و خوردگی ناشی از آمیز و آب قرار دارد. در نتیجه، لازم است سطح داخلی بالمیل، با یک پوشش از جنس سخت و مقاوم، در برابر ساییش، فشار، ضربه و خوردگی محافظت شود که این پوشش می‌تواند به صورت صاف یا آج‌دار باشد. در بالمیل‌هایی که قطر بیشتری دارند برای تسهیل در

جریان‌یابی مواد و گلوله‌ها لازم است تا سطوح داخلی آج‌دار باشد. آسترها از قطعات جداگانه‌ای تشکیل شده‌اند که بر روی سطح داخلی بدنه بالمیل متصل می‌شوند تا تعویض آنها در موقع لزوم با کمترین زمان و هزینه ممکن قابل انجام باشد. در شکل ۲۱ آستر داخلی بالمیل نشان داده شده است.



شکل ۲۱- آستر داخلی بالمیل

آسترها 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 جداری داخلی و گلوله‌ها کمتر دچار سایش شوند.

۳- گلوله بالمیل: گلوله‌هایی که در بالمیل مورد استفاده قرار می‌گیرد باید مقاومت زیادی به سایش و خوردگی داشته باشد. نوع گلوله‌ها را بر اساس سختی آمیز انتخاب می‌کنند که سایش کمتری داشته باشند. گلوله‌ها می‌تواند از جنس فلینت، چینی سخت، آلومینا، استئاتیت^۴ و سایلکس در اندازه‌های مختلف باشد.

نکته



شرایط حرکتی گلوله‌ها در فضای داخلی باعث سایش گلوله‌ها می‌شود که به سختی و اندازه نهایی ذرات آمیز و سرعت چرخش بالمیل بستگی دارد. همچنین به این دلیل که گلوله‌ها دچار سایش می‌شوند باید جنس گلوله‌ها به گونه‌ای انتخاب شود که بر کیفیت آمیز تأثیر منفی نداشته باشد.

پ) گلوله فلزی	ب) گلوله آلومینایی	الف) گلوله سیلیکون کاربیدی
ج) گلوله فلینتی	ث) گلوله استئاتیتی	ت) گلوله زیرکونیایی

شکل ۲۲- چند نوع گلوله بالمیل

با توجه به ویژگی آمیز و بالمیل جدول زیر را کامل کنید.

ویژگی	راهکار
اندازه ذرات آمیز درشت تر باشد	قطر گلوله
مقدار آمیز بیشتر باشد	تعداد گلوله و قطر بالمیل
سختی آمیز بیشتر باشد	قطر بالمیل..... و سختی گلوله ها

فعالیت کلاسی





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.

۴- سیستم تأمین و انتقال نیرو: گشتاور لازم برای دَوَران بالمیل توسط یک موتور الکتریکی تأمین می‌شود. موتور الکتریکی بالمیل را به کمک سیستم انتقال نیروی چرخ‌دنده‌ای و تسمه‌ای به حرکت درمی‌آورد.



(ب) - تسمه‌ای



(الف) - چرخ‌دنده‌ای

شکل ۲۳- انواع سیستم انتقال قدرت در بالمیل

کار عملی ۳: راه‌اندازی بالمیل

مواد و تجهیزات موردنیاز: آمیز خرد شده، آب، سطل مدرج، ترازو و بالمیل
شرح فعالیت:

- ۱ با کمک هنرآموز، قابلیت راه‌اندازی دستگاه بالمیل موجود در کارگاه را ارزیابی نمایید.
- ۲ بر اساس ظرفیت محفظه بالمیل، مقدار مناسب آمیز خرد شده بریزید.
- ۳ به مقدار ۵۰ درصد وزنی آمیز، آب به محفظه اضافه کنید.
- ۴ زمان سنج دستگاه را روی ۵ ساعت تنظیم و راه‌اندازی کنید.
- ۵ نحوه عملکرد دستگاه را در کارگاه بررسی و تحلیل کنید.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۴: تعیین اجزای بالمیل و ثبت مشخصات فنی آن

مواد و تجهیزات موردنیاز: بالمیل، متر و کولیس
شرح فعالیت:

به کمک هنرآموز خود اجزای بالمیل موجود در کارگاه (سیستم انتقال نیرو، جنس گلوله‌ها و آستر، نوع آستر (صاف یا آج‌دار) و جنس بدنه) را بررسی نمایید و در جدول زیر یادداشت کنید.

فعالیت کارگاهی



جنس		آستر داخلی		موتور و نحوه انتقال نیرو	
گلوله‌ها	بدنه	شکل آستری	جنس آستری	انتقال نیرو	مشخصات موتور

ارزشیابی شایستگی انتخاب آسیاب

نام و نام خانوادگی	شماره ملی	تاریخ ارزشیابی:	نوبت:
کد حرفه	۸۱۸۱۲۳	حرفه:	متصدیان دستگاه های تولید سرامیک و شیشه
کد وظیفه شغل	۸۱۸۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	آسیاب کردن
کد کار	۸۱۸۱۲۳۰۱۲۱	کار	انتخاب آسیاب
انتخاب عملکرد کار:	۸۱۸۱۲۳۰۱۲	انتخاب و راه اندازی آسیاب متناسب با نوع و ویژگی های مواد اولیه، مطابق دستورالعمل های فنی و ایمنی	
	L ۲	سطح صلاحیت	
	مهارت/ تسلط	سطح شایستگی	

ردیف	مرا حل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص ها/ داوری /نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده سازی آسیاب	مکان: کارگاه استاندارد زمان: حدود ۱۵ تا ۲۰ دقیقه مواد مصرفی: نمونه ماده معدنی یا سنگ مورد مطالعه تجهیزات و ابزار مورد نیاز: دستگاه آسیاب آزمایشگاهی (مانند آسیای گلوله ای یا آسیای میله ای)، گلوله ها یا میله های خردایش، ترازوی آزمایشگاهی، الک های الک های استاندارد برای بررسی دانه بندی در صورت نیاز	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	آماده سازی کامل و صحیح آسیاب، بررسی و تنظیم دقیق اجزا و رعایت کامل ایمنی	۳	
۲	راه اندازی آسیاب های آزمایشگاهی	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ۱۵ تا ۲۰ دقیقه مواد: نمونه سنگ یا ماده معدنی تجهیزات و ابزار: آسیاب آزمایشگاهی (گلوله ای یا میله ای)، گلوله ها یا میله های خردایش، ترازوی آزمایشگاهی، الک های الک های استاندارد (در صورت نیاز به بررسی دانه بندی)	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	بررسی کامل دستگاه، تنظیم دقیق شرایط کاری، اجرای صحیح راه اندازی بدون بار و رعایت کامل ایمنی	۳	
۳	راه اندازی آسیاب های صنعتی	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ۲۰ تا ۳۰ دقیقه مواد: خوراک آسیاب (سنگ یا ماده معدنی)، آب (در صورت آسیاب تر) تجهیزات و ابزار: آسیاب صنعتی (گلوله ای یا میله ای)، گلوله ها یا میله های خردایش، فیدر یا نوار نقاله، تابلو برق و سیستم کنترل، الک یا تجهیزات کنترل دانه بندی	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	بازرسی کامل، تنظیم دقیق پارامترها، راه اندازی آزمایشی بدون بار و رعایت کامل ایمنی	۳	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	۱- ایمنی: کفش ایمنی - کلاه ایمنی - لباس کار ۲- نگرش: علاقه به کار - دقت بالا - نظم ۳- زیست محیطی: استفاده از سیستم های تهویه - جداسازی و تفکیک زباله ها - رعایت نظافت محیط کار ۴- شایستگی های غیر فنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار	رعایت بند ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها، و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل های اجرایی در تمام مراحل کار	۲	
		عدم رعایت موارد ۱ الی ۴	عدم رعایت موارد ۱ الی ۴	عدم رعایت اصول ایمنی و استفاده ناقص از تجهیزات فردی، ضعف در نگرش حرفه ای شامل بی دقتی و بی نظمی، بی توجهی به الزامات زیست محیطی مانند تهویه و نظافت و عدم پایبندی به قوانین و دستورالعمل های اجرایی در انجام فعالیت ها	۱	

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)	بلی ☐
	خیر ☐

توضیحات:

۱- معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۱ و ۲ (مراحل بحرانی)
- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش
- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲- تعریف سطوح شایستگی:

صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه ای انجام می شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه ریزی و تحلیل، پاسخ گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت ها تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲

محاسبه پارامترهای آسیاب

آیا تا به حال پی برده‌اید

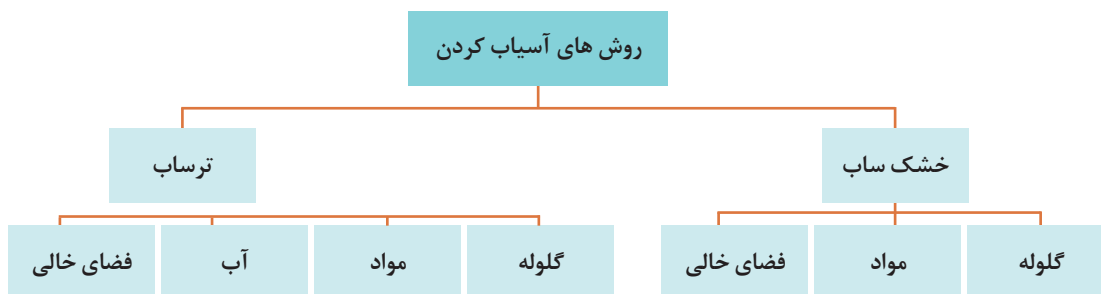
- ۱ مقدار مناسب آمیز برای بارگیری آسیاب‌های گلوله‌ای چگونه محاسبه می‌شود؟
 - ۲ مقدار، اندازه گلوله‌ها و سرعت دورانی آسیاب‌های گلوله‌ای چگونه تعیین می‌گردد؟
 - ۳ چه پارامترهایی برای افزایش بازدهی آسیاب‌های گلوله‌ای اهمیت دارد؟
- هدف از این شایستگی انجام محاسبات، بارگیری و راه‌اندازی آسیاب‌های گلوله‌ای است.

استاندارد عملکرد

انتخاب روش مناسب آسیاب کردن، انجام محاسبات بارگیری و راه‌اندازی آسیاب‌های گلوله‌ای مطابق با دستورالعمل

بارگیری آسیاب بر اساس روش تولید

این نوع آسیاب‌ها رایج‌ترین آسیاب‌هایی هستند که در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند. بر اساس روش تولید این نوع آسیاب‌ها به دو صورت خشک‌ساب و ترساب (نمودار ۶) تقسیم‌بندی می‌شود.



نمودار ۶- بخش‌های مختلف در بارگیری بالمیل

۱- آسیاب کردن به روش خشک یا خشک‌سابی

در مواردی که آمیز در آب محلول است یا لازم باشد بعد از آسیاب کردن، خشک باشد، از آسیاب‌های خشک‌ساب استفاده می‌شود. در پودر کردن به روش خشک‌سابی، آمیز به صورت خشک مورد سایش قرار می‌گیرد. این روش دارای مشکلاتی همچون ایجاد گردوغبار، تفکیک مواد از گلوله‌ها، ظرفیت کم و مشکل تخلیه آسیاب است. در عین حال در مناطقی که با مشکل کم آبی مواجه هستند روش مناسبی است.

۲- آسیاب کردن به روش تر یا ترسابی

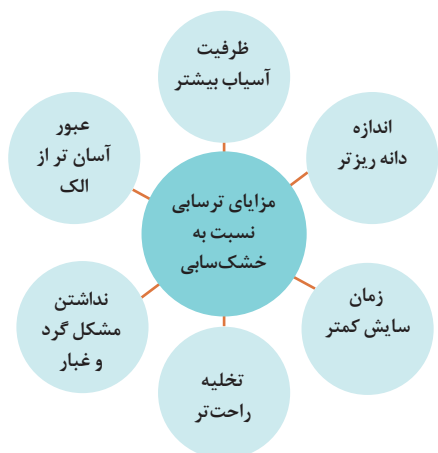
در روش ترسابی، آمیز با حضور یک سیال به شکل دوغاب آسیاب می‌شود که رایج‌ترین سیال مورد استفاده در صنعت سرامیک آب است. مقدار آب به ترکیب آمیز (نوع و ساختار کانی) و خواص رئولوژی دوغاب بستگی دارد.

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

نکته



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



نمودار ۷- مزایای روش ترسابی به خشک‌سابی

محاسبه حجم داخلی بالمیل و جارمیل

شکل هندسی جارمیل و بالمیل به صورت استوانه است. با داشتن ابعاد داخلی استوانه، حجم آن محاسبه می شود. با داشتن شعاع و ارتفاع داخلی آن می توان حجم را محاسبه کرد. واحد حجم را می توان بر حسب لیتر، سانتی متر مکعب و یا مترمکعب انتخاب کرد. برای محاسبه حجم یک استوانه، از رابطه ۱ استفاده می شود.

رابطه ۱

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

حجم استوانه = V r = شعاع داخلی h = ارتفاع داخلی

مثال: حجم استوانه ای را که قطر داخلی (d) آن ۱۲۰۰ میلی متر و دارای ارتفاع داخلی ۲۲۰ سانتی متر است بر حسب مترمکعب و لیتر محاسبه نمایید.

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

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

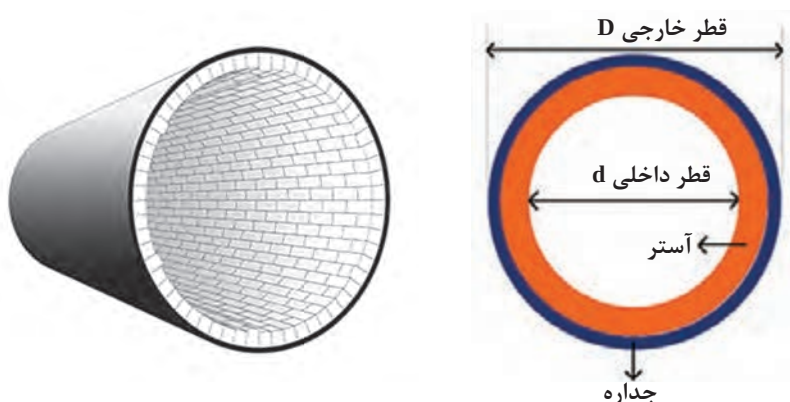
$$V = \pi r^2 h = 3/14 \times (0/6)^2 \times 2/2 = 2/48 \text{ m}^3$$

چون هر مترمکعب ۱۰۰۰ لیتر است، پس حجم استوانه معادل ۲۴۸۰ لیتر می شود.

$$2/48 \times 1000 = 2480 \text{ lit}$$

نکته

برای محاسبه قطر داخلی بالمیل و همچنین ارتفاع داخلی آن، چون جداره خارجی و آستر در اطراف آسیاب وجود دارد، باید مجموع ضخامت جداره خارجی و آستر از قطر و ارتفاع خارجی بالمیل کم شود.



شکل ۲۴- جداره داخلی و بدنه بالمیل

مثال: اگر قطر خارجی یک بالمیل (D) ۱۱۰ سانتی متر، ضخامت آستر آن ۵ سانتی متر، ضخامت بدنه ورق فلزی ۲ سانتی متر و ارتفاع (طول) بالمیل ۱۵۰ سانتی متر باشد، حجم داخلی (مفید) بالمیل را بر حسب لیتر محاسبه نمایید.

برای محاسبه حجم داخلی بالمیل به قطر داخلی آن نیاز است.

سانتی متر $D = 110$ = قطر خارجی
 سانتی متر $d = 110 - [2 \times (5 + 2)] = 96$ = قطر داخلی

متر $\frac{0}{48} = \frac{96}{2} = 48$ = سانتی متر $\frac{d}{2}$ = شعاع داخلی
 متر $H = 150$ = سانتی متر ارتفاع خارجی
 متر $h = 136$ = سانتی متر $h = 150 - [2 \times (5 + 2)]$ = ارتفاع داخلی
 لیتر $V = \pi r^2 h = 3.14 \times (48)^2 \times 136 = 984$ = متر مکعب

فعالیت کلاسی



- ۱ اگر در یک بالمیل قطر خارجی ۳۴۰۰ میلی متر، ضخامت آجر به کار گرفته شده در پوشش داخلی ۲۰ سانتی متر، ارتفاع بیرونی بالمیل ۵/۱۰ متر و ضخامت جداره فلزی خارجی ۲۰ میلی متر باشد، حجم مفید (حجم داخلی) این بالمیل را بر حسب مترمکعب و لیتر محاسبه کنید.
- ۲ جارمیلی از جنس چینی سخت با حجم کل ۵ لیتر (غیرمفید) مورد نظر است، اگر ارتفاع آن ۶۰ سانتی متر و ضخامت دیواره اش ۲۰ میلی متر باشد قطر داخلی آن را به دست آورید.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۵: تعیین حجم مفید جارمیل با استفاده از فرمول حجم استوانه
مواد و تجهیزات مورد نیاز: جارمیل، متر، خط کش، کولیس و ماشین حساب
شرح فعالیت:

- ۱ با استفاده از متر یا خط کش، ارتفاع و قطر خارجی جارمیل موجود در کارگاه را اندازه گیری و یادداشت کنید.
- ۲ به کمک کولیس، ضخامت جداره جارمیل را اندازه گیری کنید.
- ۳ ارتفاع و قطر داخلی جارمیل را محاسبه کنید.
- ۴ با استفاده از فرمول حجم استوانه، حجم مفید جارمیل را بر اساس لیتر و سانتی مترمکعب محاسبه کنید.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۶: تعیین حجم مفید جارمیل با استفاده از آب
مواد و تجهیزات مورد نیاز: آب، جارمیل، ماشین حساب و ترازو
شرح فعالیت:

- ۱ با استفاده از ترازو وزن جارمیل (جار و در آن) در کار عملی ۵ را اندازه گیری کنید (A).
- ۲ جارمیل را با آب پر کنید و در آن را ببندید و با یک پارچه سطح خارجی جارمیل را خشک کنید و آن را وزن کنید (B).
- ۳ وزن دقیق آب (C) که همان حجم جارمیل (سانتی مترمکعب) می باشد، را محاسبه کنید $(C = A - B)$.
- ۴ حجم جارمیل را بر اساس لیتر محاسبه کنید.
- ۵ حجم به دست آمده را با کار عملی ۵ مقایسه کنید.

بارگیری بالمیل و جارمیل

بارگیری بالمیل و جارمیل مجموعه اقداماتی است که منجر به پر کردن مواد و راه اندازی بالمیل یا جارمیل می شود. این عملیات شامل توزین مواد، گلوله ها، آب و روان ساز^۱ و ریختن آن داخل آسیاب است. هر یک از بخش های بیان شده در نمودار ۶، فضایی را به خود اختصاص می دهند که جمعاً فضای اشغال شده حدود (۶۵-۷۵٪) حجم داخلی بالمیل است. در صورتی که این فضا به درستی محاسبه و اختصاص داده شود بازدهی آسیاب به نحو چشمگیری افزایش خواهد یافت.

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

۱- روش تئوری

حجم داخلی بال میل را محاسبه کرده و به نسبت مساوی بین اجزا تقسیم شود. یعنی در حالت خشک ساب، حجم داخلی تقسیم بر سه و در حالت تر ساب، حجم داخلی تقسیم بر چهار می شود. با داشتن حجم هر یک از اجزا و با استفاده از رابطه ۲ مقدار هر یک از اجزا محاسبه می شود.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

رابطه ۲

ρ = بر حسب g/cm^3

m = وزن بر حسب گرم

v = حجم بر حسب cm^3

مثال: مقدار و فضای اشغال شده توسط گلوله 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 بالمیلی به حجم ۲۰۰ لیتر در دو حالت تر ساب و خشک ساب محاسبه کنید.

الف) حالت خشک ساب

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

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

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

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

ب) حالت تر ساب

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

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

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

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

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



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

۲- روش کاربردی

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

به عنوان نمونه، بالمیلی با گلوله‌های آلومینایی و در چهار اندازه را در نظر گرفته و محاسبات انجام می‌شود. فرض بر این است که گلوله‌ها ۳۳٪، مواد اولیه ۲٪ و آب ۲۰٪ حجم داخلی بالمیل را اشغال کنند.

نکته



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 مابقی 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 بیان شده را محاسبه کنید.

چگالی دوغاب $1/6 \text{ g/cm}^3$ ، چگالی گلوله‌ها از جنس آلومینا $3/6 \text{ g/cm}^3$ ، 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:

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

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:

لیتر $569 = 949 \times 0/60 = \text{حجم ظاهری گلوله‌ها} = \text{حجم واقعی گلوله‌ها}$

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

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

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

وزن هر اندازه‌ای از گلوله کیلوگرم $523/5 = 2094 \div 4$

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

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

۶ در این روش ۲۰٪ حجم داخلی بالمیل به آب اختصاص می یابد 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 می دهد.

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

$$1160 \times 0/65 = 754 \text{ کیلوگرم}$$

وزن مواد خشک

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

وزن آب

نکته



۱ دقت شود محاسبات انجام شده بر مبنای خاک خشک است. در حالتی که خاک های تحویلی، 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 نیز از میزان آب محاسبه شده کم شود.

۲ روان ساز مورد نیاز، بر مبنای خاک خشک محاسبه و در بالمیل اضافه می شود.

تحقیق کنید



در رابطه با مبنای تعیین اندازه گلوله های بالمیل و روش های تولید آنها تحقیق کرده و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

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

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

سیلیس با چگالی $2/5 \text{ g/cm}^3$

حجم ظاهری گلوله ها ۵۰٪ حجم بالمیل، تراکم گلوله ها (حجم واقعی) ۶۰٪، حجم فضای خالی بین گلوله ها ۴۰٪، اندازه بندی گلوله ها ۵۰، ۴۰، ۳۰، ۲۰ و ۱۵ میلی متر

حل:

۱ محاسبه حجم ظاهری اشغال شده توسط گلوله ها:

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

۲ محاسبه حجم واقعی و مقدار گلوله:

$$\text{لیتر } 60 = 100 \times 0/60 = \text{حجم واقعی} \Rightarrow \text{درصد تراکم} \times \text{حجم ظاهری} = \text{حجم واقعی گلوله ها}$$

$$\text{کیلوگرم } 165 = 60 \times 2/75 = \text{وزن گلوله ها} \Rightarrow \text{چگالی گلوله ها} \times \text{حجم واقعی} = \text{وزن گلوله ها}$$

۳ محاسبه وزن گلوله مورد نیاز از هر اندازه (با فرض اینکه گلوله ها به نسبت مساوی استفاده شوند):

تعداد اندازه ها ÷ وزن گلوله ها مورد نیاز = وزن گلوله های هم اندازه

$$\text{کیلوگرم } 33 = 165 \div 5 = \text{وزن گلوله های هم اندازه}$$

۴ محاسبه حجم مواد اولیه مورد نیاز:

$$\text{لیتر } 40 = 0/4 \times 100 = \text{حجم ظاهری} \times \text{حجم فضای خالی بین گلوله ها} = \text{حجم مواد اولیه}$$

۵ محاسبه وزن مواد اولیه:

کیلوگرم $100 = 40 \times \frac{2}{5} =$ چگالی مواد اولیه $\times$ حجم مواد اولیه = وزن مواد اولیه

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۷: تعیین سهم وزنی اجزای داخل جارمیل در حالت ترساب

مواد و تجهیزات مورد نیاز: آب، مواد اولیه سرامیک (فلدسپات، سیلیس، کائولن نشسته)، جارمیل، خط کش، متر، ماشین حساب، گلوله جارمیل، استوانه مدرج ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ سی سی و ترازوی دیجیتالی ۲۰ تا ۳۰ کیلوپی. شرح فعالیت:

۱ با استفاده از یک استوانه مدرج و آب، حجم داخلی جارمیل را اندازه گیری کنید.

۲ سهم حجمی و وزنی هریک از اجزای لازم برای بارگیری جارمیل را برای حالت ترسابی به روش کاربردی محاسبه کنید. برای مقایسه، برای محاسبه سهم وزنی گلوله و مواد، چگالی گلوله و مواد مورد سایش را از هنرآموز خود بپرسید.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۸: تعیین سهم وزنی اجزای داخل جارمیل در حالت خشک ساب

مواد و تجهیزات مورد نیاز: آب، مواد اولیه سرامیک (فلدسپات، سیلیس، کائولن نشسته)، جارمیل، خط کش، متر، ماشین حساب، گلوله جارمیل، استوانه مدرج ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ سی سی و ترازوی دیجیتالی ۲۰ تا ۳۰ کیلوپی. شرح فعالیت:

۱ با استفاده از یک استوانه مدرج و آب، حجم داخلی جارمیل را اندازه گیری کنید.

۲ سهم حجمی و وزنی هریک از اجزای لازم برای بارگیری جارمیل را برای حالت خشک سابی به روش کاربردی محاسبه کنید. برای مقایسه، برای محاسبه سهم وزنی گلوله و مواد، چگالی گلوله و مواد مورد سایش را از هنرآموز خود بپرسید.

نکات ایمنی



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

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۹: تعیین سهم وزنی اجزای داخل بالمیل در حالت ترساب

مواد و تجهیزات مورد نیاز: آب، مواد اولیه سرامیک (فلدسپات، سیلیس، کائولن نشسته)، بالمیل، متر، ماشین حساب، گلوله بالمیل (در ۴ اندازه مختلف). شرح فعالیت:

۱ با استفاده از متر و خط کش، طول و قطر خارجی بالمیل موجود در کارگاه را اندازه گیری و یادداشت کنید.

۲ به کمک خط کش، ضخامت جداره خارجی و آستر بالمیل را اندازه گرفته، حجم داخلی و سهم حجمی و وزنی هر یک از اجزای لازم برای بارگیری بالمیل را برای حالت ترسابی به روش کاربردی محاسبه و بارگیری کنید. برای محاسبه سهم وزنی گلوله و مواد، چگالی گلوله و مواد مورد سایش را از هنرآموز خود بپرسید.

نکات ایمنی



۱ قبل از مراجعه به بالمیل از قطع بودن جریان برق آن اطمینان حاصل کنید.
۲ قبل از باز کردن در بالمیل از خالی بودن آن مطمئن شوید.
۳ در هنگام اندازه گیری ابعاد بالمیل از هم گروهی خود بخواهید مراقب باشد که هنرجویان دیگر به تابلوی راه اندازی بالمیل نزدیک نشوند و یا در صورت کوچک بودن بالمیل، هنرجویان به حرکت دادن دستی بالمیل اقدام نکنند.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۱۰: تعیین سهم وزنی اجزای داخل بالمیل در حالت خشک ساب مواد و تجهیزات مورد نیاز: مواد اولیه سرامیک (فلدسپات، سیلیس، کائولن نشسته). بالمیل، متر، ماشین حساب و گلوله بالمیل (در ۴ اندازه مختلف).

شرح فعالیت:

با استفاده از متر و خط کش، طول و قطر خارجی بالمیل موجود در کارگاه را اندازه گیری و یادداشت کنید. سپس به کمک خط کش، ضخامت جداره خارجی و آستر بالمیل را اندازه گرفته، حجم داخلی و سهم حجمی و وزنی هر یک از اجزای لازم برای بارگیری بالمیل را برای حالت خشک سابی به روش کاربردی محاسبه کنید. برای محاسبه سهم وزنی گلوله و مواد، چگالی گلوله و مواد مورد سایش را از هنرآموز خود بپرسید.

آیا می دانید



در صنعت برای رسیدن به بالاترین بازده و کمترین زمان سایش مواد، با در نظر گرفتن ویژگی های زیر، محاسبه و بارگیری بالمیل انجام می شود:

- ۱ ابعاد، حجم داخلی و ضریب پر بودن بالمیل؛
- ۲ جنس، شکل و چگالی آستر به کار رفته؛
- ۳ جنس، چگالی، میزان تراکم و تنوع سایزبندی گلوله ها؛
- ۴ ترکیب، دانه بندی و چگالی مواد مورد سایش.

نکات ایمنی



۱ از لوازم ایمنی مناسب (مانند: ماسک تنفسی، لباس کار، کفش کار، دستکش و محافظ گوش) استفاده کنید.
۲ اگر دست شما خیس است، به هیچ عنوان به بخش های حامل جریان برق مانند کلید راه اندازی، کابل های انتقال جریان و موتور دستگاه دست نزنید.
۳ قبل از روشن کردن دستگاه مطمئن شوید که در آسیاب و شیر هواگیری و نمونه گیری بسته است.
۴ قبل از راه اندازی آسیاب از مرتب بودن اطراف آسیاب اطمینان حاصل کنید.
۵ پس از قراردادن جار روی جارمیل محافظ آن را روی دستگاه قرار دهید.



- ۶ از نزدیک شدن به آسیاب در حال کار جداً خودداری کنید.
- ۷ قبل از باز کردن در آسیاب و نصب شیر تخلیه، حتماً آن را هواگیری کنید (فشار هوای داخل بالمیل بسیار بالا است).
- ۸ از لمس کردن دوغاب داخل آسیاب خودداری کنید (دوغاب داخل بالمیل داغ است).

در صنعت سرامیک آلاینده‌های مختلفی همچون گردوغبار، پساب، سروصدا و دود وجود دارد که سلامت کارکنان، شهروندان و محیط‌زیست را به مخاطره می‌اندازند و باید در طراحی خط تولید و چیدمان کارخانه‌های این صنعت موردتوجه ویژه قرار گیرند. در مناطقی که مشکل کمبود آب وجود ندارد، طریقه ترسابی 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 کرد یا در فرایند بعدی تولید، مواد به صورت خشک کاربرد دارند، آسیاب‌های خشک استفاده می‌شوند.

آسیاب‌های تر، چون با ذرات مرطوب سروکار دارند، گردوخاک 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.

محاسبه درصد جامد در دوغاب:

درصد جامد در دوغاب به صورت حجمی یا وزنی بیان می‌شود، مثلاً درصد جامد در بار آسیاب‌های تر ۵۰ تا ۸۰ درصد حجمی است و از رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

$$X = \frac{\rho_2(\rho_1 - 1)}{\rho_1(\rho_2 - 1)} \times 100 \quad \text{رابطه ۳}$$

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 دانسیته دوغاب $1/5 \text{ g/cm}^3$ باشد، درصد جامد در دوغاب را حساب کنید.

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



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



هر یک از وسایل و تجهیزات شکل‌های زیر، برای کاهش کدام یک از آلاینده‌ها و یا رعایت کدام مورد ایمنی مناسب است؟

برخی از وسایل و تجهیزات ایمنی و بهداشتی



شکل ۲۵



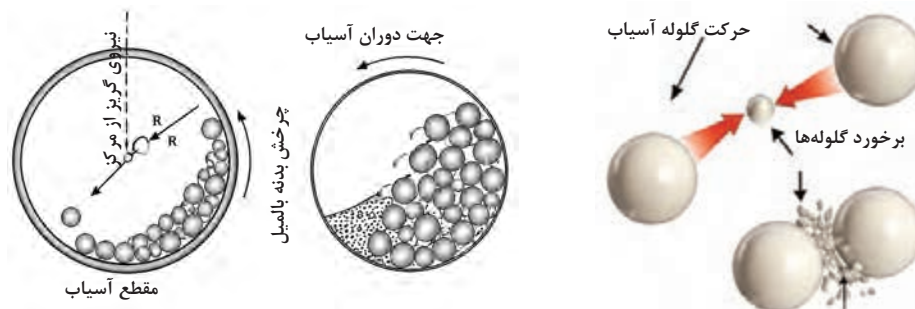
لوازم و تجهیزات ایمنی، بهداشتی و کاهش خطرات زیست‌محیطی موجود در کارگاه‌های هنرستان خود را شناسایی کرده و جدول زیر را کامل کنید.

وسایل و تجهیزات ایمنی و بهداشتی کارگاه‌های هنرستان

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

سرعت چرخش آسیاب

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



شکل ۲۶- ریزش ذرات در اثر سقوط و برخورد گلوله‌ها

سرعت دوران آسیاب، بر عمل ریزکردن 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 ۱

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

حرکت گلوله‌ها درون آسیاب گلوله‌ای



شکل ۲۷

سرعت بحرانی:

سرعتی که به ازای آن گلوله‌ها روی جداره آسیاب مانده و عمل سقوط را انجام نمی‌دهند را سرعت بحرانی می‌گویند. سرعت بحرانی بالمیل از رابطه ۴ به دست می‌آید.

$$N_c = \frac{42}{\sqrt{D}} \quad \text{رابطه ۴}$$

N_c = سرعت بحرانی بر حسب دور بر دقیقه

D = قطر داخلی بالمیل بر حسب متر

سرعت دورانی بهینه بالمیل در عمل حدود ۵۰ تا ۹۰ درصد سرعت بحرانی است. اگر سرعت دورانی آسیاب از سرعت بحرانی^۱ بیشتر شود، گلوله‌ها تحت تأثیر نیروی گریزازمرکز، 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 خود می‌رسد و سایش به تنهایی، مکانیزم غالب خواهد بود.

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

آیا می‌دانید

**تعیین زمان آسیاب کردن:**

برای کنترل فرایند آسیاب کردن و همچنین برای کنترل میزان پودر شدن مواد در آسیاب بر اساس تجربه مقدار زبره (رسیت) باقی‌مانده بر روی الک با مش معین به عنوان معیار در نظر گرفته می‌شود و از رابطه ۵ درصد آن محاسبه می‌شود.

رابطه ۵

$$\%R = \frac{r}{d \times s} \times 100$$

R = درصد زبره روی الک

r = وزن خشک مانده روی الک بر حسب گرم برای ۱۰۰ سی‌سی دوغاب

d = چگالی دوغاب بر حسب گرم بر سانتی‌مترمکعب

s = درصد ماده جامد موجود در دوغاب

درصد زبره دوغاب باید ثابت باشد؛ چون اندازه ذرات خروجی از آسیاب تأثیر زیادی بر خواص بدنه ساخته شده می‌گذارد. برای مثال هرچه زبره دوغاب بدنه کمتر شود نشان دهنده ریزش بیش از حد ذرات خواهد بود؛ بنابراین درجه حرارت پخت و درصد جذب آب بدنه کاهش و درصد انقباض پخت افزایش می‌یابد.

ارزشیابی شایستگی محاسبه پارامترهای آسیاب

نام و نام خانوادگی	شماره ملی	تاریخ ارزشیابی:	نوبت:
کد حرفه	متصدیان دستگاه‌های تولید سرامیک و شیشه	کد پیمان/پودمان	استاندارد عملکرد کار:
کد وظیفه شغل	آسیاب کردن	سطح صلاحیت	بارگیری بالمیل و محاسبه مقدار گلوله، آب و درصد جامد، تنظیم و محاسبه پارامترهای آسیاب مطابق دستورالعمل‌های فنی و فرایندی
کد کار	محاسبه پارامترهای آسیاب	سطح شایستگی	مهارت/تسلط
۸۱۸۱۲۳	حرفه:	۸۱۸۱۲۳۰۱۲	
۸۱۸۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	۱۰۲	
۸۱۸۱۲۳۰۱۲۲۲	کار		

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	محاسبه مقدار گلوله و آمیز	مکان: کارگاه استاندارد زمان: حدود ۲۰ دقیقه مواد مصرفی: ماده معدنی یا خوراک آسیاب گلوله‌های فولادی در اندازه‌های مختلف تجهیزات و ابزار مورد نیاز: آسیاب گلوله‌ای، ترازوی صنعتی یا آزمایشگاهی، کولیس یا خط‌کش برای اندازه‌گیری گلوله‌ها، جدول یا دستورالعمل نسبت بار گلوله و آمیز	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	محاسبه دقیق مقدار گلوله و آمیز بر اساس شرایط آسیاب و ثبت کامل اطلاعات	۳	
					۲	
					۱	
۲	تعیین پارامترهای سرعت چرخش و زمان آسیاب	مکان: واحد آسیاب در کارگاه استاندارد زمان: ۱۵ تا ۲۵ دقیقه مواد: خوراک آسیاب، آب یا افزودنی (در صورت آسیاب تر) تجهیزات و ابزار: آسیاب گلوله‌ای یا میله‌ای، تایمر یا کرنومتر، تابلو کنترل دور، دورسنج (در صورت نیاز)، الک یا تجهیزات کنترل دانه‌بندی	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	تعیین و تنظیم دقیق سرعت و زمان آسیاب متناسب با ماده و ثبت کامل پارامترها	۳	
					۲	
					۱	
۳	بارگیری و راه‌اندازی بالمیل	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ۲۰ تا ۳۰ دقیقه مواد: خوراک آسیاب، گلوله‌های فولادی (اندازه‌های مختلف)، آب (در صورت آسیاب تر) تجهیزات و ابزار: بالمیل، گلوله‌های آسیاب، فیدر یا نوار نقاله، ترازوی صنعتی، تابلو برق و سیستم کنترل، تایمر یا کرنومتر	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	بارگیری اصولی، تنظیم دقیق شرایط کار، راه‌اندازی صحیح و نظارت کامل بر عملکرد دستگاه	۳	
					۲	
					۱	
۴	محاسبه درصد جامد دوغاب	مکان: کارگاه استاندارد زمان: حدود ۱۰ تا ۱۵ دقیقه مواد مصرفی: نمونه دوغاب آماده شده تجهیزات و ابزار مورد نیاز: ترازوی آزمایشگاهی، ظرف نمونه (بشر) یا کپسول چینی، آون یا خشک‌کن آزمایشگاهی، همزن یا میله شیشه‌ای	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	اندازه‌گیری دقیق وزن خشک و تر، محاسبه صحیح درصد جامد و ثبت کامل و معتبر نتایج	۳	
					۲	
					۱	
شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		۱- ایمنی: کفش ایمنی - کلاه ایمنی - لباس کار ۲- نگرش: علاقه به کار - دقت بالا - نظم ۳- زیست محیطی: استفاده از سیستم‌های تهویه - جداسازی و تفکیک زباله‌ها - رعایت نظافت محیط کار ۴- شایستگی‌های غیر فنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار	رعایت بند ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه‌ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست‌محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها، و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در تمام مراحل کار	۲	
					۱	

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)	بلی
	خیر

توضیحات:

۱- معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۱ و ۲ (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲- تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

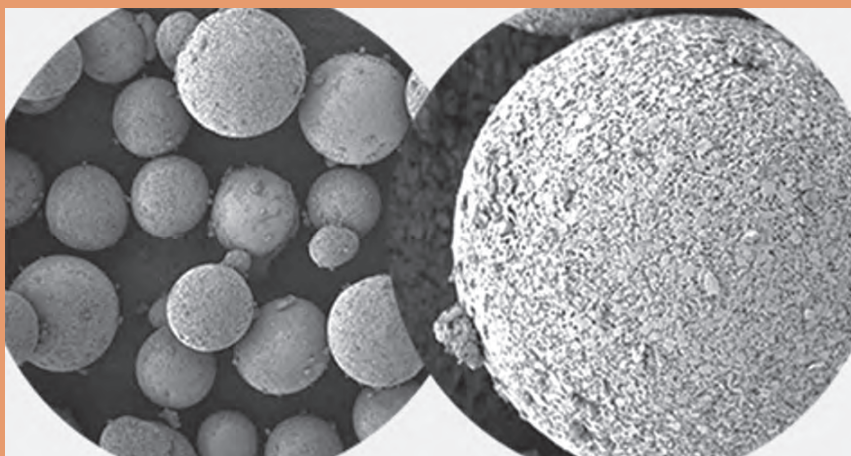
مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.



پودمان سوم

گرانول سازی



با اتصال ذرات ریز پودر به یکدیگر تحت شرایط کنترل شده و تبدیل آن به گرانول می توان بدنه های سرامیکی پرس شده با خواص مطلوب تولید کرد. گرانول ها به دلیل داشتن خواص منحصربه فرد نظیر جریان یابی مناسب و ترکیب یکنواخت از آمیز، قابلیت شکل پذیری در پرس را دارند.

واحد یادگیری ۱

آماده‌سازی گرانول

آیا تا به حال پی برده‌اید

- ۱ در چه شرایطی آمیز سرامیکی قابلیت تراکم‌پذیری پیدا می‌کند؟
- ۲ ذرات پودر چگونه به هم متصل می‌شوند و به حالت کروی تبدیل می‌شوند؟
- ۳ گرانول‌ها چه تأثیری در جریان‌یابی بهتر پودر و پر کردن راحت‌تر قالب پرس خواهند داشت؟

هدف از این شایستگی، فراگیری دانش و مهارت گرانول برای تولید قطعات سرامیکی به روش پرس پودر است. روش‌های متنوع و متداول تولید گرانول که شامل دو نوع تر و خشک است، در این واحد یادگیری در نظر گرفته شده است. همچنین شناخت ویژگی‌های گرانول مناسب و آشنایی با تجهیزات مورد استفاده برای تولید گرانول از دیگر اهداف این واحد است.

در این واحد یادگیری، روش‌های متداول و متنوع تولید گرانول، شامل روش تر و روش خشک، آموزش داده می‌شود.

استاندارد عملکرد

آماده‌سازی گرانول برای تولید قطعات سرامیکی به روش پرس پودر مطابق با استانداردهای مربوطه



به نظر شما شکل ذرات در کارکرد ساعت شنی در شکل ۱ چه اهمیتی دارد؟

شکل ۱

با جابه جایی کدام یک از خاک های شکل ۲ از ظرفی به ظرف دیگر، گردوغبار کمتری ایجاد می شود؟

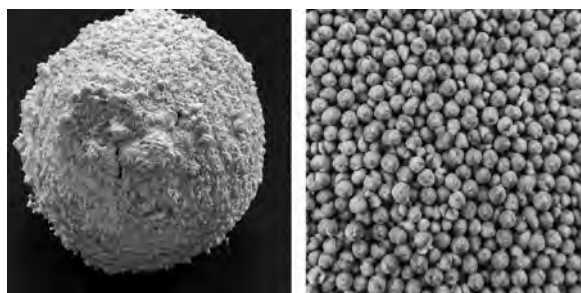


(ب)

(الف)

شکل ۲

برای تولید یک محصول سرامیکی به روش پرس، کدام یک از آمیزهای شکل ۳ مناسب تر است؟



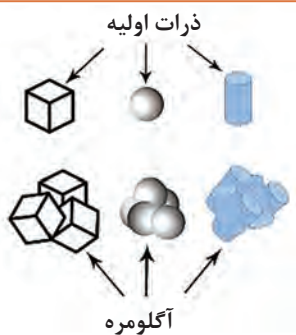
(ب)

(الف)

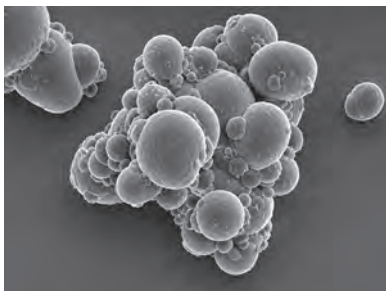
شکل ۳

آگلومره

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



شکل ۴



اگر ذرات به صورت ناخواسته و نامنظم در اثر نیروهای سطحی و رطوبت به یکدیگر متصل شوند و یک توده نامنظم متخلخل را تشکیل دهند به آن **آگلومره**^۱ می گویند. در شکل ۵ تصویر میکروسکوپی آگلومره نشان داده شده است.

وجود آگلومره ها با شکل های نامنظم و متخلخل، مشکلات بسیاری در فرایند تولید محصولات ایجاد می کند.

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

اثر آگلومره های متخلخل با شکل های نامنظم چه اثری بر روی ویژگی های مواد و فرایند تولید سرامیک ها در جدول زیر ایجاد می کند؟

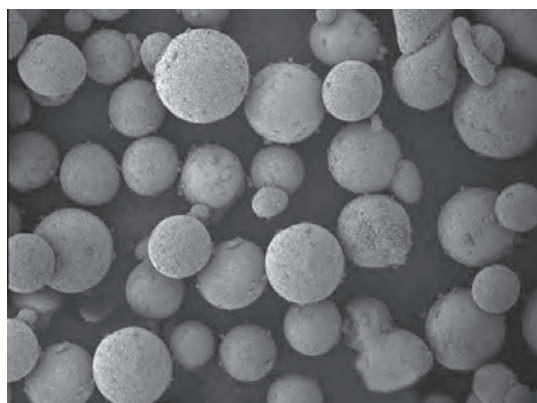
تحقیق کنید



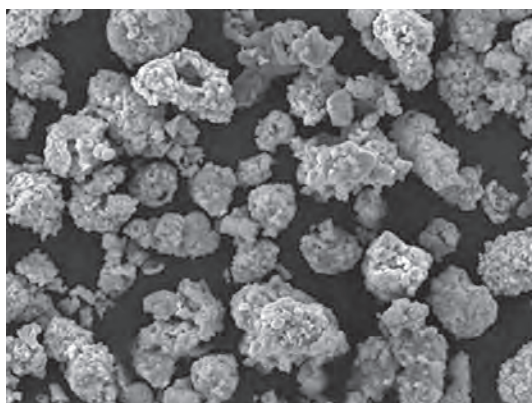
ویژگی	جریان یابی مواد	یکنواختی چگالی محصول	تخلخل محصول
تأثیر			

گرانول و گرانول سازی

- به نظر شما، چه تفاوت هایی در تصاویر شکل ۶ مشاهده می شود؟
- در فرایند شکل دهی سرامیک ها، کدام یک مناسب تر است؟



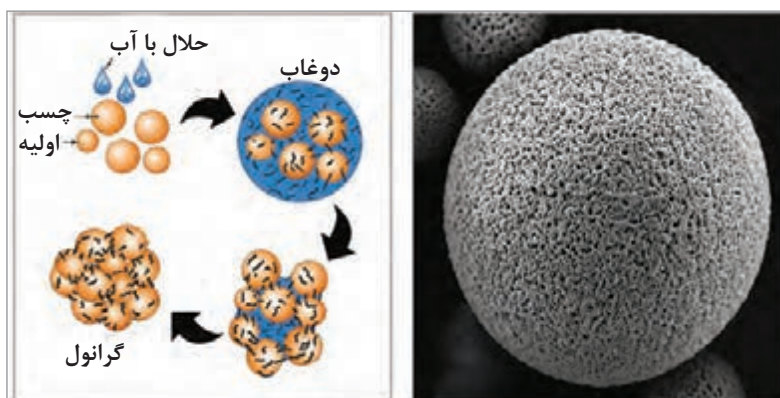
(ب)



(الف)

شکل ۶

اگر ذرات ریز به صورت عمدی و کنترل شده به یکدیگر متصل شوند و یک توده کروی و دارای تخلخل کم را تشکیل دهند به آن **گرانول** می گویند. در واقع آگلومره های کروی شکل و دارای تخلخل کم را **گرانول** می گویند و فرایند تولید آن را به صورت کنترل شده **گرانول سازی** گویند. در شکل ۷ مراحل و چگونگی تشکیل گرانول از دوغاب آمیز نشان داده شده است. در تشکیل گرانول ها، معمولاً با کاهش کنترل شده میزان رطوبت، ذرات به یکدیگر نزدیک تر شده و به یکدیگر می چسبند.



الف) یک گرانول کروی شکل با قطر حدود ۱۰۰ میکرومتر
ب) مراحل و چگونگی تشکیل گرانول
شکل ۷

دلایل استفاده از گرانول در شکل دهی به روش پرس پودر

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

۱ تولید مخلوط همگن

با گرانول سازی مخلوطی همگن که از آمیز به دست می آید و جدایش ذرات در آمیز ایجاد نمی شود.



شکل ۸- ایجاد مخلوط همگن

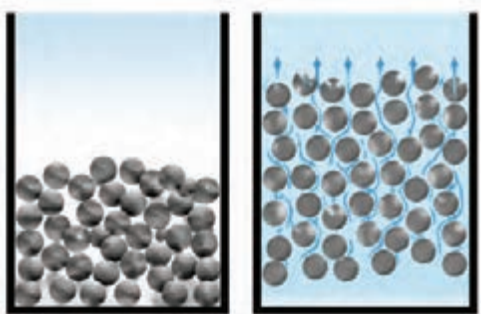
۲ بهبود جریان یابی مواد

گرانول‌ها به دلیل کروی شکل بودن، به راحتی در لوله‌ها و مسیرهای انتقال مواد و قالب پرس جریان می‌یابند و قالب پرس را به طور یکنواخت پر می‌کنند.



شکل ۹- گرانول با جریان یابی مناسب

۳ تسهیل در خروج هوا از بین ذرات و افزایش تراکم در مرحله پرس



شکل ۱۰- خروج هوا از بین گرانول‌ها

۴ جلوگیری از ایجاد گردوغبار

مواد پودری هنگام بارگیری و تخلیه، گردوغبار ایجاد می‌کنند؛ ولی اگر از گرانول‌ها در فرایند تولید استفاده شود گردوغبار و مشکلات زیست محیطی کمتری ایجاد می‌کنند.



شکل ۱۱- گردوغبار حاصل از مواد پودری

روش های تولید گرانول

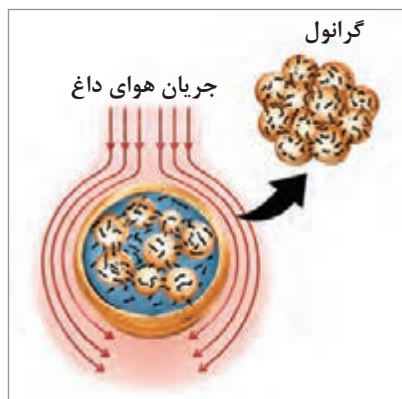
بر اساس میزان آب مصرفی در فرایند تولید گرانول، روش های متنوعی در صنعت وجود دارد که آنها را در نمودار ۱ ملاحظه می کنید:



شکل ۱۲- گرانول های رنگ

گرانول ها جهت تولید محصولات متنوع از قبیل کاشی، ظروف غذاخوری و تهیه رنگ ها کاربرد دارند.

روش خشک کن پاششی^۱ (اسپری درایر)



شکل ۱۳- تبدیل قطره به گرانول در تماس با هوای داغ

این دستگاه نوعی خشک کن است که فرایند کاهش میزان رطوبت را به واسطه اسپری کردن دوغاب در جریانی از هوای داغ انجام می دهد. در شکل ۱۳ تبدیل قطره ای از یک دوغاب آمیز در مجاورت جریانی از هوای داغ نشان داده شده است. خشک کن پاششی توانایی تولید گرانول هایی با اندازه های مختلف و مقدار رطوبت مشخص را دارد.



شکل ۱۴- گرانول پودر لباس شویی

خشک کن پاششی علاوه بر تولید گرانول های سرامیکی، در تولید پودرهای شوینده، صنایع غذایی و دارویی نیز کاربرد دارد.

نکته



مزایای خشک کن پاششی

این دستگاه مزایای زیادی دارد که در نمودار ۲ به آنها اشاره شده است.

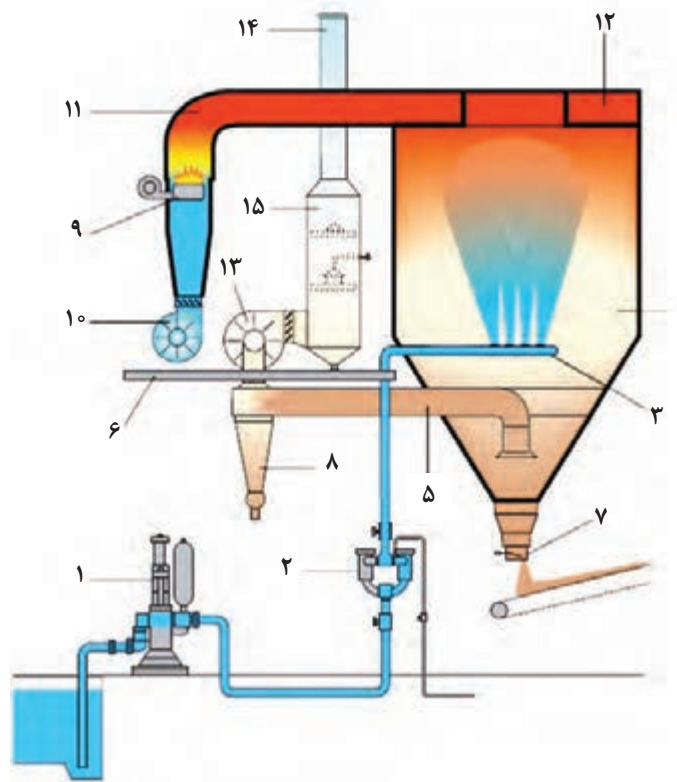


نمودار ۲

در شکل ۱۵ نمایی از اجزای خشک کن پاششی نشان داده شده است.

جدول ۱- اجزای دستگاه خشک کن پاششی

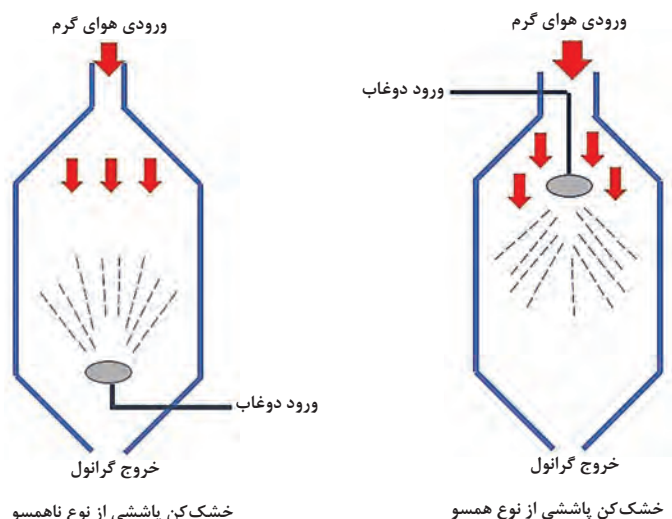
- ۱- پمپ اعمال دوغاب
- ۲- فیلترها و لوله انتقال دوغاب
- ۳- نگه‌دارنده افشانک
- ۴- محفظه خشک کن
- ۵- لوله‌های انتقال هوای خروجی
- ۶- محل استقرار جهت سرویس
- ۷- شیر تخلیه پودر
- ۸- سیکلون
- ۹- مشعل
- ۱۰- دمنده
- ۱۱- خطوط انتقال هوای داغ
- ۱۲- پخش‌کننده هوای داغ
- ۱۳- مکنده
- ۱۴- دودکش
- ۱۵- فیلتر



شکل ۱۵- نمایی از اجزای خشک کن پاششی

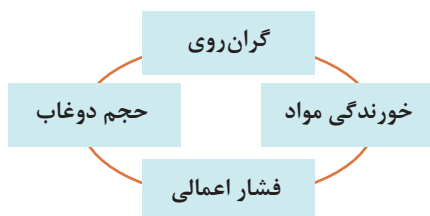


خشک کن های پاششی بر اساس جهت برخورد قطرات دوغاب با هوای داغ به دو نوع همسو و ناهمسو تقسیم می شوند. خشک کن های پاششی با جریان ناهمسو در مقایسه با نوع همسو دارای تبخیر سریع تر و کارایی بالاتری هستند. در شکل های زیر خشک کن پاششی همسو و خشک کن پاششی ناهمسو نشان داده شده است.



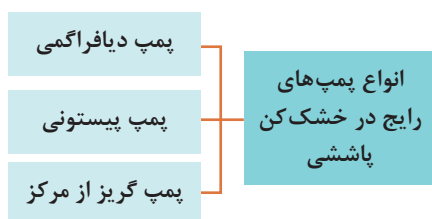
شکل ۱۶

پمپ



نمودار ۳- عوامل مؤثر بر روی انتخاب پمپ

آمیز دوغاب برای اسپری کردن غلیظ بوده و برای انتقال دادن آن نیاز به پمپ هایی با قدرت بالا است. عوامل تأثیرگذار بر روی انتخاب پمپ عبارت اند از:



نمودار ۴- پمپ های رایج در خشک کن پاششی

پمپ های رایج در دستگاه خشک کن پاششی در نمودار ۴ نشان داده شده است.

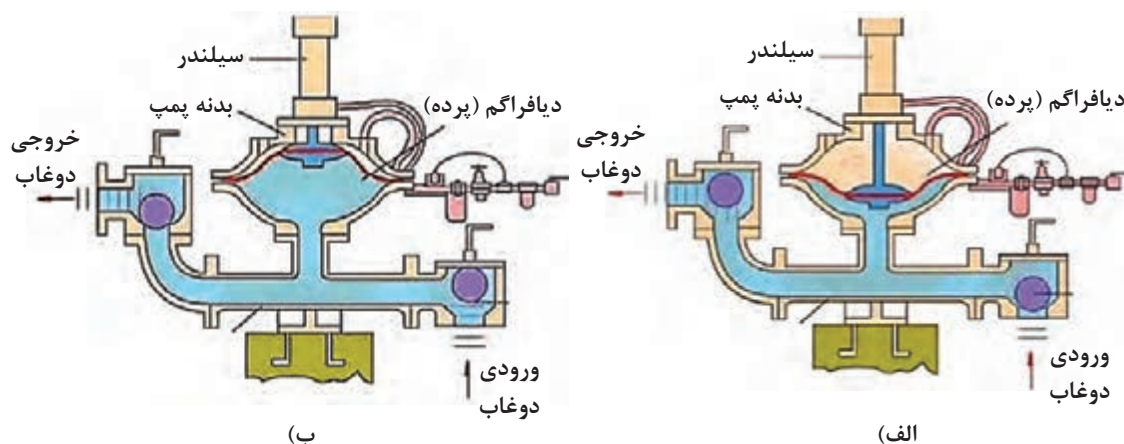
در شکل‌های ۱۷ و ۱۸ پمپ‌های دیافراگمی و پیستونی نشان داده شده است همچنین نحوه عملکرد پمپ دیافراگمی در شکل ۱۹ نشان داده شده است.



شکل ۱۸- پمپ پیستونی



شکل ۱۷- پمپ دیافراگمی



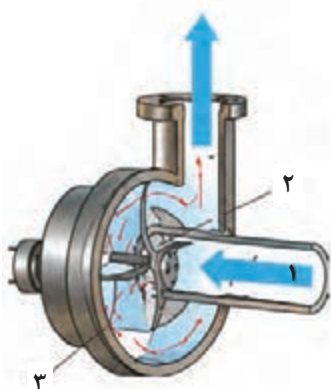
شکل ۱۹- نحوه عملکرد پمپ دیافراگمی (الف: مکش دوغاب ب: پمپ دوغاب)

درباره نحوه عملکرد پمپ‌های پیستونی و دیافراگمی تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



پمپ گریز از مرکز (پمپ سانتریفیوژی)^۱ بر اساس اصل نیروی گریز از مرکز کار می‌کند، پروانه با چرخش سریع دوغاب را به سمت بیرون پرتاب کرده و سرعت آن را افزایش می‌دهد. در شکل ۲۰ پمپ گریز از مرکز، در شکل ۲۱ پره پروانه این پمپ و در شکل ۲۲ نحوه عملکرد این نوع پمپ نشان داده شده است.



شکل ۲۲- نحوه عملکرد پمپ (۱: ورود دوغاب
۲: تغییر مسیر دوغاب توسط پره حلزونی ۳: جریان
دوغاب به سمت مسیر خروجی ۴: خروج دوغاب)



شکل ۲۱- پروانه پمپ گریز
از مرکز



شکل ۲۰- پمپ گریز از مرکز

معمولاً برای انتقال دوغاب از حوضچه‌های ذخیره دوغاب از پمپ دیافراگمی و برای پمپاژ دوغاب از مخزن ذخیره به محفظه خشک کن پاششی از پمپ‌های پیستونی و گریز از مرکز استفاده می‌شود.

فکر کنید



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

فرسایش پمپ	اندازه گرانول	گران روی دوغاب	
			افزایش چگالی دوغاب
			کاهش چگالی دوغاب

تأمین کننده هوای داغ



تأمین سوخت و شعله

شکل ۲۳- تأمین کننده هوای داغ

در دستگاه خشک کن پاششی، 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. دمای هوای خروجی ۱۲۰- ۱۱۵ درجه سلسیوس است.

لنس ها و افشانک^۱

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

فکر کنید



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



ج



ب



الف



و

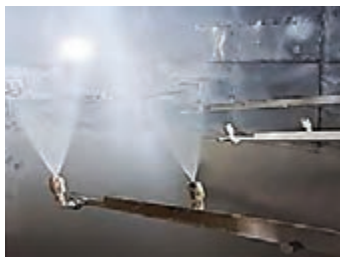


هـ



د

شکل ۲۴

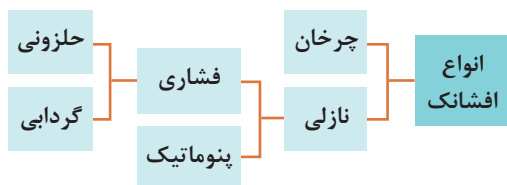


دوغاب کهنه شده (به مدت ۲۴ ساعت) در حوضچه ها از الک عبور داده می شود. سپس دوغاب توسط پمپ با فشار بالا وارد لنس ها (شکل ۲۵) می شود. لنس ها با اعمال فشار، دوغاب را به جریانی با سرعت بالا تبدیل کرده و به سمت افشانک ها می فرستد. افشانک ها دوغاب را به قطرات بسیار ریز و یکنواختی تبدیل می کند که به داخل محفظه خشک کن پاشیده می شود.



دوغاب توسط لوله هایی به لنس ها منتقل می شود. هر لنس دارای چند افشانک است. هنگام روشن کردن خشک کن پاششی باید دقت کرد شیر فلکه لنس ها به طور متقارن باز شوند، تا جریان دوغاب در داخل محفظه خشک کن به صورت یکنواخت توزیع گردد و از طرفی اگر شیرها به صورت نامتقارن باز شود جریان دوغاب در برخی از مسیرها بیشتر می شود و باعث تولید گرانول غیر یکنواخت و چسبیدن دوغاب اسپری شده به جداره و تولید آگلومره های بزرگ می شود

شکل ۲۵- لنس های متصل به لوله های خشک کن پاششی



افشانک‌ها به دو دسته نازلی و چرخان تقسیم می‌شوند که در نمودار ۵ نشان داده شده است.

نمودار ۵ - انواع افشانک‌ها

افشانک‌های چرخان (دیسکی)

در این افشانک‌ها، دوغاب از روزنه‌های یک محفظه در حال چرخش، در اثر نیروی گریز از مرکز، به بیرون پخش می‌شود (شکل ۲۶).



شکل ۲۶ - افشانک‌های چرخان

افشانک‌های نازلی

این افشانک‌ها به دو گروه فشاری و پنوماتیک تقسیم‌بندی می‌شوند.

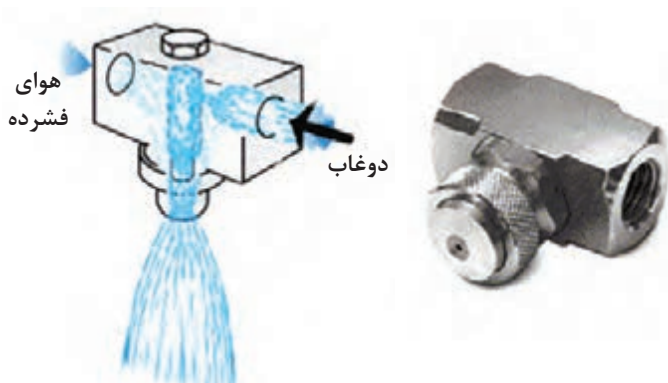
۱ در افشانک‌های نازلی از نوع فشاری، دوغاب تحت فشار بالا از روزنه نازل اسپری می‌شود، تأمین فشار بالای دوغاب در افشانک‌های نوع نازلی با کمک پمپ‌های بسیار قوی مقدور است که هزینه تعمیر و نگهداری زیادی دارد. افشانک‌های فشاری دارای دو نوع حلزونی (شکل ۲۷) و گردابی (شکل ۲۸) است.



شکل ۲۸ - افشانک نازلی نوع گردابی



شکل ۲۷ - افشانک نازلی نوع حلزونی



شکل ۲۹- افشانک نازلی نوع پنوماتیک

۲ در افشانک‌های نازلی از نوع پنوماتیک، دوغاب به کمک هوای فشرده اسپری می‌شود. این نوع افشانک برای تولید ذرات بسیار ریز و یکنواخت مناسب است و بیشتر در صنایع داروسازی و رنگ‌دانه‌ها استفاده می‌شود. انتخاب نوع افشانک بر اساس خصوصیات دوغاب، خواص گرانول مورد نظر، ابعاد و نوع خشک‌کن و میزان انرژی مصرفی صورت می‌پذیرد.

در صنعت سرامیک، افشانک‌های فشاری متداول‌ترین نوع نازل مورد استفاده در خشک‌کن پاششی است. این افشانک‌ها در مقایسه با افشانک‌های چرخان، گرانول ریز با توزیع اندازه باریک‌تر و جریان‌یابی مناسب‌تر تولید می‌کند.

مزایا و معایب مربوط به انواع افشانک‌های چرخان و نازلی در جدول ۲ بیان شده است.

جدول ۲

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

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

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

فعالیت کلاسی



فکر کنید



در خشک کن پاششی با جریان ناهمسو چه نوع افشانکی مناسب تر است؟ چرا؟

نکته



شکل ۳۰- چیدمان چندین افشانک نازلی در یک خشک کن پاششی

۱ برای افزایش ظرفیت تولید دستگاه خشک کن پاششی از چندین نازل به صورت حلقه‌ای در کنار هم استفاده می شود (شکل روبه‌رو).
۲ از افشانک‌های نازلی بیشتر در صنعت سرامیک استفاده می شود در حالی که افشانک‌های چرخان، کاربرد بیشتری در صنعت داروسازی دارند.

محفظه خشک کن

فرایند اسپری کردن، خشک شدن قطرات دوغاب و تبدیل شدن به گرانول در محفظه خشک کن انجام می شود.

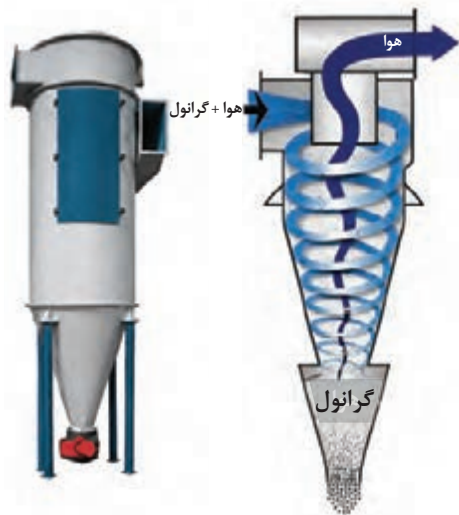


شکل ۳۱- محفظه خشک کن پاششی صنعتی

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 به سطح محفظه خشک کن تماس یابند، به اندازه کافی خشک شده باشند.

سیکلون



هوای گرم خارج شده از خشک کن پاششی حاوی برخی ذرات ریز خشک شده است که باید جدا گردد. برای دستیابی به این هدف، از سیکلون (شکل ۳۲) که نحوه کارکرد آن بر اساس نیروی گریز از مرکز است، استفاده می شود.

بازده کاری سیکلون ها به مخلوط (پودر و هوا) ورودی و ابعاد ذرات بستگی دارد و می تواند تا حدود ۹۵ درصد ذرات را از هوا تفکیک کند.

شکل ۳۲- سیکلون برای تفکیک گرانول و ذرات معلق در هوا

راه اندازی خشک کن پاششی

قبل از راه اندازی خشک کن پاششی باید از ذخیره دوغاب یکنواخت اطمینان حاصل شود تا گرانول هایی با شرایط یکسان تولید شود. برای این کار لازم است دوغاب از حوضچه های ذخیره بعد از عبور از الک و کنترل شرایط وارد محفظه ذخیره خشک کن پاششی شود.

نکته



- ۱ ظرفیت تولید گرانول در خشک کن پاششی با تعیین تعداد لنس و افشانک تنظیم می شود.
- ۲ زمانی که فشار پمپ به حد مطلوب رسید. لنس ها به صورت متقارن باید باز شود.

در نمودار ۶ دستورالعمل کلی برای راه اندازی خشک کن پاششی به صورت طرحواره شرح داده شده است:

مرحله اول: بستن تمام لنس ها

مرحله دوم: روشن کردن مشعل و سیکلون دستگاه تا رسیدن به دمای هوای ورودی به ۷۰۰-۴۰۰ درجه سلسیوس و رسیدن دمای هوای خروجی دستگاه به ۱۳۰-۱۱۰ درجه سلسیوس

مرحله سوم: روشن کردن پمپ برای شست و شوی مسیر و متعادل کردن دمای داخلی آب

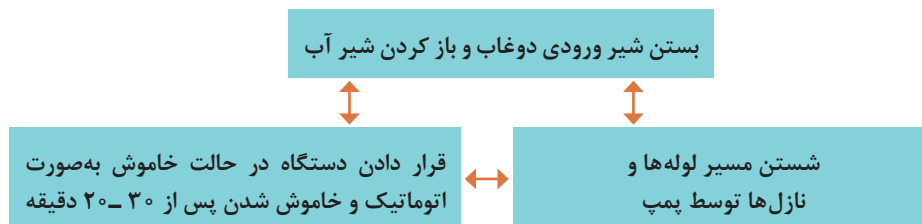
مرحله چهارم: پمپاژ دوغاب درون محفظه خشک کن و آغاز تولید گرانول

مرحله پنجم: نظارت بر روند تولید گرانول

نمودار ۶- مراحل راه اندازی خشک کن پاششی

نحوه خاموش کردن خشک کن پاششی

برای خاموش کردن خشک کن پاششی نیز نکاتی را باید مدنظر داشت که این نکات در نمودار ۷ بیان شده است.

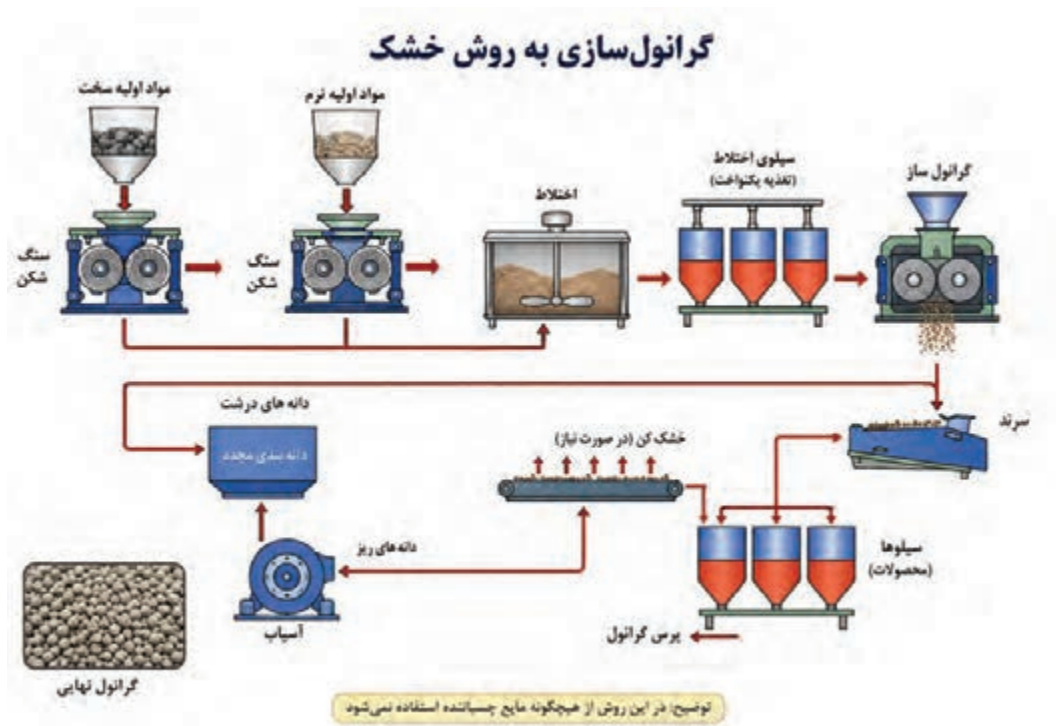


نمودار ۷- نکات مربوط به خاموش کردن دستگاه خشک کن پاششی

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 می شود.

گرانول سازی به روش خشک به صورت طرحواره در شکل ۳۳ نشان داده شده است.



شکل ۳۳- پرس گرانول



شکل ۳۴- گرانول‌های تهیه شده
به روش خشک

گرانول‌های به‌دست آمده از روش خشک، ویژگی‌هایی مشابه با گرانول‌های به‌دست آمده از روش تر دارند. همان‌طور که در شکل ۳۴ مشاهده می‌کنید، گرانول‌های تولید شده با این روش تقریباً کروی شکل هستند.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۱: گرانول‌سازی دستی

مواد و تجهیزات موردنیاز: مواد فرموله آماده و خشک، آب شهر، آب فشان، سینی بزرگ، هاون بزرگ، سرتاس، الک مش‌های ۱۰ و ۲۰، سطل پلاستیکی در دار، 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 (۵-۱۰ میلیمتر) پهن کنید.

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

۵ هنگام اسپری آب، به طور مرتب مواد را با کاردک مخلوط و دوباره پهن کنید و هم‌زمان آب را روی آن اسپری کنید (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 ۱۰ و ۲۰ عبور دهید و با فشار آرام دست کمک کنید تا تمام کلوخه‌های به‌وجود 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).

نکات
ایمنی و بهداشتی



- ۱ در هنگام کار از ماسک تنفسی و دستکش استفاده کنید.
- ۲ دقت کنید هنگام خرد کردن مواد خشک و الک کردن آنها گردوغبار ایجاد نکنید.
- ۳ سعی کنید مرحله نرم کردن و الک کردن مواد را در زیر هواکش هود با فیلتر مناسب انجام دهید.
- ۴ به هیچ عنوان برای عبوردادن مواد تر از الک، از ابزار نوک تیز و یا فلزی استفاده نکنید.



کار عملی ۲: گرانول سازی دستی آلومینا

مواد و تجهیزات مورد نیاز: آلومینا، محلول آب حاوی ۵ درصد چسب، آب فشان، سینی بزرگ، هاون بزرگ، سرتاس، الک با مش های ۳۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰، سطل پلاستیکی در دار، 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 آگلومره های 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 میلی متر) پهن کنید.

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

۵ هنگام اسپری آب، به طور مرتب مواد را با کاردک مخلوط و دوباره پهن کنید و هم زمان آب را روی آنها اسپری کنید (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 الک های درشت تا ریز (مش ۲۰، ۳۰ و ۴۰) عبور دهید و با فشار آرام دست کمک کنید تا تمام کلوخه های به وجود آمده از الک عبور کنند. این عمل را برای بار دوم و سوم تکرار کنید به طوری که گرانول هایی در سه دانه بندی به دست آید.

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

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

سؤال ۱: چرا برای تهیه گرانول آلومینا به جای استفاده از آب، از آب به همراه چسب استفاده شده است؟

سؤال ۲: گرانول آلومینا در چه صناعی و برای تولید چه محصولاتی کاربرد دارد؟

سؤال ۳: در تهیه گرانول آلومینا به روش دستی چه خطاهایی ممکن است وجود داشته باشد؟



کار عملی ۳: گرانول سازی با خشک کن پاششی آزمایشگاهی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: مواد فرموله آماده و خشک، آب شهر، جارمیل، خشک کن پاششی آزمایشگاهی، استوانه مدرج، الک

شرح فعالیت:

در این کار عملی، هدف تهیه گرانول با دستگاه خشک کن پاششی است.

- ۱ مواد خشک را به همراه آب درون جارمیل بریزید و درب آن را محکم ببندید.
- ۲ جارمیل را روشن کنید تا دوغاب مد نظر آماده شود. سپس جارمیل را خاموش و دوغاب را از جارمیل تخلیه نمایید و از الک عبور دهید.
- ۳ دستگاه خشک کن پاششی آزمایشگاهی را روشن کنید و دوغاب را به درون دستگاه پمپاژ کنید.
- ۴ گرانول های آماده شده را درون یک سطل درب دار نگهداری کنید.



کار عملی ۴: مشاهده شکل گرانول زیر میکروسکوپ چشمی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: گرانول دستی و گرانول تولید شده با دستگاه خشک کن پاششی، دستکش کار، ماسک تنفسی و میکروسکوپ چشمی.

شرح فعالیت:

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

ارزشیابی شایستگی آماده سازی گرانول

نام و نام خانوادگی	شماره ملی	تاریخ ارزشیابی:	نوبت:
کد حرفه	۸۱۸۱۲۳	حرفه :	متصدیان دستگاه های تولید سرامیک و شیشه
کد وظیفه شغل	۸۱۸۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	گرانول سازی
کد کار	۸۱۸۱۲۳۰۱۳۱	کار	آماده سازی گرانول

ردیف	مرا حل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص ها/داوری /نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	راه اندازی دستگاه خشک کن پاششی	مکان: کارگاه استاندارد زمان: حدود ۲۰ تا ۳۰ دقیقه مواد مصرفی: دوغاب آماده شده با درصد جامد مشخص تجهیزات و ابزار مورد نیاز: دستگاه خشک کن پاششی، پمپ تغذیه دوغاب، کمپرسور هوا مشعل یا سیستم گرمایش، تابلوی کنترل دستگاه، مخزن ذخیره دوغاب، دماسنج و فشارسنج	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	بررسی کامل اجزای دستگاه، تنظیم دقیق شرایط کاری و راه اندازی پایدار همراه با رعایت کامل ایمنی	۳	
					۲	
					۱	
۲	گرانول سازی به روش تر	مکان: کارگاه استاندارد زمان: حدود ۲۰ تا ۳۰ دقیقه مواد مصرفی: پودر مواد اولیه، آب یا محلول باینر (چسب) تجهیزات و ابزار مورد نیاز: میکسر یا مخلوط کن، دستگاه گرانولاتور یا الک گرانول سازی، ترازوی صنعتی یا آزمایشگاهی، خشک کن (در صورت نیاز)، ظروف نگهداری مواد	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	کنترل دقیق رطوبت، تشکیل گرانول های یکنواخت و پایدار و جلوگیری کامل از کلوخه شدن	۳	
					۲	
					۱	
۳	گرانول سازی به روش خشک	مکان: واحد آماده سازی مواد در کارخانه یا کارگاه سرامیک زمان: ۱۵ تا ۲۵ دقیقه مواد: پودر مواد اولیه آماده تجهیزات و ابزار: میکسر یا مخلوط کن، گرانولاتور خشک یا آسیاب، الک های مختلف، ترازو، ظروف نگهداری مواد	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	آماده سازی صحیح مواد و اجرای یکنواخت گرانول سازی با کنترل دقیق اندازه و شکل	۳	
					۲	
					۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	۱- ایمنی: کفش ایمنی - کلاه ایمنی - لباس کار ۲- نگرش: علاقه به کار - دقت بالا - نظم ۳- زیست محیطی: استفاده از سیستم های تهویه - جداسازی و تفکیک زباله ها - رعایت نظافت محیط کار ۴- شایستگی های غیر فنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار	رعایت بند ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها، و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل های اجرایی در تمام مراحل کار	۲	
					۱	

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)

بلی ☐خیر ☐

توضیحات:

۱- معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۱ و ۲ (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲- تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه ای انجام می شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه ریزی و تحلیل، پاسخ گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت ها

تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲

کنترل پارامترهای گرانول

آیا تا به حال پی برده‌اید

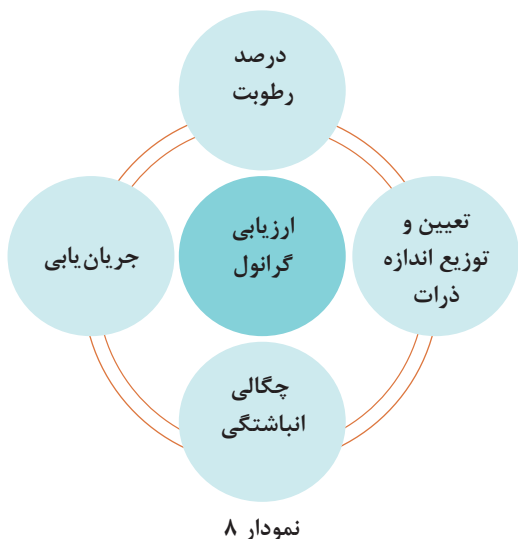
- ۱ برای تولید سرامیک به روش پرس پودر، درصد رطوبت گرانول‌ها در چه محدوده‌ای باید باشد؟
- ۲ نقش دانه‌بندی گرانول‌ها در تولید سرامیک به روش پرس چیست؟
- ۳ جریان‌یابی گرانول‌ها برای عبور راحت‌تر از مسیرها در دستگاه پرس، باید چگونه باشد؟

هدف از این شایستگی فراگیری کنترل، ارزیابی گرانول‌ها و عوامل مؤثر بر گرانول‌سازی است. در این واحد یادگیری اندازه‌گیری درصد رطوبت، دانه‌بندی، چگالی انباشتگی و جریان‌یابی گرانول‌ها در نظر گرفته شده است.

استاندارد عملکرد

ارزیابی و کنترل گرانول برای تولید قطعات سرامیکی به روش پرس پودر بر اساس استانداردهای مربوطه

ضرورت ارزیابی گرانول



در فرایند تولید سرامیک به روش پرس پودر، کیفیت گرانول های تولیدی به صورت مستقیم بر روند خط تولید، ویژگی های محصول نهایی و مصرف انرژی تأثیرگذار است. از این رو درک پارامترهای ارزیابی گرانول، کلید دستیابی به تولیدی پایدار، اقتصادی و با کیفیت است. در نمودار ۸ آزمایش های رایج که جهت بررسی کیفیت گرانول انجام می گیرد، نشان داده شده است.

تعیین درصد رطوبت



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

شکل ۳۵

تا به حال در خرید برخی وسایل مانند کیف و کفش و دارو، متوجه وجود سیلیکاژل^۱ در بسته بندی آنها شده اید؟ آیا در محیط آزمایشگاه از دسیکاتور استفاده کرده اید؟ کاربرد و اهمیت آنها در چیست؟

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

تحقیق کنید



ب



الف

شکل ۳۶- بسته سیلیکاژل (الف) دسیکاتور (ب)

۱- سیلیکاژل دانه های شفاف و متخلخل دی اکسید سیلیسیم است که معمولاً در بسته های چند سانتی متری، در بسته بندی برخی وسایل برای جلوگیری از تأثیر مخرب رطوبت به کار می رود.



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

همان گونه 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.
 شکل ۳۷ الف و ۳۷ ب را از لحاظ رطوبت با یکدیگر مقایسه کنید؟



(ب)



(الف)

شکل ۳۷- خاک با رطوبت زیاد (الف) خاک بدون رطوبت (ب)

اندازه گیری میزان رطوبت مواد اولیه، آمیز و قطعه شکل داده شده در فرایند تولید ضروری است. به عنوان مثال مقدار رطوبت مواد اولیه در روزهای بارانی و آفتابی متفاوت است. چون آمیز به مقدار رطوبت ثابت نیاز دارد، این تغییر در محاسبه میزان رطوبت آمیز تأثیرگذار است.

اندازه گیری میزان رطوبت

در صنعت، روش ها و تجهیزات متنوعی برای اندازه گیری و کنترل مقدار رطوبت به کار می رود. مقدار رطوبت براساس درصد گزارش می شود و محاسبه آن بر دو مبنای خشک و تر انجام می شود. اندازه گیری میزان رطوبت گرانول مطابق مراحل بیان شده انجام می شود:

- ۱ ریختن مقداری از گرانول بر روی فویل آلومینیومی یا بوتۀ سرامیکی از قبل وزن شده (برای سهولت کار و حفظ نمونه) و اندازه گیری وزن تر آن (m_w).
- ۲ قرار دادن نمونه وزن شده درون خشک کن با دمای 110° درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت و اندازه گیری وزن خشک آن (m_d).



نمودار ۹

قرار دادن نمونه در خشک کن، به منظور رسیدن به وزن ثابت است و مدت زمان آن می تواند متغیر باشد.



۳ محاسبه رطوبت طبق رابطه های ۱ و ۲ انجام می شود:

$$\text{رابطه ۱} \quad \text{درصد رطوبت بر مبنای وزن خشک (\%)} = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن تر}} \times 100 = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100$$

$$\text{رابطه ۲} \quad \text{درصد رطوبت بر مبنای وزن تر (\%)} = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن تر}} \times 100 = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100$$

هنگام کار با خشک کن استفاده از انبر و دستکش الزامی است.

نکات ایمنی



نکته



فعالیت کارگاهی



کار عملی ۵: تعیین درصد رطوبت پودر گرانول دستی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: 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 نگه داری 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 به دست آورید (A).
- ۳ مقداری از گرانول دستی تهیه شده را درون بوته از قبل وزن شده ریخته و آن را وزن کنید (B) 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 حاوی گرانول خشک شده را وزن کنید (C).
- ۶ به کمک رابطه های ۱ و ۲، درصد رطوبت بر مبنای تر و خشک گرانول را به دست آورید و نتایج را در جدول زیر یادداشت نمایید و به سوالات پاسخ دهید.

درصد رطوبت		وزن خشک $C - A = m_d$	وزن تر $B - A = m_w$	وزن بوته یا فویل آلومینیوم
بر مبنای تر	بر مبنای خشک			

سؤال ۱: آیا میزان درصد رطوبت بر مبنای وزنی خشک و تر با هم متفاوت است؟

سؤال ۲: چه دلیلی بر لزوم ذکر نوع مبنای محاسبه رطوبت وجود دارد؟



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

تجهیزات اندازه گیری رطوبت

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



شکل ۳۸

۱- 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 اندازه گیری می شود (شکل ۳۸).



شکل ۳۹

۲- رطوبت سنجی الکتریکی: بر اساس اندازه گیری مقاومت الکتریکی ماده کار می کند. هرچه درصد رطوبت بالاتر باشد مقاومت الکتریکی ماده کمتر است (شکل ۳۹).



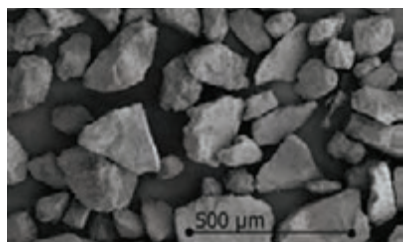
شکل ۴۰

۳- رطوبت سنجی وزنی: بر اساس وزن کردن همزمان ماده و حرارت دادن آن، میزان رطوبت را محاسبه و گزارش می کند (شکل ۴۰).



کار عملی ۶: درصد رطوبت گرانول تهیه شده در کار عملی ۱ را با تجهیزات رطوبت سنجی بیان شده اندازه گیری کنید و با نتیجه کار عملی ۵ مقایسه کنید.

دانه بندی ذرات



شکل ۴۱- ذرات رس قابل مشاهده زیر میکروسکوپ

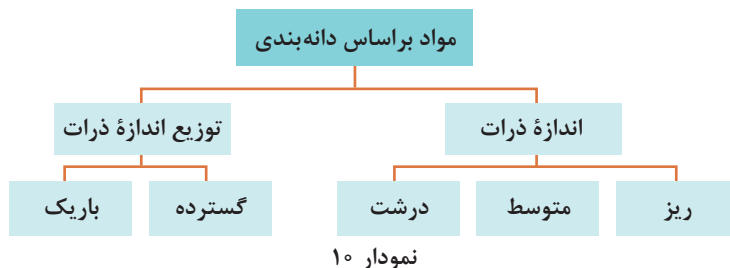
پودر از مجموعه ای از ذرات تشکیل شده است. با توجه به نوع مواد اولیه، اندازه هر ذره می تواند از چند نانومتر تا چند میکرومتر یا حتی چند میلی متر تغییر کند. به عنوان مثال، ذرات مواد رسی؛ مانند کائولن، ابعادی کوچک تر از ۵/۰ میلی متر دارند که قابل رؤیت با چشم نیستند.



شکل ۴۱- دانه‌های ماسه سیلیسی قابل رؤیت با چشم

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

بعد از مرحله گرانول سازی و همچنین قبل از پرس باید اندازه ذرات و توزیع آنها با محدوده تعیین شده توسط آزمایشگاه تطبیق و کنترل گردد. در موضوع دانه‌بندی دو موضوع اندازه ذرات و توزیع اندازه ذرات حائز اهمیت است. مواد بر مبنای اندازه ذرات و توزیع اندازه ذرات طبق نمودار ۱۰ تقسیم‌بندی می‌شوند.



تعیین دانه‌بندی

برای اندازه‌گیری ذرات ریز و پودر از الکی با مش معین استفاده می‌شود و عبور دادن ذرات از الک به صورت خشک (روش خشک) یا همراه با آب (روش تر) انجام می‌گیرد. دانه‌بندی با الک به روش خشک برای گرانول‌ها و دانه‌بندی با الک به روش تر برای دوغاب‌های سرامیکی و ذرات ریزدانه کاربرد دارد.

الف) روش خشک: در این روش گرانول به صورت خشک روی الک ریخته می‌شود و با حرکت لرزشی، گرانول عبور داده و اندازه ذرات تعیین می‌شود.

ب) روش تر: در این روش ذرات ریزدانه یا دوغاب را روی الک ریخته و با فشار معین آب ذرات از الک عبور داده می‌شود. سپس مواد عبوری و مانده روی الک به صورت مجزا خشک شده و وزن می‌شوند.

الک

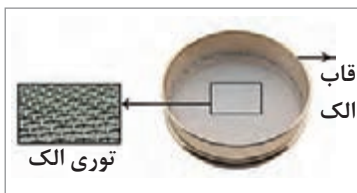
در زندگی روزمره در چه مواردی از الک کردن استفاده می‌شود؟

در شکل ۴۲ چند مورد از کاربردهای الک کردن در زندگی روزمره نشان داده شده 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. در شکل ۴۳ الک که شامل یک قاب و توری (شبکه بافته شده سیمی) در کف است و در شکل ۴۴ حرکت چرخشی الک نشان داده شده است.



شکل ۴۴- حرکت چرخشی الک



شکل ۴۳



شکل ۴۲



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 طولی مشخص و طبقه‌بندی می‌شود که به آن، **مش الک** گفته می‌شود. مثلاً الک مش ۲۰، دارای ۲۰ روزنه یکسان به صورت طولی در هر اینچ است.

نکته



هر اینچ برابر با $\frac{25}{4}$ میلی متر است. ($1\text{ inch} = 25/4\text{ mm}$)

گفت‌وگو کنید



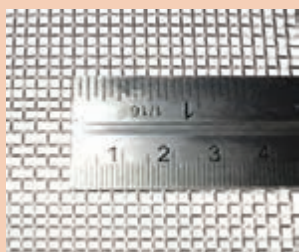
آیا تعداد منافذ در یک اینچ می‌تواند به طور دقیق قطر چشمه‌ها را تعیین کند؟ با هم کلاسی‌های خود در این مورد گفت‌وگو کنید.

نکته



استانداردهای مختلفی برای شماره‌های الک وجود دارد. استاندارد آمریکا در مش‌بندی الک‌ها معمول‌ترین استاندارد است که در جدول زیر برخی از مهم‌ترین آنها آورده شده است.

مش الک	تعداد روزنه در هر اینچ طولی	ابعاد روزنه (میلی‌متر)
۴	۴	۴/۷۵
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



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

استاندارد الک



ابعاد روزنه بر حسب اینچ
شماره مش
ابعاد روزنه بر حسب میلی متر

شکل ۴۵

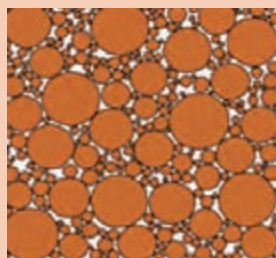
برای رفع ابهام در مورد قطر روزنه یا منفذ الک در استانداردهای مختلف، علاوه بر شماره الک یا همان مش الک، قطر منافذ الک نیز ذکر می شود. هنگام اشاره به شماره الک، باید به استاندارد مورد نظر نیز اشاره شود. بر روی قاب الک های استاندارد یک پلاک چسبانده می شود که مشخصات الک آزمایشگاهی روی آن درج شده است. در شکل ۴۵ یک نمونه الک نشان داده شده است.

توزیع اندازه گرانول

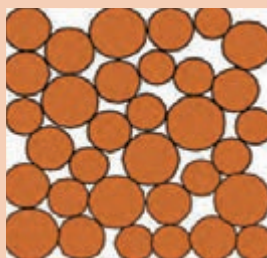
گرانول ها معمولاً ذراتی با ابعاد و اندازه های متفاوت دارند. به تنوع در اندازه، از کوچک ترین تا بزرگ ترین گرانول «توزیع اندازه گرانول» یا «گستره دانه بندی» می گویند. هرچه این تنوع بیشتر باشد توزیع دانه بندی گرانول گسترده تر است.



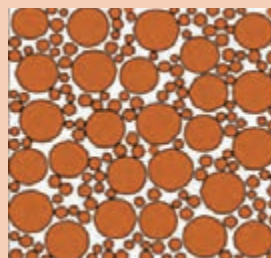
۱ دانه های سه نوع پودر در یک واحد سطح به صورت شکل های نشان داده شده، مشاهده می شود. با توجه به شکل ها، جاهای خالی را با کلمات مناسب تکمیل کنید.



پودر ۳

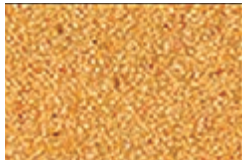


پودر ۲



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. قطعه ساخته شده از بیشترین تراکم و قطعه ساخته شده از
 کمترین استحکام را خواهد داشت.
 ۲ با توجه به شکل‌های زیر جاهای خالی را تکمیل 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

ریزترین اندازه ذرات
 درشت‌ترین اندازه ذرات
 باریک‌ترین توزیع اندازه ذرات
 گسترده‌ترین توزیع اندازه ذرات

نحوه قرارگیری الک‌ها برای توزیع دانه‌بندی

گرانول‌ها بر روی 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 گرانول‌ها 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 به‌صورت ساده یا دیجیتالی وجود دارد.

نکته





(ب)



(الف)

شکل ۴۶- الک های چیده شده (الف) الک ها روی دستگاه لرزاننده (ب)

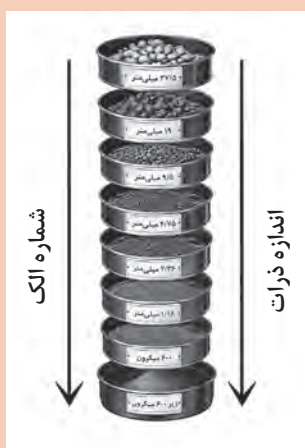
نحوه کار با دستگاه لرزاننده

دستگاه لرزاننده الک دارای مدل های متنوعی است. برای کار با دستگاه لرزاننده، بعد از چینش مجموعه الک ها به ترتیب شماره مش یا اندازه روزه توری، گرانول ها در بالاترین الک ریخته می شود و پس از گذاشتن در الک و محکم کردن گیره ها و اتصالات، دستگاه روشن می شود. 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 می شود. در برخی از نمونه های 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 ۴۷- دستگاه لرزاننده در اشکال و ابعاد مختلف



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

فعالیت کلاسی



تعیین توزیع دانه بندی گرانول ها

گرانول ها بر اساس محدوده اندازه آنها از یکدیگر جدا شوند. با لرزش مجموعه الک ها، گرانول های بزرگ تر از روزه های الک، روی الک باقی می مانند و گرانول های کوچک تر تا رسیدن به الک با سوراخ های کوچک تر، از روزه های الک ها عبور می کنند.

نکته



به ذراتی که روی الک باقی می ماند، ذرات روی الکی یا مانده گفته می شود.

رابطه ۳ درصد باقی مانده روی الک را بیان می کند.

$$\text{رابطه ۳} \quad ۱۰۰ \times \frac{(\text{وزن باقی مانده روی الک با اندازه مشخص})}{(\text{وزن کل ماده اولیه ریخته شده روی الکها})} = \text{درصد باقی مانده روی الک}$$



شکل ۴۸- الک های آزمایشگاهی

درصد ذرات باقی مانده روی هر الک به صورت **تجمعی** از جمع کردن درصد دانه های باقی مانده روی هر الک با درصد ذرات باقی مانده روی الک های قبلی به دست می آید.

درصد عبوری از هر الک را چگونه می توان به دست آورد؟

فکر کنید



برای به دست آوردن درصد عبوری از هر الک، ابتدا لازم است درصد تجمعی باقی مانده روی هر الک را به دست آورد. درصد تجمعی ذرات عبوری از رابطه ۴ به دست می آید:

$$\text{رابطه ۴} \quad \text{درصد تجمعی باقی مانده} - ۱۰۰ = \text{درصد تجمعی عبوری}$$

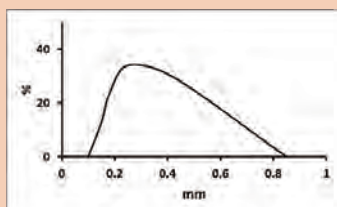
نتایج آزمون دانه بندی ماده اولیه ای به صورت جدول زیر است. جدول را تکمیل کنید.

فعالیت کلاسی

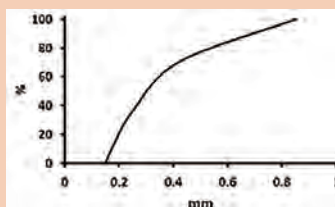


مش الک	اندازه ذرات (میلی متر)	مقدار ماده (گرم)	درصد روی الک	درصد تجمعی روی الک	درصد عبوری از الک
۲۰		۰			
۴۰		۲۸			
۶۰		۳۲			
۸۰		۲۲			
۱۰۰		۱۲			
زیر الک		۰			
مجموع					

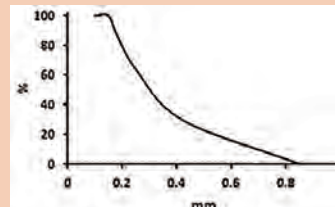
هر یک از نمودارها مربوط به کدام ستون از جدول صفحه قبل است؟



ج



ب



الف

جدول زیر را تکمیل کنید.

فکر کنید



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

نگهداری و تمیز کردن الک آزمایشگاهی

نگهداری صحیح از الک های آزمایشگاهی باعث افزایش عمر الک ها و همچنین کاهش خطا در نتایج می شود. همیشه بعد از استفاده از الک بهتر است الک با برس های مخصوص یا فشار باد تمیز شود تا روزه های آن تمیز و بدون گرفتگی باشد. در صورت عدم رعایت این مسائل، عمر الک بسیار کم شده و از دقت و کارایی آن کاسته می شود.



(ب)



(الف)

شکل ۴۹- نمونه هایی از برس برای تمیزکاری الک (الف)، تمیز کاری الک (ب)



کار عملی ۷: تعیین و توزیع دانه بندی با الک به روش خشک

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ترازو، الک با مش های مختلف، 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 الک ها را با رعایت نکات مربوطه روی یکدیگر بچینید. ۱۰۰ گرم گرانول وزن کرده و روی مجموعه الک ها بریزید. در زیر ریزترین الک، زیر الک یا سینی قرار می گیرد.

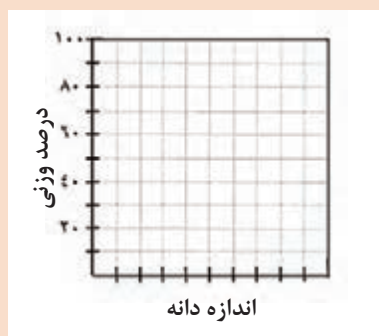
دقت کنید که الک های مورد استفاده خشک و تمیز باشند. الک ها و سینی را می توانید قبل از استفاده وزن کرده و وزن آنها را یادداشت کنید. به نظر شما این کار چه کمکی به شما خواهد کرد؟

نکته



- ۳ دستگاه لرزاننده شیکر را به مدت ۱۰ دقیقه روشن کنید. در صورت عدم دسترسی دستگاه به لرزاننده، مراحل را به صورت دستی انجام دهید و جدول زیر را تکمیل کنید.

مش الک	ابعاد روزنه الک (mm)	وزن باقی مانده	درصد باقی مانده	درصد عبوری	درصد تجمعی
۱۰					
۲۰					
۳۰					
۶۰					
۸۰					
۱۰۰					
۱۲۰					
کف الک					



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



کار عملی ۸: تعیین و توزیع دانه بندی با الک به روش تر

مواد و تجهیزات مورد نیاز: هاون، ترازو، الک با مش های مختلف، دستگاه خشک کن، سطل یا ظرف مناسب و دوغاب.

شرح فعالیت:

- ۱ بهتر است سطح الک را قبل از استفاده تر کنید.
- ۲ بر روی ظروف و الک حاوی مواد گروه خود برچسب بزنید.
- ۳ الک با روزه های بزرگ تر (مش های کوچک تر) بالاتر از الک های با روزه های ریز تر (مش های بزرگ تر) قرار خواهند گرفت. از سطل با حجم مناسب به جای سینی الک استفاده شود.
- ۴ دوغاب آماده شده برای گرانول سازی به روش تر را روی مجموعه الک ها بریزید.
- ۵ از مقداری آب برای شست و شوی الک و اطمینان از شست و شوی تمام ذرات کوچک (کلوئیدها) استفاده کنید.
- ۶ الک های حاوی مواد باقی مانده را داخل خشک کن قرار دهید.
- ۷ مقدار ماده خشک شده روی هر الک را وزن کنید و جدول زیر را کامل کنید.

مش الک	ابعاد روزه الک (میلی متر)	وزن باقی مانده (گرم)	درصد باقی مانده	درصد عبوری	درصد تجمعی
۱۰					
۲۰					
۳۰					
۶۰					
۸۰					
۱۰۰					
۱۲۰					

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

تعیین چگالی انباشتی

میزان تراکم گرانول با تعیین چگالی انباشتی مشخص می گردد. برای این کار گرانول ها در ظرف با حجم مناسب (معمولاً دانسیومتر) ریخته می شود تا پر شود. سپس با توزین آن و کم کردن وزن دانسیومتر، وزن ماده مورد نظر به دست می آید. سپس وزن ماده مورد نظر بر حجم ظرف تقسیم می شود و چگالی انباشتی به دست می آید.



کار عملی ۹: تعیین چگالی انباشتگی گرانول دستی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: گرانول آماده، دستکش کار، ماسک تنفسی، ترازو، دانسیومتر، خط کش و بشر.

شرح فعالیت:

- ۱ گرانول تولید شده دستی در کار عملی ۱ را که درون سطل سرپوشیده نگه داری می شود را بررسی کنید و در صورت آگلومره شدن یک بار دیگر آنها را از الک عبور دهید.
- ۲ دانسیومتر را وزن کنید.
- ۳ گرانول را درون دانسیومتر بریزید و بعد از پر شدن دانسیومتر سطح گرانول درون آن را با خط کش صاف کنید.
- ۴ دانسیومتر حاوی گرانول را وزن کنید. با کسر کردن وزن دانسیومتر خالی از وزن به دست آمده، وزن پودر به دست می آید.
- ۵ برای محاسبه چگالی انباشتگی، وزن ماده را بر حجم دانسیومتر تقسیم کنید و نتیجه را در کارگاه ارائه دهید.

نکته



در تعیین چگالی انباشتگی دانسیومتر باید خشک و تمیز باشد.



کار عملی ۱۰: تعیین چگالی انباشتگی گرانول تولید شده با دستگاه خشک کن پاششی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: گرانول تولید شده با خشک کن پاششی، دستکش کار، ماسک تنفسی، ترازو، دانسیومتر، خط کش و بشر.

شرح فعالیت:

- ۱ دانسیومتر را وزن کنید.
- ۲ گرانول را درون دانسیومتر بریزید و بعد از پر شدن دانسیومتر سطح گرانول درون آن را با خط کش صاف کنید.
- ۳ دانسیومتر حاوی گرانول را وزن کنید. با کسر کردن وزن دانسیومتر خالی از وزن به دست آمده، وزن گرانول به دست می آید.
- ۴ برای محاسبه چگالی انباشتگی، وزن ماده مورد نظر را بر حجم دانسیومتر تقسیم کنید و نتیجه را با چگالی گرانول دستی مقایسه کنید.

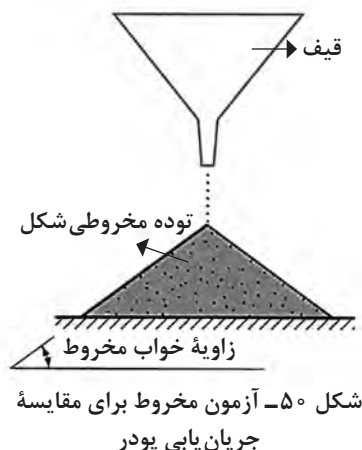
جریان یابی گرانول

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.

۱- Angle of repose

جدول ۳- رابطه زاویه خواب مخروط با جریان یابی

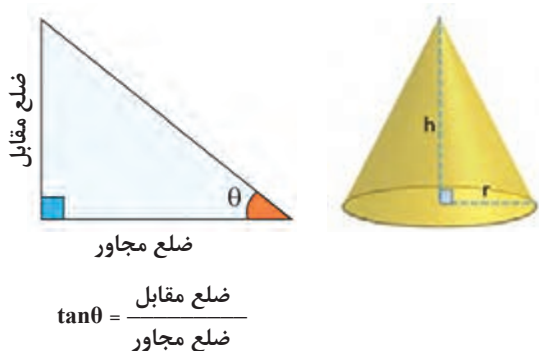
جریان یابی گرانول	زاویه خواب مخروط
بسیار زیاد	۲۵-۳۰
خوب	۳۱-۳۵
متوسط	۳۶-۴۰
قابل عبور از مجراها	۴۱-۵۵
ضعیف (نیاز به ویبره برای عبور یا تخلیه شدن)	۵۵<



برای تعیین جریان یابی گرانول، زاویه خواب مخروط اندازه گیری می شود. مقدار مشخصی از گرانول خشک شده درون یک قیف با انتهای بسته ریخته می شود. سپس با باز کردن انتهای قیف، گرانول ها بر روی یک سطح صاف با قطر ثابت تخلیه می شود. با اندازه گیری ارتفاع مخروط و داشتن شعاع مخروط زاویه خواب محاسبه می گردد. در شکل ۵۱ دستگاه تعیین زاویه خواب و عملکرد آن و در شکل ۵۲ نحوه اندازه گیری زاویه خواب مخروط نشان داده شده است.



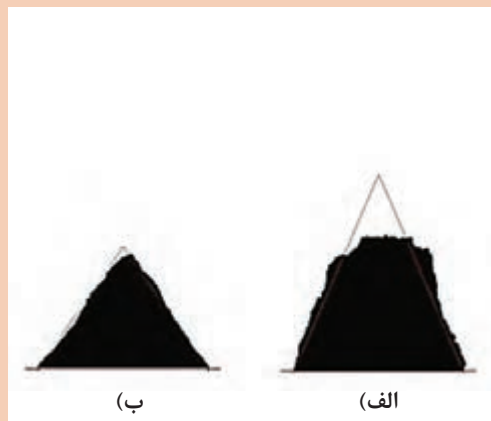
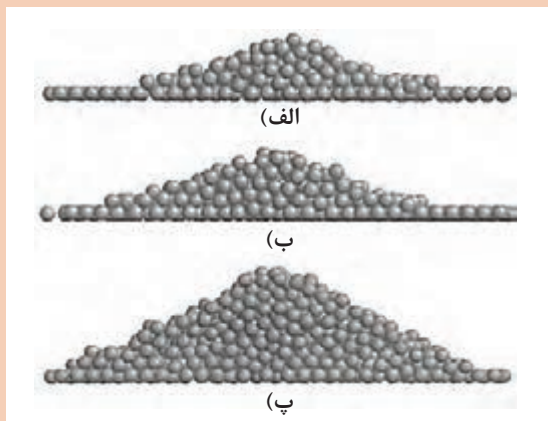
شکل ۵۱- نحوه عملکرد دستگاه تعیین زاویه خواب برای تعیین جریان یابی گرانول



شکل ۵۲- نحوه اندازه گیری زاویه خواب مخروط

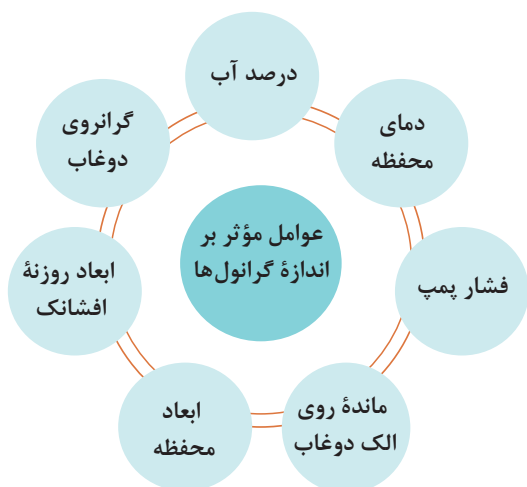


در شکل‌های زیر کدام یک از مواد، جریان‌یابی بهتری دارند؟



کار عملی ۱۱: تعیین جریان‌یابی گرانول دستی و گرانول آماده شده با خشک‌کن پاششی مواد و تجهیزات مورد نیاز: گرانول، دستکش کار، ماسک تنفسی، ترازو و قیف، خط کش و ماشین حساب. شرح فعالیت:

- ۱ گرانول تولید شده دستی در کار عملی ۱ و کار عملی ۳ را که درون سطل سرپوشیده نگهداری می‌شود بررسی کنید و در صورت آگلومره شدن یک بار دیگر آنها را از الک عبور دهید.
- ۲ مقداری از گرانول‌ها را خشک کنید.
- ۳ ۱۰۰ گرم از هر یک از گرانول‌ها را در یک قیف ریخته و از ارتفاع حدود ۱۵ سانتی‌متری بر روی سطحی صاف بریزید. به کمک هنرآموز خود، زاویه خواب مخروط حاصل را اندازه‌گیری کرده و با استفاده از جدول ۳ جریان‌یابی گرانول‌ها را تعیین و مقایسه کنید.



نمودار ۱۱- عوامل مؤثر بر اندازه گرانول‌ها

عوامل مؤثر بر اندازه گرانول

عوامل متعددی در اندازه گرانول‌ها تأثیرگذار است. مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر روی اندازه گرانول‌ها در نمودار ۱۱ ذکر شده است.

درباره عوامل مؤثر بر اندازه گرانول گفت‌وگو کنید.



ارزشیابی شایستگی کنترل پارامترهای گرانول

نام و نام خانوادگی		شماره ملی		تاریخ ارزشیابی:		نوبت:
کد حرفه	۸۱۸۱۲۳	حرفه:	متصدیان دستگاه های تولید سرامیک و شیشه	کد پیمان/پودمان	۸۱۸۱۲۳۰۱۳	استاندارد عملکرد: تعیین و کنترل ویژگی های فیزیکی گرانول مطابق مشخصات فنی و الزامات فرایندی
کد وظیفه شغل	۸۱۸۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	گرانول سازی	سطح صلاحیت	L _p	
کد کار	۸۱۸۱۲۳۰۱۳۲	کار	کنترل پارامترهای گرانول	سطح شایستگی	تسلط	

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	تعیین درصد رطوبت بر مبنای تر و خشک	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ۳۰ تا ۶۰ دقیقه (بسته به زمان خشک شدن نمونه) مواد: نمونه ماده یا پودر مورد آزمایش تجهیزات و ابزار: ترازوی آزمایشگاهی، ظرف توزین (بشراکسول) چینی/ظرف فلزی، آون یا خشک کن آزمایشگاهی، انبر یا دستکش نسوز، دسیکاتور (در صورت وجود)	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	اندازه گیری دقیق وزن تر و خشک، محاسبه صحیح درصد رطوبت و ثبت کامل و معتبر نتایج	۳	
				اندازه گیری و محاسبه قابل قبول درصد رطوبت با ثبت کافی نتایج	۲	
				اندازه گیری یا محاسبه نادرست و ثبت ناقص یا اشتباه نتایج	۱	
۲	تعیین و توزیع دانه بندی گرانول	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ۱۵ تا ۲۰ دقیقه مواد: نمونه گرانول تهیه شده تجهیزات و ابزار: مجموعه الک های استاندارد، دستگاه لرزاننده الک (شیکر) یا الک دستی، ترازوی آزمایشگاهی، ظرف جمع آوری مواد، برس تمیزکاری الک	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	اجرای دقیق و کامل آزمون دانه بندی، محاسبه صحیح درصدها، تحلیل و ثبت مستند نتایج	۳	
				اجرای قابل قبول آزمون، محاسبه نسبی درصدها و ثبت نتایج	۲	
				اجرای نادرست یا ناقص آزمون، خطا در جداسازی یا ثبت داده ها	۱	
۳	تعیین چگالی انباشتگی گرانول	مکان: کارگاه استاندارد زمان: حدود ۱۰ تا ۱۵ دقیقه مواد مصرفی: نمونه گرانول آماده شده تجهیزات و ابزار مورد نیاز: استوانه مدرج یا ظرف با حجم مشخص، ترازوی آزمایشگاهی، قیف یا وسیله مناسب برای ریختن گرانول، خط کش یا کاردک برای صاف کردن سطح	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	اندازه گیری دقیق جرم و حجم، محاسبه صحیح چگالی انباشتگی و ثبت کامل داده ها	۳	
				اندازه گیری و محاسبه قابل قبول چگالی انباشتگی با ثبت مناسب نتایج	۲	
				اندازه گیری یا محاسبه نادرست و ثبت ناقص یا اشتباه داده ها	۱	
۴	تعیین جریان یابی گرانول	مکان: آزمایشگاه زمان: ۱۵ تا ۲۰ دقیقه مواد: نمونه گرانول خشک و یکنواخت تجهیزات و ابزار: قیف استاندارد، پایه نگهدارنده قیف، استوانه مدرج یا ظرف جمع آوری، ترازوی آزمایشگاهی، کرنومتر، خط کش یا کولیس (در صورت نیاز)	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	انجام صحیح آزمون جریان یابی گرانول با کنترل کامل شرایط، محاسبه دقیق زمان جریان و ثبت کامل نتایج	۳	
				انجام قابل قبول آزمون جریان یابی و اندازه گیری زمان جریان با ثبت نتایج استاندارد	۲	
				انجام نادرست آزمون، عدم کنترل شرایط یا ثبت ناقص و غیر قابل اعتماد نتایج	۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	۱- ایمنی: کفش ایمنی - کلاه ایمنی - لباس کار ۲- نگرش: علاقه به کار - دقت بالا - نظم ۳- زیست محیطی: استفاده از سیستم های تهویه - جداسازی و تفکیک زباله ها - رعایت نظافت محیط کار ۴- شایستگی های غیر فنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار	رعایت بند ۱ الی ۴ عدم رعایت موارد ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی یا استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل های اجرایی در تمام مراحل کار	۲	
				عدم رعایت اصول ایمنی و استفاده ناقص از تجهیزات فردی، ضعف در نگرش حرفه ای شامل بی دقتی و بی نظمی، بی توجهی به الزامات زیست محیطی مانند تهویه و نظافت و عدم پایبندی به قوانین و دستورالعمل های اجرایی در انجام فعالیت ها	۱	

☐ بلی☐ خیر

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)

توضیحات:

۱- معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۱ و ۲ (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش

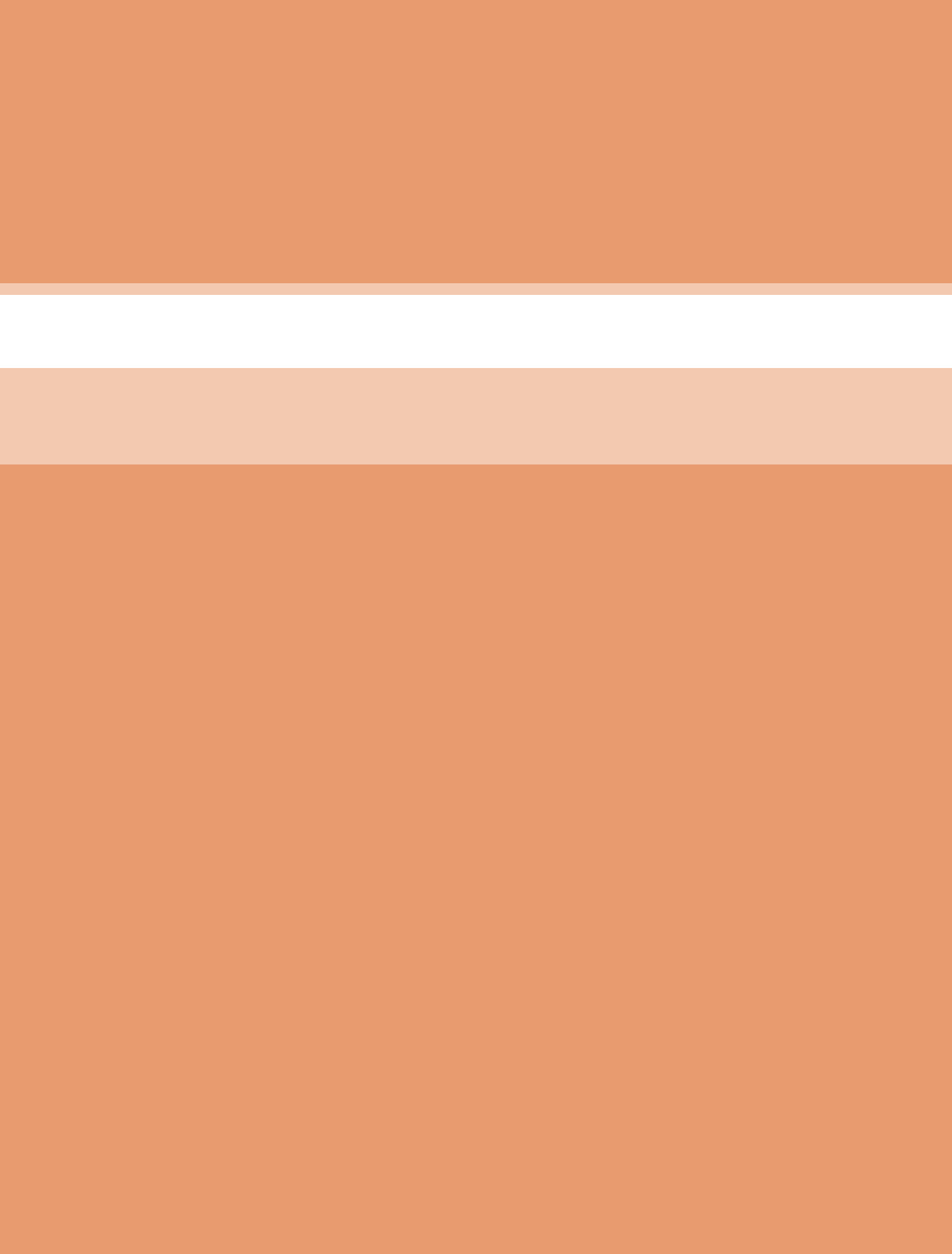
- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲- تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه ای انجام می شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار

اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه ریزی و تحلیل، پاسخ گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت ها

تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.





پودمان چهارم

پرس پودر



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

واحد یادگیری ۱

پرس پودر

آیا تا به حال پی برده‌اید

- ۱ قرص‌های خوراکی و دارویی به چه روشی شکل‌دهی می‌شوند؟
 - ۲ چه عواملی باعث می‌شود روش پرس برای شکل‌دهی یک محصول سرامیکی انتخاب شود؟
 - ۳ برای تولید کدام محصولات سرامیکی از روش پرس استفاده می‌شود؟
- هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت به کارگیری دستگاه‌های پرس برای ساخت محصولات سرامیکی است. همچنین آشنایی با مراحل فرایند پرس در این واحد در نظر گرفته شده است.

استاندارد عملکرد

تولید قطعه به روش پرس پودر با استفاده از پرس دستی و نیمه‌اتوماتیک

پرس پودر

به نظر شما قرص‌های دارویی و قندهای حبه شکل ۱ به چه روشی شکل‌دهی می‌شوند؟



شکل ۱

آمیز سرامیکی با درصد رطوبت کم چگونه شکل‌دهی می‌شود؟
پلاستیسیته یکی از عوامل مهم در شکل‌دهی برخی از بدنه‌های سرامیکی است. اگر مقدار رطوبت آمیز، کمتر از محدوده پلاستیک باشد، آمیز حاصل به‌سادگی 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.



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



شکل ۳- ورق نئوپان (الف) چرخ دنده ساعت (ب)

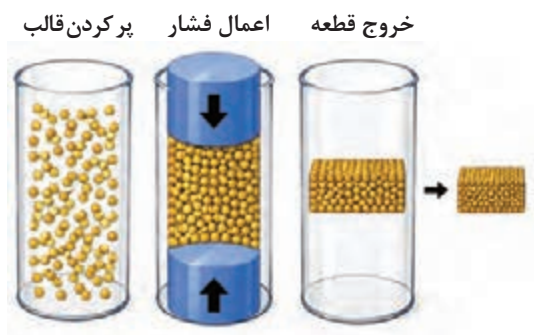
بسیاری از قطعات سرامیکی مانند کاشی‌ها، آجرهای دیرگداز، دیسک ساینده، چینی شمع اتومبیل، گلوله سرامیکی و کاتالیست‌های مورد مصرف در صنایع نفت و گاز با روش پرس پودر تولید می‌شوند. علاوه بر صنعت سرامیک، در صنایع چوب برای تولید ورق نئوپان و در صنعت متالورژی برای ساخت چرخ‌دنده ساعت نیز از پرس پودر برای شکل‌دهی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

نکته



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 کاربیدی متغیر است.

مراحل شکل‌دهی به روش پرس پودر



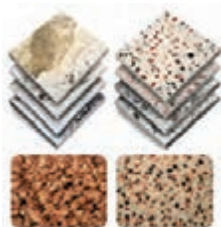
شکل ۴- مراحل شکل‌دهی به روش پرس پودر

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

آماده‌سازی مواد اولیه برای پرس

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

- ۱- تهیه گرانول توسط اسپری درایر یا دیگر تجهیزات گرانول‌سازی؛
 - ۲- تهیه مخلوطی از مواد اولیه با اندازه ذرات درشت، متوسط و ریز، همراه با افزودنی‌های توسط میکسر.
- در شکل ۵ محصولات سرامیکی براساس روش آماده‌سازی مواد اولیه نشان داده شده است.



صنایع کاشی



صنایع چینی ظروف



صنایع دیرگداز
مخلوط کردن مواد اولیه

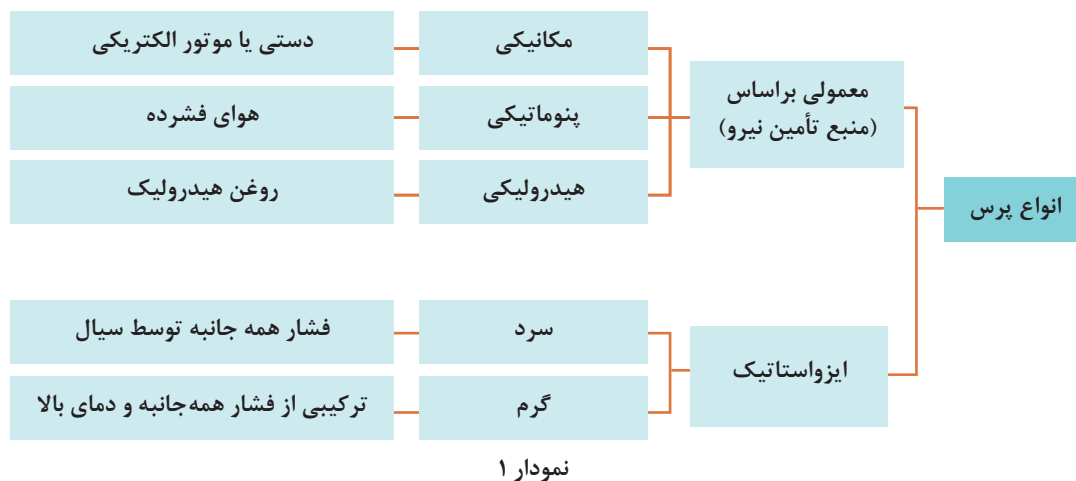
شکل ۵- محصولات سرامیکی



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

تقسیم بندی انواع پرس

انواع دستگاه های پرس در نمودار ۱ بیان شده است.



پرس معمولی

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

۱- پرس مکانیکی

پرس های مکانیکی می تواند نیروی فشاری را از طریق چرخش و اصطکاک به پانچ های بالا و پایین منتقل نماید. پرس های اصطکاکی، از یک پیچ بزرگ و یک چرخ اصطکاکی تشکیل شده است.

در اثر اصطکاک بین چرخ و دیسک ها، پیچ به سمت پایین یا بالا حرکت کرده و عمل پرس کاری انجام می شود. این روش برای تولید موزاییک، آجر نما و دیرگداز به کار می رود. در شکل ۶ پرس اصطکاکی نشان داده شده است. سرعت بالای این دستگاه ها امکان تولید بیشتر در مدت زمان های کوتاه تری را فراهم می کند، اما کنترل کمتری بر روی فشار اعمالی به وجود می آورد.



شکل ۶- پرس اصطکاکی

۲- پرس پنوماتیکی

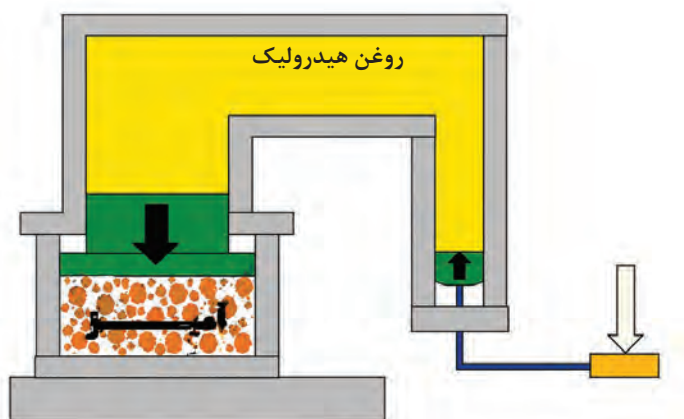
پرس‌های پنوماتیکی می‌تواند نیروی فشاری را از طریق هوای فشرده منتقل نماید. هنگامی که هوای فشرده وارد سیلندر می‌شود، پیستون داخل آن حرکت کرده و نیرو را به میله پرس منتقل می‌کند. این پرس‌ها سرعت بالایی در تولید دارند، اما قدرت کمی دارند. معمولاً برای کاربردهای سبک استفاده می‌شوند. در شکل ۷ پرس پنوماتیک نشان داده شده است.



شکل ۷- پرس پنوماتیک

۳- پرس هیدرولیک

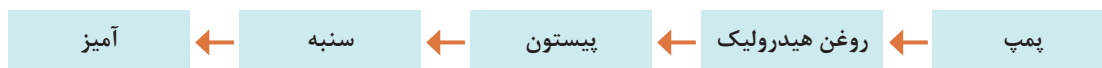
پرس‌های هیدرولیک از فشار مایع برای فشردن آمیز استفاده می‌کنند. این دستگاه به دلیل توانایی ایجاد فشار بالا و کنترل دقیق، در صنعت دیرگداز و کاشی کاربرد زیادی دارند. در شکل ۸ دستگاه پرس هیدرولیک دستی نشان داده شده است. در پرس‌های هیدرولیک فشار توسط یک پمپ به روغن هیدرولیک اعمال شده و سپس فشار از روغن به پیستون منتقل می‌شود. در نهایت سنبه متصل به پیستون، پودر یا آمیز داخل قالب را متراکم می‌کند. در شکل ۹ عملکرد دستگاه پرس هیدرولیک و در نمودار ۲ ترتیب اعمال فشار در دستگاه پرس هیدرولیک نشان داده شده است.



شکل ۹- عملکرد دستگاه پرس هیدرولیک

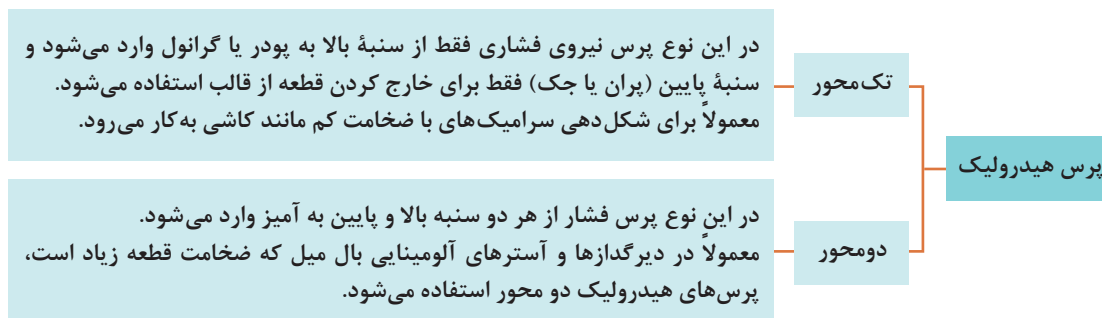


شکل ۸- پرس هیدرولیکی دستی



نمودار ۲- ترتیب اعمال فشار در دستگاه پرس هیدرولیک

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



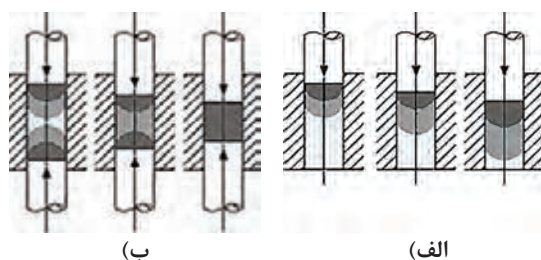
نمودار ۳- پرس هیدرولیک تک محور و دو محور

۱ کدام یک از پرس‌های شکل زیر تک‌محور و کدام یک دو محور است؟

۲ مزیت پرس دو محور نسبت به تک‌محور چیست؟

فعالیت کلاسی

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 تک محور (الف) و دو محور (ب)

دستگاه‌های پرس هیدرولیک در ابعاد کارگاهی و صنعتی تولید می‌شوند. پرس‌های کارگاهی معمولاً به صورت دستی (شکل ۱۱- الف)، نیمه‌اتوماتیک (شکل ۱۱- ب) و اتوماتیک (شکل ۱۱- ج) تولید می‌شوند. این پرس‌ها معمولاً برای تولید کاشی و آجرهایی با ابعاد کوچک مناسب هستند. در پرس هیدرولیک دستی اعمال فشار توسط یک پمپ دستی اهرمی و قرارگیری قالب در دستگاه و مراحل خروج نمونه از قالب توسط اپراتور انجام می‌شود. در پرس هیدرولیک نیمه‌اتوماتیک اعمال فشار توسط موتور الکتریکی انجام می‌شود ولی قرارگیری قالب در دستگاه و خروج قطعه از قالب به کمک اپراتور انجام می‌شود. در پرس اتوماتیک کلیه فرایندهای پرس از اعمال فشار تا خروج قطعه به صورت اتوماتیک توسط دستگاه انجام می‌شود. پرس‌های کارگاهی معمولاً دارای ظرفیت ۱۰ تا ۵۰ تن هستند.



ج) پرس کارگاهی اتوماتیک



ب) پرس کارگاهی نیمه اتوماتیک



الف) پرس کارگاهی دستی

شکل ۱۱- پرس هیدرولیک



شکل ۱۲- پرس صنعتی تک محور کاشی

پرس‌های صنعتی دارای ابعاد بزرگ و ظرفیت اعمال فشار بالایی تا چندین هزار تن هستند و برای تولید کاشی‌ها و آجرهایی با ابعاد بزرگ استفاده می‌شود. پرس‌های صنعتی برای عملکرد مداوم با بازدهی بالا طراحی شده‌اند. در شکل ۱۲ دستگاه پرس هیدرولیک که در کارخانه کاشی مورد استفاده قرار می‌گیرد نشان داده شده است.

- ۱ به حداکثر نیرویی که دستگاه پرس قادر است در طول فرایند تولید به آميز اعمال کند، ظرفیت پرس می‌گویند.
- ۲ یک کیلوگرم نیرو معادل ۱۰ نیوتن است.
- ۳ یک تن نیرو معادل ۱۰۰۰ کیلوگرم است.

نکته



جنس سنبه (پانچ) و قالب

به نظر شما جنس قالب و سنبه با توجه به چه عواملی تعیین می‌شود؟
جنس قالب و سنبه با توجه به میزان سختی آميز متغیر است.

در کارگاه‌های کوچک برای تولید کاشی‌ها و آجرهایی با ابعاد کوچک از قالب‌های فولادی آلیاژی استفاده می‌شود در شکل ۱۳ قالب فولادی کارگاهی که شامل قسمت زیرین قالب، دیواره قالب و سنبه است، نشان داده شده است.



شکل ۱۳- اجزای قالب فولادی

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 فولاد آلیاژی 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 درجهٔ سلسیوس گرم می‌کنند تا چسبندگی گرانول به سنبه کاهش یابد (شکل‌های ۱۴ و ۱۵).



شکل ۱۵- سنبه



شکل ۱۴- قالب کاشی

قالب‌های پرس به صورت تک حفره^۲ و چندحفره ساخته می‌شوند. در شکل ۱۶ قالب تک حفره برای کاشی‌ها با ابعاد بزرگ و در شکل ۱۷ قالب چهار حفره برای کاشی‌ها با ابعاد کوچک نشان داده شده است.

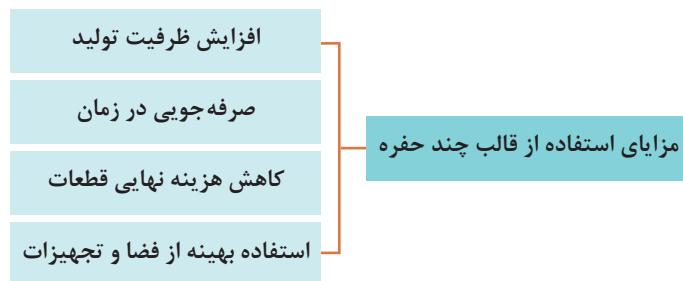


شکل ۱۷- قالب ۴ حفره برای کاشی‌های با ابعاد کوچک



شکل ۱۶- قالب تک حفره برای کاشی‌های با ابعاد بزرگ

براساس ظرفیت پرس و مساحت قطعه، تعداد حفره مشخص می‌شود. در نمودار ۴ مزیت‌های قالب‌های چند حفره بیان شده است.



نمودار ۴- مزایای استفاده از قالب چند حفره

ظرفیت تولید در قالب تک حفره ۵۰×۵۰ بیشتر است یا قالب دو حفره ۲۵×۲۵؟

فکر کنید



سایش سطوح داخلی قالب باعث ایجاد چه مشکلاتی می‌شود؟

تحقیق کنید



مواد لغزان ساز^۱

به منظور کاهش اصطکاک بین اجزاء (آمیز و قالب)، از مواد لغزان ساز (مانند تالک و گرافیت) در پرس کردن آمیز محصولات سرامیکی استفاده می‌شود.

آیامی دانید



جدول ۱- روان سازها

در جدول ۱ برخی از روان سازها بیان شده است.

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

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، مقرّه بشقابی به کار می‌رود. جنس قالب این پرس‌ها ممکن است فولادی یا گچی باشد.

پرس نیمه خشک

مقدار رطوبت موجود در آمیز ۴-۹ درصد است. برای شکل دهی 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 ۴-۵ درصد است. برای شکل دهی قطعاتی که در آنها مواد رسی وجود ندارد یا به مقدار بسیار کم وجود دارد. بنابراین استفاده از چسب‌های آلی برای ایجاد استحکام در بدنه خام لازم است. آمیز مصرفی نیاز به آماده‌سازی و ساخت گرانول دارد.

روش پرس خشک

روش پرس خشک، برای فشردن پودرهای خشک به کار می‌روند. در این روش پودرها تحت فشار شدید به هم فشرده و به یکپارچگی می‌رسند. در جدول ۲ مزایا و معایب پرس خشک بیان شده است.

جدول ۲- مزایا و معایب پرس خشک

مزایا	تولید انبوه قطعات (با قابلیت اتوماتیک شدن و سرعت تولید بالا)
	دقت ابعادی بالا (با توجه به رطوبت ناچیز و انقباض خشک بسیار کم قطعات)
	قابلیت تولید بدنه‌هایی با پلاستیسیته کم (با توجه به درصد رطوبت کم)
معایب	هزینه تعمیر و نگهداری بالای قالب (با توجه به سایش بیشتر قالب)

برای تولید نسل جدید سرامیک‌ها و پانل‌های پرسی در ابعاد بزرگ $3200 \times 1600 \text{ mm}$ برای اعمال فشار آمیز بین دو غلتک بزرگ قرار می‌گیرد و به تدریج تحت فشار، فشرده می‌شوند و به یکپارچگی می‌رسند. توانایی تولید در این روش بسیار بالا است.

نکته

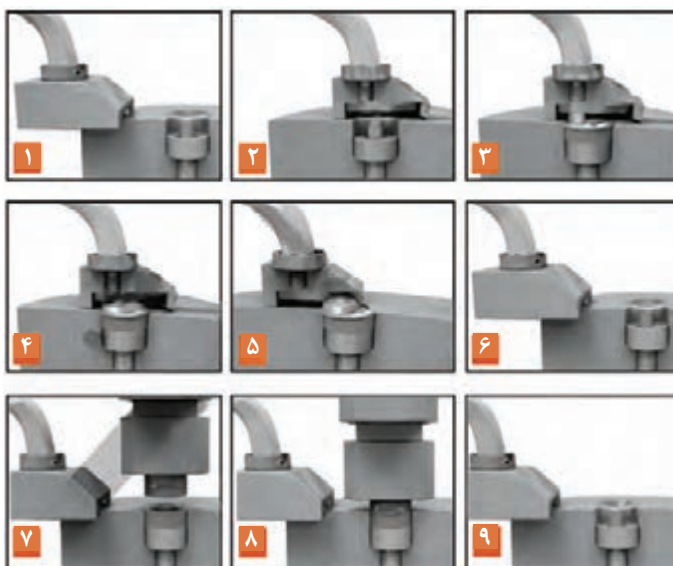


مراحل پرس قطعه

در جدول ۳ مراحل پرس قطعه در صنعت نشان داده شده است.

جدول ۳

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



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.

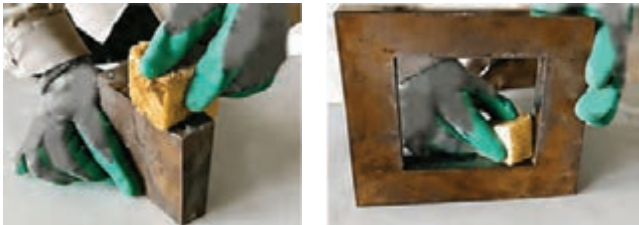
اگر عمل هواگیری به درستی انجام نشود چه مشکلاتی در قطعه ایجاد می‌شود؟

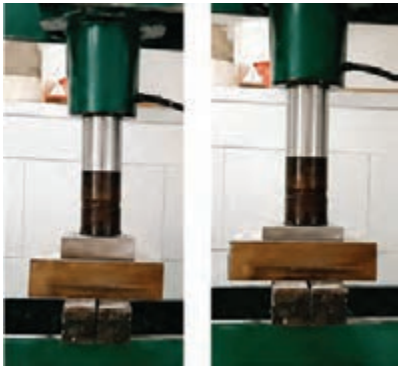
فکر کنید



مراحل پرس کاشی با ابعاد کوچک با پرس هیدرولیک دستی کارگاهی تک محور در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- مراحل پرس کاشی کوچک با پرس هیدرولیک کارگاهی

توضیح	تصویر
۱ آماده سازی قالب ■ پاک کردن اجزای قالب ■ آغشته کردن سطوح داخلی قالب به مواد لغزان ساز	 
۲ چفت کردن قالب و پر کردن قالب با گرانول ها	
۳ قرار دادن سنبه بر روی گرانول ها	
۴ قرار دادن قالب زیر دستگاه پرس هیدرولیک دستی	

	۵ افزایش تدریجی نیرو در چند مرحله نکته: عملیات هواگیری نیز باید در چندین مرحله انجام شود.
	۶ خروج قطعه پرس شده از قالب

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



آیامی دانید



واحدهای رایج فشار پرس کاری kgf/cm^2 و bar و Psi (پوند بر اینچ مربع) است.
یک کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع (kgf/cm^2) معادل (bar) ۰/۹۸ است.
یک کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع (kgf/cm^2) معادل (Psi) ۲۲/۱۴ است.

فعالیت کلاسی



در جدول ۵ بعد فشار و نیروی پرس‌کاری چند قطعه سرامیکی مقایسه شده است. طبق مثال حل شده مقدار نیرو را محاسبه و جدول را تکمیل کنید.
مثال: برای رسیدن به خواص مطلوب در آستر آلومینایی لازم است فشاری معادل ۷۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع بر قطعه وارد شود. اگر ابعاد خام قطعه ۱۸×۱۲ سانتی‌متر باشد و در هر مرحله پرس‌کاری ۲ قطعه پرس شود، مقدار نیروی مورد نیاز را محاسبه کنید؟

راه حل:

مساحت قطعه سانتی مترمربع $۱۲ \times ۱۸ = ۲۱۶$
 نیرو: $F = P \times A \times \text{تعداد حفره} = ۷۰۰ \times ۲۱۶ \times ۲ = ۳۰۲۴۰۰ \text{ kgf} = ۳۰۲.۴ \text{ tonf}$

جدول ۵- مقایسه فشار و نیروی پرس کاری چند قطعه سرامیکی

ابعاد قطعه خام cm	تعداد حفره*	فشار پرس کاری kgf/cm ^۲	کیلوگرم نیرو kgf	تن نیرو tonf
۱۸×۱۲	۲	۷۰۰	۳۰۲۴۰۰	۳۰۲/۴
۴۳×۸۶	۲	۴۰۰		
۲۵×۳۷/۵	۱	۲۰۰۰		
۲۰×۲۲	۲	۱۰۰۰		
۶۰×۳۰	۴	۲۵۰		

مشخصات یک پرس ۷۵۰۰ تن نیرو که در صنعت کاشی استفاده می شود در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- مشخصات پرس هیدرولیک

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

با این پرس می توان سرامیک های پرسلانی با ابعاد ۸۰×۱۶۰ سانتی متر با فشار ۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی مترمربع تولید کرد.

اگر بازده یک پرس هیدرولیک ۷۵۰۰ تن - نیرو، ۹۰ درصد باشد، بزرگ ترین قطعه خام مربعی شکلی که بتوان در قالب تک حفره ای تولید کرد چقدر است؟ فشار پرس کاری را $۴۰۰ \text{ kgf/cm}^۲$ فرض کنید. این مسئله را در مورد یک قالب دو حفره ای حل کنید.

آیامی دانید



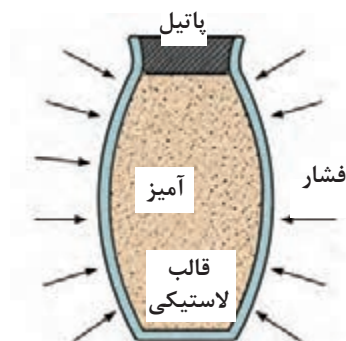
فعالیت کلاسی





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

پرس ایزواستاتیک



شکل ۱۸- مبنای کار 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 (شکل ۱۸). این نوع پرس به صورت سرد یا گرم انجام می‌شود.

پرس ایزواستاتیک سرد^۱



شکل ۱۹- پرس ایزواستاتیک گلوله آلومینایی

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 غیریکنواخت ساییده می‌شود و راندمان آسیاب کاهش می‌یابد.

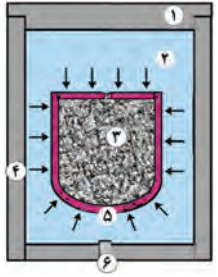
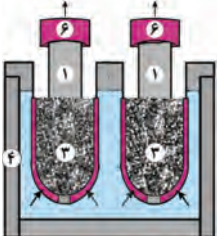
در پرس‌های ایزواستاتیک یک محفظه فشار از جنس فولاد آلیاژی وجود دارد که داخل آن یک توری استیل قرار دارد و قالب‌های لاستیکی معمولاً از جنس پلی‌یورتان در داخل توری قرار می‌گیرد. آب ارزان‌ترین سیال برای پرس ایزواستاتیک سرد است که برای جلوگیری از خوردگی تجهیزات به آن روغن‌های حل‌شونده و عوامل ضد فساد اضافه 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.



شکل ۲۰- قالب و پانچ پلی‌یورتانی جهت تولید گلوله

انواع پرس ایزو استاتیک سرد

۱ درپوش محفظه فشار ۲ آب ۳ آمیز ۴ محفظه فشار ۵ قالب الاستیکی ۶ پانچ بالا		دستی (wetbag) 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 دیرگذاها
		اتوماتیک (drybag) 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 ۷- مقدار فشار پرس چند محصول در پرس ایزو استاتیک سرد

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

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





روش‌های ویژه پرس

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

تراکم زیاد و تخلخل کمتر از مزایای این روش است.

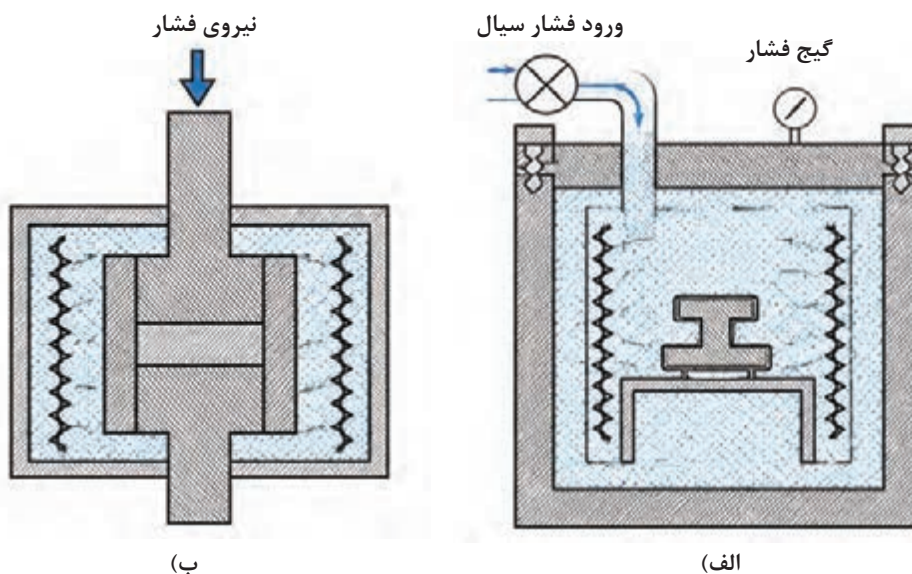
پرس ایزواستاتیک گرم^۱

در این روش پرس، قطعه پیش شکل داده شده در محفظه‌ای تحت فشار و دمای بالا که به‌طور 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 ایزواستاتیک گرم با استفاده از المنت‌های الکتریکی تأمین می‌شود.

محدوده دما و فشار در پرس ایزواستاتیک گرم

دما	۵۰۰ تا ۲۲۰۰ درجه سلسیوس
فشار	تا ۲۰۰۰ kgf/cm ^۲



شکل ۲۱- پرس ایزواستاتیک گرم (الف)، پرس گرم (ب)

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۱: آماده‌سازی دستگاه پرس هیدرولیک مواد و تجهیزات موردنیاز: دستگاه پرس هیدرولیک شرح فعالیت:

با کمک هنرآموز، به صورت عملی دستگاه پرس را جهت عملیات شکل دادن آماده کنید.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۲: آماده‌سازی قالب برای فرایند پرس مواد و تجهیزات موردنیاز: قالب پرس، اسفنج، لغزان ساز شرح فعالیت:

۱ در گروه‌های مختلف ابتدا قالب پرس را از انبار تحویل بگیرید.

۲ تکه‌های قالب را از هم جدا کنید.

۳ با استفاده از اسفنج تکه‌های قالب را پاک کنید.

۴ از مواد لغزان ساز به منظور کاهش اصطکاک تکه‌های قالب استفاده نمایید.

گفت‌وگو کنید



با کمک هنرآموز، درباره نحوه قرارگیری تکه‌های قالب و چفت کردن آن گفت‌وگو کنید.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۳: فرایند شکل‌دهی گرانول با روش پرس

مواد و تجهیزات موردنیاز: دستگاه پرس، قالب پرس، اسفنج، لغزان ساز و گرانول آماده شده
شرح فعالیت:

۱ قالب پرس را آماده‌سازی کنید و گرانول‌های آماده شده را داخل قالب بریزید.

۲ سنبه را به صورت صحیح روی گرانول‌ها در قالب قرار دهید.

۳ قالب را بدون جدا شدن و جابه‌جایی تکه‌های قالب زیر دستگاه پرس قرار دهید.

نکته

درباره محل صحیح قرارگیری قالب در دستگاه پرس از هنرآموز خود کمک بگیرید.

۴ فشار ۲۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع را طی سه مرحله به شرح زیر بر روی سنبه اعمال نمایید.

الف) ۳۰ درصد فشار کل را اعمال کنید، سپس عمل هواگیری را انجام دهید.

ب) ۶۰ درصد فشار کل را اعمال کنید، سپس عمل هواگیری را انجام دهید.

پ) ۱۰۰ درصد فشار کل را اعمال کنید، سپس عمل هواگیری را انجام دهید.

۵ با کمک هنرآموز خود فرایند خروج قطعه پرس شده را از قالب انجام دهید.

گفت‌وگو کنید



درباره علت هواگیری و تعداد مراحل هواگیری در کارگاه بحث و گفت‌وگو کنید.



کار عملی ۴: فرایند شکل دهی مخلوط مواد آماده شده با روش پرس مواد و تجهیزات مورد نیاز: شاموت در دانه بندی های متفاوت، بالکلی، کائولن، آلومینا، آب، دستگاه پرس، قالب پرس، اسفنج، لغزان ساز

شرح فعالیت:

۱) مخلوط مواد اولیه را طبق جدول زیر آماده کنید.

ماده اولیه	دانه بندی	درصد
شاموت درشت	۰/۶-۰/۲۵ میلی متر	۲۰٪
شاموت متوسط	۰/۱۸-۰/۲۵ میلی متر	۱۱٪
شاموت ریز	۰-۰/۱۸ میلی متر	۹٪
کائولن	۰-۰/۲۵ میلی متر	۱۵٪
بالکلی	۰-۰/۲۵ میلی متر	۱۷٪
آلومینا	۰-۰/۱۲ میلی متر	۲۸٪

۲) مخلوط آماده شده را درون مخلوط کن بریزید و ۷ درصد رطوبت به آن اضافه کنید.

۳) قالب پرس را آماده سازی کنید.

۴) مخلوط مواد آماده شده را داخل قالب بریزید.

۵) سنبه را به صورت صحیح روی مخلوط مواد اولیه در قالب قرار دهید.

۶) قالب را بدون جدا شدن و جابه جایی تکه های قالب زیر دستگاه پرس قرار دهید.

تذکر

درباره محل صحیح قرارگیری قالب در دستگاه پرس از هنرآموز، کمک بگیرید.

۷) فشار ۲۰۰ کیلوگرم بر سانتی مترمربع را طی سه مرحله به شرح زیر بر روی سنبه اعمال نمایید.

الف) ۳۰ درصد فشار کل را اعمال کنید، سپس عمل هواگیری را انجام دهید.

ب) ۶۰ درصد فشار کل را اعمال کنید، سپس عمل هواگیری را انجام دهید.

پ) ۱۰۰ درصد فشار کل را اعمال کنید، سپس عمل هواگیری را انجام دهید.

۸) با کمک هنرآموز، فرایند خروج قطعه پرس شده را از قالب انجام دهید.

نام و نام خانوادگی		شماره ملی	نوبت:
کد حرفه	۸۱۸۱۲۳	کد پیمان/پودمان	۸۱۸۱۲۳۰۱۴
کد وظیفه شغل	۸۱۸۱۲۳۰۱	سطح صلاحیت	L _p
کد کار	۸۱۸۱۲۳۰۱۴۱	سطح شایستگی	مهارت / تسلط
حرفه :		متصدیان دستگاه‌های تولید سرامیک و شیشه	استاندارد عملکرد کار: تولید قطعه پرس شده مطابق با مشخصات فنی و دستورالعمل‌های فرایندی
وظیفه شغل:		شکل دهی به روش پرس پودر	
کار		پرس پودر	

ردیف	مراحل حل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده کردن دستگاه پرس	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ۱۵ تا ۳۰ دقیقه مواد: گرانول آماده با رطوبت مناسب، روان‌کننده قالب (در صورت نیاز) تجهیزات و ابزار: دستگاه پرس (هیدرولیک یا مکانیکی)، قالب پرس (سنبه و ماتریس)، کمپرسور هوا (در صورت وجود)، ابزار تمیزکاری (برس و دستمال)، ترازوی کنترل وزن قطعه	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	بررسی کامل دستگاه، تنظیم دقیق پارامترها، رعایت کامل ایمنی و آماده‌سازی اصولی محیط کار	۳	
					۲	
					۱	
۲	تمیزکاری و روانکاری قالب پرس	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه مواد: روان‌کننده قالب (روغن یا اسپری)، دستمال تمیز، ماده تمیزکننده (در صورت نیاز) تجهیزات و ابزار: قالب پرس (سنبه و ماتریس)، برس نرم یا فرچه، ابزار باز و بسته کردن قالب، دستکش ایمنی، ظرف جمع‌آوری ضایعات	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	تمیزکاری کامل قالب، بررسی دقیق سطح و اعمال یکنواخت و کنترل‌شده روان‌کننده	۳	
					۲	
					۱	
۳	تولید قطعه با کیفیت مناسب با پرس گرانول	مکان: واحد شکل‌دهی (پرس) کارگاه سرامیک زمان: حدود ۱۰ تا ۲۰ دقیقه برای هر مرحله تولید مواد مصرفی: گرانول آماده با دانه‌بندی و رطوبت مناسب تجهیزات و ابزار مورد نیاز: دستگاه پرس (هیدرولیک یا مکانیکی)، قالب پرس (سنبه و ماتریس)، سیستم تغذیه، گرانول، ترازوی کنترل وزن، ابزار تمیزکاری قالب	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	انتخاب صحیح مواد، تنظیم دقیق پارامترهای پرس، توزیع یکنواخت ماده و تولید قطعه با کیفیت بالا بدون نقص	۳	
					۲	
					۱	
۴	تولید قطعه با کیفیت مناسب با پرس مخلوط مواد آماده شده	مکان: واحد شکل‌دهی یا پرس کارگاه سرامیک زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه برای هر سیکل پرس مواد: مخلوط مواد آماده با رطوبت مناسب تجهیزات و ابزار: دستگاه پرس (هیدرولیک یا مکانیکی)، قالب پرس (سنبه و ماتریس)، سیستم تغذیه مواد، ترازوی کنترل وزن، ابزار تمیزکاری قالب	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	توزیع یکنواخت مخلوط در قالب، تنظیم دقیق پارامترهای پرس، تولید قطعه متراکم، سالم و بدون نقص	۳	
					۲	
					۱	
شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		۱- ایمنی: کفش ایمنی - کلاه ایمنی - لباس کار ۲- نگرش: علاقه به کار - دقت بالا - نظم ۳- زیست محیطی: استفاده از سیستم‌های تهویه - جداسازی و تفکیک زباله‌ها - رعایت نظافت محیط کار ۴- شایستگی‌های غیر فنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار	رعایت بند ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه‌ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست‌محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها، و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در تمام مراحل کار	۲	
					۱	

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)

☐ بدی☐ خیر

توضیحات:

۱- معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۱ و ۲ (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲- تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲

نظارت بر پرس پودر

آیا تا به حال پی برده‌اید

- ۱ تراکم قطعه‌های پرس شده چه تأثیری بر محصول نهایی خواهد داشت و چگونه بررسی می‌شود؟
 - ۲ عدم یکنواختی در قطعه‌های پرس شده چه مشکلاتی ایجاد خواهد کرد؟
 - ۳ در صورتی که از گرانول‌ها با رطوبت مناسب استفاده نشود، چه مشکلاتی در فرایند پرس ایجاد خواهد شد؟
- هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت بررسی تراکم‌پذیری پودر، یکنواختی چگالی، عیوب ظاهری قطعه پرس شده و آشنایی با راه‌حل‌های مناسب برای برطرف کردن عیوب ایجاد شده می‌باشد.

استاندارد عملکرد

شناسایی و بررسی علت عیوب ایجاد شده در قطعه پرس شده و انتخاب روش مناسب برای برطرف کردن عیوب به منظور دستیابی به قطعه‌ای با کیفیت مناسب.

تراکم‌پذیری پودر

تراکم‌پذیری پودر از پارامترهای مهمی است که در فرایند پرس کاری باید در نظر گرفت. رابطه ۱ تراکم‌پذیری پودر را بیان می‌کند.

$$\text{رابطه ۱} \quad \text{ارتفاع مواد ریخته شده در قالب} = \frac{\text{حجم مواد ریخته شده در قالب}}{\text{ضخامت قطعه}} = \frac{\text{حجم مواد ریخته شده در قالب}}{\text{حجم قطعه}} = \text{تراکم‌پذیری پودر}$$

فعالیت کارگاهی



فعالیت کارگاهی

کار عملی ۵: اندازه‌گیری تراکم‌پذیری گرانول
مواد و تجهیزات مورد نیاز: گرانول، قالب، پرس، کولیس
شرح فعالیت:

- ۱ مقدار گرانول کاشی با رطوبت ۶٪ و مقداری گرانول کاملاً خشک را تهیه نمایید.
- ۲ هریک از آمیزها را به صورت مجزا تا ارتفاع معینی در داخل قالب ریخته و با فشار 200 kgf/cm^2 مطابق با کار عملی ۳ پرس کنید.
- الف) با اندازه‌گیری ارتفاع قطعه بعد از پرس، تراکم‌پذیری گرانول را محاسبه کنید.
- ب) تراکم‌پذیری گرانول مرطوب و خشک را با هم مقایسه و بحث کنید.

نکته



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

بررسی یکنواختی چگالی در قطعات پرس شده

به نظر شما یکنواختی چگالی در محصولات سرامیکی نشان داده شده در شکل ۲۲ چگونه بررسی می‌شود؟



ج) آجر دیرگداز

ب) استوانه سرامیکی

الف) صفحات سرامیکی

یکنواختی چگالی در قطعات مسطح و قطعات ضخیم باید کنترل شود. یکنواختی چگالی در یک قطعه معمولاً با دو روش بیان شده، انجام می‌شود.

الف) محاسبه چگالی:

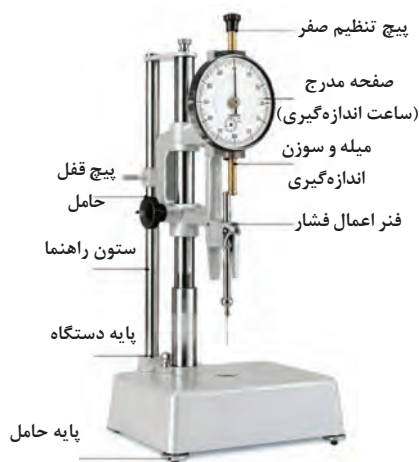
در این روش با برش قطعه و تقسیم کردن آن به قسمت‌های متعدد و اندازه‌گیری چگالی هر قسمت، یکنواختی در قطعه پرس شده بررسی می‌شود.

ب) دستگاه نفوذسنج^۱:

در سرامیک‌های نازک مانند کاشی و صفحات دیرگداز می‌توان از نفوذسنج نیز استفاده کرد. این دستگاه با اعمال فشار بر روی یک سوزن نافذ، میزان تراکم و نفوذپذیری قطعه را می‌سنجد و به‌عنوان روشی سریع برای تشخیص این عیب به‌کار گرفته می‌شود. در شکل ۲۳ دستگاه نفوذسنج نشان داده شده است.

برای انجام تست نفوذسنج، باید چند نقطه در گوشه و مرکز قطعه پرس شده انتخاب شود و با فشار اعمال

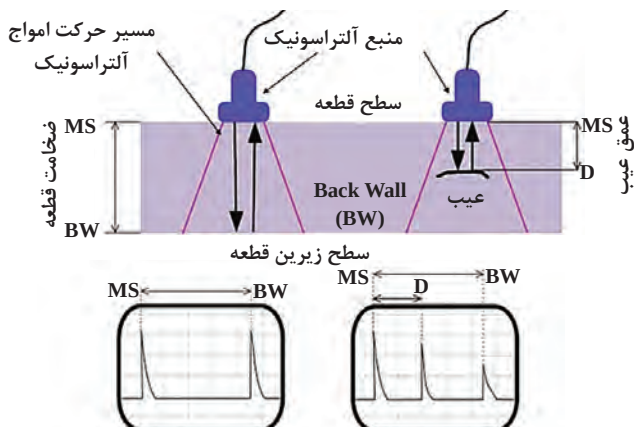
شده توسط دستگاه نفوذسنج میزان نفوذپذیری که در دستگاه نشان داده می‌شود، یادداشت شود. هر چه اختلاف اعداد به‌دست آمده کمتر باشد، چگالی در تمامی قسمت‌های پرس شده، یکنواخت تر خواهد بود.



شکل ۲۳- نفوذسنج

روش تشخیص عیوب غیر قابل مشاهده در عمق قطعات چگونه است؟

عیوب داخل قطعه مانند ترک‌ها و حفره‌های بزرگ را که بیشتر در بلوک‌های بزرگ سرامیکی ایجاد



شکل ۲۴- صفحه نمایش امواج آلتراسونیک دریافت شده

می‌شوند می‌توان با روش‌های مخرب و غیرمخرب تشخیص داد. در یک روش غیرمخرب سنتی با ضربه‌زدن یا کشاندن یک قطعه سخت و زیر مانند یک قطعه سیلیکون کار باید 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 به‌کار گرفته می‌شوند.

آیامی دانید





کار عملی ۶: بررسی یکنواختی قطعه پرس شده با بررسی چگالی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: کاشی، وسایل 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 هر گروه، چگالی هریک از قسمت‌ها را به روش غوطه‌وری در جیوه اندازه‌گیری کند.

۴ با تکمیل جدول، نتایج خود را با گروه‌های دیگر مقایسه کنید.

آیا چگالی در تمام قسمت‌های کاشی مساوی است؟

جدول چگالی			
شماره قطعه	وزن خشک (گرم)	وزن غوطه‌وری (گرم)	چگالی (g/cm^3)
۱			
۲			
۳			
۴			

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



کار عملی ۷: بررسی یکنواختی در کاشی پرس شده با دستگاه نفوذسنج

مواد و تجهیزات مورد نیاز: گرانول، مواد لغزان ساز، اسفنج، قالب، دستگاه پرس و دستگاه نفوذسنج

شرح فعالیت

۱ هر گروه با استفاده از مقدار مشخصی گرانول فرایند پرس را با شرایط تحت فشار مشخص با تعداد مراحل هواگیری یکسان، انجام دهد.

۲ کاشی پرس شده را از قالب خارج کنید.

۳ با استفاده از دستگاه نفوذسنج میزان فرورفتگی سوزن را در قسمت‌های مختلف هر کاشی بررسی و یادداشت نمایید.

۴ درباره نتایج به دست آمده در کارگاه گفت‌وگو کنید.



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 جداً خودداری کنید.



کار عملی ۸: اثر توزیع دانه‌بندی بر تراکم قطعه با بررسی چگالی محصول مواد و تجهیزات مورد نیاز: منیزیت تکلیس شده، کلرید منیزیم، الک، قالب، پرس، خشک‌کن شرح فعالیت:

- ۱ منیزیت کاملاً تکلیس شده با توزیع دانه‌بندی اشاره شده در جدول زیر را در گروه‌های مختلف با ۳٪ کلرید منیزیم مخلوط کنید.
- ۲ آمیز به دست آمده را با فشار 500 kgf/cm^2 با دو مرحله هواگیری پرس کنید.
- ۳ قرص‌های پرس شده را در داخل خشک‌کن در دمای 110°C درجهٔ سلسیوس خشک کرده و تخلخل و چگالی خام نمونه‌های مختلف را اندازه‌گیری نمایید.

جدول ۸- توزیع دانه‌بندی‌های 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 ۱-۷۵μm	۱۴	۱۸	۲۲	۲۷	۳۳
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
تخلخل باز (%)					
چگالی خام (g/cm^3)					

به سؤالات زیر پاسخ دهید.

- ۱ کمترین تخلخل و بیشترین چگالی مربوط به کدام دانه‌بندی است؟
- ۲ بیشترین تخلخل و کمترین چگالی خام مربوط به کدام دانه‌بندی است؟

تغییر چگالی محصول در زمان‌های مختلف

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

به‌نظر شما یکنواخت نبودن چگالی در یک قطعه و تفاوت چگالی بین قطعات یک محصول، چه پیامدهایی در مراحل تولید و مصرف آن دارد؟ با توجه به مثال کامل شده، جدول ۹ را کامل کنید.

جدول ۹

مشکلات در مرحله مصرف	مشکلات در مرحله تولید	محصول
بین قطعات مختلف منجر به تفاوت ابعادی و چیدمان ناسازگار می‌شود. پشت‌نمایی (تغییر رنگ)	در یک قطعه منجر به شکست در پخت و افزایش ضایعات می‌شود.	کاشی و سرامیک ساختمانی 
در یک قطعه منجر به تفاوت در ضریب انبساط حرارتی و شکست آن در دمای بالا می‌شود. بین قطعات مختلف	در یک قطعه.....	آجر دیرگداز 
در یک قطعه..... بین قطعات مختلف منجر به غیر هم‌خوانی اتصالات و ایجاد درز و خروج مذاب فلز می‌شود.	در یک قطعه	انواع راه‌گاه‌های مذاب فلزها (با اتصالات) 
در یک قطعه..... بین قطعات مختلف منجر به کج شدن صفحات و احتمال ریزش مبلمان در کوره می‌شود.	در یک قطعه.....	مبلمان کوره (ساگارها، صفحات و پایه‌ها) 

فعالیت کلاسی



عیوب در قطعات پرس شده

عیوبی که در قطعات تولید شده با روش پرس پودر می‌تواند ایجاد شود و راه حل‌های برطرف کردن آن در جدول ۱۰ ارائه شده است.

جدول ۱۰- عیوب پرس

نوع عیب	علت ایجاد عیب	راه حل
ترک‌های عمودی در راستای پرس Vertical crack	بازگشت فنری غیریکنواخت در آمیز با تراکم‌پذیری بالا	کاهش فشار پرس
لایه‌ای یا پوسته‌ای شدن Lamination	دانه‌بندی و رطوبت نامناسب گرانول وجود دانه‌های بسیار ریز در گرانول فشار بالا و هواگیری نامناسب	کاهش فشار پرس و حذف ذرات زیر الکلی و میکرونی
پریدگی لبه Ring capping	عدم امکان خروج هوای اضافی از لبه‌های قالب به دلیل نبودن درز کافی	تراش مجدد قالب
کندگی End capping	استحکام خام پایین قطعه چسبندگی قسمت فوقانی به سنبه	کاهش فشار پرس و روانکاری سطح سنبه
غیر یکنواختی چگالی Density Gradient	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	در مرحله گرانول‌سازی رطوبت، اندازه و شکل دانه‌ها کنترل شود. استفاده از لغزان‌سازها
قائمه نبودن squerness	تنظیم نبودن قالب عدم یکنواختی چگالی	تنظیم کردن قالب و کنترل چگالی
سطوح ناصاف Surface defects	کشیف بودن سنبه فرسودگی و خوردگی سطحی در قالب	تمیز کردن سنبه و در صورت نیاز تعویض قالب
عیب ابعادی Dimensional defects	تنظیم نبودن قالب تغییر ابعاد قالب	تنظیم و تعویض قالب

به نظر شما کدام یک از عیوب بیان شده در جدول ۱۰ به راحتی قابل مشاهده نیست؟

گفت‌وگو کنید





کار عملی ۹: تشخیص عیوب قطعات پرس شده

مواد و تجهیزات مورد نیاز: قطعات پرس شده

شرح فعالیت

قطعاتی که تاکنون پرس نموده‌اید را بررسی کنید و عیوب آنها را مشخص کنید و در رابطه با علت ایجاد عیوب ایجاد شده و راه‌های برطرف کردن آن در کارگاه گفت‌وگو کنید.



با توجه به جدول زیر، نوع عیب و روش برطرف کردن آن را بیان کنید.

روش برطرف کردن عیب	نوع عیب	تصویر عیب
		
		
		

فناوری پرس پودر؛ از ساخت قطعات سرامیکی تا دستیابی به توان دفاعی



شکل ۱۵- آلودگی ناشی از کارخانه‌های کاشی و سرامیک

فناوری تولید سرامیک به روش پرس پودر یکی از روش‌های مهم در ساخت سرامیک‌های مهندسی است. در این روش، پودرهای سرامیکی ابتدا در قالب‌های ویژه تحت فشار زیاد فشرده می‌شوند و سپس در دمای بالا زینتر می‌گردند تا قطعاتی متراکم، سخت و مقاوم به دست آید. قطعات تولیدشده با این روش دارای استحکام بالا، مقاومت مناسب در برابر سایش و پایداری حرارتی قابل توجه هستند.

سرامیک‌های مهندسی در بسیاری از صنایع

پیشرفته کاربرد دارند. یکی از این حوزه‌ها صنعت هوافضا و تجهیزات دفاعی است. در برخی سامانه‌های موشکی، از سرامیک‌های پیشرفته در بخش‌هایی مانند دماغه موشک، نازل موتور و عایق‌های حرارتی استفاده می‌شود؛ زیرا این قطعات باید دماهای بسیار بالا، فشار زیاد و شرایط سخت عملیاتی را تحمل کنند. همچنین وزن کمتر سرامیک‌ها در مقایسه با بسیاری از فلزات، به کاهش وزن تجهیزات و بهبود عملکرد آنها کمک می‌کند. به همین دلیل توسعه فناوری‌هایی مانند پرس پودر، علاوه بر کاربردهای صنعتی و پزشکی، می‌تواند در پیشرفت صنایع پیشرفته و افزایش توان فناورانه و دفاعی کشور نقش مهمی داشته باشد.



ارزشیابی شایستگی نظارت بر پرس پودر

نام و نام خانوادگی		شماره ملی	تاریخ ارزشیابی:	نوبت:
کد حرفه	۸۱۸۱۲۳	حرفه:	متصدیان دستگاه های تولید سرامیک و شیشه	کد پیمان/پودمان
کد وظیفه شغل	۸۱۸۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	شکل دهی به روش پرس پودر	سطح صلاحیت
کد کار	۸۱۸۱۲۳۰۱۴۲	کار:	نظارت بر پرس پودر	سطح شایستگی
		استاندارد عملکرد کار: کنترل کیفیت قطعه پرس شده با بررسی ویژگی های فیزیکی و یکنواختی آن		
		۸۱۸۱۲۳۰۱۴		
		L _p		
		مهارت / تسلط		

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	محاسبه تراکم پذیری پودر	مکان: آزمایشگاه زمان: حدود ۲۰ تا ۳۰ دقیقه مواد مصرفی: نمونه پودر خشک و یکنواخت تجهیزات و ابزار مورد نیاز: استوانه مدرج یا ظرف حجم سنجی مشخص، دستگاه ضربه زن (Tap Density Tester)، ترازوی آزمایشگاهی، قیف استاندارد	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	اندازه گیری دقیق چگالی ها، محاسبه صحیح تراکم پذیری و ثبت و تحلیل کامل داده ها	۳	
					۲	
					۱	
۲	بررسی یکنواختی محصول با محاسبه چگالی	مکان: آزمایشگاه زمان: حدود ۱۵ تا ۲۰ دقیقه مواد مصرفی: نمونه قطعات تولید شده تجهیزات و ابزار مورد نیاز: ترازوی آزمایشگاهی، کولیس یا میکرومتر برای اندازه گیری ابعاد، ظرف آب (در صورت استفاده از روش ارشمیدس)، دستمال یا پارچه تمیز	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	نمونه برداری صحیح از چند نقطه، اندازه گیری دقیق چگالی و ارزیابی کامل یکنواختی محصول همراه با ثبت داده	۳	
					۲	
					۱	
۳	بررسی یکنواختی محصول با دستگاه نفوذسنج	مکان: آزمایشگاه زمان: حدود ۱۰ تا ۱۵ دقیقه مواد مصرفی: نمونه قطعات تولید شده تجهیزات و ابزار مورد نیاز: دستگاه نفوذسنج، سوزن یا میله نفوذ استاندارد پایه نگهدارنده نمونه، خط کش یا صفحه مدرج دستگاه	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	اجرای دقیق آزمون نفوذسنجی در چند نقطه، ثبت کامل داده ها و تحلیل مناسب یکنواختی	۳	
					۲	
					۱	
۴	کنترل قطعه پرس شده از لحاظ ابعادی، شکل ظاهری و وجود عیوب در آن	مکان: واحد کنترل کیفیت یا محل تولید زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه تجهیزات و ابزار: کولیس دیجیتالی یا میکرومتر، فیکسچر نگهدارنده قطعه، نور مناسب، ذره بین یا لوپ، برگه یا جدول کنترل کیفیت	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	کنترل دقیق ابعاد، شکل و کیفیت سطح قطعه و تشخیص کامل عیوب احتمالی بررسی قابل قبول ابعاد و ظاهر قطعه و تشخیص عیوب قابل مشاهده بررسی ناقص یا نادرست قطعه و عدم تشخیص عیوب و ناهماهنگی ها	۳	
					۲	
					۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	۱- ایمنی: کفش ایمنی - کلاه ایمنی - لباس کار ۲- نگرش: علاقه به کار - دقت بالا - نظم ۳- زیست محیطی: استفاده از سیستم های تهویه - جداسازی و تفکیک زباله ها - رعایت نظافت محیط کار ۴- شایستگی های غیر فنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار	رعایت بند ۱ الی ۴ عدم رعایت موارد ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها، و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل های اجرایی در تمام مراحل کار عدم رعایت اصول ایمنی و استفاده ناقص از تجهیزات فردی، ضعف در نگرش حرفه ای شامل بی دقتی و بی نظمی، بی توجهی به الزامات زیست محیطی مانند تهویه و نظافت و عدم پایبندی به قوانین و دستورالعمل های اجرایی در انجام فعالیت ها	۲	
					۱	

☐ بلی

☐ خیر

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)

توضیحات:

۱- معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۱ و ۴ (مراحل بحرانی)

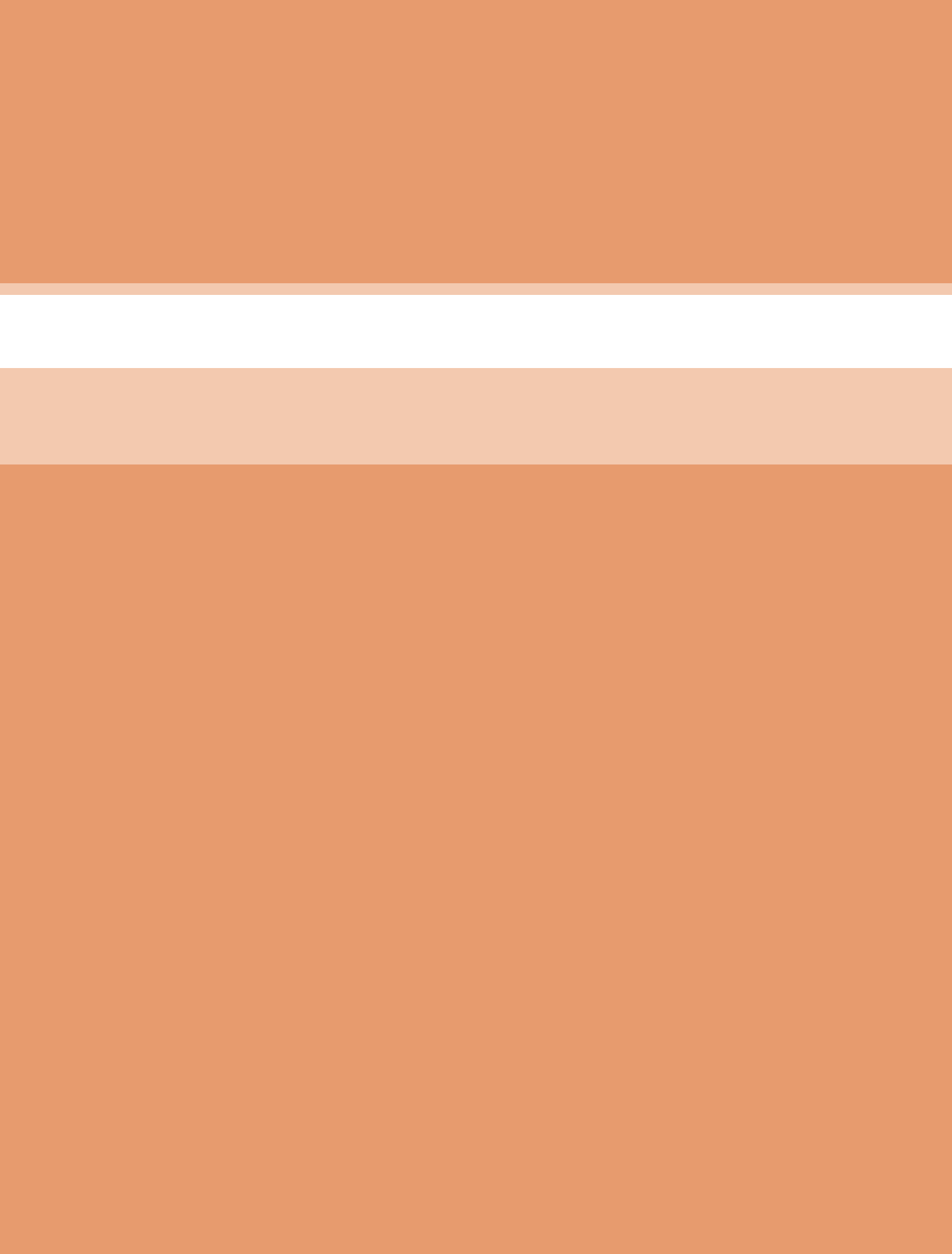
- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲- تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه ای انجام می شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه ریزی و تحلیل، پاسخ گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت ها

تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.





پودمان پنجم

کنترل فرایند و تولید سبز



کنترل فرایند در صنعت سرامیک، مجموعه‌ای از اقدامات روشمند برای نظارت، تنظیم و بهینه‌سازی تمام مراحل تولید، از ورود مواد اولیه تا محصول نهایی است. هدف اصلی، دستیابی به حداکثر بازدهی، کاهش ضایعات، حفظ کیفیت یکنواخت و انطباق با استانداردهای زیست‌محیطی می‌باشد.

تولید سبز که به‌عنوان تولید پایدار یا تولید سازگار با محیط‌زیست نیز شناخته می‌شود به مجموعه‌ای از فرایندها و فناوری‌ها گفته می‌شود که هدف آن به حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی تولید کالاها است.

واحد یادگیری ۱

کنترل فرایند تولید

آیا تا به حال پی برده‌اید

- ۱ اگر در یک کارخانه تولید کاشی نسبت مواد اولیه و آب در فرایند تولید کاشی به درستی کنترل نشود، محصول خروجی چه کیفیتی خواهد داشت؟
- ۲ اگر تمام حسگرهای دمای کوره یک کارخانه تولید کاشی از کار بیفتند و کسی نیز متوجه این موضوع نشود، بعد از گذشت چند ساعت چه اتفاقی رخ خواهد داد؟
- ۴ چرا در یک کارخانه کاشی، هنگام بروز اختلال در سیستم کنترل، حجم زیادی ضایعات تولید می‌شود. در حالی که در یک کارگاه کوچک، مقدار کمتری ضایعات تولید می‌شود؟

استاندارد عملکرد

شناسایی پارامترهای کلیدی کنترل فرایند در واحدهای تولیدی، تهیه چک لیست کنترلی و ثبت پارامترهای فرایند مطابق با استاندارد.

کنترل فرایند یعنی هنگام انجام یک کار یا تولید یک محصول، به صورت پیوسته وضعیت را کنترل کنیم (مانند ترکیب مواد، فشار پرس، دمای پخت) تا اطمینان حاصل شود که خروجی فرایند همواره در محدوده مشخصی از کیفیت، کمیت و مشخصات فنی قرار دارد.



شکل ۱

ما در تولید کاشی کنترل فرایند می‌کنیم برای اینکه:

- ۱ کاشی‌ها نشکنند و تاب نخورند.
- ۲ رنگ همه کاشی‌ها یکسان و زیبا باشد.
- ۳ انرژی و مواد اولیه هدر نرود.
- ۴ کاشی تولیدی قابل صادرات و رقابتی باشد.
- ۵ نصاب و مشتری نهایی راضی باشند.

کنترل فرایند

فرایند، مجموعه‌ای از فعالیت‌ها است که به ترتیب انجام می‌شوند تا یک محصول تولید شود، برای مثال، در کارخانه نوشابه‌سازی مراحل زیر انجام می‌گیرد.

برچسب زدن

بستن درب شیشه

پر کردن بطری

مخلوط کردن آب، شکر، گاز و اسانس

نمودار ۱



شکل ۲

کنترل یعنی در طول فرایند تولید، پیوسته بررسی کنیم که همه چیز طبق روال پیش می‌رود و در صورت مشاهده هرگونه مشکل اقدامات اصلاحی لازم را به سرعت انجام دهیم.

برای مثال یک دستگاه لیزر، هر بطری را اسکن می‌کند که پر شده است یا نه؟ اگر یک بطری کمتر از خط مشخصی پر باشد، یک بازو آن را از خط خارج می‌کند. کنترل فرایند در صنعت، به‌ویژه در کارخانه‌ها به‌جای چشم و دست انسان، با استفاده از دستگاه‌ها و حسگرها انجام می‌شود. این تجهیزات تمام مراحل فرایند را به‌صورت پیوسته کنترل می‌کنند تا همه محصولات تولیدی از کیفیت یکسانی برخوردار باشند.

بدون کنترل فرایند، کارخانه مانند آشپزخانه‌ای است که آشپز آن بدون توجه به دستور تهیه و بدون اندازه‌گیری مواد اولیه، غذا آماده می‌کند. در این حالت ممکن است غذا گاهی شور، گاهی بی‌نمک، گاهی خام یا حتی سوخته باشد.

با کنترل فرایند، همان‌گونه که یک آشپز ماهر مواد را اندازه‌گیری و تنظیم می‌کند، فرایند تولید نیز تنظیم و کنترل می‌شود تا محصولی باکیفیت ثابت و بدون مشکل به‌دست مصرف‌کننده برسد.

■ تفاوت کنترل فرایند و کنترل کیفیت

در کنترل فرایند^۱ هنگام تولید، پیوسته پارامترها را تنظیم و کنترل می‌شود تا محصولی باکیفیت تولید گردد. به‌طور مثال در خط تولید کاشی:

■ **پرس:** فشار پرس کنترل می‌شود تا کاشی خام ترک نخورد.

■ **لعب زنی:** غلظت لعاب هر نیم ساعت یک بار اندازه‌گیری می‌شود تا خیلی غلیظ یا رقیق نشود.

■ **پخت در کوره:** دمای کوره به‌طور پیوسته کنترل می‌شود، به‌عنوان مثال اگر دما از ۱۲۰۰ درجه سلسیوس پایین‌تر آمد، حرارت را افزایش می‌دهند.

اما در **کنترل کیفیت**^۲ محصول نهایی از نظر پارامترهای کیفیت بررسی و درجه‌بندی می‌شود. مثال در خط تولید کاشی:

■ **بعد از خروج از کوره:** یک کارگر یا سنسور، کاشی‌ها را بررسی می‌کند و کاشی‌هایی که ترک‌خورده، تاب برداشته یا لعاب آن ناصاف است را جدا می‌کند.

■ **بعد از بسته‌بندی:** به‌عنوان نمونه از هر ۱۰۰ جعبه، یکی را باز می‌کنند و کاشی‌ها را از لحاظ درجه‌بندی ظاهری بررسی می‌کنند.

جدول ۱- مقایسه کنترل فرایند و کنترل کیفیت

موضوع	کنترل فرایند	کنترل کیفیت
زمان انجام	هنگام انجام مراحل تولید	پس از پایان یک مرحله یا در پایان تولید
محل انجام	در ایستگاه‌های تولید و کنار تجهیزات (پرس، خشک‌کن، کوره و...)	آزمایشگاه کنترل کیفیت یا محل بازرسی محصول
پارامترهای مورد بررسی	دما، فشار، رطوبت، زمان، سرعت چگالی، ویسکوزیته دوغاب و سایر پارامترهای فرایندی	ابعاد ظاهر، رنگ، تابیدگی، جذب آب، مقاومت مکانیکی و سایر ویژگی‌های محصول
ابزارها و تجهیزات	حسگرها، ترموکوپل، فشارسنج، رطوبت‌سنج، ویسکوزیومتر، PLC و سیستم‌های پایش	کولیس، خط‌کش، تجهیزات آزمون، دستگاه اندازه‌گیری رنگ، تجهیزات آزمون مقاومت و بازرسی چشمی
اقدام در صورت مشاهده انحراف	اصلاح و تنظیم نوری پارامترهای فرایند و ادامه تولید	جداسازی، اصلاح (در صورت امکان) یا مردود اعلام کردن محصول و ارائه بازخورد به واحد تولید
هدف	پیشگیری از تولید محصول نامنطبق و پایداری فرایند تولید	اطمینان از انطباق محصول با مشخصات فنی و الزامات

آیا می‌توان کنترل فرایند و کنترل کیفیت را بدون یکدیگر داشت؟

کنترل فرایند بدون کنترل کیفیت: ممکن است خط تولید در برخی مواقع به‌درستی عمل نکند و تولیدکننده متوجه نشود تا زمانی که مشتری شکایت کند (خطرناک). ممکن است این مشکل تا زمان مشاهده توسط مشتری یا بروز عیب در محصول نهایی شناسایی نشود.

نکته



بنابراین احتمال تولید محصول نامنطبق افزایش می‌یابد.

کنترل کیفیت بدون کنترل فرایند: ضایعات و دوباره کاری زیاد می‌شود، هزینه بالایی رود و بهره‌وری پایین می‌آید. باعث می‌شود مشکلات در مراحل تولید به موقع شناسایی و اصلاح نشوند؛ در نتیجه میزان ضایعات و دوباره کاری افزایش یافته، هزینه‌های تولید بالا رفته و بهره‌وری کاهش می‌یابد.

نکته: بهترین کارخانه‌ها کنترل فرایند و کنترل کیفی را با هم انجام می‌دهند. کنترل فرایند مانع ایجاد نقص می‌شود و کنترل کیفی، تضمین نهایی را انجام می‌دهد.

کنترل فرایند، درست انجام دادن کار هنگام اجرا است و کنترل کیفی، کنترل کردن نتیجه کار بعد از انجام است.

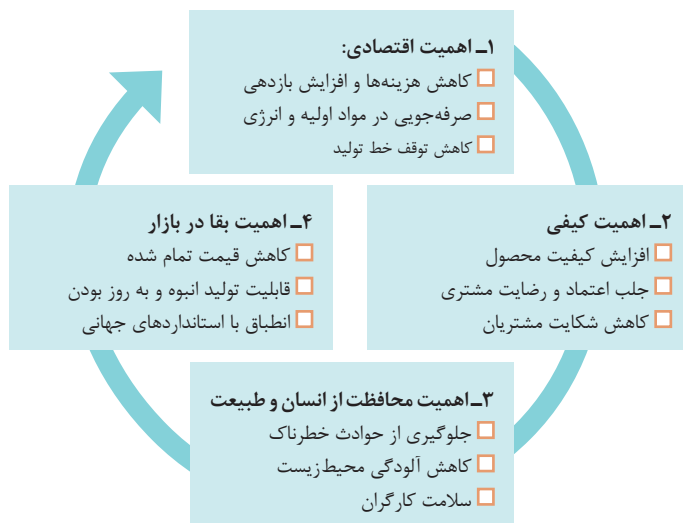
گفت‌وگو کنید



- ۱ سامانه کنترل یک ماشین چه وظیفه‌ای دارد و چگونه بر عملکرد آن تأثیر می‌گذارد؟
- ۲ سه نمونه از فعالیت‌های روزمره را نام ببرید که در آنها کنترل صحیح فرایند برای دستیابی به نتیجه مطلوب ضروری است.
- ۳ در صنایع شیمیایی یا داروسازی، چرا کنترل دقیق دما و فشار در راکتورها (مخازن واکنش) یک مسئله حیاتی و ایمنی است؟ و پیامدهای اختلال در کنترل این پارامترها را بیان کنید.

■ اهمیت کنترل فرایند

اهمیت کنترل فرایند در نمودار ۲ بیان شده است.



نمودار ۲

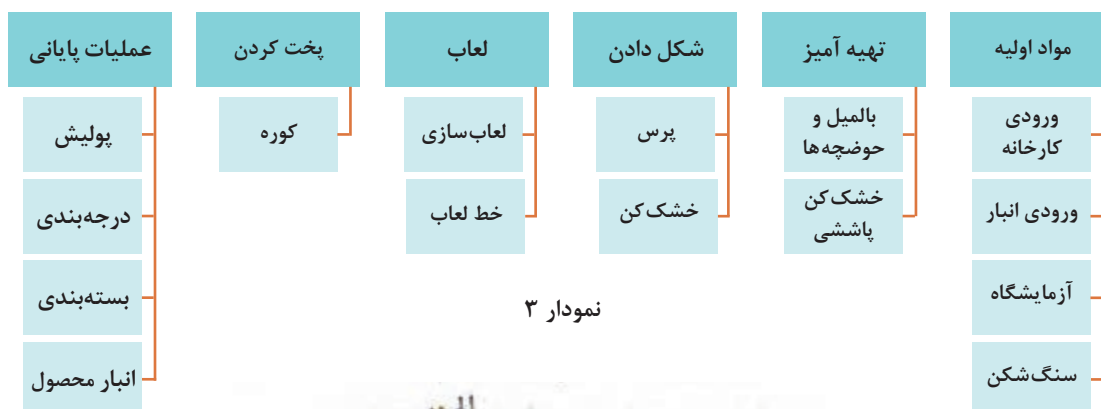
با کنترل فرایند می‌توان محصول یکسان، باکیفیت، ارزان، کم‌آسیب و ایمن تولید کرد و زمینه تولید کارآمد، اقتصادی و رقابتی را فراهم کرد.

نکته



کنترل فرایند تولید در صنعت کاشی

پارامترهای کلیدی کنترل فرایند تولید در صنعت کاشی برای هر ایستگاه (بخش) را در نمودار ۳ مشاهده می کنید.



شکل ۲- نمای کارخانه تولید کاشی

با استفاده از شکل ۲ نمودار مراحل تولید کاشی را به صورت کامل و با جزئیات بر روی کاغذ با اندازه مناسب رسم کرده و بر روی دیوار کلاس نصب کنید.

فعالیت کلاسی



شکل ۳- بخش آماده سازی مواد اولیه

۱- ایستگاه های کنترلی مواد اولیه

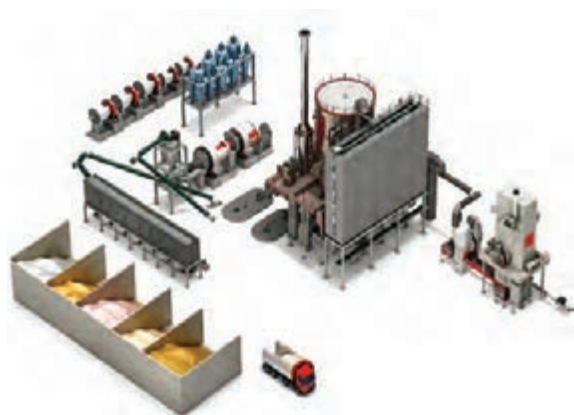
ایستگاه های کنترلی بخش مواد اولیه وظیفه دارند تا پارامترهای تعیین شده در جدول ۲ را کنترل و ثبت کنند.

جدول ۲

ردیف	ایستگاه کنترلی	پارامترهای کنترلی	زمان و تناوب کنترل
۱	ورودی در محل درب کارخانه	کنترل بارنامه و تطابق آن با محموله دریافتی و محل ارسال مواد اولیه	هر محموله
		بازدید ظاهری	
۲	ورودی در محل انبار مواد اولیه	نظارت بر نحوه دپو و چیدمان مواد اولیه مطابق با دستورالعمل	هر محموله
		بازرسی ظاهری مواد اولیه دریافتی مطابق با دستورالعمل	
		انبارش و آماده‌سازی (آمیزسازی)	
		درصد رطوبت و دانه‌بندی	
۳	آزمایشگاه	درصد کربنات، رطوبت، اندازه و مشخصات ظاهری	هفتگی - ۱ بار
		آنالیز شیمیایی، x-ray، دیلاتومتری	ماهانه - ۱ بار
		خواص رئولوژی، درصد مواد فرار، هسته سیاه	روزانه - ۱ بار
۴	سنگ شکن	بررسی شرایط ظاهری خاک پس از انجام عملیات سنگ شکنی	هر بار فعالیت سنگ شکن
		اندازه ذرات مطابق جدول حدود پذیرش	
		عدم مخلوط شدن ناخواسته دو خاک	
		عدم وجود ناخالصی‌ها	

۲- ایستگاه کنترلی تهیه آمیز

در این بخش نخستین مرحله، آماده‌سازی دوغاب است که در بالمیل انجام می‌شود. سپس دوغاب حاصل به خشک‌کن پاششی پمپ شده و به پودری با دانه‌بندی و رطوبت مشخص تبدیل می‌شود که قابلیت پرس‌پذیری مطلوبی داشته باشد (شکل ۴). ایستگاه‌های کنترلی بخش تهیه‌آمیز باید مطابق دستورالعمل‌های تعریف شده هر کارخانه، پارامترهای جدول ۳ را ثبت و پایش کنند.



شکل ۴- بخش تهیه‌آمیز

جدول ۳

ردیف	ایستگاه کنترلی	پارامترهای کنترلی	زمان و دفعات کنترل
۱	تهیه آمیز در قسمت بالمیل و حوضچه‌ها	اندازه‌گیری چگالی، گرانروی، مانده روی الک برای دوغاب خروجی بالمیل‌ها و حوضچه‌ها، نسبت آب به خاک دوغاب	قبل از تخلیه بالمیل
		کنترل مقدار گلوله‌های هر بالمیل، زمان سایش، نحوه کارکرد بالمیل	هفتگی - ۱ بار
۲	تهیه آمیز در قسمت خشک‌کن پاششی	اندازه‌گیری درصد رطوبت گرانول	شیفت - ۶ بار
		اندازه‌گیری دانه‌بندی گرانول	شیفت - ۲ بار
		اندازه‌گیری چگالی ظاهری گرانول	روزانه - ۱ بار
		کنترل شرایط عملکرد خشک‌کن پاششی (دما، رطوبت و فشار پمپ)	
		درصد انقباض و جذب آب	

۳- ایستگاه کنترلی شکل دادن

کاشی دیواری، کف، چینی الکتریکی و محصولات دیرگداز به روش پرس نیمه‌خشک شکل‌دهی می‌شوند و سپس برای حذف رطوبتی که نقش آن در شکل‌دهی به پایان رسیده است، وارد خشک‌کن می‌شوند. در ایستگاه کنترلی شکل دادن باید پارامترهای تعیین شده در دستورالعمل‌های هر کارخانه، کنترل شود و نتایج آن در جدول ۴ ثبت شود.



شکل ۵- پرس کاشی

جدول ۴

ردیف	ایستگاه کنترلی	پارامترهای کنترلی	زمان و دفعات کنترل
۱	پرس	اندازه‌گیری درصد رطوبت پودر، مقدار نفوذپذیری (پنترومتري)، ضخامت، بررسی عیوب ظاهری	شیفت - ۴ بار
		دانه‌بندی، استحکام خام، چگالی کلی	
۲	خشک‌کن	دمای کاشی خروجی خشک‌کن	شیفت - ۲ بار
		کنترل منحنی حرارتی خشک‌کن و اندازه‌گیری رطوبت باقی‌مانده کاشی پس از خشک‌کن	شیفت - ۲ بار
		اندازه‌گیری استحکام خشک	شیفت - ۱ بار
		بررسی وضعیت ظاهری کاشی خروجی خشک‌کن	شیفت - ۳ بار



شکل ۶- فرایند اعمال لعاب

۴- ایستگاه کنترلی لعاب

واحد لعاب‌سازی و اعمال لعاب، یکی از حساس‌ترین بخش‌های خط تولید کاشی است، زیرا کیفیت ظاهری (رنگ، براقیت، یکنواختی) و بخشی از خواص فنی (مقاومت در برابر سایش، مواد شیمیایی و لکه) در این مرحله تعیین می‌شود. در لعاب‌سازی، کوچک‌ترین خطا در کنترل رئولوژی یا دانه‌بندی ذرات، نه تنها باعث کاهش براقیت و زیبایی می‌شود، بلکه می‌تواند کل محصول تولیدی را تبدیل به ضایعات غیر قابل فروش کند.

کنترل فرایند در این بخش، از آماده‌سازی مواد اولیه تا اعمال انگوب، لعاب و تزیین (چاپ دیجیتال) روی قطعه خشک شده را شامل می‌شود. در ایستگاه کنترلی لعاب باید پارامترهای تعیین شده توسط استانداردهای هر کارخانه کنترل شده و در جدول ۵ ثبت شود.

جدول ۵

ردیف	ایستگاه کنترلی	پارامترهای کنترلی	زمان و دفعات کنترل
۱	لعاب‌سازی	چگالی، گرانیروی، مانده روی الک، زمان سایش، مگنت کردن	قبل از هر تخلیه
		زمان ماندگاری، عاری بودن لعاب از حباب و آلودگی	شیفت - ۱ بار
		مقدار گلوله، نحوه کارکرد بالمیل	هفتگی - ۱ بار
۲	خط لعاب	چگالی، گرانیروی، وزن انگوب و لعاب	شیفت - ۵ بار
		یکنواختی اعمال لعاب، اعمال انگوب زیر کاشی	شیفت - ۶ بار
		پایداری، اندازه ذرات و گرانیروی جوهر چاپ، تست نمونه ساعتی در کوره و مقایسه با نمونه مرجع	شیفت - ۳ بار
		تمیز بودن زیر کاشی و نظارت بر عملکرد بغل ساب	شیفت - ۸ بار
		بررسی عیوب ظاهری قطعه در انتهای خط لعاب	

■ **پایداری جوهر:** لعاب‌های دیجیتال نباید تغییرات شدید تیکسوتروپی (وابسته به زمان) داشته باشند و باید از پایداری کافی در برابر ته‌نشینی ذرات برخوردار باشند، زیرا این عوامل می‌توانند موجب گرفتگی نازل‌های هد جوهرافشان و کاهش کیفیت چاپ شوند.

■ **گرانیروی معمولاً باید کمتر از ۲۰ سانتی پواز و کشش سطحی مناسب باشد.** بر خلاف روش‌های سنتی، در لعاب‌های دیجیتال باکیفیت بالا معمولاً از «حلال‌های غیر آبی» یا آب به همراه عوامل خاص استفاده می‌شود تا از خشک‌شدن جوهر در هد جلوگیری شود.



شکل ۷

۵- ایستگاه کنترلی کوره

کوره قلب تپنده خط تولید کاشی است. اگر کنترل فرایند در این بخش به درستی انجام نشود، تمام دستاوردهای مراحل قبلی (آماده‌سازی بدنه، پرس، خشک‌کن و لعاب) هدر خواهد رفت (شکل ۸).



شکل ۸- کنترل در ایستگاه کوره

کوره، کیفیت نهایی محصول را تعیین می‌کند. اگر دما و سایر پارامترها به درستی کنترل نشوند، عیوبی در محصول ظاهر می‌شوند. برخی از عیوب مهم کوره در جدول ۶ ارائه شده‌اند.

جدول ۶

نوع عیب	علت مرتبط با کوره
ترک خوردگی و شکستگی ^۱	نوسان دما یا شوک حرارتی در بخش‌های مختلف کوره
تغییر رنگ لعاب ^۲	عدم یکنواختی دما در منطقه پخت
تابیدگی و عدم تخت بودن ^۳	پروفیل دمایی نامناسب یا عدم یکنواختی حرارت
حباب زدگی ^۴	پخت بیش از حد یا افزایش ناگهانی دما
تغییر ابعاد ^۵	انقباض نامنظم به دلیل پروفیل دمایی نادرست
مرکز سیاه ^۶	اکسیداسیون ناقص در منطقه پیش گرمایش

۱- Cracks & Fractures

۲- Tonality Variations

۳- Planarity defects

۴- Blistering

۵- Size Variations

۶- Black Core



شکل ۹- کنترل صحت عملکرد مواد ورودی و خروجی

جدول ۷

ردیف	ایستگاه کنترلی	پارامترهای کنترلی	زمان و دفعات کنترل
۱	کوره	صحت عملکرد قطعه ورودی (رطوبت کاشی، عیوب ظاهری، استحکام خشک)	شیفت - ۴ بار
		شرایط کوره (دما، زمان، اتمسفر)، تجهیزات کوره	شیفت - ۴ بار
		صحت عملکرد محصول (ناگونیایی، مسطح بودن، ابعاد، آنالیز عیوب، درصد جذب آب و استحکام)	شیفت - ۴ بار

بنابراین کنترل فرایند کوره یعنی:

- ۱ دمای هر ناحیه از کوره متناسب با منحنی پخت و فرمولاسیون کاشی تنظیم و حفظ شود.
- ۲ یکنواختی دما در سراسر عرض کوره برقرار باشد.
- ۳ اتمسفر (اکسیژن و فشار) برای واکنش‌های شیمیایی مناسب باشد.
- ۴ زمان ماندن کاشی در هر ناحیه از کوره با سرعت غلتک‌ها کنترل شود.
- ۵ نوسانات دما با استفاده از سامانه‌های کنترلی به حداقل برسد (برای مثال کمتر از $\pm 3^\circ\text{C}$ درجه سلسیوس).



شکل ۱۰- کوره پخت کاشی

کنترل دقیق فرایند کوره، تضمین کننده کیفیت نهایی کاشی است. هرگونه اختلال در کنترل دما، زمان پخت یا اتمسفر کوره می‌تواند باعث افزایش ضایعات، اتلاف انرژی، کاهش کیفیت محصول و نارضایتی مشتری شود.

نکته





شکل ۱۱- ناحیه زینترینگ کوره پخت کاشی

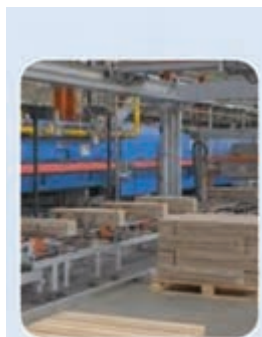
۶- ایستگاه کنترلی عملیات پایانی

پس از کنترل فرایند پخت، کاشی وارد مرحله نهایی زنجیره تولید می‌شود. کیفیت ظاهری محصول که مشتری در زمان خرید مشاهده می‌کند، تا حد زیادی حاصل عملکرد صحیح این ایستگاه است. اگر در این مراحل خطایی رخ دهد، تمام ارزش افزوده ایجاد شده در مراحل قبلی تولید از بین می‌رود. در این ایستگاه عملیات پولیش^۱، درجه‌بندی^۲، بسته‌بندی^۳ و انبارش محصول انجام می‌شود.



انبار کردن

□ انبار فقط یک مکان برای نگهداری کاشی نیست. در یک کارخانه مدرن، انبار یک سیستم پویا و کنترل شده است که محصول باید با کیفیت حفظ شده، شناسایی دقیق و خروج به موقع از آن انجام شود.



بسته بندی

□ محافظت از کاشی‌ها در برابر ضربه، رطوبت و حمل راحت‌تر تا زمان نصب توسط مشتری در واحد بسته‌بندی انجام می‌گردد.



درجه‌بندی

□ این واحد، چشم بینای کارخانه است. هدف، تفکیک کاشی‌ها و دسته‌بندی براساس کیفیت ابعادی، رنگ و عیوب سطحی است تا کاشی‌های با درجه یکسان در کنار هم قرار گیرند.



پولیش

□ واحد پولیش مخصوص کاشی‌های پرسلانی بدون لعاب است. هدف در این واحد، دستیابی به سطحی براق، صاف و یکدست با استفاده از سایش مکانیکی است.

نمودار ۴

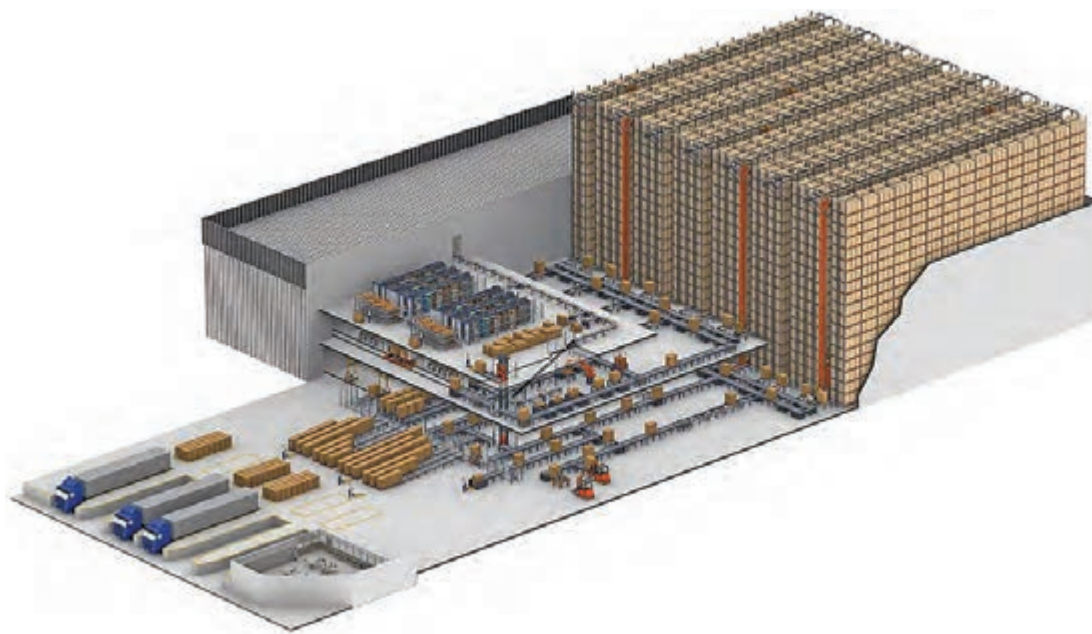


بسته‌بندی آخرین مرحله از عملیات پایانی و یکی از آخرین نقاط کنترل پیش از ارسال محصول است. اگر در این مرحله خطای انسانی یا دستگاهی رخ دهد (برای مثال قرار گرفتن یک کاشی درجه دو در بسته کاشی درجه یک)، احتمال شناسایی و اصلاح آن تا رسیدن محصول به مشتری بسیار کاهش می‌یابد. این موضوع می‌تواند موجب مرجوع شدن محصول، نارضایتی مشتری و تحمیل هزینه به کارخانه شود.

در ایستگاه کنترل عملیات پایانی باید پارامترهای تعیین شده توسط دستورالعمل‌های کارخانه، کنترل شود و در جدول ۸ ثبت شود.

جدول ۸

ردیف	ایستگاه کنترلی	پارامترهای کنترلی	زمان و دفعات کنترل
۱	پولیش	یکنواخت بودن پولیش در تمام سطح کاشی	شیفت - ۲ بار
		ضخامت، درخشندگی و بازگشت نور کاشی پولیش شده	
۲	درجه‌بندی و بسته‌بندی	آنالیز عیوب، گونیا بودن، مسطح بودن، ابعاد	شیفت - ۱ بار
		کنترل کیفی: جذب آب، استحکام، مقاومت به اسید و باز، اتوکلاو، شوک حرارتی و بقیه کنترل‌ها طبق استاندارد	هفتگی - ۱ بار
۳	انبار کردن	چیدمان و دسترسی، سلامت بسته‌بندی	شیفت - ۱ بار
		کدگذاری در یک پالت جهت شناسایی و ردیابی	



شکل ۱۲- واحد انبار محصول کاشی



۱ روش‌های کنترل کیفیت دستی و خودکار (مانند استفاده از سنسورهای نوری، میکرومتر و کولیس خودکار) را در خط تولید کاشی با یکدیگر مقایسه کنید.

۲ بررسی کنید که چرا رطوبت پودر بدنه قبل و بعد از پرس باید دقیق کنترل شود؟



۱ عیوب رایج در لعاب کاشی را بررسی کنید و درباره علت ایجاد هریک و راهکارهای پیشگیری از آنها بحث کنید.

۲ تأثیر دمای کوره بر خواص فیزیکی کاشی (مانند رابطه دما و جذب آب) را با ترسیم نمودارهای ساده، بررسی کنید.



کار عملی ۱: بررسی اثر رطوبت پودر بدنه بر کیفیت ابعادی و استحکام خمشی کاشی پرس شده (پیش از پخت)

مواد و تجهیزات مورد نیاز: گرانول خشک، ترازو، استوانه مدرج، الک، دستگاه پرس، خشک کن، قالب پرس، دستگاه استحکام سنج، کولیس

شرح فعالیت:

- ۱ مقدار ۲ کیلوگرم گرانول خشک بردارید و به ۴ قسمت مساوی (۵۰۰ گرمی) تقسیم کنید.
- ۲ مقادیر ۵٪ (خیلی خشک)، ۷٪ (بهینه، متداول در صنعت)، ۹٪ (مرطوب) و ۱۱٪ (بیش از حد مرطوب) محاسبه کنید و به هریک از قسمت‌ها اضافه کنید و یکنواخت‌سازی رطوبت انجام دهید.
- ۳ آمیزه‌ها را داخل نایلون بریزید و برای یکنواخت شدن رطوبت به مدت یک ساعت بخوابانید.
- ۴ قالب پرس را آماده‌سازی کنید و آمیز را داخل قالب بریزید.
- ۵ سنبه را به صورت صحیح روی گرانول‌های داخل قالب قرار دهید.
- ۶ قالب را بدون جدا شدن و جابه‌جایی تکه‌های قالب زیر دستگاه پرس قرار دهید.
- ۷ فشار ۲۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع را در سه مرحله (۳۰٪، ۶۰٪، ۱۰۰٪ فشار نهایی) اعمال کنید.
- ۸ با راهنمایی هنرآموز قطعه پرس شده را از قالب خارج کنید. (حداقل ۲ نمونه از هر رطوبت بسازید).
- ۹ وزن نمونه، طول و عرض نمونه را (در چهار گوشه و مرکز) اندازه‌گیری کرده و در جدول ثبت کنید.
- ۱۰ نمونه‌ها را درون خشک کن ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت قرار دهید و دوباره پارامترهای شماره ۹ را یادداشت کنید.
- ۱۱ استحکام خمشی خشک نمونه‌ها را با دستگاه آزمون استحکام اندازه‌گیری کرده و در جدول زیر یادداشت کنید.

رطوبت اولیه	نمونه	وزن تر	وزن خشک	درصد رطوبت واقعی (%)	ابعاد تر			ابعاد خشک			استحکام خمشی
					طول	عرض	ضخامت	طول	عرض	ضخامت	
۵٪	۱-۱										
	۱-۱										

رطوبت اولیه	نمونه	وزن تر	وزن خشک	درصد رطوبت واقعی (%)	ابعاد تر			ابعاد خشک			استحکام خمشی
					طول	عرض	ضخامت	طول	عرض	ضخامت	
۷٪	۱-۱										
	۱-۲										
	۲-۲										
۹٪	۱-۳										
	۲-۳										
۱۱٪	۱-۴										
	۲-۴										

سؤالات زیر را جواب دهید و در کارگاه نتایج را به بحث و گفت‌وگو بگذارید.

- ۱ کدام نمونه کمترین تغییر ابعادی را پس از خشک شدن دارد؟ چرا؟
- ۲ در نمونه دارای رطوبت ۱۱٪ چه عیوبی مشاهده شد؟ علت ایجاد این عیوب را توضیح دهید.
- ۳ رطوبت بهینه برای پرس براساس آزمایش شما کدام بود؟ براساس نتایج این آزمایش، مناسب‌ترین رطوبت برای پرس کدام است؟ دلیل خود را بیان کنید.
- ۴ رابطه بین رطوبت اولیه با استحکام خمشی قطعه خام را توضیح دهید.

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۲: بررسی اثر ویسکوزیته لعاب و دمای پخت بر کیفیت سطح، میزان براقیت و عیوب لعاب کاشی

مواد و تجهیزات موردنیاز: ۳۰۰ گرم دوغاب لعاب صنعتی آماده (ترانس یا اپک) با ۳۵ درصد رطوبت، آب مقطر، بیسکویت کاشی، کوره الکتریکی آزمایشگاهی (با قابلیت تنظیم دما تا ۱۲۰۰ درجه سلسیوس)، ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم، ویسکوزیتر ریزشی، کروномتر، ذره‌بین

شرح فعالیت:

- ۱ دوغاب لعاب پایه را به ۳ قسمت مساوی تقسیم کنید.
- ۲ سه نوع دوغاب لعاب آماده کنید: A غلیظ (بدون افزودن آب)، B استاندارد (دوغاب اولیه) و C رقیق (با افزودن ۱۰ تا ۲۰ درصد آب، مطابق نظر هنرآموز)
- ۳ با کمک ویسکوزیتر ریزشی زمان عبور هر نمونه دوغاب را اندازه‌گیری و در جدول یادداشت کنید.
- ۴ بیسکویت کاشی را غبارگیری کرده و به کمک اسلش لعاب‌های A, B, C را با ضخامت یکسان اعمال کنید (از هر لعاب ۳ نمونه آماده کنید).
- ۵ پس از اعمال لعاب، نمونه‌ها را به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط خشک کنید.
- ۶ نمونه‌های تهیه شده در ۳ دمای مختلف «دمای پایین (۱۰۰۰ درجه سلسیوس) نیمه پخت»، «دمای بهینه (۱۱۰۰ درجه سلسیوس) پخت کامل»، «دمای بالا (۱۱۸۰ درجه سلسیوس) بیش از حد پخت» در کوره قرار دهید.

۷ نمونه‌ها را پس از پخت لعاب ارزیابی کنید و در جدول زیر یادداشت کنید.

نمونه لعاب	ویسکوزیته لعاب (ثانیه)	دمای پخت درجه سلسیوس	میزان براقیت (کم/متوسط/زیاد)	عیوب سطحی	توضیحات
مثال فرضی	عدم جریان	۱۰۰۰	کم	ترک عمیق	عدم جاری شدن لعاب
		۱۱۰۰	متوسط	پین هول	
		۱۱۸۰	زیاد	حباب	جمع‌شدگی لبه
A		۱۰۰۰			
		۱۱۰۰			
		۱۱۸۰			
B		۱۰۰۰			
		۱۱۰۰			
		۱۱۸۰			
C		۱۰۰۰			
		۱۱۰۰			
		۱۱۸۰			

۸ به سؤالات زیر جواب دهید و در کارگاه نتایج را به بحث و گفت‌وگو بگذارید.

- ۱ بین ویسکوزیته و ضخامت لعاب پس از پخت چه رابطه‌ای وجود دارد؟
- ۲ کدام ترکیب ویسکوزیته و دمای پخت، بیشترین براقیت و کمترین عیوب سطحی را ایجاد می‌کند؟
- ۳ علت ایجاد عیوب سطحی در نمونه‌ها را توضیح دهید.

کار عملی ۳: بازدید فنی از خط تولید کاشی و تکمیل چک‌لیست کنترل فرایند شرح فعالیت:

- ۱ پیش از بازدید از کارخانه در قالب یک فعالیت گروهی، چک‌لیستی از واحدهای مختلف کارخانه آماده کنید.
- ۲ در زمان بازدید چک‌لیست خود را با چک‌لیست ایستگاه‌های کنترل فرایند کارخانه مقایسه کرده و موارد اختلاف یا کمبود را یادداشت کنید.
- ۳ با راهنمایی سرپرست بازدید، هر گروه در یکی از ایستگاه‌های کنترل فرایند مستقر شده و چک‌لیست کنترلی خود را تکمیل کنید.
- ۴ گزارشی از بازدید تهیه کنید که موارد زیر را شامل شود:
 - ☐ شرح مختصر هر مرحله تولید.
 - ☐ سه نکته جدید که یاد گرفتید.
 - ☐ دو عیب رایج که در کارخانه مشاهده کردید و علت احتمالی بروز آنها را بنویسید.
 - ☐ پیشنهاد بهبود (حتی یک پیشنهاد کوچک)
 - ☐ رسم یک نمودار جریان فرایند ساده از خط تولید آن کارخانه.

فعالیت کارگاهی





کار عملی ۴: مصاحبه فنی با مهندس کنترل فرایند تولید کارخانه کاشی و سرامیک شرح فعالیت:

هنگویان می‌توانند پرسش‌های خود را دربارهٔ کنترل فرایند تولید آماده کرده و با یکی از مهندسان کنترل فرایند کارخانه (به‌صورت حضوری یا برخط) مصاحبه کنند. پرسش‌ها می‌توانند شامل موارد زیر باشد:

- وظیفه اصلی شما به‌عنوان مهندس کنترل فرایند در کارخانه چیست؟
- بزرگ‌ترین چالشی که تاکنون در خط تولید با آن مواجه شدید چه بود و چگونه برطرف شده است؟
- در خط تولید کدام پارامتر فرایندی (دما، فشار، رطوبت، سرعت یا ویسکوزیته) بیشترین تأثیر را بر کیفیت محصول دارد؟ چرا؟
- محدوده مجاز رطوبت پودر پیش از پرس در کارخانه شما چقدر است؟ اگر از این محدوده خارج شود چه پیامدی خواهد داشت؟
- دمای کوره در هر ناحیه پخت چند درجه است؟ از چه سنسورهایی برای کنترل دقیق آن استفاده می‌کنید؟
- ویسکوزیته لعاب با چه ابزاری و در چه فواصل زمانی اندازه‌گیری می‌شود؟
- شایع‌ترین عیب در خط تولید شما چیست؟ (ترک، پین هول، تابیدگی و رنگ)
- اگر درصد شکستگی محصولات خروجی کوره به‌طور ناگهانی افزایش یابد، نخستین اقدام شما چیست؟
- آیا تاکنون عیبی برای مدت طولانی تکرار شده؟ علت آن چه بوده و برای رفع آن چه اقداماتی انجام داده‌اید؟
- در سال گذشته چه تغییری در فرایند اجرا کرده‌اید که باعث کاهش ضایعات یا افزایش کیفیت محصول شده است؟

فناوری‌های نوین در کنترل فرایند

به دو تعریف زیر دقت کنید.

۱ کنترل فرایند، به معنای پایش، اندازه‌گیری و تنظیم مستمر پارامترهای تولید برای دستیابی به کیفیت مطلوب محصول است.

۲ فناوری نوین، به کارگیری ابزارهای هوشمند به‌جای چشم و دست انسان است.

کارخانه بدون فناوری نوین چه شکلی است؟



شکل ۱۳

یک کارخانه کاشی‌سازی قدیمی را تصور کنید:

- چند نفر با دماسنج‌های عقربه‌ای دمای کوره را اندازه می‌گیرند (هریک ساعت یک بار).
- اگر دما افزایش یابد، فردی شتابان باید شیر گاز را ببندد.
- در صورتیکه شرایط تولید کاشی متفاوت شود، اواخر روز ممکن است متوجه این موضوع شوند که ۱۰۰۰ مترمربع کاشی از بین رفته است.

حالا همان کارخانه را با فناوری نوین تصور کنید.

- حسگرها به‌صورت پیوسته پارامترهای فرایند را اندازه‌گیری می‌کنند.

■ سامانه کنترل، شرایط فرایند را به‌صورت خودکار تنظیم می‌کند.

■ در صورت بروز هرگونه انحراف، سامانه بلافاصله هشدار داده یا اقدامات اصلاحی را اجرا می‌کند و از ایجاد ضایعات جلوگیری می‌شود.

به این عملیات «فناوری‌های نوین کنترل فرایند» گفته می‌شود در نمودار ۵ با شش فناوری مهم در این حوزه آشنا می‌شوید.

نمودار ۵

۱- سنسورها	چشم و گوش کارخانه
■ وسیله‌ای که کمیت‌های فیزیکی یا شیمیایی را اندازه‌گیری کرده و آنها را به سیگنال قابل پردازش تبدیل می‌کند.	
۲- اینترنت اشیا	ارتباط هوشمند تجهیزات
■ هر دستگاهی به اینترنت وصل است و می‌تواند اطلاعاتش را برای دستگاه دیگر بفرستد.	
۳- هوش مصنوعی	مغز متفکر کارخانه
■ سامانه‌ای که با تحلیل داده‌ها، الگوها را شناسایی کرده و در تصمیم‌گیری یا ارائه پیشنهادی بهینه به کاربر کمک می‌کند.	
۴- بینایی ماشین	چشم رباتی
■ دوربین‌های خاصی که می‌توانند عیوب را ببینند و سیستم برای اصلاح تصمیم مناسب را می‌گیرد.	
۵- رباتیک و اتوماسیون	بازوهای هوشمند کارخانه
■ دستگاه‌های مکانیکی که کارهای تکراری و سخت را انجام می‌دهند.	
۶- دوقلوی دیجیتال	دوقلوی دیجیتالی کارخانه
■ یک شبیه‌سازی مجازی که دسترسی به نتایج را بدون انجام آزمایش فراهم می‌سازد.	



شکل ۱۴

همان‌طور که تلفن‌های همراه از یک ابزار ساده ارتباطی به دستگاه‌های هوشمند تبدیل شده‌اند، کارخانه‌های امروزی نیز با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین به سامانه‌های هوشمند تبدیل شده‌اند. این سامانه‌ها می‌توانند فرایند تولید را به صورت پیوسته پایش و کنترل کرده، خطاها را تشخیص دهند و در برخی موارد اقدامات اصلاحی مناسب را انجام دهند. نمونه‌هایی از کاربرد این فناوری‌ها در صنعت کاشی و مزایای آنها در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹

فناوری	صنعت کاشی	مزیت
سنسور	سنسور دمای کوره (ترموکوپل)، سنسور رطوبت خروجی خشک‌کن، سنسور فشار پرس، سنسور تشخیص رنگ کاشی	سنسورها به صورت پیوسته و با دقت بالا پارامترهای فرایند را اندازه‌گیری می‌کنند و احتمال خطای انسانی را کاهش می‌دهند.

فناوری	صنعت کاشی	مزیت
اینترنت اشیا	حسگرها و تجهیزات به یک شبکه متصل هستند. اگر سنسور دمای کوره تشخیص دهد دما در حال افزایش است، بلافاصله به سیستم سوخت پیغام می‌دهد که «دما را کاهش دهد». این کار بدون دخالت انسان انجام می‌شود.	سرعت عملکرد خیلی بالا است و خطاهای انسانی کاهش می‌یابد.
هوش مصنوعی	هوش مصنوعی پیش‌بینی‌های لازم را انجام می‌دهد تا تنظیمات بهینه کوره را برای پخت هر نوع کاشی پیدا کند.	هوش مصنوعی از تجربه‌های قبلی یاد می‌گیرد و هر روز بهتر می‌شود.
بینایی ماشین	دوربین‌های صنعتی از کاشی‌ها تصویر تهیه می‌کنند و نرم‌افزار پردازش تصویر، آنها را با نمونه مرجع مقایسه کرده و عیوبی مانند ترک، حفره، لکه یا تغییر رنگ را شناسایی می‌کند. سپس محصول براساس معیارهای تعیین شده درجه‌بندی می‌شود.	انسان نمی‌تواند با این سرعت و دقت کار کند.
رباتیک و اتوماسیون	ربات‌هایی که کاشی‌ها را برمی‌دارند و روی هم می‌چینند (بدون اینکه خط‌وخش بیفتد)، ربات‌هایی که پالت‌های سنگین کاشی را در انبار جابه‌جا می‌کنند، ربات‌های اطراف کوره که محصولات داغ را جابه‌جا می‌کنند (کاری که انسان به سختی می‌تواند انجام دهد).	ایمنی محیط کار افزایش یافته و بهره‌وری عملیات جابه‌جایی بیشتر می‌شود.
دیجیتال دوقلو	مهندس‌ها قبل از اینکه دمای واقعی کوره را تغییر دهند، ابتدا بر روی مدل دیجیتال کوره امتحان می‌کنند. در صورتی که نتیجه مطلوب بود، تغییر را در کوره اعمال می‌کنند.	هزینه اجرای آزمون‌ها کاهش یافته و امکان بررسی سناریوهای مختلف پس از اجرای واقعی فراهم می‌شود.



کارخانه‌هایی که از این فناوری‌ها استفاده می‌کنند، محصولات با کیفیت تری خواهند داشت چون این فناوری‌ها باعث می‌شوند کارخانه‌ها:

- کمتر اشتباه کنند (ضایعات کم).
- سریع‌تر تولید کنند (تعداد بیشتر).
- محصولات یکسان و باکیفیت داشته باشند (رضایت مشتری).
- مصرف انرژی و مواد اولیه را بهینه کنند (هزینه کمتر).

نکته



گفت‌وگو کنید



- «شهر هوشمند» چه شباهتی به «کارخانه هوشمند» دارد؟
- چگونه می‌توان به یک سیستم «یاد داد» که یک کاشی سالم را از کاشی ترک‌خورده تشخیص دهد؟
- چرا در کارخانه‌های کاشی برای جابه‌جایی پالت‌های سنگین از ربات‌ها استفاده می‌شود؟
- اگر هر دستگاه در کارخانه کاشی به اینترنت متصل شود، چه مزایا و چه چالش‌هایی ایجاد می‌شود؟



دیرگذازهای هوشمند و چاپ سه بعدی

سنسورهای الکتروسرامیکی در داخل قطعات دیرگذاز (مانند آجرهای دیرگذاز) تعبیه می‌شوند. این حسگرها دما و وضعیت دیواره کوره را به صورت لحظه‌ای به اپراتور گزارش می‌دهند. این فناوری از انفجار و ریزش دیواره کوره جلوگیری می‌کند. امروزه از فناوری چاپ سه بعدی برای ساخت قطعات دیرگذاز با هندسه‌های پیچیده استفاده می‌شود. همچنین در برخی کاربردها، با استفاده از چاپ سه بعدی، لایه‌های موارد رسانا و عایق به صورت کنترل شده روی یکدیگر قرار می‌گیرند تا امکان ساخت حسگرها یا مدارهای الکتریکی درون قطعات دیرگذاز فراهم شود.

بیشتر بدانید



کوره تونلی و چالش‌های کنترل آن

فرایند کنترل دما در کوره‌های تونلی (برای مثال کوره‌ای به طول ۵۰ متر) دارای تأخیر زمانی است. اگر دمای ورودی کوره تغییر کند، اثر این تغییر پس از مدتی در خروجی کوره مشاهده می‌شود. به همین دلیل، کنترل این نوع کوره‌ها دشوارتر از سامانه‌های معمولی است و به روش‌های کنترل پیشرفته نیاز دارد.

تحقیق کنید





با الگوگیری از ردیف اول، جدول زیر را در جواب به این پرسش که «چرا در تولید کاشی، کنترل فرایند انجام می‌شود؟» کامل کنید.

ردیف	دلیل کنترل فرایند	سؤال	جواب
۱	کنترل رطوبت قطعه قبل از پخت	در صورت کنترل نشدن، چه خطری وجود دارد؟	اگر رطوبت قطعه پیش از پخت بیش از حد مجاز باشد، با گرم شدن ناگهانی، آب تبدیل به بخار می‌شود و کاشی از داخل می‌ترکد (انفجار).
		کنترل فرایند چه اقدامی انجام می‌دهد؟	سنسورهای رطوبت در خروجی خشک‌کن، مدام رطوبت را اندازه می‌گیرند و در صورت بالا بودن دما، دمای خشک‌کن را بالا می‌برند.
		در صورت انجام نشدن کنترل، چه پیامدی ایجاد می‌شود؟	کاشی‌ها در کوره می‌ترکند و هدررفت مالی بالایی دارد.
۲	کنترل ابعاد و تلرانس کاشی	چه خطری وجود دارد؟	
		کنترل چه می‌کند؟	
		نتیجه بدون کنترل چیست؟	
۳	کنترل کیفیت رنگ و لعاب	چه خطری وجود دارد؟	
		کنترل چه می‌کند؟	
		نتیجه بدون کنترل چیست؟	
۴	کنترل دمای خروجی خشک‌کن پاششی	چه خطری وجود دارد؟	
		کنترل چه می‌کند؟	
		نتیجه بدون کنترل چیست؟	
۵	کنترل وزن انگوب و لعاب	چه خطری وجود دارد؟	
		کنترل چه می‌کند؟	
		نتیجه بدون کنترل چیست؟	



در فناوری نوین کنترل فرایند در صنعت کاشی؛ برای هر کاشی یک کد QR (رمزیننه پاسخ سریع) اختصاص داده می‌شود.

■ در هر ایستگاه تولید، تجهیزات با خواندن این کد عملیات موردنیاز همان قطعه را به‌طور خودکار انجام می‌دهند.

■ در صورت خروج محصول از خط تولید و بازگشت مجدد آن، اطلاعات ثبت شده مانع انجام عملیات تکراری یا اشتباه می‌شود.

■ پارامترهای فرایند، مانند دما، فشار و غلظت لعاب، برای هر کاشی ثبت و ذخیره می‌شود و امکان ردیابی اطلاعات محصول در آینده را فراهم می‌کند.

ارزشیابی شایستگی کنترل فرایند تولید

نام و نام خانوادگی		شماره ملی	تاریخ ارزشیابی:	نوبت:
کد حرفه	۸۱۸۱۲۳	حرفه:	متصدیان دستگاه‌های تولید سرامیک و شیشه	کد پیمان‌ه/پودمان
کد وظیفه شغل	۸۱۸۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	کنترل فرایند و تولید سبز	سطح صلاحیت
کد کار	۸۱۸۱۲۳۰۱۵۱	کار:	کنترل فرایند تولید	سطح شایستگی

ردیف	مراحل حل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/دآوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	تکمیل لیست کنترل فرایند تولید واحد های کارخانه کاشی و دیرگاز	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه برای هر نمونه تجهیزات و ابزار: کولیس دیجیتال یا میکرومتر، فیکسچر نگهدارنده قطعه، نور مناسب، ذره‌بین یا لوپ، برگه کنترل کیفیت برای ثبت نتایج	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	تکمیل دقیق و منظم لیست کنترل فرایند تولید همراه با ثبت کامل و صحیح اطلاعات تکمیل لیست کنترل با ثبت اطلاعات اصلی و دقت قابل قبول تکمیل ناقص یا نادرست لیست کنترل و ثبت ناکافی یا اشتباه اطلاعات	۳ ۲ ۱	
۲	انجام آزمایشات مربوط به کنترل فرایند	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه برای هر نمونه تجهیزات و ابزار: کولیس دیجیتال یا میکرومتر، فیکسچر، نور مناسب، ذره‌بین یا لوپ، برگه کنترل کیفیت	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	انجام کامل و دقیق آزمایش‌های مربوط به کنترل فرایند با رعایت مراحل کار، استفاده صحیح از تجهیزات و ثبت منظم نتایج. انجام آزمایش‌های کنترل فرایند با رعایت کلی مراحل و ثبت نتایج با دقت قابل قبول اجرای ناقص یا نادرست آزمایش‌های کنترل فرایند و ثبت نامعتبر یا ناقص نتایج	۳ ۲ ۱	
۳	تشخیص عیوب ناشی از فرایند تولید	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه برای هر نمونه تجهیزات و ابزار: کولیس دیجیتال یا میکرومتر، فیکسچر نگهدارنده قطعه، نور مناسب، ذره‌بین یا لوپ، برگه کنترل کیفیت برای ثبت نتایج و عیوب مشاهده‌شده	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	تشخیص دقیق عیوب ایجادشده در محصول و ارتباط دادن آنها با مراحل مختلف فرایند تولید همراه با ثبت و تحلیل صحیح. شناسایی عیوب اصلی محصول و تشخیص تقریبی ارتباط آنها با فرایند تولید ناتوانی در شناسایی عیوب محصول یا تشخیص نادرست ارتباط آنها با فرایند تولید	۳ ۲ ۱	
۴	برطرف کردن عیوب	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه برای هر نمونه تجهیزات و ابزار: کولیس دیجیتال یا میکرومتر، فیکسچر نگهدارنده قطعه، نور مناسب، ذره‌بین یا لوپ، برگه کنترل کیفیت برای ثبت نتایج و عیوب مشاهده‌شده	چک‌لیست، روبریک سه‌سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	شناسایی دقیق عیوب و برطرف‌سازی کامل و اصولی بدون ایجاد آسیب یا نقص جدید شناسایی و برطرف‌سازی عیوب اصلی با کیفیت قابل قبول و خطای جزئی عدم شناسایی یا برطرف‌سازی صحیح عیوب و ایجاد یا تشدید نقص‌ها	۳ ۲ ۱	
شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		۱- ایمنی: کفش ایمنی - کلاه ایمنی - لباس کار ۲- نگرش: علاقه به کار - دقت بالا - نظم ۳- زیست محیطی: استفاده از سیستم‌های تهویه - جداسازی و تفکیک زباله‌ها - رعایت نظافت محیط کار ۴- شایستگی‌های غیر فنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار	رعایت بند ۱ الی ۴	رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده صحیح از تجهیزات فردی، برخورداری از نگرش حرفه‌ای شامل علاقه، دقت و نظم، رعایت اصول زیست‌محیطی از جمله تهویه مناسب، نظافت و تفکیک پسماندها، و پایبندی کامل به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در تمام مراحل کار	۲	
			عدم رعایت موارد ۱ الی ۴	عدم رعایت اصول ایمنی و استفاده ناقص از تجهیزات فردی، ضعف در نگرش حرفه‌ای شامل بی‌دقتی و بی‌نظمی، بی‌توجهی به الزامات زیست‌محیطی مانند تهویه و نظافت و عدم پایبندی به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در انجام فعالیت‌ها	۱	

☐ بدی

☐ خیر

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)

توضیحات:

۱- معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۲ و ۴ (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲- تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد، نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲

فناوری سبز و پایدار

آیا تا به حال پی برده‌اید

- ۱ آیا هنگام خرید یک محصول، بسته‌بندی سازگار با محیط‌زیست را به بسته‌بندی‌های معمولی ترجیح می‌دهید؟ چرا؟
- ۲ مصرف زیاد انرژی و آب در فرایند تولید چه پیامدهایی برای محیط‌زیست دارد؟
- ۳ آیا کاهش آلودگی هوا به تنهایی برای «سبز» بودن یک فرایند تولید کافی است؟ چرا؟

استاندارد عملکرد

پایش و ارزیابی شاخص‌های تولید سبز در فرایند تولید.

چرا باید به تولید سبز فکر کنیم؟

در بخش صنعت به تولید سبز، تولید ناب هم گفته می‌شود. هدف آن به حداقل رساندن ضایعات، کاهش مصرف انرژی و بهینه‌سازی استفاده از منابع از طریق فرایندهای کارآمد تولید است. صنعت سرامیک به دلیل مصرف بالای انرژی و اتکا به سوخت‌های فسیلی، با چالش‌های زیست‌محیطی



شکل ۱۶



شکل ۱۷

قابل توجهی روبه‌رو است. با این حال، پروژه‌ها و فناوری‌های نوآورانه متعددی در سطح جهانی برای هدایت این صنعت به سمت تولید پایدار و سبز در حال توسعه هستند. این برنامه‌ها بر کاهش مصرف انرژی، جایگزینی سوخت‌های پاک، استفاده از مواد بازیافتی و بهینه‌سازی فرایندها تمرکز دارد. زمین سیاره‌ای با منابع محدودی مانند آب، نفت، جنگل‌ها و مواد معدنی است. در مدل قدیمی تولید، منابع از زمین استخراج شده از آنها محصول تولید می‌شود، مردم از محصول استفاده می‌کنند و در پایان دور انداخته می‌شود.

این مدل دو ایراد بزرگ دارد:

۱- **تمام شدن منابع:** اگر بی‌رویه از منابع استفاده کنیم، روزی تمام می‌شوند.

۲- **آلودگی محیط‌زیست:** زباله‌ها و آلودگی ناشی از تولید، هوا، آب و خاک را آلوده می‌کنند.

تولید سبز و پایدار یعنی تغییر این الگوی قدیمی و تولید محصولات، به گونه‌ای که کمترین آسیب به محیط‌زیست وارد شود و منابع طبیعی برای نسل‌های آینده نیز حفظ شوند.



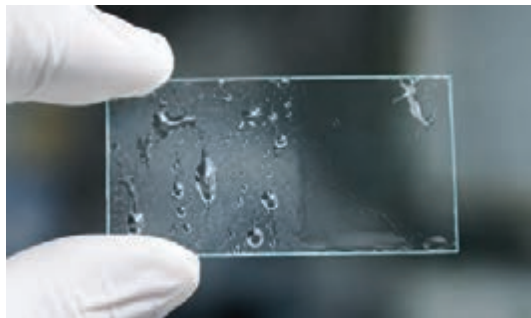
نمودار ۶- اصول تولید سبز

تولید سبز و پایدار

تولید سبز بر چند اصل کلیدی استوار است. این اصول در قالب داستان زندگی یک محصول، از تولد تا مرگ و تولد دوباره دنبال می‌شود. اصول تولید سبز در نمودار ۶ بیان شده است.

۱- طراحی هوشمندانه (قبل از تولید)

همه چیز از مرحله فکر کردن و طراحی آغاز می‌شود. در تولید سبز، طراحان به این سؤالات فکر می‌کنند:



شکل ۱۸- شیشه خود تمیز شونده

■ آیا می‌توان محصول را طوری طراحی کرد که مدت طولانی‌تری کار کند؟ (به طور مثال یک کاشی یا شیشه‌ای تولید کرد که سطح آن خود تمیزشونده باشد تا از مواد شوینده و خورنده کمتری استفاده شود و عمر آن افزایش یابد).

■ آیا می‌توان محصول را به گونه‌ای طراحی کرد که پس از پایان عمر، به راحتی بازیافت شود؟ (به عنوان نمونه بطری نوشابه شیشه‌ای را به گونه‌ای طراحی کنیم که برچسب و در آن به راحتی از بدنه جدا شود).

■ آیا می‌توان محصولی طراحی کرد که برای ساخت آن به مواد کمتری نیاز باشد؟

۲- انتخاب مسئولانه مواد اولیه (تأمین مواد)

فرض کنید می‌خواهیم یک آجرنما تولید کنیم. یک تولیدکننده معمولی رس مورد نیاز را از طبیعت برداشت می‌کند. یک تولیدکننده سبز به این موارد توجه می‌کند:

■ منبع رس کجاست؟ آیا رس از مناطقی برداشت می‌شود که جزو اراضی کشاورزی، حاصلخیز یا مناسب برای کشت و کار و دامداری است؟

■ آیا می‌توان با استفاده از مواد اولیه جایگزین پایدار، مصرف خاک رس و انرژی را کاهش داد؟ استفاده از پسماندهای صنعتی و کشاورزی، مانند خاکستر بادی و سرباره کوره، می‌تواند مصرف خاک رس و انرژی را کاهش داده و آجریایی با استحکام مناسب و آثار زیست محیطی کمتر تولید کند.

■ آیا محصول نهایی (آجرنما) در طول دوره استفاده و پس از پایان عمر خود، برای محیط زیست آلودگی ایجاد نمی‌کند؟

۳- تولید پاکیزه و کارآمد (فرایند تولید)

اکنون نوبت به کارخانه و فرایند تولید می‌رسد. تولید سبز یعنی فرایند تولید با مصرف بهینه منابع و ایجاد کمترین اثرات زیست محیطی انجام شود.

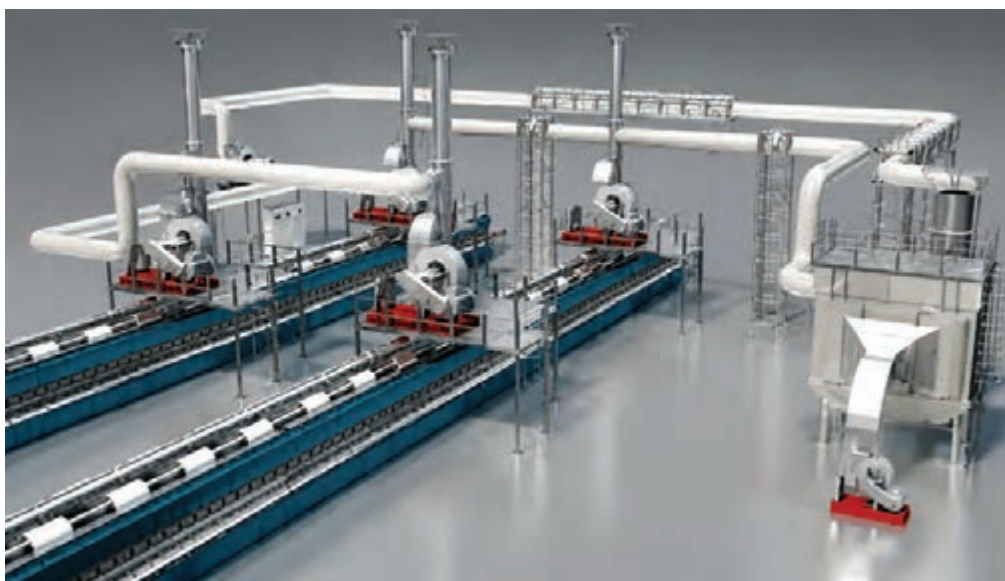
– مصرف انرژی: استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مثل پنل‌های خورشیدی روی سقف کارخانه به جای سوخت‌های فسیلی.



شکل ۱۹

– **مصرف آب:** بازیافت آب مصرفی در خط تولید و استفاده دوباره از آن، به جای مصرف آب تازه و هدررفت منابع آبی.

– **تولید زباله و آلودگی:** تلاش برای کاهش انتشار آلاینده‌ها و به حداقل رساندن پسماندها در فرایند تولید؛ به گونه‌ای که کمترین میزان آلاینده از دودکش کارخانه وارد محیط زیست شود و پسماند تولیدی نیز به حداقل برسد.



شکل ۲۰- بازیافت انرژی گرمای کوره پخت کاشی

۴- مصرف آگاهانه (مرحله استفاده از محصول)

نقش ما به عنوان مصرف کننده نیز بسیار مهم است. تولید سبز محصولی می‌سازد که در زمان استفاده هم کم مصرف باشد:

– **محصولات کم مصرف:** مانند یخچال یا لامپ‌هایی با برچسب انرژی A+++.

– **محصولات بادوام:** کاشی پیرسلان به دلیل مقاومت بالا در برابر سایش، دوام بیشتری دارد و برای فضاهای پرتردد مناسب است.

۵- پایان عمر و بازگشت به چرخه (بازیافت)

این مرحله، طلایی ترین بخش تولید سبز است. زمانیکه محصول دیگر قابل استفاده نیست، چه اتفاقی برای آن می افتد؟

– **قابلیت بازیافت:** محصول باید به گونه ای طراحی شود که پس از پایان عمر، بتوان آن را به مواد اولیه تبدیل و دوباره در تولید محصولات جدید استفاده کرد. (مانند قوطی های آلومینیومی نوشابه که ۱۰۰٪ قابل بازیافت هستند و تبدیل به قوطی جدید می شوند).

– **قابلیت جداسازی:** محصول را می توان به راحتی جداسازی کرد و هر قطعه (فلز، پلاستیک و شیشه) را به مسیر بازیافت مخصوص ارسال کرد.



شکل ۲۱- استفاده از دورریز ساخت و ساز و بازیافتی در تولید آجر و کاشی

چرا این موضوع برای آینده شما مهم است؟

- ۱- ایجاد شغل‌های جدید: تولید سبز، ایجاد مشاغل مانند مهندس انرژی، کارشناسی بازیافت، طراح محصولات پایدار و مشاور محیط‌زیست را فراهم کرده است.
- ۲- محصولات بهتر و بادوام‌تر: زمانی که شرکتی محصولات خود را با کیفیت بالاتر، دوام بیشتر و قابلیت تعمیر طراحی کند، مصرف‌کنندگان نیز کالاهای باکیفیت‌تری دریافت خواهند کرد.
- ۳- مسئولیت اجتماعی: مصرف‌کنندگان با انتخاب محصولات سبز و بازیافتی، از تولید پایدار حمایت می‌کنند و در حفظ محیط‌زیست و کاهش مصرف منابع طبیعی نقش مؤثری دارند.

- ۱ برای هریک از اصول تولید سبز چند مثال دیگر ارائه کنید و درباره آنها در کلاس گفت‌وگو کنید.
- ۲ چند محصول تولید شده از مواد بازیافتی که در بازار دیده‌اید، معرفی کنید.

فعالیت کلاسی



نکته



موادی که در طول چرخه عمر خود کمترین اثرات منفی را بر محیط‌زیست دارند، «مواد سازگار با محیط‌زیست» یا «مواد سبز» نامیده می‌شوند. این مواد معمولاً از منابع تجدیدپذیر تهیه می‌شوند و قابلیت استفاده مجدد یا بازیافت دارند.

آیا همه انواع سرامیک‌ها، با محیط‌زیست سازگار هستند؟ دلایل خود را بیان کنید.

تحقیق کنید



سبزسازی فرایند تولید سرامیک‌ها به روش پرس



فرایند تولید سرامیک به روش پرس، یک روش غالب و کارآمد در صنعت است. اما با چالش‌های خاص خود در زمینه پایداری روبه‌رو می‌باشد. بخش عمده این چالش‌ها ناشی از مصرف بالای انرژی در مراحل پیش از پرس (مانند خشک کردن با پاشش) و پس از آن (مرحله پخت) است. با این حال، فناوری‌ها و رویکردهای نوین برای سبزسازی این فرایند در حال توسعه و به‌کارگیری هستند.

شکل ۲۲- سبزسازی محصولات پرس

سه رکن تولید سرامیک سبز

سه رکن اصلی برای تولید یک سرامیک سبز عبارت است از:

■ کاهش مصرف مواد اولیه «بکر» و افزایش استفاده از مواد بازیافتی: مثلاً این موضوع در صنعت کاشی شامل شیشه‌های مصرف‌شده یا لجن سرامیکی بازیافتی از تصفیه‌خانه آب می‌شود.	۱- بهره‌وری منابع
■ کاهش مصرف انرژی و سوخت در مرحله پخت: کوره‌های سنتی مصرف‌کننده انرژی هستند. در کوره‌های نوین از بازیابی گرمای اتلافی، بهینه‌سازی احتراق و در برخی موارد از سوخت‌های کم کربن مانند هیدروژن استفاده می‌شود.	۲- پخت کم کربن
■ استفاده نکردن از لعاب‌ها و رنگدانه‌های حاوی فلزات سنگین مانند سرب و کادمیم.	۳- آمیز غیرسمی

نمودار ۷

آیا کاشی‌های سرامیکی می‌توانند به حفاظت از محیط‌زیست کمک کنند؟



شکل ۲۳

با توجه به اینکه صنعت ساختمان‌سازی سهم قابل‌توجه از انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده است، توسعه و استفاده از کاشی‌های سبز، دیگر یک انتخاب نیست، بلکه ضرورتی برای حفاظت از محیط‌زیست است.

«کاشی‌های سبز» به محصولاتی گفته می‌شود که در تمام مراحل چرخه عمر خود، از استخراج مواد اولیه و تولید گرفته تا حمل‌ونقل، مصرف و بازیافت، کمترین اثرات زیست‌محیطی را برجای می‌گذارند. از این‌رو، آینده صنعت کاشی با توسعه و تولید کاشی‌های سبز گره خورده است. «آینده» با کاشی‌های سبز فرش شده است.

سبزی‌سازی روند تولید کاشی

در شکل ۲۴ مراحل تولید یک کاشی از عبور مواد از واحدهای مختلف کارخانه تا تولید محصول نهایی نشان داده شده است. در برخی کارخانه‌های پیشرفته، بعضی از این مراحل حذف یا با یکدیگر ادغام شده‌اند. برای مثال در برخی خطوط تولید، کاشی پس از واحد لعاب و چاپ مستقیماً وارد کوره پخت می‌شود. فناوری‌های سبزی‌سازی و پایدارسازی تولید کاشی باید در تمام مراحل فرایند تولید و در همه واحدهای کارخانه به کار گرفته شوند. در این واحد یادگیری چند نمونه از این فناوری‌ها معرفی می‌شود.



شکل ۲۴- نمایی از مراحل خط تولید کاشی

آماده سازی مواد اولیه

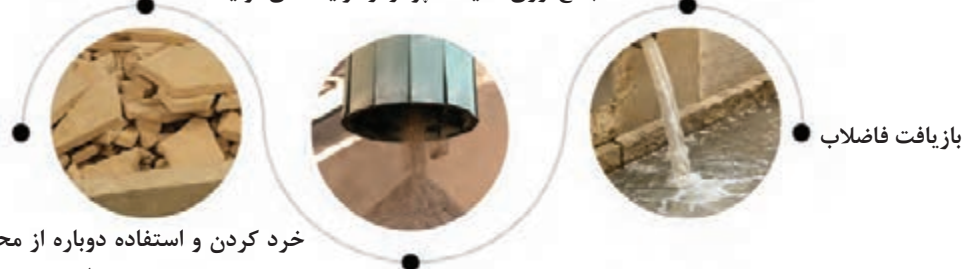
■ **استفاده از مواد اولیه بومی:** تأمین موادی مانند فلدسپات یا کائولن از مناطق نزدیک کارخانه به کاهش مصرف سوخت، هزینه حمل و نقل و انتشار گازهای گلخانه ای کمک می کند. همچنین استفاده از منابع بومی و اصلاح فرمولاسیون بدنه با توجه به ویژگی های خاک منطقه موجب بهینه سازی فرایند تولید می شود. استفاده از خاک های بومی جهت اصلاح فرمولاسیون «بدنه» راهکاری علمی برای بهینه سازی فرایند تولید است.

بهره گیری از مواد معدنی منطقه در کنار افزودنی های استاندارد، علاوه بر کاهش چشمگیر اثرات زیست محیطی، نقش مؤثری در تقلیل هزینه های ناشی از واردات و افزایش صرفه اقتصادی ایفا می کند.

■ **کاهش مصرف مواد اولیه:** بهینه سازی فرایند پرس و استفاده از افزودنی های مناسب (مانند روان کننده ها)، جمع آوری و استفاده از ضایعات فرایند تولید می تواند به کاهش ضایعات و صرفه جویی در مصرف مواد اولیه در همان مراحل اولیه شکل دهی کمک کند.

■ **مدیریت مصرف آب:** مصرف آب در کارخانه باید به طور مستمر پایش و کنترل شود. آب مصرف شده در خطوط تولید پس از جمع آوری و ته نشینی ذرات سرامیکی، تصفیه شده و دوباره به چرخه تولید، مانند آسیاب های گلوله ای یا خط پولیش، بازگردانده می شود.

جمع آوری ضایعات پودر از فرایندهای تولید



شکل ۲۵- باز یافت ضایعات تولید



شکل ۲۶- استفاده از ضایعات

■ **بازیافت ضایعات پخته:** یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در تولید کاشی، مدیریت «ضایعات پخته» است. این ضایعات شامل کاشی‌هایی که در کوره می‌شکنند یا پس از پولیش، از مرحله کنترل کیفیت خارج می‌شوند، می‌شود در روش‌های سنتی، این ضایعات به محل دفن زباله انتقال داده می‌شدند. اما در تولید سبز، پس از خردایش و آسیاب، دوباره به چرخه تولید بازگردانده می‌شوند. این فرایند مصرف مواد اولیه را کاهش می‌دهد و در برخی فرمولاسیون‌ها می‌تواند موجب کاهش انرژی موردنیاز برای پخت شود، زیرا ضایعات پخته بخشی از تغییرات فیزیکی و شیمیایی خود را پیش‌تر طی کرده‌اند.

قانون ۲۰٪: با استفاده از ۲۰٪ ضایعات پخته در بدنه پرس‌لان، می‌توان محصولی با جذب آب حدود ۵٪/۰ تولید کرد.

نکته



■ **استفاده از مواد بازیافتی و پسماندهای صنایع دیگر:** یکی از مؤثرترین راهکارها برای کاهش اثرات زیست‌محیطی، استفاده از مواد بازیافتی و ضایعات صنعتی مانند شیشه، چینی و پسماندهای صنایع دیگر به‌عنوان بخشی از مواد اولیه، برای کاهش مصرف منابع طبیعی و هزینه‌ها است.

کاشی ساخته شده از مواد بازیافتی: این نوع کاشی با استفاده از حداقل ۹۵٪ مواد بازیافتی شامل ضایعات سرامیکی و شیشه‌ای (پیش و پس از پخت) تولید می‌شود. پس از آماده‌سازی و پرس، این مواد به محصولی باکیفیت و عملکرد مناسب تبدیل می‌شوند.

بیشتر بدانید



شکل ۲۷



در شکل ۲۸ و نمودار ۸ سرامیک‌های قابل بازیافت نشان داده شده است.
 ۱ چند نمونه دیگر از محصولات یا سرامیک‌های قابل بازیافت را معرفی کنید.
 ۲ آیا می‌توان از این ضایعات سرامیکی بازیافتی در تولید کاشی استفاده کرد؟



نمودار ۸- نمونه‌هایی از محصولات سرامیکی قابل بازیافت



شکل ۲۸



شکل ۲۹

اگر امکان استفاده مجدد از ضایعات سرامیکی در تولید کاشی وجود نداشته باشد، می‌توان آنها را در کاربردهای دیگر به کار برد. این رویکرد نمونه‌ای از «هم‌زیستی صنعتی»^۱ است؛ یعنی همکاری صنایع مختلف برای استفاده از پسماندها، برای مثال ضایعات خرد شده سرامیکی می‌توانند به عنوان بخشی از مصالح زیرسازی راه یا آسفالت استفاده شوند. در این حالت، ضایعاتی که پیش‌تر هزینه دفع داشتند، به یک منبع ارزشمند و حتی درآمدزا تبدیل می‌شوند.

۱- هم‌زیستی صنعتی یعنی استفاده یک صنعت از پسماندها یا محصولات جانبی صنعت دیگر به عنوان ماده اولیه



کار عملی ۷: ساخت کاشی با استفاده از ضایعات سرامیکی و شیشه‌ای (بازیافت و استفاده مجدد از مواد)

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ضایعات شیشه و کاشی، ملات سیمان سفید یا چسب چوب، سنگ شکن، آسیاب، دستگاه استحکام سنج

شرح فعالیت:

- ۱ ضایعات کاشی و سرامیک (یا بطری‌های شیشه‌ای رنگ‌دار) را جمع‌آوری و آنها را با رعایت نکات ایمنی و بهداشتی با دستگاه سنگ شکن خرد و سپس با آسیاب به پودر تبدیل کنید.
- ۲ پودر حاصل را با مقدار کمی سیمان یا چسب چوب مخلوط کرده و در قالب‌های ساده بریزید.
- ۳ پس از خشک شدن، کاشی‌های ساخته شده را از نظر استحکام و ظاهر بررسی کنید.



کار عملی ۸: بررسی قابلیت استفاده از خاک رس بومی در تولید کاشی (با هدف استفاده از مواد بومی و کاهش رد پای کربن ناشی از حمل و نقل مواد اولیه)

مواد و تجهیزات مورد نیاز: خاک رس محلی، آب، ترازو، استوانه مدرج، الک، دستگاه پرس، خشک کن، آسیاب، قالب پرس، دستگاه استحکام سنج، کولیس

شرح فعالیت:

- ۱ با کمک هنرآموز چند نمونه از خاک رس از مناطق اطراف تهیه کنید.
- ۲ خاک‌های رس را خشک کنید و سپس در آسیاب پودر کنید.
- ۳ به هر نمونه خاک رس ۷ درصد آب اضافه کنید و مخلوط را کاملاً یکنواخت کنید.
- ۴ مخلوط را در یک کیسه پلاستیکی قرار دهید تا رطوبت به‌طور یکنواخت در آن توزیع شود.
- ۵ قالب پرس را آماده‌سازی کنید و مخلوط گرانول‌ها را داخل قالب بریزید.
- ۶ سنبه را به‌صورت صحیح روی گرانول‌ها در قالب قرار دهید.
- ۷ قالب را بدون جدا شدن و جابه‌جایی تکه‌های قالب زیر دستگاه پرس قرار دهید.
- ۸ فشار پرس را مطابق مشخصات دستگاه (حدود ۲۰ مگاپاسکال یا مقدار معادل آن) در سه مرحله اعمال کنید.
- ۹ با کمک هنرآموز، فرایند خروج قطعه پرس شده را از قالب انجام دهید.
- ۱۰ از قطعات ساخته شده نمونه تر، خشک و پخت شده تهیه کنید.
- ۱۱ نتایج آزمون‌های استحکام، دقت ابعادی و وضعیت نمونه‌ها در حالت خام، خشک و پخته را ثبت و با نتایج سایر گروه‌ها مقایسه کنید.

آماده‌سازی گرانول (گرانول‌سازی)

تولید گرانول یکنواخت یکی از مزیت‌های اصلی خشک‌کن‌های پاششی در صنعت کاشی است؛ با این حال، مصرف زیاد آب و انرژی از مهم‌ترین چالش‌های این فرایند به‌شمار می‌رود. در این فرایند، دوغاب سرامیکی معمولاً حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد آب (از نظر وزنی) دارد. پس از خشک‌کن پاششی، رطوبت گرانول به حدود ۵ تا ۷ درصد کاهش می‌یابد تا برای مرحله پرس مناسب باشد. خشک کردن این مقدار از



شکل ۳۰- خشک کن

درصد اتلاف انرژی در فرایند تولید کاشی



نمودار ۹

آب، نیازمند انرژی حرارتی بسیار زیادی است. خشک کن پاششی یکی از پرمصرف ترین تجهیزات از نظر انرژی در خط تولید کاشی است (به طور متوسط حدود ۳۰ درصد از کل انرژی مورد نیاز برای تولید یک کاشی).

بیش از نیمی از انرژی مصرف شده در این مرحله به صورت مفید برای تبخیر آب استفاده نمی شود و هدر می رود. علاوه بر این تجهیزات جانبی مورد نیاز برای راه اندازی و عملکرد خشک کن پاششی نیز مصرف انرژی قابل توجهی دارند که موجب افزایش هزینه های تولید می شود.

پیامدهای منفی مصرف آب و انرژی زیاد در خشک کن های پاششی

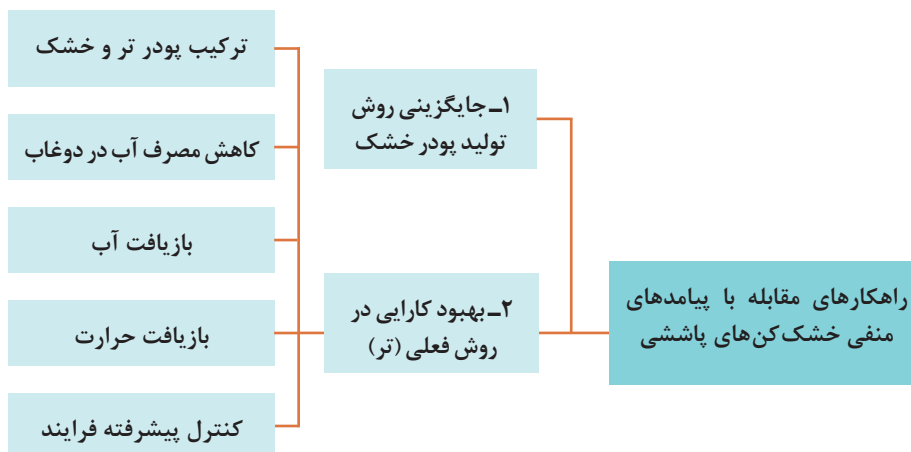
۱- هدر رفت منابع آبی و انرژی: در کنار آلودگی های معمول صنعتی، هدر رفت آب و منابع انرژی به عنوان یکی از چالش های جدی زیست محیطی در صنعت کاشی به شمار می رود.

۲- افزایش هزینه های تولید: مصرف بالای آب و انرژی به طور مستقیمی بر هزینه های جاری تولید تأثیر دارد و موجب افزایش قیمت تمام شده محصول می شود.

همچنین، پیچیدگی تجهیزات و سرمایه گذاری اولیه مورد نیاز برای تهیه و نگهداری این تجهیزات، از دیگر موانع اقتصادی به شمار می رود.

۳- انتشار گازهای گلخانه ای: مصرف زیاد سوخت های فسیلی منجر به انتشار قابل توجه کربن دی اکسید و سایر گازهای گلخانه ای می گردد و سبب تغییرات اقلیمی می شود.

برای سبز سازی فرایند تولید گرانول راهکارهایی در نمودار ۱۰ بیان شده است.



نمودار ۱۰- راهکارهای مقابله با پیامدهای منفی خشک کن های پاششی

۱- جایگزینی روش تولید پودر خشک (گرانول خشک)

در این روش به جای ساخت دوغاب، مخلوط مواد اولیه به صورت خشک آسیاب شده و سپس با افزودن مقدار بسیار کمی رطوبت (حدود ۵ تا ۷ درصد) در دستگاه گرانول ساز به گرانول تبدیل می شود. مزایای این جایگزینی عبارت اند از:

صرفه جویی در مصرف آب

■ مهم ترین مزیت این روش، صرفه جویی قابل توجه در مصرف آب است. در روش خشک کن پاششی، به ازای تولید هر مترمربع کاشی با وزن حدود ۲۰ کیلوگرم، حدود ۱۳ لیتر آب مصرف و تبخیر می شود، در حالی که این مقدار در روش خشک به کمتر از ۱ لیتر کاهش می یابد.

صرفه جویی در انرژی

■ در این روش، گاز طبیعی مورد نیاز برای تبخیر آب به طور کامل حذف شده و مصرف برق نیز تا حدود ۶۰ درصد کاهش پیدا می کند. تخمین زده می شود که این روش می تواند هزینه مصرف انرژی را تا ۵۰ درصد کاهش دهد.

صرفه جویی در مواد اولیه و هزینه ها

■ عدم نیاز به روان سازها (برای روان کردن دوغاب) و گلوله های آسیاب، هزینه های تولید را کاهش می دهد. همچنین، سرمایه گذاری اولیه برای راه اندازی خط تولید گرانول خشک، نزدیک به ۵۰ درصد کمتر از روش تر است.

مزایای زیست محیطی

■ کاهش مصرف آب و انرژی به طور مستقیم موجب کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و حفظ منابع طبیعی است.



شکل ۳۱- تولید پودر به روش خشک (گرانول خشک)



مقایسه روش تر و خشک از نظر انرژی و مصرف آب

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

۲- بهبود کارایی در روش تر

برای واحدهایی که همچنان از خشک کن پاششی استفاده می کنند و قصد تغییر کامل روش تولید را ندارند، راهکارهای بهینه سازی متعددی وجود دارد:

ترکیب پودر تر و خشک (روش هیبریدی)

■ تحقیقات نشان داده است که می توان تا ۵۰ درصد از پودر تولیدی با خشک کن پاششی را با پودر حاصل از روش های دانه بندی خشک، مخلوط کرد. این کار می تواند منجر به صرفه جویی قابل توجهی در مصرف آب، انرژی و کاهش انتشار کربن دی اکسید در مراحل آسیاب و دانه بندی شود.

کاهش مصرف آب در دوغاب

■ هرگونه اقدامی که بتواند درصد آب دوغاب اولیه را کاهش دهد، به طور مستقیم در کاهش زمان و انرژی خشک شدن و بهبود کارایی خط تولید مؤثر است. استفاده از روانسازهای جدید و بهینه سازی فرمولاسیون آمیز می تواند در این زمینه کمک کننده باشد.

بازیافت حرارت

■ گرمای تلف شده از خروجی خشک کن پاششی و کوره های پخت را می توان با استفاده از مبدل های حرارتی، برای بازیابی و تأمین هوای گرم مورد نیاز مشعل ها یا خشک کن های دیگر مورد استفاده قرار داد.

بازیافت آب

■ آب تبخیر شده در خشک کن پاششی را می توان با استفاده از سیستم های چگالش، بازیابی و دوباره به چرخه تولید بازگرداند و بخشی از آب مصرفی را جبران کرد.

کنترل پیشرفته فرایند

■ نصب حسگرها و سیستم های کنترل هوشمند می تواند پارامترهایی مانند دما، فشار و رطوبت را به صورت دقیق تنظیم کرده و از هدررفت انرژی جلوگیری کند.

در جدول ۱۰ عوامل مؤثر بر بهینه‌سازی روش‌های گرانول‌سازی مقایسه شده است.

جدول ۱۰- مقایسه روش‌های گرانول

ویژگی	روش خشک‌کن پاششی (تر)	روش پودر خشک (جایگزین)	ترکیبی (هیبریدی)
مصرف آب	بسیار بالا (به ازای هر مترمربع کاشی ۱۳ لیتر)	بسیار پایین (کمتر از ۱ لیتر)	کاهش تا ۵۰٪ نسبت به روش تر
مصرف انرژی	بالا (حدود ۳۰٪ انرژی کل کارخانه)	پایین کاهش ۶۰٪ در مصرف برق و حذف گاز مصرفی خشک‌کن پاششی	کاهش مصرف انرژی متناسب با درصد پودر خشک مصرفی
هزینه تولید	بالا (هزینه آب، انرژی و تجهیزات)	پایین (کاهش حدود ۵۰٪ سرمایه‌گذاری اولیه)	کاهش هزینه تولید
کیفیت پودر	عالی (یکنواخت و روان)	قابل قبول (با فناوری‌های جدید در حال بهبود)	خوب (نزدیک به روش تر)
پیچیدگی فناوری	زیاد	نیازمند فناوری و تجهیزات خاص	نیازمند مدیریت دقیق ترکیب دو پودر

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۹: ساخت کاشی با استفاده از روش ترکیبی (هیبریدی)

مواد و تجهیزات مورد نیاز: گرانول دیوار یا کف صنعتی، گرانول دست‌ساز در پودمان ۴، ترازو، الک، استوانه مدرج، قالب پرس، دستگاه پرس، دستگاه استحکام‌سنج، کولیس

شرح فعالیت:

۱ مقدار ۵۰۰ گرم گرانول دیوار یا کف صنعتی را با ۵۰۰ گرم گرانول دست‌ساز که کاملاً خشک هستند را با هم مخلوط کنید.

۲ به مخلوط ۷ درصد رطوبت اضافه کرده و عمل یکنواخت‌سازی را انجام دهید.

۳ آمیز را داخل نایلون بریزید و برای یکنواخت شدن رطوبت به مدت یک ساعت نگهداری کنید.

۴ قالب پرس را آماده‌سازی کنید و مخلوط گرانول‌ها را داخل قالب بریزید.

۵ سنبه را به صورت صحیح روی گرانول‌ها در قالب قرار دهید.

۶ قالب را بدون جدا شدن و جابه‌جایی تکه‌های قالب، زیر دستگاه پرس قرار دهید.

۷ فشار ۲۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع را طی سه مرحله (۳۰٪، ۶۰٪، ۱۰۰٪ فشار نهایی) بر روی سنبه اعمال کنید.

۸ با کمک هنرآموز خود فرایند خروج قطعه پرس شده را از قالب انجام دهید.

۹ استحکام خام و خشک قطعه را اندازه‌گیری کنید و با استحکام قطعه ساخته شده با گرانول صنعتی مقایسه کنید.



کار عملی ۱۰: ساخت کاشی با استفاده از ضایعات کاشی خام

مواد و تجهیزات مورد نیاز: ضایعات کاشی در فرایند پرس و خشک کن، ترازو، الک، استوانه مدرج، قالب پرس، دستگاه پرس، دستگاه استحکام سنج، کولیس

شرح فعالیت:

- ۱ ده عدد کاشی با گرانول کف یا دیوار صنعتی با پرس تولید کنید.
- ۲ پنج عدد از کاشی‌ها را درون خشک کن قرار دهید تا خشک شوند و پنج عدد آن را در محیط خشک کنید.
- ۳ استحکام خمشی هریک از کاشی‌ها را بررسی و یادداشت کنید.
- ۴ ضایعات کاشی مرحله ۳ را پودر کنید و به آن ۷ درصد رطوبت اضافه کنید و عمل یکنواخت سازی را انجام دهید.
- ۵ مخلوط را داخل نایلون قرار دهید و به منظور یکنواخت شدن رطوبت به مدت یک ساعتی بخوابانید.
- ۶ قالب پرس را آماده سازی کنید و مخلوط گرانول‌ها را داخل قالب بریزید.
- ۷ سنبه را به صورت صحیح روی گرانول‌ها در قالب قرار دهید.
- ۸ قالب را بدون جدا کردن سنبه جابه جا کرده و در زیر دستگاه پرس قرار دهید.
- ۹ فشار ۲۰۰ کیلوگرم بر سانتی مترمربع را طی سه مرحله (۳۰٪، ۶۰٪، ۱۰۰٪ فشار نهایی) بر روی سنبه اعمال نمایید.
- ۱۰ با کمک هنرآموز خود فرآیند خروج قطعه پرس شده را از قالب انجام دهید.
- ۱۱ استحکام خام و خشک قطعات ساخته شده را با استحکام قطعه ساخته شده در مرحله ۳ مقایسه کنید.

شکل دهی (پرس)

■ **بهینه سازی پرس:** استفاده از پرس‌های هیدرولیک مدرن و پربازده که قدرت پرس بالایی دارند و انرژی کمتری را مصرف می‌کنند، می‌تواند به پایداری زیست محیطی کمک کند.

■ **سیستم‌های پرس پیوسته:** استفاده از فناوری‌هایی که امکان تولید کاشی‌های بزرگ با ضخامت‌های متفاوت (از ۳ تا ۲۰ میلی متر) را فراهم می‌کنند که باعث افزایش، یکنواختی، کاهش ضایعات و بهبود کیفیت محصول نهایی می‌شود.

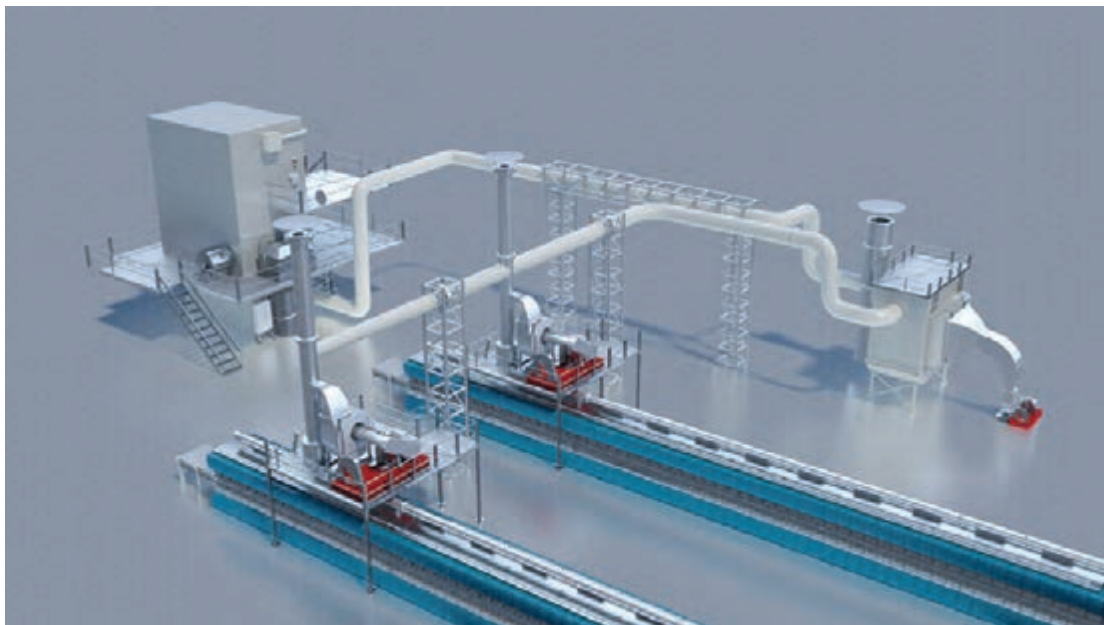
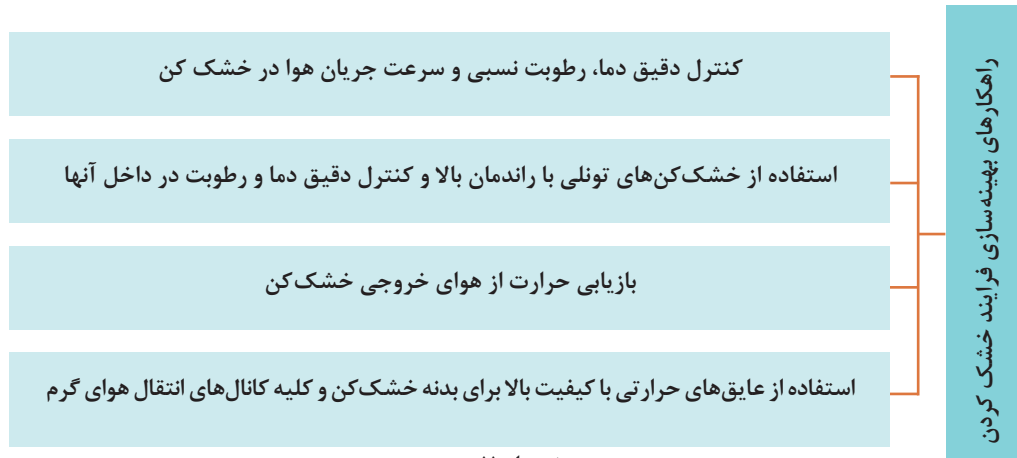
■ **مدل سازی و شبیه سازی رایانه‌ای:** این ابزارها به طراحان این امکان را می‌دهند تا پس از ساخت قالب و انجام آزمایش‌های پرهزینه، فرایند پرس کاری را بهینه کرده و از بروز مشکلات در پرس و تولید کاشی جلوگیری کنند. در نتیجه، مصرف انرژی و مواد به شدت کاهش می‌یابد.



شکل ۳۲- پرس تولید کاشی

خشک کن کاشی

برای پیاده سازی اصول تولید سبز در خشک کن کاشی، موارد بیان شده در نمودار ۱۱ را می توان به عنوان راهکارهای بهینه سازی مورد استفاده قرار داد.



شکل ۳۳- بازیافت حرارت از کوه و استفاده در خشک کن

کار عملی ۱۱: بازدید از یک کارخانه کاشی و جست و جوی فرایندهای سبز
شرح فعالیت

لازم است هنرجویان با یک «چک لیست سبز» وارد کارخانه کاشی و سرامیک شوند و موارد زیر را بررسی و گزارش کنند:

۱- مدیریت پسماند: آیا ضایعات کارخانه بازیافت می شود و دوباره به چرخه تولید بازمی گردد؟

فعالیت کارگاهی



- ۲- مدیریت انرژی: چه اقداماتی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در کوره‌ها انجام می‌شود؟
 ۳- مدیریت آب: آیا آب مصرفی در فرایند تولید تصفیه و بازیابی می‌شود؟
 ۴- کاهش آلودگی: چه فناوری‌هایی برای کاهش گردوغبار و گازهای خروجی استفاده شده است؟

لعب و چاپ نقش

مرحله اعمال لعب و چاپ نقش روی کاشی، یکی از پرمصرف‌ترین مراحل تولید کاشی است که آلاینده‌های زیادی ایجاد می‌کند. در جدول ۱۱ سه راهکار برای پیاده‌سازی اصول تولید سبز در این بخش ارائه شده است.

جدول ۱۱

ردیف	راهکار	مزیت	توضیحات
۱	استفاده از فناوری دیجیتال در لعب‌زنی و چاپ	کاهش چشمگیر مصرف مواد اولیه (لعب و جوهر)	صرفاً با اعمال دقیق لعب در سطح کاشی، ضایعات بین ۳۰ الی ۴۰ درصد کاهش می‌یابد.
		کاهش آلودگی و حذف ترکیبات سمی در محیط کار	ذرات جامد و بخارات سمی ناشی از حلال‌های آلی از محیط حذف می‌گردد.
		کاهش مصرف انرژی و آب	حذف سیستم‌های مکش قوی و تصفیه هوا، کاهش نیاز به شستشوی تجهیزات، کاهش زمان تمیزکاری
		بهبود کیفیت محصول	سطح نهایی صاف‌تر و با زبری کمتر و افزایش وضوح طرح‌ها و شدت رنگ‌ها
۲	کنترل هوشمند کیفیت	تشخیص سریع خطا	بازرسی لحظه‌ای کیفیت پس از لعب‌زنی و چاپ، تشخیص سریع خطاها و در نتیجه کاهش ضایعات.
۳	فناوری لیزر	حذف مواد مصرفی و شیمیایی مضر	برای ایجاد طرح پایدار روی سطح، به مواد شیمیایی اضافی نیاز ندارد.

کوره پخت کاشی

بیشترین انرژی، در قسمت کوره مصرف می‌شود. تبدیل یک کوره استاندارد به کوره‌ای که قادر به تولید کاشی‌های سبز باشد، نیازمند ترکیبی از ارتقای سخت‌افزار و بهبود دقت نرم‌افزارهای کنترلی است. در جدول ۱۲ راهکارهایی برای پیاده‌سازی اصول تولید سبز در بخش کوره ارائه شده است.

جدول ۱۲

۱- بازیابی گرمای تلف شده	در یک کارخانه کاشی، حدود ۶۰٪ از گرمای تولید شده در کوره از طریق دودکش‌ها یا خنک‌کننده از بین می‌رود. از هوای بازیابی شده می‌توان برای خشک‌کن پاششی، پیش‌گرم کردن هوای احتراق و گرم کردن آب موردنیاز تأسیسات کارخانه استفاده کرد.
--------------------------	--

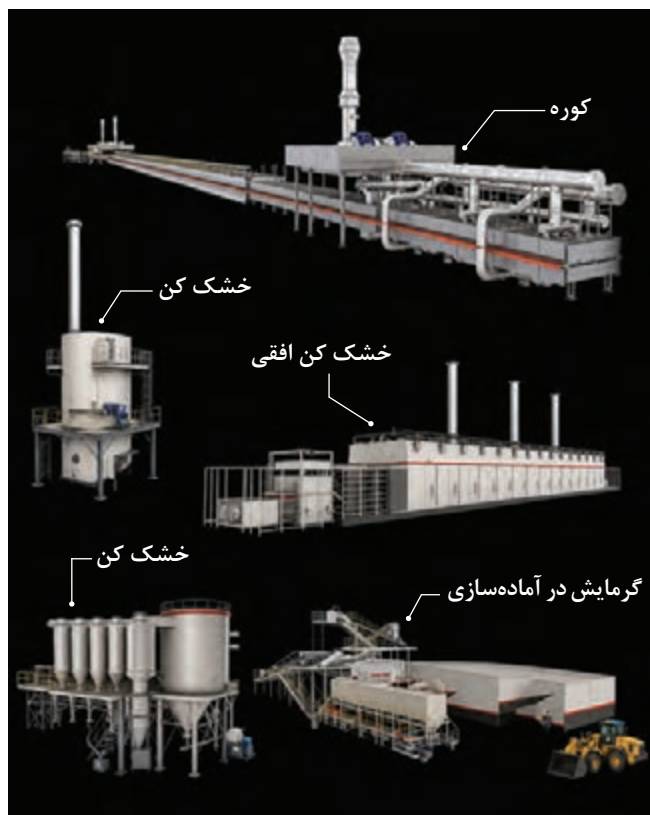
۲- مدیریت احتراق دیجیتال

کوره‌های سبز مدرن از حسگرهای مبتنی بر هوش مصنوعی برای حفظ «شعله بهینه» استفاده می‌کنند. این حسگرها با تنظیم دقیق نسبت هوا به گاز، اطمینان حاصل می‌کنند که هیچ مولکولی از گاز هدر نمی‌رود.

۳- جایگزینی سوخت‌های فسیلی با منابع پاک

کوره‌های پخت سرامیک که با گاز طبیعی کار می‌کنند، منبع اصلی آلاینده‌ها و انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. سوخت هیدروژن و همچنین سوخت‌های زیستی تولید شده از زباله‌های شهری، گزینه‌های مناسبی برای جایگزینی با گاز طبیعی به‌شمار می‌روند.

بیشتر بدانید



شکل ۳۴

■ از آب گرم برای گرم کردن آب مورد استفاده در آسیاب‌های خاک رس استفاده می‌شود. این کار باعث انحلال آسان‌تر خاک رس، کاهش مصرف روانساز و آب، همچنین بهبود فیلتراسیون و انتقال مواد شده و از تشکیل هرگونه رسوب جلوگیری می‌کند.

■ مکانیسم تنظیم مرزی کربن یا تعرفه کربن مرزی یا گمرک کربن (CBAM)^۱ یک استاندارد تجاری است. این سازوکار، رقابت را از قیمت و کیفیت به سمت پاک بودن فرایند تولید سوق می‌دهد و تولیدکنندگان را ملزم می‌کند برای هر تن کربن منتشر شده، هزینه‌ای تحت عنوان «قیمت کربن» پرداخت کنند.

سبزسازی روند تولید دیرگداز

دیرگدازها محصولاتی هستند که در کوره‌ها به کار می‌روند و می‌توانند خواص فیزیکی و شیمیایی خود را در دماهای بالا و شرایط محیطی کوره حفظ کنند. دیرگدازها نقش حیاتی در صنایع دما بالا دارند صنایعی که مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای آنها بالا است (مانند تولید فولاد، سیمان، شیشه، آلومینیم و مس). پایداری و سبزسازی در مسیر تولید دیرگدازها باعث افزایش عمر مفید محصولات، بازیافت مواد مصرف شده، بهینه‌سازی مصرف انرژی در کوره‌ها و توسعه مواد اولیه جدید می‌شود.

۱- Carbon Border Adjustment Mechanism



شکل ۳۵- کوره پخت دیرگداز

فرایند تولید دیرگدازها همانند دیگر سرامیک‌ها با انتخاب مواد اولیه مناسب آغاز می‌شود، در مرحله نخست، خردایش، آسیاب و دانه‌بندی مناسب انجام می‌شود سپس مواد با استفاده از افزودنی‌هایی مانند چسب به روش‌های مختلف شکل‌دهی و پس از آن قطعات شکل داده شده، در کوره‌ها پخت می‌شوند. در اثر پخت، آجرهای خام به قطعاتی مستحکم و با خواص مطلوب تبدیل می‌شوند. در نمودار ۱۲ مسیر اصلی تولید دیرگدازهای شکل‌دار نشان داده شده است.



نمودار ۱۲- تولید دیرگدازها با روش پرس

مراحل مختلفی برای تولید دیرگدازها وجود دارد که شباهت بسیار زیادی با فرایند تولید کاشی دارند. بنابراین راهکارها و فناوری‌های سبزشازی مشترکی برای صنعت دیرگداز معرفی می‌شوند. در اینجا چند راهکار پرکاربرد برای صنعت دیرگداز ارائه شده است.

■ **بهینه‌سازی مصرف انرژی:** استفاده از دیرگدازهای عایق (با تخلخل بالا) در کنار دیرگدازهای چگال در آستر کوره، به کاهش اتلاف گرما و بهینه‌سازی مصرف انرژی کمک می‌کند.



شکل ۳۶- بازیابی حرارت در کوره

■ **سازگاری با سوخت‌های پاک:** برای استفاده از سوخت‌های جایگزین مانند زباله، لازم است تولید دیرگدازهایی مقاوم در برابر محیط‌های قلیایی توسعه یابد تا از تخریب و کاهش عمر دیرگداز در تماس با قلیایی‌های ناشی از احتراق سوخت‌های جدید جلوگیری شود.

■ **نوآوری در مواد اولیه:** مواد اولیه دیرگداز با خواص مکانیکی و حرارتی برتر، مانند کامپوزیت‌ها برای کاربردهای ویژه تولید می‌شوند.

■ **توسعه مواد نوین و مقاوم:** استفاده از جرم‌های خودترمیم‌شونده، مانند سیلیسیم کاربید برای پر شدن ترک‌ها در هنگام کار، باعث می‌شود طول عمر پوشش دیرگداز افزایش یافته و نیاز به تعمیرات و توقف‌های تولید کاهش یابد.



شکل ۳۷- ضایعات دیرگداز

■ **بازیافت و استفاده مجدد:** با توجه به شرایط ضایعات

دیرگداز، می‌توان دیرگدازهای مشابه با نوع اصلی آنها را از ضایعات ساخت یا اینکه از آنها در تولید محصولات دیگر مانند سنگ تزئینی یا پرکننده در صنایع ساختمان‌سازی استفاده کرد.

تحقیق کنید



مصاحبه با یک مهندس سرامیک یا متالورژی

سؤالات خود را در مورد فرایندهای سبز صنعت دیرگداز آماده کرده و با یک مهندس شاغل در این حوزه (از طریق دعوت به کارگاه یا ارتباط برخط) مصاحبه کنید. سؤالات می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- ☐ مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی صنعت دیرگداز چیست؟
- ☐ شرکت شما چه اقداماتی برای بازیافت ضایعات انجام می‌دهد؟
- ☐ فناوری‌های جدید برای کاهش مصرف انرژی در کوره‌های پخت کدام‌اند؟
- ☐ آینده این صنعت با توجه به حرکت به سمت فولادسازی باسوخت هیدروژنی چگونه خواهد بود؟

فعالیت کارگاهی



بازدید از یک کارخانه دیرگداز یا صنعت مصرف‌کننده (فولاد یا سیمان)

شرح فعالیت:

از یک کارخانه تولید دیرگداز یا یک صنعت مصرف‌کننده مانند فولاد یا سیمان بازدید کنید و در مورد موارد زیر گزارش تهیه کنید.

۱- **فرایند تولید:** خط تولید آجرهای نسوز یا جرم‌های دیرگداز را مشاهده کرده و مراحل تولید را بررسی کنید.

۲- **مدیریت پسماند:** بررسی کنید کارخانه با ضایعات دیرگداز چه می‌کند. آیا آنها را بازیافت می‌کند یا دور می‌ریزد؟ ضایعات را مشاهده کنید.

۳- **بازیابی انرژی:** در صنایع مصرف‌کننده (مانند کارخانه سیمان)، نحوه استفاده از حرارت تلف شده برای خشک کردن مواد یا تولید برق را مشاهده کنید.

۴- **آشنایی با تجهیزات:** از آزمایشگاه کنترل کیفیت کارخانه و تجهیزات مورد استفاده در دیرگدازها بازدید کنید (مانند دستگاه‌های اندازه‌گیری مقاومت فشاری یا مدول کششی).

۵- **کاهش آلودگی:** چه فناوری‌هایی برای کاهش گردوغبار و گازهای خروجی استفاده شده است؟

فعالیت کارگاهی



کار عملی ۱۴: بررسی تأثیر افزودن ضایعات دیرگداز شاموتی بر خواص یک دیرگداز شاموتی

مواد و تجهیزات مورد نیاز: آب، ضایعات دیرگداز شاموتی، شاموت، رس دیرگداز، دستگاه پرس، قالب پرس، دستگاه استحکام‌سنج، ترازو، استوانه مدرج، سنگ شکن، آسیاب، خشک‌کن، کوره، الک

۱ مقدار از ضایعات دیرگداز شاموتی را با استفاده از سنگ شکن و آسیاب، دانه‌بندی کنید.

۲ شاموت و رس دیرگداز موجود در کارگاه را با درصد‌های مختلف ضایعات (مثلاً ۰٪، ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪) مخلوط کنید.

۳ به آمیزها ۷ درصد رطوبت اضافه کرده و یکنواخت‌سازی کنید.

۴ آمیز را داخل نایلون قرار دهید و برای یکنواخت شدن رطوبت، به مدت یک ساعتی بخوابانید.

۵ قالب پرس را آماده کرده و مخلوط‌ها را داخل قالب بریزید.

۶ سنبه را به صورت صحیح روی آمیز قرار دهید.

۷ قالب را بدون جدا شدن و جابه‌جایی تکه‌های قالب زیر دستگاه پرس قرار دهید.

- ۸ فشار ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع را طی سه مرحله (۳۰٪، ۶۰٪، ۱۰۰٪ فشار نهایی) بر روی سنبه اعمال کنید.
- ۹ با کمک هنرآموز، فرایند خروج قطعه پرس شده را از قالب انجام دهید.
- ۱۰ قطعات را پس از خشک شدن در دمای ۱۲۵۰ درجه سلسیوس پخت کنید.
- ۱۱ آزمون‌های تخلخل و درصد جذب آب و استحکام قطعات پخته شده را به دست آورید.
- ۱۲ با کمک هنرآموز، نتایج آزمایش را بررسی و درباره آنها در کارگاه بحث و گفت‌وگو کنید.

ارزشیابی شایستگی فناوری سبز و پایدار

نام و نام خانوادگی	شماره ملی	تاریخ ارزشیابی:	نوبت:
کد حرفه	۸۱۸۱۲۳	حرفه:	متصدیان دستگاه‌های تولید سرامیک و شیشه
کد وظیفه شغل	۸۱۸۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	کنترل فرایند و تولید سبز
کد کار	۸۱۸۱۲۳۰۱۵۲	کار	اجرای فناوری سبز و پایدار
		سطح شایستگی	سطح صلاحیت
		مهارت / تسلط	۸۱۸۱۲۳۰۱۵
		استاندارد عملکرد کار:	کنترل فرایند تولید و اجرای الزامات تولید سبز در صنعت کاشی

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	تهیه چک لیست سبز برای کارخانه کاشی و کارخانه دیرگداز	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه برای هر بار بررسی تجهیزات و ابزار: کولیس دیجیتال یا میکرومتر، فیکسچر نگهدارنده قطعات، نور مناسب، دربین یا لوپ، برگه چک لیست سبز برای ثبت و کنترل موارد زیست محیطی و کیفی	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	تهیه کامل و منظم چک لیست سبز با شناسایی دقیق شاخص‌های ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی و ثبت کامل موارد کنترلی	۳	
۲	بررسی پتانسیل خاک رس محلی برای تولید کاشی یا دیرگداز	مکان: کارگاه استاندارد / آزمایشگاه مواد اولیه زمان: ۱۰ تا ۲۰ دقیقه برای هر نمونه خاک تجهیزات و ابزار: ترازو دقیق، دستگاه آسیاب یا خردکن، الک استاندارد، دستگاه تعیین رطوبت، تجهیزات آزمایش شیمیایی (کوره و آنالیز اکسیدها)، برگه ثبت نتایج و مستندسازی	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	ارزیابی کامل و دقیق خاک رس با آزمون‌های فیزیکی و سرامیکی و تحلیل معتبر نتایج برای تعیین قابلیت مصرف	۳	
۳	ساخت کاشی و دیرگداز با ضایعات خام و پخته شده	مکان: کارگاه تولید یا آزمایشگاه فرآیند زمان: ۲۰ دقیقه برای آماده‌سازی تا چند ساعت برای پخت نهایی تجهیزات و ابزار: ترازو دقیق، خردکن یا آسیاب، همزن و مخلوط‌کن، قالب‌ها یا دستگاه پرس، کوره صنعتی / آزمایشگاهی، ابزار اندازه‌گیری (کولیس و میکرومتر)، برگه ثبت نتایج و کنترل کیفیت	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	استفاده بهینه و اصولی از ضایعات خام و پخته در ترکیب مواد با رعایت کامل استانداردها و حفظ کیفیت محصول	۳	
۴	ساخت محصولات ساختمانی با ضایعات صنعت سرامیک	مکان: کارگاه تولید یا آزمایشگاه تحقیق و توسعه زمان: چند ساعت تا چند روز (بسته به فرآیند و محصول) تجهیزات و ابزار: خردکن یا آسیاب، ترازو دقیق، مخلوط‌کن، تجهیزات شکل‌دهی (پرس قالب‌گیری اکستروژن)، کوره کنترل دما، ابزار کنترل کیفیت (کولیس، میکرومتر، جذب آب)، فرم ثبت فرایند و نتایج	چک لیست، روبریک سه سطحی، مشاهده عملکرد، ارزیابی فرایند و محصول، سنجش زمان انجام کار و آزمون عملکردی.	استفاده قابل قبول از ضایعات با رعایت نسبی نسبت‌ها و استانداردهای تولید	۲	
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	۱- ایمنی: کفش ایمنی - کلاه ایمنی - لباس کار ۲- نگرش: علاقه به کار - دقت بالا - نظم ۳- زیست محیطی: استفاده از سیستم‌های تهویه - جداسازی و تفکیک زباله‌ها - رعایت نظافت محیط کار ۴- شایستگی‌های غیر فنی: رعایت قواعد و اصول در مراحل کار	رعایت بند ۱ الی ۴	بهره‌گیری اصولی و بهینه از ضایعات با فرآوری مناسب، کنترل کیفیت دقیق و حفظ خواص فنی محصول نهایی	۳	
	ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)	بلی ☐ خیر ☐		عدم رعایت اصول ایمنی و استفاده ناقص از تجهیزات فردی، ضعف در نگرش حرفه‌ای شامل بی‌دقتی و بی‌نظمی، بی‌توجهی به الزامات زیست محیطی مانند تهویه و نظافت و عدم پایبندی به قوانین و دستورالعمل‌های اجرایی در انجام فعالیت‌ها	۱	
توضیحات:						
۱- معیار شایستگی انجام کار:						
- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۳ و ۴ (مراحل بحرانی)						
- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش						
- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار						
۲- تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.						
مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سوار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.						

- ۱ برنامه درسی رشته سرامیک (۱۴۰۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش.
- ۲ تشکری، شعبانعلی. (۱۳۷۱). شکل دادن بدنه‌های سرامیک به روش پرس پودر. شرکت تحقیقات صنایع سرامیکی.
- ۳ افتخاری یکتا، بیژن. (۱۳۹۲). محاسبات در سرامیک. شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- ۴ قماش‌ی، حسین. (۱۳۷۷). آزمایشگاه فرایند ساخت ۱. دانشگاه علم و صنعت ایران.
- ۵ صانع خسرو. (۱۳۸۴). فن‌آوری تولید کاشی‌های سرامیکی. انتشارات نوید شیراز.
- ۶ عندلیب اردکانی، د.، و مقتدری، ع. ا. (۱۳۹۷). بررسی و تحلیل عوامل مؤثر بر توسعه محصول سبز در صنعت کاشی استان یزد. تحقیقات بازاریابی نوین، ۸ (۳)، ۷۸-۵۹.
- ۷ منتظریان، مازیار. (۱۴۰۱). کاشی‌های سرامیکی: فرایند تولید، شناسایی و رفع عیوب. انتشارات متخصصان.

- 1 Alves, C. L. (2024). Integrated process simulation applied to the optimization of porcelain tile manufacturing. Cuvillier Verlag.
- 2 Alves, C. L., Müller, J. O. M., de Noni, A., Jr., & Heinrich, S. (2025). Challenges and opportunities for increase sustainability and energy efficiency in ceramic tile industry. International Journal of Applied Ceramic Technology, 22(4), e15097.
- 3 Anders, A. C., Ghorra, G. J., & Rigutto, R. V. (1989). Wet vs dry processing: Granulation of ceramic powders (2nd in a series). Ceramic Engineering and Science Proceedings. (Ceramics Journal)
- 4 Arvanitidis, A. L., Kostoglou, M., & Georgiadis, M. C. (2024). Modeling, optimization and control of a ceramic tunnel kiln for consistent product quality under changing production demands. Computers & Chemical Engineering, 189, 108812.
- 5 Bertrand, G., Roy, P., Filiatre, C., & Coddet, C. (2005). Spray-dried ceramic powders: A quantitative correlation between slurry characteristics and shapes of the granules. Chemical Engineering Science, 60, 95–102.
- 6 Fayed, M. E., & Otten, L. (1997). Handbook of powder science and technology (2nd ed.). Chapman & Hall.
- 7 Farooq, A. R., Smith, M. L., Smith, L. N., & Midha, S. (2005). Dynamic photometric stereo for on line quality control of ceramic tiles. Computers in Industry, 56(8–9), 918–934.

- 8 Javed, S., Conte, S., Molinari, C., Rosa, R., Ferrari, A. M., Dondi, M., & Zanelli, C. (2025). Strategies and pathways to improve circularity in ceramic tile production. *Journal of Cleaner Production*, 517, 145788.
- 9 Jovic, F., Jovic, A., & Krmpotic, D. (2013). Quality control engineering in automated ceramic tile production using a signal information content approach. *Advanced Engineering Informatics*, 27(1), 93–107.
- 10 Lukasiewicz, S. J. (1989). Spray-drying ceramic powders. *Journal of the American Ceramic Society*, 72(4), 617–624. <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1989.tb06184.x> (Ceramics Journal)
- 11 Millward, K. (2025). *Ceramics: A green approach*. Herbert Press.
- 12 Ring, T. A. (1996). *Fundamentals of ceramic powder processing and synthesis*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-588930-8.X5000-1> (ScienceDirect)
- 13 Sloth, J. (2014). Method for improving spray drying equipment and product properties. *Interceram: International Ceramic Review*.
- 14 Swati, M. K., & Wagh, M. P. (2014). Review on spray drying technology. *International Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences*, 4(2), 219–225.
- 15 The Ceramic Society of Japan. (2012). *Advanced ceramic technologies & products*. Springer Japan. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-54108-0> (Springer)
- 16 Wagner, N., Nithiyananthan, M., & Farina, L. (2009). *Safety and health in the stone crushing industry*. Wagner Global Consultants.
- 17 ASTM International. (2006). ASTM C136-06.
- 18 Yahya, A., Abdel-Kader, N., Ogila, W., & Moustafa, A. (2026). Sustainable ceramic tile production: Thermochemical, microstructural, and physico-mechanical characterization of valorized granite sawing waste. *Ceramics International*, 52(15).



