

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَّآلِ مُحَمَّدٍ وَّعَجِّلْ فَرَجَهُمْ



دانش فنی تخصصی

رشته سرامیک

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



- نام کتاب: دانش فنی تخصصی (رشته سرامیک) - ۲۱۲۵۰۸
- 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: ناصر ضیاییان مفید، غلامرضا امامی میبیدی، ندی دیده‌ور، بیژن افتخاری (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
- مدیریت آماده‌سازی هنری: علیرضا ابراهیم‌آبادی، سمیرا دادستان، ندی دیده‌ور، الهام صمدبین، فرشاد فرشیدفر و محمدحسن نجاری (اعضای گروه تألیف)
- شناسه افزوده آماده‌سازی: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- نشانی سازمان: جواد صفری (مدیر هنری) - سمیه قنبری (صفحه‌آرا) - مریم دهقان‌زاده، الهام محبوب (رسام)
- ناشر: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
- وب‌گاه: تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
- ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (دارو پخش) تلفن: ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰
- چاپخانه: صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹
- سال انتشار و نوبت چاپ: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص» چاپ سوم ۱۳۹۹

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



ما باید زحمت بکشیم تا در همهٔ جناح‌ها خودکفا باشیم. امکان ندارد که استقلال به‌دست بیاید، قبل از اینکه استقلال اقتصادی داشته باشیم. اگر ما بنا باشد که در اقتصاد احتیاج داشته باشیم، در چیزهای دیگر هم وابسته خواهیم شد و همین‌طور اگر در فرهنگ، ما وابستگی داشته باشیم، در اساس مسائل وابستگی پیدا می‌کنیم.

امام خمینی (قُدَسِ سرُّه)

۱.....	پودمان اول: تحلیل روش‌های طراحی بدنه‌های سرامیکی
۲۹.....	پودمان دوم: تحلیل کاربرد لعاب در سرامیک
۶۵.....	پودمان سوم: طبقه‌بندی عملکردی مواد خودگیر
۱۰۱.....	پودمان چهارم: کاربرد دیرگدازها و جرم‌نسوز
۱۳۳.....	پودمان پنجم: کسب اطلاعات فنی
۱۶۴.....	منابع

سخنی با هنرجویان عزیز

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار واقعی 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 ساخت مذاب شیشه
 - ۲- شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند مسئولیت‌پذیری، نوآوری و مصرف بهینه انرژی
 - ۳- شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها و انواع شبیه‌سازها
 - ۴- شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر
- بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد 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 کرده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف برای هریک از کتاب‌های درسی در هر رشته است. درس دانش فنی تخصصی، از خوشه دروس شایستگی‌های فنی است که ویژه رشته سرامیک برای پایه دوازده تألیف شده است. کسب شایستگی‌های فنی و غیرفنی این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و توسعه آن براساس جدول توسعه حرفه‌ای بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی کنند؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانند.

این کتاب نیز شامل پنج پودمان است. هنرجویان عزیز پس از طی فرایند یاددهی - یادگیری هر پودمان می‌توانند شایستگی‌های مربوط به آن را کسب کنند. در پودمان «کسب اطلاعات فنی» هدف، توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای شما بعد اتمام دوره تحصیلی در مقطع کنونی است تا بتوانید با درک مطالب از منابع غیرفارسی در راستای یادگیری در تمام طول عمر گام بردارید و در دنیای متغیر و متحول کار و فناوری اطلاعات خود را به روزرسانی کنید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌کند و نمره قبولی در هر پودمان حداقل دوازده است. در صورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی مجدد تا آخر سال تحصیلی وجود دارد. کارنامه شما در این درس شامل ۵ پودمان است که هر پودمان از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی تشکیل می‌شود و چنانچه در یکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، لازم است همان پودمان‌ها مورد ارزشیابی قرار گیرید. همچنین این درس دارای ضریب ۴ بوده و در معدل کل شما تأثیر می‌گذارد.

همچنین در کتاب همراه هنرجو واژگان پرکاربرد تخصصی در رشته تحصیلی - حرفه‌ای شما آورده شده است. کتاب همراه هنرجوی خود را هنگام آزمون و ارزشیابی حتماً همراه داشته باشید. در این درس نیز مانند سایر دروس اجزای دیگر بسته آموزشی در نظر گرفته شده است و شما می‌توانید با مراجعه به وبگاه رشته خود با نشانی www.tvoccd.oerp.ir از عناوین آن مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست و شایستگی‌های مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی 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 فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است لذا توصیه‌ها و تأکیدات هنرآموز محترمتان 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 گرامی‌تان، گام‌های مؤثری جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه درسی رشته سرامیک طراحی و براساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. این کتاب و درس از خوشه دروس شایستگی‌های فنی می‌باشد که در سبد درسی هنرجویان برای سال دوازدهم تدوین و تألیف شده است. و مانند سایر دروس شایستگی و کارگاهی دارای ۵ پودمان می‌باشد. کتاب دانش فنی تخصصی مباحث نظری و تفکیک شده دروس کارگاهی و سایر شایستگی‌های رشته را تشکیل نمی‌دهد. بلکه پیش‌نیازی برای شایستگی‌های لازم در سطوح بالاتر صلاحیت حرفه‌ای - تحصیلی می‌باشد. هدف کلی کتاب دانش فنی تخصصی آماده‌سازی هنرجویان برای ورود به مقاطع تحصیلی بالاتر و تأمین نیازهای آنان را در راستای محتوای دانش نظری است. یکی از پودمان این کتاب با عنوان «کسب اطلاعات فنی» با هدف یادگیری مادام‌العمر و توسعه شایستگی‌های هنرجویان بعد از دنیای آموزش و ورود به بازار کار، سازماندهی محتوایی شده است. این امر با آموزش چگونگی استخراج اطلاعات فنی مورد نیاز از متون فنی غیرفارسی و جداول، راهنمای ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی، دستگاه‌های اداری، خانگی و تجاری و درک مطلب آنها در راستای توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای محقق خواهد شد. تدریس کتاب در کلاس درس در صورت تعاملی و با محوریت هنرآموز و هنرجوی فعال صورت می‌گیرد.

به مانند سایر دروس هنرآموزان گرامی برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش ارزشیابی پایانی و مستمر تشکیل می‌شود. این کتاب مانند سایر کتاب‌ها جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته، 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 برخی از فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و سایر مراحل کلیدی براساس استاندارد عملکرد از ملزومات کسب شایستگی‌های فنی و غیرفنی می‌باشند.

کتاب دانش فنی تخصصی شامل پودمان‌هایی به شرح زیر است:

پودمان اول: تحلیل روش‌های طراحی بدنه‌های سرامیکی

پودمان دوم: تحلیل کاربرد لعاب در سرامیک

پودمان سوم: طبقه‌بندی عملکردی مواد خودگیر

پودمان چهارم: کاربرد دیرگذاها و جرم نسوز

پودمان پنجم: کسب اطلاعات فنی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

تحلیل روش‌های طراحی بدنه‌های سرامیکی



طراحی اولین گام در تولید هر محصولی از جمله محصولات سرامیکی است. طراحی موفق یک محصول، نیاز به شناخت دقیق سلیقه و نیاز مخاطب آن دارد. مهارت در طراحی سبب می‌شود تا قطعه علاوه بر عملکرد مناسب جلوه‌های جدید و جذاب‌تری داشته باشد.

به تصاویر زیر نگاه کنید:
چه ویژگی‌هایی در طراحی آنها در نظر گرفته شده است؟



ج) گلدان سرامیکی



ب) بلوک سقفی



الف) چینی بهداشتی

شکل ۱

طرح‌های مختلف گلدان در شکل ۲ آمده است. آیا می‌توانید شکل دیگری را پیشنهاد کنید؟



شکل ۲

در طراحی هر قطعه، اصولی در نظر گرفته می‌شود که باعث عملکرد مناسب و مقبولیت آن محصول می‌شود. طراحی صحیح قطعه تعیین‌کننده عملکرد، ویژگی‌های فنی و زیبایی است. در شکل ۳ تصاویری از مقره‌های الکتریکی با طراحی‌های مختلف نشان داده شده است. طرح هر یک از این قطعات بر عملکرد آنها تأثیر دارد و تعیین‌کننده مقدار عایق بودن آنها از لحاظ الکتریکی است.



ج



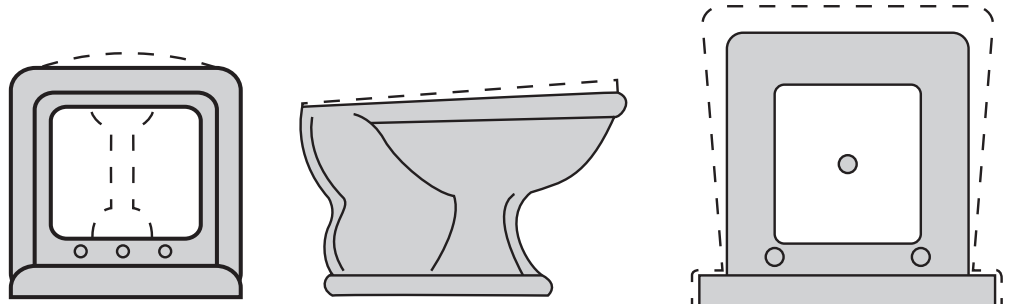
ب



الف

شکل ۳

در طراحی یک قطعه عوامل فنی نیز در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال طراح باید تغییر شکل بدنه در مرحله پخت را در نظر گیرد. بدنه‌های چینی بهداشتی در مرحله پخت بر اثر عواملی مانند وزن قطعه، نوع فرم بدنه یا انقباض پخت تغییر شکل می‌دهند. در شکل ۴ در طرح بدنه چینی بهداشتی، تغییر شکل در مرحله پخت به صورت خط چین در نظر گرفته شده است.



شکل ۴

در شکل ۵ لیوان‌های شیشه‌ای نشان داده شده است که هر یک طراحی متفاوتی دارند. طراحی‌های مختلف بر جذابیت محصول و جذب مشتری با سلیقه‌های متفاوت تأثیرگذار است.



ج

ب

الف

شکل ۵

چند محصول سرامیکی را در نظر بگیرید و از لحاظ عملکردی، فنی و شکل ظاهری بررسی کنید.



اصول طراحی بدنه‌های سرامیک

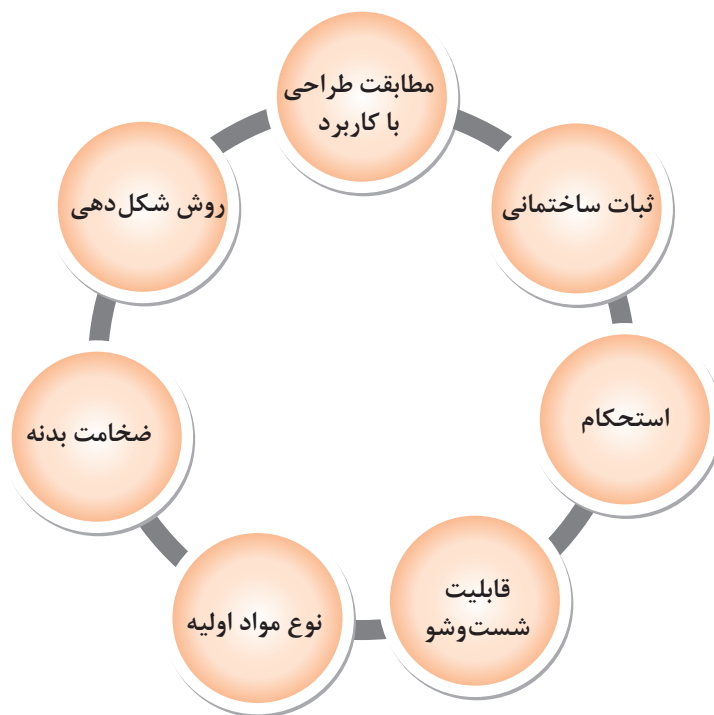
برای طراحی بدنه سرامیکی به عوامل زیر باید توجه کرد:

الف) عوامل فنی

ب) جلوه و زیبایی

عوامل فنی

مهم‌ترین عوامل فنی که برای طراحی یک بدنه سرامیکی باید در نظر گرفته شود، شامل موارد زیر است:



نمودار ۱

۱ هماهنگی و مطابقت طراحی با کاربرد: هر قطعه براساس نوع کاربرد و عملکرد آن طراحی می‌شود. برای مثال در شکل ۶ طراحی در قوری نشان داده شده است. در این طراحی با در نظر گرفتن شکل قطعه و کاربرد آن، زائده‌ای در نظر گرفته می‌شود تا هنگام ریختن مایع، در قوری از روی آن سقوط نکند و نشکند.



شکل ۶



در طراحی دَرِ قوری چه نکات دیگری در نظر گرفته شده است؟

مثال دیگر طراحی لوله قوری است که در شکل ۷ نشان داده شده است. طراحی نشان داده شده در تصویر الف مناسب نیست زیرا در هنگام استفاده از قوری چکه کردن مایع از لبه لوله اتفاق می‌افتد. همان‌طور که در قسمت ب مشاهده می‌شود با تغییر انحنا و تیزی نوک قوری می‌توان طراحی مناسب‌تری را ایجاد کرد.



الف



ب

شکل ۷

مثال دیگر از طراحی بدنه‌های سرامیکی، بدنه‌های چینی بهداشتی است. طرح بدنه چینی بهداشتی براساس مادر قالب آن مشخص می‌شود و اصول فنی در طراحی آن در نظر گرفته می‌شود. در شکل ۸ طراحی‌های مختلف یک نوع از چینی بهداشتی آمده است. طراحی این بدنه‌ها به شیوه‌ای انجام می‌شود که جمع شدن و بیرون ریختن آب به حداقل برسد.



ج



ب



الف

شکل ۸ - طرح‌های مختلف چینی بهداشتی



آیا در طراحی هریک از بدنه‌های زیر هماهنگی و مطابقت با کاربرد آنها رعایت شده است؟ دلایل خود را ذکر کنید.



شکل ۹



شکل ۱۰

۲ ثبات ساختمانی:

به قندان شکل ۱۰ توجه کنید برای آنکه قندان تعادل داشته باشد، چه نوع طراحی در نظر گرفته شده است؟

منظور از ثبات ساختمانی این است که قطعه سرامیکی در محل مورد نظر ایستایی مناسبی داشته باشد و با لرزش و تکان، به سمت زمین سقوط نکند. طرح‌های نشان داده شده در شکل ۱۱ از چپ به راست ایستایی بیشتری دارند. در اغلب بدنه‌های سرامیکی ایستایی مناسب با در نظر گرفتن پایه ایجاد می‌شود.

طرح			
بدنه			

شکل ۱۱



بر روی هر یک از بدنه‌های زیر مشخص کنید که چه قسمتی از بدنه باعث ایجاد ثبات ساختمانی می‌شود؟



شکل ۱۲



در شکل زیر طراحی دسته و لبه چه اثری بر ایستایی قطعه دارد؟



شکل ۱۳

در طراحی یک قطعه شاخص‌های بسیاری توسط طراحان در نظر گرفته می‌شود تا ثبات ساختمانی ایجاد شود. از جمله آنها توجه به تناسب و تقارن طرح است که این عوامل بر زیبایی قطعه نیز تأثیرگذار است.

عرض

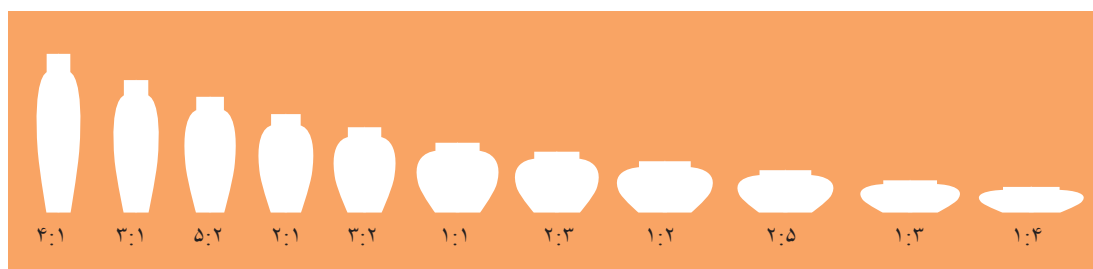


ارتفاع

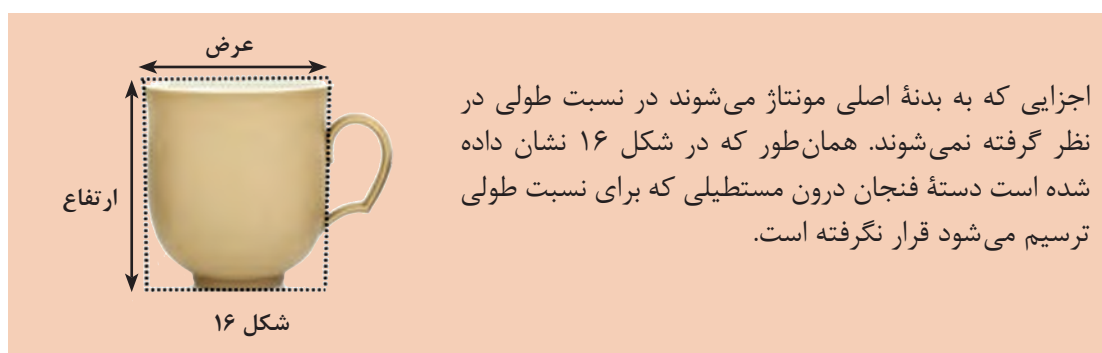
شکل ۱۴

تناسب طولی: تناسب صحیح اجزای طرح یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های طرح است. ایجاد تناسب در قسمت‌های دهانه، گلوگاه و قسمت پایین بدنه از اهمیت بالایی برخوردار است و تعیین‌کننده شکل نهایی است. برای تعیین تناسب روش‌های مختلفی وجود دارد که از جمله آنها تناسب طولی است. برای تعیین تناسب طولی از این روش استفاده می‌شود که شکل مورد نظر درون یک مربع یا مستطیل مماس بر آن در نظر گرفته می‌شود و نسبت ارتفاع به عرض بدنه مشخص می‌شود. در شکل ۱۴ نسبت ارتفاع به عرض ۲ به ۱ است که به صورت ۲:۱ نشان داده می‌شود.

در شکل ۱۵ بدنه‌های مختلف با نسبت طولی آنها نشان داده شده است. بدنه‌هایی که با این نسبت‌ها تولید می‌شوند تناسب و جذابیت بیشتری را ایجاد می‌کند.



شکل ۱۵



شکل ۱۶

نکته



فعالیت کلاسی



به کمک خط کش نسبت طولی هر یک از بدنه‌های زیر را مشخص کنید.



شکل ۱۷

یکی دیگر از ویژگی‌های مهم یک طرح سازگاری و تناسب بین اجزای مختلف طرح است. چشم انسان سازگاری اجزای اغلب بدنه‌ها را به‌طور ناخودآگاه تشخیص می‌دهد. همچنین در بسیاری از بدنه‌ها ناسازگاری اجزای طرح بر روی عملکرد قطعه اثرگذار خواهد بود. در شکل ۱۸ چند مثال از عدم تناسب اجزای بدنه نشان داده شده است.

پودمان ۱: تحلیل روش‌های طراحی بدنه‌های سرامیکی



ب

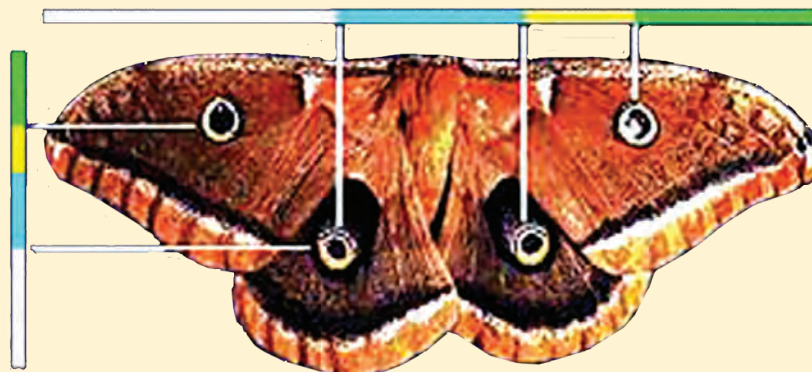


الف

شکل ۱۸

نتایج تحقیقات علمی نشان می‌دهد که زیباترین سطوح و اشکال آنهایی هستند که در ابعاد آنها نسبت طلایی به کار رفته باشد.

ایجاد نسبت طلایی عبارت است از تقسیم پاره خط به دو قسمت به طوری که نسبت طول قطعه بزرگ‌تر به طول تمام پاره خط، مساوی با طول قطعه کوچک‌تر به قطعه بزرگ‌تر باشد که معادل آن به صورت اعشاری در حدود $1/618$ خواهد بود که این عدد همان عدد فی می‌باشد. در طبیعت نیز این تناسب مشاهده می‌شود. به عنوان مثال در بعضی از گیاهان و در بدن برخی از جانداران این تناسب وجود دارد.



شکل ۱۹ - نسبت طلایی در فواصل خال‌های پروانه

بیشتر بدانید



تقارن: بعضی از بدنه‌های سرامیکی دارای تقارن هستند. تقارن علاوه بر جنبه‌های زیبایی بر تعادل قطعه از لحاظ ایستایی تأثیرگذار است. ظروف سفالی که روی چرخ سفالگری ساخته می‌شوند از تقارن بالایی برخوردار هستند. همان‌طور که در شکل ۲۰ نشان داده شده برای تعیین تقارن قطعه، محور تقارن رسم می‌شود.



ب

الف

شکل ۲۰

آیا در طراحی شکل ۲۱ تناسب و تقارن در نظر گرفته شده است؟



شکل ۲۱

گفت‌وگو
کنید



نکته



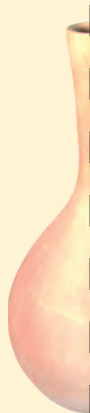
در برخی از محصولات متناسب با کاربرد نیاز است که در طراحی بدنه اجزایی مانند دسته یا لوله ایجاد شود. ابتدا بدنه به صورت متقارن طراحی اولیه می‌شود، سپس جزء مونتاژی در طراحی در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۲۲



شکل ۲۳ را با توجه به خط تقارن کامل کنید.



شکل ۲۳



شکل ۲۴

۳ استحکام: یک قطعه سرامیکی، باید دارای استحکام کافی در تمامی قسمت‌های طرح باشد. در بسیاری از بدنه‌ها لبه و برجستگی‌هایی روی بدنه در نظر گرفته می‌شود که بر استحکام قطعه تأثیرگذار هستند. به عنوان مثال در شکل ۲۴ لبه و دسته پارچ باید استحکام مناسبی داشته باشد.

۴ قابلیت شست‌وشو:

شکل زیر را در نظر بگیرید.
آیا طرح قطعه تأثیری بر قابلیت شست‌وشوی آن دارد؟



شکل ۲۵

در اغلب کاربردها نیاز است که قطعه سرامیکی قابلیت شست‌وشو داشته باشد. قطعاتی که طرح زاویه‌دار با تزئین پیچیده دارند، به آسانی شست‌وشو نمی‌شوند.



در بسیاری از بدنه‌ها طراحی و برجستگی‌ها در قسمت بیرونی قطعه ایجاد می‌شود تا مواد خوراکی درون آنها رسوب نکنند.



شکل ۲۶

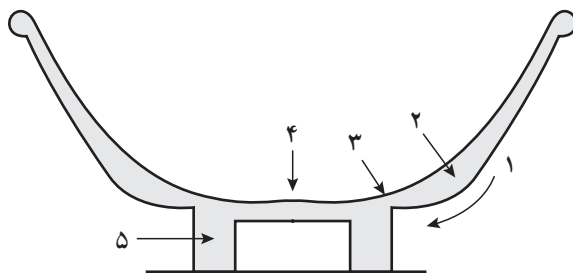
۵ طراحی براساس نوع مواد اولیه: همان‌طور که قبلاً آموخته‌اید مواد اولیه صنعت سرامیک به دو دسته پلاستیک و غیرپلاستیک دسته‌بندی می‌شوند. در صورتی که در بدنه‌ای از مواد غیرپلاستیک استفاده شود برای طراحی بدنه محدودیت بیشتری وجود دارد زیرا این مواد شکل‌پذیری مناسبی ندارند.

۶ ضخامت بدنه: در شکل ۲۷ احتمال شکستن کدام قسمت‌های بدنه بیشتر است؟



شکل ۲۷

اغلب بدنه‌های سرامیکی در قسمت‌های مختلف دارای ضخامت متفاوتی هستند. یک مثال از طرح بدنه با ضخامت مختلف در اجزای آن در شکل ۲۸ نشان داده شده است. ضخامت بدنه باید به اندازه‌ای باشد که علاوه بر تأمین استحکام، وزن قطعه نیز مناسب باشد.



شکل ۲۸ - طرح بدنه با ضخامت مختلف در اجزای آن

۷ روش شکل دهی: روش‌های شکل دهی زیر را در نظر بگیرید.

آیا یک طرح را می‌توان با همه روش‌های شکل دهی تولید کرد؟
با استفاده از روش‌های مختلف شکل دهی، بدنه با چه نوع طرحی را می‌توان تولید کرد؟



سفالگری



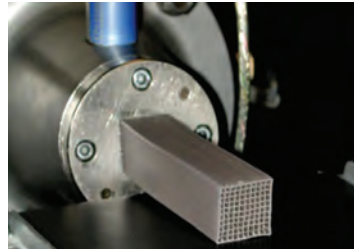
شکل دادن با دست



جیگر و جولی



ریخته‌گری دوغابی



اکستروژن

شکل ۲۹- روش‌های مختلف شکل دهی بدنه سرامیکی

۱ شکل دادن با دست: قطعاتی که با دست و بدون استفاده از ابزار خاص و پیچیده شکل داده شده‌اند، تقارن و دقت ساخت کمتری در مقایسه با روش‌های دستگاهی دارند.

۲ شکل دادن با چرخ سفالگری: با این روش می‌توان از گل پلاستیک بدنه‌هایی با طرح متقارن را شکل دهی کرد. اما امکان شکل دهی اشکال غیرمتقارن در این روش وجود ندارد. در روش شکل دادن با چرخ سفالگری طراحی محصولات مختلف با مهارت سفالگر و به کارگیری ابزارهای ساده انجام می‌شود.

۳ شکل دادن با دستگاه جیگر و جولی: در این روش‌ها طرح قطعه براساس شکل قالب گچی و حرکت تیغچه شابلون مشخص می‌شود که معمولاً دایره‌ای شکل هستند. ویژگی این روش‌ها آن است که در تولید انبوه قطعات شکل داده شده کاملاً یکسان بوده و اختلافی با طرح اولیه ندارند.

۴ شکل دادن به روش ریخته‌گری دوغابی: این روش در مقایسه با روش‌های قبلی محدودیت کمتری در شکل دهی اشکال مختلف دارد و می‌توان قطعاتی با پیچیدگی بیشتر طراحی کرد. یکی از ویژگی‌های مهم شکل دادن قطعات با روش ریخته‌گری این است که می‌توان نقوش ظریف قالب گچی را به صورت دقیق به سطح بدنه منتقل کرد.

۵ شکل دادن با پرس: روش پرس با فشردن مواد سرامیکی درون قالب انجام می‌شود، بنابراین طراحی قالب تعیین‌کننده شکل بدنه است. از آنجایی که مواد سرامیکی انعطاف‌پذیری مناسبی ندارند بنابراین در این روش به آسانی نمی‌توان لبه و گوشه‌های بدنه را شکل دهی کرد.

جلوه و زیبایی

برای جذاب تر شدن هر محصولی علاوه بر شکل ظاهری، رنگ، نقش و تزیین مناسب نیز در نظر گرفته می شود.



شکل ۳۰ - بدنه هایی با نقش و رنگ مختلف

نقش: از تکرار یک طرح مشخص نقش به وجود می آید. نقوش انواع مختلفی دارند که دو دسته از آنها نقوش سنتی و هندسی است.

نقوش سنتی در هنرهای ایرانی مانند کتاب آرای، کاشی کاری، گچ بری، فرش و سفالگری مورد استفاده قرار می گیرند.

مهم ترین ویژگی های نقوش سنتی عبارت اند از:

- نقطه شروع و پایان هر طرح مشخص است.

- گل ها و برگ ها دارای جهت هستند.

- نظام طراحی با توجه به محل به کارگیری آن نظم مشخصی دارد. به عنوان مثال نظم به کارگیری نقش در کاشی با فرش متفاوت است.

نمونه هایی از کاربرد نقوش سنتی در شکل ۳۱ نشان داده شده است.



شکل ۳۱

در شکل ۳۲ برخی از اجزای نقوش سنتی نشان داده شده است.



گل پروانه‌ای



گل فرفره‌ای



گل پنج پر



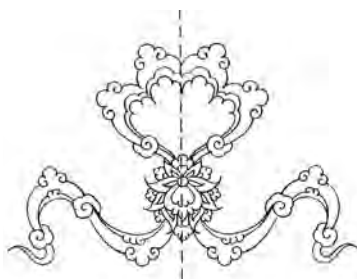
گل شاه عباسی



گل برگ چناری



اسلیمی دهان آزدی



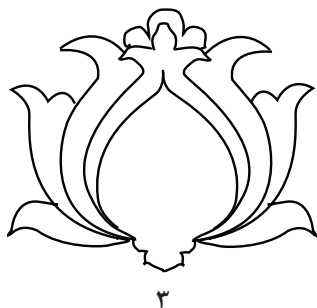
اسلیمی ماری



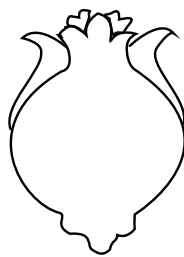
اسلیمی دهان آزدی با تزیینات ختایی

شکل ۳۲

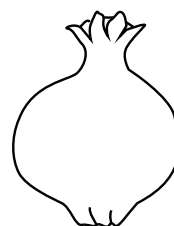
در شکل ۳۳ یکی از روش‌های رسم گل شاه عباسی آمده است.



۳



۲



۱

شکل ۳۳- مراحل رسم گل شاه عباسی



با توجه به نقش نهایی، نقش ابتدایی را کامل کنید.



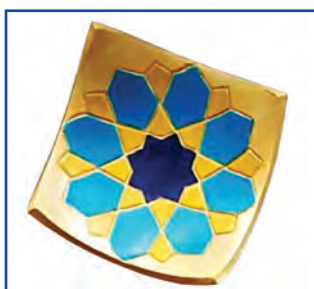
نقش ابتدایی



نقش نهایی

شکل ۳۴

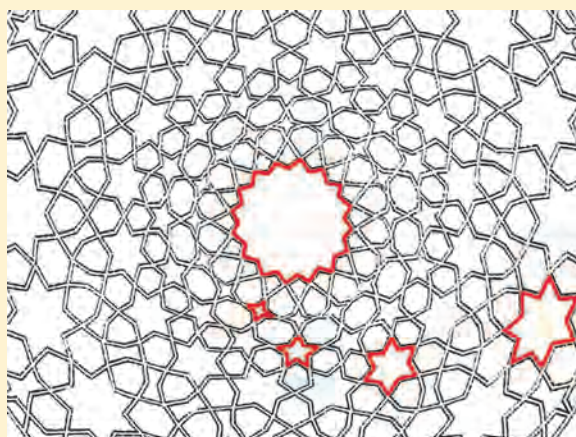
نقوش هندسی مجموعه‌ای از نقوش هستند که برای ایجاد و ترکیب آنها از قواعد و روابط هندسی استفاده می‌شود. این نقوش در کاربردهایی مانند آینه‌کاری، گچ‌بری، سفال، منبت و معرق مشاهده می‌شوند.



شکل ۳۵

در نقوش ساده هندسی شبکه‌هایی از اشکال هندسی مانند مربع، لوزی و مثلث با زوایای ۳۰، ۴۵ یا ۶۰ درجه ترسیم می‌شوند.

مانند نمونه‌های مشخص شده به رنگ قرمز، نقوش هندسی را در طرح زیر پیدا کنید.



شکل ۳۶





نقوش مختلفی را که در آنها با تکرار یک نقش مشخص، طرح زیبایی ایجاد می‌شود را پیدا کنید.

رنگ: یکی از جنبه‌هایی که در تزئین بدنه‌های سرامیکی مورد توجه قرار دارد استفاده از رنگ است. اگرچه برخی از بدنه‌ها بدون رنگ به بازار عرضه می‌شوند اما به کارگیری رنگ در بدنه‌هایی مانند ظروف مورد توجه قرار دارد.



شکل ۳۷- بدنه‌های رنگی



شکل ۳۸- دایره رنگ

قرمز، زرد و آبی سه رنگ اصلی هستند و رنگ‌های دیگر، با ترکیب این سه رنگ اصلی ساخته می‌شوند. در شکل ۳۸ دایره رنگ آمده است که در آن رنگ‌های اصلی و رنگ‌های حاصل از ترکیب این رنگ‌ها نشان داده شده است.

رنگ‌های سیاه، سفید و خاکستری با نام رنگ‌های آکروماتیک یا رنگ‌های بدون رنگدانه در نظر گرفته می‌شوند و به همین دلیل این سه رنگ در دایره رنگ قرار ندارند.



هماهنگی رنگ‌ها: منظور از هماهنگی رنگ‌ها آن است که رنگ‌هایی که در یک خانواده یا طیف هستند در کنار هم به کار روند و هارمونی ایجاد کنند. در شکل ۳۹ برخی از رنگ‌های هم طیف نشان داده شده است.



شکل ۳۹

رنگ نارنجی از ترکیب دو رنگ اصلی زرد و قرمز به دست می‌آید. بنابراین سه رنگ زرد، قرمز و نارنجی در یک خانواده یا طیف قرار می‌گیرند. در فصل پاییز رنگ‌های زرد و نارنجی برگ‌ها هم طیف هستند. در شکل ۴۰ ظروف با رنگ‌های هم طیف آمده است.



شکل ۴۰



شکل ۴۱

تضاد رنگ‌ها: رنگ‌ها را می‌توان در دو دسته سرد و گرم طبقه‌بندی کرد که در شکل ۴۱ نشان داده شده است. به استفاده هم‌زمان رنگ‌های سرد و گرم تضاد رنگ‌ها گفته می‌شود. در شکل ۴۱ رنگ متضاد هر رنگ مقابل آن آمده است. قرار گرفتن رنگ‌های متضاد در کنار همدیگر باعث ایجاد جذابیت می‌شود. قرمز و سبز، زرد و بنفش از جمله رنگ‌های متضاد هم هستند. قرار گرفتن یک رنگ گرم مانند زرد در کنار طیف رنگ‌های متضادش یعنی بنفش تمرکز و توجه را به سوی خود جلب می‌کند.



در رنگ‌آمیزی بدنه شکل ۴۲ از چه روشی (هماهنگی یا تضاد رنگ‌ها) استفاده شده است؟



شکل ۴۲



فیروزه‌ای نام مجموعه‌ای از رنگ‌های بین طیف سبز و آبی مشابه رنگ سنگ فیروزه است. «فیروزه‌ای ایرانی» رنگی است که در بسیاری از تزیینات بناهای اسلامی در ایران و همچنین سفال‌ها و کاشی‌های باستانی دیده می‌شود که امروزه نیز کاربردهای فراوانی دارد.



شکل ۴۳- بدنه باستانی به رنگ فیروزه‌ای ایرانی

طبقه‌بندی ظروف سرامیکی براساس طرح

یکی از روش‌هایی که برای طبقه‌بندی قطعات سرامیکی به کار می‌رود بر اساس طرح است. در جدول ۱ طرح‌های مختلف انواع قطعات سرامیکی نشان داده شده است. تقریباً تمام ظروف سرامیکی را می‌توان در یکی از دسته‌های زیر قرار داد:

۱ ظروف دهانه تنگ و بطری‌ها: این ظروف دارای دهانه‌ای باریک هستند که می‌توان با استفاده از چوب‌پنبه یا درپوش دهانه آنها را محکم بست. ظروف دهانه تنگ یا بطری‌های گلی، ارتن‌وری و استون‌وری از گذشته‌های دور برای ذخیره کردن مایعات کاربرد داشته‌اند.








۲ ظروف دهانه گشاد و خمره‌ها: این نوع ظروف دهانه‌ای گشاد دارند که گاهی به در نیز مجهزند. از این ظروف برای ذخیره کردن موادی مانند حبوبات و ترشی استفاده می‌شود.

۳ انواع پارچ و قوری: اشکال مختلفی از این نوع ظروف وجود دارند که همگی از یک ویژگی مشترک برخوردارند و آن این است که می‌توان مایع داخل آن را به صورت جریانی باریک و یکنواخت به بیرون هدایت کرد.

۴ انواع کاسه و فنجان: این ظروف معمولاً دهانه بازی دارند که برای مصرف مایعات و جامدات کاربرد دارند.


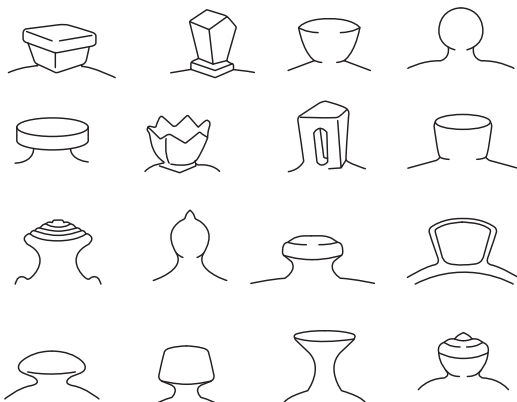
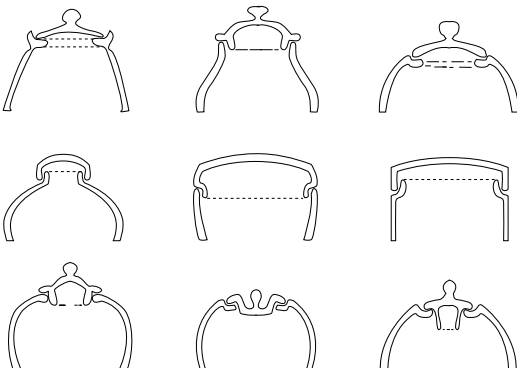
۵ انواع بشقاب و سینی: بشقاب‌ها و سینی‌ها ظروف کاملاً تخت هستند. این نوع ظروف را می‌توان به شکل‌های مختلف ساخت و از آنها برای مصرف غذا و یا فقط یک شیء تزئینی استفاده کرد.

جدول ۱

ظروف دهانه‌تنگ و بطری‌ها	ظروف دهانه‌گشاد و خمره‌ها	انواع پارچ و قوری	کاسه‌ها و فنجان‌ها	بشقاب‌ها و سینی‌ها	انواع کاشی
					
					
					
					
					
					
					

علاوه بر بدنه طرح‌های مختلفی برای اجزای آن در نظر گرفته می‌شود. در جدول ۲ طرح‌های مختلف برای اجزای بدنه آمده است.

جدول ۲

اجزای بدنه	انواع طرح
دسته لیوان	
دستگیره قوری یا قندان	
درِ ظرف	

رسم طرح

در نمودار زیر مراحل رسم طرح آورده شده است:



۱ رسم طرح روی کاغذ با در نظر گرفتن اصول طراحی

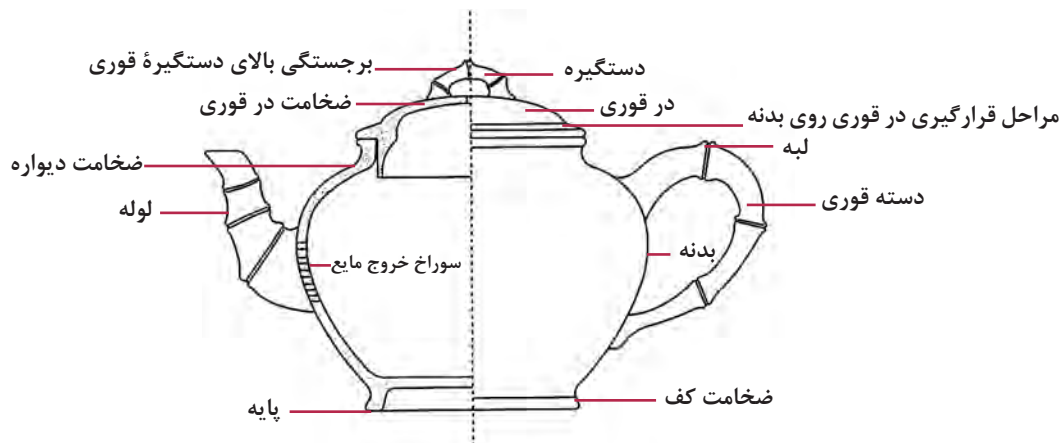
۲ تبدیل طرح به نقشه

۳ ساخت نمونه اولیه طرح

۴ بررسی طرح و اصلاح آن در صورت لزوم

نمودار ۲

اولین مرحله برای طراحی یک قطعه ترسیم آن روی کاغذ است. برای رسم طرح باید اجزای مختلف آن را با دقت در نظر گرفت. در شکل زیر یک نمونه طرح با اجزای آن نشان داده شده است.



شکل ۴۴



تعدادی از بدنه‌های سرامیکی موجود در کارگاه را انتخاب کرده و قسمت‌های مختلف آنها را به وسیله کولیس اندازه‌گیری کنید و در جدول زیر ثبت کنید.

جدول ۳

نام بدنه	ارتفاع	عرض	قطر کف	ضخامت دیواره

طرح قطعه با استفاده از خطوط و انحنای آنها رسم می‌شود که نحوه رسم آنها نشان‌دهنده توانایی و مهارت طراح است. بدنه‌های مختلف سرامیکی را می‌توان براساس انحنای موجود در طرح بدنه‌ها دسته‌بندی کرد:

جدول ۴

<p>استوانه‌ای</p>	<p>کروی</p>
<p>مخروط ناقص</p>	<p>سهمی شکل</p>
<p>شکل S</p>	<p>بیضی شکل</p>



مشخص کنید هریک از بدنه‌های زیر براساس جدول ۴ چه نوع طرحی براساس انحنا دارند؟



شکل ۴۵

نکته

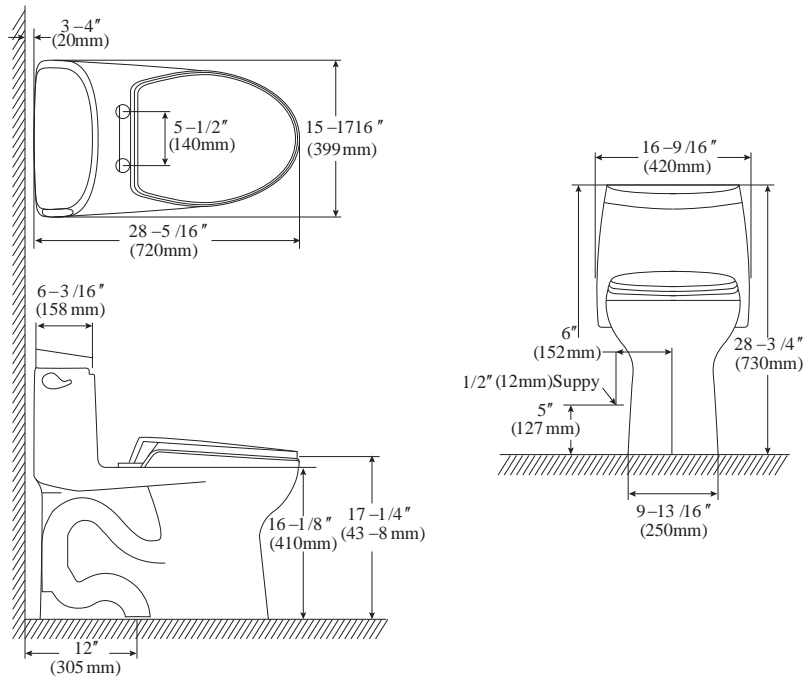


در رسم انحنا در طرح بدنه باید به نوع قطعه و عملکرد آن توجه کرد. در شکل ۴۶ چند مثال از بدنه‌ها با طراحی مناسب و نامناسب آورده شده است.

طرح‌های مناسب	طرح‌های نامناسب
	 ضخامت پایه کم است
	 تغییر زاویه زیاد است
	 این قسمت بدون انحنا است

شکل ۴۶

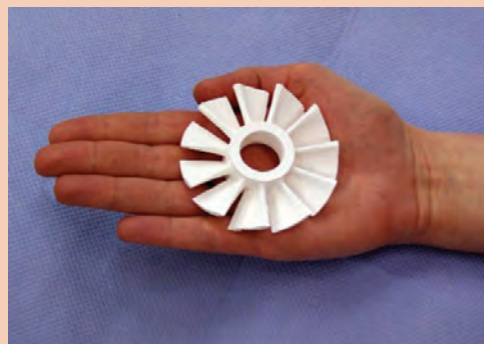
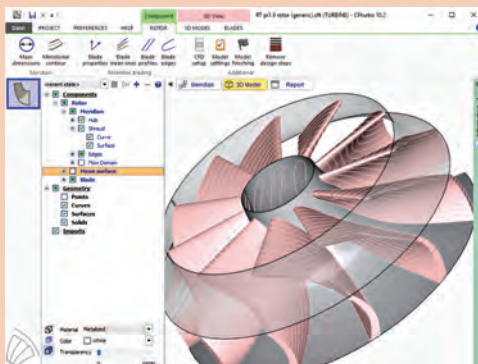
پس از رسم طرح نقشه سه بعدی بدنه رسم می‌شود. در شکل ۴۷ نقشه سه بعدی چینی بهداشتی آمده است.



شکل ۴۷

معمولاً طراحی بدنه‌ها با استفاده از نرم‌افزارها انجام می‌شود. به عنوان مثال طراحی بدنه توربین‌ها با نرم‌افزار انجام می‌گیرد که از جمله این نرم‌افزارها ^۱CAD، ^۲CAM و اتوکد است. در این نرم‌افزارها طراحی قطعه از یک طرح دو بعدی شروع می‌شود و سپس با بُعد بخشیدن به آن طراحی کامل می‌شود.

نکته



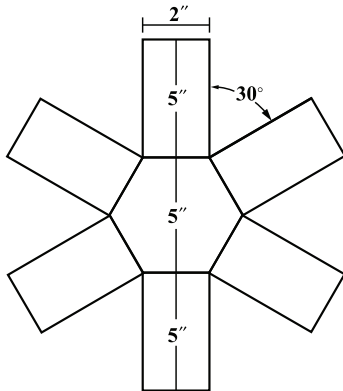
شکل ۴۸- طراحی توربین در نرم‌افزار

۱- Computer – Aided Design

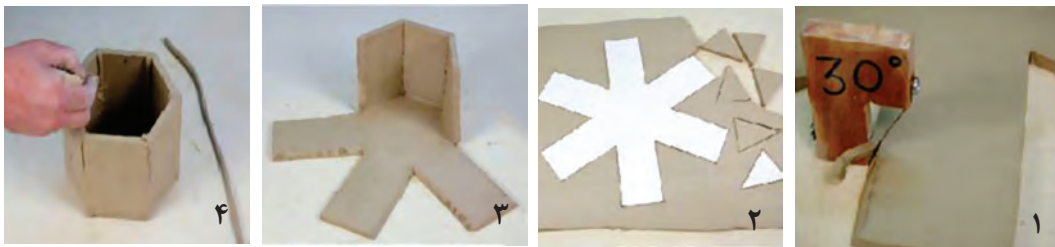
۲- Computer – Aided Manufacturing



درباره نام و انواع نرم افزارهای طراحی جست و جو کنید و گزارشی در کلاس ارائه کنید.



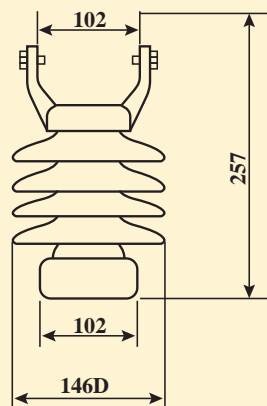
به منظور بررسی میزان اجرایی بودن طرح، یک بدنه یا ماکت از آن ساخته می شود. در شکل ۴۹ مراحل شکل دهی یک طرح نشان داده شده است.



شکل ۴۹

تولیدکنندگان پس از اجرای موفقیت آمیز طرح، تعدادی بدنه از آن تولید می کنند و پس از بررسی میزان استقبال از طرح، تولید انبوه انجام می شود.

شکل زیر نقشه یک نمونه مقره الکتریکی را نشان می دهد. با کمک هنرآموز مشخص کنید که هر یک از اعداد نشان دهنده چیست؟



شکل ۵۰- طرح مقره الکتریکی اتکایی عمودی



بعد از رسم طرح متناسب با بدنه، نقش و تزئین روی بدنه انجام می‌شود. در شکل ۵۱ نمونه‌ای از نقاشی متناسب با فرم و ابعاد بدنه آمده است.

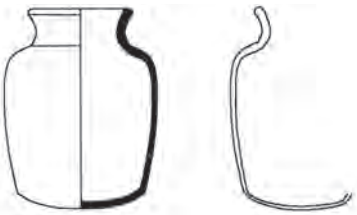




شکل ۵۱



طرح بدنه نشان داده شده در جدول ۵ را مانند نمونه رسم کنید.

جدول ۵

طراحی	بدنه
	
	



طبیعت همیشه الگویی مناسب برای انسان‌ها بوده است تا بهترین طرح و نقش‌ها را از آن الهام بگیرد و به صورت مصنوعی در دست ساخته‌های خود به کار ببرد. برای دستیابی به این ایده‌ها طراحان با نگاهی عمیق به طبیعت توجه می‌کنند. نمونه‌هایی از این طرح‌ها در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۵۲

نمره	استاندارد (شاخص‌ها، دآوری، نمره‌دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	پودمان
۳	تحلیل و مقایسه تأثیر عوامل فنی و زیبایی‌شناسی بر طراحی بدنه‌های مختلف سرامیکی	بالاتر از حد انتظار	تحلیل عوامل فنی و زیبایی‌شناسی در طراحی بدنه‌های سرامیکی مطابق با استانداردهای فنی و بصری	کاربرد اصول طراحی بدنه‌های سرامیکی در تولید	تحلیل روش‌های طراحی بدنه‌های سرامیکی
۲	تعیین ثبات ساختمانی، استحکام، تناسب اجزای بدنه براساس اصول طراحی و تعیین مطابقت طراحی بدنه با کاربرد	در حد انتظار			
۱	دسته‌بندی عوامل فنی و زیبایی‌شناسی	پایین‌تر از حد انتظار			
	نمره مستمر از ۵				
	نمره واحد یادگیری از ۳				
	نمره واحد یادگیری از ۲۰				

پودمان ۲

تحلیل کاربرد لعاب در سرامیک



هنرمندان و صنعتگران همواره به فکر بالا بردن کیفیت محصولات سرامیکی از لحاظ زیبایی، بهداشت و کاربرد بوده‌اند. ساخت لعاب تحولی بزرگ در این راستا بوده است که به بهبود این موارد کمک فراوانی کرده است.



چه تفاوتی بین دو محصول سرامیکی نشان داده شده در شکل ۱ وجود دارد؟

شکل ۱

چند محصول سرامیکی مانند آجر ساختمانی، کاشی و بشقاب چینی تهیه کنید. کیفیت سطوح آنها را بررسی کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

فعالیت کلاسی



ج) بشقاب چینی



ب) کاشی

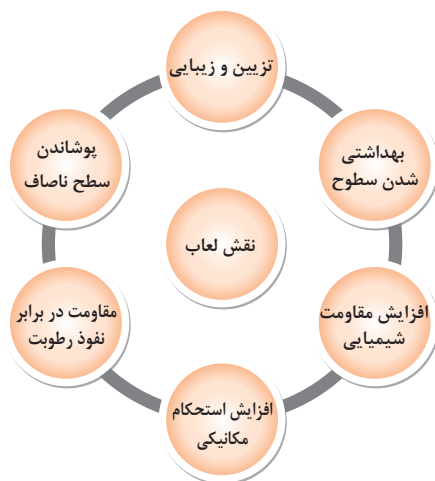


الف) آجر ساختمانی

شکل ۲

لعب^۱

لعب آمیزی از مواد اولیه سرامیکی است که به صورت لایه‌ای نازک روی قطعه اعمال می‌شود. این لایه در مرحله پخت ذوب می‌شود و حالت شیشه‌ای پیدا می‌کند. لعب باعث ایجاد و تقویت ویژگی‌های بیان شده در نمودار ۱ می‌شود.



نمودار ۱



محصولاتی که بر روی آن لعاب اعمال شده است، مشخص کنید.

جدول ۱



تاریخچه لعاب

پیشینه لعاب به حدود ۵۰۰۰ سال قبل و در ایران به دوره هخامنشیان بازمی‌گردد. همچنین در میان جاذبه‌های تاریخی و آثار دوران اسلامی، مسجدها از جمله مکان‌هایی هستند که از کاشی‌های متنوع لعاب‌دار در ساخت آنها استفاده شده است.



شکل ۴- مسجد جامع قزوین



شکل ۳- مسجد جامع یزد



در مورد چند مکان تاریخی شهر خود که در بنای آنها محصولات لعاب‌دار به کار رفته است، تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

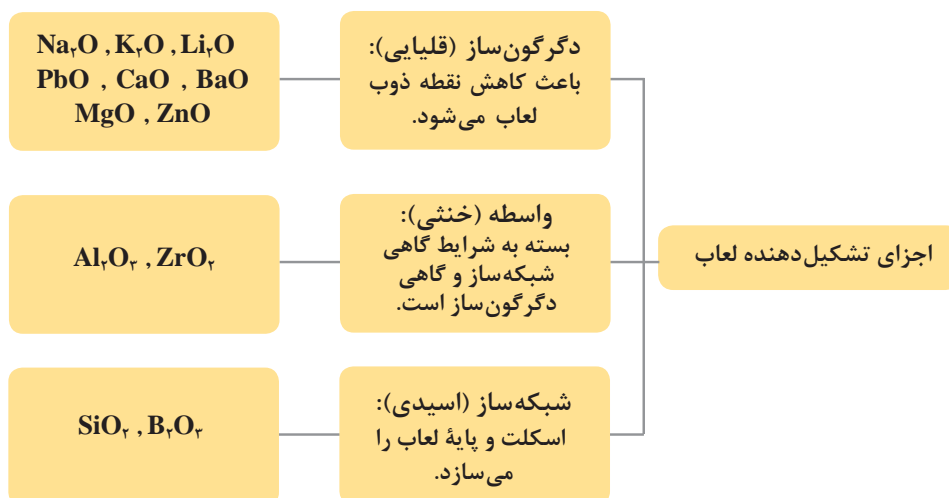


شکل ۵- گیاه کویری اشنون

در سده‌های گذشته در ایران برای تهیه لعاب از سه ماده قلیا، سنگ چخماق و خرده شیشه استفاده می‌کردند. قلیا را از خاکستر گیاه کویری اشنون به دست می‌آوردند. این گیاه حاوی سدیم، کلسیم و پتاسیم است. در کشور ما، منطقه چغازنبیل (استان خوزستان، شهرستان شوش) یکی از مراکز استفاده از لعاب به شیوه سنتی بوده است.

اجزای تشکیل‌دهنده لعاب

آمیز لعاب از سه گروه ماده اولیه تشکیل شده است که این مواد شامل اکسیدهای دگرگون‌ساز^۱، واسطه^۲ و شبکه‌ساز^۳ است که در نمودار ۲ نشان داده شده است:



نمودار ۲- دسته‌بندی اجزای تشکیل‌دهنده لعاب

۱- Modifiers

۲- Intermediates

۳- Network Formers

با توجه به تعریف لعاب و نمودار ۲ مشاهده می‌شود که این مواد شباهت زیادی به مواد اولیه شیشه دارند. اکسیدهای مورد نیاز لعاب را می‌توان از کانی‌ها یا اکسیدهای خالص تهیه کرد.

دگرگون‌سازها

مواد دگرگون‌ساز در لعاب باعث کاهش نقطه ذوب آمیز می‌شوند. معمولاً برای تأمین این مواد، از اکسیدهای قلیایی و قلیایی خاکی جدول تناوبی استفاده می‌شود. برخی از این اکسیدها در نمودار ۳ نشان داده شده است:

سدیم اکسید Na_2O	پتاسیم اکسید K_2O	لیتیم اکسید Li_2O	سرب اکسید PbO	کلسیم اکسید CaO	منیزیم اکسید MgO	روی اکسید ZnO	باریم اکسید BaO
-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------	-----------------------------	------------------------------	---------------------------	-----------------------------

نمودار ۳- اکسیدهای قلیایی

سدیم اکسید و پتاسیم اکسید (Na_2O , K_2O):

این اکسیدها کمک‌ذوب‌های قوی هستند و نقش مؤثری در کاهش دمای ذوب دارند. سدیم اکسید تأثیر بیشتری نسبت به پتاسیم اکسید در کاهش دمای ذوب لعاب دارد. در بیشتر لعاب‌ها برای تأمین گداز آور از ترکیبات معدنی حاوی سدیم اکسید و پتاسیم اکسید استفاده می‌شود. تأثیر سدیم اکسید و پتاسیم اکسید در لعاب در نمودار ۴ و منابع تأمین سدیم اکسید و پتاسیم اکسید در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- منابع تأمین‌کننده سدیم اکسید و پتاسیم اکسید

$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	سدیم فلدسپات
$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	پتاسیم فلدسپات
Na_2CO_3	سدیم کربنات
K_2CO_3	پتاسیم کربنات
NaNO_3	سدیم نیترات
KNO_3	پتاسیم نیترات

کاهش دمای ذوب

افزایش ضریب انبساط

کاهش گرانش و کشش سطحی

تأثیر Na_2O و K_2O در لعاب

نمودار ۴- تأثیر سدیم اکسید و پتاسیم اکسید در لعاب

با افزودن اکسیدهای گداز آور سدیم اکسید و پتاسیم اکسید، حلالیت اکسیدهای رنگی در لعاب افزایش می‌یابد.

نکته



لیتیم اکسید (Li_2O):

بعد از سدیم اکسید و پتاسیم اکسید، یکی از اکسیدهای قلیایی که به عنوان گدازآور در لعاب به کار می‌رود، لیتیم اکسید است. این اکسید نسبت به اکسیدهای قلیایی دیگر از قیمت بالاتری برخوردار است. در نمودار ۵ برخی از ویژگی‌های لیتیم اکسید مانند ضریب انبساط، درخشندگی و پایداری جوی با اکسیدهای Na_2O و K_2O مقایسه شده است. جدول ۳ اصلی‌ترین منابع تأمین‌کننده این اکسید را نشان می‌دهد.

افزایش درخشندگی

کاهش ضریب انبساط حرارتی

کاهش گرانیروی

افزایش مقاومت در برابر اسید

پایداری بیشتر در مقابل عوامل جوی

مقایسه تأثیر Li_2O در لعاب نسبت به Na_2O و K_2O

نمودار ۵- مقایسه تأثیر لیتیم اکسید در لعاب نسبت به سدیم اکسید و پتاسیم اکسید

جدول ۳- منابع تأمین کننده لیتیم اکسید

Li_2CO_3	لیتیم کربنات
Li_2SiO_3	لیتیم سیلیکات
LiAlO_2	لیتیم آلومینات
LiF	لیتیم فلورید

سرب اکسید (PbO):

این اکسید از گدازآورهای قوی است که بیشتر در لعاب‌های هنری کاربرد دارد. تأثیر سرب اکسید در لعاب در نمودار ۶ و منابع تأمین‌کننده این اکسید در جدول ۴ آورده شده است.

کاهش نقطه ذوب لعاب	تأثیر سرب اکسید در لعاب	جدول ۴- مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده سرب اکسید	
کاهش کشش سطحی و گرانیروی		PbO	سرب اکسید
افزایش قابلیت حلالیت اکسیدهای رنگی		Pb_3O_4	لیتاژ
افزایش اتصال لعاب و بدنه		Pb_3O_4	سرنج
افزایش شفافیت		$\text{PbO} \cdot \text{CO}_2$	سرب کربنات
افزایش درخشندگی	نمودار ۶- تأثیر سرب اکسید در لعاب		



سرب ماده‌ای سمی است و تنفس پودر و بخار آن در موقع کاربرد مضر است. سرب موجود در لعاب سربی در آب محلول نیست، ولی در آبی که حالت اسیدی داشته باشد و در اسیدهای ضعیف محلول است که برای مصرف‌کننده خطرات بهداشتی ایجاد می‌کند. تماس با سرب اکسید و حتی فلز آن خطرناک است و لازم است نکات ایمنی و بهداشت در کاربرد آن رعایت شود. سرب در گذشته در صنایع شیمیایی، فلزی، دفاعی، پزشکی و ساختمانی کاربردهای زیادی داشته است، اما در حال حاضر به دلیل ملاحظات فنی، ایمنی و بهداشتی کاربرد آن در بسیاری از زمینه‌ها ممنوع شده است و تلاش‌های بسیاری برای تأمین خواص سرب با مواد جایگزین سازگار با محیط زیست صورت گرفته است.



از استنشاق و تماس با سرب اکسید، فلز سرب و هرگونه ترکیبات سربی خودداری کنید. در صورت نیاز به کار با این مواد، از ماسک تنفسی ویژه و دستکش استفاده کنید.

کلسیم اکسید و منیزیم اکسید (CaO و MgO):

این اکسیدها نسبت به اکسیدهای قلیایی، گدازآوری کمتری دارند. دولومیت^۱ ماده اولیه‌ای است که هر دو اکسید منیزیم و کلسیم را تأمین می‌کند.

تأثیر کلسیم اکسید و منیزیم اکسید در لعاب در نمودار ۷ و منابع تأمین‌کننده این دو اکسید در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵ – مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده اکسیدهای کلسیم و منیزیم

کلسیم کربنات	CaCO_3
دولومیت	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
تالک	$3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

افزایش سختی
لعاب

پایداری در مقابل
عوامل جوی

افزایش مقاومت در
برابر اسید

کاهش ترک‌های
موئین

تأثیر اکسیدهای
کلسیم و منیزیم
در لعاب

نمودار ۷ – تأثیر اکسیدهای کلسیم و منیزیم در لعاب

تأثیر اکسیدهای کلسیم و منیزیم را بر نقطه ذوب لعاب بررسی کنید.



روی اکسید و باریم اکسید (BaO و ZnO):

اکسیدهای روی و باریم بعد از سرب اکسید بیشترین تأثیر را روی درخشندگی و شفافیت لعاب دارند، همچنین حالت گدازآوری نیز ایجاد می‌کنند. با توجه به سمی بودن سرب اکسید، امروزه در صنعت بیشتر از این اکسیدها استفاده می‌شود. این اکسیدها در تولید رنگ‌های سرامیکی نیز کاربرد فراوانی دارند.

اکسیدهای واسطه

اکسیدهای واسطه باعث بهبود خواص لعاب و ایجاد توازن بین ویژگی‌های دگرگون‌سازها و شبکه‌سازها می‌شوند. پرکاربردترین اکسیدهای واسطه در نمودار ۸ آمده است.

زیرکونیوم اکسید (ZrO_2)

آلومینیوم اکسید (Al_2O_3)

نمودار ۸- پرکاربردترین اکسیدهای واسطه

آلومینیوم اکسید (Al_2O_3):

این اکسید از نظر شیمیایی خنثی است و روانی مذاب لعاب را کنترل می‌کند و آن را قادر می‌سازد تا دمای لازم را تحمل کند. مقدار زیاد آلومینیوم اکسید سختی لعاب را افزایش می‌دهد و آن را در مقابل سایش و عوامل شیمیایی مقاوم می‌کند.

نکته



بزرگ‌ترین تفاوت شیشه و لعاب، حضور آلومینیوم اکسید در لعاب است.

منبع تأمین این اکسید معمولاً کائولن و فلدسپات‌ها است. تأثیر آلومینیوم اکسید در لعاب در نمودار ۹ نشان داده شده است.



نمودار ۹

زیرکونیوم اکسید (ZrO_2):

برای بهبود بخشیدن به خواص نوری و ظاهری لعاب (اُپک کردن) از این اکسید استفاده می‌شود. این اکسید مانند آلومینیوم اکسید می‌تواند نقش واسطه داشته باشد. این اکسید باعث افزایش مقاومت شیمیایی و اُپک‌کنندگی مناسب می‌شود. زیرکونیوم اکسید تحت شرایطی در لعاب عیب تخم‌مرغی ایجاد می‌کند.



ب) لعاب پوست پرتقالی

الف) لعاب با سطح صاف

شکل ۶

در عیب پوست تخم مرغی، سطح لعاب پس از پخت همانند سطح پوسته تخم مرغ ناصاف است و در صورت پیشرفت، اندازه حفره‌ها بزرگ‌تر می‌شود که به آن عیب پوست پرتقالی^۱ گفته می‌شود. که در شکل ۶ این عیب مشاهده می‌شود.

شبکه‌سازها

شبکه‌سازها استخوان‌بندی و پایه لعاب را تشکیل می‌دهند. در صنعت لعاب‌سازی به نام اکسیدهای اسیدی معروف هستند. از مهم‌ترین اکسیدهای شبکه‌ساز می‌توان سیلیسیم‌اکسید و بوراکسید را نام برد.

بوراکسید B_2O_3

سیلیسیم‌اکسید SiO_2

نمودار ۱۰- مهم‌ترین اکسیدهای شبکه‌ساز

سیلیسیم‌اکسید (SiO_2): از مهم‌ترین شبکه‌سازها در لعاب است که در تمام ترکیب‌های لعاب از آن استفاده می‌شود. سیلیس (SiO_2) عمده‌ترین تأمین‌کننده سیلیسیم‌اکسید است، نقطه ذوب بالایی (حدود ۱۷۰۰ درجه سلسیوس) دارد، ولی در حضور اکسیدهای گدازآور (قلیایی) نقطه ذوب آن کاهش می‌یابد. بوراکسید (B_2O_3): یکی دیگر از اکسیدهای شبکه‌ساز است که در کنار سیلیس در بسیاری از لعاب‌ها استفاده می‌شود. بوراکسید، اکسیدهای فلزی مختلفی را در خود حل می‌کند و به لعاب، ظاهری براق و درخشانده می‌دهد.

جدول ۶- مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده بوراکسید

$Na_2O \cdot 2B_2O_3 \cdot 10H_2O$	بوراکس آبدار
$B_2O_3 \cdot 3H_2O$	بوریک اسید
$2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 5H_2O$	کلمانیت

افزایش چسبندگی
لعاب به بدنه

تولید شیشه براق و
درخشانده

تأثیر بوراکسید در لعاب

نمودار ۱۱



درصد مولی بوراکسید در ترکیب لعاب بر خواص آن اثرگذار است و می‌تواند باعث کاهش نقطه ذوب لعاب و کاهش گرانروی شود.

نمایش آمیز لعاب

برای نشان دادن آمیز لعاب، روش‌های مختلفی وجود دارد:

۱ نسبت مولی اکسیدها (فرمول زگر)

۲ درصد وزنی مواد اولیه (فرمول آمیز)

۳ درصد وزنی اکسیدها (فرمول شیمیایی)

جدول ۷- نمونه‌هایی از روش‌های نمایش آمیز لعاب

نسبت مولی اکسیدها (فرمول زگر)		درصد وزنی مواد اولیه (فرمول آمیز)		درصد وزنی اکسیدها (فرمول شیمیایی)	
			نوع ماده	مقدار (%)	اکسید
			فلدسپات سدیم زنجان	۲۷/۰	SiO _۲
			کوارتز همدان	۲۶/۴	B _۲ O _۳
			کلسیم کربنات آژنا	۱۹/۰	Al _۲ O _۳
			کائولن زنوز	۱۰/۴	Na _۲ O
			روی اکسید	۲/۲	CaO
			زیرکونیوم سیلیکات	۱۵/۰	MgO

اسیدی	خنثی	قلیایی
۲/۹۰۹: SiO _۲ ۰/۹۲۳: B _۲ O _۳	۰/۴۸۸: Al _۲ O _۳	۰/۳۹۷: CaO ۰/۰۳۱: MgO ۰/۵۷۱: Na _۲ O ≈ ۱

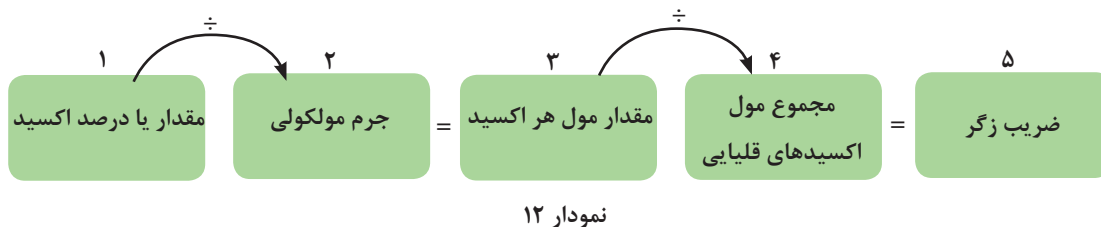
فرمول زگر^۱

در فرمول زگر، اکسیدهای مصرفی به صورت مولی بیان می‌شود. با استفاده از فرمول زگر (فرمول‌های مولی) لعاب، می‌توان خواص و رفتار لعاب‌های مختلف را مقایسه کرد. فرمول زگر اولین بار توسط متخصص علم سرامیک به نام هرمن زگر^۲ ابداع شده است.

۱- Seger formula

۲- Herman Seger

مراحل محاسبه فرمول زگر عبارت است از:



درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده یک نوع لعاب در جدول ۸ نشان داده شده است. فرمول زگر آن را محاسبه کنید.

مثال



جدول ۸ - درصد وزنی اکسیدهای آمیز یک لعاب

نوع اکسید	SiO _۲	B _۲ O _۳	Al _۲ O _۳	Na _۲ O	CaO	MgO
درصد وزنی	۵۰/۲۰	۱۸/۵۰	۱۴/۳۶	۱۰/۲۰	۶/۴۰	۰/۴۰

حل:

جدول ۹ - محاسبه فرمول زگر یک لعاب

نام اکسید	مقدار (درصد)	جرم مولکولی	مقدار مول اکسید	مجموع مول اکسیدهای قلیایی	ضریب زگر
SiO _۲	۵۰/۲۰	۶۰/۱	۰/۸۳۵	۰/۲۸۷	۲/۹۰۹
B _۲ O _۳	۱۸/۵۰	۶۹/۶	۰/۲۶۵	۰/۲۸۷	۰/۹۲۳
Al _۲ O _۳	۱۴/۳۶	۱۰۲	۰/۱۴۰	۰/۲۸۷	۰/۴۸۸
Na _۲ O	۱۰/۲۰	۶۲	۰/۱۶۴	۰/۲۸۷	۰/۵۷۱
CaO	۶/۴۰	۵۶/۱	۰/۱۱۴	۰/۲۸۷	۰/۳۹۷
MgO	۰/۴۰	۴۰/۳	۰/۰۰۹	۰/۲۸۷	۰/۰۳۱

نکته



- ۱ اکسیدهای قلیایی و قلیایی خاکی به ترتیب به شکل فرمولی R_۲O و RO هستند.
- ۲ مقدار مول حتماً تا سه رقم اعشار محاسبه شود.

در پایان فرمول زگر به شکل جدول ۱۰ نمایش داده می‌شود.

جدول ۱۰

اسیدی	خنثی	قلیایی
$2/909 : SiO_2$ $0/923 : B_2O_3$	$0/488 : Al_2O_3$	$0/397 : CaO$ $0/031 : MgO$ $0/571 : Na_2O$ <hr/> ≈ 1

درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده یک نوع لعاب در جدول ۱۱ نشان داده شده است. فرمول زگر آن را محاسبه کنید.

جدول ۱۱- درصد وزنی اکسیدهای آمیز یک لعاب

نوع اکسید	SiO_2	B_2O_3	Al_2O_3	Na_2O	CaO	MgO
درصد وزنی	57/10	16/06	10/52	11/10	5/20	1/02

فعالیت کلاسی



درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده یک نوع لعاب در جدول ۱۲ نشان داده شده است. فرمول زگر آن را محاسبه کنید.

جدول ۱۲- درصد وزنی اکسیدهای آمیز یک لعاب

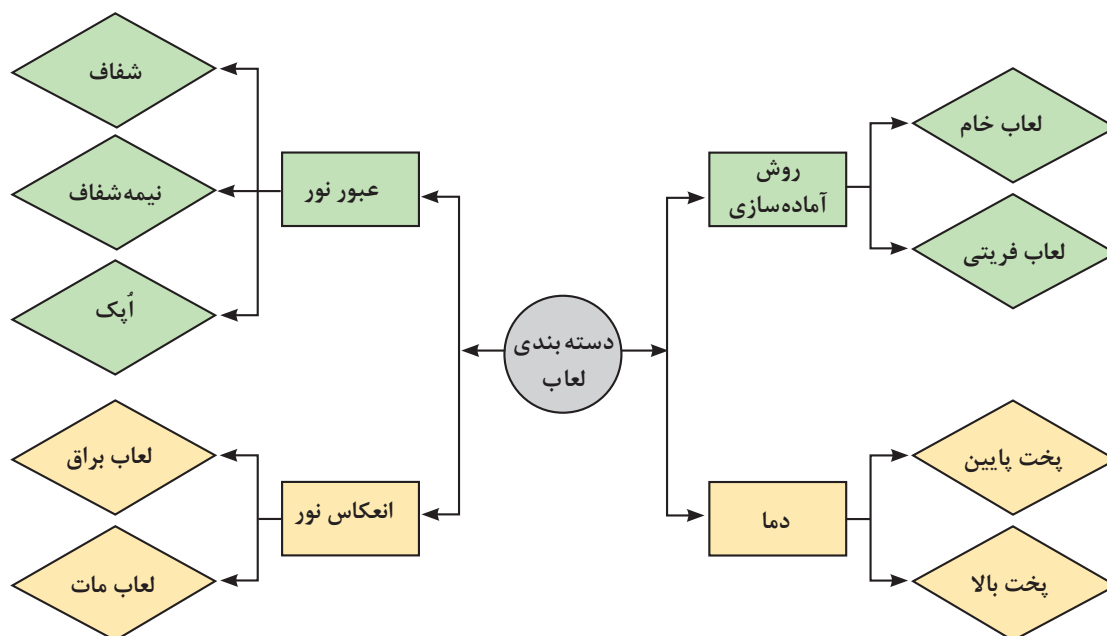
نوع اکسید	SiO_2	Al_2O_3	PbO	K_2O
درصد وزنی	51/60	8/70	33/60	6/10

فعالیت کلاسی



انواع لعاب

تقسیم‌بندی لعاب‌ها بر اساس معیارهای مختلفی صورت می‌گیرد و معیار تقسیم‌بندی مشخصی وجود ندارد. نمودار ۱۳ نشان‌دهنده انواع تقسیم‌بندی لعاب است.



نمودار ۱۳- انواع دسته بندی لعاب

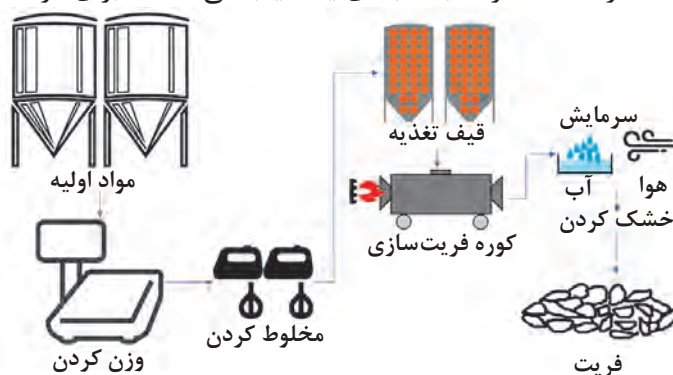
برخی از دسته بندی های لعاب که در نمودار بالا نشان داده شده است، در ادامه شرح داده می شود.

۱ دسته بندی لعاب ها از نظر روش آماده سازی

لعاب فریتی:

برخی از مواد اولیه لعاب سمی و برخی نیز در آب محلول هستند. مواد سمی برای سلامتی انسان ایجاد خطر می کنند و در صورت محلول بودن مواد اولیه لعاب در آب، در فرایند تولید برای بدنه و لعاب مشکل ایجاد می شود. فریت کردن راه حل مناسبی برای رفع این مشکل است. هدف از فریت کردن لعاب آن است که طی آن مواد محلول در آب به مواد غیرمحلول تبدیل شود و مواد سمی از آن خارج شود.

فریت سازی: در این فرایند، مواد اولیه لعاب در کوره حرارت داده می شود تا آمیز ذوب شود و بعد از همگن شدن مذاب، در آب سرد تخلیه می شود. بر اثر سرمای ناگهانی، لعاب به خرده شیشه تبدیل می گردد. خرده شیشه های ایجاد شده را خشک کرده، بسته بندی یا آسیاب می کنند تا برای مرحله بعدی آماده شوند.



شکل ۷- فرایند فریت سازی



با توجه به فرایند فریت‌سازی که در شکل ۷ نشان داده شده است، نام هر مرحله را زیر تصویر مربوط به آن بنویسید.



کوره‌های فریت‌سازی می‌توانند از نوع مداوم باشند که نمونه‌ای از آن در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸

کارگاه‌ها، لعاب فریت را خریداری کرده و با افزودن موادی مانند کائولن و افزودنی‌های دیگر، لعاب مورد نظر خود را می‌سازند. در این حالت از فریت به عنوان پایه لعاب استفاده می‌شود.



شکل ۹- فریت^۱



شکل ۱۱- دوغاب فریتی



شکل ۱۰- فریت آسیاب شده

دلایل دیگر فریت‌سازی خروج مواد فزّار و سرعت بخشیدن به فرایند ذوب است. با فریت کردن مواد خام لعاب، بخش عمده‌ای از واکنش‌ها بین مواد اولیه انجام می‌شود بنابراین، انرژی گرمایی و زمان کمتری برای پخت لعاب لازم است.

بیشتر بدانید



نمودار ۱۴- دسته‌بندی لعاب‌های فریتی

در لعاب‌های فریتی از بوراکسید و یا سرب اکسید استفاده می‌شود. این اکسیدها در محدوده دمایی ۱۱۵۰-۱۰۵۰ درجه سلسیوس بخار می‌شوند، بنابراین لعاب‌های فریتی در دماهای زیر ۱۲۰۰ درجه سلسیوس کاربرد دارند.

تحقیق کنید



فرمول زگر یک لعاب سربی و یک لعاب بوری را تهیه کنید و در کلاس ارائه دهید.



شکل ۱۲- دوغاب لعاب

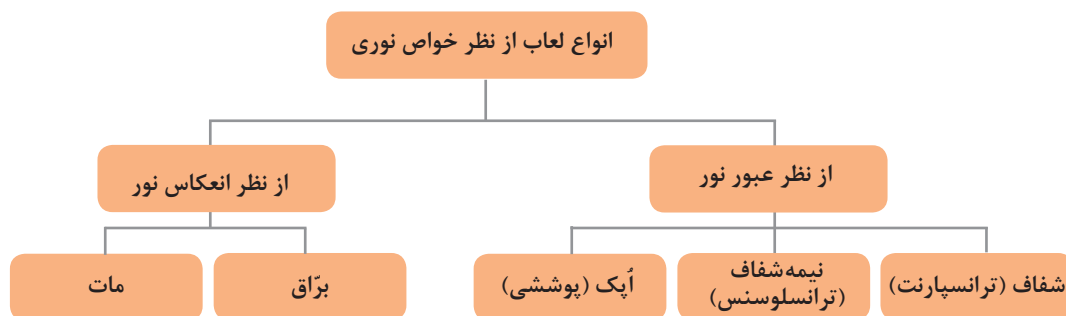
لعاب خام: در مواردی که ترکیب لعاب حاوی مواد محلول در آب و سمی نباشد و محدودیت دمای پخت نیز وجود نداشته باشد، مواد اولیه به صورت خام (طبیعی) مخلوط و آماده‌سازی می‌شود.

این گروه از لعاب‌ها دارای نقطه ذوب بالایی است و مقدار زیادی سیلیس و مقدار کمی مواد قلیایی دارد. لعاب‌های خام دمای پخت بالای ۱۲۰۰ درجه سلسیوس دارند و معمولاً برای لعاب‌کاری چینی‌ها و قطعات با دمای پخت بالا استفاده می‌شوند. مهم‌ترین بدنه‌هایی که لعاب خام برای آنها به کار می‌رود عبارت‌اند از:

- ۱ رسی (سنتی)
- ۲ چینی‌های نرم
- ۳ چینی‌های سخت
- ۴ چینی‌های آزمایشگاهی
- ۵ آهکی
- ۶ دولومیتی

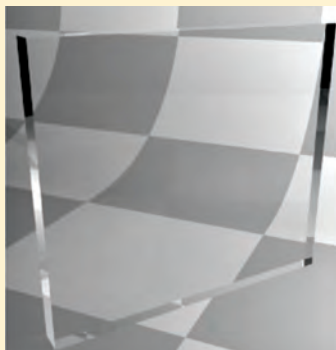
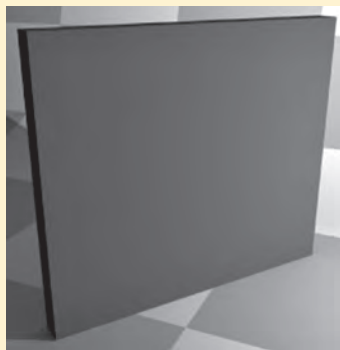
۲ دسته‌بندی لعاب‌ها از نظر خواص نوری

یکی از متداول‌ترین تقسیم‌بندی‌های لعاب‌ها، تقسیم‌بندی بر مبنای عکس‌العمل لعاب در برابر نور است که در نمودار ۱۵ آورده شده است.



نمودار ۱۵

عبارت‌های اُپک، شفاف و نیمه‌شفاف را زیر تصویر مربوط به آن در شکل ۱۳ بنویسید.

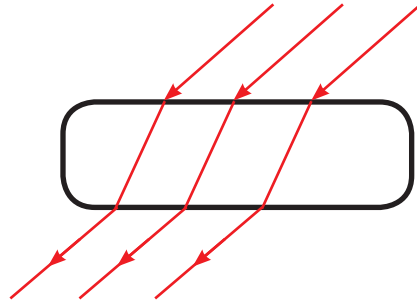


شکل ۱۳

فعالیت کلاسی



لعاب شفاف: لعاب شفاف لایه‌ای شیشه‌ای است که نور را به خوبی از خود عبور می‌دهد، بنابراین رنگ بدنه دیده می‌شود؛ به عبارتی، رنگ نهایی محصول ناشی از رنگ بدنه است. این نوع لعاب در صورت رنگی بودن نیز مانند شیشه‌های رنگی عمل می‌کند.



شکل ۱۴- لعاب شفاف

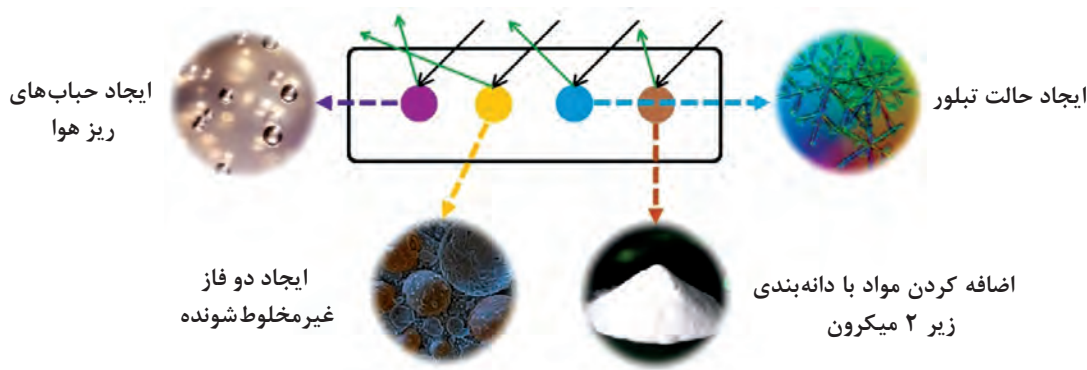
لعاب نیمه‌شفاف: لعاب نیمه‌شفاف لعابی است که بخشی از نور رسیده به سطح را عبور می‌دهد؛ در نتیجه، تصویر پشت لعاب به صورت واضح دیده نمی‌شود.
لعاب اپک: لعاب اپک سطح بدنه را طوری می‌پوشاند که رنگ بدنه قابل مشاهده نیست (نور را از خود عبور نمی‌دهد). در حالتی که رنگ بدنه مطلوب نباشد، از این نوع لعاب استفاده می‌شود.

با کمک هنرآموز، قطعات لعاب‌دار موجود در هنرستان خود را بررسی کنید و قطعات دارای لعاب شفاف و اپک را مشخص کنید.

فعالیت کلاسی



حالت اپک در لعاب در اثر تابش و سپس پراکنش نور در نتیجه برخورد آن با ذرات بسیار ریز و پراکنده موجود در لعاب به وجود می‌آید. در شکل ۱۵ برخی از روش‌های ایجاد لعاب اپک آمده است.



شکل ۱۵- برخی از روش‌های ایجاد حالت اپک در لعاب

برای ایجاد حالت اپک در لعاب می‌توان از ترکیبی از روش‌های شکل ۱۵ استفاده کرد. برخی از مواد اولیه که در لعاب خاصیت اپک ایجاد می‌کنند، در جدول ۱۳ آمده است.

جدول ۱۳- مواد اپک‌کننده لعاب

ZrO_2	زیرکونیوم اکسید	TiO_2	تیتانیوم اکسید	SnO_2	قلع اکسید
CaF_2	فلورین	Al_2O_3	آلومینیوم اکسید	$ZrSiO_4$	زیرکونیوم سیلیکات
BaO	باریم اکسید	ZnO	روی اکسید	Sb_2O_3	آنتیموان اکسید

اپک کردن لعاب‌ها با افزودن قلع، یک نوآوری از صنعتگران اسلامی بوده است.

دسته‌بندی لعاب از نظر انعکاس نور

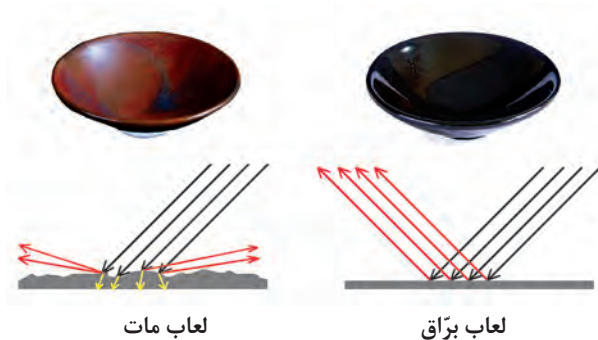
لعاب‌های بَرّاق و مات:

به نظر شما لعاب کدام‌یک از بدنه‌های نشان داده شده در شکل ۱۶ مات است؟



شکل ۱۶

بَرّاق و مات بودن از رفتار سطح لعاب در برابر تابش نور و انعکاس آن ایجاد شود.



شکل ۱۷- بازتاب نور در لعاب‌های بَرّاق و مات



با استفاده از یک فرهنگ لغت یا جست‌وجو در اینترنت، معادل انگلیسی شفاف، نیمه‌شفاف، اپک، براق و مات را از بین لغات داده شده انتخاب کرده و جدول ۱۴ را کامل کنید.

Matt, Opaque, Transparent, Glossy, Translucence

جدول ۱۴

شفاف	نیمه‌شفاف	اپک	مات	براق

لعاب براق، لعابی است که تمام یا بخش عمده از نور تابیده‌شده به سطح لعاب را منعکس می‌کند. درخشندگی و جلای لعاب براساس نوع و میزان تابش نور، متفاوت است. لعاب مات بخش عمده نور تابیده‌شده به سطح لعاب را جذب می‌کند و مقدار ناچیزی را منعکس می‌کند؛ در نتیجه سطح لعاب دارای درخشندگی نخواهد بود.



در هر یک از محصولات سرامیکی جدول ۱۵ لعاب‌هایی که از نظر خواص نوری به کار می‌روند را با علامت ضربدر مشخص کنید.

جدول ۱۵

نام محصول	شفاف	نیمه‌شفاف	اپک	مات	براق
چینی بهداشتی					
ظروف چینی غذاخوری					
مقرّه					
کاشی کف					



دیوار کلاس، تخته سفید، رنگ در کلاس و رنگ پنجره‌ها را از نظر خواص نوری بررسی کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

۳ دسته‌بندی لعاب از نظر دمای پخت

لعاب‌ها از نظر دمای پخت به دو دسته دماپخت پایین و دماپخت بالا تقسیم می‌شوند. درجه پخت لعاب‌های دماپخت پایین زیر ۱۱۵۰ درجه سلسیوس است و درجه پخت لعاب‌های دماپخت بالا، بالای ۱۱۵۰ درجه سلسیوس است. راکو و ماجولیکا مثال‌هایی از محصولات سرامیکی دارای لعاب دماپخت پایین و چینی بهداشتی و پرسلان دارای لعاب دماپخت بالا هستند.

لعاب‌های خاص

لعاب‌های خاص لعاب‌هایی هستند که بیشتر کاربرد تزئینی، هنری یا خاص دارند و در بسیاری موارد از نظر مقاومت مکانیکی و شیمیایی و ظاهر با لعاب‌های معمولی متفاوت هستند. لعاب‌های تبخیری، احیایی، لوستر، زرین‌فام، سِلادون، نفوذی، تَرک‌دار، بلوری، مینا و آنتی‌باکتریال جزء لعاب‌های خاص به شمار می‌آیند. در ادامه برخی از این لعاب‌ها معرفی می‌شوند.

۱ لعاب تبخیری^۱: برای ایجاد این لعاب‌ها از نمک استفاده می‌شود. برای تولید لعاب تبخیری (نمکی) مقداری پودر نمک طعام یا آب‌نمک در کوره‌ای که در حدود دمای پخت کار می‌کند، پاشیده می‌شود. پودر یا آب‌نمک پاشیده شده در کوره تبخیر می‌شود و بخار سدیم تولید شده بر روی سطح قطعه می‌نشیند و به دلیل اینکه سدیم یک کمک‌ذوب قوی است، باعث تشکیل یک لایه لعاب می‌شود. دمای پخت این نوع لعاب‌ها در محدوده ۱۰۶۰ تا ۱۱۸۰ درجه سلسیوس است. ناخالصی‌های موجود در بدنه مانند آهن اکسید، تعیین‌کننده رنگ این لعاب است.



شکل ۱۹- لوله‌های سرامیکی فاضلاب با لعاب نمکی



شکل ۱۸- ظرف سفالی دارای لعاب نمکی

درباره دلیل اعمال لعاب‌های نمکی روی لوله‌های سرامیکی آب و فاضلاب تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



در لعاب‌کاری تبخیری، بخارات سمی مانند بخار کلر و سدیم ایجاد می‌شود که برای سلامتی و محیط زیست خطرآفرین است؛ همچنین این گازها به اجزای کوره مانند آجرها و المنت‌ها آسیب می‌زند. در نتیجه این لعاب‌ها هرگز در کوره الکتریکی اعمال نمی‌شوند.

نکته



۲ لعاب‌های احیایی^۲: لعاب‌های احیایی اغلب لعاب‌های رنگی هستند که در شرایط اتمسفر به شدت احیایی کوره ایجاد می‌شوند. لعاب‌های لوستر و زرین‌فام، سِلادون و قرمز چینی لعاب‌های احیایی به شمار می‌روند.

لازم به ذکر است که برای ایجاد اتمسفر به شدت احیایی در کوره از خاک ارّه یا روغن سوخته استفاده می‌شود که این عمل باعث آلودگی هوا شده و یک خطر زیست‌محیطی محسوب می‌شود.

ایمنی و بهداشت



۱- Salt Glaze

۲- Reduction Glazes

۳ لعاب لوستر: لعاب‌های لوستر لعاب‌های تزئینی هستند که در سطح آنها بر اثر انجام واکنش‌های احیا، لایه بسیار نازک فلزی با جلای فلزی رنگین‌کمانی تشکیل می‌شود که بسیار چشم‌نواز است. در لعاب لوستر ابتدا قطعه سرامیکی را با لعاب معمولی لعاب‌کاری می‌کنند، سپس روی آن را با محلول‌های حاوی ترکیب‌هایی مانند نقره کلرید (AgCl)، نقره نیترات (AgNO_3) و بیسموت نیترات (BiNO_3) پوشش می‌دهند و در شرایط احیایی پخت می‌کنند.



شکل ۲۱- لعاب لوستر



شکل ۲۰- لعاب لوستر ایرانی، دوران اسلامی



شکل ۲۲- لعاب زرین‌فام

۴ لعاب زرین‌فام: تولید این لعاب از افتخارات بزرگ هنر سرامیک ایران است و یکی از ریشه‌های علم نانو به شمار می‌رود. لعاب زرین‌فام، با تشکیل لایه بسیار نازکی از نانوذرات مس یا نقره با جلای فلزی در طیف‌های رنگی گوناگون به وجود می‌آید. فرایند تولید لعاب زرین‌فام مانند روشی است که در لعاب لوستر به کار می‌رود. نقره سولفید، منگنز اکسید، مس سولفات و گوگرد سفید برای ایجاد این نوع لعاب استفاده می‌شود.

کتاب «جواهرنامه نظامی» نوشته محمد بن ابی البرکات جوهری نیشابوری، اولین کتاب به زبان فارسی در مباحث مربوط به جواهر و سنگ‌ها، فلزات، آلیاژها و انواع مینا است. در فصل چهارم کتاب، فرمول‌های مینای زرین‌فام ارائه شده است که تعداد آنها ۲۶ ترکیب است. تعداد مواد به کار رفته در ترکیبات «جواهرنامه» در حدود ۴۵ نوع است. همین امر موجب شده است تا «جواهرنامه نظامی» نه تنها قدیمی‌ترین بلکه مفصل‌ترین اثر تاریخی در زمینه لعاب زرین‌فام باشد.

بیشتر بدانید





دربارهٔ قدمت لعاب زرین فام و شهرهایی که در آنها این نوع لعاب برای تزئین کاربرد داشته است، تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.



۵ لعاب سلادون^۱: رنگ سبز روشن در لعاب را که از احیای اکسیدهای فلزی به دست می‌آید، سلادون می‌نامند.

شکل ۲۳- قوری دارای لعاب سلادون

این رنگ با اضافه کردن اکسیدهای آهن، کروم، نیکل، قلع و ترکیبات تیتان به لعاب و سپس پخت در شرایط احیا ایجاد می‌شود. هنگام پخت این لعاب در کوره، خاکستر چوب نیز اضافه می‌کنند تا رنگ سلادون بین سبز خاکستری تا سبز مایل به زرد تغییر کند.



۶ لعاب قبرمز چینی: این نوع لعاب احیایی قرمز رنگ، دارای مس اکسید است. برای تشکیل این رنگ قبرمز به لعاب‌ها تا ۲ درصد مس اکسید و در حد ۱ تا ۲ درصد قلع اکسید اضافه می‌شود. سپس اتمسفر کوره را در محدودهٔ دمای نهایی پخت احیا می‌کنند که باعث تولید رنگ قبرمز درخشنده‌ای مانند فلز مس می‌شود.

شکل ۲۴- لعاب قبرمز چینی

۷ لعاب‌های دونده^۲: ابتدا قطعهٔ سرامیکی را با یک لعاب معمولی لعاب کاری می‌کنند. سپس بر روی آن با لعابی که در هنگام ذوب دارای گرانروی پایینی است، لعاب کاری یا نقاشی می‌کنند. در فرایند پخت، این لعاب به خاطر داشتن گرانروی کم بر روی لعاب زیرین جریان یافته، شره کرده و حتی در آن نفوذ می‌کند که این امر باعث می‌شود نقوش زیبای تصادفی به وجود آید.

۱- Celadon Glaze

۲- Running Glaze

پودمان ۴: تحلیل کاربرد لعاب در سرامیک

برای جلوه‌گری بیشتر می‌توان لعاب‌های دونده (نفوذی) را با چندین رنگ مختلف به کار گرفت که در اثر مخلوط شدن آنها در هنگام پخت رنگ‌های جالبی ایجاد می‌شود.



شکل ۲۵- لعاب دونده

۸ لعاب تَرَک‌دار^۱

آیا وجود تَرَک در لعاب همیشه عیب محسوب می‌شود؟



شکل ۲۶- ظروف دارای لعاب تَرَک

لعاب تَرَک‌دار (کراکوله) نوعی لعاب است که پس از پخت، در سطح آن تَرَک ایجاد می‌شود. برای ایجاد این تَرَک‌ها در لعاب باید ضریب انبساط حرارتی لعاب به گونه‌ای تنظیم شود که از ضریب انبساط حرارتی بدنه بالاتر باشد تا در هنگام سرد کردن در لعاب تنش کششی به وجود آید؛ این تنش منجر به تَرَک خوردن لعاب می‌شود.

برای افزایش ضریب انبساط حرارتی لعاب می‌توان درصد اکسیدهای قلیایی را افزایش و در مقابل درصد

۱- Crackle Glaze

Al_2O_3 و SiO_2 را کاهش داد.
در بعضی از موارد بعد از پخت لعاب ترک‌دار، با لعاب دیگری داخل ترک‌ها را پُر می‌کنند و دوباره این لعاب را پخت می‌کنند.



شکل ۲۷- مجسمه‌های دارای لعاب ترک

آیا برای ترک‌دار کردن لعاب روش‌های دیگری وجود دارد؟

پرسش



۹ لعاب پوست‌ماری: این نوع لعاب در هنگام ذوب شدن بر روی بدنهٔ سرامیکی به شدت جمع می‌شود؛ به‌طوری که در اثر این انقباض شکل‌هایی مشابه پوست مار یا شبکهٔ رگه‌رگه حاصل می‌شود. حالت جمع‌شدگی بر اثر کشش سطحی لعاب هنگام ذوب شدن ایجاد می‌شود که به ترکیب شیمیایی لعاب بستگی دارد. برای افزایش کشش سطحی لعاب می‌توان اکسیدهایی که دارای کشش سطحی بالایی هستند، مانند MgO ، ZnO و Al_2O_3 به آمیز لعاب اضافه کرد. برای ایجاد لعاب رنگی از Cr_2O_3 ، V_2O_5 و NiO استفاده می‌شود.



شکل ۳۲- لعاب پوست‌ماری

برای تهیهٔ لعاب پوست‌ماری (انقباضی)، معمولاً بدنه را با دو نوع لعاب مختلف لعاب‌کاری می‌کنند؛ ابتدا لعاب معمولی سپس لعابی با کشش سطحی بالا بر روی لعاب اول اعمال می‌شود.

- ۱۰ **لعاب بلوری**^۱: برای تزئین لعاب شرایطی فراهم می‌آورند تا در فاز آمورف لعاب، مقداری فازهای بلوری (کریستالی) به وجود آید. وجود دانه‌ها و رگه‌های بلوری در زمینه شیشه‌ای جلوه زیبایی به لعاب می‌دهد. برای ایجاد فاز بلوری در لعاب سه روش را می‌توان به کار برد:
- ۱ **آمیز لعاب به گونه‌ای تعیین شود تا در هنگام ذوب گرانروی پایینی داشته باشد.**
- ۲ **به آمیز لعاب موادی مانند بوراکسید، روی اکسید، کربنات‌های باریوم، استرانسیم و منیزیم و کلمانیت اضافه شود تا در هنگام سرمایش لعاب تمایل به تبلور داشته باشند.**
- ۳ **فرایند سردکردن لعاب آهسته انجام شود تا بلورها فرصت رشد داشته باشند.**



شکل ۲۸- لعاب بلوری (کریستالی)

چرا در پوشش برخی از کاشی‌ها از لعاب بلوری استفاده می‌شود؟

پرسش



- ۱۱ **لعاب مینا**^۲: در تصویرهای زیر لعاب‌کاری بر روی بدنه‌های فلزی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۱- لعاب بدنه بخاری



شکل ۳۰- لعاب ظروف آهنی



شکل ۲۹- ظروف مسی میناکاری

۱- Crystalline Glaze

۲- Enamel



به پوشش‌های شیشه‌ای اعمال شده بر روی بدنه‌های فلزی، مینا گفته می‌شود. این پوشش‌ها برای ایجاد رنگ و جلوه‌ای زیبا و همچنین محافظت از بدنه اعمال می‌شود. در این نوع لعاب ابتدا یک لایه انگوب بر روی فلز اعمال می‌شود و سپس لعاب اصلی بر روی لایه انگوب آورده می‌شود. انگوب باعث تطبیق ضریب انبساط حرارتی و چسبندگی لعاب اصلی و بدنه می‌شود.

مهم‌ترین تفاوت لعاب‌کاری روی فلز و سرامیک چیست؟

رنگ

در صنعت سرامیک برای تولید محصولات رنگی و تزئین آنها از مواد رنگی‌کننده استفاده می‌شود. این رنگ‌ها برای تزئین در سطح زیر لعاب، روی لعاب یا با قرار گرفتن داخل لعاب باعث ایجاد رنگ می‌شوند. مهم‌ترین روش‌های ایجاد رنگ، استفاده از اکسید فلزهای واسطه و جوهرهای رنگی (استین) است.

جوهرهای رنگی (استین)

اکسید فلزهای واسطه

نمودار ۱۶- مهم‌ترین مواد ایجادکننده رنگ در لعاب

اکسید فلزهای واسطه: اکسید فلزات گروه عناصر واسطه به عنوان رنگدانه^۱ طبیعی یا مصنوعی در لعاب استفاده می‌شوند. رنگ ایجاد شده به لعاب پایه و نوع اکسیدها بستگی دارد. تولید رنگ یا رنگ‌زایی این اکسیدها (رنگدانه‌ها) وابسته به شرایط زیر است:



نمودار ۱۷

در جدول ۱۶، تعدادی از رنگدانه‌های طبیعی و منابع تأمین‌کننده آنها آمده است:

جدول ۱۶- انواع مختلف رنگدانه‌های طبیعی به صورت اکسید یا نمک‌های آنها

نوع رنگدانه	منبع تأمین‌کننده	رنگ ایجادشده
کبالت	اکسیدها (کبالت اکسید)، کربنات‌ها (کبالت کربنات)، نیترات (کبالت نیترات) و کلرید (کبالت کلرید)	آبی پررنگ لاجوردی
مس	اکسیدها (مس اکسید) و کربنات‌ها (مس کربنات)	سبز آبی فیروزه‌ای
کروم	کروم اکسید	سبز پررنگ
آهن	آهن اکسید	صورتی - زرد قرمز - قهوه‌ای
منگنز	منگنز دی اکسید و منگنز کربنات	بنفش - قهوه‌ای
قلع	قلع اکسید	سفید
آنتیموان	آنتیموان اکسید	سفید زرد

درباره طیف رنگی که اکسیدهای نیکل و وانادیم در لعاب ایجاد می‌کنند، تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



پرسش



برای تولید رنگ قرمز و قهوه‌ای سوخته در لعاب از چه اکسیدهایی استفاده می‌شود؟

جوهر: اکسیدهای رنگی به علت محلول بودن در لعاب و تأثیر نامطلوب بعضی از گداز‌آورها و سایر عناصر لعاب کاربرد محدودتری دارند. به همین دلیل از نوع خاصی از رنگ به نام جوهر (استین) استفاده می‌شود که یک نوع کریستال رنگی است که در مقابل تأثیر گداز‌آورهای لعاب و دمای بالا مقاوم است. جوهرها طیف بسیار وسیعی از رنگ‌ها را ایجاد می‌کنند.



امروزه از جوهرها با دانه‌بندی نانومتری در دستگاه‌های چاپ دیجیتال صنایع کاشی استفاده زیادی می‌شود.

آماده‌سازی لعاب رنگی

برای رنگی کردن لعاب می‌توان رنگدانه را به‌طور مستقیم به فرمول آمیز لعاب اضافه کرد. پس از فرایند سایش و گرانول‌سازی، لعاب رنگی به‌دست می‌آید. پس از آماده شدن دوغاب لعاب رنگی می‌توان آن را با قلم‌مو یا پیستوله بر روی بدنه بیسکویت یا روی لعاب پخت نشده اعمال کرد.

آماده‌سازی لعاب

فرایند آماده‌سازی لعاب سه مرحله دارد:

افزودن آب به مواد

سایش

وزن کردن مواد آمیز

نمودار ۱۸- مراحل آماده‌سازی لعاب

برای ساخت لعاب در کارگاه، با استفاده از فرمول ساخت لعاب، تجهیزاتی مانند ترازو، هاون شیشه‌ای یا چینی و دسته آن، استوانه مدرج آزمایشگاهی و الک مش ۱۰۰ یا بالاتر نیاز است. در ادامه مراحل فرایند آماده‌سازی لعاب در کارگاه آمده است:

۱ مواد و وسایل لازم را روی میز کار قرار دهید. همه ابزارها باید کاملاً تمیز باشد. تمام مواد اولیه برای تهیه آمیز لعاب را با ترازو وزن و یادداشت کنید.

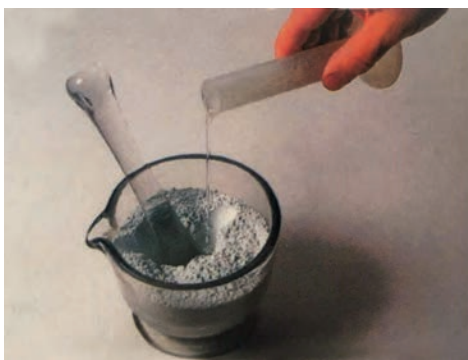


شکل ۳۲- وزن کردن آمیز لعاب



شکل ۳۳- ساییدن آمیز لعاب

۲ پس از وزن کردن مواد، آنها را داخل هاون بریزید و با دسته هاون بسایید. دسته هاون را همیشه دایره‌وار در یک جهت حرکت دهید. اکسیدهای رنگ‌کننده لازم و یا جوهرهای رنگی را بر اساس درصد مورد نیاز به هاون اضافه کنید و عمل سایش را ادامه دهید تا مواد کاملاً با یکدیگر مخلوط شوند.



شکل ۳۴- افزودن آب به آمیز لعاب

۳ مقدار آب مورد نیاز را در استوانه مدرج اندازه‌گیری کنید. در بیشتر کاربردها ۴۰۰ تا ۵۰۰ گرم آب به ازای هر کیلو ماده خشک به لعاب اضافه می‌شود. آب را بیفزایید و مخلوط کردن را ادامه دهید تا کاملاً یکنواخت شود.

کنترل کیفی لعاب

برای بررسی کیفیت قطعات سرامیکی لعاب‌کاری‌شده و بهبود کیفیت آن باید دوغاب لعاب و مذاب آن و قطعات لعاب‌کاری‌شده بررسی شوند.

دوغاب لعاب

کیفیت دوغاب لعاب طی مراحل زیر بررسی می‌شود:

۱ قبل از اعمال لعاب

۲ در هنگام فرایند لعاب‌کاری

۳ بعد از لعاب‌کاری بر روی بدنه

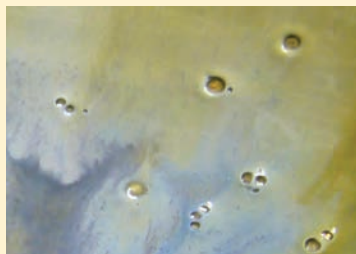
خواص دوغاب لعاب بر کیفیت قطعات مؤثر است. گاهی نامناسب بودن خواص دوغاب لعاب، تأثیرات نامطلوب خود را در زمان لعاب‌کاری نمایان می‌کند. در برخی موارد این آثار پس از پخت بر روی بدنه ظاهر می‌شود. از جمله این موارد ته‌نشین شدن (رسوب کردن) لعاب و تشکیل حفره هوا در موقع لعاب‌کاری است که به دلیل کیفیت نامناسب دوغاب لعاب، ایجاد می‌شود.

مذاب لعاب

کیفیت مذاب لعاب در حین فرایند پخت بسیار مهم است. به وجود آمدن حفره، جمع یا منقبض شدن لعاب و شره کردن لعاب، عیوبی هستند که به کیفیت نامناسب لعاب مربوط است.



عیب قابل مشاهده در لعاب بدنه‌های نشان داده شده در تصاویر زیر را بنویسید.



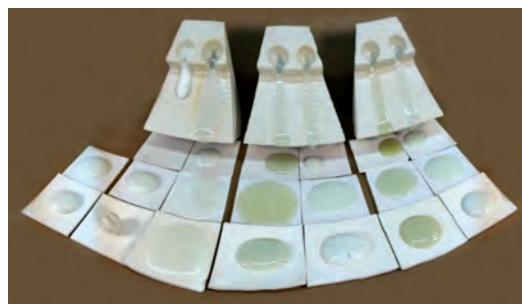
نکته



ویژگی‌هایی مانند گرانروی، کشش سطحی، انبساط حرارتی، مقاومت به خوردگی و سمی بودن لعاب نیز برای کنترل کیفی لعاب لازم است مورد بررسی قرار بگیرند.

گرانروی^۱

گرانروی لعاب بستگی به اصطکاک داخلی مذاب دارد و نقطه ذوب، تعیین کننده آن است. لعاب‌ها دارای نقطه ذوب مشخصی نیستند و در دماهای مختلف به مایع غلیظی تبدیل می‌شوند.



شکل ۳۵- گرانروی لعاب‌های مختلف

مدت زمان ماندن در
دمای مشخص

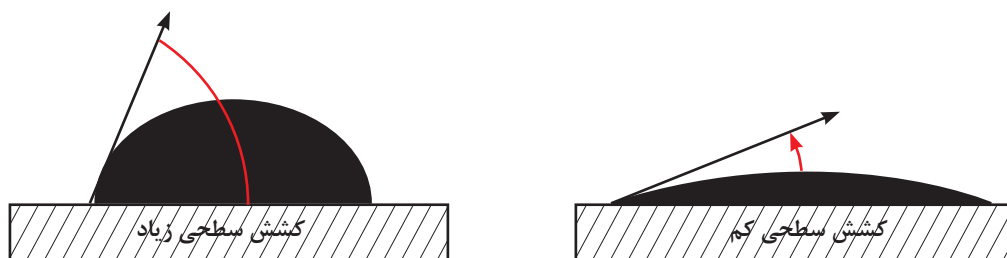
دما

ترکیب شیمیایی

نمودار ۱۹- عوامل مؤثر بر گرانروی مذاب لعاب

کشش سطحی^۱

جاری شدن و شُره کردن لعاب در هنگام پخت بر روی بدنه فقط به گرانروی بستگی ندارد، بلکه کشش سطحی نیز روی آن اثر زیادی دارد. هر قدر کشش سطحی لعاب (تمایل به جمع شدن) بیشتر باشد، از خروج گازهای به وجود آمده جلوگیری می‌کند؛ با کاهش کشش سطحی خروج گازها راحت‌تر است.






شکل ۳۶- تفاوت کشش سطحی کم و زیاد

تأثیر اکسیدها بر کشش سطحی لعاب

در جدول ۱۷ تأثیر برخی از اکسیدهای فلزی بر کشش سطحی لعاب بیان شده است.

جدول ۱۷

<div> افزایش کشش سطحی کاهش کشش سطحی </div>		
		
Li_2O (قوی) ۱ K_2O ۲ PbO ۳ Na_2O (ضعیف) ۴		Cr_2O_3 (قوی) ۱ SnO_2 ۲ MgO ۳ Al_2O_3 (ضعیف) ۴

انبساط حرارتی^۲

وقتی در فلزی یک ظرف شیشه‌ای گیر کرده و باز نمی‌شود، با گرفتن آن زیر آب گرم راحت‌تر باز می‌شود. علت این پدیده چیست؟

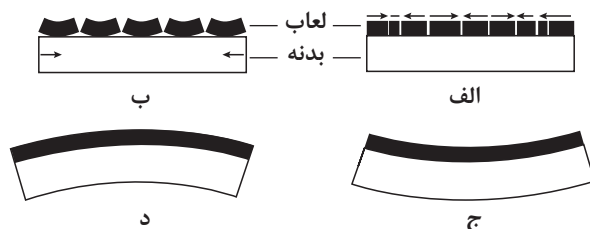
پرسش



۱- Surface Tension

۲- Thermal Expansion

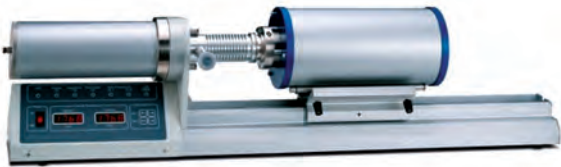
مقدار ضریب انبساط حرارتی لعاب‌ها معمولاً در حدود $\frac{1}{10^7} \times$ عدد است. اگرچه این مقدار بسیار کوچک به نظر می‌رسد، ولی در صنعت لعاب‌سازی تأثیرات زیادی به وجود می‌آورد. ضریب انبساط حرارتی لعاب‌ها باید معمولاً تا حدودی برابر با ضریب انبساط حرارتی بدنه باشد تا نقصی به وجود نیاید. اگر لعاب در هنگام انجماد، نسبت به بدنه بیشتر جمع شود، یعنی انقباض دارد؛ بنابراین لعاب تحت تنش کششی (ضریب انبساط بیشتر) است و ترک در آن به وجود خواهد آمد (شکل الف و ج). عکس این حالت در لعاب، پدیدگی ظاهر می‌شود (شکل ب و د).



شکل ۳۷- تأثیر مقدار ضریب انبساط حرارتی لعاب در چسبندگی لعاب به بدنه

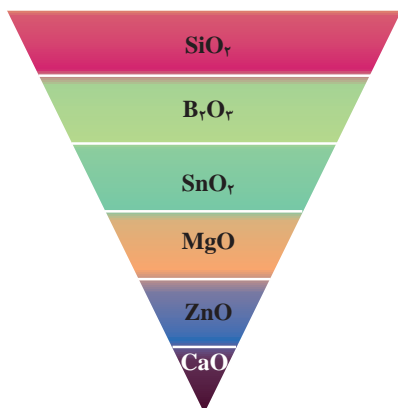
اگر یک بدنه نازک و باریک (مانند کاشی) لعاب زده شود و سپس حرارت داده شود، بسته به مقدار اختلاف ضریب انبساط حرارتی بین لعاب و بدنه، این قطعه نازک به شکل مقعر یا محدب خمیده می‌شود.

جدول ۱۸- روش‌های اندازه‌گیری ضریب انبساط حرارتی

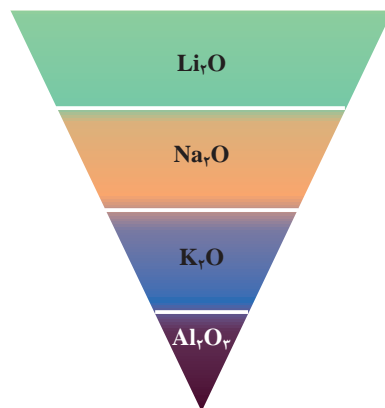
 <p>شکل ۳۸- دستگاه دیلاتومتر</p>	<p>اندازه‌گیری ضریب انبساط حرارتی با دستگاه دیلاتومتر</p>
$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \times \Delta T}$ <p>α: ضریب انبساط حرارتی ΔL: تغییر طول L_0: طول اولیه ΔT: تغییر دما</p>	<p>محاسبه ضریب انبساط حرارتی بر اساس اطلاعات</p>

پودمان ۴: تحلیل کاربرد لعاب در سرامیک

تأثیر اکسیدها بر انبساط حرارتی لعاب



نمودار ۲۱- اکسیدهای کاهش دهنده انبساط حرارتی لعاب (SiO_2 بیشترین کاهش)



نمودار ۲۰- اکسیدهای افزایش دهنده انبساط حرارتی لعاب (Li_2O بیشترین افزایش)

بیشتر بدانید



سختی لعاب

در مورد سختی لعاب تعریف‌های مختلفی وجود دارد و برای اندازه‌گیری آن روش‌های گوناگونی نیز استفاده می‌شود.

روش‌های سنجش سختی لعاب عبارت‌اند از:

جدول ۱۹- روش‌های سنجش سختی لعاب

 <p>سختی‌سنجی خراشی</p>	<p>سختی‌سنجی خراشی: در این روش لعاب را با الماس یا با مواد سخت دیگر که در جدول سختی موهس وجود دارد، خراش می‌دهند. با این روش میزان مقاومت لعاب در برابر خراش اندازه‌گیری می‌شود.</p>
--	---

 <p>سختی سنجی عمقی</p>	<p>سختی سنجی عمقی: در این روش توسط رأس الماس مخروطی شکل، به سطح لعاب با نیروی مشخصی فشار وارد می شود و عمق فرورفتگی حاصل از نیروی وارد شده اندازه گیری می شود. در این روش سختی در یک محدوده از سطح اندازه گیری می شود، بنابراین مقدار سختی به دست آمده تعیین کننده سختی لعاب در کل سطح نیست.</p>
 <p>سختی سنجی سایشی</p>	<p>سختی سنجی سایشی (استحکام سایشی): در این روش مقدار افت وزن لعاب بر اثر سایش به وسیله مواد سخت تر اندازه گیری می شود که نشان دهنده میزان سختی لعاب است. ماسه سیلیسی و سیلیسیم کارباید به عنوان مواد ساینده استفاده می شوند.</p>
 <p>سختی سنجی ضربه ای</p>	<p>سختی سنجی ضربه ای: در این روش استحکام ضربه ای لعاب اندازه گیری می شود.</p>

در جدول ۲۰ نوع سختی موردنیاز با توجه به کاربرد محصولات مختلف آمده است.

جدول ۲۰

سختی ضربه‌ای	سختی سایشی	سختی عمقی	سختی خراشی	
✓	✓		✓	بشقاب و فنجان
✓			✓	کاشی‌های دیوار
✓	✓	✓	✓	کاشی‌های کف
✓	✓		✓	لوله‌های فاضلاب

مقاومت به خوردگی شیمیایی^۱

مقاومت و پایداری لعاب در مقابل عواملی مانند رطوبت، گازها و بخارات، اسیدها و قلیایی‌ها را مقاومت به خوردگی شیمیایی لعاب گویند. لعاب با ترکیب شیمیایی معین در مقابل عواملی مانند آب، اسید، قلیایی‌ها و گازها به‌طور مختلف پایداری و عکس‌العمل نشان می‌دهد.

جدول ۲۱- تأثیر مواد مختلف بر مقاومت به خوردگی شیمیایی لعاب

تأثیر بر پایداری لعاب	ماده
پایداری کم نسبت به مواد شیمیایی و حتی رطوبت	اکسیدهای قلیایی
افزایش مقاومت به خوردگی شیمیایی	آلومینیوم اکسید
کاهش مقاومت به خوردگی شیمیایی	سرب اکسید و باریم اکسید
افزایش مقاومت به خوردگی شیمیایی	سیلیسیم اکسید

نمره	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	پودمان
۳	تحلیل، تعیین و طبقه‌بندی انواع لعاب و درصد اکسیدهای مورد استفاده در آنها	بالاتر از حد انتظار	بررسی و تحلیل انواع لعاب با توجه به دسته‌بندی مواد اولیه، طبقه‌بندی لعاب براساس ویژگی‌های خاص با استفاده از استاندارد ملی ایران	۱- بررسی انواع لعاب‌های بدنه سرامیکی ۲- کاربرد لعاب در تولید بدنه سرامیکی	تحلیل کاربرد لعاب در سرامیک
۲	محاسبه درصد اکسیدهای مورد استفاده در لعاب براساس فرمول زگر، تعیین نقش هر یک از مواد سازنده لعاب، طبقه‌بندی لعاب‌ها براساس (مواد اولیه، دمای پخت، روش آماده‌سازی و رفتار نوری و ...)	در حد انتظار			
۱	دسته‌بندی انواع مواد اولیه ساخت لعاب، دسته‌بندی انواع لعاب	پایین‌تر از حد انتظار			
	نمره مستمر از ۵				
	نمره واحد یادگیری از ۳				
	نمره واحد یادگیری از ۲۰				

پودمان ۳

طبقه‌بندی عملکردی مواد خودگیر



گروهی از مواد سرامیکی که با عنوان مواد خودگیر شناخته می‌شوند، اهمیت بسیاری در مصالح ساختمانی و ساخت سازه‌های بتنی دارند. سیمان، گچ و آهک از جمله این گروه از مواد هستند که تولید آنها با کیفیت مطلوب، به متخصصان مجرب و کار آزموده نیاز دارد.

همان طور که می دانید، پودر ژله پس از مخلوط شدن با آب و ماندن در یخچال پس از مدت زمان مشخصی، سفت می شود.



ب) ژله

الف) پودر ژله

شکل ۱

در صنعت سرامیک نیز موادی تولید می شوند که پس از ترکیب با آب ملاتی را می سازند که پس از مدت زمان مشخصی سفت می شود و استحکام آن افزایش می یابد. آیا می توانید چند نمونه از این مواد را نام ببرید؟



شکل ۲- ملات چند ماده سرامیکی

پودمان ۳: طبقه‌بندی عملکردی مواد خودگیر

در صنایع سرامیک سیمان، گچ و آهک به عنوان مواد خودگیر شناخته می‌شوند.



شکل ۳- نمونه‌ای از کاربرد سیمان، آهک و گچ

سیمان

برای ساخت دو سازه زیر از کدام ماده خودگیر استفاده شده است؟



ب) برج میلاد - تهران



الف) سد کارون - خوزستان

شکل ۴

سیمان در ترکیب با سنگدانه‌های ماسه و آب، بتن را ایجاد می‌کند. سیمان مانند یک چسب سنگدانه‌ها را به یکدیگر می‌چسباند.



سیمان پودری نرم و جاذب آب است. در ترکیب با آب واکنش می‌دهد و ماده حاصل از این واکنش مانند چسب عمل می‌کند و پس از گیرش در تماس با آب پایدار است.



ملات ماده خمیری است که از ترکیب ماده چسباننده (مانند سیمان) و ماده پرکننده (مانند ماسه) همراه با افزودنی‌ها به دست می‌آید.

میل ترکیبی سیمان با آب و ایجاد اتصال و سفت شدن آن به دلیل خاصیت هیدرولیکی سیمان است.

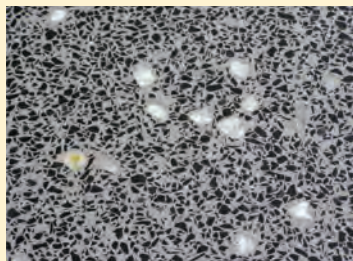
نکته



فکر کنید



با توجه به شکل ۷، توضیح دهید نقش سیمان در ساخت محصولات ساختمانی و بتنی چیست؟



موزاییک سیمانی



مقطعی از بلوک بتنی

شکل ۷

اکسیدهای اصلی که در سیمان وجود دارند شامل موارد زیر است:

آهن اکسید

آلومینیوم اکسید

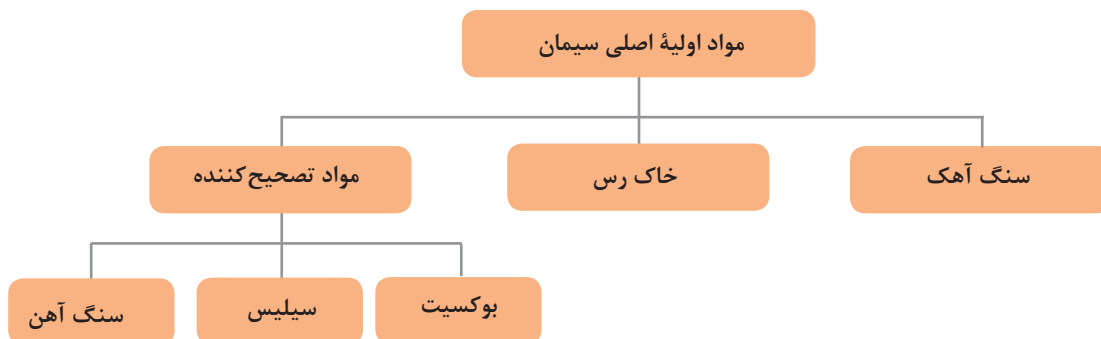
سیلیسیم اکسید

کلسیم اکسید

نمودار ۱

علاوه بر اکسیدهای اشاره شده در نمودار ۱ اکسیدهای دیگری مانند منیزیم اکسید و سایر اکسیدهای قلیایی نیز از طریق مواد اولیه به ترکیب سیمان وارد می‌شوند.

در تولید سیمان معمولاً از سنگ آهک به عنوان منبع تأمین‌کننده کلسیم اکسید و از خاک رس به عنوان منبع تأمین‌کننده سیلیس و آلومینا استفاده می‌شود. به دلیل آنکه آهک بخش زیادی از مواد اولیه سیمان را تشکیل می‌دهد، بنابراین کارخانجات سیمان معمولاً در نزدیکی معادن آهک احداث می‌شوند. برای تنظیم ترکیب شیمیایی سیمان از مواد تصحیح‌کننده در ترکیب آن استفاده می‌شود.



نمودار ۲

برای اولین بار از مخلوط سنگ آهک و خاک رس آهکی ماده هیدرولیکی ساخته شد که به سیمان پرتلند معروف شد و ترکیب آن به تدریج تکامل یافت. سیمان پرتلند همان سیمان ساختمانی است.

نکته





سیمان پرتلند در اواسط قرن ۱۹ میلادی (حدود سال ۱۲۰۰ هجری شمسی) در کشور انگلیس و از آهک ساخته شد. پدر خانواده اسپدین^۱ برای اولین بار سیمان را در اجاق آشپزخانه خود ساخت و سپس بنیان‌گذار تولید آن در کشور انگلیس شد. به دلیل شباهت ظاهری این محصول به سنگ پرتلند (تشکیل شده از رسوبات آهکی استخراج شده از جزیره پرتلند در جنوب انگلیس)، به نام سیمان پرتلند نام‌گذاری شد. حدود ۲۰ سال بعد فرزند خانواده، ویلیام اسپدین، موفق به تولید سیمان بهبود یافته به شکل امروزی شد و به همین دلیل وی را پدر سیمان پرتلند نامیدند. پس از ۵۰ سال با اختراع کوره دوار هافمن در آلمان، سیمان پرتلند به صورت پیوسته و با کیفیتی به مراتب بهتر تولید شد. سیمان تقریباً در سال ۱۳۰۰ هجری شمسی وارد ایران شد و در سال ۱۳۱۲ اولین واحد تولیدی در جنوب تهران به بهره‌برداری رسید.

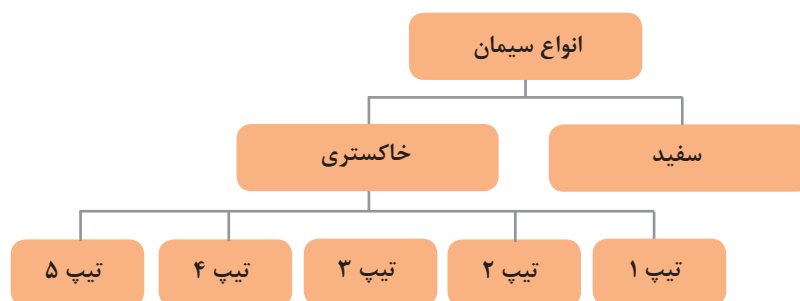


شکل ۹- تصویری از کارخانه سیمان ری در سال ۱۳۳۱

شکل ۸- ویلیام اسپدین، پدر سیمان پرتلند

انواع سیمان

بر اساس رنگ ظاهری، سیمان پرتلند یا ساختمانی در دو رنگ سفید و خاکستری به بازار عرضه می‌شود. سیمان براساس محل کاربرد انواع مختلفی دارد که در نمودار ۳ نشان داده شده است. این تقسیم‌بندی براساس استاندارد^۲ ASTM جهانی است. هر کدام از این سیمان‌ها در شرایط محیطی خاصی به کار گرفته می‌شود.



نمودار ۳

۱- Aspdin

۲- American Society for Testing and Materials



شکل ۱۰- ترک خوردگی بتن در اثر حمله یون سولفات

گاهی وجود یون‌های سولفات در محیط باعث تخریب بتن می‌شود. در اثر واکنش شیمیایی بین سولفات‌ها و یکی از اجزای سیمان کریستال‌های سوزنی تشکیل می‌شود که حجم زیادی دارند و باعث ایجاد ترک در بتن می‌شوند. یون سولفات در زمین‌های سولفات‌دار و آب دریا وجود دارد.

نکته



تحقیق کنید



آیا به غیر از ترکیبات سولفاتی، احتمال تخریب بتن در حضور مواد دیگری نیز وجود دارد؟

جدول ۱

سیمان تیپ ۱	- این سیمان، سیمان پرتلند معمولی است. برای مصارف عمومی مانند ساخت جاده، پل، ملات بنایی و ساخت مخازن کاربرد دارد. - در مواردی که بتن در معرض سولفات‌ها نباشد، به کار می‌رود.
سیمان تیپ ۲	- در محیط دارای سولفات‌های متوسط، به کار می‌رود. - از لحاظ گیرش، سیمان نوع ۲ کندتر از سیمان نوع ۱ است و حرارت کمتری آزاد می‌کند. در ساختمان‌هایی که سازه‌های حجیم دارند، به کار می‌رود.
سیمان تیپ ۳	- این سیمان حرارت بیشتری نسبت به نوع ۱ آزاد می‌کند. - به این نوع سیمان، سیمان زودگیر نیز می‌گویند. - سیمان تیپ ۳ در مناطق با هوای سرد و مناطقی که نیاز به بهره‌برداری سریع سازه است، استفاده می‌شود.
سیمان تیپ ۴	- این نوع سیمان دیرگیر است و حرارت کمتری تولید می‌کند. - در موارد بتن‌ریزی‌های حجیم، مانند سدسازی به کار می‌رود.
سیمان تیپ ۵	- سیمان ضد سولفات است و در محیط‌های در معرض سولفات به کار می‌رود.

کنجکاوی



به چه دلیل در بتن‌ریزی‌های حجیم از سیمان تیپ ۴ استفاده می‌شود؟

نکته



در نام‌گذاری انواع سیمان گاهی از شماره‌گذاری با اعداد یونانی (I, II, III, IV, V) استفاده می‌شود.



وجود هم‌زمان سه عامل در بتن باعث حمله سولفاتی به آن می‌شود:

۱ وجود عوامل واکنش‌پذیر در سیمان: این عوامل مانند CaO ، Al_2O_3 یا C_3A در سیمان‌های پرتلند موجب افزایش واکنش‌پذیری خمیر سیمان با یون‌های سولفات می‌شود.

۲ یون سولفات: به صورت نمک‌های سولفاتی در محیط اطراف بتن وجود دارند که از قدرت انحلال بسیار زیادی در آب برخوردار هستند.

۳ نفوذپذیری: هرچه نفوذپذیری بتن بیشتر باشد یا تخلخل بیشتری بین اجزای سازنده بتن وجود داشته باشد، بتن بیشتر تخریب می‌شود زیرا یون‌های مخرب بیشتری که یون سولفات را به داخل بتن منتقل می‌کنند، در بتن قرار می‌گیرند.

در اثر واکنش یون سولفات با ترکیب تری‌کلسیم آلومینات (C_3A یا $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) موجود در سیمان، بلورهایی با حجم بزرگ‌تر از بلورهای قبلی در بتن رشد می‌کنند و باعث ایجاد ترک در بتن سخت شده می‌شوند. برای حل این مشکل باید یکی از این سه عامل را حذف کرد. یکی از روش‌ها، استفاده از سیمان ضدسولفات است. در این تیپ از سیمان‌ها به دلیل کم بودن مقدار فاز C_3A ، امکان واکنش سولفات‌ها با خمیر سیمان و در نهایت تشکیل بلورهای با حجم بالا به شدت کاهش می‌یابد. روش دیگر، کاهش نفوذپذیری بتن و آب‌بندی آن است. برای این منظور از مواد معدنی در ساخت بتن و همچنین کاهش نسبت آب به سیمان استفاده می‌شود.

عامل تفاوت رنگ انواع سیمان چیست؟

رنگ خاکستری سیمان به دلیل وجود درصد اکسید آهن بالا در آن است و سیمان سفید اکسید آهن بسیار کمتری نسبت به سیمان خاکستری دارد. مصارف سیمان سفید بسیار محدودتر از سیمان خاکستری است. در جدول ۲، نمونه‌ای از درصد وزنی اکسیدهای اصلی در سیمان پرتلند سفید و خاکستری نشان داده شده است.

جدول ۲- درصد وزنی اکسیدهای اصلی در سیمان پرتلند سفید و خاکستری

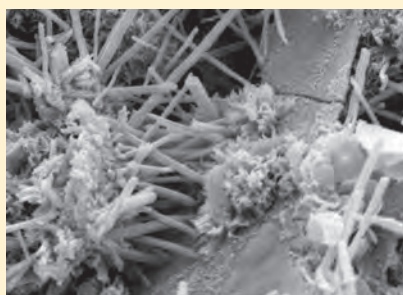
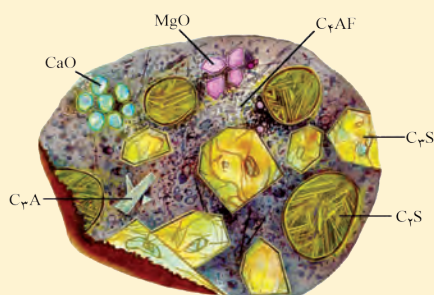
سیمان پرتلند سیاه	سیمان پرتلند سفید	اکسید
۲۱	۲۲	SiO_2
۶۳	۶۶	CaO
۴	۶	Al_2O_3
۳	۰/۳	Fe_2O_3
۳	۱	MgO
۶	۴/۷	اکسیدهای دیگر
۱۰۰	۱۰۰	جمع



فازهای سیمان که به آنها کریستال‌های کلینکر نیز گفته می‌شود، در جدول زیر آمده است:

جدول ۳

نام فاز	ترکیب شیمیایی	توضیحات
سه کلسیم سیلیکات یا آلایت	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_3S)	جزء اصلی سیمان پرتلند است و استحکام سیمان بیشتر به سبب وجود این فاز است.
دو کلسیم سیلیکات یا بلیت	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_2S)	این فاز در گیرش سیمان تأثیر زیادی ندارد. با گذشت زمان هیدراته می‌شود و باعث ایجاد استحکام در سیمان می‌شود.
سه کلسیم آلومینات	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (C_3A)	این فاز دارای گیرش سریع است. شکستن آن همراه با انفجار و ایجاد بخار آب است.
چهار کلسیم آلومینا فریت	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (C_4AF)	این فاز به سرعت هیدراته می‌شود، ولی شکستن آن حالت انفجاری ندارد.



شکل ۱۱- فازهای کریستالی تشکیل‌دهنده سیمان پس از واکنش با آب

تولید سیمان

به‌طور کلی برای تولید سیمان از چهار روش شامل تر، نیمه‌تر، نیمه‌خشک و خشک استفاده می‌شود. از میان این روش‌ها، روش خشک آخرین فناوری تولید سیمان است که امروزه مرسوم بوده و در بسیاری از واحدهای تولیدی در کشور ما به کار می‌رود. در روش تر مواد اولیه تبدیل به دوغاب می‌شود و در روش‌های نیمه‌تر و نیمه‌خشک این دوغاب پیش از ورود به کوره به کیک (تکه‌های گل یا آماج) تبدیل می‌شود.

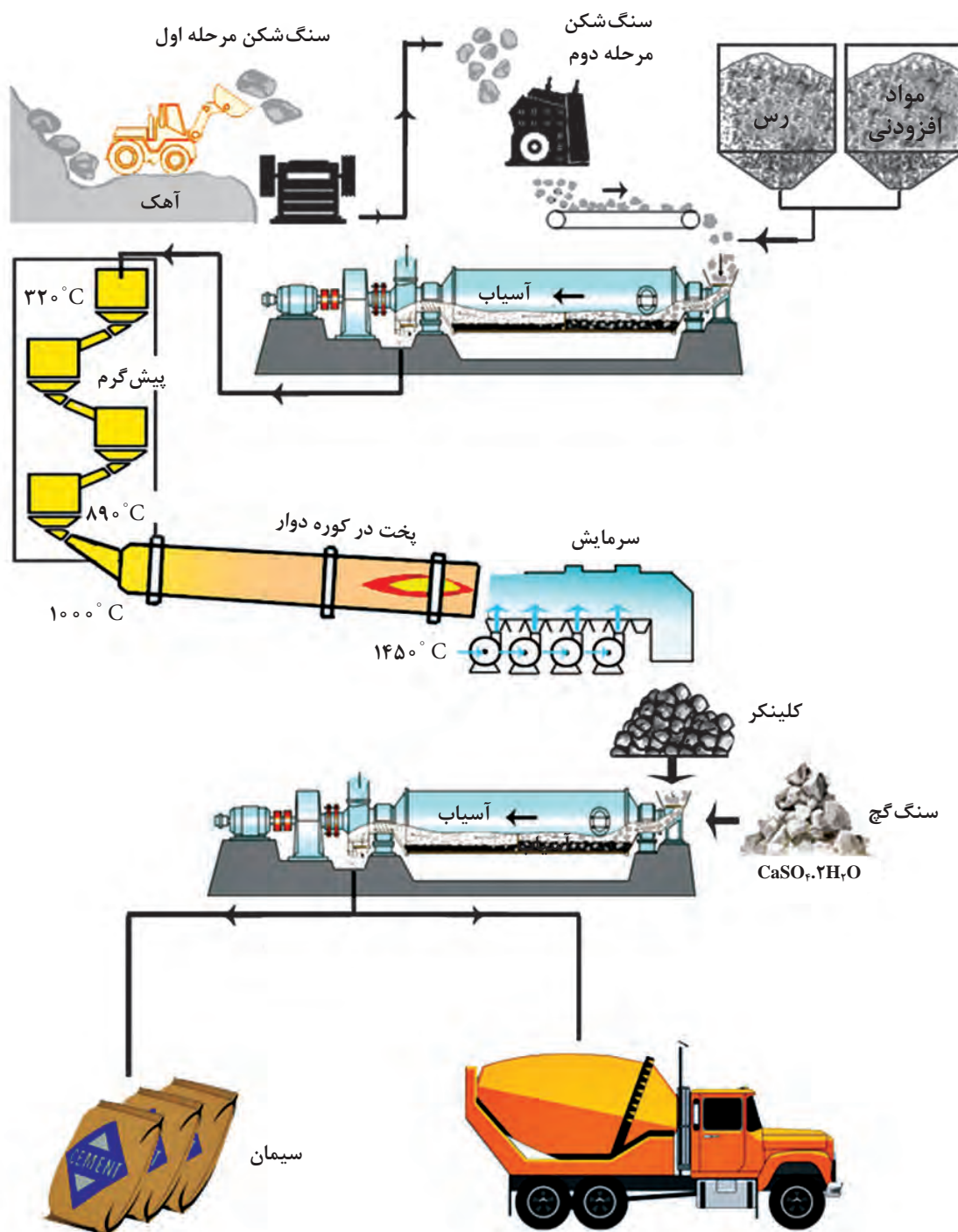
روش تر : مواد اولیه به‌صورت دوغاب وارد کوره می‌شود.

روش نیمه‌تر : از دوغاب آگیری شده مواد اولیه (کیک با رطوبت بالا) استفاده می‌شود.

روش نیمه‌خشک: از دوغاب آگیری شده مواد اولیه (کیک با رطوبت کم) استفاده می‌شود.

روش خشک: مواد اولیه به‌صورت خشک استفاده می‌شود.

مراحل تولید سیمان به صورت ساده در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۲- مراحل تولید سیمان پرتلند



شکل ۱۳ - سالن تنظیم و مخلوط کردن مواد

در تولید سیمان به روش خشک، ابتدا سنگ آهک خرد می‌شود. پس از خردایش سنگ آهک، با رس و مواد افزودنی (مانند سیلیس، آهن اکسید) در یک سالن با یکدیگر مخلوط می‌شوند یا در دو سالن جداگانه ریخته می‌شوند و قبل از ورود به آسیاب با یکدیگر مخلوط می‌شوند.

برای ریختن مواد در سالن تنظیم مواد از ریزنده^۱ و برای برداشت آنها از بردارنده^۲ استفاده می‌شود.

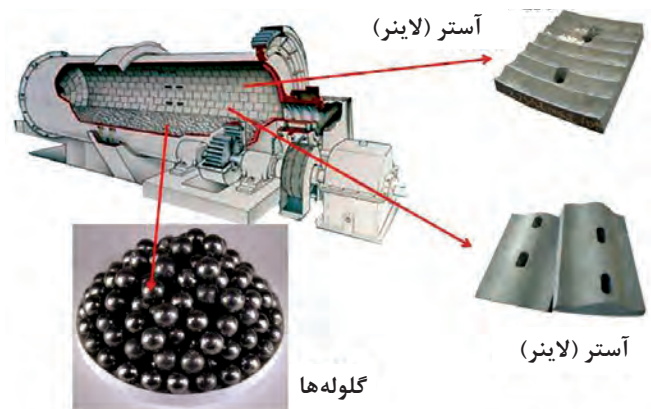


ب) بردارنده مواد



الف) ریزنده مواد

شکل ۱۴



سپس مواد آسیاب می‌شوند تا ضمن پودر شدن، به صورت یکنواخت با یکدیگر مخلوط شوند. در آسیاب، مواد اولیه خرد شده به نسبت‌های لازم وارد آسیاب می‌شوند.

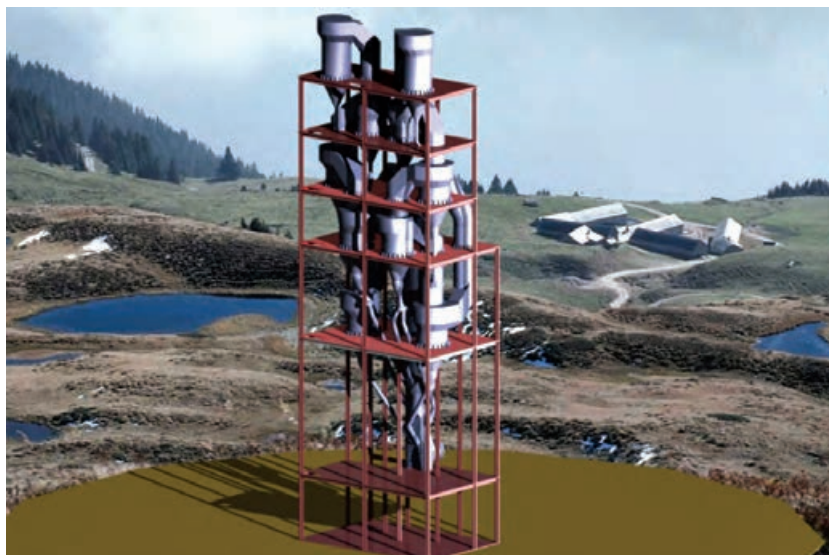
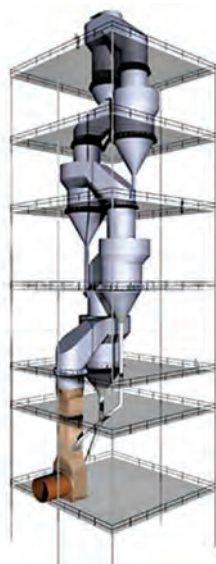
شکل ۱۵ - آسیاب گلوله‌ای



ترکیب مواد اولیه که همان خوراک کوره نام دارد، غبارگیری می‌شود و وارد سیلوهای ذخیره‌سازی می‌شوند. پس از نمونه‌گیری و اطمینان از تنظیم بودن ترکیب مواد خام، مواد به سیلوهای ذخیره خوراک فرستاده می‌شوند. در این قسمت مواد آماده پیش‌گرم و مصرف در کوره هستند.

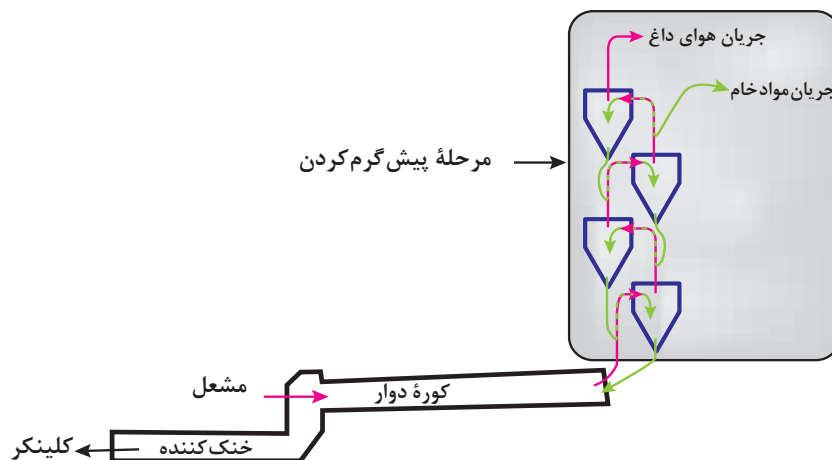
شکل ۱۶- سیلوهای ذخیره مواد آسیاب شده

مواد خام آسیاب شده، وارد مرحله پیش‌گرم می‌شوند تا قسمتی از فرایند پخت انجام شود. مرحله پیش‌گرم شامل تعدادی سیکلون است که مواد پودری در خلاف جریان هوای داغ جاری می‌شوند. پیش‌گرم برای گرم کردن مواد اولیه و کلسینه کردن بخش عمده آن است که قبل از ورود مواد به کوره انجام می‌شود. این فرایند در سیکلون‌هایی که جهت جریان مواد برخلاف جهت جریان هوای داغ است، انجام می‌گیرد. دمای مواد اولیه در مرحله پیش‌گرم تا محدوده تقریبی ۸۰۰ تا ۹۰۰ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد و سپس مواد اولیه کلسینه شده وارد مرحله پخت در کوره می‌شوند.



شکل ۱۷- سیکلون‌های پیش‌گرم

پودمان ۳: طبقه‌بندی عملکردی مواد خودگیر



شکل ۱۸- مسیر جریان هوای داغ و مواد در سیکلون‌های پیش گرم سیمان

عموماً جریان هوای گرم در سیکلون‌های پیش گرم از حرارت کوره تأمین می‌شود.

نکته

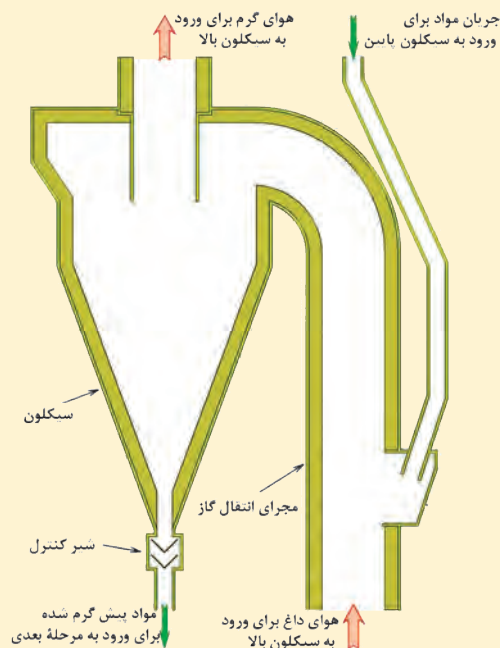


بیشتر بدانید



سیکلون

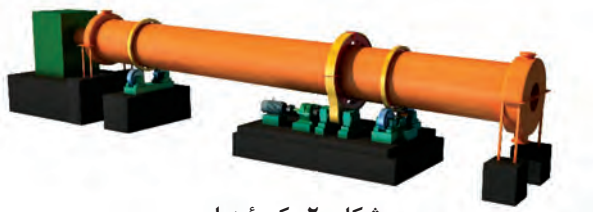
سیکلون ظرفی مخروطی شکل است که جریان گاز به صورت مماس از آن عبور داده می‌شود و باعث ایجاد گرداب در ظرف می‌شود. گاز از طریق خروجی محوری از محفظه خارج می‌شود. ذرات جامد سیمان به سمت لبه خروجی ظرف تحت نیروی گریز از مرکز حرکت می‌کنند و از طریق دریچه‌ای در رأس مخروط از سیکلون خارج می‌شوند. تعداد سیکلون‌ها از ۱ تا ۶ عدد متغیر است.



شکل ۱۹- سیکلون

مواد اولیه پس از طی کردن مرحله پیش گرم وارد کوره می‌شوند. واحدهای پیش گرم و کوره به عنوان قلب کارخانه نقش اصلی را در تولید سیمان ایفا می‌کنند.

کوره دوار استوانه‌ای است که قطر آن ۳ تا ۶ متر است و طولی بیش از ۹۰ متر دارد. این استوانه به صورت شیب‌دار (حدود ۴ درجه) قرار داده می‌شود. دوران کوره به جریان آرام مواد از دهانه ورودی کوره و در راستای شیب آن به سمت خروجی کوره کمک می‌کند. مشعل که در انتهای کوره قرار دارد، دمای مواد را تا محدوده ۱۴۵۰ درجه سلسیوس افزایش می‌دهد تا فرایند ذوب و تشکیل فازهای فعال سیمان انجام پذیرد. سپس محصول خروجی از کوره دوار وارد خنک‌کننده می‌شود. شکل‌های ۲۰ تا ۲۲ کوره دوار و نمای داخلی آن را نشان می‌دهند.



شکل ۲۰- کوره دوار

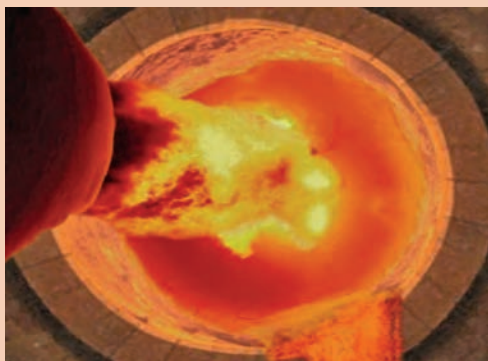


شکل ۲۲- مشعل کوره دوار



شکل ۲۱- کوره دوار با پیش گرم سیکلونی

سرتاسر جداره داخلی کوره دوار توسط لایه‌ای از آجرهای نسوز (دیرگداز) پوشانده شده است. در شکل ۲۳ نمای داخلی کوره دوار شامل شعله، آجرهای نسوز و تخلیه مذاب سیمان نشان داده شده است.



شکل ۲۳- نمای داخلی کوره دوار

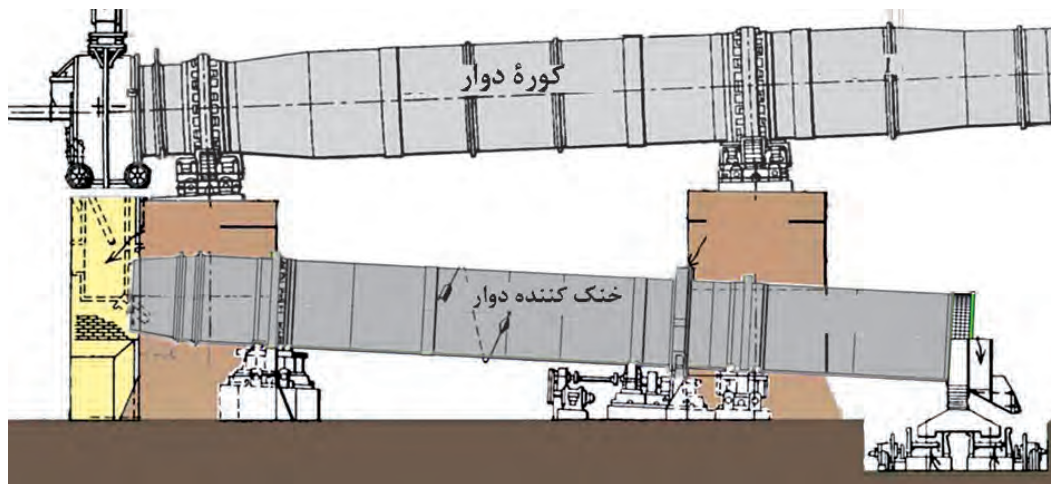
نکته



برای حفظ ترکیب و نوع فازهای سیمان، پس از خروج سیمان از کوره باید خنک کردن کلینکر سریع انجام شود. انواع رایج خنک‌کن‌های مورد استفاده در سیمان شامل موارد زیر است:

خنک‌کن دوار

این خنک‌کن‌ها به شکل استوانه هستند و با سرعت مشخصی می‌چرخند که مواد پس از خروج از کوره در آن خنک می‌شوند.



شکل ۲۴- کوره دوار همراه با خنک‌کننده دوار

خنک‌کن سیاره‌ای (گوشواره‌ای)

در خنک‌کن سیاره‌ای در انتهای کوره، تعدادی لوله خنک‌کننده در اطراف محیط دایره‌ای کوره قرار داده شده‌اند که به دور کوره می‌چرخند.

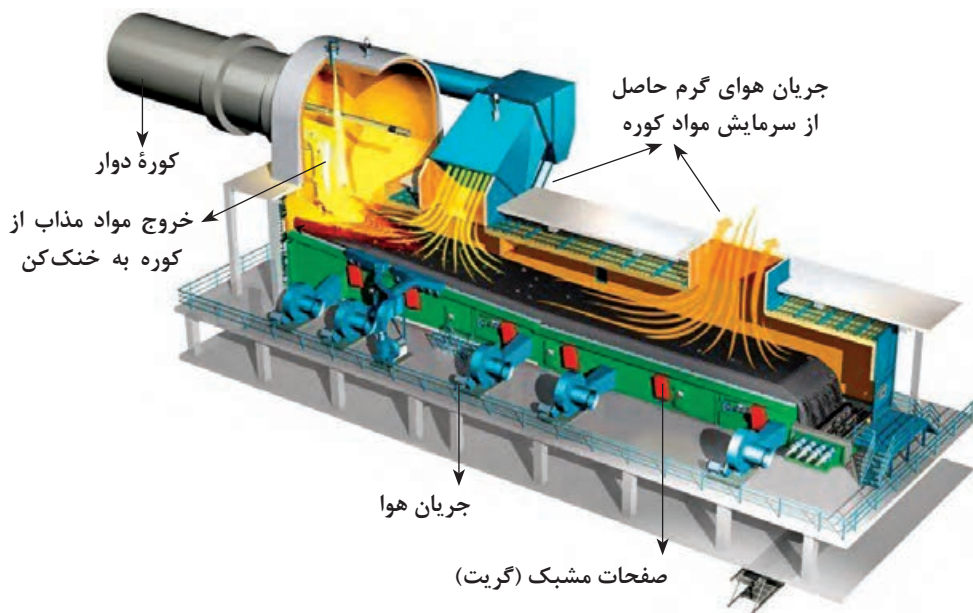


شکل ۲۵- کوره دوار همراه با خنک‌کن در انتهای آن

خنک کن شبکه‌ای (گریتی)

خنک کن‌های شبکه‌ای (گریتی) از رایج‌ترین و جدیدترین خنک کن‌ها هستند که در آنها جریان هوا از طریق صفحات مشبک مواد را خنک می‌کنند. در خنک کن‌های سیاره‌ای و دوار، هوا و مواد در جهت معکوس هم حرکت می‌کنند، ولی در خنک کن‌های شبکه‌ای جریان حرکت هوای خنک کن به صورت متقاطع و در جهت حرکت مواد است.

در این خنک‌ها هوای گرم حاصل از سرمایش مواد خروجی از کوره دوار، برای پیش گرم در سیکلون استفاده می‌شود.



شکل ۲۶- کوره دوار با خنک کننده شبکه‌ای (گریتی)

محصول خروجی از کوره پس از سرد شدن، کلینکر نام دارد. کلینکرها، دانه‌های خاکستری یا قهوه‌ای رنگ با قطر ۱ تا ۲۵ میلی‌متر هستند.



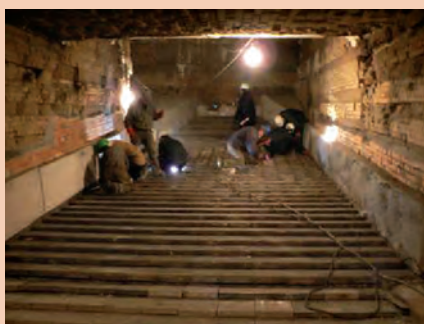
شکل ۲۷- کلینکر

- کلینکر خارج شده از واحد خنک‌کننده وارد سیلوی کلینکر می‌شود.
- کلینکر خروجی سپس با مقدار مشخصی سنگ گچ به آسیاب وارد می‌شود تا به پودر یا همان سیمان آماده مصرف تبدیل شود.
- سیمان آماده‌شده به داخل سیلوهای سیمان هدایت می‌شود و از آنجا به واحد بارگیری منتقل می‌شود.
- در واحد بارگیری، سیمان به دو صورت فله‌ای و پاکتی ارائه می‌شود. برای بارگیری به صورت بسته‌ای، سیمان در پاکت‌هایی بسته‌بندی می‌شود و برای بارگیری به صورت فله‌ای به داخل بونکرهای سیمان هدایت می‌شود.

بونکرها مخازن ثابت یا متحرک برای ذخیره سیمان هستند.



بونکر حمل سیمان



خنک‌کن گریته کلینکر



بارگیری فله



بارگیری کیسه

شکل ۲۸

نکته



کنجکاوی



در مرحله آسیاب، دلیل افزودن گچ به سیمان چیست؟



در مرحله آسیاب معمولاً از بال میل پیوسته استفاده می‌شود که استفاده از آسیاب‌های غلتکی نیز امروزه در حال افزایش است.



(ب) داخل آسیاب غلتکی



(الف) آسیاب غلتکی

شکل ۲۹

مطابق جدول ۴، برای تأمین هر یک از اکسیدهای مورد نیاز در ترکیب شیمیایی سیمان کدام مواد را پیشنهاد می‌دهید؟

جدول ۴

LOI	MgO	Fe _۲ O _۳	Al _۲ O _۳	SiO _۲	CaO	ماده اولیه
۴۰-۵۰	-	-	-	-	۶۰-۵۰	سنگ آهک
<۱۰	-	۸-۱۲	۱۵-۲۰	۵۵-۶۵	-	خاک رس
-	-	۹۰	<۲	<۱۰	-	سنگ آهن
-	-	۵-۱۰	۱۵-۲۰	۵۰-۵۵	-	شیل*
-	۲۰-۱۵	-	۵-۱۰	۳۰-۳۵	۳۰-۳۵	سرباره

اکسید مورد نیاز	مواد اولیه پیشنهادی
CaO	
Al _۲ O _۳	
SiO _۲	
Fe _۲ O _۳	





شکل ۳۰- شیل

* شیل از سنگ‌های رسوبی است که عمده‌ترین کانی آن کائولینیت و میکا است و شامل رسوبات معدنی حاوی رس، کوارتز و کلسیت است.

مشخصات فیزیکی سیمان پرتلند مطابق استاندارد ملی ایران به صورت جدول زیر است:

جدول ۵

آزمون	بلین (cm^2/g)	زمان گیرش (دقیقه)	انبساط اتوکلاو (%)	استحکام فشاری (kg/cm^2)		
شرح	-	اولیه	نهایی	-	۳ روز	۲۸ روز
مقدار	حداقل ۲۸۰۰	حداکثر ۴۵	حداقل ۳۶۰	حداکثر ۰/۸	حداقل ۸۵	حداقل ۱۵۰
					حداقل ۲۷۰	

گیرش سیمان پرتلند فرایندی گرمازا و زمان‌بر بوده که با انبساط نیز همراه است.

هر چه انبساط سیمان بیشتر باشد، امکان ترک خوردن آن در صورت ساخت سازه‌های حجیم بیشتر می‌شود. همچنین به دلیل زمان‌بر بودن این فرایند آزمون استحکام‌سنجی طبق استاندارد «۳۹۳» طی فاصله زمانی ۱، ۲، ۳، ۷ و ۲۸ روز انجام می‌شود که نمونه‌ها طی زمان‌های بالا باید در مجاورت آب قرار داده شوند.

در مورد آزمون بلین تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

نکته



تحقیق کنید



استفاده از مواد خودگیر در ساخت سنگرها و تجهیز سازه‌های مورد نیاز دفاع مقدس

در دوران دفاع مقدس جهادگران این سنگرسازان بی‌سنگر با استفاده از قطعات (رینگ) بتنی دارای مواد خودگیر به شکل مربع، مستطیل یا هلالی با عرض تا یک متر و با کنار هم قرار دادن آنها تونل‌هایی عریض ایجاد می‌کردند که بعد از آب‌بندی روی آنها را می‌پوشاندند از این نوع سازه برای ایجاد مقرهای فرماندهی، بیمارستان‌های صحرایی و سنگرهای اجتماعی استفاده می‌شد. امروزه از این نوع سازه‌ها در ساخت پل‌ها، اتاقک‌های انشعابات اصلی مخابرات زیر خیابان‌ها و در تونل قنات‌ها استفاده می‌شود.



گچ
با دقت در بناهای شهر و منزلی که در آن زندگی می‌کنید، حتماً کاربردی از گچ را خواهید دید.

شکل ۳۱

گچ، پودری سفیدرنگ است که در مجاورت آب با آن واکنش می‌دهد و عامل اتصال بین اجزای خود یا مواد دیگر می‌شود. این پودر از آسیاب کردن و حرارت دادن سنگ گچ^۱ یا کانی ژئپس به دست می‌آید. وجود مواد ناخالصی مانند کربن، آهن اکسید و مواد دیگر باعث تغییر رنگ آن می‌شود.



ب) پودر گچ



الف) سنگ گچ

شکل ۳۲

انواع سنگ گچ

کانی ژئپس همان کلسیم سولفات همراه با دو مولکول آب است که فرمول شیمیایی آن به صورت $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ است. کانی ژئپس را در سنگ‌های زیر می‌توان یافت:



سنگ گچ مرمری: نرم است و تراشیدن آن راحت است که کاربرد تزئینی دارد.



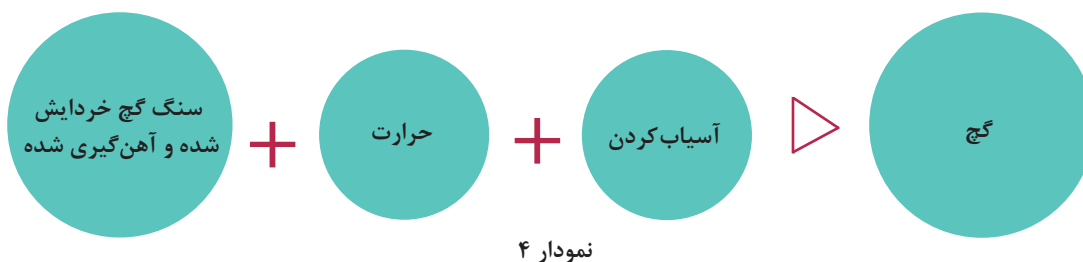
سنگ گچ غیربلورین: غیربلوری است و مصرف گچ‌پزی دارد.



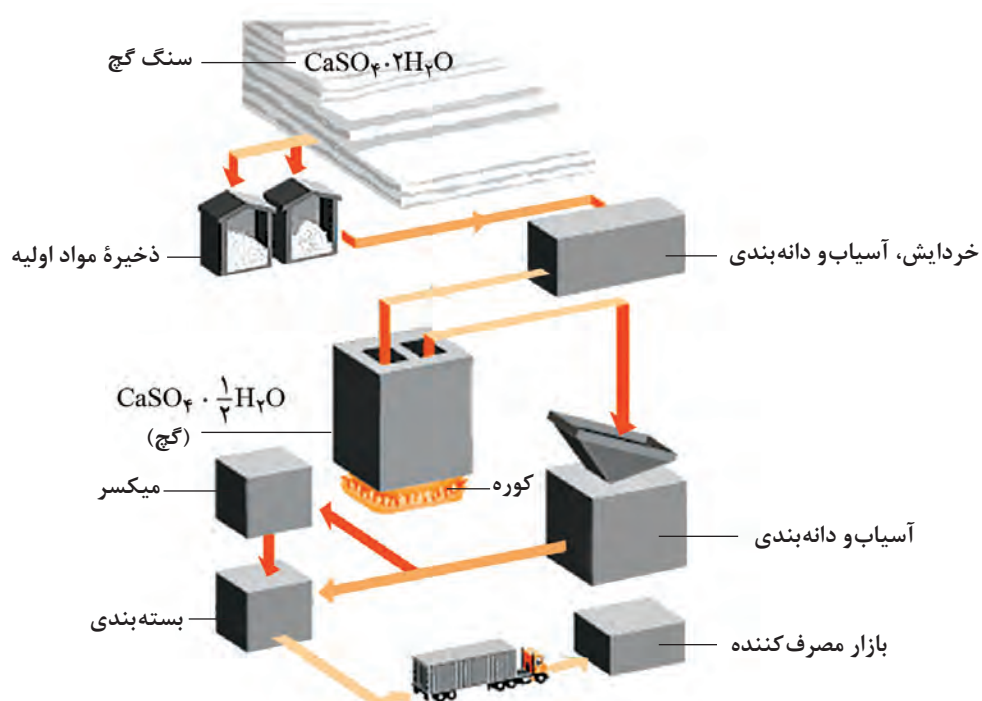
سنگ گچ بلورین: به صورت لایه‌لایه است.

شکل ۳۳

برای تهیه گچ از سنگ گچ، لازم است سنگ گچ علاوه بر آسیاب شدن، تا دمای معینی حرارت داده شود تا مقداری از آب آن خارج شود.



در شکل زیر مراحل تهیه گچ از سنگ گچ نشان داده شده است.



شکل ۳۴- مراحل تولید گچ از سنگ گچ

سنگ گچ از معدن با کامیون به کارخانه حمل می‌شود. در مرحله بعد سنگ گچ‌ها خرد می‌شوند. سنگ گچ‌های خرد شده توسط یک نقاله به سرندها هدایت می‌شود که در آنجا بر اساس اندازه جداسازی شده و به دو بخش کلوخته و نرم تقسیم می‌کنند و سپس به سمت کوره هدایت می‌شوند. گچ حاصل آسیاب شده و پس از دانه‌بندی سرندها می‌شود. پس از دانه‌بندی، محصول بسته‌بندی شده و پس از بارگیری، به بازار فرستاده می‌شود.



ترکیب شدن و واکنش گچ با آب را در نظر بگیرید و جاهای خالی را با کلمات گرماگیر و گرمازا پر کنید: فرایند ساخت کلسیم سولفات نیمه‌هیدرات که با خروج آب همراه است که است، ولی فرایند گیرش آن در ترکیب با آب است.



شکل ۳۵- فرایند گیرش و جذب آب در گچ

کانی ژئوپس با گرفتن گرما، آب خود را از دست می‌دهد و گچ به دست می‌آید. با افزودن آب به پودر گچ، دوباره گچ مولکول آب را می‌گیرد و به صورت بلورهای سنگ گچ متبلور می‌شود و مقداری گرما نیز آزاد می‌کند.

انواع گچ

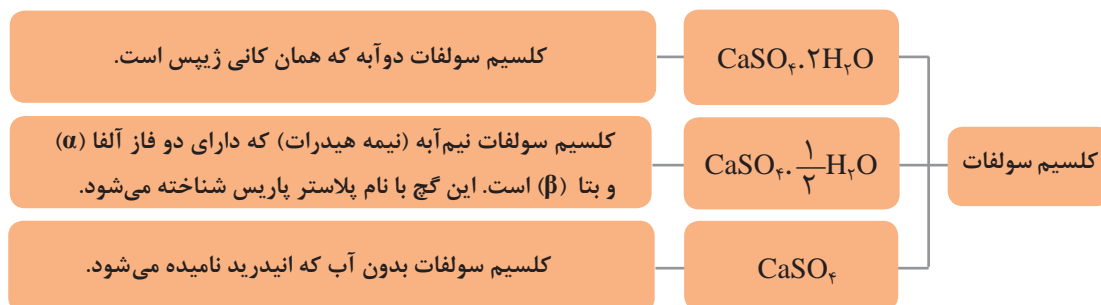


اگر به محیط اطراف خود نگاه کنید، کاربردهایی از گچ را مشاهده خواهید کرد. نمونه‌هایی از این کاربردها را بیان کنید. دلیل کاربرد گچ در مواردی که بیان کردید، چیست؟



شکل ۳۶

کلسیم سولفات به عنوان ترکیب اصلی گچ، بر اساس مقدار آب به انواع دوآبه، نیمه‌هیدرات و انیدرید تقسیم می‌شود:



نمودار ۵

نکته



دو فاز اصلی کلسیم سولفات نیمه‌هیدرات که تأثیر بسیاری بر خواص نهایی و کاربرد آن می‌گذارد، شامل فاز آلفا و بتا است. کریستال‌های این دو فاز شبیه یکدیگر هستند، ولی نوع آلفا دارای بلورهای منظم و نوع بتا دارای بلورهای نامنظم است. حرارت دادن سنگ گچ در شرایط اتوکلاو (فشار و بخار آب) باعث کاهش سرعت خروج آب می‌شود که این امر به نظم بیشتر کریستال‌ها منجر می‌شود.



در جدول زیر انواع گچ و دمای مورد نیاز برای تهیه و کاربرد آنها به صورت خلاصه بیان شده است:

جدول ۶ - دمای تهیه و کاربرد انواع گچ

انواع	دمای حرارت‌دهی (درجه سلسیوس)	کاربرد
گچ صنعتی یا مدل‌سازی (غنی از فاز آلفا)	۱۵۰-۱۰۷ درجه سلسیوس تحت شرایط اتوکلاو یا بخار آب	در کاربردهای پزشکی و صنعتی به کار می‌رود. کلسیم سولفات نیم‌آبه یا نیمه‌هیدرات است.
گچ ساختمانی (غنی از فاز بتا)	۱۶۰-۱۲۰ درجه سلسیوس در کوره معمولی	به عنوان مصالح ساختمانی به کار می‌رود. کلسیم سولفات نیم‌آبه یا نیمه‌هیدرات است.
گچ اندود	تا دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس	کندگیر است و برای سفیدکاری به کار می‌رود. ترکیب آن کلسیم سولفات نیم‌آبه یا نیمه‌هیدرات است.
انیدرید	بیشتر از ۲۰۰ درجه سلسیوس تا ۱۰۰۰ درجه سلسیوس	کلسیم سولفات بدون آب یا گچ سوخته و مرده است که در ساخت مرمر مصنوعی به کار می‌رود.

گچ در دو نوع صنعتی و ساختمانی عرضه می‌شود.

جدول ۷

انواع گچ	کاربرد	فاز کلسیم سولفات نیمه‌هیدرات	درصد حجمی تخلخل
صنعتی	پزشکی، مدل‌سازی و قالب‌سازی	غنی از فاز آلفا	۲۵-۳۰
ساختمانی	مصالح ساختمانی	غنی از فاز بتا	۵۰-۵۵

با توجه به نوع فاز موجود در این دو نوع گچ و درصد تخلخل موجود در آنها طبق جدول ۷، استحکام و جذب آب در کدام نوع گچ بیشتر است؟

فعالیت کلاسی



پرسش



در ساخت قالب مورد استفاده برای ساخت بدنه‌های سرامیکی به روش ریخته‌گری دوغابی، به دلیل حمل قالب‌ها و نیاز به استحکام بالا از گچ‌های غنی از فاز آلفا استفاده می‌شود، ولی مقداری گچ ساختمانی به آن اضافه می‌کنند. دلیل این کار چیست؟

نکته



فرایند حرارت‌دهی سنگ گچ اگر در اتوکلاو انجام پذیرد، گچ حاصل صنعتی است و از فاز آلفا غنی می‌شود. این فرایند پرهزینه است و قیمت نهایی محصول را تا ۱۰ برابر افزایش می‌دهد. درصد فاز آلفا نیز با توجه به فشار بخار و دمای اتوکلاو می‌تواند متغیر باشد.

تحقیق کنید



در مورد اتوکلاو و نحوه عملکرد آن تحقیق کنید و گزارش آن را در کلاس ارائه دهید.

بیشتر بدانید



در گرمای بیشتر از ۳۰۰ درجه سلسیوس گچ می‌سوزد و میل ترکیبی با آب را از دست می‌دهد. در این صورت برای ترکیب آن با آب، موادی مانند زاج سفید به آن اضافه می‌کنند. در حرارت دادن بیشتر گچ می‌سوزد و به کلسیم اکسید (CaO) و گوگرد دی‌اکسید (SO_2) تجزیه می‌شود. کلسیم اکسید (CaO) همان آهک زنده است که اگر در پودر گچ باقی بماند، در زمان سفیدکاری در حضور آب حجمش افزایش می‌یابد و باعث ایجاد ناصافی در سطح گچ‌کاری شده می‌شود که به آن آلوئک می‌گویند.

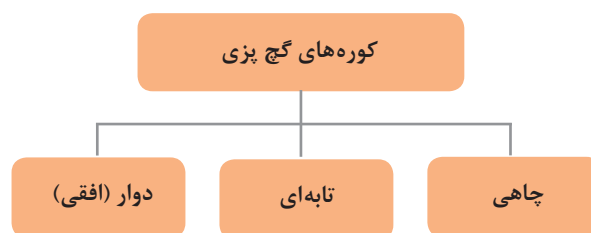
فکر کنید



به نظر شما دلیل استفاده نکردن از گچ صنعتی در ساختمان‌سازی چیست؟

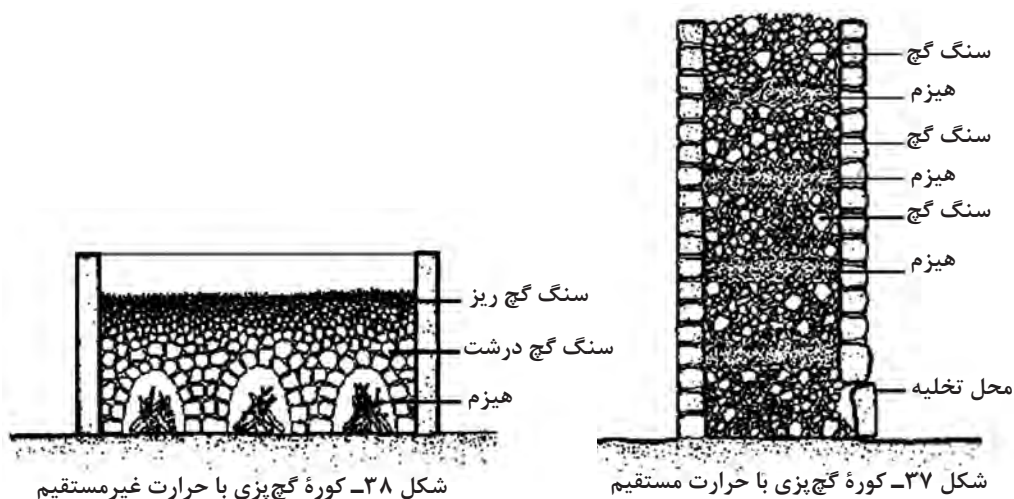
کوره‌های گچ‌پزی

همان‌طور که گفته شد برای تهیه گچ از سنگ گچ، ابتدا باید گچ حرارت داده شود تا آب آن گرفته شود که به آن گچ‌پزی گفته می‌شود. این عمل در کوره‌های گچ‌پزی انجام می‌شود که این کوره‌ها در انواع زیر وجود دارند:

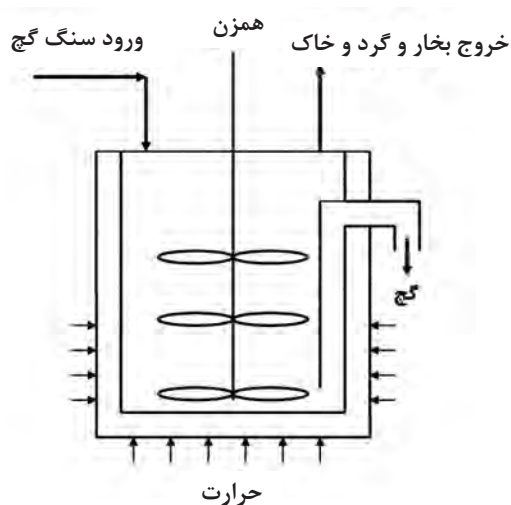


نمودار ۷

کوره‌های چاهی: گچ‌پزی در کوره‌های چاهی تاریخچه‌ای دیرینه دارد و بر دو مبنای حرارت مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌شود. در نوع حرارت مستقیم، سنگ گچ در کنار سوخت که همان هیزم و خاشاک خشک بیابانی است، چیده شده و حرارت داده می‌شود. در نوع غیرمستقیم سنگ گچ در اتاقک‌هایی روی زمین یا زیرزمین چیده می‌شوند و هیزم و سوخت در آتشدان‌های مخصوصی به منظور تأمین حرارت سوزانده می‌شوند. سنگ گچ حرارت دیده خرد شده و تا حد ممکن آسیاب می‌شود. در این کوره‌ها همواره حرارت غیریکنواخت است.



کوره‌های تابه‌ای: در کوره‌های تابه‌ای سنگ گچ آسیاب شده را در ظرفی بزرگ می‌ریزند و حرارت می‌دهند. پودر سنگ گچ به طور پیوسته هم زده می‌شود تا حرارت به صورت یکنواخت به تمام قسمت‌های آن برسد.



شکل ۳۹- کوره تابه‌ای

کوره‌های دوار: سنگ گچ کلوخه شده در داخل کوره چرخنده استوانه‌ای شکل ریخته می‌شود و حرارت داده می‌شود. امروزه از کوره‌های دوار با حرارت مستقیم شعله یا حرارت غیرمستقیم با لوله هوای داغ برای گچ‌پزی استفاده می‌شود. برای کلسینه کردن سنگ گچ در شرایط بخار آب تحت فشار نیز اتوکلاوهای متنوعی با قابلیت چینش سینی‌های پر از پودر سنگ گچ توسعه پیدا کرده است.



(ب) اتوکلاو

(الف) کوره دوار

شکل ۴۰

ویژگی‌های گچ

گچ دارای دو خاصیت اصلی شامل زودگیر بودن و افزایش حجم به هنگام سخت شدن است. خواص دیگر گچ در نمودار ۸ خلاصه شده است.

زودگیر بودن	– ملات گچ از ملات‌های بسیار زودگیر است و در مدت زمان حدود ۱۰ دقیقه سفت می‌شود.
انبساط حجمی	– گچ تنها ملاتی است که موقع سخت شدن حدود یک درصد به حجمش اضافه می‌شود.
مقاومت در برابر آتش	– گچ سخت شده می‌تواند تا حدود ۳ ساعت از گسترش آتش جلوگیری کند.
عایق صوتی و حرارتی	– به دلیل ساختار متخلخل، گچ دارای ویژگی عایق حرارتی و صوتی است.
قابلیت رنگ شدن	– گچ را می‌توان با انواع رنگ‌ها، رنگی کرد.
پلاستیسیته (شکل پذیری)	– به دلیل ویژگی شکل پذیری گچ می‌توان نقوش مختلف را بر روی آن ایجاد کرد.
مقاومت مکانیکی کم	– گچ دارای مقاومت مکانیکی کمی است و مقاومت مکانیکی آن به کیفیت گچ بستگی دارد.

نمودار ۸ – خواص گچ

درباره علت استفاده از گچ برای پوشاندن و اندود کردن دیوارهای ساختمان با هم کلاسی‌های خود گفت‌وگو کنید.

گفت‌وگو کنید



کنجکاوی



با توجه به آنچه تاکنون در مورد گچ آموختید، دلیل مقاومت گچ سخت شده در برابر آتش چیست؟

ملات گچ

ملات به دو صورت ملات گچ یا ملات گچ و خاک تهیه می‌شود.



ملات گچ: از پاشیدن گچ در آب به دست می‌آید.



ملات گچ و خاک: از مخلوط کردن پودر گچ و خاک رس در آب، ملات گچ و خاک به دست می‌آید.

برای ساختن ملات گچ یا ملات گچ و خاک باید پودر گچ و یا مخلوطی از گچ و خاک را به داخل آب بریزیم. برای این کار، ابتدا مقدار کمی آب در ظرف مخصوص گچ‌سازی ریخته می‌شود. سپس پودر گچ یا مخلوط گچ و خاک را که پیش از این به نسبت معین مخلوط شده است درون آن پاشیده می‌شود تا همه پودر یا مخلوط در مجاورت آب قرار بگیرد و تر شود.

فکر کنید



آیا مقدار آب مورد استفاده برای تهیه ملات اهمیت دارد یا از هر مقدار آب می‌توان استفاده کرد؟

نسبت آب و گچ را می‌توان به دو روش تئوری و عملی تعیین کرد:

روش تئوری برای تعیین نسبت آب و گچ

مقدار آبی که یک کیلوگرم پودر گچ احتیاج دارد تا ملات ساخته شود از لحاظ تئوری در حدود $0/2 - 0/18$ لیتر، (تقریباً ۱۸ تا ۲۰ درصد وزن گچ خشک) است ولی در عمل برای آنکه شکل‌پذیری بهتری در ملات گچ ایجاد شود و کارگران فرصت کافی برای کار کردن با آن را داشته باشند باید به ملات گچ در حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد از وزنش آب اضافه کرد. مقدار آب اضافی در طول عمل گیرش و پس از خشک شدن گچ تبخیر می‌شود و جای قسمتی از آب تبخیر شده در اثر ازدیاد حجمی که گچ در موقع سخت شدن پیدا می‌کند پر می‌شود. با توجه به اینکه ملات گچ پس از سخت شدن خشک می‌شود و پس از سخت شدن دیگر افزایش حجم در آن به وجود نمی‌آید بنابراین همیشه جای قسمتی از آب‌های تبخیر شده به صورت تخلخل در آن باقی می‌ماند.

روش عملی برای تعیین نسبت آب و گچ

در این روش بدون وزن کردن گچ و آب می‌توان به‌طور چشمی این نسبت را مشخص کرد. برای این کار، در

ظرف حاوی مقدار مشخصی آب، به صورت یکنواخت آن قدر گچ پاشیده می‌شود تا مقداری از گچ از سطح آب بالاتر بیاید و جزایری در سطح آب تشکیل شود، در این حالت نسبت آب و گچ به مقدار مناسب رسیده است. این مراحل در شکل ۴۱ نشان داده شده است.



۱- ریختن مقدار مشخصی آب در ظرف ۲- پاشیدن گچ داخل آب ۳- تشکیل جزایری از گچ در سطح آب

شکل ۴۱- تعیین عملی نسبت آب و گچ

گفت‌وگو
کنید



مزیت استفاده از خاک رس در تهیه ملات گچ و خاک چیست؟

عوامل مؤثر در زمان گیرش ملات گچ

در تهیه ژله آیا به محض مخلوط کردن پودر ژله با آب، مخلوط سفت می‌شود یا مدت زمانی برای سفت و صلب شدن آن طول می‌کشد؟
در مخلوط شدن گچ با آب نیز با گذشت مدت زمان مشخص، که به آن زمان گیرش گچ^۱ گفته می‌شود، مخلوط گچ و آب سخت و یکپارچه می‌شود و در اصطلاح خود را می‌بندد.
گچ ساختمانی باید در مدت زمان کمی شروع به گرفتن و سخت شدن کند و مدت سخت شدن آن نیز باید خیلی زود پایان یابد. زمان و سرعت گیرش گچ به عوامل مختلفی بستگی دارد. نوع و مقدار ناخالصی‌ها در داخل گچ، دمای محیط، سرعت هم‌زدن مخلوط گچ و آب، شرایط تهیه گچ مانند زمان و دمای پخت گچ و مقدار رطوبت محیط کوره در زمان و سرعت گیرش آن مؤثرند.

گفت‌وگو
کنید



در مورد تأثیر عوامل مؤثر بر زمان گیرش و سخت شدن گچ با هم کلاسی‌های خود گفت‌وگو کنید.

انبار کردن گچ

گچ ممکن است به صورت فله یا بسته‌بندی شده و پاکتی خریداری شود. گچ فله باید سریع مصرف شود ولی گچ پاکتی در صورت انبار کردن صحیح تا مدت یکسال قابل استفاده است. طبق استاندارد، گچ در پاکت‌های با جنس مشخص که حداقل دارای ۳ لایه هستند ریخته می‌شود.

۱- Setting time



ب) گچ فله



الف) گچ بسته‌بندی شده

شکل ۴۲

برای انبار کردن گچ‌های بسته‌بندی شده باید پاکت‌ها از زمین و دیوار فاصله داده شوند. معمولاً از پالت (تخته‌های چوبی) به منظور قرار دادن پاکت‌های گچ روی هم استفاده می‌شود. همچنین پاکت‌ها را در فاصله حداقل ۲۰ سانتی‌متری از دیوار قرار می‌دهند.

دلیل اهمیت نحوه انبار کردن گچ چیست؟ چه نکات دیگری لازم است در انبارش گچ مد نظر قرار گیرد؟

پرسش



آهک

آهک (CaO) به صورت طبیعی یافت نمی‌شود ولی در طبیعت سنگ آهک^۱ (کلسیم کربنات) وجود دارد. آهک از کلسینه کردن سنگ آهک به دست می‌آید.



ب) آهک



الف) سنگ آهک

شکل ۴۳

سنگ آهک یا کلسیم کربنات معمولاً به صورت خالص وجود ندارد و در کنار خود حاوی منیزیم کربنات به عنوان بیشترین ناخالصی است.

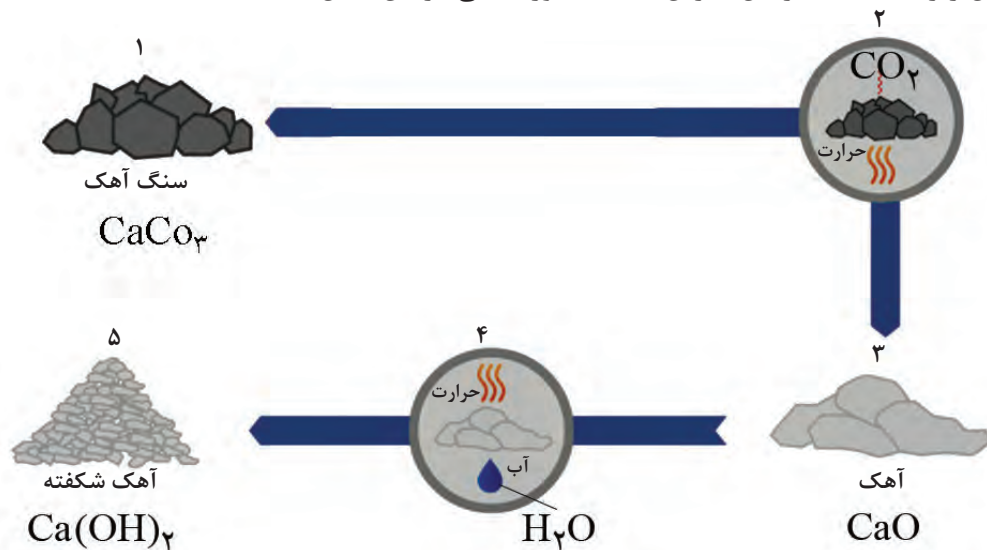
نکته



آهک به صورت‌های مختلفی وجود دارد.

انواع آهک		
آهک دولومیتی یا منیزیمی MgO (آهک دولومیتی حاوی MgO است)	آهک هیدرولیک یا خاکستری	آهک کلسیمی یا سفید (آهک کلسیمی دارای درصد بالای آهک است)

گیرش آهک: آهک (CaO) میل ترکیبی زیادی با آب دارد و در تماس با آب به توده خمیری شکل با فرمول $Ca(OH)_2$ تبدیل می‌شود که به این عمل شکفته شدن آهک گفته می‌شود.
آیا آهک شکفته شده به تنهایی سخت می‌شود؟ چه عاملی باعث سفت شدن آهک شکفته می‌شود؟
به شکل زیر نگاه کنید. مراحل گیرش آهک به صورت کلی در این شکل آمده است.

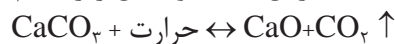


شکل ۴۴- مراحل گیرش آهک

آیا پس از گیرش آهک و سفت شدن آن ترکیب حاصل سفتی و فشردگی سنگ آهک اولیه را دارد؟

تولید آهک: برای تولید آهک باید گاز کربن‌دی‌اکسید از سنگ آهک خارج شود که این عمل به آهک‌پزی معروف است.

حرارت‌دهی سنگ آهک در کوره (کلسینه کردن) تحت واکنش زیر انجام می‌شود:



گرمای مورد نیاز برای آهک‌پزی به نوع سنگ آهک و درجه خلوص آن بستگی دارد.

چه رابطه‌ای بین درجه خلوص سنگ آهک و دمای پخت آن وجود دارد؟

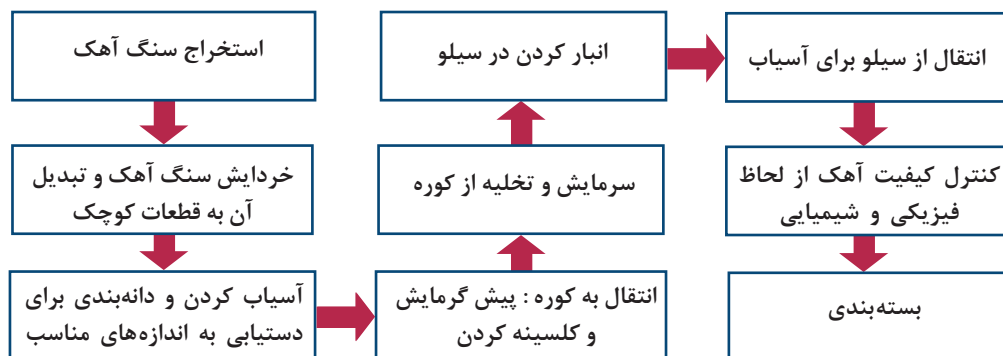
تحقیق کنید



فکر کنید



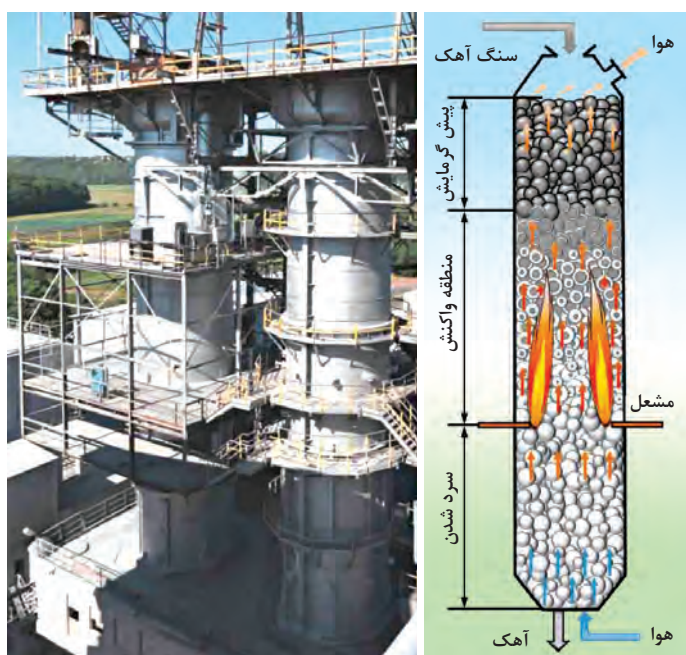
نمودار زیر مراحل تولید آهک را به صورت خلاصه نشان می‌دهد:



نمودار ۹

انواع کوره‌های آهک پزی

برای کلسینه کردن آهک از کوره‌های آهک‌پزی استفاده می‌شود که امروزه متداول‌ترین آنها کوره ایستاده و کوره گردنده است. در گذشته استفاده از کوره سنتی (چاهی و تنوری) رایج بود.
کوره ایستاده: کار کوره‌های ایستاده (قائم) به صورت پیوسته است و به دلیل قابلیت کنترل حرارت، آهک به دست آمده همگن است. سوخت این کوره می‌تواند کک، زغال سنگ یا سوخت‌های مایع و گازی باشد.



شکل ۴۵

کوره گردنده: کوره‌های گردنده یا دوار رایج‌ترین نوع کوره آهک‌پزی هستند و کار آنها مشابه کوره‌های تهیه سیمان است. سنگ آهک مورد استفاده در این نوع کوره نسبت به نوع ایستاده باید ریزتر باشد.



شکل ۴۶

کوره سنتی

در کوره‌های سنتی، محل منبع حرارت و سنگ آهک ثابت است، بنابراین درجه حرارت در تمام قسمت‌های کوره یکسان نیست و آهک تولیدی در این نوع کوره نامرغوب و ناهمگن است. کار این نوع کوره‌ها به صورت ناپیوسته است.

کوره هافمن

در کوره‌های هافمن، بر خلاف کوره‌های سنتی، منبع حرارتی متحرک است و آهک پخته شده در این نوع کوره در مقایسه با آهک کوره سنتی، مرغوب‌تر است.

کاربرد آهک

آهک در صنایع مختلف مانند کارهای ساختمانی، تولید برخی از مواد شیمیایی، صنایع آهن و فولادسازی و شیشه‌سازی قابل استفاده است.

نگهداری و انبار کردن آهک

آهک باید در انبارهای بسته حاوی سیستم تهویه نگهداری شود تا واکنش آن با رطوبت و کربن‌دی‌اکسید محیط به حداقل برسد و از گسترش گرد و غبار جلوگیری شود.
- در هنگام حمل و نقل آهک باید از بسته‌بندی مناسب استفاده شود.
- از تماس آهک خام با مواد قابل اشتعال به ویژه در محیط با قابلیت نفوذ آب باید جلوگیری شود.

پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
طبقه‌بندی عملکرد مواد خودگیر	۱- تحلیل عملکرد نقش و کاربرد مواد خودگیر ۲- تحلیل و بررسی فرایند تولید مواد خودگیر	تحلیل نقش و بررسی فرایند تولید مواد خودگیر بر اساس استاندارد ملی ایران	بالاتر از حد انتظار	تحلیل و بررسی نقش مواد خودگیر در صنعت سرامیک	۳
			در حد انتظار	تعیین نوع ماده خودگیر مصرفی براساس شرایط و کاربرد، تعیین نسبت ماده خودگیر و آب در تهیه ملات، تعیین عوامل مؤثر بر ذخیره‌سازی بهینه مواد خودگیر	۲
			پایین تر از حد انتظار	دسته‌بندی مواد اولیه تشکیل دهنده مواد خودگیر	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره واحد یادگیری از ۳					
نمره واحد یادگیری از ۲۰					



پودمان ۴

کاربرد دیرگدازها و جرم نسوز



بسیاری از محصولات صنعتی برای تکمیل فرایند تولید به کوره نیاز دارند. دستیابی به دمای بالا در کوره‌ها بدون استفاده از دیرگدازها امکان‌پذیر نیست. دیرگدازهای متنوعی براساس ویژگی و کاربرد توسعه یافته‌اند. در ساخت انواع کوره‌های صنعتی، انتخاب صحیح دیرگدازها نقش مهمی در کارایی کوره ایفا می‌کند.

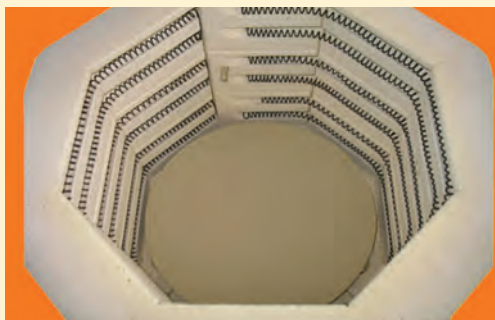
آیا می‌توان از آجر معمولی برای ساخت شومینه استفاده کرد؟



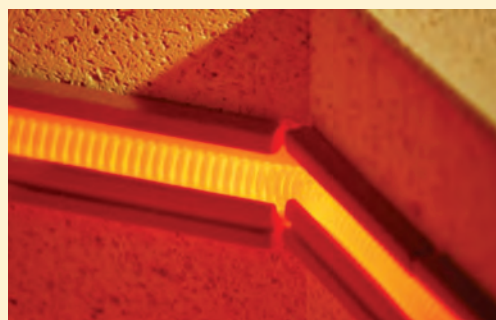
شکل ۱

در کوره کارگاهی را در حالت خاموش و سرد باز کنید و به داخل آن نگاه کنید. به نظر شما آجرها و مواد به کاررفته در دیواره داخلی آن چه ویژگی‌هایی باید داشته باشد؟

فکر کنید



شکل ۳ - کوره الکتریکی

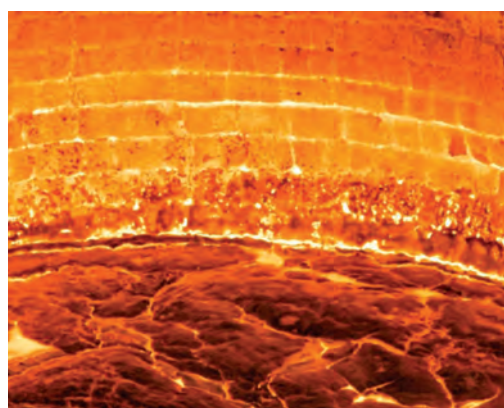


شکل ۲ - المنت کوره الکتریکی

دیرگدازها مواد سرامیکی هستند که قابلیت تحمل دمای بیش از ۱۰۰۰ درجه سلسیوس را دارند، بدون آنکه در خواص فیزیکی و شیمیایی آنها تغییری اتفاق بیفتد. دیرگدازی یک ماده، معیاری برای بیان محدوده دمای قابل استفاده از آن است.



شکل ۵ - پاتیل خالی حمل مذاب فولاد



شکل ۴ - آجرهای دیرگداز پاتیل در تماس با مذاب فولاد

وظایف دیرگذاها

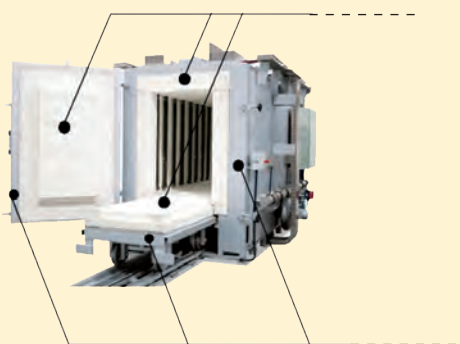
محفظه داخل کوره‌ها حاوی گازهای خورنده با دمای بسیار بالا است. در برخی از موارد نیز به ساخت و حمل مواد گداخته با دمای بالا نیاز است. برای مثال کوره ذوب فولاد یا پاتیل‌های حمل مذاب فولاد دمایی بیش از ۱۴۰۰ درجه سلسیوس دارند. وظیفه دیرگذاها علاوه بر کاهش انتقال حرارت و جلوگیری از اتلاف انرژی، محافظت از جداره بیرونی کوره در برابر خوردگی و دمای بالای داخل آن است.



شکل ۶- وظایف اصلی دیرگذاها

دیرگذاها و جداره بیرونی را در کوره‌های زیر مشخص کنید.

فعالیت کلاسی

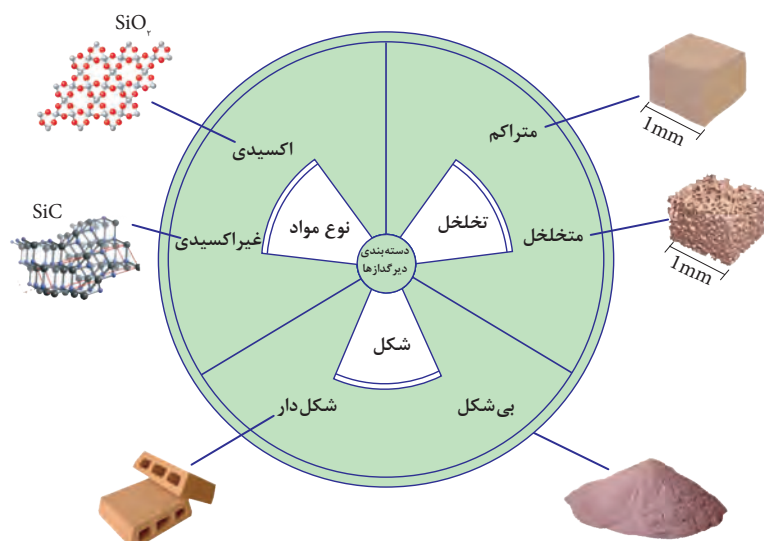


شکل ۸



شکل ۷

با توجه به اینکه دیرگدازها در صنایع تولیدی مختلف شامل سرامیک، شیشه، ذوب فلزات و تولید انواع مواد شیمیایی مانند اسیدها کاربرد دارند، دیرگدازهایی با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مختلف توسعه پیدا کرده‌اند. دیرگدازها را می‌توان با توجه به خواص فیزیکی و شیمیایی مانند شکل، تراکم و نوع ماده دسته‌بندی کرد.



شکل ۹- دسته‌بندی دیرگدازها

جدول ۱

تعریف و کاربرد		دسته‌بندی دیرگداز	
دیرگدازهایی که تخلخل کمتر از ۴۵ درصد حجمی دارند.		متراکم	براساس تخلخل
دارای استحکام بالایی بوده و برای شرایط تحت فشار، ضربه یا سایش مناسب هستند.			
دیرگدازهایی که تخلخل بیش از ۴۵ درصد حجمی دارند.		متخلخل	
دارای ضریب انتقال حرارتی کمی بوده و برای کاهش هدررفت حرارت و انرژی مناسب هستند.			
دیرگدازهایی که با شکل و ابعاد مشخص تولید می‌شوند و به محل مصرف انتقال می‌یابند.		شکل‌دار	براساس شکل
برای چیدمان منظم و دقیق مناسب هستند.			
دیرگدازهایی که به‌صورت کیسه‌ای بسته‌بندی شده و در محل مصرف شکل داده می‌شوند.		بی‌شکل	
برای چسباندن دیرگدازهای شکل‌دار و ساخت دیواره‌های بدون درز و اشکال پیچیده مناسب هستند.			
دیرگدازهایی که حاوی مواد اکسیدی هستند.		اکسیدی	براساس نوع مواد
برای شرایط اکسیدی و کاربردهای معمول مناسب است.			
دیرگدازهایی که حاوی مواد غیراکسیدی هستند.		غیراکسیدی	
برای شرایط احیایی و کاربردهای ویژه مناسب است.			

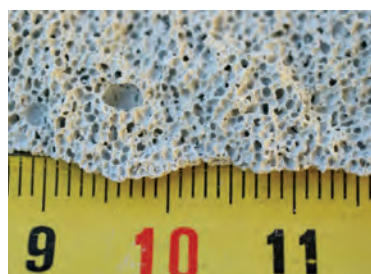
دیرگذاها براساس میزان تخلخل به دو دسته متخلخل و متراکم تقسیم می‌شوند. دیرگذاهای متخلخل بیش از ۴۵ درصد حجمی تخلخل دارند و سبک بودن و انتقال حرارت کم از جمله ویژگی‌های بارز این نوع دیرگذاها است؛ بنابراین بیشتر به عنوان عایق حرارتی استفاده می‌شوند. هرچه تخلخل کمتر باشد، دیرگذا متراکم‌تر است و استحکام بیشتری خواهد داشت و در نتیجه مقاومت آن در برابر سایش، ضربه و فشار افزایش پیدا می‌کند.



شکل ۱۲- آجر آلومینایی متراکم



شکل ۱۱- آجر آلومینایی متخلخل



شکل ۱۰- قطعه متخلخل

دیرگذاها براساس شکل ظاهری نیز به دو دسته شکل‌دار و بی‌شکل تقسیم می‌شوند. دیرگذاهایی که در محل تولید با روش‌های مختلف مانند پرس، اکستروژن یا ریخته‌گری دوغابی شکل داده می‌شوند و سپس به محل مصرف انتقال می‌یابند، دیرگذاهای شکل‌دار نامیده می‌شوند. بسته به نوع و محل کاربرد، دیرگذاهای شکل‌دار متنوعی وجود دارد.



شکل ۱۵- مبلمان کوره



شکل ۱۴- راهگاه مذاب



شکل ۱۳- آجر دیرگذا

دسته دیگری از مواد دیرگذا نیز به صورت پودر خشک یا ملات به محل مصرف منتقل می‌شود تا با روش‌هایی مانند پاشیدن یا کوبیدن استفاده شود. جرم‌ها یا همان دیرگذاهای بی‌شکل را مونولیت^۱ نیز می‌نامند که به معنی یکپارچه بودن و نداشتن درز است.

۱- monolith



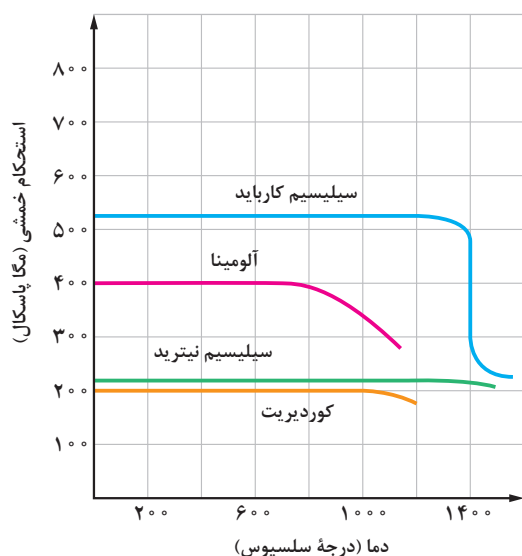
شکل ۱۷ - ملات پاشیدنی دیرگداز



شکل ۱۶ - جرم دیرگداز

مواد مورد استفاده در ساخت دیرگداز را نیز می‌توان به دو دسته اکسیدی و غیراکسیدی تقسیم‌بندی کرد. دیرگدازهای اکسیدی معمول‌ترین نوع دیرگدازهای مورد استفاده در صنعت هستند و بیشتر دارای اکسیدهایی مانند آلومینیوم اکسید (آلومینا)، سیلیسیم اکسید (سیلیس) و منیزیم اکسید (منیزیت یا منیزیا) هستند. از دیگر ترکیبات مانند کرومیت، زیرکون و زیرکونیا نیز در برخی محصولات دیرگداز به منظور افزایش مقاومت به سایش استفاده می‌شود.

دیرگدازهای غیراکسیدی عمدتاً از مواد نیتریدی یا کاربیدی ساخته می‌شوند و مهم‌ترین ویژگی آنها علاوه بر دیرگدازی، حفظ استحکام مکانیکی در دمای بالا است. از مهم‌ترین این مواد، سیلیسیم کارباید و سیلیسیم نیترید هستند که استحکام خمشی خود را تا دمای ۱۴۰۰ درجه سلسیوس حفظ می‌کنند.



شکل ۱۸ - نمودار استحکام خمشی چند ماده دیرگداز بر حسب دما

مهم‌ترین مشکل استفاده از دیرگدازهای غیراکسیدی، امکان اکسیدشدن در محیط حاوی اکسیژن و تجزیه شدن در دمای بالا است. برای مثال، سیلیسیم نیترید در دمای ۱۹۰۰ درجه سلسیوس شروع به تجزیه شدن و آزاد کردن نیتروژن می‌کند.

جدول ۲

نوع ماده	مزایا	معایب
اکسیدی	فراوانی مواد و ارزان بودن	افت استحکام در دمای کمتر از ۱۳۰۰ درجه سلسیوس
غیراکسیدی	حفظ استحکام تا دمای ۱۴۰۰ درجه سلسیوس	۱- اکسید شدن در محیط حاوی اکسیژن ۲- تجزیه شدن در دمای بالا ۳- هزینه بالا

با راهنمایی هنرآموز خود مشخص کنید که محصولات دیرگذاز زیر در کدام دسته‌بندی قرار می‌گیرند.

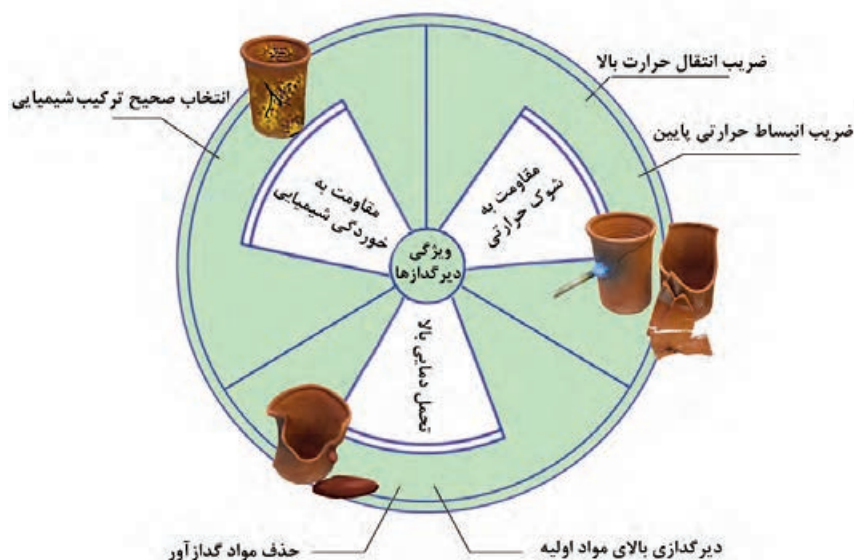
فعالیت کلاسی



جدول ۳

نوع مواد	تراکم	شکل	دیرگذاز
.....	.....	.....	جرم عایق آلومینایی 
.....	.....	.....	آجر عایق آلومینایی 
اکسیدی	متراکم	شکل‌دار	آجر سیلیسی 
.....	.....	.....	بوته گرافیتی 
اکسیدی	متخلخل	بی‌شکل	پتوی آلومینایی 
اکسیدی	متراکم	بی‌شکل	سیمان آلومینات کلسیم 

با توجه به شرایط و محل نصب، دیرگذاها باید ویژگی‌های مناسب داشته باشند که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:



شکل ۱۹

مقاومت به شوک حرارتی به این معنا است که قطعه با تغییرات ناگهانی دما دچار شکست و آسیب نشود. در کوره، مبلمان کوره و محل قرارگیری المنت‌های الکتریکی به دلیل گرمایش و سرمایش متناوب و سریع باید در برابر شوک حرارتی مقاوم باشند. دیرگذاز مقاومت به شوک حرارتی، ضریب انتقال حرارت بالا و ضریب انبساط حرارتی کمی دارد. برای مثال کوردیریت با فرمول مینرالی $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ مقاومت به شوک حرارتی بالایی دارد و برای ساخت راهگاه‌های المنت‌های الکتریکی مناسب است.



شکل ۲۰- راهگاه‌های کوردیریتی برای قرارگیری المنت‌های الکتریکی

تحمل دمایی دیرگدازها

آلومینا، سیلیس و منیزیت اکسیدهای اصلی مورد استفاده در ساخت محصولات دیرگداز هستند. از ترکیبات دیگری مانند کلسیم اکسید، زیرکون و زیرکونیا، سیلیسیم کارباید نیز در محصولات دیرگداز پیشرفته استفاده می‌شود.

جدول ۴

ماده	فرمول	دمای ذوب (درجهٔ سلسیوس)
منیزیم اکسید خالص	MgO خالص	۲۸۰۰
منیزیم اکسید (۹۵-۹۰ درصد)	MgO (۹۵-۹۰٪)	۲۱۹۰
کلسیم اکسید	CaO	۲۵۷۰
سیلیسیم کارباید خالص	SiC	۲۸۳۰
کروم اکسید	Cr _۲ O _۳	۲۱۳۸
آلومینای خالص	Al _۲ O _۳	۲۰۵۰
سیلیس خالص	SiO _۲	۱۷۱۵
زیرکونیا	ZrO _۲	۲۷۰۰

اکسیدهای فلزی به صورت خالص عموماً دمای ذوب بسیار بالایی دارند ولی خالص سازی و استفاده از آنها به تنهایی برای ساخت قطعات دیرگداز صرفه اقتصادی ندارد. بنابراین از مواد معدنی یا ترکیبات حاصل از پخت و فراوری آنها استفاده می‌شود. این مواد با در نظر گرفتن نوع و درصد اکسیدهای اصلی و گدازآور موجود در آنها محدوده دمای ذوب گسترده‌ای دارند.

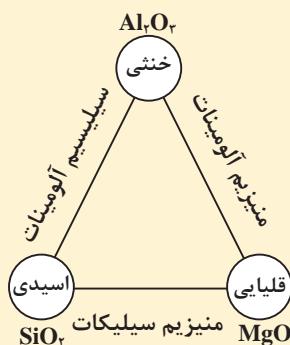
جدول ۵

ترکیب	نوع	اکسیدهای اصلی موجود در ترکیب	دمای ذوب (درجهٔ سلسیوس)
کائولن	معدنی	SiO _۲ . Al _۲ O _۳	۱۷۵۰-۱۷۶۰
خاک نسوز	معدنی	SiO _۲ . Al _۲ O _۳	۱۵۰۰-۱۷۷۵
مولایت	فراوری شده	SiO _۲ . Al _۲ O _۳	۱۹۲۰
کور دیریت	فراوری شده	SiO _۲ . MgO . Al _۲ O _۳	۱۴۰۰-۱۴۷۰
تالک	معدنی	MgO . SiO _۲	۱۵۰۰
اولیوین	معدنی	Fe _۲ O _۳ . MgO . SiO _۲	۱۶۵۰-۱۷۶۰
سیمان آلومینات کلسیم	فراوری شده	CaO . Al _۲ O _۳	۱۶۰۰-۱۸۰۰



نسبت اکسیدهای اصلی در ترکیبات مواد معدنی و همچنین درصد و نوع ناخالصی‌های موجود در آنها تعیین‌کننده دمای ذوب است.

علاوه بر دیرگدازی و مقاومت به شوک حرارتی، باید به برهم‌کنش و تأثیر متقابل مواد داخل کوره و دیرگداز نیز توجه کرد تا از خوردگی شیمیایی دیرگدازها جلوگیری شود. بدین منظور، رفتار شیمیایی دیرگداز باید از نظر اسیدی، قلیایی یا خنثی بودن بررسی شود تا با انتخاب صحیح مواد اولیه دیرگداز در برابر خوردگی شیمیایی محیطی مقاومت بیشتری داشته باشد.



مهم‌ترین اکسیدهای فلزی خنثی، اسیدی و قلیایی به ترتیب آلومینا، سیلیس و منیزیت است. دیرگدازهای حاوی ترکیبات این اکسیدها نیز عبارت‌اند از سیلیسیم آلومینات با رفتار اسیدی، منیزیم آلومینات با رفتار قلیایی و منیزیم سیلیکات با رفتار قلیایی و اسیدی که به درصد ترکیب آمیز وابسته است. در محیط اسیدی باید از دیرگدازهای اسیدی مانند دیرگدازهای سیلیسی و در محیط قلیایی باید از دیرگدازهای قلیایی مانند دیرگدازهای منیزیتی استفاده کرد.

جدول ۶

گروه	%Fe _۲ O _۳	%Al _۲ O _۳	%SiO _۲	%MgO	ترکیب
سیلیسیم آلومینات	-	۷۰	۳۰	-	مولایتی
منیزیم سیلیکات	۷	-	۴۳	۵۰	اولوینی
سیلیسیم آلومینات	-	۳۵	۶۵	-	شاموتی
سیلیسیم آلومینات	-	۱۰	۹۰	-	سیلیسی
منیزیم آلومینات	-	۱۰	-	۹۰	منیزیتی
سیلیسیم آلومینات	-	۶۳	۳۷	-	آندالوزیتی
سیلیسیم آلومینات	-	۹۵	۵	-	کوراندومی

مواد با رفتار اسیدی در واکنش با آب عامل کاتیون هیدروژن ایجاد می‌کنند مانند سیلیس که سیلیسیک اسید تشکیل می‌دهد. در حالی که مواد با رفتار قلیایی در واکنش با آب عامل آنیون هیدروکسید ایجاد می‌کنند مانند منیزیت که منیزیم هیدروکسید تشکیل می‌دهد.

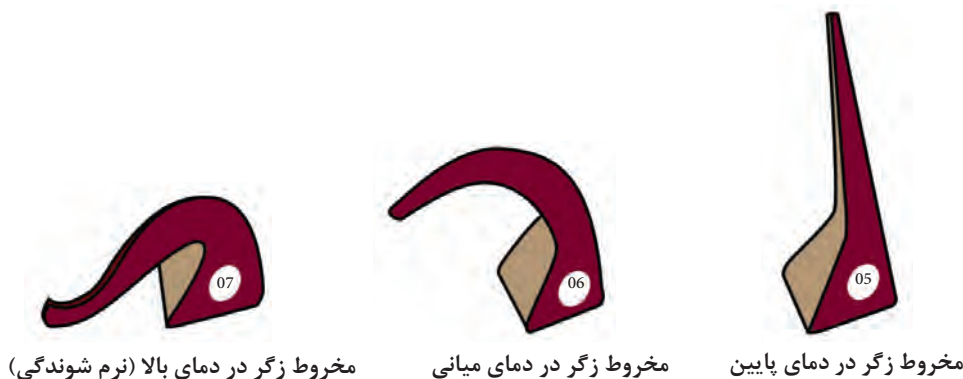
جدول ۷

واکنش با آب	رفتار	اکسید
$\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$	اسیدی	سیلیس (SiO_2)
$\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^-$	بازی	منیزیت (MgO)

مواد اسیدی و بازی شدیداً به واکنش با یکدیگر تمایل دارند و محصول این واکنش نیز تشکیل نمک است مانند تشکیل منیزیم سولفات که از واکنش بین منیزیت و اسید سولفوریک ایجاد می‌شود.

سنجش دیرگدازی با مخروط‌های استاندارد

ذوب مواد دیرگداز در یک دمای مشخص اتفاق نمی‌افتد، بلکه به دلیل پیچیدگی ترکیب شیمیایی در بازه‌ای از دما شروع به نرم شدن می‌کند و تغییر شکل می‌دهد. دمایی را که در آن دیرگداز به دلیل وزن خود شروع به تغییر شکل می‌کند دمای نرم‌شوندگی^۱ می‌نامند که به اختصار با PCE^2 نشان داده می‌شود. به منظور اندازه‌گیری دمای نرم‌شوندگی، از مخروط‌های سرامیکی استاندارد استفاده می‌شود که به نام مخترع آن، مخروط زگر نامیده می‌شود. دمای نرم‌شوندگی این مخروط‌ها دمایی است که نوک مخروط با صفحه نگره‌دارنده آن تماس پیدا می‌کند.



شکل ۲۱

دمایی که در آن مخروط زگر به صفحه نگره‌دارنده برخورد می‌کند، دمای نرم‌شوندگی نامیده می‌شود. در سال ۱۸۸۶ میلادی دکتر هرمن زگر^۳ آزمون مخروط را برای مطالعه و مقایسه ذوب‌شوندگی مواد سرامیکی

۱- Softening Point

۲- Pyrometric Cone Equivalent

۳- Herman Seger



در جدول استاندارد مخروط‌های استاندارد، دمای معادل مخروط‌ها براساس نرخ افزایش دما گزارش شده است که همواره باید به این مسئله دقت داشت.

جدول ۸

شماره مخروط اورتون	محدوده دمایی معادل (درجه سلسیوس)	موارد کاربرد
۰۲۲ تا ۰۱۱	۵۶۰ تا ۸۵۰	دکور رولعابی، لعاب و مینا، شیشه
۰۱۰ تا ۳	۸۹۰ تا ۱۱۷۰	کاشی دیوار، محصولات رسی، لعاب
۴ تا ۱۲	۱۱۸۰ تا ۱۳۴۰	پرسلان‌ها، کاشی کف، برخی دیرگذاها
۱۳ تا ۴۲	۱۳۵۰ تا ۲۰۱۵	دیرگذاها و سرامیک‌های صنعتی

به‌منظور اندازه‌گیری محدوده دمای نرم‌شوندگی محصولات سرامیکی، ابتدا مخروط آن در ابعاد استاندارد ساخته می‌شود و به همراه دیگر مخروط‌های استاندارد زگر یا اورتون در کوره قرار داده می‌شود. دمای نرم‌شوندگی محصول سرامیکی را می‌توان با مقایسه کردن با دیگر مخروط‌های استاندارد تعیین کرد.

۱- Edward Orton

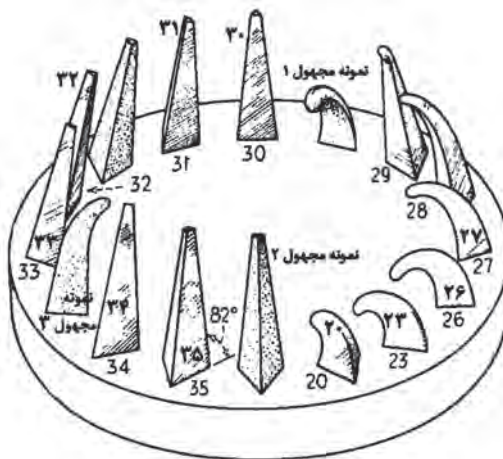
۲- Staffordshire



مخروط سه نمونه مجهول به همراه مخروط‌های استاندارد در کوره قرار داده شده است. مطابق جدول مربوط به دمای نرم‌شوندگی مخروط‌های استاندارد، شماره مخروط معادل و دمای نرم‌شوندگی نمونه‌های مجهول را در جاهای خالی در جدول ۹ بنویسید.

جدول ۹

شماره نمونه				مخروط استاندارد معادل	محدوده دمای نرم‌شوندگی
نمونه مجهول ۱					
نمونه مجهول ۲					
نمونه مجهول ۳					
شماره مخروط	درجه سلسیوس	شماره مخروط	درجه سلسیوس		
۱۲	۱۳۳۷	۳۱	۱۶۸۳		
۱۳	۱۳۴۹	۳۲	۱۷۱۷		
۱۴	۱۳۹۸	۳۳	۱۷۴۳		
۱۵	۱۴۳۰	۳۴	۱۷۶۳		
۱۶	۱۴۹۱	۳۵	۱۷۸۵		
۱۷	۱۵۱۲	۳۶	۱۸۰۴		
۱۸	۱۵۲۲	۳۷	۱۸۲۰		
۱۹	۱۵۴۱	۳۸	۱۸۳۵		
۲۰	۱۵۶۴	۳۹	۱۸۶۵		
۲۳	۱۶۰۵	۴۰	۱۸۸۵		
۲۶	۱۶۲۱	۴۱	۱۹۷۰		
۲۷	۱۶۴۰	۴۲	۲۰۱۵		
۲۸	۱۶۴۶				
۲۹	۱۶۵۹				
۳۰	۱۶۶۵				





چگونه می‌توان از مخروط‌های استاندارد زگر برای بررسی یکنواختی دمای کوره‌های صنعتی در قسمت‌های مختلف آن استفاده کرد؟

روش تولید دیرگدازهای شکل‌دار

دیرگدازهای شکل‌دار برخلاف دیرگدازهای بی‌شکل، به شکل‌دهی و پخت نیاز دارند. بنابراین روند تولید دیرگدازهای شکل‌دار شامل مراحل زیر است:

۱- آماده‌سازی مواد اولیه و آمیز

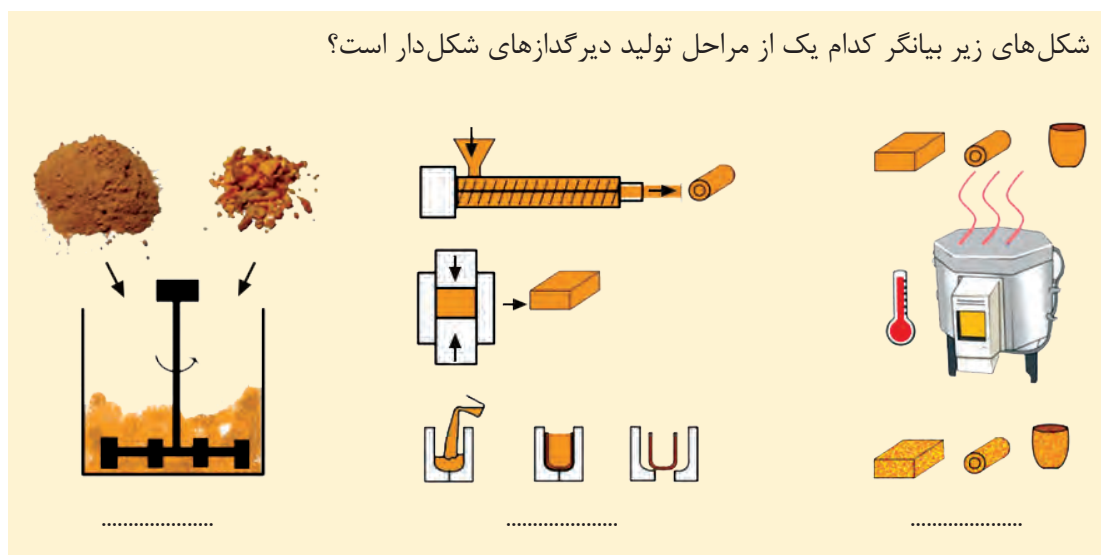
۲- شکل‌دهی

۳- خشک و پخت کردن

درحالی‌که دیرگدازهای بی‌شکل پس از آماده‌سازی مواد اولیه و آمیز، بسته‌بندی و به محل مصرف ارسال می‌شوند.

شکل‌های زیر بیانگر کدام یک از مراحل تولید دیرگدازهای شکل‌دار است؟

فعالیت کلاسی



روش‌های متنوعی مانند اکستروژن، پرس و ریخته‌گری دوغابی برای شکل‌دهی محصولات دیرگداز استفاده می‌شوند.

در پخت دیرگدازهای شکل‌دار باید دقت داشت که دمای پخت نهایی قطعه بیش از دمای محل مصرف آن باشد تا از تغییرات ابعادی در کوره یا محل مصرف جلوگیری شود.

نکته



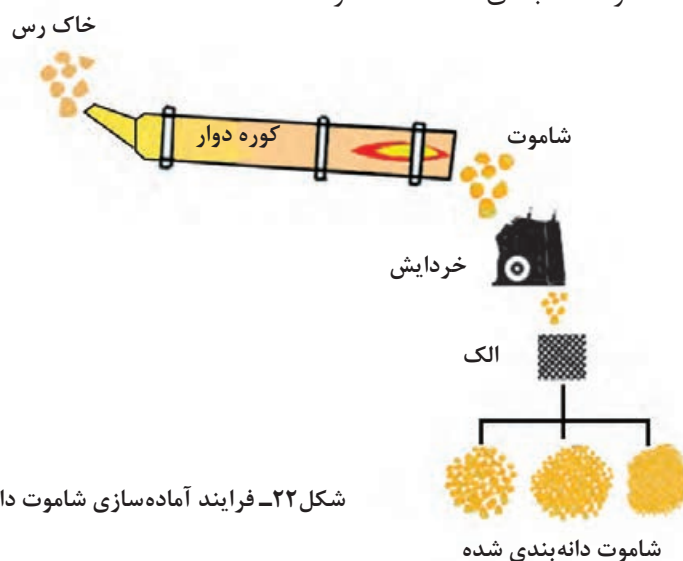
از چه روشی برای شکل‌دهی محصولات دیرگداز زیر استفاده شده است؟

فعالیت کلاسی



آماده سازی مواد اولیه و شکل دهی آجر شاموتی

شاموت نوعی دیرگذاز با ترکیبی از دو اکسید اصلی آلومینا و سیلیس است. مقدار آلومینا ۲۵ تا ۴۸ درصد وزنی است و نقش تعیین کننده ای بر خواص شاموت دارد. هرچه درصد آلومینا بیشتر باشد دیرگذازی نیز بیشتر می شود. سهم بزرگی از مواد اولیه مصرفی برای تولید دیرگذاهای شاموتی را خاک های رسی مانند کائولن و بالکلی تشکیل می دهند. خاک رس با خاصیت پلاستیسیته و استحکام خشک و پخت بالا، علاوه بر بهبود شکل پذیری، باعث افزایش استحکام قطعه پس از شکل دهی می شود. رس ها انقباض خشک و پخت بالایی دارند، بنابراین اگر آجر از رس خام ساخته شود تغییرات ابعادی زیادی خواهند داشت. برای کاهش تغییرات ابعادی آجر ابتدا خاک رس را می پزند. پخت خاک رس در کوره دوار و در دمای ۱۴۵۰ درجه سلسیوس انجام می شود. شاموت خارج شده از کوره دوار، خردایش شده و توسط الک دانه بندی می شود تا شاموت دانه بندی شده آماده شود.



شکل ۲۲- فرایند آماده سازی شاموت دانه بندی

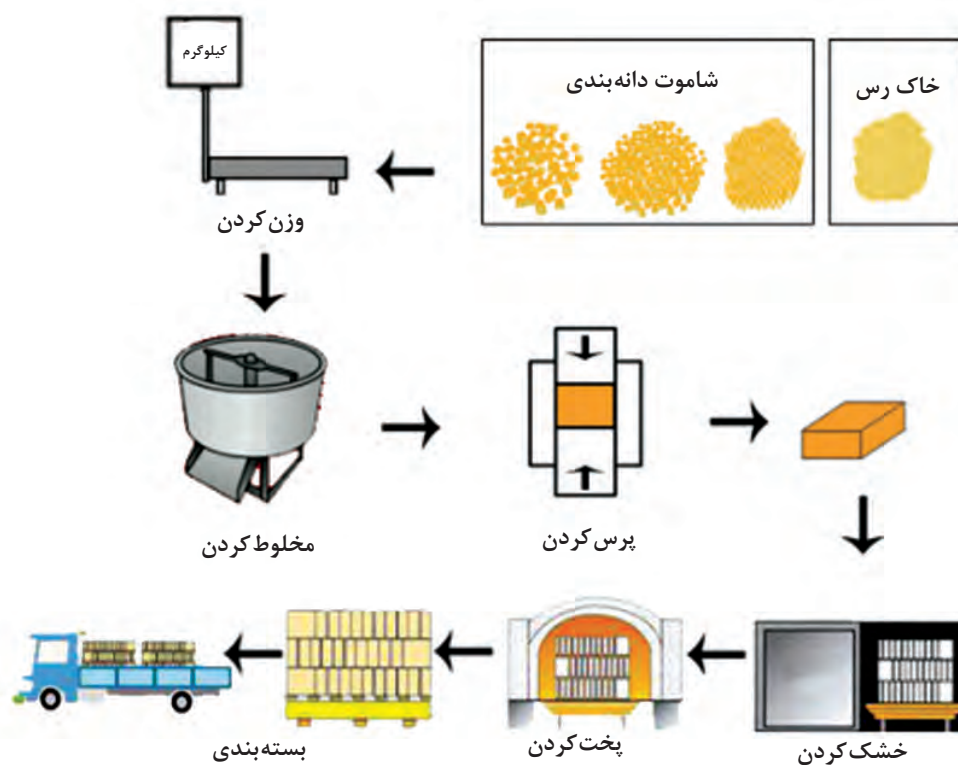
جدول ۱۰- ترکیب شیمیایی شاموت دانه بندی شده



شکل ۲۳

اکسید	درصد وزنی
SiO_2	۵۰-۵۳
Al_2O_3	۴۴-۴۸
Fe_2O_3	حداکثر ۱
TiO_2	حداکثر ۱
$\text{CaO}+\text{MgO}$	حداکثر ۰/۵
$\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$	حداکثر ۰/۴

شاموت دانه‌بندی شده به‌عنوان مادهٔ اولیه وارد فرایند تولید آجر شاموتی می‌شود. باتوجه به اینکه دانه‌های شاموت خاصیت پلاستیسیته و چسبندگی کمی دارند، نیاز به افزودن حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد وزنی خاک رس پلاستیک مانند بالکلی دارند. ترکیب شاموت و خاک رس پس از وزن کردن، در مخلوط‌کن با رطوبتی کمتر از ۱۲ درصد وزنی مخلوط می‌شوند. آمیز حاصل توسط دستگاه پرس به‌صورت آجر شکل‌دهی می‌شود. آجرها ابتدا خشک شده و سپس پخت می‌شوند تا آماده تحویل به مصرف‌کننده باشند.



شکل ۲۴ - فرایند شکل‌دهی و تولید آجر شاموتی

آجرهای شاموتی با توجه به محل مصرف در شکل‌ها و ابعاد متنوعی تولید می‌شوند.



(ج) هلالی

(ب) قوسی

(الف) ساده

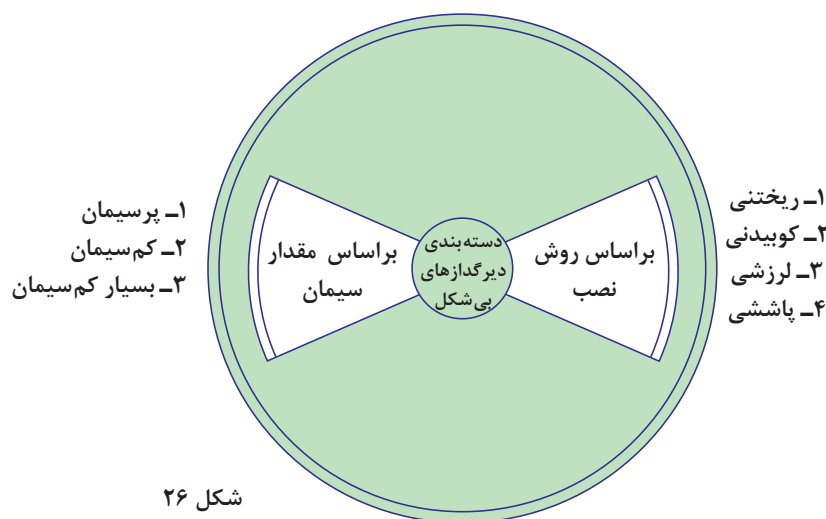
شکل ۲۵ - انواع آجرهای شاموتی

روش تولید دیرگذاهای بی شکل

دیرگذاهای بی شکل که با عناوینی مانند جرم یا دیرگذاهای مونولیتیک (یکپارچه) نیز نام برده می شوند، مرحله شکل دهی ندارند و پس از آماده سازی مواد اولیه و ساخت آمیز، بسته بندی و به محل مصرف منتقل می شوند. نصب سریع و آسان و همچنین ارزان بودن این نوع دیرگذاها منجر به مصرف روزافزون آنها شده است.

دسته بندی دیرگذاهای بی شکل

این نوع دیرگذاها براساس روش نصب و مقدار سیمان به دسته های مختلفی تقسیم بندی می شوند.



شکل ۲۶

مقدار سیمان در دیرگذاهای بی شکل

همان گونه که از آجر معمولی برای ساخت شومینه و کوره نمی توان استفاده کرد، از سیمان معمولی نیز نمی توان برای این منظور استفاده کرد. بنابراین در دیرگذاهای بی شکل از سیمان نسوز به عنوان عامل گیرش استفاده می شود. گیرش در دیرگذاهای بی شکل عبارت است از فعل و انفعالاتی که برای افزایش استحکام در مرحله مصرف اتفاق می افتد. در این نوع دیرگذاها، فرایند گیرش با افزودن آب و برهم کنش بین



شکل ۲۷- سیمان نسوز کلسیم آلومیناتی

آب و جزء سیمانی آغاز شده و پس از تکمیل گیرش، دیرگذاز استحکام لازم را به دست می آورد و در مقابل نفوذ آب مقاوم می شود. این دیرگذاها براساس مقدار سیمان مورد استفاده، به سه دسته پر سیمان (بیش از ۱۰ درصد سیمان)، کم سیمان (۳ تا ۱۰ درصد سیمان) و بسیار کم سیمان (کمتر از ۳ درصد سیمان) تقسیم بندی می شوند. هرچه مقدار سیمان کمتر باشد، استحکام کمتر ولی دیرگذازی یا دمای قابل تحمل دیرگذاز بیشتر می شود.



سیمان نسوز نوعی سیمان هیدرولیک با دیرگدازی بالا است که حاوی آلومینا و کلسیم به عنوان اجزای اصلی تشکیل دهنده است. دو نوع سیمان نسوز که بیشتر در دیرگدازها به عنوان عامل گیرش استفاده می‌شود، سیمان نسوز ۷۱ و ۸۰ است.

جدول ۱۱

نوع سیمان نسوز	درصد آلومینا	درصد کلسیم	دیرگدازی (درجه سلسیوس)	استحکام در ۳ روز (مگا پاسکال)
سیمان نسوز ۷۱	۷۰ درصد	۳۰ درصد	۱۶۵۰	۳۰
سیمان نسوز ۸۰	۸۰ درصد	۲۰ درصد	۱۷۵۰	۲۰

روش‌های نصب دیرگدازهای بی‌شکل: براساس روش نصب نیز دیرگدازهای بی‌شکل را با روش‌های ریختن، کوبیدن، لرزش و پاشش می‌توان اجرا کرد. از روش‌های دیگری مانند پرتاب، شکل‌دهی پلاستیکی و همچنین ماله‌کشی نیز می‌توان برای نصب دیرگدازهای بی‌شکل استفاده کرد.

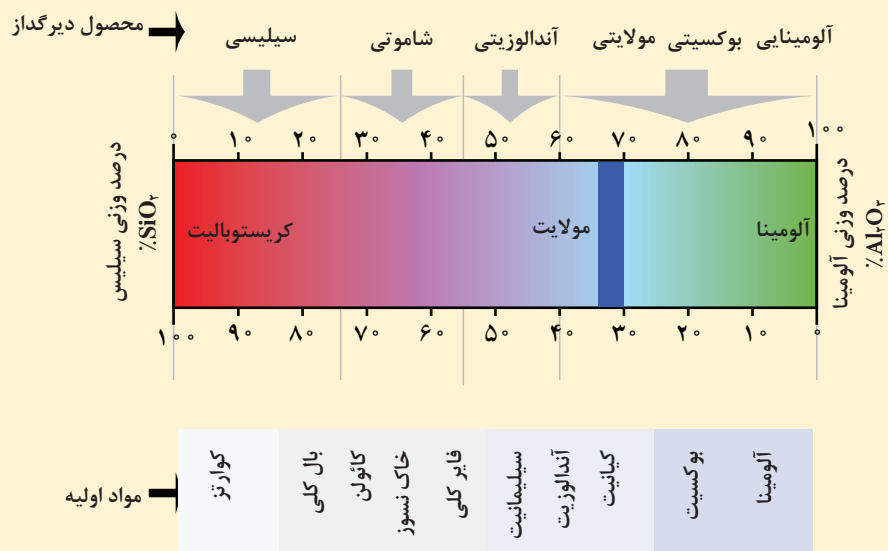


شکل ۲۸- نصب جرم با روش پاشش

دیرگدازهای آلومینا سیلیکاتی

دیرگدازهای آلومینا سیلیکاتی را می‌توان اولین دیرگدازهای مورد استفاده بشر دانست که امروزه نیز به دلیل فراوانی مواد اولیه و روش تولید ساده از پرکاربردترین محصولات دیرگداز محسوب می‌شوند. این دیرگدازها ترکیبی از آلومینا و سیلیس هستند که بسته به درصد این دو اکسید در انواع آلومینایی، بوکسیتی، مولایتی، آندالوزیتی، شاموتی و سیلیسی دسته‌بندی می‌شوند. در فرایند پخت دیرگدازهای آلومینا سیلیکاتی، تشکیل فاز مولایت ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) از مواد اولیه مانند کائولن، آندالوزیت، کیانیت و سیلیمانیت ضروری است زیرا خواص مطلوب این دیرگدازها وابسته به این فاز کریستالی است. مولایت حاوی ۷۰ تا ۷۳ درصد وزنی آلومینا است و از جمله ویژگی اصلی مولایت دمای ذوب بالا (۱۸۵۰ درجه سلسیوس)، مقاومت به شوک حرارتی و پایداری شیمیایی مناسب است.





شکل ۲۹

دیرگدازهای آلومینا سیلیکاتی که حاوی بیش از ۷۰ درصد آلومینا در ترکیب شیمیایی خود باشند، دارای دو فاز اصلی مولایت و آلومینا هستند و دیرگدازهایی که حاوی بیش از ۳۰ درصد سیلیس در ترکیب شیمیایی خود باشند نیز دارای دو فاز اصلی مولایت و کریستوبالیت هستند.

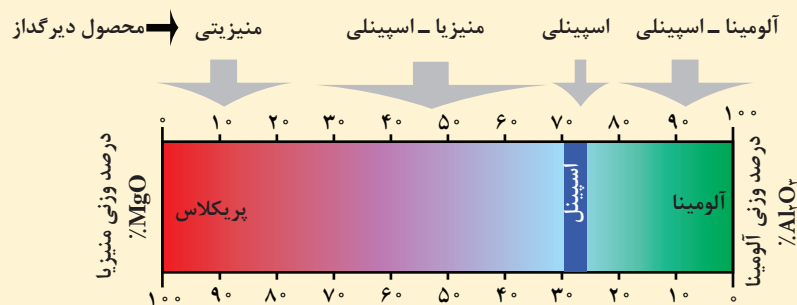
جدول ۱۲

دیرگداز آلومینا سیلیکاتی		
درصد آلومینا	فازهای کریستالی موجود	حداکثر دمای کارکرد (درجه سلسیوس)
بیش از ۷۰ درصد	مولایت و آلومینا	۱۸۴۰
کمتر از ۷۰ درصد	مولایت و کریستوبالیت	۱۶۰۰

دیرگدازهای آلومینات منیزی

این دسته از دیرگدازها که از مواد اولیه برپایه آلومینا و منیزیت ساخته می‌شوند، رفتار قلیایی دارند و با عناوینی مانند منیزیت آلومینایی، پریکلاسی، آلومین اسپینلی نام برده می‌شوند. در دیرگدازهای آلومینا-منیزیتی باید اسپینل $MgO \cdot Al_2O_3$ یا $MgAl_2O_4$ تشکیل شود زیرا خواص مطلوب این دیرگدازها وابسته به این فاز کریستالی است. اسپینل حاوی ۷۱/۶۷ درصد وزنی آلومینا و ۲۸/۳۳ درصد وزنی منیزیا است و از جمله ویژگی بارز آن دمای ذوب ۲۱۳۵ درجه سلسیوس و مقاومت به شوک حرارتی و پایداری شیمیایی در محیط‌های قلیایی است. در صورتی که دیرگداز حاوی بیش از ۸۰ درصد آلومینا

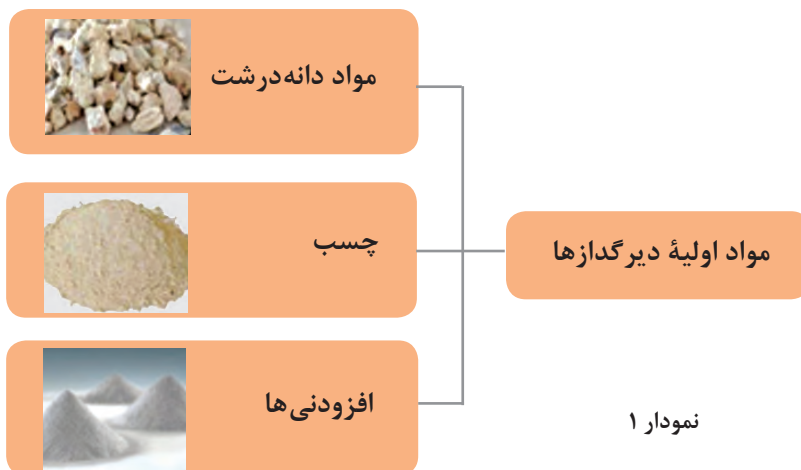
باشد، دیرگداز آلومینا اسپینلی و در صورتی که دیرگداز حاوی کمتر از ۷۰ درصد آلومینا باشد، دیرگداز منیزیا-اسپینلی نامیده می‌شود.



شکل ۳۰

آماده‌سازی مواد اولیه

اکثر مواد اولیه‌ای که در محصولات دیرگداز استفاده می‌شوند، معدنی و طبیعی هستند که بیشتر بدون ترکیبات گداز‌آور و کاهش‌دهنده دمای ذوب مانند آهن اکسید و سایر اکسیدهای قلیایی از جمله سدیم و پتاسیم است. مواد اولیه مورد استفاده در ساخت محصولات دیرگداز را می‌توان در سه دسته مواد دانه درشت (اگر گیت^۱)، چسب و افزودنی‌ها تقسیم‌بندی کرد.



مواد اولیه‌ای که دارای انبساط حجمی یا افت وزنی در هنگام افزایش دما هستند، در کوره‌های دوار یا تونلی در دمای بیش از ۱۴۵۰ درجه سلسیوس کلسینه و پیش پخت شده و سپس به صورت دانه‌بندی شده تا ابعاد ۲۰ میلی‌متر خردایش می‌شوند. این دانه‌های درشت بخش اصلی دیرگداز را تشکیل می‌دهد و بیشتر خواص محصول به این دانه‌ها بستگی دارد. هدف از این فرایند تکمیل تبدیلات ساختاری، کاهش تخلخل و افزایش تراکم است. سهم اگریگیت‌ها در مواد اولیه دیرگداز بیش از ۷۰ درصد وزنی است.

۱- Aggregate

جدول ۱۳

اگر بگیت	ماده اولیه	دمای کلسینه (درجه سلسیوس)
شاموت	رس (کائولن، خاک نسوز)	۱۴۵۰
بوکسیت زینتری	بوکسیت	۱۶۰۰
منیزیت ددبرن	منیزیم کربنات، منیزیم هیدروکسید	۱۶۰۰-۲۰۰۰
منیزیت ذوبی	منیزیم کربنات، منیزیم هیدروکسید	۲۸۰۰
آلومینای تبیولار	آلومینا	۲۰۰۰

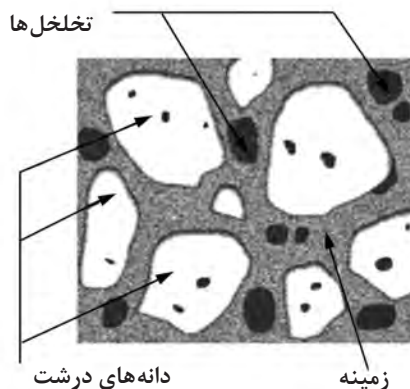
مواد اولیه کلسینه شده خاصیت چسبندگی و تغییر شکل پلاستیک در حالت عادی را نداشته و بنابراین برای افزایش شکل پذیری و ایجاد استحکام اولیه از چسب استفاده می شود. چسب ها بر پایه مواد معدنی مانند انواع رس ها یا سیمان های نسوز یا بر پایه مواد آلی مانند انواع قیر و قطران و رزین ها هستند. مواد افزودنی نیز به عنوان استحکام دهنده، روان ساز، ضد یخ یا ضد خوردگی به میزان کمتر از ۵ درصد وزنی کل در ترکیب مواد اولیه محصولات دیرگذاز استفاده می شود.

بافت دیرگذاها

برخلاف اغلب محصولات سرامیکی، محصولات دیرگذاز پس از تکمیل فرایند پخت بافت همگن و یکدستی ندارند. در آنها اغلب ساختمانی زمخت، ناهمگن و درشت دانه را می توان تشخیص داد که حاوی سه جزء اصلی دانه های درشت، زمینه و تخلخل ها است.



شکل ۳۲- نمونه بافت دیرگذاز زیر میکروسکوپ



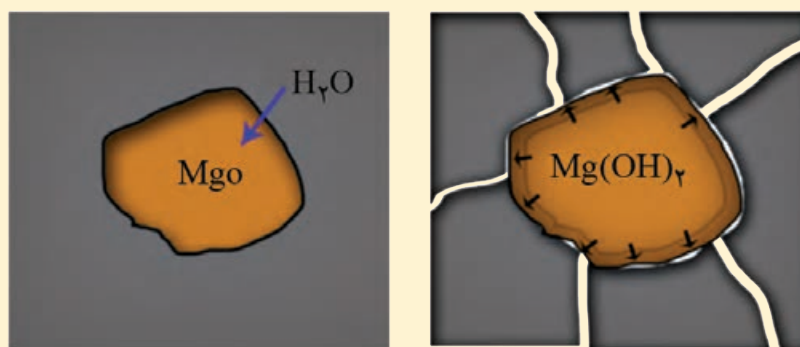
شکل ۳۱- بافت دیرگذاز

دانه‌های درشت همان اگریگیت‌هایی هستند که به‌عنوان مواد اولیه استفاده شده است. چسب مورد استفاده در مواد اولیه نیز پس از پخت تشکیل زمینه‌ای را می‌دهد که دانه‌های درشت را دربر می‌گیرد و با ایجاد اتصال بین آنها منجر به افزایش تراکم و استحکام محصول می‌شود. در اثر خروج آب یا حبس شدن هوا در مرحله پخت، تخلخل ایجاد می‌شود. گاهی نیز به‌صورت عمدی برای کاهش انتقال حرارت و ساخت عایق‌های دیرگداز از مواد تخلخل‌زا استفاده می‌شود.

بیشتر بدانید



منیزیت به‌عنوان جزء اصلی دیرگدازهای قلیایی به واکنش با رطوبت و تشکیل منیزیم هیدروکسید (بروسیت) تمایل دارد و انبساط حجمی قابل توجه آن (۵۳ درصد)، باعث تخریب و ایجاد ترک در دیرگداز می‌شود.



شکل ۳۳- ترک حاصل از هیدراته شدن منیزیت

بنابراین برای کاهش تمایل منیزیت به هیدراته شدن (تشکیل منیزیم هیدروکسید)، رشد دانه و کاهش تخلخل در دمای بین ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ درجه سلسیوس کلسینه می‌کنند تا منیزیت تَف جوشیده یا منیزیت دِبرن^۱ تولید شود. در صورت افزایش دما تا ۲۸۰۰ درجه سلسیوس، منیزیای ذوبی تولید می‌شود.

نسوزچینی (نسوزکاری)

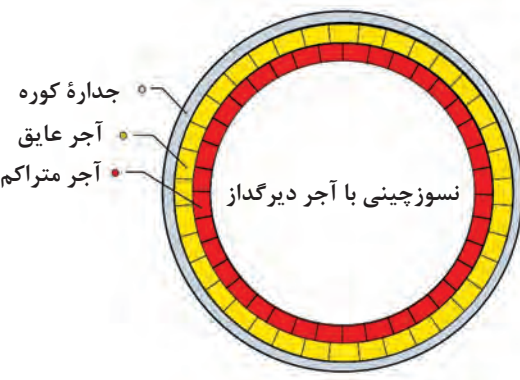

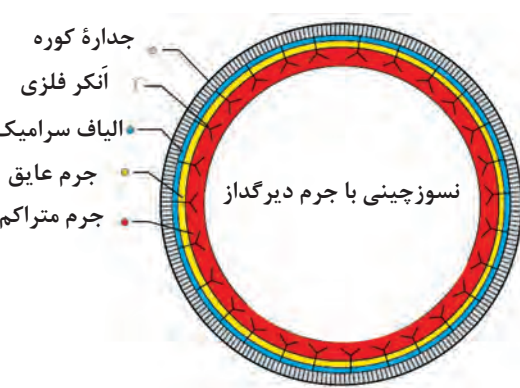

به فرایند نصب دیرگدازها نسوزچینی یا نسوزکاری گفته می‌شود. در نسوزچینی معمولاً از یک لایه عایق به‌عنوان لایه آستر برای اطمینان از انتقال نیافتن حرارت به جداره استفاده می‌شود، ولی لایه‌ای که در معرض مواد داخل کوره است باید متراکم باشد تا مقاومت بیشتری در برابر ضربه و فشار داشته باشد. در صورت آجرچینی بیشتر از آجر عایق و در صورت استفاده از دیرگدازهای بی‌شکل از جرم‌های عایق به‌عنوان آستر استفاده می‌شود. امکان ترکیب لایه‌های جرم و آجر با یکدیگر نیز وجود دارد.

جرم‌ها یا دیرگدازهای بی‌شکل، تراکم و مقاومت به سایش کمتری نسبت به آجرها دارند؛ بنابراین در صورت وجود سایش و فشار بر دیرگدازها، استفاده از آجرهای متراکم پیشنهاد می‌شود.

نکته



جدول ۱۴

	<p>در نسوز چینی با آجرهای دیرگذاز باید دقت داشت تا درز بین آجرهای دو لایه، در راستای یکدیگر نباشد، زیرا درزها محلی مناسب برای انتقال حرارت است.</p> 
	<p>در نسوز چینی با جرمها باید از آنکر استفاده کرد تا از ریزش جرم جلوگیری شود. آنکرها معمولاً فلزی هستند و پیش از عایق کاری و نسوز چینی به جداره جوش داده می شوند. پس از اتصال آنکرها، به ترتیب الیاف سرامیک، جرم عایق و جرم متراکم اعمال می شوند.</p> 

در دیرگذاهای شکل دار مانند آجر، معمولاً درز وجود دارد. درز بین آجرها محل مناسبی برای خروج حرارت و همچنین نفوذ مواد داخل کوره و ایجاد خوردگی در جداره دیرگذاز است. در حالی که دیرگذاهای بی شکل بدون درز هستند و بنابراین امکان اتلاف انرژی نیز در آنها کمتر است.

جدول ۱۵

<p>۱- اجرای سریع تری دارد. ۲- بدون درز است.</p>	مزایا	جرم دیرگذاز
<p>۱- استحکام کمتری دارد. ۲- نیاز به آنکر دارد.</p>	معایب	
<p>۱- از نظر ابعادی دقیق تر است. ۲- دوام بیشتر در برابر فشار و سایش دارد.</p>	مزایا	آجر دیرگذاز
<p>۱- اجرای کندی دارد. ۲- نیاز به درزبندی دارد.</p>	معایب	

انکرها در دو نوع سرامیکی و فلزی استفاده می‌شوند. برای دمای بیش از ۱۲۰۰ درجه سلسیوس یا شرایط با خوردگی بالا، استفاده از نوع سرامیکی پیشنهاد می‌شود. انتخاب و نصب نادرست انکرها می‌تواند منجر به ریزش دیرگدازها شده و در نتیجه خسارت سنگینی ایجاد شود.



انکر فلزی



انکر سرامیکی

شکل ۳۴- انواع انکر

انکرها پیش از اجرای لایه دیرگداز بی‌شکل مانند انواع جرم‌ها و الیاف سرامیکی به جداره اتصال داده می‌شوند تا سطح تماس دیرگداز با جداره افزایش یابد و از ریزش جرم جلوگیری شود.



انکر فلزی V شکل



انکر فلزی Y شکل

شکل ۳۵

نکات مهم درخصوص استفاده از انکرها:

- محاسبه تعداد انکرهای مورد نیاز
- رعایت الگوی چیدمان انکرها
- رعایت فاصله بین مراکز انکرها
- ارتفاع مناسب انکر نسبت به ضخامت جداره دیرگداز

استفاده بیش از اندازه از انکرها به همان میزان مضر است که استفاده از تعداد کم آن مخرب است. موقعیت نصب انکرها براساس محل نصب و وزن جداره دیرگذاز متفاوت است. فاصله بین مراکز انکرها بین ۱۵ تا ۴۰ سانتی متر متغیر است. در صورت کم بودن این فاصله به دلیل افزایش ترک‌ها، امکان ریزش افزایش پیدا می‌کند و در صورت زیاد بودن فاصله نیز عملکرد آن مطلوب و مفید نخواهد بود. حد فاصل مناسب بین انکرها در سقف حدود ۳۰ سانتی متر و در دیواره نیز ۴۰ سانتی متر است.

فکر کنید



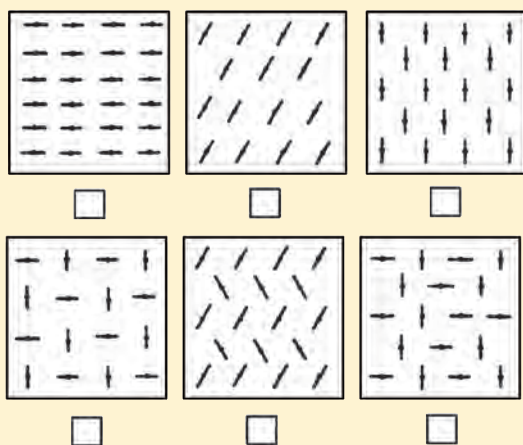
چرا فاصله بین مراکز انکرها در سقف کمتر از فاصله بین آنها در دیواره است؟

بهتر است انکرها در یک راستا نباشند تا منجر به ایجاد ترک‌های طولی و موازی نشوند. باید الگوی چیدمان به گونه‌ای باشد که بتوان تصویر یک لوزی یا مربع را با انکرها ترسیم کرد.

فعالیت کلاسی



کدام یک از چیدمان‌های زیر برای انکر فلزی صحیح هستند؟



شکل ۳۶



شکل ۳۷- انکر فلزی در دو نمای جلو و پهلو

ارتفاع انکر تا حداکثر سه چهارم ضخامت جداره دیرگذاز پیشنهاد می‌شود و کل بدنه انکر باید داخل جرم دیرگذاز قرار گیرد.

نکته



نوک انکرهای فلزی با ماده‌ای پلیمری پوشانده می‌شود تا در حرارت بالا سوخته شده و فضای خالی برای انقباض و انبساط فلز ایجاد کند. در غیر این صورت، انبساط بیشتر فلز نسبت به دیرگذاز باعث ایجاد ترک در جرم می‌شود.



شکل ۳۸- نمونه‌ای از انکر نوع V آماده برای نصب دیرگداز بی شکل

انکرها از جنس فولادهای آلیاژی ضدزنگ ساخته می‌شوند و دمای کاری آنها با توجه به نوع و ترکیب آلیاژ متفاوت است. جوش دادن انکر به جداره باید با الکترودی با قطر مناسب انجام شود. همچنین باید به جنس انکر و جداره نیز دقت کرد.

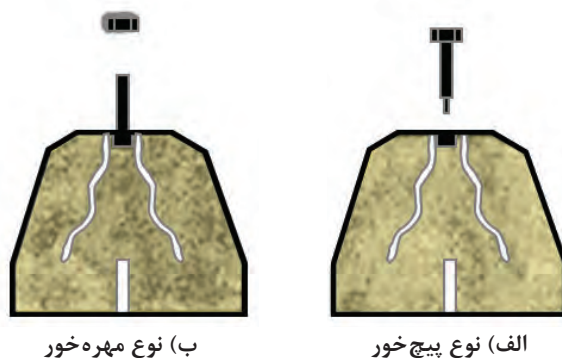
بیشتر بدانید



جدول ۱۶

جنس انکر	دمای کارکرد (درجهٔ سلسیوس)
کربن استیل	۴۳۰
استیل ضدزنگ ۳۰۴	۷۶۰
استیل ضدزنگ ۳۱۶	۷۶۰
استیل ضدزنگ ۳۰۹	۸۲۰
استیل ضدزنگ ۳۱۰	۹۳۰
انکونل ۶۰۰	۱۱۰۰

به جای انکرهای فلزی، از بلوک‌های انکردار پیش ساخته^۱ نیز می‌توان استفاده کرد. مزیت این نوع انکرها نصب و تخریب سریع‌تر لایه دیرگذاز است.

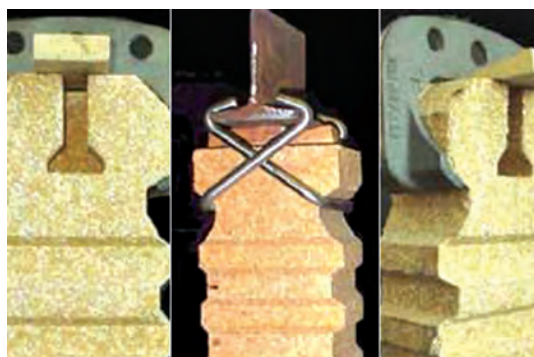


شکل ۳۹- بلوک انکردار پیش ساخته

انکرهای سرامیکی برای دمای بیش از ۱۱۰۰ درجه سلسیوس و یا شرایط محیطی خورنده مناسب هستند. تحمل بار سنگین و امکان افزایش ضخامت لایه دیرگذاز از دیگر مزیت‌های انکرهای سرامیکی است.



شکل ۴۱



شکل ۴۰

برای آجرهای سرامیکی بین ۴ تا ۶ انکر در هر مترمربع پیشنهاد می‌شود. انکرهای سرامیکی برخلاف انکرهای فلزی امکان جوشکاری و اتصال مستقیم به جداره را ندارند؛ بنابراین باید از یک نگه‌دارنده که می‌تواند به جداره جوش یا پیچ شود، استفاده کرد.



شکل ۴۲- برخی از واسطه‌های فلزی برای اتصال انکرهای سرامیکی به جداره

پتوها و الیاف دیرگداز

امروزه الیاف دیرگداز به صورت پتو، بُرد، صفحه و آجر، پارچه و ریسمان کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است. این دسته از محصولات جزء دیرگدازهای عایق هستند که وزن سبک، انتقال حرارت بسیار ضعیف و نصب آسان از جمله ویژگی‌های آنها است.



ب) محصولات عایق ساخته شده از الیاف دیرگداز



الف) الیاف دیرگداز

شکل ۴۳

محصولات عایق ساخته شده از الیاف دیرگداز، شکل پذیرند و به آسانی خم شده و بریده می‌شوند. این ویژگی علاوه بر افزایش سرعت نصب، امکان پوشش دادن انواع سطوح با پیچیدگی‌های هندسی را فراهم می‌کند.



شکل ۴۴ - برش دادن عایق‌های ساخته شده از الیاف دیرگداز

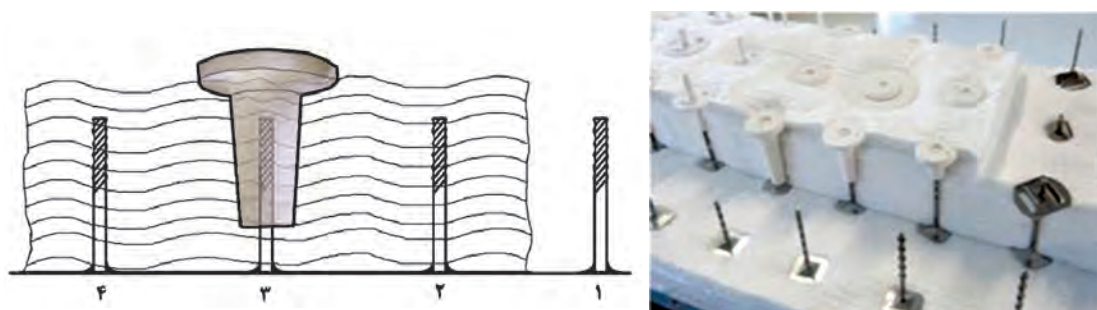
شکل ۴۵ - خم شدن عایق‌های ساخته شده از الیاف دیرگداز

پودمان ۴: کاربرد دیرگذاها و جرم نسوز

نصب پتوهای ساده ساخته شده از الیاف دیرگذاز به انکرهای سرامیکی نیاز دارد. بدین منظور میله‌ای سرپیچ‌دار به جداره جوش داده می‌شود و پتوی سرامیکی نصب می‌شود. سپس انکر سرامیکی به میله پیچ می‌شود.



الف) انکر سرامیکی



ب) استفاده از انکر سرامیکی برای نصب پتوی عایق

شکل ۴۶

گاهی نیز پتوهای عایق به صورت بلوک‌های بزرگ به نام مدول برای نصب سریع‌تر و آسان‌تر به کار گرفته می‌شوند. در این حالت، ابتدا بلوک‌ها در کنار یکدیگر قرار داده می‌شوند و سپس تسمه‌های دور بریده شده و خارج می‌شوند.



ب



الف

تسمه

شکل ۴۷- پتوهای عایق به صورت بلوک

استفاده از دستکش، عینک و پوشش کامل بدن در هنگام کار با الیاف سرامیکی ضرورت دارد زیرا الیاف سرامیکی بُرنده و حساسیت‌زا هستند. استنشاق الیاف نیز منجر به بیماری‌های مزمن ریوی می‌شود؛ بنابراین استفاده از ماسک الزامی است.

فکر کنید



- ۱- چرا از دیرگدازهای عایق الیافی فقط در دیوار و سقف کوره‌ها استفاده می‌شود؟
- ۲- استفاده از این محصولات در کف کوره چه مشکلاتی را به همراه دارد؟



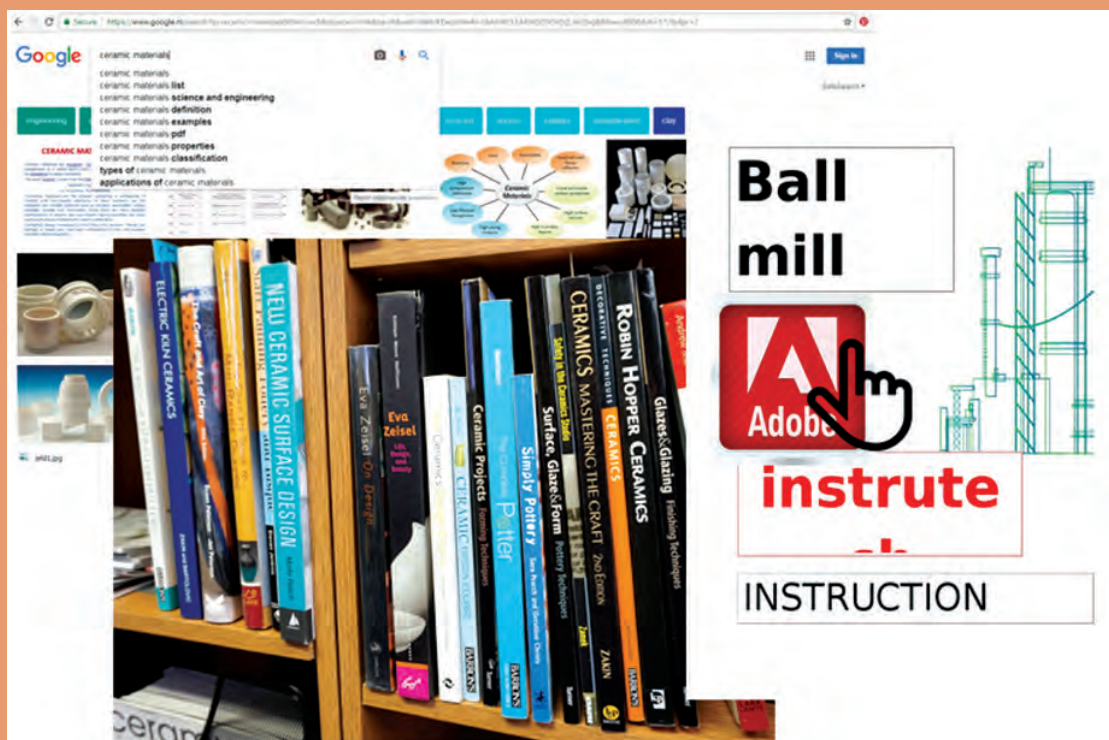
شکل ۴۸

پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
کاربرد دیرگذاها و جرم نسوز	۱- بررسی دسته‌بندی مواد دیرگذا در صنعت سرامیک ۲- بررسی تأثیر مواد دیرگذا و جرم نسوز در صنعت سرامیک	تعیین تأثیر مواد دیرگذا و جرم‌های نسوز در صنعت سرامیک براساس استاندارد ملی ایران	بالاتر از حد انتظار	تحلیل و تعیین کاربرد مواد دیرگذا و جرم‌های نسوز	۳
			در حد انتظار	سنجش دیرگذازی با استفاده از مخروط‌های استاندارد، تعیین ویژگی‌های مواد دیرگذا مورد استفاده در کوره، تعیین اصول نسوز چینی کوره	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	تفکیک مواد دیرگذا	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره واحد یادگیری از ۳					
نمره واحد یادگیری از ۲۰					



پودمان ۵

کسب اطلاعات فنی



کسب اطلاعات فنی تجهیزات و دستگاه‌ها، فرایندهای تولید محصولات سرامیکی و نکات ایمنی از طریق روش‌هایی مانند دفترچه‌های راهنما، پلاک اطلاعاتی دستگاه‌ها، کتابچه و کاتالوگ نیازمند آشنایی اصطلاحات تخصصی رشته سرامیک به زبان انگلیسی دارد.

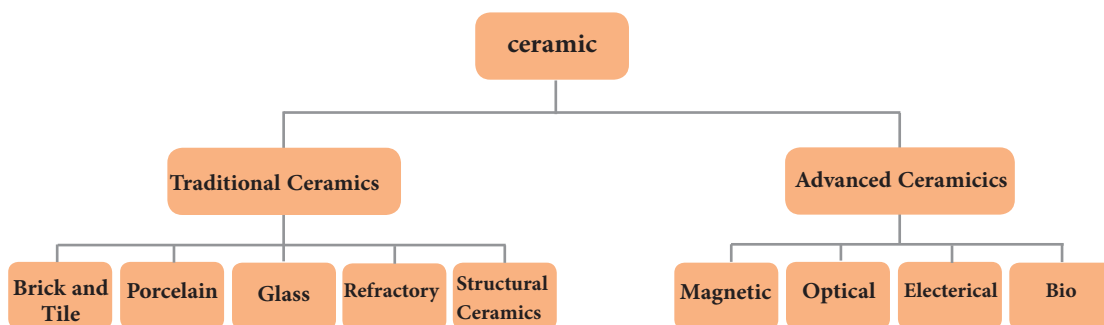
با پیشرفت، گسترش و تنوع منابع، این ضرورت وجود دارد که برای تحقق اهداف و توسعه شایستگی‌ها به منابع و مراجع غیرفارسی نیز مراجعه شود. در این راستا پودمان «کسب اطلاعات فنی» در کتاب دانش فنی تخصصی طراحی و تألیف شده است. پودمان کسب اطلاعات فنی با هدف یادگیری مادام‌العمر و توسعه شایستگی‌های هنرجویان بعد از دنیای آموزش و ورود به بازار کار سازماندهی محتوایی شده است. این امر با آموزش چگونگی استخراج اطلاعات فنی مورد نیاز از متون فنی غیرفارسی و جداول، راهنمای ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی، دستگاه‌های اداری، خانگی و تجاری و درک مطالب آن‌ها در راستای توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای محقق خواهد شد.

بدیهی است هدف از ارائه این پودمان، تدریس زبان انگلیسی نمی‌باشد، بلکه چگونگی کسب اطلاعات فنی و تخصصی در زمینه رشته مهارتی است که از طریق خواندن منابع ذکر شده می‌توان به این هدف دست یافت. برای آموزش بهتر می‌توانید از کتاب همراه هنرجو استفاده کنید. هنرجویان می‌توانند علاوه بر کتاب همراه هنرجو، فرهنگ تخصصی لغات را در فرایند یادگیری و ارزشیابی به همراه داشته باشند.

Ceramics:

Ceramics are inorganic solid materials.

سرامیک‌ها از لحاظ کاربرد به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:



نمودار ۱

سؤال:

- ۱ با توجه به نمودار ۱، سرامیک‌های زیستی در کدام دسته‌بندی قرار دارند؟
- ۲ با کمک اطلاعات نمودار ۱، سرامیک‌ها در هر یک از محصولات زیر چه کاربردی دارند؟



.....



.....



.....



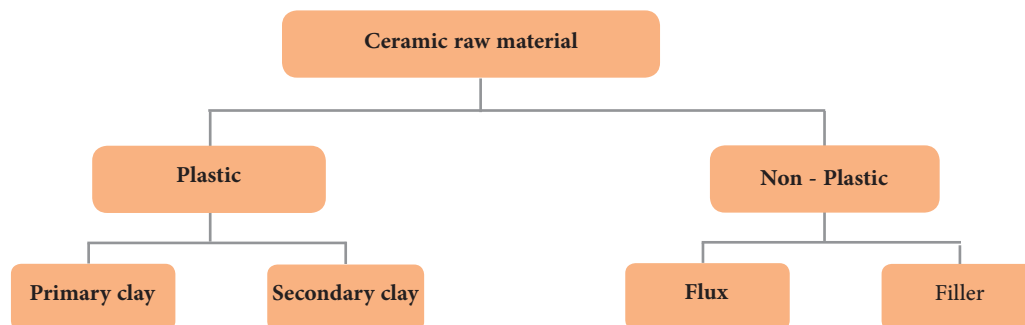
.....



.....

شکل ۱

مواد اولیه مورد استفاده در صنعت سرامیک به دو صورت پلاستیک و غیر پلاستیک وجود دارند.



نمودار ۲

فعالیت کلاسی



- ۱ با توجه به نمودار ۲، خاک کائولن در کدام دسته بندی قرار می گیرد؟
- ۲ گدازآورها در گروه خاک های پلاستیک یا غیر پلاستیک قرار می گیرند؟

Glass

Glass is made by melting inorganic raw materials.

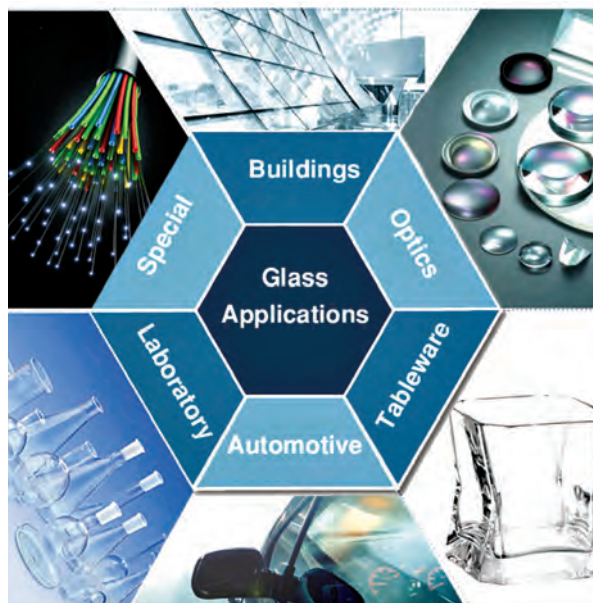


شکل ۳



شکل ۲

Glass has various applications such as buildings, optics, tableware, automotive, laboratory and some other special technical applications.



شکل ۴

با توجه به شکل ۴، واژه‌های معادل را به یکدیگر ربط دهید.

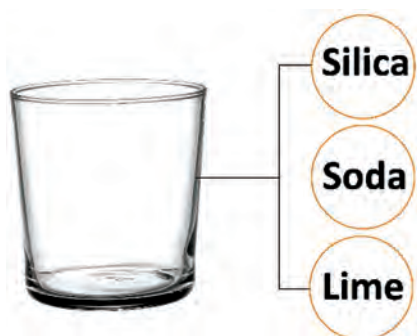
Laboratory glass	•	•	شیشه نوری
Building glass	•	•	شیشه آزمایشگاهی
Tableware glass	•	•	شیشه خودرویی
Automotive glass	•	•	شیشه ساختمانی
Optics glass	•	•	شیشه ظروف

فعالیت کلاسی



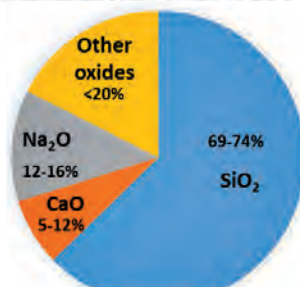
Soda-lime glass

The most commercial glass is soda-lime glass. This type of glass is produced by melting raw materials such as Soda, lime and Silica. Soda is a source of sodium oxide. Lime is a source of calcium oxide. Silica is a source of silicon dioxide.



شکل ۵

Chemical composition of soda-lime glass



نمودار ۳



گزینه صحیح را انتخاب کنید.

1- Which one is the formula for sodium oxide?

SiO_2 ☐

Na_2O ☐

CaO ☐

2- Which one can be provided from quartz?

SiO_2 ☐

Na_2O ☐

CaO ☐

3- Which one can be provided from lime?

SiO_2 ☐

Na_2O ☐

CaO ☐

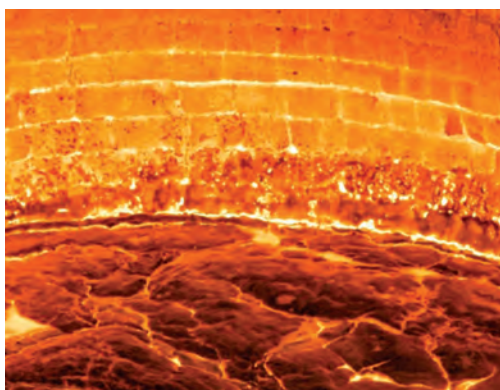
Refractory / Refractories

Refractories are nonmetallic materials. They can withstand high temperatures without changing in physical and chemical properties. The refractoriness of a material shows the range of temperatures that it can be used.



Ladle for molten steel

شکل ۷



Refractory bricks in contact with molten steel

شکل ۶

صحیح یا غلط بودن جمله زیر را مشخص کنید.

A refractory brick has a low melting temperature.

True ☐

False ☐

Refractories can protect shells from high temperatures, corrosion and erosion.

True ☐

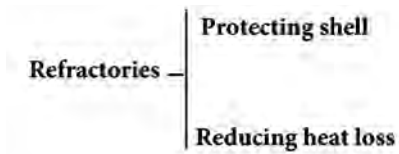
False ☐



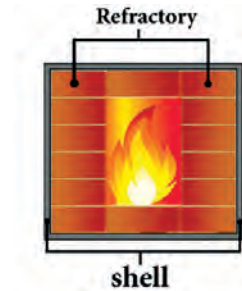
شکل ۸



In addition, refractories reduce heat loss and energy consumption.



نمودار ۴

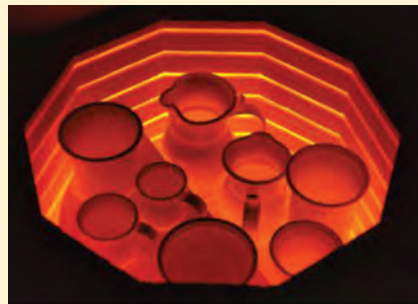


شکل ۹

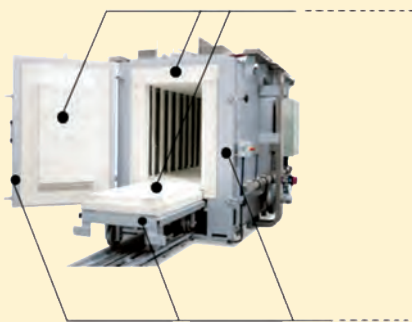
جاهای خالی را با کلمات داده شده پر کنید.

Refractory, Refractories, shell

Firing ceramics without.....is not possible. We must cover the.....of kiln with.....



شکل ۱۰



شکل ۱۲



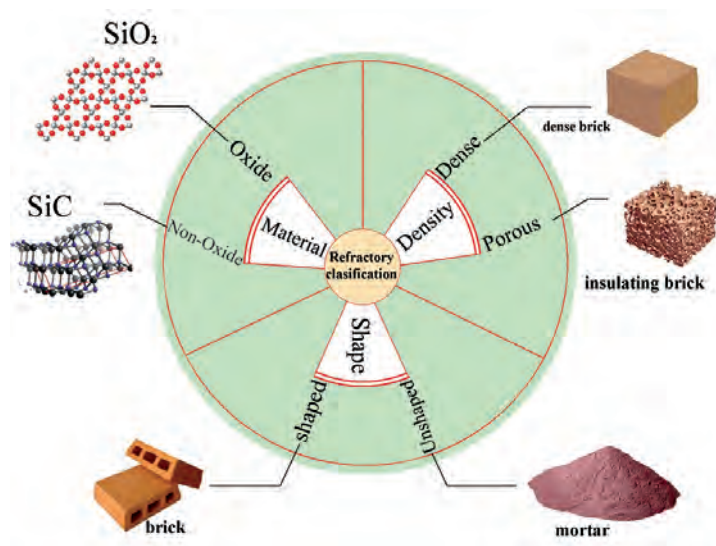
شکل ۱۱

فعالیت کلاسی



Refractories are produced in special shapes for various industries. Usually we can classify refractories in different ways. For example, we can classify them according to their physical and chemical properties like shape, density and the kind of material used.

معادل فارسی واژه‌های زیر را بنویسید.



شکل ۱۳

جدول ۱

Oxide	
Non - oxide	
Dense	متراکم
Porous	
Shaped	
Unshaped	
Mortar	جرم
Brick	
Insulating brick	آجر عایق
Dense brick	

جاهای خالی را با واژه‌های مشخص شده پر کنید.

Which one of the refractories is dense and which one is porous?



.....

.....

.....

Which one of the refractories is shaped and which one is unshaped?



.....

.....

.....

فعالیت کلاسی



Dense bricks are heavy but insulating bricks are light.



a heavy and dense refractory brick



insulating lightweight refractory brick

شکل ۱۴

جدول زیر را مشابه نمونه تکمیل کنید.

جدول ۲

Refractory	Shape	Density	Material
 Insulating castable	Unshaped	Porous	Oxide
 Insulating brick		Porous	
 Silica brick		Dense	
 Graphite crucible			
 Alumina fiber blanket	Unshaped		Oxides
 Calcium aluminate cement		Dense	Oxides

Melting points of refractories

Usually pure metallic oxides have high melting point but it is not economical to use them. Therefore, we use minerals or combinations of these oxides. Refractory materials are mixtures of different oxides. They have a wide range of melting points depending on the type and percentage of oxides and presence of fluxes.

جدول ٣

Melting point of pure oxides

Material	Formula	Melting point (°C)
Pure magnesium oxide	Pure MgO	2800
Magnesium oxide (90-95)%	MgO (90-95) %	2190
Calcium oxide	CaO	2570
Pure silicon carbide	SiC	2830
Chromium oxide	Cr ₂ O ₃	2138
Pure aluminum oxide	Al ₂ O ₃	2050
Silicon oxide	SiO ₂	1715
Zirconia	ZrO ₂	2700

جدول ٤

Melting point of mixed oxides

Composition	The main oxides present in the composition	Melting point (°C)
Kaolin	Al ₂ O ₃ . SiO ₂	1750-1760
Fire clay	Al ₂ O ₃ . SiO ₂	1500-1775
Mullite	Al ₂ O ₃ . SiO ₂	1920
Cordierite	MgO . Al ₂ O ₃ . SiO ₂	1400-1470
Talc	MgO . SiO ₂	1500
Olivine	MgO . SiO ₂ . Fe ₂ O ₃	1650-1760
Calcium aluminate cement	CaO . Al ₂ O ₃	1600-1800
Chromite sand	Cr ₂ O ₃ . SiO ₂ . Fe ₂ O ₃ . MgO . Al ₂ O ₃	1650-1850



گزینه صحیح را انتخاب کنید.

Which of the following oxides has the highest melting point?

Al_2O_3 ☐

MgO ☐

ZrO_2 ☐

Which of the following materials has the highest melting point?

Mullite ☐

Cordierite ☐

Fireclay ☐

Which of the following materials is a non - oxide?

Talc ☐

SiC ☐

Zirconia ☐

Cement

Do you know how Portland cement is made?



شکل ۱۵

Concrete is a mixture of Portland cement, sand and water. Cement is an adhesion of sand particles.

در تصاویر زیر، جاهای خالی را با معادل فارسی پر کنید.



Concrete

=



sand

+



Portland cement

+



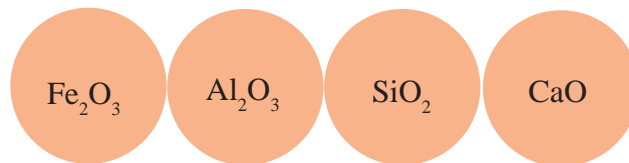
water

Portland cement is a dry and fine powder. It reacts with water and forms a water resistant adhesive material.



شکل ۱۶

Portland cement contains iron oxide, alumina, Silica and calcium oxides



نمودار ۵

Some raw materials like clay, lime and iron rock are mixed to make Portland cement.

جدول ۵

Raw Material	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	LOI*
Lime	50-60	-	-	-	-	40-50
Clay	-	55-65	15-20	8-12	-	<10
Iron Rock	-	<10	<2	90	-	-
Shale	-	50-55	15-20	5-10	-	-
Slag	30-35	30-35	5-10	-	20-15	-

* Loose of ignition

فعالیت کلاسی



با توجه به جدول آنالیز شیمیایی صفحه قبل، منبع تأمین اکسیدهای اصلی جدول ۶ را بنویسید.

جدول ۶

Main oxides	Raw materials
CaO	
Al ₂ O ₃	
SiO ₂	
Fe ₂ O ₃	
MgO	Slag

معادل فارسی واژه‌های زیر را بنویسید.

جدول ۷

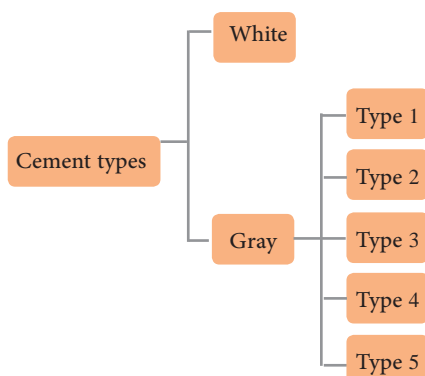
LOI	Raw materials	Clay	Lime	Iron rock	Shale	Slag
افت وزنی با افزایش دما						

فعالیت کلاسی



Classification of Portland cement

Cement is classified according to color into White and Gray. Gray cement has 5 different types for different applications and places where it is used.



نمودار ۶

به سؤال زیر پاسخ دهید.

Which of the below oxides causes Portland cement to be gray?

☐ Alumina

☐ Silica

☐ Iron oxide

☐ Calcium oxide

پرسش

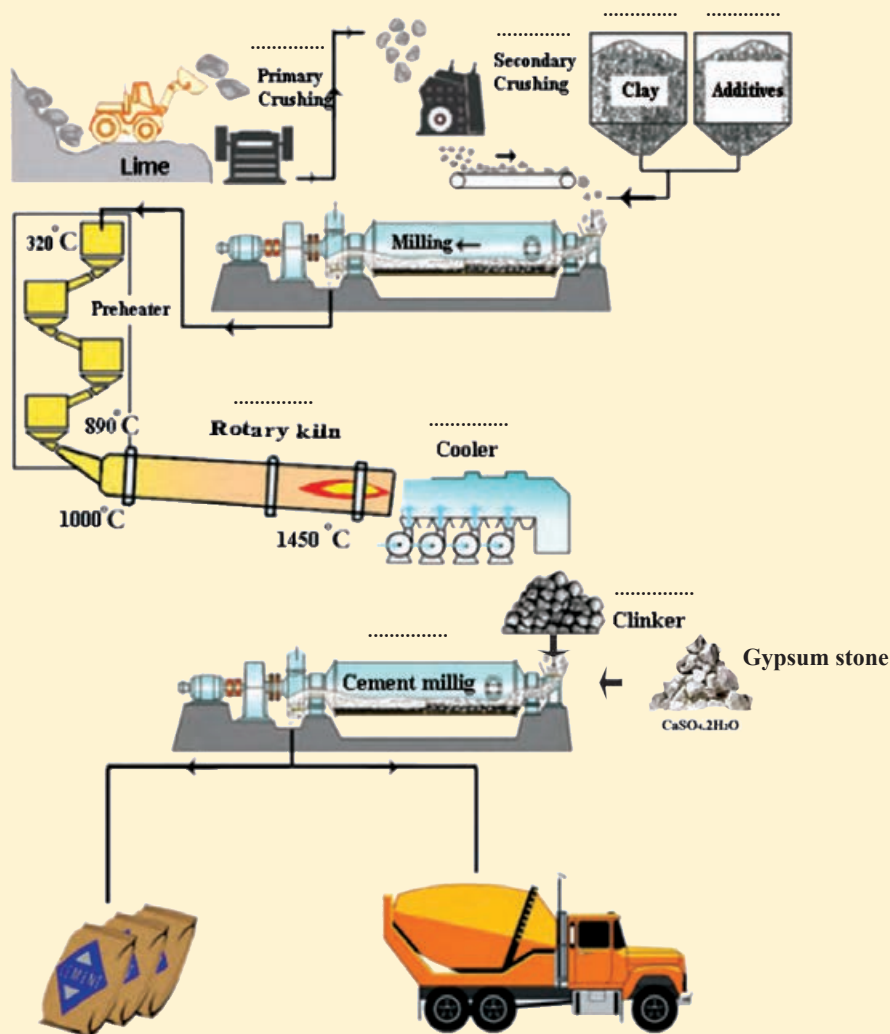


Manufacturing process of Portland cement

During the manufacturing process of Portland cement, after crushing, lime is milled and mixed with other additives like clay, silica, iron rock and other materials. The mixture of raw materials is fed into preheater to be heated and calcined. The preheater is made of cyclones. Next a rotary kiln melts raw materials to form cement clinker. The preheater is made of cyclones. Next a rotary kiln melts raw materials to form cement clinker.

معادل فارسی هر یک از مراحل تولید سیمان را در تصویر زیر بنویسید.

فعالیت کلاسی



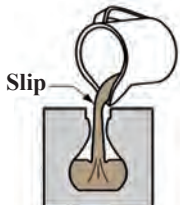



The manufacturing process of Portland cement

شکل ۱۷

Slip casting

Slip casting is a method of shaping ceramics parts. In slip casting a slip (suspension of clay and other solid particles in water) is poured into a porous plaster mold. After a few minutes a layer is formed on the mold's inner surface. Next the slip is drained from the mold. After slip casting the layer shrinks and can easily removed from the mold.

جدول ۸

1.Casting slip	
2.Layer formation in mold	
3.Draining slip	
4.Shaped ceramic part	



An example of a ceramic pottery made by slip casting

Slip casting process

An important step in slip casting is the preparation of slip. The figure 19 shows a typical slip casting process.



شكل ١٩

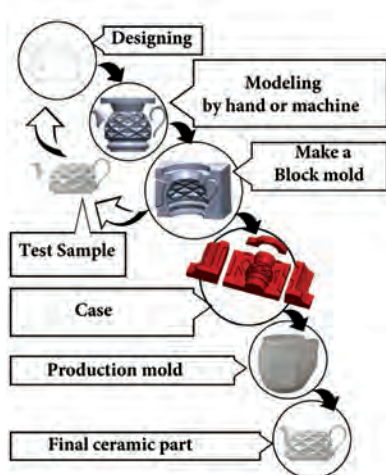
با توجه به نمودار فرایند تولید بدنهٔ سرامیکی به روش ریخته‌گری دوغابی، نام هریک از تجهیزات و وسایل نشان داده شده در جدول ۹ را بنویسید.

جدول ۹

	
.....
	
.....	Magnet
	
.....	Filter press cake

How to make a plaster mold?

جدول ۱۰









شکل ۲۰

Designing	طراحی کردن
Modeling	مدل سازی
Block mold	قالب الگو
Test sample	نمونه آزمایشی
Case	مادر قالب
Production mold	قالب تولید
Ceramic part	قطعهٔ سرامیکی



با توجه به جدول ۱۰ و شکل ۲۰، جاهای خالی را با واژه‌های مناسب انگلیسی پر کنید.

جدول ۱۱

		
.....	Slip casting	.....
		
Ceramic part	Production mold	.....

جدول ۱۲

Some ceramic bodies and the mixture of raw materials

Type	Soft porcelain	Hard porcelain	Sanitary ware	Laboratory china
معادل فارسی	پرسلان نرم	پرسلان سخت	چینی بهداشتی	چینی آزمایشگاهی
Color	white	white	white or semi white	Semi white
Kaolin	35-45	45-55	25-30	60-75
Feldspar	25-35	20-25	25-30	20-30
Silica	25-35	20-30	25-30	10-15
Ballclay	-	-	25-30	-



با توجه به دو نوع خاک کائولن با مشخصات فیزیکی و شیمیایی زیر به سؤالات پاسخ دهید.

جدول ۱۳

Products/ محصولات		ZK2	SZKWNK1
Chemical Analysis %	L.O.I	7±1	9±1
	SiO ₂	73±1	63±1
	Al ₂ O ₃	14.5±0.5	24±1
	Fe ₂ O ₃	0.7±0.1	0.55±0.1
	TiO ₂	0.04±0.01	0.04±0.01
	CaO	4±1	1.2±0.2
	MgO	0.25±0.05	0.55±0.06
	Na ₂ O	0.2±0.05	0.4±0.1
	K ₂ O	0.2±0.05	0.3±0.1
	SO ₄	—	—
Technical Properties	M.O.R(kgf/cm ²)	2-3	30±5
	Peff.Plasticity	—	31±1
	Brightness(1180 °C)	77±3	92±2
	Drying Contraction(110 °C)	3.5	5±0.5
	Firing Contraction(1180 °C)	2.5	3.5±0.5
	Physical Form	Crushed	Noodled
	Moisture	<8	<10
	Packaging	Bulk	Big Bag

۱- کدام کائولن درصد آهن اکسید کمتری دارد؟

۲- کدام خاک سفیدپخت تر است؟

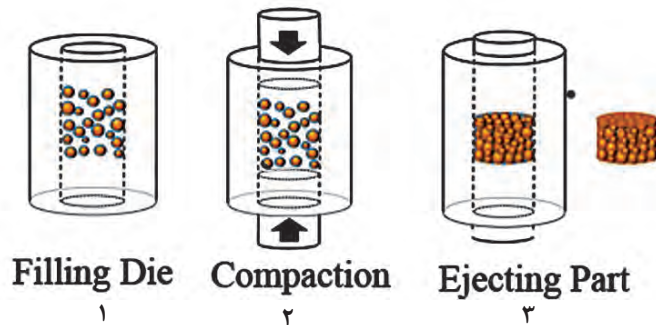
۳- کدام خاک درصد آلومینای بیشتری دارد؟

۴- کدام خاک درصد رطوبت کمتری دارد؟

۵- کدام خاک در بیگ بگ^۱ بسته بندی می شود؟

Ceramic powder pressing

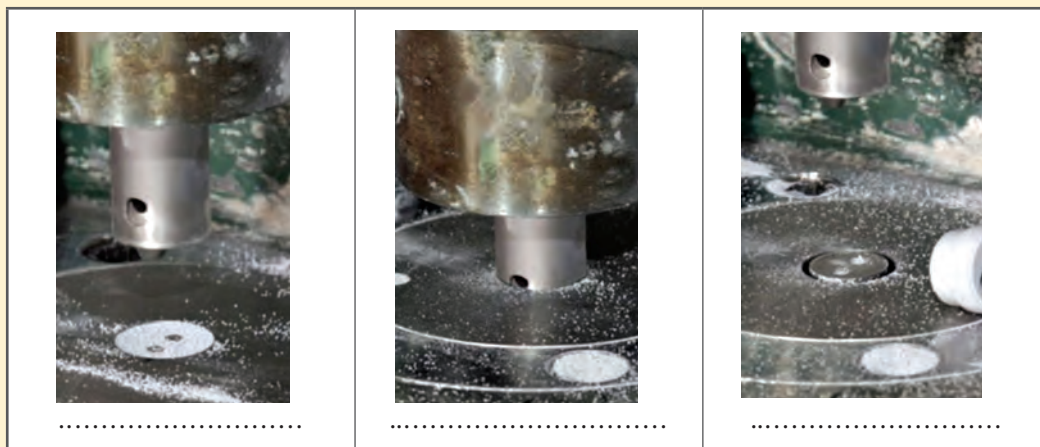
You can press the ceramic powder to shape the ceramic parts in three steps:



شکل ۲۱

با توجه به شکل ۲۱ هر یک از تصاویر زیر مربوط به کدام مرحله از پرس است؟

جدول ۱۴

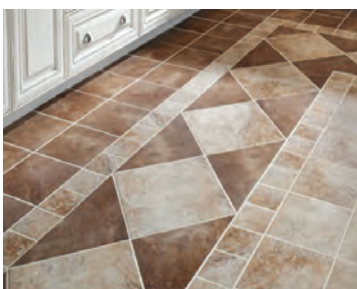


فعالیت کلاسی



Ceramic tile

A ceramic tile is a thin slab generally used for covering floors and walls. According to the application, tiles can be classified into floor, wall and roof types.



Floor tile



Wall tile



Roof tile

شکل ۲۲



با توجه به مشخصات فنی دستگاه زیر، به سؤالات پاسخ دهید.

جدول ۱۵



hydraulic pressing Machine

شکل ۲۳

Main Technical Parameters	
Maximum pressing force	1000 (kN)
Press body net weight	7800 (kg)
Motor power	7.5 (kW)
Over size	3000 × 1880 × 3116 (mm ^۳)
Maximum tile/brick size	800 × 800 (mm ^۲)

۱ وزن کل دستگاه چقدر است؟

۲ حداکثر نیروی قابل اعمال چقدر است؟

۳ قدرت موتور دستگاه چند کیلووات است؟

۴ حداکثر ابعاد آجر یا کاشی قابل تولید با دستگاه چقدر است؟

زیر هر تصویر به انگلیسی بنویسید که به روش پرس پودر یا ریخته‌گری شکل دهی شده است؟



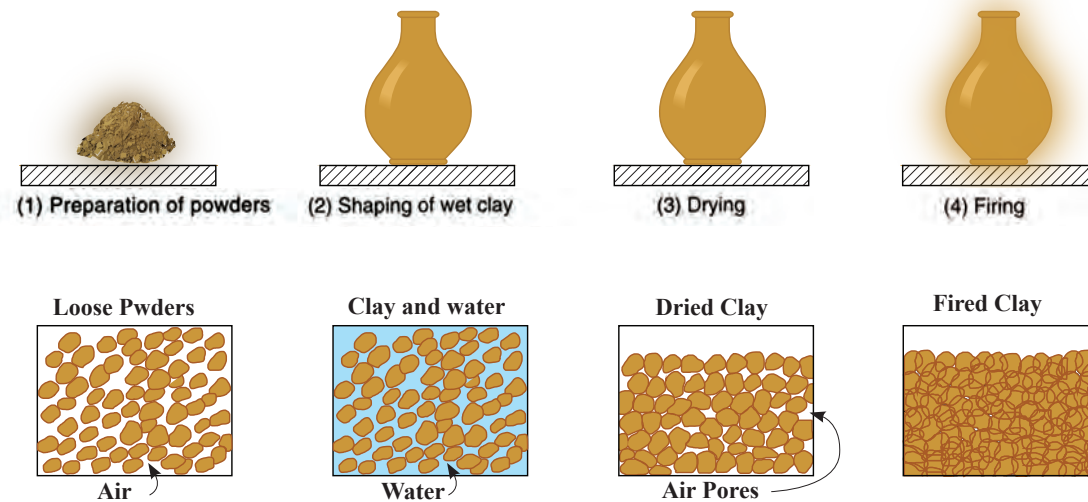






Drying and Firing

Shaped ceramic parts contain a large amount of water. We should remove water by drying and increase the strength of ceramic parts by firing.



شکل ۲۴

The drying temperature is less than 120°C and the firing temperature is more than 900°C .

Ceramic parts shrink after drying and firing.

نکته



شکل ۲۵

معادل فارسی واژه‌های زیر را بنویسید.

Green ceramic part	.....
Dried ceramic part	.....
Fired ceramic part	.....

فعالیت کلاسی





با توجه به مطالب Drying and Firing گزینه مناسب را انتخاب کنید.

Which of the following contains least amount of moisture?

Green body ☐

Dried body ☐

Fired body ☐

Which of the following has the greatest strength?

Green body ☐

Dried body ☐

Fired body ☐

Which of the following requires a higher temperature?

Shaping ☐

Drying ☐

Firing ☐

Which shaping process requires more water?

Slip casting ☐

Powder pressing ☐

Injection molding ☐

کوره یکی از تجهیزات ضروری کارگاه سرامیک است. هنگام خرید کوره باید به مشخصات فنی آن توجه کرد تا مطابق شرایط مورد نیاز باشد. در جدول زیر مثالی از اطلاعات ارائه شده برای یک کوره آزمایشگاهی آورده شده است.

جدول ۱۶



Programmable Furnace

Main Technical Parameters	
Model	K24398
Electrical Requirements	208V, 50.6Hz single phase 240V, 50.5Hz single phase
Temperature Range	Ambient to 1100°C
Temperature Control Stability	±3°C
Power	3.6KW



با توجه به مشخصات فنی کوره، طبق جدول ۱۶ به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱ برای راه اندازی کوره به برق چند فاز نیاز است؟

۲ حداقل و حداکثر دمای کاری کوره چقدر است؟

۳ خطای سیستم کنترل دمای کوره چند درجه است؟

۴ مصرف برق کوره در هر ساعت چقدر است؟

بخشی از دفترچه راهنمای استفاده از کوره K24398 در زیر آمده است، با کمک یک فرهنگ لغت یا جست و جو در اینترنت متن را بخوانید و به سؤالات پاسخ دهید.



Operation

General Notes

1.The insulation consists of a high-quality refractory material which is susceptible

to shock. Take care not to knock against the refractory material when charging the furnace to avoid damage.

2. In order to achieve an even temperature distribution the furnace should be charged in such a way that products have a certain distance from each other and also from the side walls. Koehler offers shelves so that the furnace chamber can be used in the most efficient way possible.

3. If the furnace is charged with a high quantity of products, the heating time may be prolonged considerably.

4. The furnace heating stops when the door is opened and is switched on automatically when the door is closed.

5. Do not open the furnace when it is hot. If the furnace must be opened at high temperatures do this as quickly as possible. Wear personal protective equipment and clothing and provide sufficient room ventilation.

۱ در کدام مورد به نحوه مراقبت از دیرگذاهای کوره اشاره شده است؟

۲ در چه شرایطی کوره در حال کار به طور ناگهانی خاموش می شود؟

۳ در کدام مورد استفاده از تجهیزات ایمنی هنگام کار با کوره مورد تأکید قرار گرفته است؟

برای خشک کردن بدنه های سرامیکی از دستگاه خشک کن استفاده می شود. برای تهیه یک خشک کن اطلاعات فنی آن مورد نیاز است. در جدول زیر اطلاعات فنی یک خشک کن آزمایشگاهی ارائه شده است.

جدول ۱۷



Laboratory Oven

Main Technical Parameters	
Model	WEW-080-SW
Volume Size	72 Liters Laboratory Oven
Interior Size (W*H*D)mm	450*400*400 mm
Exterior Size (W*H*D)mm	700*840*540 mm
Max Shelf Load	25 Kgs
Power Supply	AC220V±10%
Temp. Range	220 °C ±15 °C
Heat Up Time	6 min / 50 °C to 200 °C
Power Watts (KW)	3.0 KW
Gross Weight (Kgs)	65.0 Kgs



با توجه به مشخصات فنی داده شده در جدول ۱۷ به سؤالات پاسخ دهید.

- ۱ حجم خشک کن چند لیتر است؟
- ۲ حداکثر وزن قطعات که می توان در خشک کن قرار داد چقدر است؟
- ۳ محدوده دمای کاری خشک کن چقدر است؟
- ۴ چه مدت زمان لازم است تا خشک کن به دمای موردنظر برسد؟
- ۵ وزن خشک کن چقدر است؟



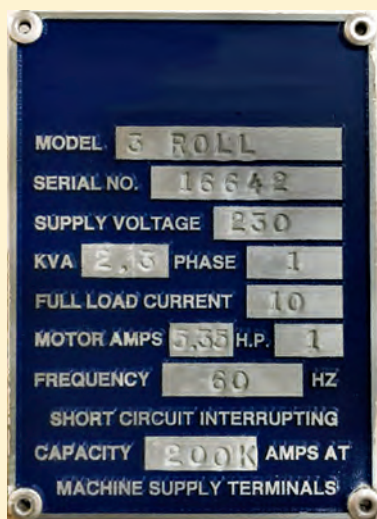
شکل ۲۶

به تصویر روبه رو که نمایشگر یک ترازوی دیجیتال است نگاه کنید و به سؤالات پاسخ دهید:

- ۱ کدام دکمه برای صفر کردن یا پارسنگ کردن استفاده می شود؟
- ۲ حداکثر وزنی که می توان توسط ترازو اندازه گیری کرد چقدر است؟



در شکل ۲۷ پلاک اطلاعاتی یک دستگاه اکسترودر نشان داده شده است، با دقت در شکل به سؤالات پاسخ دهید.



شکل ۲۷

- ۱ ولتاژ تغذیه دستگاه چند ولت است؟
- ۲ دستگاه با برق چند فاز کار می کند؟
- ۳ موتور برق مورد استفاده در دستگاه چند اسب بخار قدرت دارد؟

Safety in the ceramic industry

Dust

Dust contains particles that are less than 10 microns in size. Dust particles are harmful to the lungs. The most hazardous type of dust is silica dust.



شکل ۲۸

اندازه ذرات را براساس واحدهای میکرومتر و میلی متر در جدول بنویسید.

جدول ۱۸

	Particle size (μm)	Particle size (mm)
Human hair		
Dust		
Fine beach sand		

فعالیت کلاسی



Hot surface

The firing of ceramics is done at high temperature. We should not touch the ceramic parts when they are hot. To carry hot crucibles, tongs and insulating gloves are needed.



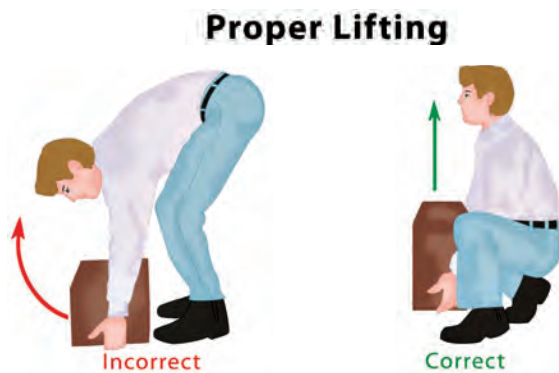
شکل ۳۰



شکل ۲۹

Lifting heavy objects

Try to lift heavy objects correctly.



شکل ۳۱

مطابق نمونه تکمیل شده، شماره مربوط به هر یک از علائم هشدار را بنویسید.

1. Risk of electric shock
2. Noisy area
3. Highly flammable
4. Mind the step
5. Men working overhead
6. Slippery floor
7. Fragile roof
8. Radiation risk

فعالیت کلاسی



جدول ۱۹

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



علامت زیر بر روی یک دستگاه اکسترودر چسباندن شده است. با استفاده از فرهنگ لغات متن خطراتی را ترجمه کنید.



شکل ۳۲

به تصاویر زیر نگاه کنید و برای هر تصویر مشکلات زیست محیطی مربوط را از میان کلمات داده شده انتخاب کنید.

air pollution

noise

chemical
pollution



ج



ب



الف

شکل ۳۳

همان طور که در کتاب تولید شیشه فراگرفته اید هیدروفلوئوریک اسید دارای خطرات زیادی است. با مطالعه متن زیر به سؤالات پاسخ دهید.

جدول ۲۰

Hydrofluoric acid	
	<p>DANGER</p> <p><i>Fatal if inhaled, if swallowed, or in contact with skin. Causes severe skin burns and eye damage. Effects may be delayed. Do not eat, drink or smoke when using this product. May be corrosive to metals. Contaminated skin must be treated with calcium gluconate solution.</i></p>



- ۱ هیدروفلوئوریک اسید چه خطراتی دارد؟
- ۲ هیدروفلوئوریک اسید از چه راه‌هایی به انسان آسیب می‌رساند؟
- ۳ از کدام ماده برای درمان آسیب ایجاد شده بر روی پوست در اثر تماس با هیدروفلوئوریک اسید، نام برده شده است؟

برای کسب اطلاعات فنی می‌توانید به سایت موتورهای جستجو مانند گوگل مراجعه کنید و مراحل زیر را انجام دهید:

- ۱ برنامه مرورگر سیستم عامل خود را باز کنید.
- ۲ آدرس سایت موتور جستجو (در اینجا www.google.com) را در نوار آدرس مرورگر بنویسید.
- ۳ یک یا چند کلیدواژه از مطلب مورد نظر خود را تایپ کنید و دکمه Enter را بزنید تا نتایج نمایش داده شود.

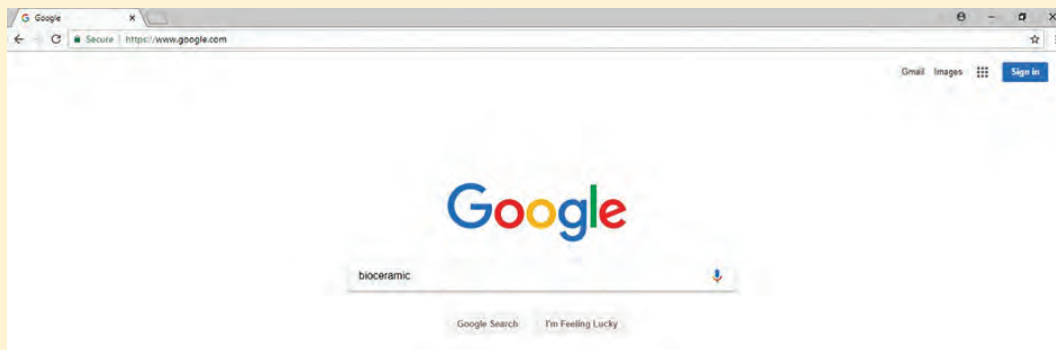
نکته



با جستجو در اینترنت، متون انگلیسی، تصاویر و ویدئوهایی مربوط به کاربرد سرامیک‌ها به عنوان اعضای مصنوعی بدن را پیدا کنید و در کلاس ارائه دهید. برای این کار از کلید واژه‌های زیر استفاده کنید.

- ۱ Bioceramic
- ۲ Ceramic implants

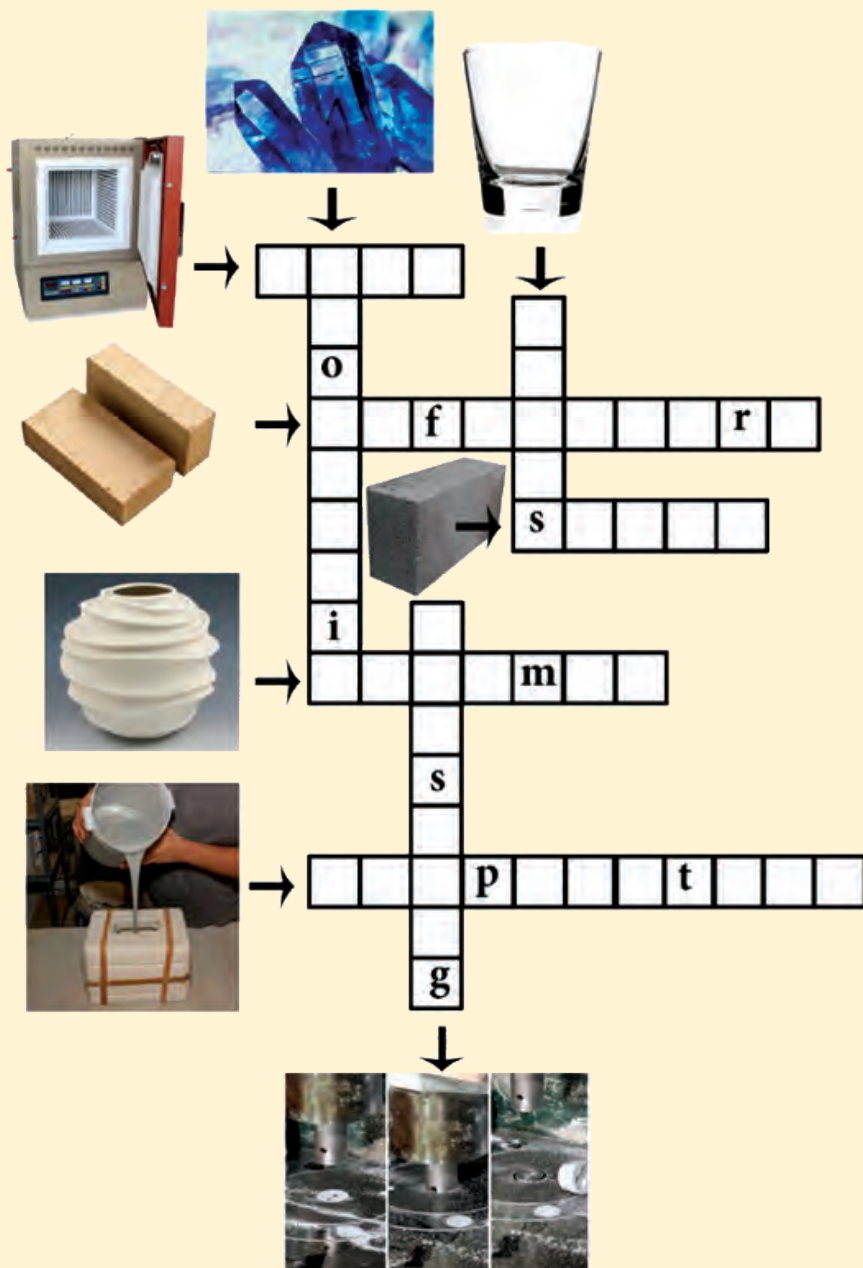
فعالیت کلاسی



شکل ۳۴



با توجه به آنچه آموخته‌اید جدول زیر را تکمیل کنید.



ارزشیابی

پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، دآوری، نمره‌دهی)	نمره
کسب اطلاعات فنی	تحلیل اطلاعات فنی و تعیین فرایند تولید براساس دستورالعمل‌های تجاری و تخصصی به زبان اصلی	تعیین کاربرد مواد اولیه و تجهیزات تخصصی صنعت سرامیک با استفاده از تحلیل و ترجمه دستورالعمل‌ها و کاتالوگ‌ها به زبان اصلی (انگلیسی)	بالاتر از حد انتظار	تشریح و ترجمه فرایندهای مرتبط با رشته و تحلیل یک فرایند تولید در رشته سرامیک	۳
			در حد انتظار	ترجمه و بررسی اصطلاحات و مطالب مرتبط با اطلاعات فنی و تخصصی رشته	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	دسته‌بندی اصطلاحات تخصصی رشته و خواندن متن	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره واحد یادگیری از ۳					
نمره واحد یادگیری از ۲۰					

- ۱ برنامه درسی درس دانش فنی تخصصی، رشته سرامیک، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۳.
- ۲ لعاب‌ها و پوشش‌های شیشه‌ای؛ ریچارد اپلر؛ مترجم: هادی شمس نظری؛ ناشر: دانش ایران؛ سال چاپ: ۱۳۸۲
- ۳ صنعت لعاب‌سازی و رنگ‌های آن؛ مؤلف: محمد عباسیان؛ ناشر: گوتنبرگ؛ سال چاپ: ۱۳۷۲
- ۴ فنون لعاب‌کاری؛ مؤلف: خواکیم - مانوئل خاواریا کلمنت؛ مترجم: سنبل نفریه؛ ناشر: مرکز نشر دانشگاهی؛ سال چاپ: ۱۳۹۱
- ۵ تولید و کنترل رنگ در شیشه؛ سی. آر. بامفورد؛ مترجمین: سعید باغشاهی، علیرضا میرحبیبی، فتح‌اله مضطرزاده؛ ناشر: پژوهشکده صنایع رنگ ایران؛ سال چاپ: ۱۳۸۰
- ۶ محاسبات در سرامیک؛ بیژن افتخاری یکتا؛ شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران؛ شماره درس: ۲۵۱۹؛ سال چاپ: ۱۳۹۱
- ۷ ساخت لعاب زرین‌فام ایرانی براساس کتاب جواهرنامه نظامی؛ سید محمد میرشفیعی، مهدی محمدزاده؛ نشریه هنرهای زیبا - هنرهای تجسمی دوره ۲۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴؛ صفحه‌های ۶۶-۵۹ (مقاله)
- ۸ جوهرهای چاپ دیجیتال؛ مازیار منتظریان؛ یزد - سمینار رفع مشکلات فنی تولید و عیوب محصولات کاشی و سرامیک؛ ۲۸ آبان ۱۳۹۲ (مقاله)
- ۹ Ceramic Materials Processes, properties and applications; philippe Boch and Jean - claude Niepce; ISTE Ltd ۲۰۰۷; HERMED Science Europe Ltd, ۲۰۰۱
- ۱۰ مواد دیرگذار: جerald روتشکا، ترجمه بهزاد میرهادی، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۷۸
- ۱۱ سرامیک‌های دیرگذار: ویژگی‌ها، روش‌های آزمایش، ولفگانگ شوله، مترجم طاهر محمودیان، نشر جانان، ۱۳۷۸
- ۱۲ Goulart, Celso & A. L. Braulio, Mariana & Teider, Bruno & Pandolfelli, Victor. (۲۰۱۶). A critical analysis of anchor spacing in refractory lining design. Refractories Worldforum. ۸. ۹۲-۱۰۲
- ۱۳ ASTM C۲۴, Standard Test Method for Pyrometric Cone Equivalent (PCE) of Fireclay and High Aluminea Refractory Materials.
- ۱۴ ASTM C ۷۱ - ۰۱ Standard Terminology Relating to refractories ۱
- ۱۵ سرامیک برای اهل فن سرامیک، اف اچ نورتن، مترجم شعبانعلی تشکری، ناشر: گویا، ۱۳۷۰
- ۱۶ فن و هنر سفالگری، فائق توحیدی، انتشارات سمت، ۱۳۸۴
- ۱۷ CEMENT INDUSTRY, Output of a Seminar on Energy Conservation in Cement Industry, The Energy Conservation Center (ECC), Japan, ۱۹۹۴
- ۱۸ سیمان، فرایند تولید و تکنولوژی آن، ماهنامه فناوری سیمان (www.cementtechnology.ir)
- ۱۹ CEMENT PRODUCTION, A Publication of Global Asset Protection Services LIC, xl catalin, Hartford, ۲۰۱۵
- ۲۰ An Introduction to Lime, Heritage Skills in Education is supported by the Heritage Lottery Found
- ۲۱ Environmental, Health, and Safety Guidelines for Cement and Lime Manufacturing, World bank group, APRIL ۳۰, ۲۰۰۷

۲۲ مواد و مصالح - مجتبی امیری - ۱۳۹۵

۲۳ www.apmcenter.ir



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

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت‌کننده در اعتبارسنجی کتاب دانش فنی تخصصی – کد ۲۱۲۵۰۸

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	علیرضا کریمیگی	یزد	۴	صادق بختیاری	قزوین
۲	شراره شادان‌فر	یزد	۵	محمد خسروی	فارس
۳	مرجان عزیزی	یزد	۶	پریسا اسدالله‌پور	یزد

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

وبگاه: tvoccd.oerp.ir

دفترتالیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش