

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

راهنمای هنر آموز

خشک کردن و پختن سرامیک ها

رشته سرامیک

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه ای

پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



راهنمای هنرآموز خشک‌کردن و پختن سرامیک‌ها - ۲۱۲۹۱۰

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

ندئ دیده‌ور، ناصر ضیاییان مفید، غلامرضا امامی میبدی، محمدحسن نجاری
(اعضای شورای برنامه‌ریزی)

فرشاد فرشیدفر، الهام صمدبین، سمیرا دادستان، علیرضا ابراهیم‌آبادی، محمدحسن
نجاری، غلامرضا امامی میبدی، ندئ دیده‌ور (اعضای گروه تألیف)

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

جواد صفری (مدیر هنری) - افسانه ابراهیمی (صفحه‌آرا)

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)

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

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

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

خیابان ۶۱ (داروپخش)، تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی:

۳۷۵۱۵-۱۳۹

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

چاپ اول ۱۳۹۷

نام کتاب:

پدیدآورنده:

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

مدیریت آماده‌سازی هنری:

شناسه افزوده آماده‌سازی:

نشانی سازمان:

ناشر:

چاپخانه:

سال انتشار و نوبت چاپ:

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

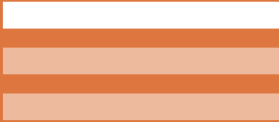


دست توانای معلم است که چشم انداز آینده ما را ترسیم می کند.
امام خمینی (قُدَسَ سِرُّه)

۱.....	فصل اول: بارچینی کوره و خشک کن
۳۵.....	فصل دوم: کنترل و ارزیابی حرارت
۵۷.....	فصل سوم: خشک کردن سرامیک ها
۷۳.....	فصل چهارم: پخت کردن سرامیک ها
۹۷.....	فصل پنجم: آزمون های خشک کردن و پخت سرامیک ها

مقدمه

از الزامات اجرای برنامه درسی، وجود محتوای آموزشی جهت تحقق نیازهای فردی و اجتماعی و اهداف نظام تعلیم و تربیت می‌باشد. با توجه به تغییرات نظام آموزشی که حول محور سند تحول بنیادین آموزش و پرورش انجام شد چرخش‌های جدیدی از وضع موجود به مطلوب صورت پذیرفت. از جمله به نقش معلم از آموزش‌دهنده صرف، به مربی، اسوه و تسهیل‌کننده یادگیری و نقش دانش‌آموز از یادگیرنده منفعل به فراگیرنده فعال، تربیت‌جو و مشارکت‌پذیر و نقش محتوا از کتاب درسی به عنوان تنها رسانه آموزشی به برنامه محوری و بسته یادگیری (آموزشی) نام برد. بسته یادگیری شامل رسانه‌های متنوعی از جمله کتاب درسی دانش‌آموز، کتاب همراه دانش‌آموز/ هنرجو، کتاب راهنمای تدریس معلم/ هنرآموز، نرم‌افزارهای آموزشی، فیلم آموزشی و پوستر و می‌باشد که با هم در تحقق اهداف یادگیری نقش ایفا می‌کنند. کتاب راهنمای هنرآموز جهت ایفای نقش تسهیل‌گری، انتقال‌دهنده و مرجعیت هنرآموز در نظام آموزشی برای هر کتاب درسی طراحی و تدوین شده است. در این رسانه سعی شده روش تدریس کلی و جلسه به جلسه به همراه تجهیزات، ابزارها و مواد مصرفی مورد نیاز هر جلسه، نکات مربوط به ایمنی و بهداشت فردی و محیطی آورده شود. همچنین نمونه طرح درس، تبیین پیچیدگی‌های یادگیری هنرجویان، هدایت و مدیریت کارگاه و کلاس در هنرستان، راهنمایی و پاسخ



فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها، بیان شاخص‌های اصلی جهت ارزشیابی شایستگی و ارائه بازخورد، اشاره به اشتباهات و مشکلات رایج در یادگیری هنرجویان و روش سنجش و نمره‌دهی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت و ارگونومی، منابع مطالعاتی، نکات مهم در فرایند اجرا و آموزش در محیط یادگیری، بودجه‌بندی زمانی و صلاحیت‌های حرفه‌ای و تخصصی هنرآموزان و دیگر موارد آورده شده است.

امید است شما هنرآموزان گرامی با دقت و سعه صبر در راستای تحقق اهداف بسته آموزشی که با کوشش و تلاش مؤلفین گرانقدر تدوین و تألیف شده موفق باشید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

فصل اول

بارچینی کوره و خشک کن

بارچینی کوره و خشک کن

تصویر ورودی: شکل انتخاب شده برای معرفی پودمان بارچینی کوره و خشک کن دارای نکات قابل توجهی است. شرایط سطح واگن تمیز، تراز و صاف بوده و برای قفسه‌بندی و چیدمان محصولات مناسب است. پایه‌ها نسبت به لبه فاصله مناسبی دارد. فواصل بین ظروف به صورت مساوی و یکسان است. این نکات فنی به همراه دیگر مهارت‌های لازم در مبحث چیدمان در این پودمان به صورت کامل آموزش داده می‌شود. هنرجو با اجزای قفسه‌بندی و نحوه استفاده از آنها آشنا می‌شود.



پودمان با تصاویری (شکل ۱) از قفسه‌بندی در فروشگاه، دکوراسیون منزل و ظروف در آشپزخانه آغاز شده است تا هنرجو با دقت در این تصاویر به اهمیت قفسه‌بندی و نظم در موارد گوناگون پی ببرد. دلایلی مانند ایجاد نظم، تفکیک قطعات، عدم چیدمان بیش از حد قطعات روی یکدیگر، مراقبت از اشیاء و دسترسی راحت‌تر قطعات مواردی است که هنرجو لازم است به آنها اشاره کند.



ج) قفسه بندی وسایل آشپزخانه



ب) قفسه بندی کتاب‌ها



الف) قفسه بندی محصولات در فروشگاه

در تصاویر شکل ۲ در چیدمان بدنه‌های سرامیک داخل کوره، مانند تصاویر شکل ۱ از قفسه‌بندی استفاده شده است تا قطعات به صورت منظم و با فاصله مشخصی از یکدیگر قرار گرفته باشند. لازم به ذکر است که هنرجو باید به تفاوت در نحوه قرارگیری ظروف روی یکدیگر نیز اشاره کند. در پخت بیسکویت امکان تماس بین قطعات وجود دارد به عنوان مثال بشقاب‌هایی که بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند یا قطعه‌ای که داخل کاسه‌ای بزرگ قرار گرفته است. در حالی که در پخت قطعات لعاب‌خورده امکان تماس بین قطعات وجود ندارد زیرا قطعات لعاب‌خورده در کوره به یکدیگر می‌چسبند که دلیل آن ذوب شدن لعاب‌ها و جوش خوردن آنها به یکدیگر است.



ب) قفسه‌بندی کوره برای پخت قطعات لعاب‌خورده



الف) قفسه‌بندی کوره برای پخت قطعات بیسکویت

صفحه ۴

فکر کنید



دلیل انتخاب فولاد زنگ نزن یا چوب برای استفاده در قفسه‌بندی قطعات در خشک کن چیست؟

رطوبت و حرارت در کنار یکدیگر دو عامل اصلی در ایجاد خوردگی و زنگ‌زدگی فولاد است. بنابراین در این موارد از فولاد زنگ نزن یا چوب استفاده می‌کنند مانند آنچه در سونای بخار نیز به کار گرفته می‌شود. انتخاب نوع چوب در قفسه‌بندی اهمیت دارد. چوب‌هایی مانند نئوپان برای این منظور مناسب نیستند زیرا با جذب رطوبت افزایش حجم پیدا می‌کنند. همچنین به مزیت چرخ‌دار بودن قفسه‌ها در امکان جابه‌جایی آسان‌تر و حمل قطعات از محل تولید و شکل‌دهی به محل خشک‌کن اشاره شود. دلیل استفاده از قفسه‌های مشبک در خشک‌کن‌ها چیست؟

برای ایجاد جریان یکنواخت هوا بین قطعات و در نتیجه ایجاد همگنی دما و رطوبت در فضای داخل خشک کن و بین قطعات از صفحات مشبک استفاده می شود. قطعات در مرحله خشک شدن با از دست دادن رطوبت کاهش حجم و ابعاد پیدا می کنند. در صورت عدم یکنواختی در خشک شدن در قسمت های مختلف قطعات، احتمال ایجاد ترک نیز بیشتر می شود. عامل اصلی در کنترل سرعت خشک شدن قسمت های مختلف قطعات، علاوه بر شکل و جنس قطعه، سرعت جریان هوا است. هرچه سرعت جریان هوا بر سطح قطعه افزایش پیدا کند، خروج رطوبت سریع تر خواهد بود. اگر جریان هوا غیر یکنواخت باشد، خروج رطوبت و سرعت خشک شدن نیز غیر یکنواخت می شود.

صفحه ۴

فعالیت کلاسی



در شکل ۴ چیدمان شماره ۲ و ۳ برای خشک کردن قطعات صحیح است. ولی در صورت بالا بودن درصد رطوبت فقط چیدمان ۲ پیشنهاد می شود چرا که سطوح قطعات در تماس با یکدیگر دیرتر از سطوح آزاد آنها خشک می شود.



همچنین وزن قطعات در چیدمان ستونی می تواند منجر به شکسته شدن قطعات زیرین شود. در چیدمان حالت ۱ نیز امکان خشک شدن قطعات به صورت یکنواخت وجود ندارد و همچنین با چیدمان نامنظم فضای زیادی اشغال می شود.

صفحه ۵

فکر کنید



از تجهیزات استفاده شده در خشک کن برای قفسه بندی قطعات برای پخت در کوره نمی توان استفاده کرد. همان گونه که اشاره شده است دمای کوره بیش از ۹۰۰ درجه سلسیوس و دمای خشک کن کمتر از ۱۴۰ درجه سلسیوس است. هنرجو با تفکر درباره تفاوت خشک کن و کوره و محدوده دمایی آن به این سؤال پاسخ دهد و با توجه به این تفاوت ها به امکان ذوب شدن وسایل خشک کن در کوره اشاره کند. حتی در صورت ذوب نشدن قطعات فلزی در دمای کوره نیز باید تفاوت ضریب انبساط حرارتی فلزات و سرامیک ها نیز در نظر گرفته شود. قطعات و مبلمان کوره باید ضریب انبساط حرارتی نزدیکی به یکدیگر داشته باشند تا از شکسته شدن قطعات جلوگیری شود.

صفحه ۵

فعالیت کلاسی



در این فعالیت هنرجو با دقت در شکل ۵، باید بیان کند که تصویر قسمت ب، چیدمان مناسبی برای چیدن کاسه‌ها و فنجان بدون لعاب است تا قطر پایه‌ها و قطر دهانه‌ها پس از پخت با یکدیگر مساوی شوند. تعداد قطعات خام در چیدمان ستونی باید به گونه‌ای باشد که وزن قطعات بالایی منجر به شکسته شدن قطعات پایین نشود، زیرا استحکام قطعات خام بسیار کم است. تعداد قطعات قابل چیدن بر روی یکدیگر به وزن، شکل و استحکام خام آنها بستگی دارد. همچنین احتمال ریزش قطعات در چیدمان ستونی با افزایش تعداد قطعات افزایش پیدا می‌کند، مانند ستونی از سنگ‌های کوچک است که به سختی پایداری خود را حفظ می‌کند.

صفحه ۶

در تصاویر شکل ۶ و در قسمت الف، چهار عدد پایه کوتاه و یک صفحه نشان داده شده است. قفسه حاصل از این صفحه و پایه‌ها نیز فاصله کمی برای چیدمان ایجاد می‌کند. ولی در قسمت ب ارتفاع پایه‌ها بیشتر است. همچنین از پایه‌هایی با طول‌های مختلف استفاده شده است تا فضاهای ایجاد شده در بین صفحات امکان چیدن انواع محصولات با ارتفاعات مختلف را فراهم سازد. به عنوان مثال بشقاب‌ها ارتفاع کمتری نسبت به کاسه‌ها و لیوان‌ها دارند و پایه‌های استفاده شده برای آنها نیز به نسبت کوتاه‌تر است.



الف) نمونه‌هایی از قطعات مبلمان کوره



ب) قفسه‌بندی و چیدمان محصولات با مبلمان کوره

صفحه ۶

ویژگی مبلمان کوره شامل دیرگدازی، استحکام بالا در دمای بالا و مقاومت به شوک حرارتی است. منظور از دیرگدازی دمای ذوب است. در واقع مبلمان کوره باید دمای ذوب بالاتر از دمای کاری کوره داشته باشد. منظور از استحکام بالا در دمای بالا تحمل بار و نیروی حاصل از وزن قطعات در دمای بالا است. معمولاً مواد سرامیکی در دمای بالا و در دمای نزدیک به دمای ذوب خمیری شده و نرم می‌شوند. در صورت اعمال نیرو در دمای بالا محصولات سرامیکی دچار تغییر شکل می‌شوند. به این ویژگی در مبلمان کوره دقت شود زیرا تحت نیرو و دمای بالا کار می‌کنند. منظور از مقاومت به شوک حرارتی نیز شکسته نشدن بر اثر تغییرات ناگهانی دما است. مبلمان کوره مرتباً در هوای سرد بیرون از کوره قفسه‌بندی شده و وارد کوره می‌شوند. قبل از سرد شدن کامل کوره نیز از آن خارج می‌شوند. این فرایند برای مبلمان کوره بارها و بارها در طول روز تکرار می‌شود. بنابراین هرچه مقاومت به شوک حرارتی بیشتر باشد امکان استفاده مکرر از مبلمان کوره نیز وجود خواهد داشت. مبلمان کوره جزء محصولات دیرگداز محسوب می‌شود و مطالعه‌ی خواص آنها نیز نیاز به دانش در حوزه‌ی مواد و محصولات دیرگداز دارد. برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توانید به پودمان چهارم کتاب دانش فنی تخصصی نیز مراجعه فرمایید.

صفحه ۷

فعالیت کارگاهی



از خردایش و الک کردن آجرهای نسوز مانند آجر شومینه می‌توانید برای تهیه شاموت دانه‌بندی شده مناسب و ساخت قطعه دیرگداز استفاده کنید. با توجه به پایین بودن دمای کوره‌های کارگاهی می‌توانید به اختیار و صلاحدید خود مقداری مواد گدازآور مانند خاک رس قرمز نیز به آن بیافزایید. معمولاً شاموت صنعتی دمای ذوب بالاتری نسبت به شاموت آجر شومینه دارد و این امکان وجود دارد که استحکام پس از پخت مناسبی حاصل نشود. بازیافت آجرهای معمولی ساختمانی نیز به دلیل شباهت رنگ امکان‌پذیر است. در این حالت دلیل عدم استفاده از شاموت صنعتی برای هنرجویان بیان شود تا متوجه دلیل عدم امکان ساخت آجر و قطعه شاموتی با امکانات کارگاهی موجود شوند. پیشنهاد می‌شود که در صورت استفاده از شاموت با دیرگدازی بالا، از کارخانجات ساخت دیرگداز یا سرامیک برای پخت قطعات یاری بگیرید.

هدف از افزودن تالک نیز علاوه بر کاهش دمای ذوب بچ، تشکیل فاز کوردیریت است که به شوک‌پذیری قطعه کمک می‌کند.

مقدار آب مورد نیاز بسته به نوع کائولن و ترکیب آمیز متفاوت است. می توانید مرحله به مرحله آب اضافه کنید و در صورت پلاستیسیته نامناسب نیز مقدار کائولن را افزایش دهید. پس از اتمام کار هنرجو را راهنمایی کنید تا آمیز را در کیسه بریزد و در آن را محکم ببندد. مطمئن شوید کیسه پاره نباشد.

صفحه ۹

در انتخاب صفحه و پایه باید دقت شود استحکام در دمای بالا بسیار کاهش پیدا می کند. بنابراین احتمال خم شدن صفحه تحت نیروی وزن قطعات در دمای بالای کوره وجود دارد.

سطح تماس و اتکای پایه ها و صفحات تا جای ممکن باید زیاد باشد تا قفسه بندی مبلمان پایدار بماند. ممکن است در هنگام باز کردن کوره، لرزش های حاصل باعث ریزش قفسه شود.

دمای قابل تحمل مبلمان کوره باید حداقل ۱۵۰ درجه سلسیوس بالاتر از دمای کاری کوره باشد.

صفحه ۱۰

صفحات از هر جنسی و در هر ابعاد و ضخامتی می توانند تهیه شوند. پیشنهاد می شود ابعاد صفحات متناسب با کوره باشد تا نیازی به بریدن و شکستن آنها نباشد.

فعالیت کارگاهی



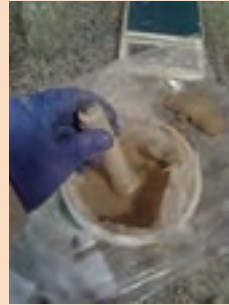
صفحه ۱۱

برای انجام این فعالیت می توانید از ظرف ماست و لوله های پلیمری یا ظروف نمونه ظروف پت (Pet) به عنوان قالب برای ساخت صفحه یا پایه استفاده کنید. در این حالت از کیسه برای پوشاندن جداره داخلی قالب ها استفاده کنید تا به جداسازی و خارج کردن قطعه از قالب کمک کند. استفاده از ظرف ماست به عنوان قالب از این نظر مناسب است که کف آن مشابه ساگار است. ابتدا ظرف را تمیز کرده و سپس با یک لایه کیسه نازک بپوشانید. پس از ریختن و کوبیدن بچ مدتی آن را در فضای کارگاهی قرار دهید تا استحکام آن افزایش یابد. سپس با کشیدن و حرکت دادن آرام کیسه، کل قطعه را از داخل ظرف ماست خارج کنید. به همین ترتیب از لوله های پلیمری نیز برای ساخت پایه می توانید استفاده کنید.



صفحه ۱۱:

ساخت صفحه شاموتی



خارج کردن قطعه از ظرف ماست

کوبیدن در داخل ظرف ماست

استفاده از ظرف ماست به عنوان قالب وهاون برای کوبیدن جرم شاموتی



۴



۳



۲



۱



۸



۷



۶



۵

صفحه ۱۱:

استفاده از ظرف پلیمری برای ساخت قالب پایه

استفاده از پایه‌های توخالی به عنوان میلمان کوره بسیار معمول تر از پایه‌های

توپر است. زیرا جرم کمتری در کوره

بارگذاری می‌شود و مصرف انرژی را

کاهش می‌دهد. هرچه جرم مواد داخل

کوره بیشتر باشد انرژی بیشتری برای

افزایش دما نیاز است.



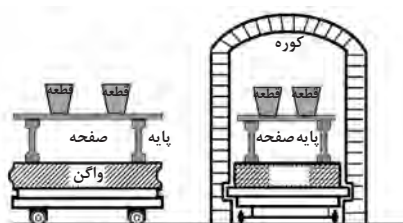
صفحه ۱۲:

متصل کننده‌ها به عنوان رابط برای بیم‌های نگه دارنده استفاده می‌شوند. بیم‌ها از داخل مجاری این رابط‌ها عبور کرده و ثابت می‌شوند.



صفحه ۱۵ شکل ۲۵:

در این شکل واگن و مبلمان کوره از دو وجه نشان داده شده است. واگن شامل چرخ‌هایی است که بر روی ریل قرار گرفته و حرکت می‌کنند، پایه‌ها و صفحات برای قفسه‌بندی روی واگن‌ها و چیدن قطعات استفاده شده است. این مجموعه وارد کوره می‌شود و پس از تکمیل فرایند پخت از آن خارج می‌گردد. کوره می‌تواند تونلی باشد به گونه‌ای که واگن‌ها از یک سو وارد و از سوی دیگر خارج شوند. همچنین می‌تواند شاتلی باشد به صورتی که ابتدا در کوره باز شده و واگن‌ها وارد کوره شوند. سپس در کوره بسته شده و فرایند پخت انجام می‌شود. پس از تکمیل فرایند پخت مجدد در کوره باز شده و واگن‌ها از داخل کوره خارج می‌شوند. در شکل ۲۵ کوره از نوع واگنی شاتلی است.



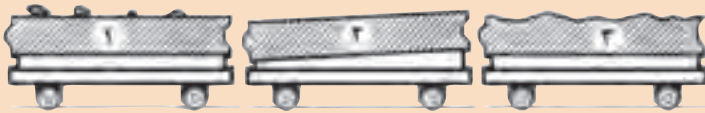
شکل ۲۵- کوره واگنی با مبلمان و قطعه



صفحه ۱۶:

در تصویر شماره ۱ شکل ۲۷ وجود قطعات شکسته و زائد می تواند منجر به کج شدن و ناپایداری پایه ها و مبلمان شود. بنابراین سطح واگن باید از هرگونه قطعات شکسته که می تواند به دلیل شکسته شدن قطعات یا مبلمان کوره باشد، پاک شود.

در صورت چیدمان مبلمان و محصولات کوره بر روی این واگن ها (شکل ۲۷) چه مشکلاتی ایجاد می شود؟



شکل ۲۷

در تصویر شماره ۲ شیب دار و عدم تراز بودن سطح واگن به شیب دار شدن مبلمان و امکان ریزش آن در کوره منجر می شود. با توجه به مساوی بودن ارتفاع پایه ها، صفحات مبلمان کوره نیز در صورت عدم تراز بودن سطح واگن، کج می شوند.

در تصویر شماره ۳ ناصافی سطح نیز از قرار گرفتن پایه ها به صورت عمودی و موازی نسبت به یکدیگر ممانعت می کند.



صفحه ۱۶:

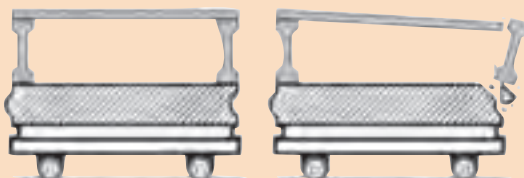
در ساخت واگن نباید از دیرگذاهای متخلخل مانند آجرهای عایق استفاده کرد. در صورت بالا بودن دما نیز باید تا جایی که ممکن است در محل قرارگیری پایه ها از دیرگذاهای متراکم استفاده کرد و در قسمت های دیگر که هیچ گونه باری تحمیل نمی شود از آجرهای عایق استفاده شود.



صفحه ۱۷:

با توجه به شکل ۲۹ قرار دادن پایه در لبه واگن باعث ایجاد ناپایداری در مجموعه شده و احتمال افتادن مبلمان و ریزش قطعات با شکسته شدن لبه واگن بیشتر می شود چرا که لبه واگن استحکام کمتری نسبت به جاهای دیگر آن دارد.

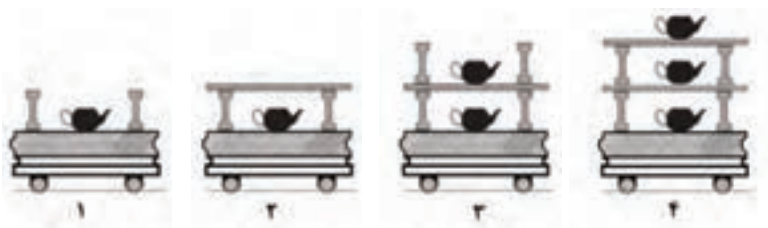
برای حل این مشکل باید پایه ها را با فاصله مناسبی معادل ۵ تا ۲۰ سانتی متر نسبت به لبه ها قرار داد.



شکل ۲۹

صفحه ۱۷ شکل ۳۱:

در مراحل قفسه بندی مبلمان کوره امکان دارد مبلمان کوره باز و بسته نشود و برای افزایش سرعت تولید، مبلمان کوره با پیش فرض مشخص و با توجه به ابعاد محصول، قفسه بندی شده و فقط قطعات در هر مرحله چیده شده و برداشته شوند. در این کتاب با توجه به لزوم رعایت تمام نکات فنی، باید رعایت اصول قفسه بندی آموزش داده شود.



شکل ۳۱

فعالیت کلاسی



شکل ۳۷

صفحه ۱۹:

با دقت در تصویر به این نکته پی می برید که صفحات کانال دار هم راستا با بیم ها بوده که نادرست است. در این حالت احتمال شکسته شدن کانال ها و ریزش کل مبلمان کوره وجود دارد. راستای کانال صفحات باید همواره عمود بر راستای بیم ها باشد.



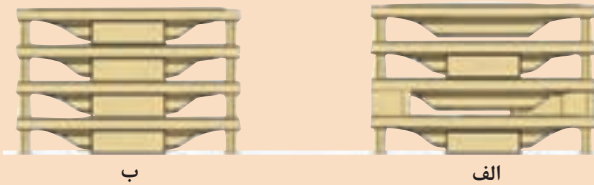
صفحه ۲۰:

مزایای استفاده از پایه‌های توخالی و صفحات کانال‌دار، سبک کردن مبلمان کوره و کاهش جرم آن برای کاهش مصرف انرژی است. هرچه جرم مبلمان کوره بیشتر باشد، برای افزایش دمای آن انرژی بیشتری مصرف می‌شود. معایب استفاده از پایه‌های توخالی و صفحات کانال‌دار برای سبک کردن مبلمان کوره عبارت است از امکان کاهش استحکام و افزایش احتمال شکسته شدن و ریزش مبلمان کوره.



صفحه ۲۴:

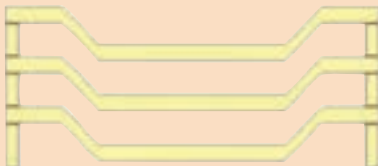
برای چیدمان سترهای بدون پایه نیز باید به هم راستا بودن پایه‌ها دقت کرد. با توجه به این نکته چیدمان نشان داده شده در شکل ب صحیح است.



شکل ۴۵



با توجه به تصاویر شکل ۴۷ اگر عمق ستر بیشتر از ارتفاع پایه باشد برای ایجاد فاصله بین کف و سطح زیرین اولین ستر می‌توان از یک قطعه سرامیکی اضافی ولی از جنس سترها استفاده کرد. دلیل لزوم ایجاد فاصله بین کف ستر و کف کوره آزاد بودن سطح ستر برای انبساط است. با توجه به متفاوت بودن جنس سترها و جنس کف کوره، انبساط حرارتی آنها نیز متفاوت بوده و باید از سطح تماس بین آنها کاسته شود.



شکل ۴۷

نکته



صفحه ۲۶:

فرض کنید کوره الکتریکی استوانه‌ای شکلی دارید که در آن از قسمت فوقانی باز می‌شود. در این حالت نیز باید کاشی‌ها را خارج از کوره در چنگک بچینید و مجموعه را داخل کوره بگذارید. در صورتی که چنگک یکپارچه باشد، حمل مجموعه و گذاشتن آن داخل کوره بسیار آسان‌تر خواهد بود. پس از اتمام پخت نیز برداشتن مجموعه یکپارچه آسان‌تر و بدون جداشدن اجزا و ریزش کاشی‌ها انجام‌پذیر است.

کنجکاوی



صفحه ۲۷:

هنرجو با بررسی قطعات سرامیکی لعابدار مانند بشقاب و کاسه باید دقت کند که پایه و محل اتصال آنها با کف لعاب نخورده باشد. چنانچه محل قرارگیری بشقاب بر روی کف کوره لعاب خورده باشد، پس از پخت لعاب بشقاب به کف کوره می‌چسبد، زیرا لعاب در مرحله پخت ذوب شده و می‌تواند تمام اتصالات را به یکدیگر جوش دهد.

دانش‌افزایی



با توجه به طیف وسیع و گسترده مبلمان کوره از لحاظ شکل و ترکیب شیمیایی، شرکت‌های سازنده کوره‌های پخت براساس سیکل پخت، دمای پخت و میزان حجم مورد نیاز برای چیدمان محصولات مختلف با ابعاد گوناگون و نیز نوع بدنه تولیدی اقدام به طراحی قطعات مبلمان کوره می‌کنند. قطعات مبلمان کوره معمولاً گران و در مقابل ضربه‌های مکانیکی و تنش‌های حرارتی آسیب‌پذیر می‌باشند و ضروری است که اپراتورهای کوره از ویژگی‌های فنی این قطعات آگاهی کامل داشته باشند. قطعات مبلمان به‌طور عمده از بدنه‌هایی با جنس مولایت، کوردیریت یا سیلیکون کارباید با باند نیترا ته ساخته می‌شوند. این نوع از قطعات معمولاً دارای مقاومت بسیار خوبی در برابر دما، گازهای محیطی خورنده در داخل کوره و شوک حرارتی هستند. از قطعات سیلیکون کارباید در صورت نیاز به انتقال حرارتی بالا و استحکام مطلوب در دماهای بالا و همچنین جلوگیری از پوسته شدن (Spalling Resistance) و مهم‌تر از همه مقاومت به شوک حرارتی در چیدمان واگن‌های کوره استفاده می‌شود.

انواع محصولات (SiC)

۱ Oxide Bonded Silicon Carbide - OSiC

صفحات OSiC به‌طور عموم در صنایع چینی و محصولات سرامیکی با دمای پخت کمتر از ۱۴۵۰ درجه سلسیوس استفاده می‌شوند. این محصولات SiC دارای

ضریب هدایت حرارتی بالا بوده (تقریباً ۱۰ برابر مولایت) که باعث می‌شود حرارت قسمت‌های مختلف کوره به‌صورت مطلوب‌تر به قطعات برسد.

۲ Nitride Bonded Silicon Carbide - NiSiC

این نوع محصولات نسوز نسبت به محصولات نسوز OSiC دارای مقاومت مطلوب در برابر اکسیداسیون و همچنین شوک حرارتی و مقاومت مکانیکی بالاتری هستند. حداکثر دمای کاربردی این محصولات ۱۴۵۰ درجه سلسیوس در سیکل پخت طولانی‌تر است.

۳ Reaction-Bonded Silicon Carbide - Si-SiC

این نوع محصولات دارای تخلخل در حد صفر بوده و در نتیجه ضریب هدایت حرارتی آن بیشتر از ۲ برابر محصولات نسوز OSiC است. مقاومت مکانیکی آن نیز بیش از ۵ برابر محصولات OSiC است. همچنین از دیگر خواص این محصولات مقاومت شیمیایی بالا و مقاومت در برابر سایش است. بیشینه دمای کاربردی این محصولات نسوز ۱۳۵۰ درجه سلسیوس است.

۴ Recrystallized Silicon Carbide - RE-SiC

از مشخصه‌های منحصر به فرد این محصولات استفاده تا دمای ۱۶۰۰ درجه سلسیوس است. درجه خلوص بالای محصولات نسوز RE-SiC با ترکیب ۹۹٪ SiC برای پخت مواد اولیه یا محصولات مناسب است که باید در محیط پخت هیچ نوع ناخالصی نباشد.

چیدمان ظروف خانگی

با توجه به ضخامت کم ظروف خانگی، تمایل به تغییر شکل در برخی از بدنه‌های چینی استخوانی و پرسلان‌ها زیاد است.

– نحوه چیدمان ظروف خانگی ارتن ور: دمای پخت بیسکوییت بدنه‌های ارتن ور بالاتر از دمای پخت لعاب است ولی به دلیل زجاجی شدن محدود این بدنه‌ها و مقدار کم فاز مایع این بدنه‌ها حتی در پخت بیسکوییت نیز تمایل بسیار زیادی به تغییر شکل ندارند. ظروف ارتن ور در پخت بیسکوییت معمولاً در حدود ۱۲ تا ۱۵ عدد (براساس وزن قطعات) به‌صورت افقی به روی هم قرار داده می‌شوند. معمولاً ظروف گود به روش لبه به لبه قرار داده می‌شوند. در پخت لعاب بدنه‌های ارتن ور از روش افقی یا عمودی استفاده می‌شود و برای ممانعت از اتصال آنها به یکدیگر از چنگک، سه پایه، انگشتانه یا سیخک استفاده می‌شود.

– در ظروف پرسلان با توجه به دمای پخت بیسکوییت کم در این بدنه‌ها احتمال تغییر شکل کم است و مانند ظروف ارتن ور چیده می‌شوند. ظروف پرسلان در پخت لعاب احتمال تغییر شکل دارند و بنابراین از ساگار استفاده می‌شود.

- در ظروف استخوانی تمایل به تغییر شکل زیادی هنگام پخت وجود دارد. بنابراین در پخت بیسکویت از ساگار استفاده می شود و در داخل ساگار بستری از پودر سیلیسی یا پودر آلومینا به شکل خود قطعه ایجاد می شود تا بستر از تغییر شکل بدنه جلوگیری کند. در پخت لعاب این ظروف نیز از چنگک استفاده می شود.

صفحه ۲۹:

چیدمان آجرها به خصوص در صنایع تولید محصولات دیرگداز حائز اهمیت است. پیشنهاد می شود هنرجویان در کارگاه با استفاده از آجرهای ساختمانی چیدمان صحیح آجرها را در کف کارگاه تمرین کنند. فاصله آجرها از یکدیگر باید یکسان و یکنواخت باشد. تمیز بودن محل اتکای آنها نیز اهمیت دارد و هنرجو باید همواره به این اصل دقت داشته باشد.

صفحه ۳۰:

استفاده از دوغاب آلومینیوم هیدروکسید به عنوان لایه آستر معمول است. از قلم مو برای اعمال این لایه استفاده می شود.



هنرآموزان محترم جهت ارزشیابی می توانند موارد زیر را مورد سنجش قرار دهند:

- ۱ چیدمان آجرها،
- ۲ چیدمان صفحات و پایه ها،
- ۳ چیدمان قطعات بدون لعاب و قطعات لعاب خورده،
- ۴ تمیزکاری کف کوره و بررسی تراز بودن آن،
- ۵ تشخیص اجزای مبلمان کوره.

ارزشیابی نهایی شایستگی کسب مهارت

بارچینی کوره و خشک کن

<p>شرح کار:</p> <p>۱- آماده سازی ابزار و تجهیزات بارچینی کوره و خشک کن</p> <p>۲- چیدمان قطعات داخل خشک کن و کوره</p> <p>۳- کنترل نهایی چیدمان قطعات</p>			
<p>استاندارد عملکرد:</p> <p>انتخاب و نصب مبلمان کوره و خشک کن، چیدن قطعات سرامیکی در خشک کن و کوره براساس شکل، وزن، ابعاد و دمای پخت و نوع و ابعاد و حداکثر دمای کار خشک کن یا کوره</p> <p>شاخص ها:</p> <p>استفاده از تجهیزات حمل کننده دستی و دستگاهی متناسب با نوع قطعات</p> <p>چیدمان صفحات و پایه های نسوز خشک کن و کوره</p> <p>چیدمان صحیح بدنه های داخل خشک کن و کوره</p>			
<p>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</p> <p>مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی</p> <p>ابزار و تجهیزات: خشک کن، کوره برقی و گازی، ابزار و تجهیزات حمل دستی قطعات، تجهیزات حمل کننده دستگاهی قطعات جهت چیدمان، صفحه، پایه نسوز، تجهیزات چیدمان</p>			
<p>معیار شایستگی:</p>			
ردیف	مرحله کاری	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی ابزار و تجهیزات بارچینی کوره و خشک کن	۱	
۲	چیدمان قطعات داخل خشک کن و کوره	۲	
۳	کنترل نهایی چیدمان قطعات	۲	
۴			
۵			
<p>شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</p> <p>دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب</p>			
میانگین نمرات			*

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

ردیف	مراحل کار	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص ها / داوری / نمره دهی)	نمره
۱	آماده سازی ابزار و تجهیزات بارچینی کوره و خشک کن	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: مواد و مصالح چیدمان داخل کوره و خشک کن ابزار و تجهیزات: ابزار و تجهیزات حمل قطعات خشک کن و کوره	آماده سازی ابزار و تجهیزات بارچینی کوره و خشک کن بالاتر از انتظار	آماده سازی بسیار دقیق تجهیزات حمل و چیدمان قطعات	۳
			آماده سازی ابزار و تجهیزات بارچینی کوره و خشک کن قابل قبول	آماده سازی صحیح و دقیق	۲
			آماده سازی ابزار و تجهیزات بارچینی کوره و خشک کن غیر قابل قبول	عدم توانایی در آماده سازی ابزار و تجهیزات	۱
۲	چیدمان قطعات داخل خشک کن و کوره	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: مواد و مصالح چیدمان داخل کوره و خشک کن ابزار و تجهیزات: ابزار و تجهیزات حمل قطعات خشک کن و کوره	چیدمان قطعات داخل خشک کن و کوره بالاتر از انتظار	انجام آزمون انقباض پخت و محاسبه انقباض پخت و کل نمونه و تشریح اهمیت انجام آزمون و کاربرد نتایج آزمون	۳
			چیدمان قطعات داخل خشک کن و کوره قابل قبول	انجام آزمون انقباض پخت و محاسبه درصد انقباض پخت و کل	۲
			چیدمان قطعات داخل خشک کن و کوره غیر قابل قبول	عدم توانایی در انجام یا ناقص انجام دادن آن	۱
۳	کنترل نهایی چیدمان قطعات	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: مواد و مصالح چیدمان داخل کوره و خشک کن ابزار و تجهیزات: ابزار و تجهیزات حمل قطعات خشک کن و کوره	کنترل نهایی چیدمان بالاتر از انتظار	کنترل بسیار دقیق و صحیح قطعات	۳
			کنترل نهایی چیدمان قابل قبول	کنترل نهایی دقیق و صحیح قطعات	۲
			کنترل نهایی چیدمان غیر قابل قبول	عدم توانایی در کنترل نهایی چیدمان قطعات	۱
۴					۳
					۲
					۱
۵					۳
					۲
					۱
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش	ماسک ایمنی، دستکش، کلاه ایمن، لباس کار، کفش ایمنی، مسئولیت پذیری (N۷۲) سطح ۱، مدیریت مواد و تجهیزات (N۶۶) سطح ۱، انتخاب فناوری مناسب (N۴۱) سطح ۱، درستکاری و کسب حلال (N۷۲)	قابل قبول	رعایت همه موارد	۲
			غیر قابل قبول	عدم رعایت نکات ایمنی	۱
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					<input type="checkbox"/> بلی
					<input type="checkbox"/> خیر

چک لیست پیشنهادی جهت ارزشیابی

هنرستان:		رشته:		درس:		پایه:			
پودمان شماره:		واحد یادگیری شماره:		عنوان پودمان:		هنرآموز:			
		شایستگی های غیر فنی		مراحل کار شایستگی های فنی				نتایج فردی	
حداقل نمره قبولی		۲						۲	۱۲
نام و نام خانوادگی هنرجویان		ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی، کار گروهی، اخلاق حرفه ای، نظم، رعایت استانداردها، رعایت الزامات تولید، مسئولیت		۱	۲	۳	۴	۵	۶
				۱	۲	۳	۴	۵	۶
				۱	۲	۳	۴	۵	۶
				۱	۲	۳	۴	۵	۶
				۱	۲	۳	۴	۵	۶
				۱	۲	۳	۴	۵	۶
				۱	۲	۳	۴	۵	۶
				۱	۲	۳	۴	۵	۶
				۱	۲	۳	۴	۵	۶
				۱	۲	۳	۴	۵	۶
				۱	۲	۳	۴	۵	۶
				۱	۲	۳	۴	۵	۶
				۱	۲	۳	۴	۵	۶
				۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱۴									

بودجه بندی

ردیف	پودمان	محتوای قابل ارائه	زمان		نحوه ارائه	مکان
			نظری	عملی		
اول	بارچینی کوره و خشک کن	آماده سازی ابزار و تجهیزات بارچینی کوره	۸	۱۲	کتاب	کلاس کارگاه
		چیدمان قطعات داخل خشک کن و کوره	۱۰	۱۵	درسی تصویر	
		کنترل نهایی چیدمان قطعات	۶	۹	پوستر فیلم	
دوم	ارزیابی و کنترل حرارت	به کارگیری تجهیزات کنترلی مشعل کوره	۲	۶	کتاب درسی تصویر پوستر فیلم	کلاس کارگاه
		روشن کردن انواع مشعل کوره	۲	۶		
		نصب انواع المنت	۳	۹		
		تنظیم مشعل کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات و ابعاد قطعه و پیچیدگی	۸	۱۲		
		تنظیم فشار و چرخه هوایی در کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات، ابعاد قطعه و پیچیدگی	۳	۹		
سوم	خشک کردن سرامیک ها	آماده سازی خشک کن	۲	۸	کتاب درسی تصویر پوستر فیلم	کلاس کارگاه
		انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آمیز متفاوت	۲	۱۲		
		انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه بندی متفاوت	۲	۱۰		
		انجام آزمون بررسی تأثیر برخورد غیر یکنواخت جریان هوا به قطعه	۲	۱۰		
		انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با ضخامت های متفاوت	۲	۱۰		
چهارم	پخت کردن سرامیک ها	آماده سازی کوره برای کوره	۶	۹	کتاب درسی تصویر پوستر فیلم	کلاس کارگاه
		پخت انواع بدنه سرامیکی با ترکیبات مختلف	۶	۹		
		نظارت بر عملکرد کوره تا تکمیل برنامه پخت	۶	۹		
		خارج کردن صحیح قطعات از کوره	۶	۹		
پنجم	آزمون های خشک کردن و پخت سرامیک ها	انجام آزمون انقباض خشک	۳	۹	کتاب درسی تصویر پوستر فیلم	کلاس کارگاه
		انجام آزمون انقباض پخت و کل	۳	۹		
		انجام آزمون استحکام خمشی خام	۳	۹		
		انجام آزمون استحکام خمشی پخت و کل	۳	۹		
		انجام آزمون مقاومت پخت	۳	۹		

طرح درس روزانه

عنوان درس: خشک کردن و پختن سرامیک‌ها		رشته: سرامیک	ساعت آموزشی	
هدف کلی: کسب شایستگی‌های فنی و غیر فنی مهارت خشک کردن و پختن سرامیک‌ها	پایه: دوازدهم	کل: ۶۰ ساعت	هفتگی: ۸ ساعت	
عنوان پودمان: بارچینی کوره و خشک‌کن	پودمان: اول	نوع درس: کارگاهی	تعداد واحد: ۸	
		هنگر آموز:	جلسه: اول	
محتوا				
ردیف	عنوان فعالیت	شرح فعالیت	رسانه آموزشی	زمان (دقیقه)
۱	احوالپرسی و حضور و غیاب	کلاس با سلام و احوالپرسی از هنرجویان و بررسی جو کلاس شروع شده و حضور و غیاب انجام می‌شود.	-----	۱۰
۲	ارزشیابی ورودی	در رابطه با مفاهیم قفسه‌بندی، اهمیت نظم در چیدمان وسایل در فروشگاه‌ها و انبار مواد اولیه و تجهیزات سرامیک از هنرجویان پرسش به‌عمل می‌آید.	کتاب درسی، وایت‌برد، ویدئو پروژکتور، نرم‌افزار، عکس و فیلم آموزشی	۲۵
۳	بیان هدف‌های رفتاری	۱- هنرجو بتواند اهمیت چیدمان در خشک‌کن و کوره را بیان کند و قطعات اصلی مبلمان خشک‌کن و کوره را نام ببرد. ۲- هنرجو بتواند آمیز دیرگداز شاموتی را آماده‌سازی کند.	کتاب درسی، وایت‌برد، ویدئو پروژکتور، نرم‌افزار، عکس و فیلم آموزشی	۲۰
۴	فعالیت‌های آموزشی	۱- پوشیدن لباس کار و ورود به کارگاه ۲- مشاهده و آشنایی با مبلمان خشک‌کن و کوره ۳- بیان تفاوت‌های بین مبلمان خشک‌کن و کوره ۴- آماده‌سازی آمیز دیرگداز شاموتی با راهنمایی هنرآموز	کارگاه، تجهیزات کارگاهی، مواد اولیه مورد نیاز	۲۶۰
۵	ارزشیابی پایانی	آماده‌سازی صحیح آمیز دیرگداز شاموتی مورد ارزشیابی قرار گیرد.	کارگاه، تجهیزات کارگاهی، مواد اولیه مورد نیاز	۳۰
۶	فعالیت‌های پایانی	۱- موارد تکمیلی برای آماده‌سازی آمیز دیرگداز شاموتی و رعایت نکات ایمنی و بهداشت به هنرجو گوشزد شود. ۲- نتایج کارگاه و تعویض لباس	آمیز دیرگداز شاموتی برای ساخت صفحه و پایه برای هفته‌های بعدی فراهم شده است.	۳۰

توضیحات:

توضیحات:

ارزشیابی پیشرفت تحصیلی مبتنی بر شایستگی در آموزش های فنی و حرفه ای

۱- اشاره

ارزشیابی در فرایند توسعه سرمایه انسانی نقش مهمی به عهده دارد، صرف نظر از اینکه در هنرستان انجام شود یا اینکه خارج از برنامه های آموزشی رسمی انجام گیرد و یا در حین شغل یا برای ارزیابی تجارب حاصل در طول زندگی به کار برده شود. ارزشیابی از جمله اجزای مهم یادگیری مادام العمر است، هم برای افراد که به روشی برای ارزشیابی و اهدای گواهینامه معتبر در مراحل مختلف زندگی احتیاج دارند و هم برای مؤسسات مهارت آموزی که در پی ارتقای برنامه های تحرک پذیری ارزشیابی خود هستند تا بتوانند سیاست های آموزش فنی و حرفه ای درازمدت خود را تحقق بخشند.

در اسناد بالادستی و توصیه های بین المللی توجه زیادی به تحول ارزشیابی در نظام آموزشی شده است:

سیاست های کلی ایجاد تحول در آموزش و پرورش ابلاغی از طرف رهبر معظم انقلاب - ۱۳۹۲

- تحول بنیادین شیوه های ارزشیابی دانش آموزان برای شناسایی نقاط قوت و ضعف و پرورش استعدادها و خلاقیت دانش آموزان.
- سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش
- راهکار ۱۹/۲ - طراحی و اجرای نظام ارزشیابی نتیجه محور براساس استانداردهای ملی برای گذر از دوره های تحصیلی و رویکرد ارزشیابی فرایند محور در ارتقای پایه های تحصیلی دوره ابتدایی و رویکرد تلفیقی (فرایند محور و نتیجه محور) در سایر پایه های تحصیلی.

ارزشیابی در برنامه درسی ملی ایران

- به صورت مستمر تصویری روشن و همه جانبه از موقعیت کنونی
- دانش آموز، فاصله او با موقعیت بعدی و چگونگی اصلاح آن متناسب با ظرفیت ها و نیازهای وی ارائه می کند.
- زمینه انتخاب گری، خود مدیریتی و رشد مداوم دانش آموز را با تأکید بر خود ارزیابی فراهم می کند و بهره گیری از سایر روش ها را زمینه ساز تحقق آن می داند.
- ضمن حفظ کرامت انسانی، کاستی های یادگیری را فرصتی برای بهبود موقعیت دانش آموز می داند.
- کاستی های یادگیری را فرصتی برای بهبود و اصلاح نظام آموزشی می داند.

توصیه‌نامه آموزش و تربیت فنی و حرفه‌ای

● برای ایجاد و استفاده از اطلاعات مربوط به پیشرفت‌های یادگیرندگان، باید سیستم‌های سنجش مؤثر و مناسب طراحی شوند. ارزشیابی فرایندهای یاددهی و یادگیری، از جمله سنجش تکوینی، باید با همکاری همه ذی‌نفعان، به ویژه معلم‌ها و مربیان، نمایندگان زمینه‌های حرفه‌ای مورد نظر، سرپرستان و یادگیرندگان انجام شوند. عملکرد کلی یادگیرندگان را باید با استفاده از روش‌های مختلف سنجش، از قبیل خود ارزیابی و در صورت لزوم، ارزیابی توسط هم گروه‌ها مورد سنجش و ارزیابی قرار داد.

توصیه‌نامه سومین کنگره بین‌المللی آموزش‌های فنی و حرفه‌ای

● پشتیبانی انعطاف‌پذیر مسیرهای آموزش و تجمیع آنها، به رسمیت شناختن و انتقال از یادگیری‌های فردی از طریق شفاف‌سازی، استقرار سیستم‌های صلاحیت حرفه‌ای پیامد محور، اقدامات معتبر برای سنجش و ارزیابی، شناسایی و اعتباردهی صلاحیت‌های حرفه‌ای از جمله در سطح بین‌المللی، تبادل اطلاعات و توسعه اعتماد متقابل و همکاری میان تمام ذی‌نفعان مربوطه، تعمیم مکانیسم‌های تضمین کیفیت به صورت یکپارچه به تمام قسمت‌های سیستم صلاحیت حرفه‌ای

نگرش (Attitude) (شامل اخلاق و باور)

نگرش به توانایی‌هایی گفته می‌شود که به جنبه احساسی و عاطفی، ارزش، علایق و نگرش مربوط می‌شود. توانایی مشارکت فعال توأم با علاقه مثالی از این نوع توانایی است. نگرش در واقع نوعی مهارت ذهنی و عملی است.

رابطه ارزشیابی با استاندارد شایستگی و صلاحیت حرفه‌ای

ارزشیابی باید مستقیماً با استانداردهای شایستگی حرفه مرتبط باشد و براساس آنها تدوین شود (نه آنکه از استانداردهای آموزشی اقتباس شود). این امر برای ارزشیابی دقیق میزان توانایی فرد ضروری می‌باشد. از نظر فردی، ارزشیابی می‌تواند منجر به صدور گواهینامه شود. به افراد کمک می‌کند تا وارد حرفه و شغل خاصی شوند و در آن پیشرفت نمایند و در شرایط یادگیری دائمی روشی را برای ثبت توانایی‌ها و شایستگی‌های افراد در شرایط مختلف و زمان‌های متفاوت به دست دهد. از نظر کارفرمایان ارزشیابی می‌تواند در استخدام، ارتقا و برنامه‌ریزی برای آموزش‌های داخلی به کار برده شود. از نظر مؤسسات مهارت‌آموزی ارزشیابی و سنجش، روشی برای تعیین کیفیت مهارت‌ها و دانش‌های آموخته شده در برابر شایستگی‌های

واقعی مورد نیاز در یک حرفه است. با اعطای گواهینامه به افراد، هنرستان های فنی و حرفه ای می توانند برنامه های آموزشی خود را به افراد و کارفرمایان ارائه نمایند. در مسیر حرکت از دنیای کار به دنیای آموزش می توان سه نوع استاندارد را مورد توجه قرار داد (شکل ۳).



شکل ۳- توالی استانداردهای شایستگی حرفه، ارزشیابی و آموزش

نظام صلاحیت های حرفه ای ملی بر اساس سطوح صلاحیت های حرفه ای پایه گذاری شده است. تحرک پذیری افقی و عمودی از ویژگی های این نظام است. برای ورود به ارزشیابی در یک سطح از صلاحیت، باید مدرک سطح صلاحیت قبلی به همراه زمان تجربی مورد نیاز کسب شده باشد. جهت ارزش گذاری به تجربه کسب شده، سنجش آغازین مبتنی بر استاندارد عملکرد گذشته (اما با سطح شایستگی بالاتر) صورت می گیرد و برای ورود به سطح بالاتر از ارزشیابی تشخیصی صورت می گیرد. در هنگام تحرک افقی در داخل یک حرفه و یا حرف دیگر شایستگی های مشترک که احراز شده است مورد قبول واقع می شود.

استانداردهای عملکرد مبنای تهیه استاندارد ارزشیابی حرفه هستند. در شکل ۴ نمونه ای از استاندارد ارزشیابی حرفه نشان داده شده است.

اصول حاکم بر ارزشیابی پیشرفت تحصیلی و تربیتی در آموزش فنی و حرفه‌ای

ارزشیابی باید واجد حداقل روایی (یعنی اندازه‌گیری باید استاندارد عملکرد حرفه‌ای انتخاب شده را اندازه‌گیری کند) و پایایی باشد (یعنی بتواند این استانداردها را به صورت یکنواخت و ناوابسته به یک مکان و یا دستگاه خاص ارزشیابی کند). اگر ابزار ارزشیابی در سطح منطقه درست می‌شود - براساس استانداردهای محلی و یا ملی و یا بانک سؤالات امتحان - و نتایج نیز دارای اعتبار وسیع باشند. ضروری است کارشناسان مراکز ملی سنجش و هنرآموزان منطقه، آموزش‌های کافی در زمینه مدیریت و طراحی ارزشیابی را دیده باشند. اگر ابزارهای ارزشیابی استاندارد شده به صورت متمرکز تدوین شوند، لازم است این کار توسط متخصصان ارزشیابی و با کمک افرادی که استانداردهای حرفه را تدوین کرده‌اند صورت پذیرد. خطا در مقدار روایی و اعتبار آزمون‌های ملی دارای اثرات منفی بسیاری خواهد بود. ارزشیابی پیشرفت تحصیلی و تربیتی در شاخه فنی و حرفه‌ای ناظر بر تحقق شایستگی‌ها و دستیابی به سطوح شایستگی‌ها و صلاحیت حرفه‌ای ملی ایران به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- تنوع ابزارها و روش‌ها در بهره‌گیری از شایستگی‌ها در موقعیت ابزارها و روش جهت سنجش پیشرفت تحصیلی و شایستگی‌های حرفه‌ای و عمومی متنوع خواهد بود.
ملاک کسب شایستگی‌های حرفه‌ای استاندارد ارزشیابی حرفه مبتنی بر استاندارد عملکرد حرفه تکلیف کاری.
- ۲- شواهد کافی و متنوع برای قضاوت ارزشیابی به صورت مستمر و عملکردی مبتنی بر عمل خواهد بود. ملاک گذر از دوره کسب استاندارد شایستگی حرفه‌ای و عمومی کسب مدرک براساس صلاحیت خواهد بود.
- ۳- ارزشیابی متنوع و مستمر با توجه به یادگیری هر یک از هنرجویان استفاده از واقعیت‌های دنیای کار و تجربه ارزشیابی حرفه به ارزشیابی گروه کاری و ارزشیابی.
- ۴- خود آگاهی و خود ارزیابی در دستیابی به سطوح شایستگی بالاتر در ارزشیابی شایستگی عمومی و حرفه ۱۰ الی ۲۰ درصد قضاوت توسط هنرجو انجام خواهد پذیرفت.
- تکالیف کاری همراه با سطح‌بندی شایستگی‌های حرفه‌ای و عمومی.
- ۵- عدم استفاده از شرایط اضطراب‌آور
شرایط ارزشیابی مبتنی بر شرایط ذکر شده در استاندارد ارزشیابی باشد.
منصفانه باشد

- ۶- مشارکت سایر دانش آموزان و والدین در سنجش (ارزیابی همتا)^۱ استفاده از گروه دانش آموزان برای سنجش قضاوتی در فرایندهای ساخت، طراحی، تعمیر، نصب، تحلیل، اپراتوری.
- ۷- حفظ نقش مدرسه و معلم در ارزشیابی ارزشیابی نهایی گروه کاری توسط تیمی از هنرآموز انجام می شود.
- ۸- نتیجه محور و فرایندمحوری استاندارد عملکرد تکالیف کاری به عنوان نتیجه فرایند یاددهی - یادگیری تلقی می شود. برخی از نتایج باید در دنیای کار (کارآموزی) ارزشیابی شوند. به کارگیری ارزشیابی فرایندمحور در کسب شایستگی ها
- ۹- کارگروهی و حل مسئله اجرای فرایند ارزشیابی در بستر کارگروهی و موقعیت های جدید جهت حل مسئله در زندگی.
- ۱۰- ارزشیابی به عنوان بخش جدایی ناپذیر از فرایند یاددهی - یادگیری ارزشیابی پیشرفت تحصیلی قبل از ارزشیابی مبتنی بر استاندارد عملکرد اتفاق خواهد افتاد.
- ۱۱- تکالیف عملکردی در سنجش ارزشیابی و سنجش مبتنی بر واقعیات و شرایط موجود در استاندارد ارزشیابی حرفه خواهد بود.
- ۱۲- کسب کلیه شایستگی جهت اخذ صلاحیت زمانی که یک هنرجو شایسته دریافت مدرک صلاحیت حرفه ای می گردد که در تمامی پودمان ها گواهینامه شایستگی دریافت کرده باشد. و در پودمان زمانی گواهینامه شایستگی دریافت می کند که در تمامی کارها، شایستگی انجام کار را با توجه به استاندارد عملکرد داشته باشند.

روش های سنجش و ارزشیابی با توجه به زمان در آموزش های فنی و حرفه ای

سنجش آغازین: برای ارزیابی ورودی تعیین صلاحیت حرفه ای انجام می شود. **سنجش تکوینی:** برای اصلاح یادگیری صورت می گیرد. **سنجش تشخیصی:** برای شروع آموزش که معمولاً در محیط آموزش انجام می گیرد. **سنجش تراکمی:** در انتهای تکالیف کاری و پودمان ها و سطوح صلاحیت حرفه ای انجام می گیرد.

۱- ارزیابی های همتا که بیشتر در حوزه آموزش هنر تحت عنوان ژورمان انجام می شود از این نوع است. به طور کلی در آن دسته از ارزیابی هایی که احساس معیار ارزیابی است، برای حفظ روایی به صورت ارزیابی همتا انجام می شود.

سنجش تکمیلی: برای کارآموزی و کارورزی و عملیات میدانی انجام می‌شود. در نظام صلاحیت‌های حرفه‌ای با توجه به نوع حرفه و سطح صلاحیت حرفه‌ای و نوع نظام یادگیری (مادام‌العمر و...) از روش‌های مختلف زمانی استفاده می‌شود. البته سنجش تراکمی برای اندازه‌گیری سطح شایستگی و تسلط در هر کار و حرفه مورد توجه ویژه‌ای قرار می‌گیرد.

ابزارهای سنجش شایستگی

- سنجش عملکردی شامل کتبی عملکردی، سنجش شناسایی، شبیه‌سازی شده، نمونه کار، پروژه‌های طولانی مدت، سنجش ۳۶۰ درجه‌ای و...
- **سنجش مشاهده‌ای:** شامل سنجش بر اساس فهرست واری، مقیاس‌های درجه‌بندی، واقع‌نگاری و...
- **سنجش عاطفی:** شامل پرسش‌نامه، تفکیک معنایی، سنجش نگرش با مقیاس لیکرت، مصاحبه
- **سنجش تکمیلی:** مصاحبه با کارفرما، مشاهده در حین کار، سنجش پیرو و... این نوع سنجش برای اطمینان از شایستگی موردنظر در محیط کار واقعی استفاده می‌شود (در کارآموزی و کارورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد).
- **سنجش همه‌جانبه (ترکیبی):** شامل کارپوشه، ۳۶۰ درجه‌ای و... این نوع سنجش‌ها برای سنجش کلی حوزه‌های یادگیری استفاده می‌شود. از آنجا که شما بر مبنای تجارب گذشته، با ابزارهای ارزشیابی اهداف دانشی آشنا هستید، در جدول ۱ برخی از ابزارهای ارزشیابی مؤلفه‌های شایستگی در اهداف مهارتی (شامل تفکر و عمل) و اهداف نگرشی (شامل ایمان و اخلاق) آمده است.

جدول ۱- برخی از ابزارهای ارزشیابی مؤلفه‌های شایستگی
ابزارهای اندازه‌گیری و سنجش مهارت (تفکر)

مهارت‌های شناختی				
بعد دانش و مهارت شناختی	به کار بستن	تحلیل کردن	ارزشیابی کردن	آفریدن
الف) دانش‌آموز واقعی	■*△○*	■○△*×	■○△*	*△○■
ب) دانش مفهومی	■△*○*	○*△*	△*△○	○△*△ ■*
ج) دانش روندی	○*△* △*	■○△*	■△*○	■△*○
د) دانش فراشناختی	*○△	○△*	△*○	■○△*

ابزارهای اندازه گیری و سنجش مهارت (عمل)

تقلید	اجرای مستقل	دقت	هماهنگی حرکت	عادی شدن
○ ■ ■ ■	★ △ ○ ■ ● ◎	■ ★ ◎ ○ △ ●	★ ○ △ ■ ●	○ △ ■ ● ★

ابزارهای اندازه گیری و سنجش نگرش (باور و اخلاق حرفه‌ای)

دریافت	واکنش	ارزش گذاری	سازمان بندی	تبلور
○ △ ● ■ ● ★	★ ● △ ○ ● ■	★ ○ △ ● ■ ●	○ △ ● ● ■ ★	○ ● ● ○ △ ■ ★

ابزارهای آزمون و سنجش:

+ آزمون صحیح - غلط × آزمون جورکردنی * آزمون تشریحی □ آزمون کوتاه - پاسخ ⊗ چندگزینه‌ای ★ مشاهده ○ سنجش عملکردی △ کارپوشه ■ روبریک ● فهرست وارسی ▲ نقشه مفهومی ◇ مصاحبه ♦ پرسش شفاهی ⊕ نمونه کار ⊞ پروژه ⇨ آزمون ۳۶۰ درجه ⇩ گزارش + پژوهش موردی ◎ محک زنی ◎ ارائه ✓ ایفای نقش ☒ کار گروهی ☼ خودسنجی

به‌طور خلاصه انواع سنجش در آموزش بر اساس شایستگی عبارت‌اند از:



شکل ۵- انواع سنجش در آموزش مبتنی بر شایستگی

محتوای مورد ارزشیابی

ارزشیابی در حرفه باید شایستگی انجام کار براساس استاندارد عملکرد را سنجش نماید. این شایستگی ترکیبی از دانش، مهارت و نگرش می‌باشد. با توجه به استانداردهای حرفه‌ای و شرایط ارائه آموزش‌ها، شایستگی‌های مورد ارزیابی به صورت‌های گوناگون خواهند بود. ارزشیابی ممکن است علاوه بر ارزشیابی مهارت‌ها و شایستگی‌هایی که مستقیماً با حرفه فرد در ارتباط هستند، مهارت‌های دیگری را نیز اندازه‌گیری کند و به آنها مهارت‌های محوری می‌گویند. این مهارت‌ها عبارت‌اند از: سواد و حساب، مهارت‌های زندگی شامل مهارت‌های اجتماعی و شهروندی، مهارت‌های عام کاریابی مانند ارتباطات و تصمیم‌سازی و براساس حرفه فرد مهارت‌های مدیریت و کار آفرینی. لذا ارزشیابی به صورت کل نگر می‌باشد به طوری که شایستگی‌های فنی و غیرفنی در تحلیل کارها مورد توجه قرار خواهد گرفت.

رویکردها و روش‌های سنجش و ارزیابی محتوی یک فرایند و سیستم آموزش و تربیت فنی و حرفه‌ای می‌تواند براساس شاخص‌های مختلف دسته‌بندی گردد.

روش‌های مدیریتی ارزشیابی

دو روش مدیریتی ارزشیابی وجود دارد: آزمون‌های استاندارد شده و بانک‌های اطلاعاتی آزمون‌های استاندارد شده

این رویکرد شامل تدوین ارزشیابی‌های شایستگی حرفه‌ای استاندارد شده و سازمان دادن آزمون در موقعیت‌های متمرکز است که یا مستقیماً توسط مراکز ملی سنجش انجام می‌شود و یا اینکه این مراکز اعتباربخشی آن را به عهده می‌گیرند. این روش معمولاً در کشورهای در حال توسعه انجام می‌شود که با مؤسساتی نظیر UK, City Guilds همکاری کرده‌اند. این مؤسسات به کشورهای در حال توسعه کمک کرده‌اند تا برنامه‌های ارزشیابی مناسب این برنامه‌ها را تدوین کنند و یا اقتباس نمایند.

در سال‌های اخیر برخی شرکت‌های فناوری نظیر میکروسافت و Cisco نیز ابزار ارزشیابی استاندارد شده و برنامه‌های مهارت‌آموزی به کار برده شده در سطح جهان را تولید کرده‌اند. این مؤسسات می‌توانند گواهینامه‌های مربوطه را صادر نمایند.

بانک‌های اطلاعاتی

در این روش براساس استانداردهای حرفه، بانک اطلاعاتی شامل سؤالات ارزشیابی شایستگی حرفه براساس استاندارد عملکرد تشکیل می‌شود. این بانک اطلاعاتی در اختیار تمام افراد ذی‌نفع (مانند مؤسسات آموزش و کارفرمایان) قرار می‌گیرد تا بتوانند براساس این بانک اطلاعات، ارزشیابی‌های خود را تدوین کنند. انجام این کار مستلزم وجود کارشناسانی در مرکز ملی سنجش است که استانداردهایی را تدوین کرده است. این کارشناسان به ارائه‌دهندگان آموزشی، آموزش می‌دهند

که چگونه از این اطلاعات در ارزشیابی های خود استفاده کنند. انجام این کار در کشورهای در حال توسعه بسیار مشکل است مخصوصاً اگر آزمون ها بخواهد دارای روایی و پایایی باشند. این روش نسبت به آزمون های استاندارد به اقدامات امنیتی و کارکنان تخصصی کمتری احتیاج دارد. سؤالات این بانک را می توان مستقیماً به تمام فعالیت ها در هر حرفه مرتبط کرد و تدوین و اجرای این آزمون ها محتاج کارهای اداری عریض و طویل نیست. این آزمون ها دارای انعطاف بیشتری هستند زیرا در صورت تغییر استانداردهای یک حرفه می توان اطلاعات مربوط در بانک را تغییر داد، در صورت اجرای این روش باید افراد به صورت متمرکز ثبت نام شوند و گواهینامه های آنها صادر گردد تا بتوان تغییر محل افراد به سهولت صورت گیرد و یادگیری مادام العمر نیز میسر شود.

مقیاس بندی و نمره دهی شایستگی

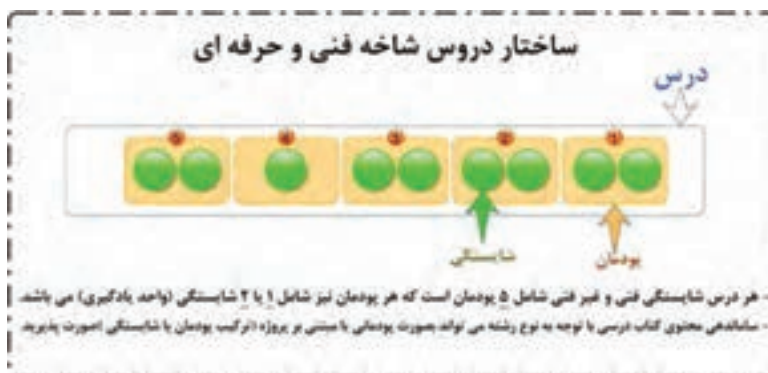
ارزشیابی پیشرفت تحصیلی در نظام جدید آموزشی دوره دوم متوسطه مبتنی بر شایستگی است. هدف نهایی ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، یادگیری و کسب توانایی انجام کار در شغل و حرفه است. مقیاس های گوناگونی برای ارزشیابی شایستگی حرفه ای وجود دارد که در جدول ذیل مشاهده می شود.

مقیاس بندی رتبه ای - ارزشیابی شایستگی حرفه

ردیف	مقیاس بندی شایستگی جزء	محدوده انتظارات - مقیاس بندی شایستگی جزء	مقیاس بندی شایستگی (کار)	مقیاس بندی شایستگی (گروه کاری)
۱	بلی - خیر	عدم شایستگی: کسب نکردن حداقل ۷۵ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز شایسته: کسب حداقل ۷۵ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز	نیازمند آموزش: نداشتن معیارهای مربوط به شایستگی کار شایسته: داشتن معیارهای مربوط به شایستگی کار	نیازمند آموزش: نداشتن معیارهای مربوط به شایستگی کار شایسته: داشتن معیارهای مربوط به شایستگی کار
۲	مقیاس های ۳، ۲، ۱	سطح مقیاس ۱: کسب نکردن حداقل ۶۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۲: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۵ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۳: کسب کردن حداقل ۸۵ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز	نیازمند آموزش: کسب نکردن حداقل ۶۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز شایسته: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۵ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز شایستگی کامل: کسب کردن حداقل ۸۵ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز	نیازمند آموزش: کسب نکردن حداقل ۶۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز شایسته: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۵ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز شایستگی کامل: کسب کردن حداقل ۸۵ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز

نحوه ارزشیابی دروس شایستگی‌های پایه فنی، فنی و غیر فنی

- مواد درسی که ارزشیابی آنها مبتنی بر شایستگی است عبارت‌اند از:
 - ۱ شایستگی‌های غیر فنی شامل الزامات محیط کار در پایه دهم کارگاه نوآوری و کارآفرینی، کاربرد فناوری‌های نوین، مدیریت تولید در پایه یازدهم و اخلاق حرفه‌ای در پایه دوازدهم (شاخه فنی و حرفه‌ای و کاردانش)
 - ۲ درس مشترک گروه در پایه دهم شامل: نقشه‌کشی فنی رایانه‌ای، عناصر و زبان بصری، آب، خاک و گیاه، ارتباط مؤثر. (شاخه فنی و حرفه‌ای)
 - ۳ کارگاه‌های ۸ ساعته (شاخه فنی و حرفه‌ای) پایه‌های دهم، یازدهم و دوازدهم
 - ۴ دروس شایستگی‌های پایه شامل: ریاضی، فیزیک، زیست و شیمی
 - ۵ دروس دانش فنی پایه و دانش فنی تخصصی
- هر یک از مواد درسی موضوع ماده یک شامل پنج پودمان (فصل) می‌باشد که باید برای هر یک از آنها توسط هنرآموز مربوط ارزشیابی مستقل از هنرجو صورت گیرد و در نتیجه یک نمره مستقل از ۲۰ نمره برای هر یک پودمان‌ها ثبت می‌گردد.



- نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌گردد و فقط یک نمره بر اساس ۰ تا ۲۰ ثبت می‌گردد.

بخش اول شامل ارزشیابی پایانی هر پودمان: نمره ارزشیابی از کسب شایستگی از پودمان مورد نظر که با سه نمره ۱، ۲، ۳ (=۱ عدم احراز شایستگی؛ ۲ = احراز شایستگی ۳ = احراز شایستگی بالاتر از انتظار) مشخص می‌گردد و نتیجه آن با ضریب ۵ منظور می‌گردد (شکل ۶).

بخش دوم ارزشیابی مستمر: نمره مستمر که بر اساس انجام فعالیت‌های کلاسی و کارگاهی، نظم، مشارکت در فعالیت‌های آموزشی و تربیتی خودارزیابی، ابتکار در تکالیف عملکردی درسی و... از ۰ تا ۵ نمره اختصاص پیدا خواهد کرد. شرط قبولی در هر پودمان کسب نمره حداقل ۱۲ می‌باشد.

● با توجه به اینکه خودآگاهی، خودارزیابی و تصمیم‌گیری از سوی هنرجویان، چگونگی جبران و رفع کاستی‌ها از اصول ارزشیابی پیشرفت تحصیلی و تربیتی است، توصیه می‌گردد هنرآموزان ۲ نمره از ۱/۵ نمره مستمر را به خودارزیابی توسط هنرجویان اختصاص دهند. همچنین خودارزیابی‌ها، بایستی براساس ارزشیابی‌ها مندرج در کتاب‌های درسی و موارد مطرح شده در کتاب راهنمای هنرآموز انجام پذیرد. نمرات احتمالی که برای هر پودمان ثبت می‌شود در شکل زیر نشان داده شده است:

نمرات احتمالی در ثبت نمره واحد یادگیری

نمره شایستگی	نمره مستمر	نمره قابل ثبت	نتیجه	نمره شایستگی	نمره مستمر	نمره قابل ثبت	نتیجه	نمره شایستگی	نمره مستمر	نمره قابل ثبت	نتیجه
۱	۰	۵	غیر شایسته	۲	۰	۱۰	غیر شایسته	۳	۰	۱۵	شایسته (قبول)
۱	۰/۵	۵/۵	غیر شایسته	۲	۰/۵	۱۰/۵	غیر شایسته	۳	۰/۵	۱۵/۵	شایسته (قبول)
۱	۱	۶	غیر شایسته	۲	۱	۱۱	غیر شایسته	۳	۱	۱۶	شایسته (قبول)
۱	۱/۵	۶/۵	غیر شایسته	۲	۱/۵	۱۱/۵	غیر شایسته	۳	۱/۵	۱۶/۵	شایسته (قبول)
۱	۲	۷	غیر شایسته	۲	۲	۱۲	شایسته (قبول)	۳	۲	۱۷	شایسته (قبول)
۱	۲/۵	۷/۵	غیر شایسته	۲	۲/۵	۱۲/۵	شایسته (قبول)	۳	۲/۵	۱۷/۵	شایسته (قبول)
۱	۳	۸	غیر شایسته	۲	۳	۱۳	شایسته (قبول)	۳	۳	۱۸	شایسته (قبول)
۱	۳/۵	۸/۵	غیر شایسته	۲	۳/۵	۱۳/۵	شایسته (قبول)	۳	۳/۵	۱۸/۵	شایسته (قبول)
۱	۴	۹	غیر شایسته	۲	۴	۱۴	شایسته (قبول)	۳	۴	۱۹	شایسته (قبول)
۱	۴/۵	۹/۵	غیر شایسته	۲	۴/۵	۱۴/۵	شایسته (قبول)	۳	۴/۵	۱۹/۵	شایسته (قبول)
۱	۵	۱۰	غیر شایسته	۲	۵	۱۵	شایسته (قبول)	۳	۵	۲۰	شایسته (قبول)

در صورت غیبت نمره شایستگی ۰ است.

شکل ۷- نمرات احتمالی ثبت شده برای هر پودمان

● زمانی هنرجو در دروس مبتنی بر شایستگی، قبول اعلام می‌گردد که در هر ۵ پودمان درس نمره بالای ۱۲ کسب کند. در این صورت میانگین ۵ نمره پودمان به‌عنوان نمره کلی درس در کارنامه تحصیلی هنرجو منظور خواهد شد. در صورتی که فرد در یک یا چند پودمان حداقل نمره ۱۲ را کسب نکند در آن ماده درسی قبولی را به‌دست نمی‌آورد و نمره ۱۰ در سیستم برای او منظور خواهد شد. ارزشیابی مجدد صرفاً در پودمان یا پودمان‌هایی که حداقل نمره مورد نظر در آن کسب نشده است صورت خواهد پذیرفت و در تمام طول سال تحصیلی حداقل برای یک بار امکان‌پذیر خواهد بود.

● خلاصه نمرات کسب شده در پودمان‌های رشته‌های تحصیلی در یک کاربرگ تحت عنوان گواهی شایستگی‌های حرفه‌ای تنظیم و همراه با مدارک تحصیلی دیگر به هنرجو تحویل داده خواهد شد.

● هنرجویان می‌توانند در ارزشیابی فرایند مدار و نتیجه مدار، کتاب همراه هنرجو را در زمان اجرای ارزشیابی با خود به همراه داشته باشند. این کتاب با هدف کاهش اضطراب در دانش‌آموزان و تحقق اهداف آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی طراحی گردیده است. در طول دوران تحصیل هنرجویان تنها یک کتاب همراه خواهند داشت و برای کلیه دروس مبتنی بر شایستگی کاربرد دارد.



فصل دوم

کنترل و ارزیابی حرارت

کنترل و ارزیابی حرارت

این پودمان با هدف آشنایی هر چه بیشتر هنرجویان با عملکرد و تجهیزات مهم کوره‌ها و خشک‌کن طراحی شده است. انتظار می‌رود که با فراگیری این پودمان هنرجو در هنگام کار با کوره و خشک‌کن‌ها در کارگاه یا صنعت دانش و مهارت بیشتری را داشته باشد.

صفحه ۳۵ : در ابتدای متن انواع کوره از لحاظ عملکرد معرفی شده است. در شکل ۱ یک کوره صنعتی مشعلی نشان داده شده تا هنرجویان با این کوره‌ها آشنا شوند.



شکل ۱

استفاده از اولین کوره به حدود ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح برمی‌گردد. در آن زمان از کوره بیشتر برای ساخت ابزار و وسایل سرامیکی استفاده می‌شد.

در برخی از کشورها واژه کوره به تنهایی بیشتر برای بیان سیستم‌های گرمایش مرکزی خانگی به کار می‌رود و گاهی به عنوان وسیله‌ای برای تولید سرامیک شناخته می‌شد. اما در زبان انگلیسی واژه کوره (kiln) برای تعریف کوره‌های صنعتی کاربرد دارد. البته لفظ کوره برای گرم کردن مواد در واکنش‌های شیمیایی نیز به کار می‌رود. در زبان فارسی به کوره، آتشدان یا آتشگاه نیز گفته می‌شود.

دانش افزایی



صفحه ۳۵: با توجه به اینکه بسیاری از کوره‌های موجود در کارگاه‌ها از نوع المنتی است در ابتدا کوره‌های الکتریکی توضیح داده شده است. المنت مهم‌ترین جزء در کوره‌های الکتریکی است که حرارت تولید می‌کند. در ابتدا کوره الکتریکی چند نمونه وسیله خانگی که با المنت کار می‌کنند نشان داده شده است و درباره نحوه عملکرد آنها سؤال شده است تا با این سؤال ایجاد زمینه ذهنی برای شروع این مبحث شود. سپس در شکل ۳ المنت‌های به کار رفته در یک نمونه کوره الکتریکی نشان داده شده است. در اکثر وسایل گرمایشی الکتریکی گرما به وسیله المنت تأمین می‌شود، وسایلی مانند: بخاری برقی، اجاق برقی، آبگرمکن برقی، سماور برقی، سرخ‌کن، اتو و غیره.



آبگرمکن برقی

سرخ‌کن

پلوپز

بخاری برقی

برخی از وسایل خانگی المنت‌دار

صفحه ۳۶: به منظور آشنایی و درک هنرجویان از عملکرد المنت‌ها نحوه تولید حرارت توسط المنت‌ها آمده است. المنت در واقع نوعی مقاومت الکتریکی است که با عبور جریان برق انرژی الکتریکی را به حرارت تبدیل می‌کند. پیشنهاد می‌شود که هنرآموز محترم به موارد زیر در هنگام تدریس اشاره کند تا هنرجویان اهمیت المنت را بیشتر درک کنند:

با پیشرفت صنعت در دنیا استفاده از المنت برای تولید حرارت به صورت چشمگیری افزایش پیدا کرده است که غالباً در صنایع نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. علت استقبال صنایع و کارخانجات تولیدی از این محصول موارد زیر است:

- عملکرد مناسب‌تر منبع انرژی جریان الکتریکی نسبت به سوخت‌های فسیلی
- تأمین ایمنی بالا و کنترل انرژی توسط ابزار دقیق
- قابل استفاده و کارکرد در بیشتر شرایط محیطی
- عدم ایجاد آلودگی زیست محیطی به دلیل نداشتن دود و خاکستر



صفحه ۳۶: یکی از موارد مهمی که باید هنرجویان فراگیرند آن است که المنت در هنگام ساخت انعطاف پذیری دارد اما بعد از نصب داخل کوره و حرارت دیدن این خاصیت را از دست داده و شکننده می شود و بنابراین در اثر ضربه و برخورد ابزار یا قطعات با آن شکسته می شود که این مطلب در این قسمت به صورت نکته آمده است. پیشنهاد می شود که هنرآموز محترم در صورت امکان و در دسترس بودن المنت قبل و بعد از حرارت را به صورت عملی به هنرجویان نشان دهد.

جدول ۱ صفحه ۳۷: در این قسمت هنرجویان با انواع وسایل گرمایشی المنت دار با توجه به محدوده دمایی آنها آشنا می شوند. می توان انواع المنت ها را از لحاظ محدوده دمایی به دو دسته دما پایین و دما بالا دسته بندی کرد. در جدول ۱ انواع تجهیزات صنعت سرامیک المنت دار با توجه به محدوده دمای پایین و دمای بالا به همراه تصویر نشان داده شده است.



صفحه ۳۸: به منظور فعال کردن متن سؤالی به صورت فکر کنید مطرح شده است. کوره هایی که برای دکور، تزئین و فیوزینگ شیشه به کار می روند از نوع دما پایین هستند که در محدوده دمایی ۵۰۰ تا ۸۰۰ درجه سلسیوس کاربرد دارند.



فیوزینگ شیشه

در روش هم جوشی شیشه یا همان فیوز، شیشه به دمای ذوب نمی رسد بلکه فقط کمی نرم می شود و قطعات شیشه بر اثر این حرارت و نرم شدن به یکدیگر متصل می شوند. فیوز شیشه به این صورت تعریف شده است: اتصال قطعات شیشه به یکدیگر بر اثر حرارت. شیشه هایی که فیوزینگ شده اند کاربردهایی به عنوان کاشی های شیشه ای و نقوش برجسته شیشه ای دارند. در پودمان پنجم کتاب تولید شیشه این روش به طور کامل توضیح داده شده است.

صفحه ۳۸: به منظور آشنایی هنرجویان با جنس المنت ها در این قسمت انواع آنها با محدوده دمایی آمده است. المنت های آلیاژ نیکل - کروم کاربرد بیشتری در وسایل خانگی مانند اتو، سماور و خشک کن دارند اما المنت های آلیاژ کرم - آلومل و سیلیکون کارباید و مولیبدن در کوره های دما بالا کاربرد دارند.

جنس المنت	محدوده دمایی
کرم - نیکل	۱۲۰۰ درجه سلسیوس
کرم - آلومل	۱۴۰۰ درجه سلسیوس
سیلیکون کارباید	۱۶۰۰ درجه سلسیوس
مولیبدن دی سیلیساید	۱۵۰۰ - ۱۸۰۰ درجه سلسیوس

صفحه ۳۸: نمودار ۲ به منظور آشنایی با انواع المنت‌ها، توضیح هریک از آنها به همراه تصویر آورده شده است. هنرآموز محترم می‌تواند مطالب کامل‌تر و انواع بیشتری از این المنت‌ها را مطابق مطلب زیر توضیح دهد:

المنت فشنگی

این المنت دارای پوشش فلزی از جنس فولاد زنگ‌نزن، برنج، تیتانیوم، گالوانیزه و فولاد است که قابل تولید جهت کارکرد در شرایط محیطی مانند آب، گاز و روغن است. نحوه گرمایش هیتر فشنگی (کارتريج) توسط سیم کروم-نیکل است که به صورت فنر فشرده و توسط عایق مخصوص که پودر نسوز می‌باشد داخل غلاف المنت تعبیه می‌شود. حرارت بالای تولیدی هیتر به علت فشردگی سیم المنت و نحوه استقرار آن در درون المان هیتر می‌باشد. در صورت استفاده از این نوع هیتر و بالا بردن بازده کاری المنت نکاتی مانند استقرار مناسب و انتقال حرارت تولیدی هیتر به شکل مطلوب، استفاده از ترموکوپل و ترموستات جهت کنترل دما، استفاده از اتصالات مناسب با ویژگی تحمل حرارتی، در نظر گرفتن شرایط محیط و دیگر عواملی که در طراحی و تولید آن تأثیر می‌گذارد و باعث افزایش کارکرد المنت می‌شود.



المنت فشنگی

المنت میله‌ای

این المنت با پوشش‌های استیل، تیتانیوم و مس براساس نوع کاربرد و کارایی که دارد تولید می‌شود. المنت میله‌ای قابلیت اتصال به انواع مهره‌ها، صفحات فلزی و قطعات نگه‌دارنده دارد که با توجه به نوع کاربرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این المنت‌ها در قطرهای ۶ و ۸ میلی‌متر کاربرد بیشتری دارند.



المنت میله‌ای

دانش افزایشی



المنت فنری



المنت فنری

از این نوع المنت بیشتر در کوره‌ها که طول المنت زیاد است و شکل قرارگیری پیچیده است استفاده می‌شود، در مورد استفاده از این المنت‌ها باید توجه کرد که حلقه‌ها از هم فاصله داشته و المنت توسط ایجاد شیار در نسوزها عایق شوند و یا در برخی موارد المنت روی تیوپ‌های سرامیکی دیرگداز پیچیده می‌شوند.

المنت مادون قرمز

اشعه مادون قرمز دارای استفاده‌های زیادی در صنعت است که با توجه به قابلیت گرم‌سازی آن جهت تولید حرارت نیز استفاده می‌شود. مادون قرمز یک تابش الکترومغناطیسی شبیه به پرتو نور است که طول موج بلند دارد. این نوع از المنت‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند :

- ۱- المنت سرامیکی (طول موج بلند): محدوده دمایی 900°C - 1000°C درجه سلسیوس
- ۲- المنت کوارتز (طول موج متوسط): محدوده دمایی 1600°C - 2000°C درجه سلسیوس
- ۳- المنت کوارتز تنگستن (طول موج کوتاه): محدوده دمایی 2700°C - 3000°C درجه سلسیوس



المنت مادون قرمز

المنت فلکسی بل

المنت‌هایی با قابلیت انعطاف‌پذیری و توان حرارتی سطح پایین در طول موج‌های بالا هستند و بیشتر در صنایع پتروشیمی، پالایشگاهی، نفت و گاز،



المنت فلکسی بل

صنایع غذایی و دارویی، کارخانجات سیمان و سیستم گرمایش از کف مورد استفاده قرار می‌گیرند. این المنت‌ها معمولاً با روکش فولاد زنگ‌نزن و سیلیکونی کاربرد دارند.

صفحه ۳۹: به منظور آشنایی با ساختار فنی شکل المنت‌ها و علت ایجاد این شکل این مطلب به همراه تصویر توضیح داده شده است. لازم است که هنرآموز محترم علت این ساختار را با توجه به کاهش فضای اشغال شده توسط المنت در کوره توضیح دهد. ضخامت و طول سیم با توجه به دمای مورد نظر در نظر گرفته می‌شود و سپس به صورت فنی شکل درمی‌آید تا فضای کمتری اشغال شود.

فعالیت کارگاهی



صفحه ۴۰: به منظور کسب مهارت و انجام عملی فنی کردن المنت‌ها، این فعالیت طراحی شده است. هنرجو سیم را برش داده و به دور میله‌ای بپیچاند تا به شکل فنی درآید. لازم است که هنرآموز محترم این نکته را به هنرجویان تذکر دهند که این سیم خاصیت المنت را ندارد و نباید روی کوره نصب شود.

صفحه ۴۰: در این قسمت در مورد المنت سیلیسیم کاربریدی توضیح داده شده است و کاربردهای آن آمده است. لازم است که هنرآموز محترم بیان کند که به علت اینکه المنت سیلیسیم کاربرد در دمای بالا اکسید شده و از بین می‌رود، بنابراین لازم است با روکشی از نوع سیلیسیم دی اکسید پوشانده شود تا المنت در برابر اکسید شدن محافظت شود. این نوع المنت به سه قسمت تقسیم‌بندی می‌شوند: قسمت میانی که بخش حرارتی المنت است و بخش اتصالات برقی آن یا قسمت سرد المنت که در ابتدا و انتهای المنت قرار دارد.

صفحه ۴۱: در شکل ۱۲ و ۱۳ انواع روش‌های نصب المنت درون کوره به همراه تصویر نشان داده شده است. در صورت امکان فعالیت‌های خلاقانه‌ای برای نصب المنت طراحی کنید تا هنرجویان به صورت عملی نصب المنت را تمرین کنند. به عنوان مثال از هنرجویان بخواهید که آجرهای نسوز را به گونه‌ای بچینند که سیم فلزی شکل از بین آنها عبور کند.

صفحه ۴۲: به منظور درک اصول و رعایت نکات فنی و ایمنی در هنگام کار به کوره‌های الکتریکی در این قسمت توضیحاتی ارائه شده است که بیان دقیق

به صورت عملی و تأکید بر آنها اهمیت بسیاری دارد. زیرا در صورت عدم رعایت به کوره و افراد خسارت و صدمه وارد می شود. در این قسمت هنرآموز محترم به این مطلب تأکید کند که المنت ها رسانای الکتریکی هستند و هیچ گاه نباید هنرجویان به المنت کوره روشن دست بزنند.

فعالیت کارگاهی



صفحه ۴۳: با هدف آشنایی دقیق و کسب مهارت نصب المنت کوره فعالیت کارگاهی طراحی شده است. هنرجویان المنت کوره های درون کارگاه را بررسی کنند. هنرآموز محترم بر رعایت نکات ایمنی و خاموش بودن کوره قبل از بررسی دقت نظر داشته باشد. با توجه به شکننده بودن المنت حرارت دیده بر این نکته تأکید کنید که نباید به المنت کوره خاموش هم دست بزنند.

تحقیق کنید

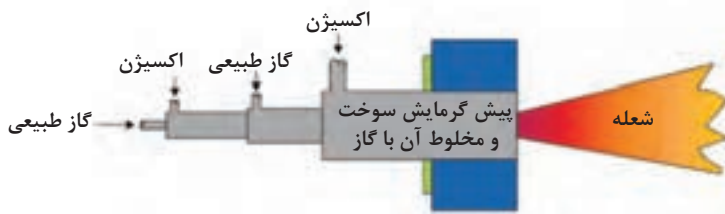


صفحه ۴۳: به منظور آشنایی با روش تحقیق و ایجاد زمینه تحقیق و پژوهش، پرسشی در زمینه محدوده دمایی و کاربرد آلیاژ (سوپر کنتال) در المنت آمده است.

المنت سوپر کنتال (MoSi_2)

شرایط کارکرد دمایی آن تا ۲۰۰۰ درجه سلسیوس است. این المنت پوشش سیلیسیم دی اکسید دارد و بسیار ترد و شکننده است و در کوره هایی با توان حرارتی ۲۰۰۰ درجه سلسیوس مورد استفاده قرار می گیرد که در اشکال و اندازه های مختلف بسته به شرایط کاری موجود است.

در صفحه ۴۳ کوره های مشعلی توضیح داده شده است. در این قسمت هنرجو با اصول کار کوره های مشعلی و عمل احتراق آشنا می شود و این مطلب را درک می کند که در اثر واکنش بین سوخت و اکسیژن حرارت لازم برای پخت بدنه های سرامیکی تأمین می شود. در شکل زیر احتراق در کوره های مشعلی نشان داده شده است.



احتراق در کوره های مشعلی

بیشتر بدانید



صفحه ۴۵: نفت کوره یا مازوت معرفی شده است. اگرچه این سوخت همچنان در برخی از نیروگاه‌های حرارتی تولید برق و کوره‌ها کاربرد دارد اما به دلیل ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی باید کاربرد آن را محدود کرد.

صفحه ۴۶: برای توضیح مبحث مشعل‌ها تصویری از شعله اجاق گاز در ابتدای متن آمده است تا زمینه ذهنی برای یادگیری ایجاد شود. هنرآموز محترم این مطلب را توضیح دهد که چگونه گرما در شعله گاز ایجاد می‌شود و چه واکنشی باید انجام شود تا حرارت مورد نیاز تأمین شود.



لازم به ذکر است که مشعل‌های مختلفی در صنعت سرامیک به کار می‌رود که در اینجا تصویر سرمشعل کارخانه شیشه نشان داده شده است.



(ب) سرمشعل



(الف) مشعل

صفحه ۴۸: در ابتدای مبحث اتمسفر کوره سؤالی مطرح شده که هنجریان علت تغییر رنگ در مشعل‌ها را بیان کنند. انتظار می‌رود که به مواردی نظیر نوع سوخت، عملکرد مشعل و میزان هوای در دسترس شعله اشاره باشند. هنجراموز محترم با توجه به این شکل علت تغییر رنگ شعله و اثر آن بر روی پخت بدنه‌های سرامیکی را توضیح داده و اثر میزان اکسیژن بر رنگ شعله و اتمسفر کوره شرح دهد.



ج



ب



الف

هر شیء در حال سوختنی که می‌بینید، مانند توده‌ای از چوب در شومینه، شعله‌ گاز طبیعی در یک اجاق گاز و حتی یک شمع سوزان، نمونه‌ای عملی از واکنش احتراقی است. پدیده‌های مختلف سوختن در طبیعت با آزادسازی انرژی گرمایی همراه هستند که در واقع واکنش‌های احتراقی هستند. هر واکنش شیمیایی که شامل ترکیبی از اکسیژن باشد یا عاملی اکسیدکننده در ترکیبات آن وجود داشته باشد، با آزادسازی انرژی به صورت گرما همراه است و به عنوان یک واکنش احتراقی در نظر گرفته می‌شود. بنابراین تمامی واکنش‌های احتراقی اساساً گرمازا هستند. وقتی یکی از انواع سوخت‌های هیدروکربنی (ترکیبی که از کربن و هیدروژن ساخته شده است) می‌سوزد، با اکسیژن ترکیب شده و ترکیباتی مانند آب و کربن دی‌اکسید تولید می‌کند. البته این واکنش در نسبت‌های متفاوتی انجام شده و محصولات مختلفی تولید می‌کند. بسته به میزان دسترسی به اکسیژن و ترکیبات سوخت، محصولات بسیار متفاوتی تولید می‌شود. نمونه‌های بسیار زیادی از انواع این واکنش‌ها در طبیعت وجود دارد؛ زیرا مواد قابل اشتعال زیادی در طبیعت هستند. یکی از اولین نمونه‌های این واکنش، تنفس هوازی است که در سلول‌های بدن انسان رخ داده و انرژی را به صورت مولکول ATP تولید می‌کند. در ادامه چند نمونه از این واکنش‌ها ذکر شده است:



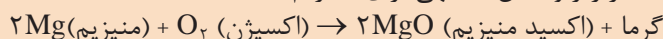
دانش افزایی



در این واکنش نفتالین در اکسیژن می‌سوزد و گرما، کربن دی اکسید و آب تولید می‌کند.



در این واکنش متانول در اکسیژن می‌سوزد و کربن دی اکسید، آب و گرما تولید می‌کند. در زیر واکنش مشابهی برای منیزیم آمده است:



صفحه ۴۸: در این قسمت انواع اتمسفر کوره برای پخت بدنه‌های سرامیکی معرفی شده است و رنگ مشعل در هر یک از آنها آمده است.

پیشنهاد می‌شود که هنرآموز محترم در هنگام تدریس به موارد زیر اشاره نماید: بیشتر محصولات سرامیکی از مواد اولیه اکسیدی هستند که باید در اتمسفر اکسیدی پخت شوند. در اتمسفر اکسیدی اکسیژن اضافی برای احتراق وجود دارد و بنابراین اکسیژن آزاد در احتراق آزاد نمی‌شود، بنابراین کنترل اکسیژن و هوای ورودی در فرایند پخت دارای اهمیت است و باید کنترل شود.

برخی از بدنه‌ها مانند پرسلان‌های الکتریکی در اتمسفر احیایی پخت می‌شوند. در تولید مقره‌های الکتریکی تا دمای ۹۵۰ درجه سلسیوس اتمسفر اکسیدی است و سپس تا دمای ۱۳۵۰ درجه سلسیوس اتمسفر احیایی است. برای ایجاد اتمسفر احیایی مقدار اکسیژن کمتر از حد مورد نیاز احتراق در اتمسفر وجود دارد. در صنعت برای ایجاد اتمسفر احیایی گاز کربن مونواکسید (CO) داخل اتمسفر ایجاد می‌شود که بسته به میزان احیایی بودن کوره درصد آن در اتمسفر تغییر می‌کند.

اتمسفر نیتروژن

این اتمسفر برای تولید بدنه‌های فریت‌های مغناطیسی نرم (مگنت سرامیکی) یا سیلیکون کارباید با باند نیتروژنی کاربرد دارد. شرایط این اتمسفر به شیوه‌ای کنترل می‌شود که نیتروژن به داخل سرامیک نفوذ کند. معمولاً در این اتمسفرها برای نفوذ نیتروژن در سرامیک فشار گاز نیتروژن درون کوره پخت بدنه‌ها مثبت است.

صفحه ۴۹: انواع مشکلات و معایبی که در اتمسفر احیایی وجود دارد بیان شده است. هنرآموز محترم در اینجا توضیح دهید که علت این مشکلات و معایب احتراق ناقص سوخت در این کوره‌ها است و بر نکات زیر تأکید کنید:

الف) توده‌های عظیمی از دود سیاه ایجاد می‌شود که باعث آلودگی زیست محیطی می‌شود.

ب) اتمسفر احیایی باعث اتلاف سوخت می‌شود.

ج) اتمسفر احیایی باعث جلوگیری از افزایش درجه حرارت می‌شود. دمای شعله اکسیدی بیشتر از احیایی است.



احتراق دو نوع است: کامل و ناقص
احتراق کامل اغلب با تولید شعله آبی نشان داده می‌شود و از آنجا که تمام واکنش‌دهنده‌ها به‌طور کامل سوخته می‌شوند، دود تولید نمی‌شود. احتراق کامل برای محیط‌زیست بسیار تمیزتر از احتراق ناقص از نظر آلودگی است. از آنجا که تمام واکنش‌دهنده‌ها در طی احتراق کامل مصرف می‌شوند، مقدار زیادی انرژی تولید می‌شود.

مزیت محصولات احتراق کامل ایجاد آب است که مضر نیست و کربن دی‌اکسید نیز می‌تواند تا حدودی توسط گیاهان برای استفاده در فتوسنتز مورد استفاده قرار گیرد. با این وجود، کربن دی‌اکسید می‌تواند باعث گرم شدن کره زمین شود.



احتراق ناقص زمانی اتفاق می‌افتد که مقدار ناکافی اکسیژن وجود داشته باشد. احتراق ناقص یک هیدروکربن با اکسیژن (به عنوان اکسیدان) کربن مونواکسید به جای کربن دی‌اکسید تولید می‌شود. احتراق ناقص نه تنها انرژی کمتری نسبت به احتراق کامل تولید می‌کند، بلکه می‌تواند محصولات سمی مانند کربن مونواکسید (CO) تولید کند.



احتراق ناقص یک دستگاه خانگی که از گاز استفاده می‌کند می‌تواند کربن مونواکسید تولید کند که مقدار آن در یک خانه به درصد کشنده برسد. کربن مونواکسید خطرناک است، زیرا بی‌رنگ و بی‌بو است. احتراق ناقص اغلب با تولید شعله زرد رنگ یا نارنجی نشان داده می‌شود. همه واکنش‌دهنده‌ها در احتراق ناقص مصرف نمی‌شوند و در نتیجه انرژی کمتری در پایان این واکنش در مقایسه با احتراق کامل تولید می‌شود.

صفحه ۴۹: در این قسمت رنگ شعله در اتمسفر احیایی نشان داده شده است و از هنرجویان خواسته شده است که درباره رنگ شعله در این اتمسفر گفت‌وگو کنند.

گفت‌وگو کنید



رنگ شعله در اتمسفر احیایی

چرا رنگ قسمت مرکزی شعله در اتمسفر احیایی آبی است اما اطراف آن زرد مشاهده می‌شود؟

همان‌طور که در شکل صفحه قبل می‌بینید نزدیک به سر مشعل رنگ شعله آبی است اما در قسمت‌های دور از مشعل رنگ آن به زرد تغییر کرده است. علت این تغییر رنگ مربوط به احتراق و تأمین اکسیژن در اتمسفر احیایی است. از آنجایی که در نزدیک شعله اتمسفر احیایی میزان اکسیژن مورد نیاز احتراق کافی است احتراق کامل انجام می‌شود اما در قسمت‌های دورتر اکسیژن کمتر است و شعله احیایی خواهد بود و بنابراین رنگ شعله زرد می‌شود.

صفحه ۴۹ تا ۵۳: به منظور آشنایی با روش‌های انتقال حرارت در این صفحات توضیحاتی درباره روش‌های هدایت، همرفت و تابش بیان شده است.

در بیشتر بدانید عوامل مؤثر بر انتقال حرارت به روش هدایت و چگونگی محاسبه مقدار حرارت در این روش توضیح داده شده است. همچنین به منظور آشنایی با محدوده ضریب هدایت حرارت در مواد مختلف در جدول ۲ ضریب هدایت انواع مواد آمده است. هنرآموز محترم در این قسمت می‌تواند مقایسه‌ای بین هدایت شیشه که یک ماده سرامیکی است با فلزات انجام دهد که سرامیک‌ها به دلیل نداشتن الکترون آزاد هدایت حرارتی کمتری نسبت به فلزات دارند. بنابراین برای کاربردهایی مانند عایق حرارتی مناسب‌تر هستند.

صفحه ۵۱: برای درک مفهوم همرفت در این قسمت انتقال حرارت گرمای شواژ توضیح داده شده است. هنرآموز محترم به کمک این تصویر روش همرفت را توضیح دهد. در این روش هدایت مولکول‌های جامد باعث انتقال حرارت می‌شود اما در روش همرفت جابه‌جایی هوای گرم با هوای سرد باعث انتقال حرارت می‌شود.



لازم به ذکر است که انتقال حرارت در روش هدایت در مواد جامد انجام می‌شود اما در روش همرفت انتقال حرارت در مواد در دو حالت مایع و گازی انجام می‌شود.

فعالیت کارگاهی



صفحه ۵۲: در این قسمت یک فعالیت کارگاهی طراحی شده تا هنرجویان مفهوم همرفت را به‌طور عملی فراگیرند. با افزایش حرارت مولکول‌ها گرم شده به سمت بالا آمده و مولکول‌های سردتر جای آنها قرار می‌گیرند. در اثر این جابه‌جایی نوارهای کاغذ نیز جابه‌جا می‌شوند و درون ظرف می‌توان جریان همرفت را مشاهده کرد.



صفحه ۵۲: برای شروع مبحث تابش، انتقال حرارت از خورشید به سطح کره زمین نشان داده است که هنرآموز درباره انتقال حرارت به روش تابش از این مثال استفاده می‌کند که گرمای خورشید در خلأ و بدون وجود محیط مادی انتقال می‌یابد.

فکر کنید



سؤال صفحه ۵۳

برای جذب اشعه‌های تابشی، اجسام با رنگ تیره مناسب‌تر هستند یا رنگ روشن؟

این امواج از اجسام با رنگ روشن مثل سفید بیشتر تابش می‌شود و رنگ‌های تیره مانند مشکی این امواج را بهتر جذب کرده و در خود نگه می‌دارند بنابراین در هنگام پخت بدنه سرامیکی رنگ آن مؤثر است.

فکر کنید



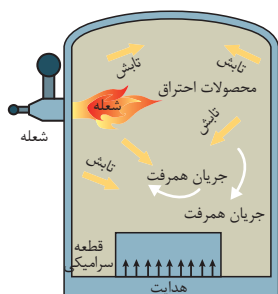
در بین روش‌های انتقال حرارت کدام روش سریع‌تر است؟ چرا؟
به منظور مقایسه و درک بهتر روش‌های انتقال حرارت سؤال مطرح شده که در کدام روش انتقال حرارت سریع‌تر است. انتقال حرارت به طریق تابش بسیار سریع (با سرعت نور) صورت می‌گیرد اما در روش‌های هدایت و همرفتی بسیار کند است.

فعالیت کلاسی



صفحه ۵۳: این فعالیت با هدف مرور درس و تثبیت یادگیری مطرح شده است. هنرجو باید با توجه به مفهوم درس روش‌های انتقال حرارت را روی شکل مشخص کند.





شکل ۳۳

صفحه ۵۴: در شکل ۳۳ روش‌های انتقال حرارت به بدنه درون کوره توضیح داده شده است. پیشنهاد می‌شود که در ابتدای درس هنرآموز محترم از هنرجویان سؤال کند که حرارت با چه روشی به بدنه درون کوره یا خشک‌کن منتقل می‌شود. همچنین دربارهٔ اینکه محدوده دمایی کوره چه اثری بر انتقال حرارت دارد سؤال کند.

درون کوره‌ها هر سه روش انتقال حرارت هدایت، همرفت و تابش وجود دارد:

۱ کف کوره، چیدمان و بدنهٔ داخل کوره: با روش هدایت، انتقال حرارت انجام می‌شود.

۲ هوای داخل کوره: همرفت گازهای داغ وجود دارد.

۳ مشعل، المنت و دیرگدازهای گرم شده: انتقال حرارت به روش تابش وجود دارد. روش انتقال حرارت در دماهای مختلف تغییر می‌کند می‌توان روش‌های انتقال حرارت درون کوره را به‌صورت زیر بیان کرد:

در دماهای پایین تر از ۵۰۰ درجه سلسیوس همرفت مکانیزم اصلی انتقال حرارت درون کوره است.

■ در دماهای بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سلسیوس انتقال حرارت با هر دو مکانیزم تابش و همرفت انجام می‌شود.

■ هنگامی که دما بالاتر از ۱۰۰۰ درجه سلسیوس است تابش اصلی ترین مکانیزم در انتقال حرارت درون کوره است.

صفحه ۵۴: برای آغاز موضوع اندازه گیری دما دو سؤال انگیزشی مطرح شده است که روش تعیین دما در دماسنج با کوره‌ها چگونه است.

■ چگونه می‌توان هوای درون اتاق را اندازه‌گیری کرد؟

■ نمایشگرهای نشان‌دهنده دمای درون فرهای گازی چگونه کار می‌کنند؟

پیشنهاد می‌شود که از هنرجو دربارهٔ روش تعیین و نمایش دما در هر یک از این وسایل سؤال شود و زمینهٔ ذهنی لازم برای توضیح درس فراهم شود.

برای اندازه‌گیری دمای اتاق از دماسنج استفاده می‌شود. ساده‌ترین دماسنج، جیوه‌ای است که از لوله‌ی نازکی با مخزن کوچک تشکیل شده است. درون مخزن از جیوه پر شده است که افزایش دما باعث بالا رفتن و پایین آمدن جیوه در دماسنج شده و از روی آن دمای جسم تعیین می‌شود. ارتفاع جیوه، کمیتی است که در دماسنج جیوه‌ای موجب سنجش دما می‌شود.

در فرگازی روش اندازه گیری این گونه است که دو فلز غیر همسان به یکدیگر از دو سر پیوند داده می شوند و در اثر تغییرات دمایی ولتاژی در مدار الکتریکی ترمومتر ایجاد می شود.



شکل ۳۶

صفحه ۵۵: در شکل ۳۶ ابزاری که برای تعیین دمای کوره نصب شده است با تصویر نشان داده شده است که در این تصویر محل قرارگیری ترموکوپل را می‌توان دید. هنرآموز محترم به‌طور عملی محل قرارگیری ترموکوپل را درون کوره نشان دهید.

دانش افزایی



ترموکوپل‌ها پس از گذشت سالیان متمادی از بهترین سنسورها برای اندازه‌گیری دما هستند زیرا با نقطه مورد نظر تماس برقرار کرده و دما را به‌صورت پتانسیل الکتریکی انتقال می‌دهند و ولتاژ با اتصال به اندیکاتور اندازه‌گیری می‌شود و به‌صورت دما براساس جداول مشابه‌سازی شده و نمایش داده می‌شود. از این دستگاه برای اندازه‌گیری دماهای بالا (مثلاً در کوره‌های پخت محصولات سرامیکی) استفاده می‌شود. ترموکوپل‌ها اصولاً در دمای پایین دارای دقت لازم نیستند ولی جهت سنجش در دماهای بالاتر از ۵۰۰ درجهٔ سلسیوس یکی از گزینه‌های خوب می‌باشند.

ترموکوپل (Thermocouple)، که به آن جفت حرارتی نیز گفته می‌شود، به پدیده‌ای در فیزیک گفته می‌شود که در آن با اتصال دو فلز غیریکسان به همدیگر جریان الکتریکی بعد از گرم شدن در محل اتصال تولید می‌شود. ترموکوپل دو فلز غیرهم‌جنس است که از یک طرف به هم متصل‌اند. برای تولید برق باید محل اتصال دو فلز را حرارت داد. در این صورت در دو سر دیگر که آزاد هستند جریان الکتریکی تولید می‌شود. جریان الکتریکی که به این صورت تهیه می‌شود بسیار کم است. با اعمال حرارت به محل اتصال این دو مفتول اختلاف پتانسیلی در دو سر این مفتول‌ها به وجود می‌آید. این اختلاف پتانسیل وابسته به میزان حرارت اعمال شده است و بنابراین با بررسی میزان ولتاژ خروجی می‌توان درجه حرارت اعمال شده به ترموکوپل را تشخیص داد.

صفحه ۵۵: به منظور آشنایی هنرجویان با انواع ترموکوپل تصویر ترموکوپل‌های مرسوم در خشک‌کن و کوره و محل نصب آنها در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳

وسيله	ترموکوپل	محل نصب
خشک کن		
کوره		

صفحه ۵۶: به منظور مشاهده و درک بهتر عملکرد ترموکوپل تصویری از قرارگیری دو سیم درون ترموکوپل در شکل ۳۷ نشان داده شده است.

دانش افزایی



انواع ترموکوپل براساس جنس دو سیم آن دسته‌بندی می‌شوند و برای نشان دادن دمای هر یک از آنها رنگ‌هایی برای سیم‌ها در نظر گرفته می‌شود. معمولاً رنگ کابل ترموکوپل‌ها براساس استانداردها تعیین می‌شوند. به‌طور مثال مطابق ASTM رنگ کابل‌ها به‌صورت زیر است:

North American Colour Codes						
Color	Wiring Conventions		Thermocouple Color Coding		Temp. (°C)	Limits of Error**
	Lead	Ground	Thermocouple + Grade	Reference Grade	Range	Standard
Black	Black (P)	Black (N)	Black (P)	Black (N)	0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N) 0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N)	0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N) 0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N)
Yellow	Yellow (P)	Yellow (N)	Yellow (P)	Yellow (N)	0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N) 0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N)	0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N) 0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N)
Blue	Blue (P)	Blue (N)	Blue (P)	Blue (N)	0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N) 0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N)	0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N) 0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N)
Purple	Purple (P)	Purple (N)	Purple (P)	Purple (N)	0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N) 0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N)	0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N) 0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N)
Orange	Orange (P)	Orange (N)	Orange (P)	Orange (N)	0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N) 0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N)	0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N) 0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N)
Green	Green (P)	Green (N)	Green (P)	Green (N)	0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N) 0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N)	0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N) 0 to 1000 (P) 0 to 1000 (N)

صفحه ۵۶: به منظور آشنایی با انواع ترموکوپل و محدوده دمایی که می‌توانند نشان دهند، جدول ۴ در متن درس آمده است. هنرآموز محترم بر جنس سیم‌ها و محدوده دمایی در هر یک از آنها تأکید کند.

جدول ۴- متداول ترین ترموکوپل‌ها براساس جنس سیم‌های به کار رفته

نوع	محدوده دمایی قابل اندازه‌گیری (درجه سلسیوس)
مس - کنستانتان (CC)	۰-۳۵۰
آهن - کنستانتان (IC)	۰-۸۰۰
کرومل - آلومل (CR)	۰-۱۲۰۰
پلاتین - رودیوم (PR)	۰-۱۶۰۰

صفحه ۵۶: هنرجویان در هنگام کار با کوره و چیدن قطعات باید دقت کنند که به ترموکوپل ضربه وارد نشود و محیط اطراف ترموکوپل را در نظر داشته باشند تا جریان هوای کوره به خوبی با ترموکوپل در تماس باشد زیرا عملکرد صحیح این وسیله به برخورد و جریان هوا در اطراف آن بستگی دارد.

فعالیت کلاسی



صفحه ۵۷: پوشانده شدن محل قرارگیری ترموکوپل با پنبه نسوز نشان داده شده است و درباره علت انجام این کار سؤال شده است. این عمل باعث می‌شود که در محل قرارگیری ترموکوپل تبادل هوا انجام نشود، زیرا در غیر این صورت ضمن اتلاف حرارت در عملکرد ترموکوپل به علت جریان هوای آزاد در بیرون کوره اشکالاتی ایجاد می‌شود. انتظار می‌رود که با پاسخ دادن این سؤال هنرجو اهمیت و توجه بیشتری به محل قرارگیری و نحوه نصب ترموکوپل داشته باشد.

فعالیت کلاسی



شکل روبه‌رو محل مورد نظر برای نصب ترموکوپل درون کوره را نشان می‌دهد. چرا اطراف آن پنبه نسوز پوشانده شده است؟

صفحه ۵۷: یکی دیگر از وسایل اندازه‌گیری دما آذرسنج نوری است که اصول کارکرد آن و تصویر آن در شکل زیر نشان داده شده است. این وسیله با توجه به نور مرئی که از



درون کوره ساطع می‌شود کار می‌کند و برای اندازه‌گیری دما در کوره‌های صنعتی به کار می‌رود. همان‌طور که در شکل روبه‌رو مشاهده می‌کنید برای تعیین دما با این وسیله شخص در فاصله با کوره قرار می‌گیرد و پیرومتر را در مقابل حرارت کوره قرار می‌دهد تا با توجه به نور مرئی ساطع شده از آن دما تعیین شود.

دانش افزایی



آذرسنج یا پیرومتر در سنجش دماهای از صفر تا ۵۰۰۰ درجهٔ سلسیوس قابل استفاده است. در نوعی آذرسنج با افزوده محو شونده که افزوده‌اش از جنس تنگستن است در اثر عبور جریان الکتریکی آن قدر گرم می‌شود که رنگ آن با رنگ منبع حرارتی مورد اندازه‌گیری یکی شود و بنابراین از دید شخص نگرنده محو گردد، پس شدت جریانی را که موجب این پدیده می‌شود می‌توان با مقیاس‌بندی لازم برای اندازه‌گیری دما استفاده کرد.

صفحهٔ ۵۸: یکی دیگر از وسایل اندازه‌گیری دما مخروط زگر است که روش تعیین دما با توجه به جدول ۵ نشان داده شده است.

دانش افزایی



مخروط زگر نه تنها دما را اندازه‌گیری می‌کند، بلکه اطلاعاتی دربارهٔ درجهٔ حرارت پخت نیز ارائه می‌کند. بنابراین مخروط‌های زگر برای اندازه‌گیری تأثیرات دما و زمان مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای تعیین دما از روش مقایسه‌ای استفاده می‌شود. باید قبل از تست محدودهٔ ذوب را به طور تقریبی دانست و مخروط‌های آزمایشگاهی با اعداد متوالی مورد استفاده قرار گیرند. سپس با توجه به جدول استاندارد و شماره مخروط دمای کوره تعیین می‌شود. مخروط زگر به شکل یک هرم ناقص است و دارای یک لبهٔ کوتاه و یک زاویهٔ ۸۸ درجه نسبت به قاعده است که روی آن شمارهٔ مخروط حک شده است. باید در هنگام استفاده این مخروط در زاویهٔ صحیح قرار گیرد و جریان حرارت به خوبی به آن برسد. توضیحات کامل دربارهٔ عملکرد مخروط زگر در کتاب دانش فنی تخصصی پودمان چهارم با عنوان کاربرد دیرگذاها و جرم نسوز بیان شده است.

فعالیت کارگاهی



صفحهٔ ۵۸: در این قسمت فعالیت کارگاهی در نظر گرفته شده است که هنرجویان تحت نظارت هنرآموز محترم ترموکوپل‌های کوره‌های کارگاه را بررسی و مشاهده کنند. هنرآموز محترم بر رعایت نکات ایمنی تأکید کند و بیان شود که نباید ترموکوپل تحت ضربه و تماس با اشیا قرار گیرد.

ارزشیابی نهایی شایستگی کسب مهارت ارزیابی و کنترل حرارت

<p>شرح کار:</p> <p>۱- به کارگیری تجهیزات تأمین و کنترل حرارت کوره</p> <p>۲- روشن کردن انواع مشعل کوره</p> <p>۳- تنظیم مشعل کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات و ابعاد قطعه</p> <p>۴- تنظیم فشار و چرخه هوایی در کوره با توجه به نوع کوره</p> <p>۵- شناخت انواع المنت‌ها و توانایی نصب آنها</p>			
<p>استاندارد عملکرد:</p> <p>انتخاب و به کارگیری انواع تجهیزات کنترل خشک کن و کوره بر اساس نوع و دمای کار خشک کن و کوره</p> <p>شاخص‌ها:</p> <p>کار کردن با انواع کوره، روشن کردن و تنظیم انواع مشعل، مشعل، فشار و چرخه هوایی</p>			
<p>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</p> <p>مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی</p> <p>ابزار و تجهیزات: کوره، دستکش نسوز، تجهیزات اطفای حریق، سیستم کنترل دما (ترموکوپل و پیرومتر)، لباس کار مناسب، عینک محافظ اشعه مادون قرمز</p>			
<p>معیار شایستگی:</p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	به کارگیری تجهیزات کنترلی مشعل کوره	۱	
۲	روشن کردن انواع مشعل کوره	۲	
۳	نصب انواع المنت	۲	
۴	تنظیم مشعل کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات و ابعاد قطعه و پیچیدگی	۲	
۵	تنظیم فشار و چرخه هوایی در کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات، ابعاد قطعه و پیچیدگی	۲	
<p>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:</p> <p>دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب</p>			
میانگین نمرات			*
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.			

ردیف	مراحل کار	شرایط عملکرد (ابزار مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره دهی)	نمره
۱	به کارگیری تجهیزات کنترلی مشعل کوره	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: تجهیزات کنترلی ابزار و تجهیزات:	به کارگیری تجهیزات کنترلی مشعل کوره بالاتر از انتظار	تنظیم صحیح و دقیق مشعل کوره	۳
			به کارگیری تجهیزات کنترلی مشعل کوره قابل قبول	تنظیم نسبتاً صحیح مشعل کوره با خطای مجاز	۲
			به کارگیری تجهیزات کنترلی مشعل کوره غیرقابل قبول	عدم توانایی در تنظیم مشعل کوره	۱
۲	روشن کردن انواع مشعل	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: ابزار و تجهیزات: کوره، خشک کن	روشن کردن انواع مشعل بالاتر از انتظار	روشن کردن صحیح و دقیق انواع مشعل	۳
			روشن کردن انواع مشعل قابل قبول	روشن کردن صحیح و دقیق انواع مشعل با خطای مجاز	۲
			روشن کردن انواع مشعل غیرقابل قبول	عدم توانایی در روشن کردن انواع مشعل	۱
۳	نصب انواع المنت	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: انواع المنت ابزار و تجهیزات: کوره، خشک کن	نصب انواع المنت بالاتر از انتظار	نصب صحیح و دقیق انواع المنت	۳
			نصب انواع المنت قابل قبول	نصب المنت با خطای مجاز	۲
			نصب انواع المنت غیرقابل قبول	عدم توانایی در نصب المنت	۱
۴	تنظیم مشعل کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات، ابعاد قطعه و پیچیدگی	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: مواد اولیه ابزار و تجهیزات: کوره، خشک کن	تنظیم مشعل کوره بالاتر از انتظار	تنظیم صحیح و کامل مشعل کوره با در نظر گرفتن نوع کوره، نوع قطعات، ابعاد قطعه و پیچیدگی	۳
			تنظیم مشعل کوره قابل قبول	تنظیم صحیح و کامل مشعل کوره با در نظر گرفتن نوع کوره، نوع قطعات، ابعاد قطعه و پیچیدگی با خطای مجاز	۲
			تنظیم مشعل کوره غیرقابل قبول	عدم توانایی در تنظیم صحیح و کامل مشعل کوره با در نظر گرفتن نوع کوره، نوع قطعات، ابعاد قطعه و پیچیدگی	۱
۵	تنظیم فشار و چرخه هوایی در کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات، ابعاد قطعه و پیچیدگی	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: ابزار و تجهیزات: کوره، خشک کن	تنظیم فشار و چرخه هوایی در کوره بالاتر از انتظار	تنظیم صحیح و کامل فشار و چرخه هوایی در کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات، ابعاد قطعه و پیچیدگی	۳
			تنظیم فشار و چرخه هوایی در کوره قابل قبول	تنظیم فشار و چرخه هوایی در کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات، ابعاد قطعه و پیچیدگی با خطای مجاز	۲
			تنظیم فشار و چرخه هوایی در کوره غیرقابل قبول	عدم توانایی در تنظیم نسبتاً صحیح و کامل فشار و چرخه هوایی در کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات، ابعاد قطعه و پیچیدگی	۱
	شاخصی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش	ماسک ایمنی، دستکش، کلاه ایمنی، لباس کار، کفش ایمنی، مسئولیت‌پذیری (NVT) سطح ۱، مدیریت مواد و تجهیزات (NPE) سطح ۱، انتخاب فناوری مناسب (NFI) سطح ۱، درستکاری و کسب حلال (NVT)	قابل قبول	رعایت همه موارد	۳
			غیر قابل قبول	عدم رعایت نکات ایمنی	۱
ارزشیابی کار (شاخصی انجام کار)					
بلی <input type="checkbox"/>					
خیر <input type="checkbox"/>					
معیار شاخصی انجام کار: کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ... و ... و ... کسب حداقل نمره ۲ از بخش‌های شاخصی غیرفنی، ایمنی و بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار					



فصل سوم

خشک کردن سرامیک ها

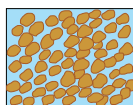
خشک کردن سرامیک‌ها

تصویر ورودی پودمان، تصویر یک خشک کن متناوب است که داخل واگن‌های آن محصولات قرار می‌گیرد و درب خشک کن بسته می‌شود و بعد از خشک شدن در خشک کن باز و محصولات خارج می‌شود.

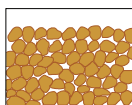


خشک کن متناوب

شکل ۱ صفحه ۶۳: خشک کردن جامدات یکی از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین عملیاتی است که در صنایع مختلف از جمله کشاورزی، سرامیک، شیمیایی، غذایی، دارویی، کاغذ، چوب، معدن، پلیمر و نساجی کاربرد دارد که این مرحله تا حدودی پیچیده است. زیرا با توجه به گوناگونی مواد و رفتار آنها با نکات مبهم و مهمی همراه است که هنوز بعضی از این نکات روشن نشده‌اند. علاوه بر این به دلیل اینکه مدل‌سازی و توضیح ریاضی فرایند خشک کردن نیازمند در نظر گرفتن سه پدیده انتقال که شامل انتقال حرارت، جرم و اندازه حرکت است بنابراین حل معادلات مربوطه پیچیده است. در نتیجه این عمل معمولاً بسیار مشکل و پیچیده خواهد بود. از این رو عملیات خشک کردن معمولاً ترکیبی از علم، تکنولوژی و هنر در نظر گرفته می‌شود، هنر در پدیده خشک کردن در این است که بتوان از مشاهدات تجربی و تجربیات فرایندی در طراحی و انتخاب خشک‌کن‌ها استفاده کرد.



بدنه تر



بدنه خشک

شکل ۲: هنگام مقایسه قطعه تر و خشک لازم است هنرجو به این نکته اشاره کند که بعد از خروج آب از لابه‌لای ذرات، آنها به هم نزدیک‌تر می‌شوند و قطعه انقباض پیدا می‌کنند.

سؤال



صفحه ۶۳: آیا می‌توان گرفتن آب دوغاب توسط قالب گچی را فرایند خشک کردن نامید؟

معمولاً فرایند خشک کردن به عملیاتی گفته می‌شود که در آن یک مایع توسط تبخیر از جامد جدا می‌شود یعنی ابتدا مایع را به بخار تبدیل کرده و سپس به راحتی از قسمت جامد جدا می‌شود.



ولی جداسازی رطوبت به روش مکانیکی مانند فیلتر پرس و قالب گچی رانمی‌توان خشک کردن نامید. البته معمولاً قبل از خشک کردن یک مرحله رطوبت‌زدایی مکانیکی و جداسازی رطوبت توسط عملیات مکانیکی در نظر گرفته می‌شود که آسان‌تر و ارزان‌تر از استفاده از روش‌های حرارتی است.



شکل ۴ صفحه ۶۴: هدف از آوردن این تصویر مشاهده اثر خشک شدن بر بدنه است. در صورتی که عملیات خشک شدن به صورت یکنواخت برای قطعه انجام نشود تغییر شکل و ترک در آن به وجود می آید.

متن صفحه ۶۴: مطابق با تعریف خشک شدن، دو عامل در فرایند خشک شدن سرامیک‌ها تأثیرگذار هستند:

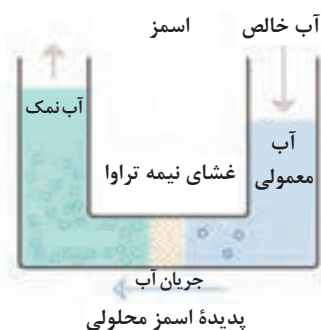
عواملی که در داخل قطعه باعث به حرکت درآوردن آب به سمت سطح می شوند و عواملی که در بیرون قطعه عامل جدا شدن و دور شدن آب از قطعه هستند.
عوامل درونی: در درون قطعه چهار عامل باعث حرکت آب به سطح قطعه می شوند که عبارت‌اند از:

۱ مکش لوله‌های موئین: زمانی که یک قطعه از طرف سطح خشک می شود، فواصل بین ذرات رس که خیلی کوچک هستند به عنوان لوله موئین عمل می کنند. در اثر مکش آب توسط لوله‌های موئین، آب از مرکز قطعه به سطح حرکت می کند و در سطح قطعه تبخیر می شود.

عوامل مؤثر بر خشک شدن

عوامل	مفهوم	شکل
بیرونی	روش‌های انتقال حرارت، میزان رطوبت و شدت جریان هوا در خشک‌کن از عوامل بیرونی است.	
درونی	عواملی که در درون قطعه باعث می شود آب از لابه‌لای ذرات به سطح خارجی آن منتقل شود.	

۲ اسمز محلولی: وقتی درصد رطوبت خیلی کم شود، مکش لوله‌های موئین هر چقدر هم که زیاد باشد، نمی‌تواند آب را از مرکز قطعه به سطح آن بکشاند. در این حالت پدیده‌ای که باعث انتقال آب از مرکز قطعه به سطح آن می‌شود،



اسمز محلولی است، به طور مثال، بعد از مدتی دیده می‌شود در لوله آزمایشگاهی نشان داده شده در شکل روبه‌رو، آب از قسمتی که رقیق‌تر است به قسمت غلیظ‌تر نفوذ می‌کند و سطح آب نمک در لوله آزمایشگاهی بالاتر می‌رود که به این حالت اسمز محلولی گفته می‌شود.

در بدنه نیز در هنگام خشک شدن وقتی آب از سطح خارج می‌شود، یک سری کاتیون‌ها در سطح باقی می‌مانند، در نتیجه آبی که در مرکز قطعه است نسبت به آب موجود در سطح قطعه رقیق‌تر است و سطح لوله موئین مانند غشا نیمه تراوا عمل می‌کند و آب از محل رقیق‌تر به محل غلیظ‌تر (سطح قطعه) می‌رود و در آنجا تبخیر می‌شود.

۳ اسمز حرارتی: (طبق اسمز حرارتی آب از جای گرم به جای سرد می‌رود) در هنگام خشک شدن قطعه، سطح آن گرم‌تر است بنابراین زودتر خشک شده است و باید آب از سطح به مرکز بیاید. این شرایط باعث ایجاد انقباض‌های غیر یکنواخت در قطعه می‌شود زیرا در مرکز قطعه آب بیشتر و در سطح آن مقدار آب کم است و شیب رطوبتی وجود دارد. این امر باعث ترک خوردن شدید قطعه می‌شود. اگر روشی به کار برده شود که مرکز قطعه گرم‌تر از سطح آن باشد، آب از مرکز به آسانی به سطح می‌رود و شیب رطوبتی کمتر می‌شود، در نتیجه احتمال ترک خوردن قطعه کمتر می‌شود. بهترین روش برای کنترل شیب رطوبتی استفاده از خشک‌کن‌های رطوبتی است.

۴ مکانیزم تبخیر و میعان: وقتی که مقدار آب در لوله‌های موئین خیلی کم باشد، لوله‌های موئین نمی‌توانند آب را خارج کنند، زیرا مقدار آب خیلی کم است و این آب می‌تواند از طریق تبخیر و میعان خارج شود. در این مکانیزم هنگامی که دمای سطح قطعه بالا می‌رود و میزان آب درون قطعه کاهش می‌یابد آب از طریق مکش لوله‌های موئین می‌تواند خارج شود، بنابراین بر اثر افزایش دما این آب تبخیر شده و به صورت بخار در می‌آید و به طرف سطح قطعه حرکت می‌کند. اگر در اثر این حرکت قطر لوله موئین کم شود میعان صورت می‌گیرد و در نزدیکی سطح قطعه چون دما بالاتر است، مجدداً تبخیر صورت می‌گیرد و در این حالت بخار از سطح قطعه خارج می‌شود.

عوامل خارجی خشک شدن: در بیرون قطعه سه عامل به جدا شدن و دور شدن رطوبت از قطعه کمک می‌کند.

۱ **گرما:** با انتقال گرما به روش‌های سه گانه همرفتی، هدایت و تابش به قطعه، دمای لازم برای تبخیر مهیا می‌شود.

۲ **رطوبت محیط خشک‌کن:** رطوبت باید از محیط خشک‌کن خارج شود تا آب خروجی از قطعه دور شود و فشار بخار محیط کاهش یابد.

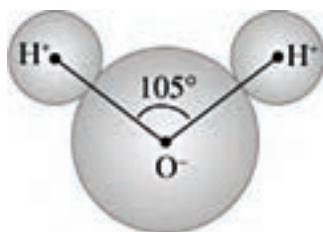
۳ **جریان هوای درون خشک‌کن:** جریان هوا به انتقال گرما به قطعه کمک می‌کند و رطوبت را از سطح قطعه جدا خواهد کرد.

جدول ۲: انواع آب

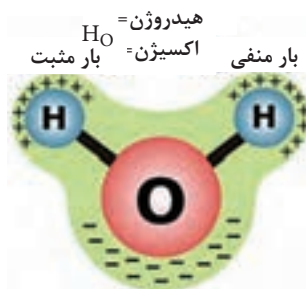
آب: در مولکول آب دو اتم هیدروژن با زاویه 105° درجه در اطراف یک اتم اکسیژن قرار گرفته‌اند. این زاویه از روابط اوربیتالی اتم‌های اکسیژن و هیدروژن به دست می‌آید. در مولکول آب اتم‌ها توسط پیوندهای کووالانت بسیار قوی به یکدیگر متصل شده‌اند این واقعیت آب را به صورت ماده‌ای بسیار پایدار در آورده است.

جدول ۲

محل خروج		فرمول شیمیایی	انواع آب در بدنه‌های سرامیکی	
خشک کن	کوره			
✓	-	H ₂ O	پلاستیسیته	آب آزاد
✓	-		تخلخل	
-	✓		جذب شده (مقید)	
-	✓	OH	آب ساختاری	



مولکول آب کوچک است و قطری در حدود قطر اتم اکسیژن معادل $1/4$ آنگستروم دارد حجم مولی آب در 20° درجه سلسیوس تقریباً 18 سانتی متر مکعب و یا 18 میلی لیتر



است. تقریباً 6×10^{23} (حدود نیم میلیون - میلیارد - میلیارد) مولکول در 18 میلی لیتر آب (حدود $5/5$ اونس مایع یا 14 گرم مایع) وجود دارد. یکی از مشخصات بسیار مهم مولکول آب این است که می‌تواند به عنوان یک گشتاور دو قطبی در نظر گرفته شود به بیان دیگر مولکول آب دارای یک طرف با بار مثبت و یک طرف با بار منفی است.

انواع آب در سیستم جامد - مایع

به طور کلی ۵ نوع آب داریم:

۱ آب سوسپانسیون (آب دوغاب، suspension water)

آماده‌سازی مواد اولیه سرامیکی و بدنه همواره با افزودن آب همراه است. آب ذرات مواد اولیه موجود در بدنه را کاملاً از یکدیگر باز کرده به صورت دوغاب در می‌آورد. این آب را آب سوسپانسیون یا آب دوغاب می‌نامند که در هنگام شکل دادن یا قبل از آن به وسیله قالب، فیلتر پرس یا ته‌نشین‌سازی خارج می‌شود و دوغاب به گل تبدیل می‌شود.

۲ آب بین لایه‌ای (بین ذره‌ای - پلاستیسیته)

بعد از اینکه آب سوسپانسیون خارج شد ذرات تقریباً به یکدیگر نزدیک شده و آب به صورت لایه‌ای نازک (حدود 30 الی 50 نانومتر) بین ذرات باقی می‌ماند. این آب به آب بین لایه‌ای معروف است. این آب در دمای کمتر از 100° درجه سلسیوس از قطعه خارج می‌شود



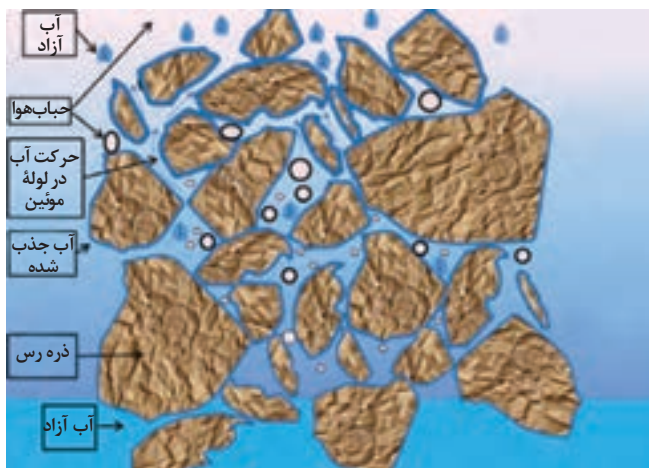
۳ آب تخلخل (آب خلل و فرج، آب درون حفرات، pore water)

با خروج آب بین لایه‌ای ذرات با یکدیگر تماس پیدا می‌کنند در این حالت قطعه را

می‌توان مانند اسفنج فرض کرد زیرا قطعه دارای حفره‌ها و تخلخل‌های بی‌شماری است که مملو از آب هستند. آب خلل و فرج به طور کامل در دمای بالاتر از ۱۲۰ درجهٔ سلسیوس خارج می‌گردد اما در مقیاس صنعتی معمولاً بدنه‌ها در درجه حرارت‌های پایین‌تر از ۱۲۰ درجهٔ سلسیوس خشک می‌شوند. بنابراین همواره مقداری از آب در خلل و فرج بدنه باقی می‌ماند. خشک شدن نهایی فراورده‌ها در اولین مرحله پخت انجام می‌گیرد.

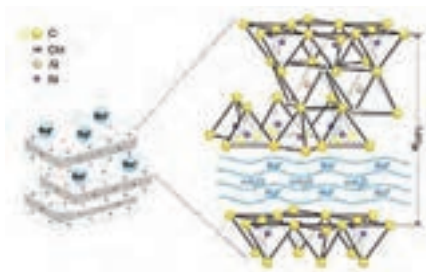
۴ آب جذب شده (آب مقید)

مولکول آب به دلیل پیوند میان اکسیژن و هیدروژن دارای جهت است، به عبارت دیگر، پیوند اتمی در آب، مولکولی قطبی را ایجاد می‌کند. از سوی دیگر می‌دانیم ذرات رس دارای بار الکتریکی هستند زیرا در سطح ذرات پیوندهای اشباع نشده وجود دارد. شکست ذره رس عامل باردار شدن است. بنابراین اگر مولکول قطبی آب در مجاورت ذرهٔ رس شکسته شده قرار گیرد پیوند ضعیفی با ذره ایجاد می‌کند. آب دارای ابعاد مولکولی است و از طریق نیروی فیزیکی و واندروالس به ذره جذب می‌شود. این آب، آب جذب شده نامیده می‌شود. این آب در دمای بالاتر از ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس از قطعه خارج می‌شود.



۵ آب شیمیایی (آب هیدراته یا آب ساختاری)

آب یکی از اجزای سازنده شبکه مینرال به شماره می‌آید که به صورت OH در مینرال وجود دارد. در ساختمان کائولینیت دو مولکول آب وجود دارد که جزء ساختار شبکه کائولینیت است. این آب عملاً نمی‌تواند در دمای پایین از شبکه خارج شود، زیرا خروج آن مستلزم شکست پیوند OH در ساختمان کائولینیت است. برای شکست پیوند مولکول‌های آب و تأمین انرژی آن به دمای بالا نیاز است. برای مثال آب شیمیایی کائولینیت در دمای بالاتر از ۴۰۰ درجهٔ سلسیوس، آزاد شده و از آن خارج می‌شود. در ضمن این آب نقشی در انقباض خشک قطعه ندارد.



صفحه ۶۶:

اثبات حرکت آب درون قطعه:

هدف از انجام این کار عملی بررسی حرکت آب در بدنه و مشاهده مسیر حرکت آن به سطوح تبخیر است. هنرآموز محترم برای کسب نتیجه‌گیری بهتر، دمای خشک‌کن را بالاتر از ۱۱۰ درجه سلسیوس انتخاب کند تا سطح تبخیر کمتری در داخل قطعه داشته باشد.



شکل ۷

فعالیت کارگاهی



گفت‌وگو کنید



صفحه ۶۷: دو جسم با رطوبت یکسان را در نظر بگیرید یکی درون اتاق و دیگری در هوای آزاد قرار داده می‌شود. چرا جسم در هوای آزاد زودتر خشک می‌شود؟

در محیط آزاد جریان هوا وجود دارد که این جریان باعث می‌شود:

- ۱- گرما به قطعه منتقل شود.
- ۲- آب جدا شده از قطعه دور شود.
- ۳- دور شدن رطوبت از قطعه که فشار بخار محیط را کاهش می‌دهد.

فعالیت کلاسی



صفحه ۶۹: هنرجویان با راهنمایی هنرآموز خود در مورد مزیت استفاده از خشک‌کن‌های صنعتی گفت‌وگو کرده و پاسخ‌های خود را به صورت جدول ارائه دهند.

۱- فضای موجود در خشک‌کن: خشک‌کن‌های صنعتی دارای حداقل مساحت در کف هستند و در صورتی که گرما از کف به مواد سرامیکی منتقل شود، سطح کف باید حداقل مقدار ممکن باشد.

۲- نیروی کار: معمولاً خشک‌کن‌های قدیمی و سنتی کارگر زیادی لازم دارند.

اما امروزه باید از خشک‌کن‌هایی استفاده کرد که نیاز به حداقل نیروی کارگری داشته باشند.

۳- قابلیت کنترل: یکی از مهم‌ترین مسائل در خشک‌کن‌های صنعتی این مورد است. دمای خشک‌کن، سرعت جریان هوای گرم و درصد رطوبت موجود در خشک‌کن باید کنترل شود زیرا این سه عامل، بر نحوه خشک شدن مؤثر هستند.

۴- کارایی (بازدهی) سوخت: عبارت است از مقدار سوخت محاسبه شده برای تبخیر مقدار معینی از آب موجود در بدنهٔ سرامیکی نسبت به مقدار سوخت مصرف شده به صورت عملی. اصولاً کارایی در خشک‌کن‌های صنعتی بیشتر از خشک‌کن‌هایی است که حرارت از کف به اشیاء داده می‌شود، هم‌چنین برای بالا بردن کارایی سوخت، عایق کاری خشک‌کن‌های قدیمی راه‌حل مؤثری است.

۵- کارایی زمان: عبارت است که از حداقل زمان لازم برای خشک کردن یک قطعه با رطوبت معین تحت شرایط ایده‌آل نسبت به زمان لازم برای خشک شدن که در خشک‌کن به آن نیاز دارد.

۶- حداکثر سرعت خشک شدن با توجه به ایمنی قطعات و مقدار مطلوب درجه حرارت: این موضوع نه تنها به ترکیب بدنه بستگی دارد، بلکه به اندازه و شکل قطعات ساخته شده نیز وابسته است. سرعت خشک شدن به عوامل بیرونی و درونی بستگی دارد.

۷- توزیع حرارت: برای توزیع حرارت باید طوری عمل کرد که با گردش هوا، گرما به میزان لازم به تمام قطعات برسد. هم‌چنین هم زمان بخار آب از محیط خارج شود. برای اینکه تمام قطعات شبیه به هم خشک شوند باید حجم زیادی از هوای گرم با توزیع مناسب و سرعت مناسب در خشک‌کن به گردش درآید.

۸- صرفه جویی در گرما: مقدار مشخصی گرما لازم است تا آب تبخیر شود. ولی علاوه بر این مقدار گرمای موجود در هوای خروجی از خشک‌کن و اتلاف حرارتی از دیواره‌های خشک‌کن نیز باید در نظر گرفته شود، در نتیجه یک خشک‌کن با بازده خوب باید حداقل حجم گازهای خروجی را داشته باشد، یعنی دوباره هوای مصرف شده به گردش درآید و دیواره‌های خشک‌کن به خوبی عایق‌بندی شوند تا از اتلاف گرما جلوگیری شود.

صفحه ۷۳: خشک‌کن‌های مادون قرمز

خشک‌کن‌های مادون قرمز برای خشک کردن قطعات نازک به کار می‌رود و در این نوع خشک‌کن‌ها، انتقال حرارت به روش تشعشع صورت می‌گیرد. منبع یا منابع حرارت لامپ‌های الکتریکی یا صفحاتی هستند که به وسیلهٔ سوخت گاز گرم شده‌اند. در صنعت سرامیک تاکنون خشک‌کن‌های مادون قرمز به ندرت برای خشک کردن فراورده‌های خام مورد استفاده قرار گرفته است زیرا انتقال حرارت به وسیله تشعشع به طور عمده در سطح قطعات عمل می‌کند. خشک‌کن‌های مادون

قرمز به دلایل زیر در صنعت سرامیک بسیار محدود به کار می‌روند:

- ۱ این خشک‌کن‌ها فقط در سطح فرآورده‌ها عملکرد دارند.
- ۲ می‌توانند باعث از بین رفتن قالب‌های گچی شوند.
- ۳ تأمین حرارت در این خشک‌کن‌ها به هزینه زیادی نیاز دارد.

خشک‌کن‌های ماکروویو

ماکروویو قسمتی از طیف امواج الکترومغناطیسی است که دارای فرکانس بین ۳۰۰-۰/۰۳ هرتز (Hz) و طول موجی بین ۱ الی ۱۰۰۰ میلی‌متر است. هنگام برخورد امواج ماکروویو با جسم سه حالت به وجود می‌آید: ۱- جذب می‌شوند ۲- عبور می‌کنند ۳- انعکاس می‌یابند.

فلزات هادی نسبت به امواج ماکروویو کدر هستند و آن را منعکس می‌کنند. اجسام غیرهادی با اتلاف دی‌الکتریک کم در حرارت معمولی امواج ماکروویو را از خود عبور می‌دهند. اجسام غیرهادی که اتلاف دی‌الکتریک زیادی دارند، این امواج را جذب می‌کنند. ذرات باردار و پراکنده به کمک دو قطبی‌های موجود در جسم، امواج الکترومغناطیس را جذب کرده و جذب امواج مذکور در داخل یک قطعه دی‌الکتریک موجب حرکات انتقالی بارهای آزاد و همچنین چرخش دوقطبی‌های الکتریکی می‌شود. از طرف دیگر نیروهای اصطکاک، الاستیک و اینرسی در مقابل حرکت انتقالی ذرات باردار و چرخش دوقطبی‌ها مقاومت می‌کنند که نتیجه این مقاومت ایجاد گرما است. در خشک کردن به روش ماکروویو برعکس خشک‌کن‌های مادون قرمز حرارت ابتدا در مرکز و عمق جسم ایجاد می‌شود. بنابراین حرارت قسمت‌های داخلی همواره بیشتر از حرارت قسمت‌های بیرون می‌باشد. از این روش برای خشک کردن قطعات با ضخامت بیشتر نیز می‌توان استفاده کرد. براساس اطلاعاتی که تاکنون به دست آمده است، برخی از بیماری‌ها بر اثر تابش زیاد از حد ماکروویو به وجود می‌آید که عبارت‌اند از:

۱ آسیب دیدن عدسی چشم

۲ آسیب دیدن غدد تناسلی

۳ ازدیاد لنفوسیت درخون

۴ اختلال در گردش خون و قلب

با توجه به مطالب فوق، خشک‌کن‌های ماکروویو امروزه برای خشک کردن قطعاتی که شکل‌های پیچیده دارند مانند مقره‌های الکتریکی و چینی بهداشتی استفاده می‌شود. این خشک‌کن‌ها بسیار گران‌قیمت هستند که موجب محدودیت در کاربرد آنها شده است.





مقایسه خشک شدن دو قطعه سرامیکی با آمیز متفاوت:

این فعالیت با این هدف انجام می‌گیرد که هنجار تأثیر مقدار و نوع مواد اولیه را در زمان خشک شدن یک قطعه مورد مقایسه قرار دهد و به این نتیجه برسد که حضور مواد اولیه پلاستیک، زمان خشک شدن را افزایش می‌دهد.

نمونه	وزن اولیه	وزن بعد از یک ساعت	وزن خشک	درصد رطوبت کل	درصد رطوبت باقی مانده بعد از یک ساعت خشک شدن	درصد رطوبت از دست داده در یک ساعت
	۸۰	۷۵	۶۹	۱۳/۷۵	۸	۵/۷۵

$$\text{درصد رطوبت کل} = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن تر}} \times 100 \rightarrow \frac{80 - 69}{80} \times 100 = 13.75\%$$

$$\text{درصد رطوبت باقی مانده بعد از یک ساعت} = \frac{75 - 69}{75} \times 100 = 8\%$$

$$5.75 = 13.75 - 8 = \text{درصد رطوبت از دست داده در یک ساعت}$$

در مقایسه ترکیب B نسبت به A مشاهده می‌شود مقدار ماده غیرپلاستیک کاهش و ماده پلاستیک افزایش یافته است. بنابراین قطعه در مدت زمان بیشتری آب موجود در بدنه از دست می‌دهد.

پرسش صفحه ۷۵: تأثیر نوع و مقدار ترکیب بر روی زمان خشک شدن را بررسی کنید.

تأثیر نوع ترکیب: ترکیب‌های پلاستیک دانه‌بندی ریزتری دارند و آب بیشتری جذب می‌کنند و همچنین کانال‌ها و لوله‌های مؤین طولانی‌تری ایجاد می‌کنند. بنابراین زمان بیشتری برای از دست دادن آب نیاز دارند. **تأثیر مقدار ترکیب:** هر چه مقدار ماده اولیه پلاستیک در آمیز بدنه کاهش یابد و بر مقدار ماده اولیه غیرپلاستیک اضافه شود، زمان کوتاه‌تری برای خروج آب نیاز است.

فعالیت کارگاهی



صفحه ۷۶: مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه‌بندی متفاوت در آمیز نمونه A نسبت به نمونه B دانه‌بندی درشت‌تری دارد و در نتیجه باید در زمان یک ساعت آب بیشتری از دست داده باشد.

گفت‌وگو کنید



تأثیر دانه‌بندی این دو آمیز بر روی خشک شدن را بررسی کنید. هرچه دانه‌بندی ریزتر باشد آب بیشتری جذب می‌کند و همچنین مدت زمان بیشتری نیاز دارد تا آب را از لابه‌لای ذرات ریز و کانال‌های طولانی عبور دهد تا به سطح برسد.

فعالیت کارگاهی



صفحه ۷۸: بررسی تأثیر برخورد غیریکنواخت جریان هوا به قطعه: شکل محصولی که در جریان هوای پنکه قرار می‌گیرد خیلی مهم نیست. یک قطعه مکعبی شکل از گل رس تا یک قطعه به شکل دلخواه را می‌توان انتخاب کرد.

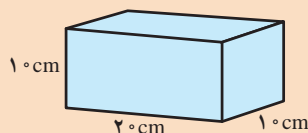
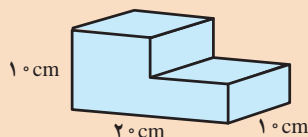


معمولاً در قطعات سرامیکی که به روش ریخته‌گری دوغابی و گل پلاستیک شکل داده می‌شوند احتمال بروز تنش و ترک شدیدتر مشاهده است.

فعالیت کارگاهی



صفحه ۷۹: مقایسه خشک شدن دو قطعه با ضخامت متفاوت: هنرآموز محترم، در هنگام انتخاب قطعات می‌توانید از گلدانی که لبه آن نسبت به پایه ضخامت کمتری دارد استفاده کنند. همچنین در صورتی که قطعه‌ای انتخاب شود که اجزا آن به دو روش مختلف شکل داده شده باشد بروز عیب در محل اتصال آنها قابل مشاهده است مانند فنجان‌هایی که دسته آن با روش ریخته‌گری دوغابی توپر و بدنه آن به روش جولی شکل‌دهی شده است.



ارزشیابی نهایی شایستگی کسب مهارت خشک کردن سرامیک ها

شرح کار:

- ۱- آماده سازی خشک کن
- ۲- انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آمیز متفاوت
- ۳- انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه بندی متفاوت
- ۴- انجام آزمون بررسی تأثیر برخورد غیریکنواخت جریان هوا به قطعه
- ۵- انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با ضخامت های متفاوت

استاندارد عملکرد:

تنظیم دما، رطوبت و زمان خشک کن و خشک کردن قطعات با آمیز و دانه بندی و شرایط متفاوت خشک شدن از نظر نوع خشک کن

شاخص ها:

رعایت اصول روشن کردن خشک کن
کنترل دمای خشک و رطوبت بدنه
آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آمیز و دانه بندی متفاوت و بررسی تأثیر این عوامل بر خشک شدن قطعه
آزمون تأثیر برخورد غیریکنواخت جریان هوا به قطعه را هنگام خشک شدن انجام داده و اثر آن بر عیوب خشک شدن قطعه را بررسی کنید.
دو قطعه با ضخامت های متفاوت ساخته و آزمون مقایسه خشک شدن آنها را انجام داده و تأثیر ضخامت متفاوت را بر روی عیوب خشک شدن بررسی کنید.

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه استاندارد

ابزار و تجهیزات: خشک کن، ماشین حساب، قطعه نمونه، ترازو با دقت ۰/۱ گرم، زمان سنج، لباس کار مناسب، تجهیزات اطفای حریق، دستکش نسوز

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی خشک کن	۱	
۲	انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آمیز متفاوت	۲	
۳	انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه بندی متفاوت	۲	
۴	انجام آزمون بررسی تأثیر برخورد غیریکنواخت جریان هوا به قطعه	۲	
۵	انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با ضخامت های متفاوت	۲	
شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:			
دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کار گیری فناوری مناسب			
میانگین نمرات			*

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

ردیف	مراحل کار	شرایط عملکرد (ابزار مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها/ داوری/نمره‌دهی)	نمره
۱	آماده‌سازی خشک‌کن	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ... مواد مصرفی: مواد اولیه ابزار و تجهیزات: خشک‌کن	آماده‌سازی خشک‌کن بالاتر از انتظار	تنظیم صحیح و دقیق خشک‌کن شامل مشعل، ترموکوپل و چرخه هوایی، درپچه‌های مکش رطوبتی و→	۳
			آماده‌سازی خشک‌کن قابل قبول	تنظیم نسبتاً صحیح و دقیق خشک‌کن شامل مشعل، ترموکوپل و چرخه هوایی، درپچه‌های مکش رطوبتی و→ با خطای مجاز	۲
			آماده‌سازی خشک‌کن غیرقابل قبول	عدم توانایی در تنظیم خشک‌کن	۱
۲	انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ... مواد مصرفی: مواد اولیه ابزار و تجهیزات: خشک‌کن	انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آزمون متفاوت بالاتر از انتظار	آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه را با آزمون متفاوت انجام دهد و تأثیر این عوامل را بر خشک شدن بررسی و اثبات کند.	۳
			انجام آزمون مقایسه خشک شدن قابل قبول	آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه را با آزمون متفاوت انجام دهد.	۲
			انجام آزمون مقایسه خشک شدن غیرقابل قبول	عدم توانایی در انجام آزمون یا ناقص انجام دادن آن	۱
۳	انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ... مواد مصرفی: مواد اولیه ابزار و تجهیزات: خشک‌کن	انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه‌بندی متفاوت بالاتر از انتظار	آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه را با داده‌بندی متفاوت انجام داده و تأثیر این عوامل بر خشک شدن را بررسی و اثبات کند.	۳
			انجام آزمون مقایسه خشک شدن قابل قبول	آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه را با داده‌بندی متفاوت انجام دهد.	۲
			انجام آزمون مقایسه خشک شدن غیرقابل قبول	عدم توانایی در انجام آزمون یا ناقص انجام دادن آن	۱
۴	انجام آزمون بررسی تأثیر برخورد غیریکپوشاوت جریان هوا به قطعه	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ... مواد مصرفی: مواد اولیه ابزار و تجهیزات: خشک‌کن	آزمون تأثیر برخورد هوا بالاتر از انتظار	آزمون تأثیر برخورد غیریکپوشاوت جریان هوا به قطعه را هنگام خشک شدن انجام داده و اثر آن بر عبور خشک شدن بررسی و تشریح کند.	۳
			آزمون تأثیر برخورد هوا قابل قبول	آزمون تأثیر برخورد غیریکپوشاوت جریان هوا به قطعه را هنگام خشک شدن انجام دهد.	۲
			آزمون تأثیر برخورد هوا غیرقابل قبول	عدم توانایی در انجام آزمون یا ناقص انجام دادن آن	۱
۵	انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با ضخامت متفاوت	مکان: کارگاه استاندارد زمان: ... مواد مصرفی: مواد اولیه ابزار و تجهیزات: خشک‌کن	آزمون خشک شدن قطعه با ضخامت متفاوت بالاتر از انتظار	دو قطعه با ضخامت‌های متفاوت ساخته و آزمون مقایسه خشک شدن آنها را انجام داده و تأثیر ضخامت متفاوت را بر روی عبور خشک شدن بررسی و تشریح نماید.	۳
			آزمون خشک شدن قطعه با ضخامت متفاوت قابل قبول	آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با ضخامت‌های متفاوت را انجام دهد.	۲
			آزمون خشک شدن قطعه با ضخامت متفاوت غیر قابل قبول	عدم توانایی در انجام آزمون یا ناقص انجام دادن آن	۱
ماسک ایمنی، دستکش، کلاه ایمنی، لباس کار، کفش ایمنی، مسئولیت‌پذیری (N۷۲) سطح ۱، مدیریت مواد و تجهیزات (N۶۶) سطح ۱، انتخاب فناوری مناسب (N۴۹) سطح ۱، درستی‌کاری و کسب حلال (N۷۲)		قابل قبول	رعایت همه موارد	۲	شاخصی‌های ایمنی، بهداشتی، زیست محیطی و نگرش
		غیر قابل قبول	عدم رعایت نکات ایمنی	۱	
ارزشیابی کار (شاخصی انجام کار)					
بله					
خیر					
معیار شاخصی انجام کار: کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ... و ... کسب حداقل نمره ۲ از بخش‌های شاخصی ایمنی و بهداشت، تجهیزات زیست محیطی و نگرش کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار.					



فصل چهارم

پخت کردن سرامیک ها



ورودی پودمان با تصویری از بدنه‌های سرامیکی در حال پخت در داخل کوره و از فرایند پخت سرامیک‌ها آغاز شده است تا هنرجویان نسبت به فرایند پخت در داخل کوره داشته باشند.

صفحه ۸۳:



هنرجو با دقت در تصویر قطعه قبل و بعد از فرایند پخت در شکل ۱ با توجه به ذهنیت و آشنایی قبلی با بدنه خام سرامیکی و لمس استحکام کم آن می‌تواند به غیرقابل استفاده بودن آن قبل از انجام فرایند پخت اشاره کند. هدف از ارائه این مطلب این است که هنرجو به این موضوع پی ببرد که انجام مرحله پخت برای تمامی قطعات سرامیکی لازم و مهم است.

صفحه ۸۳ شکل ۱:

هدف از مطرح کردن سؤال درباره چگونگی افزایش استحکام بدنه سرامیکی در اثر فرایند پخت، ایجاد چالش ذهنی برای ورود به مبحث پخت و تغییرات اتفاق افتاده در این مرحله در ساختمان قطعه است تا هنرجو به این موضوع فکر کند که افزایش دما و حرارت در بدنه باعث نزدیک شدن ذرات تشکیل دهنده بدنه به همدیگر شده و با اتصال ذرات به همدیگر استحکام افزایش می‌یابد.

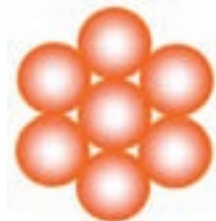
صفحه ۸۳ شکل ۳:

با مطرح شدن سؤال در زمینه تفاوت در ساختار بدنه خام و پخت شده و با دقت در شکل ۳ که ساختار بدنه سرامیکی را قبل و بعد از پخت نشان می‌دهد هنرجو به

نزدیک شدن ذرات به همدیگر و اتصال آنها و کاهش حجم باید دقت کند و به این مفهوم پی ببرد که متصل شدن ذرات به همدیگر استحکام بدنه را افزایش می‌دهد.



ب



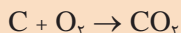
الف

شکل ۳

صفحه ۸۴:

در نکته صفحه ۸۴ به منظور کمک به درک هنجریان در زمینه واکنش‌های اتفاق افتاده در بدنه در هنگام سوختن ترکیبات آلی و کربن موجود در بدنه سرامیکی در حضور اکسیژن کافی به واکنش اکسیداسیون کامل اشاره شده است.

واکنش زیر سوختن کربن در حضور اکسیژن کافی را نشان می‌دهد.



از سوختن کربن در حضور اکسیژن کافی گاز کربن‌دی‌اکسید و در سوختن آن با اکسیژن ناکافی کربن‌مونواکسید (CO) حاصل می‌شود که در نکته به این موضوع به صورت خلاصه اشاره شده است.

نکته



صفحه ۸۵:

بعد از مطرح شدن مبحث سوختن و خروج ترکیبات آلی، به عنوان یکی از تحولاتی که در بدنه سرامیکی هنگام پخت اتفاق می‌افتد ذهن هنجرو برای تفکر درباره علت و تأثیر این اتفاق در بدنه کشیده می‌شود تا به همفکری با سایر هنجریان بپردازد.

اگر هنگام زینتر بدنه کربن یا مواد آلی به دلیل کمبود اکسیژن در محیط یا افزایش سریع دما باقی بماند این مواد آلی و کربن به عنوان عوامل احیاکننده عمل می‌کنند و باعث ایجاد عیوب می‌شوند.

گفت‌وگو کنید



دانش افزایی



عیب هسته سیاه در حقیقت همان کربن محبوس شده در بدنه و اکسید آهن دو ظرفیتی است. تأثیر هسته سیاه صرفاً باعث ایجاد رنگ تیره در فرآورده نمی‌شود بلکه باعث ایجاد تاول در سطح قطعه و زجاجی شدن بدنه می‌گردد. آهن اکسید دو ظرفیتی (FeO) در بدنه به صورت گدازآور عمل

می‌کند ولی آهن اکسید سه ظرفیتی (Fe_2O_3) در مقایسه با FeO یک اکسید دیر ذوب محسوب می‌شود.

در فراورده‌های دو پخت عیب هسته سیاه اغلب در پخت اول ایجاد می‌شود ولی ظاهر شدن آن در بدنه پس از پخت نهایی خواهد بود. لازم به ذکر است که این عیب در بدنه‌های نازک در مقایسه با فراورده‌های ضخیم بسیار کمتر است.

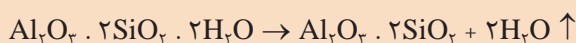
در مرحله اکسیداسیون در محصولات سرامیکی ریخته‌گری شده ممکن است عیبی مشابه هسته سیاه مشاهده شود که به صورت لکه‌های رنگی تیره در لبه‌ها و قسمت‌های برجسته ظاهر می‌شود. عامل اصلی این عیب تبلور روان‌سازهای حاوی سدیم است.

فعالیت کلاسی



صفحه ۸۵:

به منظور درک مفهوم تجزیه شدن برخی از ترکیبات در هنگام فرایند پخت چند نمونه از واکنش‌های تجزیه آورده شده است و از هنرجو خواسته شده است تا با تکمیل واکنش‌های تجزیه دید کلی در این زمینه به دست آورد. واکنش تجزیه چند ماده در زیر آمده است:



فکر کنید



صفحه ۸۶:

رعایت سرعت تغییرات دمایی در منحنی پخت:

پیچیدگی کنترل فرایند پخت به دلیل جابجایی محصولات و همچنین شار حرارتی زیادی است که در واحد زمان به محصول داده می‌شود. در این مرحله از تولید، طراحی منحنی حرارتی و تغییرات دمایی بسیار دارای اهمیت است. انتقال دما به قطعه در هر لحظه از زمان و کنترل آن از ابتدا تا انتهای حرارت‌دهی بدنه از اهمیت خاصی برخوردار است و باعث ایجاد استحکام مکانیکی، شفافیت و خروج ناخالصی‌ها از محصولات تولیدی می‌شود. متناسب نبودن دما در هر لحظه باعث معیوب شدن قطعات و اتلاف انرژی می‌شود. عدم کنترل شرایط حرارتی و افزایش بیش از حد دما نه تنها باعث اتلاف انرژی می‌شود، بلکه برای سردکردن محصولات تولیدی و کاهش دمای آن هم انرژی بیشتری مصرف

می‌شود. همچنین علاوه بر مراحل مختلف پخت، در صورتی که شکل‌دهی و مواد اولیه تحت کنترل نباشد عیوب مختلف در محصول می‌تواند ایجاد شود. در صورت وجود رطوبت زیاد در بدنه یا با توجه به وجود محدوده دمایی تغییرات پلی‌مورفیک در برخی بدنه‌ها لازم است در این دماها تغییرات دمایی کنترل شده باشد.

تحقیق کنید



صفحه ۸۷:

مطالب زیر به صورت کامل در در مورد تبدیلات فازی سیلیس و درصد تغییرات حجمی آن است که هرجو به صورت خلاصه می‌تواند نکات مهم را در تحقیق خود ارائه کند.

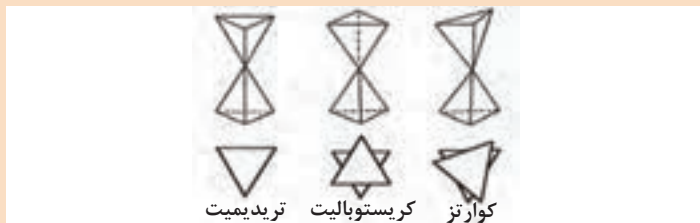
برای بررسی فازها و اشکال سیلیس^۱ یا پلی‌مورف‌های سیلیس ابتدا باید ساختمان آن بررسی شود. چهار وجهی‌های SiO_2 می‌توانند از طریق چهار رأس خود به یکدیگر متصل شده و به این ترتیب بار منفی یکدیگر را به طور کامل خنثی کنند. در این صورت هر اتم اکسیژن به دو چهار وجهی مجاور تعلق داشته و در نتیجه هر چهار وجهی دارای یک اتم سیلیسیم و چهار نیمه اتم اکسیژن خواهد بود. به همین دلیل فرمول سیلیس به صورت SiO_2 نمایش داده می‌شود. سیلیس آزاد بلورین به چند شکل در طبیعت یافت می‌شود که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:

- کوارتز^۲

- تریدیمیت^۳

- کریستوبالیت^۴

هنگامی که دو چهار وجهی سیلیس به وسیله اتم مشترک رأس خود به یکدیگر متصل می‌شوند، قاعده مثلثی شکل چهار وجهی پایینی و قاعده مثلثی شکل چهار وجهی بالایی نسبت به هم می‌توانند سه وضعیت مختلف مطابق شکل‌های زیر داشته باشند.



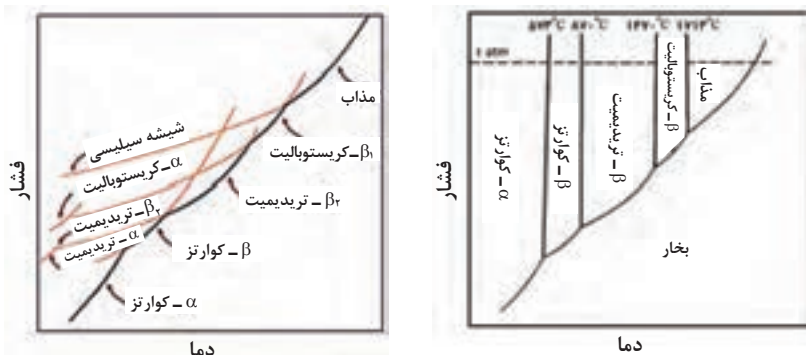
۱- Silica Phases & Forms

۲- Quartz

۳- Tridymite

۴- Cristobalite

در تردیمیت این دو قاعده کاملاً بر یکدیگر منطبق هستند در حالی که انطباق قاعده‌ها در کوارتز و کریستوبالیت دیده نمی‌شود. در کریستوبالیت یکی از قاعده‌ها نسبت به قاعدهٔ دیگر ۶۰ درجه گردش کرده است. به طور کلی در تردیمیت و کریستوبالیت اتصال چهار وجهی‌های مجاور به شکل مستقیم بوده و این اتصال‌ها حلقه‌هایی را متشکل از شش اتم سیلیسیم (به همراه اکسیژن‌های مربوطه) به وجود می‌آورند. در کوارتز اتصال چهار وجهی‌های مجاور مستقیم نبوده و به شکل مارپیچ است. به همین دلیل کوارتز دارای بیشترین تراکم در بین فازهای سیلیس است. وزن مخصوص کوارتز ۳/۶۵ (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، تردیمیت ۲/۲۸ (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و کریستوبالیت ۲/۳۲ (گرم بر سانتی‌متر مکعب) است. شیشه سیلیسی و یا شیشه کوارتز فاز دیگر سیلیس آزاد است. به طور کلی سیلیس آزاد دارای فازهای کوارتز، تردیمیت، کریستوبالیت و شیشه سیلیسی است.



منحنی تعادلی فازهای سیلیس

هر یک از فازها یا شکل‌های اصلی سیلیس خود دارای شکل‌های فرعی^۱ دیگری هستند. شکل‌های فرعی هر فاز بر حسب درجه حرارت خود معمولاً به ترتیب با حروف α و β مشخص می‌شوند. فاز کوارتز دارای دو شکل فرعی α و β ، فاز تردیمیت دارای سه شکل α ، β و β_2 و فاز کریستوبالیت دارای دو شکل فرعی α و β است. تفاوت بین اشکال مختلف فازهای سیلیس در زاویه پیوند سیلیسیم و اکسیژن است. به طور کلی در سیلیس، شکل‌های متعلق به درجه حرارت‌های پایین‌تر نظم کمتری دارند.

کوارتز، تردیمیت، کریستوبالیت و شیشهٔ سیلیسی چهار فاز پایدار سیلیس در شرایط تعادل هستند. کوارتز فاز پایدار در شرایط معمولی محیط است. فاز کوارتز تا درجه حرارت ۸۷۰ درجهٔ سلسیوس همچنان به صورت پایدار باقی‌مانده و سپس

طبق منحنی تعادلی به تریدمیت تبدیل می‌شود. تریدمیت نیز به صورت پایدار بین درجه حرارت‌های ۸۷۰ تا ۱۴۷۰ درجه سلسیوس وجود داشته و پس از آن کریستوبالیت در درجه حرارت ۱۴۷۰ به وجود می‌آید و در نهایت کریستوبالیت در ۱۷۱۳ درجه سلسیوس ذوب شده و فاز سیلیس مایع ایجاد می‌شود.

تبدیلات مذکور در عمل و به خصوص در مقیاس تولید صنعتی به همان سادگی که دیاگرام فازی نشان می‌دهد به وقوع نمی‌پیوندد. تبدیل فازهای سیلیس در عمل بسیار به کندی صورت پذیرفته و اغلب مدت زمان بسیار زیادی را لازم دارند تا به تعادل برسند زیرا این عمل مستلزم شکسته شدن پیوند چهاروجهی‌ها و اتصال مجدد آنها به شکل جدید است. به عنوان مثال تبدیل کوارتز به تریدمیت به قدری آرام و کند است که عملاً بدون استفاده از کاتالیزورها امکان پذیر نیست. برای ایجاد فاز تریدمیت، ابتدا باید کوارتز تا درجه حرارت تشکیل کریستوبالیت یعنی بالاتر از ۱۴۷۰ و پایین‌تر از ۱۷۱۳ درجه سلسیوس سرد شود تا فاز تریدمیت ایجاد شود. در فراورده‌های سرامیک فاز تریدمیت کمیاب بوده و معمولاً به اندازه فازهای کوارتز، کریستوبالیت و سیلیس مذاب مورد توجه نیست. در بین محصولات سرامیک فاز تریدمیت در بعضی از آجرهای نسوز وجود دارد. در هنگام سرد شدن، تبدیل فازها مشکل‌تر شده و به طور عملی در مقیاس صنعتی تقریباً امکان‌ناپذیر است. در این شرایط عملاً فازهای سیلیس مطابق منحنی تعادلی رفتار نکرده و در حالت غیرتعادلی فازهای نیمه پایدار^۱ ظاهر می‌شوند.

عملاً در هنگام سرد شدن، فاز سیلیس مایع به کریستوبالیت تبدیل نشده بلکه شیشه سیلیسی را به وجود می‌آورد، به همین ترتیب هنگامی که فاز پایدار کریستوبالیت β تا درجه حرارتی کمتر از ۱۴۷۰ درجه سلسیوس سرد می‌شود به تریدمیت تبدیل نشده و در درجه حرارت اتاق فاز نیمه پایدار کریستوبالیت α وجود خواهد داشت. تریدمیت نیز هنگام سرد شدن رفتاری مشابه کریستوبالیت را نشان می‌دهد، در هنگام سرد شدن، تریدمیت β به فاز کوارتز تبدیل نشده بلکه ابتدا فاز نیمه پایدار تریدمیت β و سپس فاز نیمه پایدار تریدمیت را در درجه حرارت اتاق به وجود می‌آورد.

دانش افزایی



نکات مهم در بررسی تحولات فازی سیلیس:

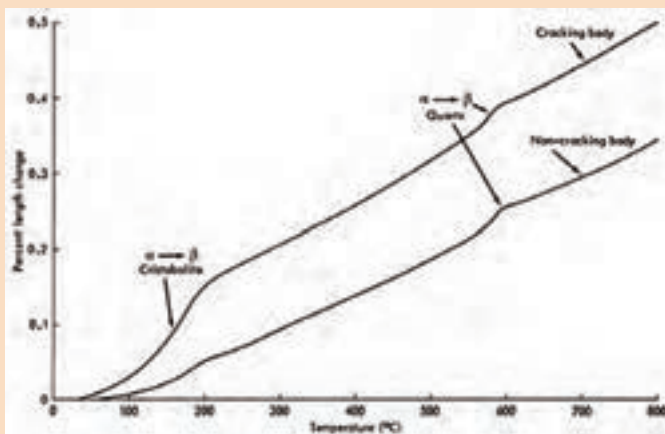
- ۱ در هنگام بررسی تحولات فازی سیلیس لازم است به نکات زیر توجه شود: دانه‌بندی و اندازه ذرات سیلیس در زمان مورد نیاز جهت انجام تبدیلات بسیار مؤثر است. به عنوان مثال تبدیلات در یک نمونه کوارتز ریزدانه سریع‌تر از نمونه کوارتز درشت دانه رخ می‌دهد.
- ۲ وجود کاتالیزورهای مناسب باعث تسریع در تبدیلات فازها می‌شوند. در

تبدیل فاز کوارتز به کریستوبالیت، کلسیم و منیزیم اکسید، و در تبدیل فاز کوارتز به تریدیمیت علاوه بر اکسیدهای مذکور، اکسیدهای سدیم، پتاسیم، آهن و آلومینا کاتالیزورهای مناسبی هستند.

۲ تبدیل فازها به صورت تدریجی رخ می‌دهد. هنگامی که تبدیل شروع می‌شود مقدار کمی کریستوبالیت باعث می‌شود که مقدار بیشتری کوارتز به کریستوبالیت تبدیل شود. کریستوبالیت حاصل مجدداً به صورت محرک عمل کرده و سرعت و شدت تبدیل را بیشتر افزایش می‌دهد تا کوارتز کاملاً به کریستوبالیت تبدیل شود. بنابراین کریستوبالیت در این تبدیلات خود به صورت کاتالیزور عمل می‌کند به همین دلیل در عمل برای تبدیل کوارتز به کریستوبالیت مقداری کریستوبالیت به صورت مصنوعی در ابتدا به کوارتز اضافه می‌شود.

۴ زمان عامل بسیار مهمی در تبدیل فازها است، بنابراین عملاً می‌توان از طریق عدم ایجاد زمان کافی، از تبدیلات فازی جلوگیری کرد.

فاز کوارتز دارای دو شکل α و β است. وزن مخصوص کوارتز α برابر با $2/65$ گرم بر سانتی‌متر مکعب و وزن مخصوص کوارتز β برابر با $2/6$ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. به‌طور کلی در کوارتز تبدیل اشکال α و β به یکدیگر در درجه حرارت‌هایی بین 550° تا 575° درجه سلسیوس به وقوع می‌پیوندد. ولی معمولاً برای این تبدیل به‌طور مشخص درجه حرارت 573° درجه سلسیوس قید می‌شود. اگر چه معمولاً این تغییر، تغییر ناگهانی در نظر گرفته می‌شود ولی در حقیقت تغییر شکل α به β در کوارتز از حدود 550° درجه سلسیوس آغاز شده و سپس سرعت آن افزایش می‌یابد تا اینکه در 573° درجه سلسیوس به‌طور تقریباً ناگهانی به نهایت شدت خود می‌رسد. شکل زیر منحنی انبساط تبدیل دو طرفه و قابل برگشت اشکال کوارتز را نشان می‌دهد.



همچنان که این منحنی نشان می‌دهد می‌توان نتیجه‌گیری کرد که به طور خلاصه تبدیل متقابل شکل α و β در کوارتز به طور نسبی ناگهانی نبوده است بلکه تقریباً به مرور شدت آن افزایش می‌یابد ولی این تبدیل در درجه حرارت مشخصی یعنی در 573° درجه سلسیوس انجام می‌شود. فاز سیلیس بی شکل یا آمورف تبدیل فازی ندارد و این تبدیلات در فازهای بلورین انجام می‌شود. بنابراین در لعاب‌ها که اساساً دارای ساختمان آمورف هستند، پس از ذوب و هنگام سرد شدن هیچ نوع تبدیل شکلی انجام نمی‌شود.

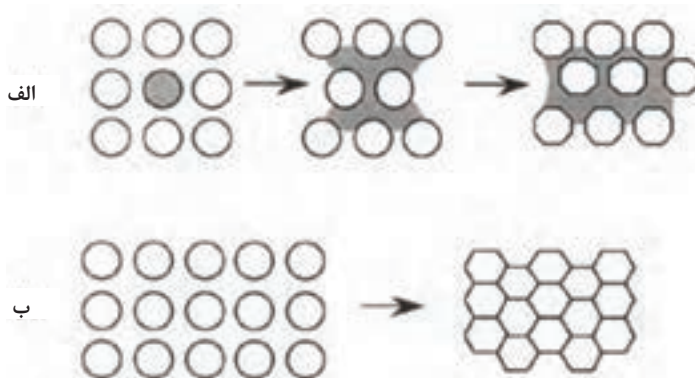
شکل ۴ صفحه ۸۷:



تف جوشی یا زینتر

در مبحث زینتر یا تف جوشی هنرجو با تفکر در مثال عینی ارائه شده و طبق شکل ۴ در ابتدای مبحث، به اهمیت اعمال فشار، افزایش دما و اثرات این عوامل در تراکم بدنه توجه می‌کند. هنرجو لازم است اثر تک‌تک این دو عامل و اثر هم‌زمان آنها در افزایش استحکام و یکپارچگی بدنه را درک کند. همچنین چسبیدن قطعات یخ که به صورت فعالیت کارگاهی در صفحه ۸۸ آمده است، می‌تواند مثالی دیگر برای بیان مفهوم زینتر باشد.

به‌طور کلی تف جوشی را می‌توان به دو دسته تف جوشی در حالت جامد و تف جوشی در حضور فاز مایع تقسیم‌بندی کرد که در شکل زیر نشان داده شده است.



(الف) تف جوشی در حضور فاز مایع (ب) تف جوشی در حالت جامد

هنگام انجام تفجوشی در فاز مایع، یک فاز مایع در کنار ذرات جامد قرار می‌گیرد. به طور معمول فاز مایع سرعت به هم پیوستن بین ذرات در هنگام تفجوشی را بالا می‌برد. همراه با ایجاد پیوند بین ذره‌ای تغییرات عمده‌ای در ساختار حفره و خواص فشاری مانند استحکام، چقرمگی، رسانایی، تراوایی مغناطیسی و مقاومت به خوردگی رخ می‌دهد. در زینترینگ در حضور فاز مایع، با افزایش دما، مواد گدازآور موجود در آمیز به تدریج ذوب می‌شوند و فاز مایع ایجاد می‌کنند. فاز مایع به محل‌های خالی بین ذرات نفوذ می‌کند و باعث پرشدن تخلخل‌ها و اتصال بین ذرات آمیز می‌شود.

مزیت اصلی تفجوشی در فاز مایع، سرعت بالای این فرایند است. فاز مایع موجب افزایش سرعت نفوذ اتمی نسبت به تفجوشی در حالت جامد می‌شود. اثر موئینگی ناشی از ترشوندگی فاز مایع، منجر به چگالش سریع بدون نیاز به فشار خارجی می‌شود. همچنین فاز مایع اصطکاک بین دانه‌ای را کاهش می‌دهد و به آرایش مجدد ذرات جامد کمک می‌کند. علاوه بر این حل شدن لبه‌ها و گوشه‌های تیز ذرات در فاز مایع موجب بهبود قابلیت تراکم می‌گردد. اندازه ذرات در حین تفجوشی در فاز مایع قابل کنترل است، بنابراین تغییرات ریز ساختاری در جهت بهبود خواص، قابل دستیابی است.

نحوه انجام تفجوشی: از نظر اعمال یا عدم اعمال نیرو به یک قطعه جهت تولید قطعاتی با چگالی بالا می‌توان روش‌های تفجوشی را به دو نوع تقسیم کرد:

۱- تفجوشی بدون فشار: در این روش که بسیار ارزان قیمت نیز می‌باشد، هیچ‌گونه فشار مکانیکی در حین تفجوشی به نمونه اعمال نمی‌شود. در این حالت تنها نیروی محرکه جهت کاهش حفرات همان کاهش انرژی سطحی است.

۲- تفجوشی تحت فشار: در این حالت در حین تفجوشی به نمونه فشاری اعمال می‌شود، تا فشار اعمالی نیز به عنوان نیرو محرکه، فرایند چگالش را بهبود بخشد.

امروزه روش‌های غیرمرسومی نظیر تفجوشی به کمک امواج ماکروویو و تفجوشی به کمک جرقه پلاسمایی نیز وارد عرصه تفجوشی شده‌اند.

دانش افزایی



عوامل مؤثر در تفجوشی

عوامل مؤثر بر تفجوشی عبارت‌اند از:

۱- دما: عامل اصلی انجام فرایند تفجوشی دماست، بالا رفتن دما موجب تسریع فرایندهای نفوذی می‌شود. اما از طرف دیگر هزینه تولید را نیز بالاتر خواهد برد. میزان فشردگی نمونه خام و همچنین مقدار و نحوه توزیع حفرات، در انتخاب بهترین دمای تفجوشی تأثیر بسزایی دارد.

۲- زمان: زمان تفجوشی در ساختار نهایی تأثیر شدیدی دارد. کوتاه کردن

زمان تفجوشی در یک حد بهینه علاوه بر پایین آوردن هزینه‌های تولید، همان‌طور که در قسمت قبل نیز توضیح داده شد، از رشد دانه جلوگیری می‌کند و مانع از جدا شدن حفرات از مرز دانه‌ها می‌شود.

۳- چگالی خام: هرچه چگالی خام قطعات اولیه بالاتر باشد، تفجوشی نیز در دما و زمان کمتری منجر به ایجاد قطعاتی با بهترین چگالی نهایی می‌گردد. به طور کلی روش آماده‌سازی مواد اولیه و روش شکل‌دهی در رسیدن به یک چگالی خام بالا بسیار مؤثر است.

۴- همگنی ساختار خام اولیه: هرچه حفرات موجود در سیستم و همچنین افزودنی‌هایی که به عنوان کمک زینتر به سیستم افزوده می‌شوند به صورت یکنواخت‌تر در ساختار پراکنده شوند، نتایج بهتری حاصل خواهد شد. حضور آگلومرها می‌تواند یکنواختی سیستم را به شدت تحت تأثیر قرار داده و موجب به جا ماندن حفرات درشت در ساختار شود.

۵- اتمسفر تفجوشی: اتمسفر تفجوشی را از لحاظ فشار و ترکیب می‌توان مورد بررسی قرار داد. انتخاب مناسب اتمسفر کوره علاوه بر اینکه از انجام واکنش‌های شیمیایی نامطلوب جلوگیری می‌کند و در بعضی موارد موجب خروج بعضی ناخالصی‌ها از سیستم می‌شود، همچنین می‌تواند از لحاظ فشاری نیز فرایند تبخیر و چگالش را در حین تفجوشی تحت تأثیر مثبت قرار داده و موجب بهبود خواص قطعه نهایی شود. اما اتمسفرهای شامل گازهای غیرقابل حل نظیر نیتروژن (یا هوا)، آرگون و یا هلیوم می‌تواند با ایجاد فشار داخلی در حفرات و بالا بردن فشار درونی، از نیروی محرکه انقباض آن کم می‌کند و موجب عدم توانایی در رسیدن به چگالی بالا شود.

۶- ناخالصی: درصد مناسب ناخالصی برای جلوگیری از رشد دانه و همچنین جدایش حفرات از مرزدانه‌ها می‌تواند مفید باشد. برخی از ناخالصی‌ها از درشت شدن حفرات در مرحله آخر جلوگیری می‌کنند.

نیروی محرکه تفجوشی

همانند بسیاری از فرایندهای برگشت‌ناپذیر، تفجوشی نیز با کاهش انرژی آزاد سیستم همراه است. منابعی که باعث کاهش انرژی آزاد می‌شود را غالباً نیروی محرکه فرایند تفجوشی می‌نامند. سه نوع متفاوت از نیروهای محرکه عبارت‌اند از:

- تقعر سطحی
- فشار اعمالی
- واکنش شیمیایی



صفحه ۹۰:

هدف از طراحی این فعالیت کلاسی بررسی تک پخت یا چند پخت بودن بدنه‌های نشان داده شده در فعالیت توسط هنرجو و با راهنمایی هنرآموز محترم است.

در صنایع تولید کاشی، با توجه به نوع محصول تولیدی و تکنولوژی به کار گرفته شده، فرایند تک پخت، دو پخت و سه پخت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ابتدا بدنه پخته شده و پس از لعاب‌زنی پخت دوم انجام می‌گیرد. در صنعت کاشی به منظور ایجاد تنوع و زیبایی بیشتر، در برخی از تولیدات با ایجاد نقوش بر روی کاشی دیواری به صورت چاپ بر روی کاشی، برای سومین بار پخت انجام می‌شود.

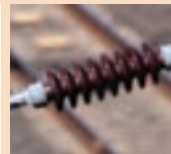
تولید کاشی کف به صورت تک پخت صورت می‌گیرد. همچنین آخرین تکنولوژی در تولید کاشی دیواری نیز، فرایند تک پخت است. در این فرایند، با توجه به نزدیک بودن درجه حرارت لازم جهت پخت بدنه و لعاب کلیه مراحل پخت در یک مرحله صورت می‌گیرد.

فرایند تولید کاشی دیوار هم به صورت تک پخت و هم دو پخت قابل انجام



است. در فرایند دو پخت به علت نیاز به حرارت بالا جهت پخت و نیاز لعاب به کار رفته در آن (موسوم به فریت) به درجه حرارت پایین، پخت بدنه و لعاب در دو مرحله و در کوره‌های جداگانه با درجه حرارت‌های مختلف انجام می‌شود.

آجرهای دیرگداز، گلوله‌های سرامیکی، فراورده‌های چینی بهداشتی و مقره‌های الکتریکی معمولاً تک پخت هستند.



در ظروف خانگی دکوری برای تثبیت رنگ‌هایی که برای تزئین در سطح محصولات لعاب‌دار به کار می‌روند پخت سوم انجام می‌شود.

گفت‌وگو کنید



صفحه ۹۱:

ابعاد ذرات تشکیل‌دهنده بدنه‌ها، پیچیدگی شکل و ضخامت محصولات، زمان و دمای مورد نیاز برای گرم شدن کوره عواملی است که هنرجویان می‌توانند در زمینه نکات مربوط به تنظیم برنامه عملیات حرارتی یا منحنی پخت به آنها اشاره کنند.



فعالیت کلاسی



صفحه ۹۲:

هنرجو مطابق فعالیت حل شده قادر خواهد بود به سؤالات پاسخ دهد.

۱ چند مرحله گرمایش در منحنی پخت وجود دارد؟

- با توجه به منحنی پخت سه مرحله گرمایش در منحنی وجود دارد.

۲ دمای پخت چند درجه سلسیوس است؟

- دمای پخت بیشترین دما در نظر گرفته می‌شود و طبق نمودار ۱۲۰۰ درجه سلسیوس است.

۳ مدت زمان ماندن در دمای پخت چقدر است؟

$$۱۶۵ - ۷۵ = ۹۰$$

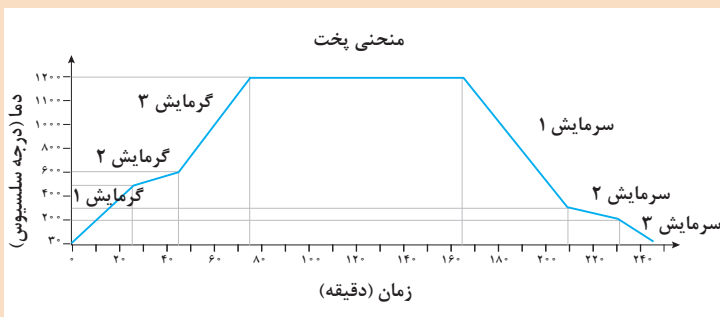
۴ چند مرحله سرمایش در منحنی پخت وجود دارد؟

- سه مرحله سرمایش وجود دارد.

۵ مراحل گرمایش و سرمایش را شماره‌گذاری و سرعت تغییرات دمایی را

در هر مرحله محاسبه کنید.

گرمایش ۱	$\frac{۵۰۰-۲۵}{۲۵-۰} = \frac{۴۷۵}{۲۵} = ۱۹$
گرمایش ۲	$\frac{۶۰۰-۵۰۰}{۴۵-۲۵} = \frac{۱۰۰}{۲۰} = ۵$
گرمایش ۳	$\frac{۱۲۰۰-۶۰۰}{۷۵-۴۵} = \frac{۶۰۰}{۳۰} = ۲۰$
سرمایش ۱	$\frac{۱۲۰۰-۳۰۰}{۲۱۰-۱۶۵} = \frac{۹۰۰}{۴۵} = ۲۰$
سرمایش ۲	$\frac{۳۰۰-۲۰۰}{۲۳۰-۲۱۰} = \frac{۱۰۰}{۲۰} = ۵$
سرمایش ۳	$\frac{۲۰۰-۲۵}{۲۵۰-۲۳۰} = \frac{۱۷۵}{۲۰} = ۸/۷۵$



صفحه ۹۶:

نوع کوره‌های نشان داده شده در فعالیت کلاسی با توجه به توضیحات ارائه شده در جدول آمده است. در این فعالیت کلاسی هنرجو بر اساس مطالب ارائه شده در معرفی انواع کوره می‌تواند جدول را تکمیل کند.

فعالیت کلاسی



کوره متناوب جعبه‌ای



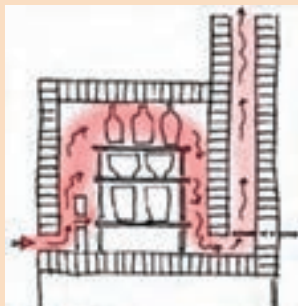
کوره متناوب کلاه‌دار



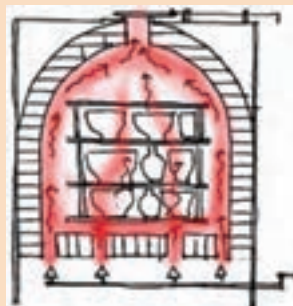
کوره متناوب واگنی (شاتل)



نوع کوره بر اساس جهت گردش هوا و محل مکش



کوره‌های با مکش عرضی یا افقی



کوره‌های با مکش فوقانی



کوره هوفمن و چگونگی پخت محصولات در آن

کوره هوفمن یا هوفمان (Hoffmann kiln) یکی از کوره‌های مورد استفاده در صنایع مختلف سرامیک است. این کوره در سال ۱۸۵۶ توسط فردی به همین نام ابداع شد و در حال حاضر در صنایع آجر، سفال و مواد دیرگداز مورد استفاده قرار می‌گیرد. این کوره در گروه کوره‌های پیوسته یا مداوم قرار دارد. در این کوره، محصولات ثابت و آتش متحرک است.

کوره هوفمن، تونل طولی است که به شکل حلقه یا بیضی ساخته می‌شود و با استفاده از دیواره‌ها یا تیغه‌هایی به اتاقک‌هایی تقسیم می‌شود. اتاقک‌های کوره هوفمن از کانال دریچه‌ها یا دره‌ایی که در تیغه‌های جداکننده اتاق‌ها تعبیه شده است، با یکدیگر در ارتباط هستند. هر یک از اتاق‌ها نیز یک درب خروجی به بیرون دارند که برای بارگیری و تخلیه کوره مورد استفاده قرار می‌گیرند. به این درها خمیره یا قمیره می‌گویند.

در کوره هوفمن، محصولات قبل از آنکه مستقیماً توسط آتش پخته شوند، با حرارت سایر اتاقک‌ها گرم می‌شوند که اصطلاحاً پیش‌گرمایش نامیده می‌شود. این حرارت همراه با گاز خروجی اتاقک پخت و از طریق دریچه‌هایی که قبلاً تعبیه شده است حرکت می‌کند و به اتاق‌های مجاور وارد می‌شود و محصولات موجود در آنها را پیش‌گرم می‌کند. زمانی که در یک اتاق، عملیات پخت در جریان است، در اتاقک مقابل (دورترین اتاق)، عملیات تخلیه و بارگیری در جریان است. این کار با استفاده از دری که اتاقک به بیرون کوره دارد انجام می‌شود. ضمن بارگیری، هوای خنک نیز وارد کوره می‌شود که به وسیله آتش موجود در اتاقک پخت و از طریق دریچه‌های تعبیه شده بین اتاق‌ها مکیده می‌شود؛ بنابراین هوا از اتاق‌هایی که عملیات پخت قبلاً در آنها صورت گرفته است حرکت می‌کند و باعث خنک شدن محصولات پخته شده می‌شود. به این ترتیب در حلقه کوره

هوفمن دو جریان هوا وجود دارد:

- هوایی که در نیم‌دایره اول، از اتاق پخت به سمت بیرون جریان دارد و اتاق‌های بعدی را پیش گرم می‌کند.
- هوایی که در نیم‌دایره مقابل، از بیرون به سمت اتاقک پخت جریان دارد و اتاق‌های قبلی را خنک می‌کند.

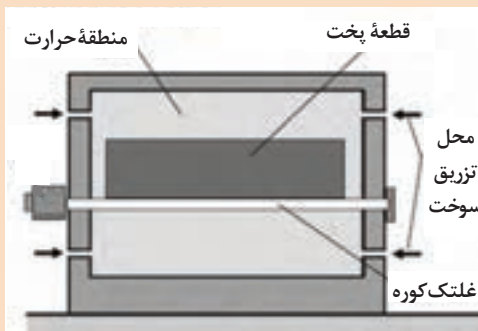
با اتمام عملیات پخت در اتاق پخت، در اتاق روبه‌روی حلقه هوفمن نیز عملیات بارگیری تمام می‌شود و درب آن به بیرون بسته می‌شود. در این مرحله، مشعل‌ها از سقف اتاق پخت به سقف اتاق بعدی منتقل می‌شوند و درب اتاق روبه‌روی این اتاق (اتاق پخت جدید) برای تخلیه و بارگیری گشوده خواهد شد.

کوره‌های هوفمن در چند مدل کوره حلقوی، کوره زیگ‌زاگ (zig-zag)، کوره بوکس (Bocks) و کوره هاریزن (Harrizon) ساخته می‌شود.

کوره‌های دارای بستر غلتکی:

کوره غلتکی تک بستر متداول‌ترین نوع کوره است که در تولید کاشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. زمان پخت در برخی از این کوره‌ها، کمتر از ۴۰ دقیقه است. در این کوره‌ها، کاشی از میان غلتک‌های کوره عبور کرده و حرارت مورد نیاز برای گرمایش آنها، از طریق مشعل‌هایی فراهم می‌شود که با گاز طبیعی کار می‌کنند. این مشعل‌ها در کناره‌های کوره کار گذاشته می‌شوند. مکانیزم‌های اصلی در انتقال حرارت در این کوره‌ها، همرفت و تابش است. این کوره‌ها غیر مافلی هستند یعنی مواد حاصل از احتراق با بدنه‌های در حال پخت در تماس هستند. به دلیل غیر مافلی بودن این کوره‌ها، بازده انتقال حرارت بالا می‌رود و بنابراین میزان انرژی مصرفی در این کوره‌ها، کاهش می‌یابد. کوره‌های با بستر غلتکی همچنین در برخی از موارد برای تولید سفال‌های پشت بام، لوله‌های رسی زجاجی، چینی بهداشتی و چینی مطروف،

نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل روبه‌رو سطح مقطع یک کوره با بستر غلتکی را نشان می‌دهد.



سطح مقطع یک کوره با بستر غلتکی

دانش افزایی



گفت‌وگو کنید



صفحه ۱۰۴:

کوره‌های دوار پیوسته و ناپیوسته از نظر ظرفیت تولید و ابعاد کوره با یکدیگر متفاوت هستند. طبق مطالب ارائه شده در مورد کوره‌های دوار پیوسته و ناپیوسته ظرفیت تولید و ابعاد کوره در نوع پیوسته در مقایسه با نوع ناپیوسته بیشتر است.

پرسش



صفحه ۱۰۷:

برای تشخیص یکنواختی دما در جاهای مختلف کوره بهترین روش استفاده از مخروط زگر است. می‌توان از طریق کنترل کیفیت محصولات یکسان پخت شده در قسمت‌های مختلف کوره نیز این بررسی را انجام داد.

دانش افزایی



تنظیم دمای کوره با استفاده از مخروط زگر



ابتدا سه عدد مخروط زگر با توجه به دمای مورد نظر برای تنظیم کوره انتخاب می‌شود. به عنوان مثال برای دمای حدود ۱۱۹۰ درجه سلسیوس، مخروط‌های زگر ۳، ۴ و ۵ که به ترتیب معادل ۱۱۷۰، ۱۱۹۰ و ۱۲۰۵ درجه سلسیوس هستند انتخاب می‌شود.

مخروط‌ها را بر روی صفحه دیرگذاز مناسب مانند آجر شاموتی می‌چسبانیم. می‌توان از ملات‌های آلومینایی یا شاموتی برای چسباندن استفاده کرد. باید دقت شود که دیرگذازی ملات و آجر مورد استفاده بیش از دمای مورد نظر باشد.

لازم است ترتیب چیدن مخروط‌ها از دمای پایین تا دمای بالا رعایت شود. مجموعه مخروط‌ها را در محلی که از طریق چشمی یا روزنه بازدید کوره قابل مشاهده باشد قرار دهید.

با افزایش دما و نزدیک شدن دمای کوره به دمای مورد نظر، ابتدا مخروط با

دمای معادل کمتر تغییر شکل می دهد و شروع به خم شدن می کند. با افزایش بیشتر دما و نزدیک شدن به مخروط میانی (مخروط شماره ۴)، مخروط شماره ۳ کاملاً ذوب می شود ولی مخروط شماره ۴ خم می شود. در این حالت دمای کوره به دمای موردنظر رسیده است. در صورت افزایش بیشتر دما، مخروط شماره ۵ نیز شروع به خم شدن می کند که در این صورت باید دما کاهش داده شود.

فعالیت کلاسی



صفحه ۱۰۹:

در این قسمت توضیحات تکمیلی در مورد عیوب ایجاد شده در بدنه های سرامیکی طبق جدول ۸ آمده است که هنرآموزان می توانند به منظور تکمیل اطلاعات موجود در کتاب کارگاهی خشک کردن و پختن سرامیک ها به هنرجویان ارائه کنند.

هسته سیاه (مغز سیاه)

عوامل مؤثر بر ایجاد و تشدید عیب مغز سیاه (black core)

۱- اتمسفر کوره:

در صورتی که به هر دلیل، اتمسفر کوره احیایی باشد؛ تغییر نسبت سوخت به هوا، بالا رفتن فشار سوخت تغییر عدد اکتان سوخت در مورد سوخت های گازی عیب مغز سیاه تشدید خواهد شد. (عدد اکتان نشان دهنده این است که چند CH_4 به هم چسبیده اند و نشانگر ارزش سوخت است و اینکه سوخت چه مقدار برای ایجاد انرژی به اکسیژن نیاز دارد).

۲- مکش اگزوز:

اگر فشار داخل کوره افزایش یابد، تنظیم مشعل ها ممکن است به هم بخورد که منجر به ایجاد اتمسفر احیایی در کوره شود و در نتیجه عیب مغز سیاه ایجاد می شود.

۳- مواد آلی سنگین موجود در بدنه:

بعضی از خاک ها محتوی مقداری مواد آلی سنگین هستند که این مواد آلی سنگین اولاً ممکن است دمای تجزیه و سوختن بالاتری داشته باشند و ثانیاً با توجه به اینکه در داخل بدنه هستند در هنگام سوختن، اگر اکسیژن به آنها نرسد، ممکن است به شکل دوده در آیند. در دماهای بالاتر سوختن دوده، داخل قطعه را احیایی می کند و در نتیجه داخل قطعه احیایی شده سیاه می شود.

اگر مواد آلی که عامل احیا کننده هستند منشاء بدنه داشته باشند یعنی در داخل خاک های بدنه موجود باشند، در صورت اکسیدی بودن اتمسفر کوره، ابتدا مواد آلی متعلق به سطح قطعه سوخته می شوند و سپس باید اکسیژن به داخل و مغز

قطعه نفوذ کند تا بتواند در مغز قطعه مواد آلی را بسوزاند. به همین جهت است که مغز سیاه در قشر میانی و ضخامت قطعه که اکسیژن نرسیده و احیا شده است دیده می‌شود.

کاشی‌های دیواری، استحکام کمتری از کاشی‌های کف دارند. اگر کاشی دیواری در محیط احیایی قرار بگیرد، دوده زدگی درونی قطعه، استحکام قطعه را بسیار کاهش می‌دهد. تقریباً استحکام کاشی‌های دیواری با عیب مغز سیاه به کمتر از حداقل قابل مصرف کاهش پیدا می‌کنند.

کربن، دوده و گرافیت از ترکندگی جلوگیری می‌کنند و باعث می‌شوند ذرات نتوانند با یکدیگر اتصال کافی داشته باشند و فاز مذابی که ایجاد می‌شود نمی‌تواند ذرات را خوب تر کند. در نتیجه پس از پخت، ذرات به خوبی به یکدیگر نچسبیده و استحکام ناکافی می‌شود.

۴- نفوذ پذیری قطعه یا بدنه (Permibility):

هر چه نفوذپذیری قطعه بیشتر باشد، اکسیژن به داخل قطعه می‌رسد، داخل قطعه بهتر اکسید می‌شود و احتمال بروز عیب مغز سیاه کمتر می‌شود.

۵- میزان کربنات‌های بدنه:

با افزایش میزان کربنات‌ها در بدنه، به دو علت عیب مغز سیاه کاهش می‌یابد اولاً حضور کربنات در بدنه، منجر به ایجاد تخلخل و افزایش نفوذپذیری می‌شود، در نتیجه عیب مغز سیاه کاهش می‌یابد. ثانیاً کربنات‌ها حین تجزیه، هنگام خروج CO_2 باعث می‌شوند که بقایای احتراق ناقص مثل CO از داخل قطعه به خارج رانده شود و از آنجایی که دمای تجزیه کربنات‌ها قبل از انسداد کامل تخلخل‌های باز آغاز می‌شود و هنوز راه خروج وجود دارد، تجزیه کربنات، باعث بادکردگی موضعی نمی‌شود.

۶- اثر فشار پرس:

هر چه فشار پرس بیشتر باشد، بدنه متراکم‌تر می‌شود و نفوذپذیری بدنه کمتر و عیب مغز سیاه افزایش می‌یابد. در این حالت در کاشی کف بادکردگی مشاهده می‌شود. اگر در بدنه آهن نباشد، بادکردگی و مغز سیاه ایجاد نمی‌شود. ولی در صورت وجود آهن در حدود $\frac{1}{4}$ الی $\frac{1}{5}$ درصد در بدنه‌های چینی، در کناره‌ها و داخل رنگ سیاه ایجاد می‌شود.

۷- بخار آب:

بخار آب اتمسفر کوره را احیایی می‌کند. چون خاصیت احیاکنندگی قوی‌تری از C و CO_2 دارد H_2O و H^+ وارد اتمسفر کوره شده و یونیزه می‌شود که باعث بروز مغز سیاه می‌شود.

H^+ که می‌تواند ناشی از یونیزه شدن بخار آب باشد که به صورت عامل احیاکننده بسیار قوی عمل کرده و باعث بروز عیب مغز سیاه می‌شود.

۸- لعاب و چاپ:

در صورتی که لعاب یا چاپ اعمالی بر روی لعاب زود ذوب باشد (زود ذوبی اکثراً در مورد چاپ رولعابی وجود دارد) به واسطه کاهش نفوذپذیری بدنه و انسداد زودرس تخلخل‌ها، عیب مغز سیاه و همچنین بادکردگی تشدید می‌شود. درصد مغز سیاه با نوع چاپ اعمالی تغییرپذیر خواهد بود.

۹- MnO_2 :

منگنز دی‌اکسید خاصیتی دارد که در کنار FeO ، آن را به Fe_2O_3 تبدیل می‌کند. یعنی MnO_2 با بالا رفتن دما، به MnO و Mn_2O_3 تبدیل و اکسایش خود را در اختیار بدنه قرار می‌دهد و از بروز مغز سیاه جلوگیری می‌کند. در صورت تمایل به افزودن منگنز دی‌اکسید به بدنه، مقدار ۲ درصد مناسب است. منگنز دی‌اکسید معروف ایران معدن سلفچگان قم است.

۱۰- دانه‌بندی:

هر چه بالمیل بیشتر کار کند و اندازه ذرات (Particle size) ریزتر شود، نفوذپذیری بدنه کمتر می‌شود و عیب black core بیشتر می‌شود. بنابراین، مصرف بیشتر خاک‌های ریزدانه در بدنه می‌تواند منجر به افزایش احتمال بروز عیب black core در محصول گردد.

۱۱- سیکل پخت در گرمایش:

در صورتی که سرعت افزایش دما در برنامه حرارتی پخت بالا باشد، فرصت سوختن مواد آلی بیشتر می‌شود و در برخی از موارد مدت زمان پیش پخت (در سیکل گرمایش) نیز بر بروز این عیب مؤثر است.

۱۲- پنتومتري:

گاهی در پرس قطعات، با وجود ثابت ماندن فشار پرس، یکنواختی فشردگی محصول به هم می‌خورد و بعضی نقاط متراکم‌تر و بعضی از قسمت‌های بدنه، تراکم کمتری دارند که در قسمت‌های متراکم‌تر، امکان ایجاد عیب مغز سیاه بیشتر است.

تاول زدن

عوامل ایجاد

- ۱ ایجاد گاز به علت وجود مواد تولیدکننده گاز در هنگام پخت
- ۲ عدم پخت (تکمیل شدن) کامل لعاب

- ۲ بدنه و یا لعاب در دمای بیش از اندازه پخت شده‌اند
- ۴ عدم تطابق کامل لعاب و بدنه

راه حل‌های پیشنهادی

- ۱ پخت آهسته‌تر یا نگه داشتن قطعه به مدت طولانی در دمای بالا
- ۲ کم کردن طول سیکل پخت یا زمان نگه داشتن در دمای بیشینه (دمای drop)
- ۳ تغییر ترکیب لعاب یا بدنه

بادکردگی

- ۱ انبساط بدنه ناشی از فشار حاصل از گازهای حبس شده در موضعی که به صورت ناقص ذوب شده‌اند که این انبساط می‌تواند ناشی از عوامل زیر باشد:
 - ۲ پخت در دمای بیش از حد لازم و یا پخت با عملیات نامنظم
 - ۳ کربن حبس شده در داخل بدنه زجاجی شده
 - ۴ بدنه دارای کمک ذوب بیش از اندازه
- ظاهر و وضعیت:** تشکیل حباب‌هایی در داخل بدنه در حین پخت

راه حل‌های پیشنهادی

- ۱ کاهش دمای پخت
- ۲ کاهش سرعت پخت (دما در فاصله زمانی طولانی‌تری افزایش داده شود).
- ۳ کاهش درصد کمک ذوب بدنه

دفرمگی

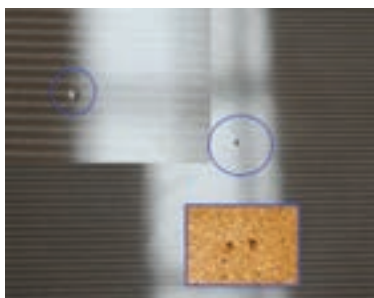
قطعات ممکن است حین فرایند تولید، از تقارن خود خارج و دچار تابیدگی شوند و یا اینکه در اثر افزایش زیاد درجه حرارت از یک طرف و یکنواخت نبودن حرارت از طرف دیگر، قطعه در حال پختن دچار دفرمگی شود.

ترک

اگر قطعات دارای درصد رطوبت بالا (بالاتر از ۵/۵٪) باشند، به سبب ایجاد بخار آب و ایجاد فشار کششی، دچار ترک می‌شوند. در سرعت حرارت‌دهی بالا و برحسب ضخامت قطعه، خطر ایجاد این نوع عیوب به شدت افزایش پیدا می‌کند. بنابراین بهتر است در قطعات ضخیم و دارای پیچیدگی سرعت حرارت‌دهی متعادل و آرام باشد. نمونه‌هایی از عیوب در تصاویر صفحه بعد آمده است که هنرآموزان گرمی برای درک بهتر هنرجویان می‌توانند همراه با مطالب کتاب دانش فنی تخصصی در کلاس به هنرجویان ارائه کنند.



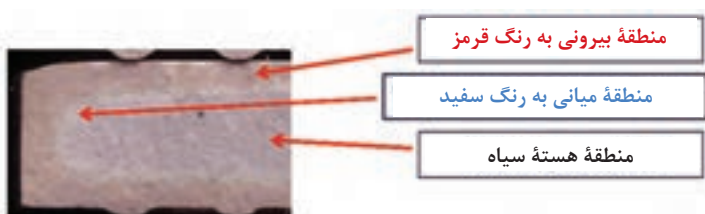
بادکردگی در کاشی



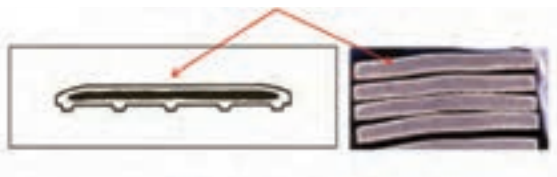
پین هول در کاشی



پین هول



منطقه تیره در داخل کاشی



بادکردگی و حباب



مغز سیاه

ارزشیابی نهایی شایستگی کسب مهارت پخت کردن سرامیک‌ها

<p>شرح کار:</p> <p>۱- آماده‌سازی کوره برای پخت</p> <p>۲- پخت انواع بدنه سرامیکی با ترکیبات مختلف</p> <p>۳- نظارت بر عملکرد کوره تا تکمیل برنامه پخت</p> <p>۴- خارج کردن صحیح قطعات از کوره</p>			
<p>استاندارد عملکرد:</p> <p>انتخاب و به‌کارگیری کوره پخت سرامیک‌ها براساس جنس قطعه، نوع پخت، دمای پخت و منحنی پخت</p> <p>شاخص‌ها:</p> <p>تنظیم دمای کوره و زمان براساس منحنی پخت</p> <p>اطمینان از عملکرد صحیح کوره</p> <p>روشن کردن کوره و پخت بدنه‌های مختلف سرامیکی</p>			
<p>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</p> <p>مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی</p> <p>ابزار و تجهیزات: کوره، دستکش نسوز، تجهیزات اطفای حریق، سیستم کنترل دما (ترموکوپل و پیرومتر)، لباس کار مناسب، عینک محافظ اشعه مادون قرمز</p>			
<p>معیار شایستگی:</p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی کوره برای پخت	۲	
۲	پخت انواع بدنه سرامیکی با ترکیبات مختلف	۲	
۳	نظارت بر عملکرد کوره تا تکمیل برنامه پخت	۲	
۴	خارج کردن صحیح قطعات از کوره	۱	
۵			
<p>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</p> <p>دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب</p>			
<p>میانگین نمرات</p>			*
<p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.</p>			

ردیف	مراحل کار	شرایط عملکرد (ابزار مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها/دوری / نمره دهی)	نمره
۱	آماده‌سازی کوره برای پخت	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: ابزار و تجهیزات: کوره	آماده‌سازی کوره بالاتر از انتظار	تنظیم صحیح و دقیق دمای کوره و زمان براساس منحنی پخت	۳
			آماده‌سازی کوره قابل قبول	تنظیم صحیح و دقیق دمای کوره و زمان	۲
			آماده‌سازی کوره غیرقابل قبول	عدم توانایی در تنظیم صحیح و دقیق دمای کوره و زمان	۱
۲	پخت انواع بسته سرامیکی با ترکیبات مختلف	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: ابزار و تجهیزات: کوره	پخت بالاتر از حد انتظار	پخت انواع بسته سرامیکی براساس منحنی پخت	۳
			پخت قابل قبول	پخت انواع بسته سرامیکی	۲
			پخت غیرقابل قبول	عدم توانایی در پخت انواع بسته سرامیکی	۱
۳	نظارت بر عملکرد کوره تا تکمیل فرایند پخت	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: ابزار و تجهیزات: کوره	کنترل فرایند پخت بالاتر از انتظار	توانایی کنترل عملکرد فرایند پخت براساس منحنی پخت تا تکمیل فرایند	۳
			کنترل فرایند پخت قابل قبول	توانایی نظارت و کنترل فرایند پخت	۲
			کنترل فرایند پخت غیرقابل قبول	عدم توانایی در نظارت و تکمیل فرایند پخت	۱
۴	خارج کردن صحیح قطعات از کوره	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: ابزار و تجهیزات: کوره	خارج کردن صحیح قطعات از کوره بالاتر از حد انتظار	خارج کردن صحیح قطعات با در نظر گرفتن اصول ایمنی و سالم ماندن قطعات	۳
			خارج کردن صحیح قطعات از کوره قابل قبول	خارج کردن صحیح و سالم قطعات	۲
			خارج کردن قطعات از کوره غیر قابل قبول	عدم توانایی در خارج کردن صحیح و سالم قطعات	۱
۵		مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: ابزار و تجهیزات: کوره	بالاتر از انتظار		۳
			قابل قبول		۲
			غیر قابل قبول		۱
			قابل قبول	رعایت همه موارد	۲
			غیر قابل قبول	عدم رعایت نکات ایمنی	۱
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					
معیار شایستگی انجام کار:					
کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ... و ... و ...					
کسب حداقل نمره ۲ از بخش‌های شایستگی غیرفنی، ایمنی و بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش					
کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار					

فصل پنجم

آزمون‌های خشک کردن و پخت سرامیک‌ها

آزمون‌های خشک کردن و پخت سرامیک‌ها

تصویر ورودی پودمان یک دستگاه استحکام سنج خمشی است. اندازه‌گیری استحکام خمشی یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین آزمایش‌هایی است که بر روی قطعات خشک‌شده و پخت‌شده سرامیکی انجام می‌گیرد. هر محصولی دارای



استحکام مشخصی است و در صورت اعمال نیرویی بیشتر از حد تحمل، تسلیم خواهد شد. تسلیم شدن سرامیک‌ها، معمولاً با ترک برداشتن و شکسته شدن آنها همراه است.

صفحه ۱۱۵ شکل ۱: از هنرجو انتظار می‌رود با نگاه کردن به تصاویر شکل ۱ تشخیص دهد که در محصولات نشان داده شده، لازم است ویژگی‌های مختلف



مانند استحکام مکانیکی، مقاومت به ضربه یا خراش و همچنین مقاومت لعاب در برابر شستشو تا حدودی وجود داشته باشد. کاشی کف به دلیل نیروهای فشاری و ضربه‌ای زیاد که به آن وارد می‌شود نیاز به استحکام مکانیکی بالایی دارد. لعاب چینی بهداشتی باید در برابر شست‌وشو مقاوم باشد.

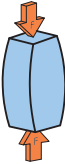
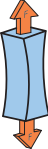
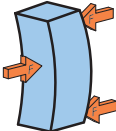
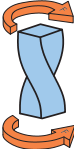
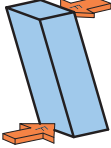
صفحه ۱۱۶

فعالیت کلاسی



- ۱ برای انجام این فعالیت کلاسی، هنرجو باید مفهوم نیرو و تنش را از درس قبلی به خصوص درس دانش فنی پایه بداند.
 - ۲ هدف از انجام این فعالیت کلاسی، آشنایی هنرجویان با انواع نیروها و تنش‌های حاصله از آنها است.
- پاسخ‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱

	فشاری
	کششی
	خمشی
	پیچشی
	برشی

صفحه ۱۱۷ نمودار ۱: مهم‌ترین آزمون‌های خشک کردن و پخت سرامیک‌ها در این نمودار نشان داده شده است. این آزمون‌ها برای اطلاع از مقدار انقباض، استحکام و تغییر شکل بدنه هنگام فرایند خشک کردن و پخت ضروری است. با استفاده از نتایج آزمون‌های ذکر شده می‌توان طراحی فرایند خشک کردن و پخت را طوری انجام داد تا محصولی با حداقل عیوب در انتهای خط تولید به دست آید.

مقاومت به پخت	استحکام خمشی پخت	استحکام خمشی خشک	انقباض پخت	انقباض خشک
---------------	---------------------	---------------------	------------	------------

نمودار ۱- برخی از آزمون‌های خشک کردن و پخت سرامیک‌ها

صفحه ۱۱۷ شکل ۲: انقباض یک نمونه سرامیکی در انتقال از حالت تر به خشک نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود مقدار این انقباض قابل توجه است.



تأثیر انقباض خشک در کاهش ابعاد نمونه

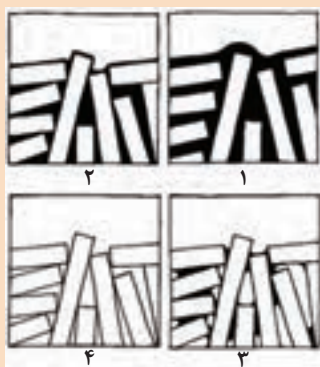
صفحه ۱۱۷ نمودار ۲: همان طور که در شکل زیر می بینید، تمام رس ها در هنگام خشک شدن انقباض دارند. انقباض خشک با افزایش پلاستیسیته افزایش می یابد. افزایش انقباض خشک باعث ایجاد ترک در هنگام خشک شدن می شود. علت این ترک ها این است که رس های پلاستیک اندازه ذرات ریزتر و در نتیجه سطح ذرات بیشتری دارند و در نتیجه آب بین ذره های بیشتری ذرات را کنار هم نگه داشته است. با خروج آب بین ذره های انقباض رخ می دهد.

دانش افزایی



سرعت خشک شدن	شرایط خشک شدن	مواد اولیه	روش شکل دهی
-----------------	------------------	------------	-------------

برخی از عوامل مؤثر بر انقباض



انقباض در رس ها هنگام خشک شدن

تأثیر شدید اندازه دانه بر رفتار خشک شدن

دو دیسک که در شکل زیر مشاهده می‌کنید هر دو از بال کلی ساخته شده‌اند ولی در دیسک سمت راست بال کلی بال میل شده است. مرکز هر دو دیسک پوشانده شده است تا رفتار خشک شدن با لبه بیرونی نیز مقایسه شود. دیسک دارای اندازه ذرات ریزتر، انقباض بیشتر و ترک‌های خشک‌شدن بیشتری دارد، همچنین الگوی ترک‌ها نیز در دو دیسک متفاوت است. به علاوه در دیسک سمت راست نمک‌های محلول به علت سطح بیشتر ذرات، بیشتر حل شده‌اند.



تأثیر اندازه ذرات بر رفتار خشک شدن

علاوه بر تأثیر اندازه دانه بر رفتار خشک‌شدن، استفاده از بال کلی در ترکیب شمیایی یک بدنه می‌تواند تنش‌های زیادی را در هنگام خشک شدن ایجاد کند. از طرف دیگر استحکام خشک این ماده خیلی بیشتر از حالتی است که بدنه دارای کائولن باشد، در نتیجه اگر به صورت محاسبه شده به بدنه اضافه شود می‌تواند ویژگی کارپذیری مناسبی علاوه بر استحکام خشک بیشتر در بدنه ایجاد کند.

در شکل زیر، ریز دانه بودن بال کلی در دیسک سمت راست باعث ایجاد ترک در هنگام خشک شدن شده است. اندازه ذرات بال کلی استفاده شده در دیسک سمت راست حدود ۱۰ برابر ریزتر از کائولن در دیسک سمت چپ است. ذرات کائولن به علت صفحه‌ای بودن باعث ایجاد سطحی صاف‌تر در دیسک شده‌اند.



تأثیر شکل ذرات بر کیفیت سطح پس از خشک شدن

پرسلان (سمت چپ) ۶ درصد انقباض خشک دارد و استون‌ور (سمت راست) ۷ درصد انقباض خشک دارد در حالی که هر دو در یک شرایط خشک شده‌اند. استون‌ور هیچ ترکی ندارد در حالی که پرسلان علاوه بر ترک بر روی دسته و پایه دچار جداشدگی دسته از بدنه شده است. محدوده اندازه ذرات در استون‌ور باعث استحکام خام بالا شده است و همچنین اندازه ذرات و تخلخل‌ها مانع رشد ترک‌های ریز می‌شوند.



تأثیر اندازه ذرات در استون‌ور و پرسلان
بر رفتار خشک شدن

مقدار انقباض پیچیده‌تر از آن است که فقط به اندازه ذرات بستگی داشته باشد. عوامل دیگری نیز در این میان نقش دارند. توزیع اندازه ذرات، شکل ذرات، اندازه سایر انواع ذرات و شکل و اندازه آنها از جمله عواملی است که بر انقباض تأثیرگذار است.

فعالیت کلاسی



صفحه ۱۱۷:

- ۱- هنرجو باید روش‌های شکل‌دهی ریخته‌گری دوغابی، پرس پودر و پرس پلاستیک را بداند.
 - ۲- هدف از این فعالیت کلاسی، معطوف کردن توجه هنرجویان به مقدار آب مصرفی در روش‌های مختلف شکل‌دهی قطعات سرامیکی و اثر آن در ایجاد ترک و سایر عیوب و یا تأثیر مثبت آن در برخی روش‌ها مانند ریخته‌گری دوغابی جهت خروج قطعه از قالب است.
- پاسخ‌ها عبارت‌اند از:

نام محصول	روش شکل‌دهی	رتبه از نظر درصد رطوبت روش شکل‌دهی	رتبه از نظر انقباض
آجر فشاری	پرس پلاستیک	۲	۲
ظرف سفالی	ریخته‌گری دوغابی	۱	۱
کاشی کف	پرس پودر	۳	۳

صفحه ۱۱۸ جدول ۲: انقباض خشک به راحتی قابل اندازه‌گیری است و به کمک نتایج آن می‌توان یک ماده رسی را با ماده دیگر مقایسه کرد. با استفاده از این نتایج می‌توان مطالبی را درباره پلاستیسیته نسبی و اندازه ذرات به دست آورد. زمانی که در فرایند آماده‌سازی، مقدار آب و پلاستیسیته به دقت کنترل شود، نتایج

اندازه‌گیری انقباض خشک اطلاعات مفیدی را در اختیار قرار می‌دهد. یک گل رس سفالگری حدود ۶ درصد انقباض خشک دارد. بدنه‌ای با پلاستیسیته بالا می‌تواند تا ۷/۵ درصد قبل از زیاد شدن ترک‌های خشک شدن نیز انقباض داشته باشد. بدنه‌هایی که به روش دستگاهی شکل داده می‌شوند می‌توانند پلاستیسیته کمتر و در نتیجه انقباض خشک کمتری داشته باشند اما در این حالت معمولاً چسب‌های آلی باید استفاده شوند تا استحکام خشک مناسب به دست آید. سفالگران انقباض بدنه‌ای که در حال ساخت آن هستند را کنترل می‌کنند تا ترک‌های خشک شدن یا شکستن در سایر بخش‌های فرایند رخ ندهد. در برخی موارد، انقباض می‌تواند به عنوان عاملی مثبت در نظر گرفته شود، به عنوان مثال مقداری انقباض در روش ریخته‌گری دوغابی کمک می‌کند تا قطعه راحت‌تر از قالب جدا شود.

نکته



دلیل آوردن محدوده انقباض خشک برای مواد اولیه داخلی، نوسان در کیفیت ماده اولیه در قسمت‌های مختلف معدنی است که از آن ماده اولیه برداشت می‌شود.

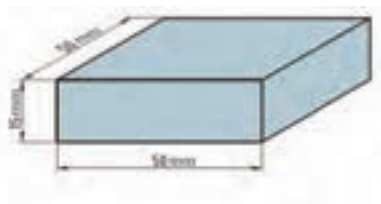
جدول ۲- مقایسه انقباض خشک چند ماده اولیه

ماده اولیه	درصد انقباض خشک
کائولن زدلیتز Ia	۴/۶
کوارتز رسی زنوز نشسته	۲-۴
کوارتز رسی زنوز شسته	۳-۵
بال کلی آباده (SPV_1)	۵-۶
بال کلی طیس	۳-۶

صفحه ۱۱۸ شکل ۴ و ۵: ابعاد نمونه انقباض همراه با مادر قالب تفلونی و قالب گچی نمونه‌ساز انقباض نشان داده شده است. در صورتی که از مادر قالب فلزی یا تفلونی برای ساخت قالب گچی نمونه‌ساز انقباض استفاده شود با توجه به اینکه برای خروج راحت قالب گچی، جداره‌های داخلی مادر قالب با یک ماده روانکار چرب می‌شود، لازم است قالب گچی نمونه‌ساز انقباض به خوبی شسته شود تا هرگونه چربی و مواد زائد از دیواره‌های آن حذف شود، در غیر اینصورت قالب گچی جذب آب مناسبی نخواهد داشت. پس از شستشو، قالب‌های گچی نمونه‌ساز را در خشک‌کن قرار دهید تا کاملاً خشک شوند.



قالب و مادر قالب نمونه‌ساز انقباض



ابعاد نمونه انقباض

صفحه ۱۱۹ شکل ۶: در تمام آزمایش‌های خشک کردن و پخت سرامیک‌ها که در این پودمان ارائه می‌شود، هر جا نیاز است تا با گل پلاستیک نمونه‌ای ساخته شود باید قبل از ساخت نمونه، ارتفاع گل مورد استفاده به شرایط ۱۶ میلی‌متر در آزمون پلاستیسیته به روش ففرکورن رسیده باشد.



بررسی ارتفاع ۱۶ میلی‌متر در آزمون ففرکورن

صفحه ۱۱۹ آزمون انقباض خشک: انقباض خشک به صورت محسوس در مواد اولیه پلاستیک دیده می‌شود. به‌ویژه هرچه ماده اولیه پلاستیسیته بیشتری داشته باشد، معمولاً این پدیده تشدید می‌شود. عمدتاً ریزی و ورقه‌ای شکل بودن ذرات مینرال‌های رسی در مواد اولیه پلاستیک باعث انقباض خشک آن می‌شود. مواد اولیه پلاستیک به همراه مواد اولیه غیرپلاستیک در یک بدنه در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. افزودن آب به بدنه برای شکل دادن (ریخته‌گری دوغابی، جیگر و جولی و ...) لازم است. قسمتی از آب به داخل ذرات ریز رس‌ها نفوذ می‌کند و در نتیجه ابعاد قطعه شکل داده شده که از قالب خارج می‌شود، ابعاد واقعی نیست. ذرات رس موجود در قطعه، آب جذب شده را به هنگام خروج آب از قطعه از دست می‌دهند.

به دست آوردن انقباض خشک زمینه شناخت، تشخیص نوع و کیفیت ماده اولیه را فراهم می‌کند و به کمک آن می‌توان به مرغوبیت و تا حدودی خلوص ماده اولیه پی برد.

اختلاف در درصد انقباض خام مواد اولیه پلاستیک باید از دو جهت مورد توجه قرار گیرد:

- ۱ مقایسه اعداد در مجموعه مواد اولیه غیر همانام (مانند کائولن با بال‌کلی). به عنوان مثال بال‌کلی‌ها به دلیل ریزدانه‌تر بودن انقباض خشک بیشتری دارند.
- ۲ مقایسه اعداد در مجموعه مواد اولیه همانام (مانند کائولن‌ها با یکدیگر). معمولاً انقباض خشک بیشتر یک ماده اولیه، دلیل پلاستیسیته بیشتر آن است. انقباض خشک بنتونیت در مقایسه با کائولن و بال‌کلی بیشتر است. دلیل این پدیده، وجود مینرال سه لایه‌ای مونت‌موریونیت در بنتونیت‌ها و فوق‌العاده ریزدانه بودن ذرات مونت‌موریونیت در بنتونیت‌ها است.

صفحه ۱۱۹ شکل ۷: مراحل ساخت نمونه‌های انقباض نشان داده شده است. استفاده از یک ورقه پلاستیکی به بیرون آوردن نمونه کمک می‌کند، همچنین تا حد امکان باعث می‌شود رطوبت نمونه در تمام قسمت‌های آن ثابت بماند. در صورتی که از ورقه پلاستیکی استفاده نشود، بخش‌هایی از گل که با جداره قالب گچی در تماس هستند بخشی از رطوبت خود را از دست می‌دهند و توزیع رطوبت در نمونه و در نتیجه مقدار انقباض از یکنواختی برخوردار نخواهد بود.



ج

ب

الف

ساخت نمونه انقباض و رسم قطرها

ساخت نمونه‌های انقباض همیشه به سادگی امکان‌پذیر نیست. برخی از رس‌ها مانند بال‌کلی و بنتونیت انقباض زیادی دارند و به آهستگی خشک می‌شوند، در برخی از این موارد نیاز است تا پودر ماده اولیه با مقداری پودر کلکسینه شده از همان جنس و یا با پودری غیر پلاستیک مانند سیلیس مخلوط شود. برخی از رس‌ها نیز فاقد پلاستیسیته هستند و ساخت نمونه با مشکل مواجه می‌شود، در این موارد نیاز است که به آنها برخی مواد که خاصیت پلاستیسیته را افزایش می‌دهند اضافه شود.

صفحه ۱۱۹ شکل ۸: علامت‌گذاری نمونه با کولیس در حالت تر به اندازه‌گیری دقیق‌تر کمک می‌کند. در این حالت با توجه به شکل نوک شاخک‌های کولیس،



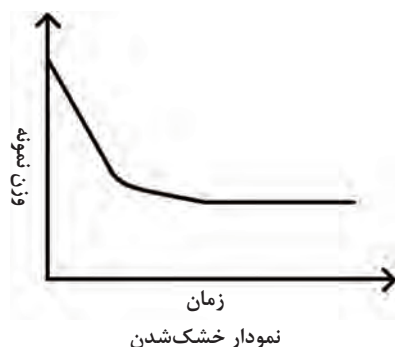
علامت‌گذاری به وسیله کولیس

پس از خشک شدن و پخت، شاخک‌ها در داخل محل علامت‌گذاری شده قرار داده شده و عدد طول از روی کولیس خوانده می‌شود، به این ترتیب اطمینان بیشتری از مقادیر اندازه‌گیری شده حاصل می‌شود.

صفحه ۱۲۰ شکل ۹: پس از انتقال نمونه‌ها به خشک‌کن، در صورتی که در زمان‌های متناوب نمونه‌ها از خشک‌کن خارج شده و وزن شوند امکان رسم نمودار خشک شدن با محورهای افقی و عمودی زمان و وزن وجود خواهد داشت.



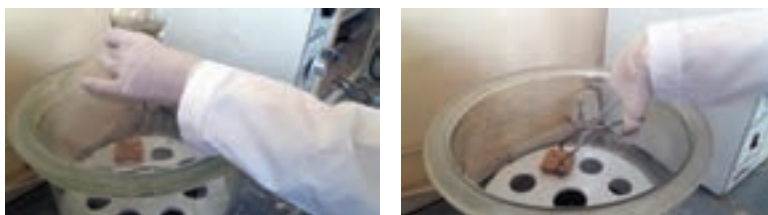
انتقال نمونه‌های انقباض به خشک‌کن و تنظیم دما



فرایند خشک شدن نمونه انقباض زمانی پایان می‌یابد که وزن نمونه به مقدار ثابتی برسد.

صفحه ۱۲۰ شکل ۱۰: برای اطمینان از ثابت شدن وزن نمونه در انتهای فرایند خشک شدن، نیاز است تا نمونه‌ها به دسیکاتور منتقل شوند و پس از رسیدن به

دمای اتاق وزن شوند، در صورتی که حداقل در دو بار آخر، وزن نمونه ثابت بود فرایند خشک شدن پایان یافته است، در غیر این صورت نمونه‌ها را باید دوباره در خشک‌کن قرار داد تا کاملاً خشک شوند.



انتقال نمونه‌های انقباض از خشک‌کن به دسیکاتور

صفحه ۱۲۱ و ۱۲۲: انحراف معیار (تِلرانس)، انحراف معیار استاندارد و درصد خطا: یکی از مهم‌ترین مباحث در انجام هر گونه آزمایش، بررسی دقت اندازه‌گیری‌های انجام شده است. هنرجو باید بتواند پس از انجام هر آزمایش و با در اختیار داشتن حداقل دو عدد به عنوان نتیجه آزمایش، بررسی کند که به طور کلی نتایج در محدوده مورد قبول هستند. انحراف معیار، انحراف معیار استاندارد و درصد خطا مفاهیمی از علم آمار است که به آزمایش‌کننده اطلاعاتی در مورد نحوه عملکرد و دقت اندازه‌گیری‌ها ارائه می‌دهد. هر چه تعداد نتایج در یک آزمایش بیشتر باشد، به این معنا است که آزمایش برای دفعات بیشتری انجام شده است و در نتیجه محاسبات درصد خطا و انحراف معیار دقیق‌تر است.

صفحه ۱۲۲ فعالیت کارگاهی، کار عملی ۱ (اندازه‌گیری انقباض خشک):

۱ هنرجو جهت انجام این کار عملی باید روند انجام کار عملی را که در متن درس آمده است به خوبی مطالعه کرده باشد و با مطالب تئوری مربوط به خشک کردن که در پودمان‌های قبل آمده است آشنا باشد.

۲ هدف از انجام کار عملی ۱ به دست آوردن میزان انقباض خشک یک خاک یا آمیز سرامیکی است. برای غنی‌تر شدن نتایج آزمایش، بهتر است تا خاک‌های مختلفی به گروه‌های مختلف هنرجویان اختصاص یابد تا پس از انجام این آزمایش علاوه بر اطلاع یافتن از مقدار انقباض خشک خاک تخصیص یافته به گروه خود، از میزان انقباض خشک خاک گروه‌های دیگر نیز آگاهی یابند. هنرجویان در این مرحله با توجه به مطالب علمی مختلفی که فراگرفته‌اند، تفاوت انقباض خاک‌های مختلف را بر اساس تفاوت ساختار آنها مورد بررسی قرار می‌دهند.

۳ از ماده اولیه که به شرایط مناسب آزمون ففركورن رسیده است در این

آزمون استفاده می‌شود.

۴ جهت ساخت گل پلاستیک، مادهٔ اولیه پلاستیک و آب به کمک دست در یک سطل پلاستیکی با هم مخلوط می‌شود و تبدیل به گل یکنواخت و پلاستیک می‌شود. از تماس گل با قطعاتی که جذب آب دارند مانند صفحهٔ گچی جلوگیری شود.

۵ در موقع ساخت نمونه‌ها، اضافه‌های گل پلاستیکی که به کمک کاردک از سطح نمونه انقباض داخل قالب جدا می‌شود را نباید به باقیمانده گل اضافه کرد، زیرا درصد آب کارپذیری ففركورن گل‌های اضافه ممکن است با گل مورد استفاده جهت ساخت نمونه‌ها برابر نباشد.

۶ شماره‌گذاری علامت‌های حک شده روی قطره‌های نمونه انقباض ضروری است، در مجاورت قطرها شماره‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ آورده شود. در غیر این حالت، در هنگام اندازه‌گیری انقباض پخت که با این نمونه‌ها انجام می‌شود، امکان بروز اشتباه وجود دارد.

۷ جهت اندازه‌گیری علامت‌های حک شده روی نمونه‌ها معمولاً حدود ۵ الی ۶ ساعت زمان نیاز است تا نمونه‌ها کاملاً خشک شده و به دمای محیط برسند.

۸ پس از اتمام آزمایش، نمونه‌های خشک شده را که مورد نیاز نیستند و به ماده‌ای دیگر آغشته نشده‌اند بازیافت کرده تا در مصرف مواد اولیه صرفه‌جویی شود.

۹ هنرجویان، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در آزمایش و میز کار خود را تمیز کنند تا برای آزمایش‌های بعدی آماده باشند.

صفحهٔ ۱۲۲ شکل ۱۲: تصویر یک نمونه در سه حالت خشک، پخت و لعاب‌کاری شده نشان داده شده است. این تصویر با تأکید بر مفهوم انقباض، به اهمیت آن در طراحی و محاسبات مربوط به آن اشاره دارد. به خصوص در فرایندهایی مانند ریخته‌گری دوغابی، نمونهٔ اولیه که در ساخت مادر قالب و قالب کار استفاده می‌شود باید تا اندازه‌ای بزرگ‌تر ساخته شود تا در پایان محصولی با ابعاد دلخواه داشته باشیم. همچنین اهمیت بحث‌هایی مانند روان‌سازی در میزان انقباض و مقدار انرژی مورد نیاز جهت خشک کردن سرامیک‌ها مشخص می‌شود.



تأثیر انقباض پخت بر ابعاد نمونه

شکل زیر، یک لیوان سرامیکی را در سه حالت خشک، پخت بیسکویت و پخت لعاب نشان می‌دهد.



انقباض لیوان سرامیکی از مرحله خشک‌کردن به پخت بیسکویت و پخت لعابی

صفحه ۱۲۳ فکر کنید: هدف این است که به هنرجو یادآوری شود اکثر محصولات سرامیکی از کنار هم قرار گرفتن ذرات با شکل‌های نامنظم ساخته می‌شوند و در نتیجه در اکثر موارد مقداری تخلخل در بدنه وجود دارد که در نتیجه بر رفتار خشک‌شدن، پخت و مقدار انقباض محصول پس از این مراحل تأثیرگذار است. مقدار تخلخل‌ها تأثیر زیادی بر میزان انقباض پخت دارد. با افزایش درجه حرارت، برخی از ذرات شروع به ذوب شدن می‌کنند و این مذاب (شیشه) ذرات را به یکدیگر نزدیک می‌کند، در اثر نزدیک شدن ذرات به هم و حذف تخلخل‌ها انقباض بیشتری رخ می‌دهد.

صفحه ۱۲۳ جدول ۴: همانطور که در جدول ۴ نشان داده شده است مقدار انقباض پخت خاک‌های سرامیکی متفاوت است. البته در برخی موارد انقباض پخت در حدود حتی ۱۴ درصد نیز مشاهده شده است، شکل زیر، پسرانی را نشان می‌دهد که لعاب زده شده و تا دمای مخروط شماره ۶ پخت شده است. برای بدنه ذکر شده انقباض پخت حدود ۱۴ تا ۱۵ درصد گزارش شده است.

مقایسه انقباض پخت چند ماده اولیه

درصد انقباض پخت	ماده اولیه
۱۲۰۰ درجه سلسیوس	
۹/۴	کائولن زدلیتز Ia
۵/۱	کائولن زنوز نشسته
۴/۵	کائولن زنوز شسته
۵/۰-۶/۰	بال کلی آباده (SPV _۱)
۵/۵-۶/۰	بال کلی طبس



انقباض حدود ۱۴ درصدی یک بدنهٔ پرسلان بعد از پخت لعابی

دانش افزایی



انبساط رس پس از پخت لعابی

در برخی از موارد نیز انبساط (انقباض پخت منفی) گزارش شده است. به عنوان مثال شکل روبه‌رو، انبساط رس پس از پخت لعاب مشاهده می‌شود. اگرچه غیر ممکن به نظر می‌رسد ولی این انبساط در محدودهٔ دمای مخروط شماره ۳ رخ داده است.

در این نمونه، مادهٔ مورد استفاده، رسی است که از کنار رودخانه‌ای در سسکچوان جنوبی^۱ نزدیک هیس^۲، آلبرتا در کشور کانادا تهیه شده است. نمونهٔ این خاک حتی با وجود پخته شدن تا محدودهٔ دمای مخروط شماره ۲ دارای ۱۰ درصد تخلخل است. این نمونهٔ خاص برای ساعت‌ها بال میل شد ولی همچنان انقباضی از خود نشان نداد و بر روی چرخ سفالگری حالت ماسه‌ای از خود نشان داد. این ماده استحکام خشک قابل توجهی دارد و در حالی که انقباض خشک حدود ۷ درصد دارد (انقباض متعارف برای یک رس معمولی) ولی بعد از پخت لعاب از خود انقباض منفی نشان می‌دهد.

۱- South Saskatchewan

۲- Hayes

فعالیت کلاسی



صفحه‌های ۱۲۵ و ۱۲۶

پاسخ عبارت است از:

طول تر	طول خشک	طول پخت	درصد انقباض خشک	درصد انقباض پخت	درصد انقباض کل
۵۰/۰	۴۹/۱	۴۱/۶	۱/۸۰	۱۵/۲۷	۱۶/۸۰
۵۰/۰	۴۸/۹	۴۱/۲	۲/۲۰	۱۵/۷۵	۱۷/۶۰
۵۰/۰	۴۹/۳	۴۰/۸	۱/۴۰	۱۷/۲۴	۱۸/۴۰
۵۰/۰	۴۹/۰	۴۱/۱	۲/۰۰	۱۶/۱۲	۱۷/۸۰
۵۰/۰	۴۹/۵	۴۰/۶	۱/۰۰	۱۷/۹۸	۱۸/۸۰
۵۰/۰	۴۹/۲	۴۰/۴	۱/۶۰	۱۷/۸۹	۱۹/۲۰

پس از محاسبات، بهتر است نظر هنرجویان را به این نکته معطوف کرد که درصد انقباض کل برابر مجموع درصد انقباض خشک و پخت نیست.

میانگین	انحراف معیار	انحراف معیار استاندارد	درصد خطا
۱/۶۷	۰/۴۳	$۱/۶۷ \pm ۰/۴۳$	۲۵/۹۲
۱۶/۷۱	۱/۱۵	$۱۶/۷۱ \pm ۱/۱۵$	۶/۸۸
۱۸/۱۰	۰/۸۷	$۱۸/۱۰ \pm ۰/۸۷$	۴/۸۳



صفحه‌های ۱۲۶ و ۱۲۷، کار عملی شماره ۲ و ۳ (آزمون اندازه‌گیری انقباض پخت و کل):

۱ هنرجو باید روند انجام آزمایش را در متن درس به خوبی مطالعه کند و با مفهوم تئوری انقباض پخت آشنا باشد. همچنین بتواند محاسبات مربوط به انقباض پخت و کل را انجام دهد و تفاوت انقباض پخت و کل را درک کرده باشد.

۲ هدف از کار عملی شماره ۲ و ۳ آشنا شدن هنرجو با نحوه اندازه‌گیری انقباض پخت و کل است.

۳ انقباض پخت و کل برای مواد اولیه مختلف به ویژه رس‌ها متفاوت است و همچنین مقدار آن با افزایش دمای پخت تغییر می‌کند. با افزایش دما معمولاً انقباض رخ می‌دهد، البته در برخی موارد برای مثال وقتی که در ماده اولیه سیلیس آزاد وجود دارد، انجام استحاله فازی در اثر حرارت می‌تواند منجر به انبساط شود. معمولاً کانی‌های موجود در ماده اولیه تعیین‌کننده شدت انقباض هستند. افزایش دما، مینرال‌های با تحمل حرارتی کم را به سمت خمیری و ذوب شدن می‌برد و با ایجاد فاز شیشه باعث کاهش تداخل‌ها می‌شود که به انقباض پخت بیشتر می‌انجامد. با انجام آزمون انقباض پخت در دو دمای متفاوت، علاوه بر اینکه معیاری برای مقایسه انقباض پخت خاک‌های مختلف مانند کائولن‌ها و بال‌کلی‌ها به دست می‌آید، اثر شدید افزایش دما (به عنوان مثال ۲۰۰ درجه سلسیوس) بر انقباض پخت هر خاک نیز مشاهده می‌شود.

۴ در صورتی که از کروم اکسید سبز جهت علامت‌گذاری استفاده می‌شود توجه کنید که این اکسید سمی است و از آلوده شدن دست به آن جلوگیری شود. حتماً از دستکش استفاده شود.

۵ با توجه به سمی بودن کروم اکسید، در صورت عدم نیاز به نمونه‌ها پس از انجام آزمایش، در ظرف‌های بازیافت مخصوص نگهداری شود و از وارد شدن آنها به مجاری آب و فاضلاب شهری جلوگیری شود.

۶ در صورتی که از کروم اکسید جهت علامت‌گذاری استفاده می‌شود، جهت اطمینان، هنرجویان لباس کار خود را پس از آزمایش بشویند تا از آلودگی‌های احتمالی پوست به این ماده در استفاده‌های بعدی جلوگیری شود.

۷ در صورتی که کوره برنامه‌پذیر است، شیب دمایی ملایمی را برای رسیدن به دمای حداکثر در نظر بگیرید تا نمونه‌ها دچار اعوجاج، ترک و عیوب دیگر نشوند.

▲ هنرجویان، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در آزمایش و میز کار خود را تمیز کنند تا برای آزمایش‌های بعدی آماده باشد.

پرسش



صفحه ۱۲۸: قطعه سرامیکی پس از خشک شدن معمولاً به دلایلی تحت تنش‌های مکانیکی مختلفی قرار می‌گیرد، بنابراین استحکام مکانیکی آن مهم است. به عنوان مثال ممکن است برای پرداخت در دست استادکار قرار گیرد و یا جهت انتقال به خشک‌کن یا انجام عملیاتی دیگر حمل شود، در نتیجه باید دارای استحکام مکانیکی قابل قبولی باشد تا مراحل مختلف را تا رسیدن به کوره و پخت طی کند.

قطعه پخت شده نهایی با توجه به کاربرد باید استحکام مکانیکی مناسبی داشته باشد تا مورد مصرف قرار گیرد، استحکام مکانیکی مورد نظر در این مرحله ممکن است با توجه به نوع بار و تنش اعمالی مقادیر متفاوتی داشته باشد. به عنوان مثال دارای استحکام مطلوبی در برابر ضربه، فشار یا سایش تا حد قابل قبولی باشد. بنابراین به طور معمول استحکام مکانیکی پس از پخت بسیار بیشتر از استحکام مکانیکی پس از خشک شدن است.

صفحه ۱۲۸ استحکام خمشی خشک (خام): مواد اولیه پلاستیک سرامیکی در تماس با آب شکل‌پذیر می‌شوند و با از دست دادن آب فیزیکی (آب اضافه شده برای شکل دادن) و خشک شدن استحکام خواهند داشت. استحکام پدیده مهمی است، زیرا بدون وجود آن، عملیات بعد از خشک شدن شامل: پرداخت، حمل و نقل و لعاب زدن در سیستم تک‌پخت مشکل‌آفرین خواهد بود.

صفحه ۱۲۹ شکل ۱۹: در این شکل روش ساخت نمونه استحکام خمشی نشان داده شده است. استفاده از نایلون به خارج کردن راحت‌تر و سریع‌تر نمونه از داخل قالب کمک می‌کند.



ساخت نمونه استحکام خمشی و کدگذاری

صفحه ۱۳۰ شکل ۲۱: هنگام خارج کردن نمونه‌ها از قالب نمونه‌ساز استحکام خمشی باید دقت کرد تا درحد امکان به نمونه ساخته شده تنش‌های مختلف اعمال نشود، به‌عنوان مثال نمونه گلی ساخته شده در مدت زمان خارج کردن نمونه تا قرار دادن بر روی سطحی صاف در حالت انحنای تاب‌خوردگی قرار نگیرد، در غیر این‌صورت ممکن است نتایج آزمون استحکام خمشی خشک و پخت نمونه‌ها تفاوت‌های زیادی با هم داشته باشد.



خارج کردن نمونه‌های استحکام خمشی خشک از قالب

صفحه ۱۳۰ شکل‌های ۲۲ و ۲۳: پس از قرار دادن نمونه‌های استحکام خمشی در خشک‌کن و مشاهده چسبی خشک شدن نمونه‌ها، باید نمونه‌ها را در دسیکاتور قرار داده و پس از رسیدن به دمای اتاق وزن کرد. زمانی می‌توان از خشک شدن نمونه‌ها اطمینان حاصل کرد که وزن هر نمونه ثابت شده باشد.



انتقال نمونه‌های استحکام خمشی خشک به خشک‌کن و تنظیم دما



انتقال نمونه‌های استحکام خمشی خشک از خشک‌کن به دسیکاتور

صفحه ۱۳۱ شکل ۲۴: اگر به عقربه نشانگر نیرو در صفحه نمایش هنگام اعمال بار مکانیکی توسط دستگاه استحکام سنج خمشی به طور مرتب نگاه کنید، نیرو تا یک مقدار حداکثر افزایش می‌یابد و پس از شکست نمونه برمی‌گردد و به مقدار صفر می‌رسد، در نتیجه باید با دقت نیروی شکست را مشاهده و ثبت کنید، در صورتی که نیرو به صورت دیجیتالی نمایش داده می‌شود، پس از شکست نمونه، عدد نیروی شکست بر روی صفحه نمایشگر ثابت می‌ماند.



اندازه‌گیری استحکام خمشی خشک نمونه‌ها

صفحه ۱۳۱ شکل ۲۵: لازم است ابعاد مقطع شکست نمونه توسط کولیس تا دو رقم اعشار اندازه‌گیری شود تا مقدار استحکام خمشی محاسبه شده دقیق‌تر باشد.



اندازه‌گیری ابعاد مقطع شکست نمونه استحکام خمشی خشک

صفحه‌های ۱۳۱ و ۱۳۲ فرمول استحکام خمشی: این فرمول برای قطعات دارای مقطع شکست مربعی، مستطیلی و دوزنقه‌ای صادق است و برای اشکال دیگر متفاوت است. پیشنهاد می‌شود هنرآموز فرمول اجسام با سایر مقاطع شکست مانند مقطع دایره‌ای را جستجو کند و در کلاس برای هنرجویان ارائه دهد.



صفحه ۱۳۲ فعالیت کارگاهی، کار عملی شماره ۴ (اندازه‌گیری استحکام خمشی خشک):

۱ هنرجو باید روند انجام آزمایش را در متن درس به خوبی مطالعه کند و با مفهوم تئوری استحکام خمشی و نحوه انجام محاسبات آن آشنا باشد.

۲ هدف از کار عملی شماره ۴ آشنا شدن هنرجو با نحوه اندازه‌گیری استحکام خمشی خشک سرامیک‌ها، انجام محاسبات مربوط به آن و اهمیت استحکام خمشی خشک است.

۳ از ماده اولیه که به شرایط مناسب آزمون ففرکورن رسیده است در این آزمون استفاده می‌شود.

۴ در صورتی که درصد آب کارپذیری ففرکورن مشخص نباشد، به ۳۰ گرم خاک بیشتر جهت انجام آزمون ففرکورن نیاز است.

۵ بهتر است ماده اولیه آزمون دارای کانی‌های رسی باشد و به گروه مواد اولیه پلاستیک تعلق داشته باشد تا در حالت خشک دارای استحکام کافی باشد.

۶ به منظور ساخت گل پلاستیک، ماده اولیه پلاستیک و آب به کمک دست در یک سطل پلاستیکی با هم مخلوط می‌شود و تبدیل به گل یکنواخت و پلاستیک می‌شود. از تماس گل با قطعاتی که جذب آب دارند مانند صفحه گچی جلوگیری شود.

۷ در موقع ساخت نمونه‌ها، اضافه‌های گل پلاستیکی که به کمک کاردک از سطح نمونه انقباض داخل قالب جدا می‌شود را نباید به باقیمانده گل اضافه کرد، زیرا درصد آب کارپذیری ففرکورن گل‌های اضافه ممکن است با گل مورد استفاده جهت ساخت نمونه‌ها برابر نباشد.

۸ در صورت استفاده از بنتونیت مشاهده می‌شود که دارای استحکام خشک بیشتری نسبت به کائولن‌ها و بال‌کلی است. دلیل وجود این ویژگی، وجود کانی مونت‌موریونیت در بنتونیت است.

۹ نیروی شکست با میانگین عرض مقطع شکست و مجذور ارتفاع نمونه رابطه عکس دارد و در نتیجه مختص هر نمونه است و نمی‌توان نیروی شکست یک نمونه را برای نمونه دیگر مورد استفاده قرار داد.

۱۰ پس از اتمام آزمایش، نمونه‌های خشک شده را که مورد نیاز نیستند و به ماده‌ای دیگر آغشته نشده‌اند باز یافت کنید تا در مصرف مواد اولیه صرفه‌جویی شود.

۱۱ هنرجویان، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در آزمایش و میز کار خود را تمیز کنند تا برای آزمایش‌های بعدی آماده باشد.

صفحه ۱۳۳ استحکام خمشی پخت: استحکام پخت مواد اولیه پلاستیک با افزایش مواد گدازآور از قبیل فلدسپات، میکا (به‌ویژه در بال‌کلی‌ها وجود دارد)، آهن اکسید، کلسیم اکسید و منیزیم اکسید افزایش می‌یابد. دلیل آن تشکیل فاز مایع یا شیشه، به دلیل حضور گدازآورها در ماده اولیه و حین پخت است که به کاهش تخلخل‌ها و در نتیجه نزدیک شدن ذرات و متصل شدن آنها به یکدیگر کمک می‌کند. تشکیل فاز شیشه در افزایش انقباض پخت و استحکام پخت ماده اولیه نقش مهمی ایفا می‌کند. البته باید توجه داشت وجود برخی کانی‌ها در ماده اولیه، تبدیل آنها به مینرال‌های دیگر در حین پخت و یا تشکیل مینرال‌های کاملاً جدید در حین پخت، عواملی برای افزایش استحکام پخت ماده اولیه است.

صفحه ۱۳۳ شکل ۲۶: با توجه به اینکه ممکن است نمونه‌های استحکام خمشی دارای دمای پخت پایینی باشند در نتیجه برای قرار دادن آنها در کوره بهتر است از کاشی بدون لعاب یا صفحه‌های نسوز استفاده شود تا به صفحه نگهدارنده نچسبند. همچنین در هر دو حالت بهتر است مقداری پودر نسوز مانند آلومینا بر روی صفحه ریخته شود تا در صورت ذوب موضعی نمونه‌ها به صفحه نچسبند.



انتقال نمونه‌های استحکام خمشی خشک به کوره و تنظیم دمای کوره

فعالیت کارگاهی



صفحه ۱۳۴ فعالیت کارگاهی، کار عملی شماره ۵ و ۶ (اندازه‌گیری استحکام خمشی پخت):

۱ هنرجو باید روند انجام آزمایش را در متن درس به خوبی مطالعه کند و با مفهوم تئوری استحکام خمشی و انجام محاسبات آن آشنا باشد.
۲ هدف از کار عملی شماره ۵ و ۶ آشنا شدن هنرجو با نحوه اندازه‌گیری استحکام خمشی پخت سرامیک‌ها، انجام محاسبات مربوط به آن و اهمیت استحکام خمشی پخت است.

۳ در صورتی که از کروم اکسید سبز جهت علامت‌گذاری استفاده می‌شود توجه کنید که این اکسید سمی است و از آلوده شدن دست به آن جلوگیری شود. حتماً از دستکش استفاده شود.

۴ با توجه به سمی بودن کروم اکسید، در صورت عدم نیاز به نمونه‌ها پس

از انجام آزمایش، در ظرف‌های بازیافت مخصوص نگهداری شود و از وارد شدن آنها به مجاری آب و فاضلاب شهری جلوگیری شود.

۵ در صورتی که از کروم اکسید جهت علامت‌گذاری استفاده می‌شود، جهت اطمینان، هنرجویان لباس کار خود را پس از آزمایش بشویند تا از آلودگی‌های احتمالی پوست به این ماده در استفاده‌های بعدی جلوگیری شود.

۶ در صورتی که کوره برنامه‌پذیر است، شیب دمایی ملایمی را برای رسیدن به دمای حداکثر در نظر بگیرید تا نمونه‌ها دچار اعوجاج، ترک و عیوب دیگر نشوند.

۷ نیروی شکست با میانگین عرض مقطع شکست و مجذور ارتفاع نمونه رابطه عکس دارد و در نتیجه مربوط به هر نمونه است و نمی‌توان نیروی شکست یک نمونه را برای نمونه دیگر مورد استفاده قرار داد.

۸ هنرجویان، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در آزمایش و میز کار خود را تمیز کنند تا برای آزمایش‌های بعدی آماده باشد.

فعالیت کارگاهی



صفحه ۱۳۵ فعالیت کارگاهی، کار عملی ۷ (تعیین مقاومت حرارتی ماده شیشه‌ای و پلاستیکی):

پس از انجام این فعالیت، هنرجو متوجه می‌شود که پایداری بطری PE (Polyethylene) در برابر دمای آب جوش بسیار کم است و در اثر ریختن آب جوش در آن، تغییر شکل می‌یابد. به این ترتیب درک ابتدایی از مفهوم پایداری حرارتی در ذهن هنرجو ایجاد می‌شود.



بطری شیشه‌ای و پلی‌اتیلن

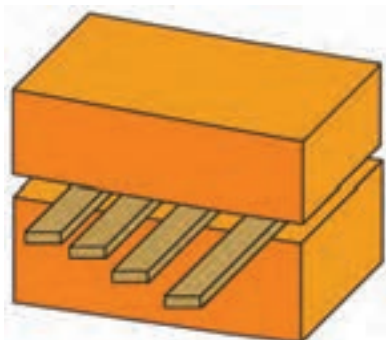
تحقیق کنید



صفحه ۱۳۶

به طور کلی هدف از این تحقیق کنید این است که هنرجو متوجه شود مواد دیرگداز باعث افزایش مقاومت به پخت در محصولات سرامیکی می‌شوند. به عنوان مثال آلومینا، سیلیس و منیزیم اکسید موادی هستند که مقاومت به پخت را افزایش می‌دهند.

صفحه ۱۳۶ شکل ۲۹: در این شکل، روش تعیین مقاومت به پخت بدنه سرامیکی به روش یک تکیه‌گاهی نشان داده شده است. خط‌کش‌ها با لبه‌های آزاد ۵، ۶، ۷ و ۸ سانتی‌متر بین دو آجر دیرگداز قرار داده می‌شوند و پس از بیرون آمدن از کوره، میزان انحنای خط‌کش‌ها معیاری از مقاومت به پخت است. لازم است تا سطوح تماس بین خط‌کش‌ها و آجرهای دیرگداز به پودر ماده نسوز مانند آلومینا آغشته شود تا از چسبیدن خط‌کش‌ها به آجر جلوگیری شود. در غیر این صورت اندازه‌گیری میزان انحنای به وجود آمده در خط‌کش‌ها سخت یا غیر ممکن می‌شود.



آزمایش مقاومت پخت یک تکیه‌گاهی

صفحه ۱۳۷ شکل ۳۲: برای ساخت نمونه‌های مقاومت به پخت، برای سادگی در پر کردن قالب نمونه‌ساز، می‌توان یک فتیله به قطر و ابعاد متناسب با فضای خالی داخل قالب نمونه‌ساز درست کرد و فتیله را در داخل قالب قرار داده و نمونه را شکل‌دهی کرد. قرار دادن ورقه پلاستیکی درون قاب به خارج کردن راحت‌تر و سریع‌تر نمونه از داخل قالب کمک می‌کند.



ساخت نمونه‌های مقاومت به پخت



صفحه ۱۳۸ شکل ۳۴: جهت جلوگیری از چسبیدن نمونه‌های مقاومت به پخت به پایه‌های دیرگداز بهتر است محل تماس نمونه‌های مقاومت به پخت و پایه‌های دیرگداز به پودر نسوز مانند آلومینا آغشته شود.

قرار دادن نمونه‌های مقاومت به پخت در کوره

فعالیت کارگاهی



صفحه ۱۳۹ فعالیت کارگاهی، کار عملی شماره ۸ (اندازه‌گیری مقاومت پخت):

۱ هنرجو باید روند انجام آزمایش را در متن درس به خوبی مطالعه کند و با مفهوم تئوری مقاومت به پخت آشنا باشد.

۲ هدف از کار عملی شماره ۸ آشنا شدن هنرجو با نحوه اندازه‌گیری مقاومت به پخت سرامیک‌ها، انجام محاسبات مربوط به آن و اهمیت آن در فرایند تولید محصولات سرامیک است.

۳ مواد اولیه مختلف در برابر دما متفاوت عمل می‌کنند. برخی از مواد اولیه مانند بوراکس تحمل حرارتی خیلی کمی دارند و پایین‌تر از ۱۰۰۰ درجه سلسیوس ذوب می‌شوند. گروه دیگری مانند فلدسپات‌ها گداز آورند و دمای خمیری حدود ۱۰۰۰ درجه سلسیوس و نقطه ذوب حدود ۲۰۰ درجه سلسیوس بالاتر از نقطه خمیری دارند. هر دو گروه اشاره شده دارای مقاومت پخت پایینی هستند و نقش عمده‌ای در ساخت شیشه‌ها و لعاب دارند. مواد اولیه‌ای مانند کائولن‌ها و گروهی از بال‌کلی‌ها که دمای خمیری آنها بالاتر از ۱۵۰۰ درجه سلسیوس است در گروه دیرگدازها جای می‌گیرند که از یک طرف در بدنه‌های سرامیک متداول و صنعتی کاربرد دارند و از طرف دیگر در ساخت دیرگدازها از آنها استفاده می‌شود.

۴ ساخت نمونه آزمون مقاومت پخت مشابه ساخت نمونه‌های استحکام خمشی خشک است. باید توجه داشت که در ساخت نمونه‌ها دقت کافی به عمل آید تا نمونه‌ها بدون تابیدگی، انحنای کاملاً عاری از عیب تولید شود.

۵ امکان سنجش مقاومت پخت در میکروسکوپ حرارتی نیز وجود دارد که با آن ضمن سنجش انقباض پخت، امکان سنجش دمای خمیری نسبی و حتی نقطه ذوب ماده اولیه وجود دارد.

۶ تغییر حالت (انحنا) نمونه پخته شده و به دمای محیط رسیده نسبت به

حالت افقی نمونه خام با خواباندن نمونه به پهلو روی کاغذ و رسم دو خط انجام می‌گیرد. بزرگ‌ترین فاصله‌ای که بین خط افقی اولیه و خط قوس‌دار بعد از پخت که روی کاغذ رسم شده است با خط‌کش اندازه‌گیری می‌شود و با دقت میلی‌متر به عنوان پاسخ نهایی اعلام می‌شود.

۷ قالب گچی ساخت نمونه‌های مقاومت به پخت بعد از استفاده مستمر فرسوده می‌شود. بنابراین لازم است که قبل از بحرانی شدن فرسودگی (تا تولید ۴۰ نمونه کارایی دارد) قالب فرسوده توسط قالب جدید جایگزین شود. این فرسودگی باعث تغییر ابعاد نمونه (افزایش ابعاد) و در نتیجه کاهش خمش بعد از پخت ماده اولیه می‌شود و در نتیجه در مقدار مقاومت به پخت ایجاد خطا می‌کند.

۸ فقط قسمتی از نمونه که روی تکیه‌گاه قرار گرفته است، معیار سنجش است (افقی حالت خام و انحنادار بعد از پخت).

۹ هنرجویان، وسایل و تجهیزات مورد استفاده در فعالیت کارگاهی و میز کار خود را تمیز کنند تا برای آزمایش‌های بعدی آماده باشند.

ارزشیابی نهایی شایستگی کسب مهارت انجام آزمایش‌های خشک کردن و پخت سرامیک‌ها

<p>شرح کار:</p> <p>۱- انجام آزمون انقباض خشک</p> <p>۲- انجام آزمون انقباض پخت و کل</p> <p>۳- انجام آزمون استحکام خمشی خام</p> <p>۴- انجام آزمون استحکام خمشی پخت و کل</p> <p>۵- انجام آزمون مقاومت پخت</p>			
<p>استاندارد عملکرد:</p> <p>نمونه‌سازی و انجام آزمون‌های خشک کردن و پخت سرامیک‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران</p> <p>شاخص‌ها:</p> <p>ساخت نمونه و اندازه‌گیری میانگین درصد انقباض خشک نمونه‌ها و توانایی مقایسه نمونه‌های مختلف</p> <p>انجام آزمون انقباض پخت و محاسبه انقباض پخت و کل نمونه و کاربرد نتایج آزمون</p> <p>انجام آزمون استحکام خام و محاسبه استحکام خام نمونه و کاربرد نتایج آزمون</p> <p>انجام آزمون استحکام پخت و محاسبه استحکام پخت و کل نمونه و کاربرد نتایج آزمون</p> <p>انجام آزمون مقاومت پخت</p>			
<p>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</p> <p>مکان: کارگاه استاندارد</p> <p>ابزار و تجهیزات: قالب نمونه‌ساز، کولیس، خشک‌کن، استحکام سنج، کوره، ماشین حساب، خط‌کش، کاردک، مواد اولیه</p>			
<p>معیار شایستگی:</p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	انجام آزمون انقباض خشک	۱	
۲	انجام آزمون انقباض پخت و کل	۲	
۳	انجام آزمون استحکام خمشی خام	۲	
۴	انجام آزمون استحکام خمشی پخت و کل	۲	
۵	انجام آزمون مقاومت پخت	۱	
<p>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</p> <p>دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب</p>			
میانگین نمرات			*
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.			

فصل پنجم: آزمون‌های خشک کردن و پخت سرامیک‌ها

ردیف	مراحل کار	شرایط عملکرد (ابزار، مواد و تجهیزات، زمان، مکان و ...)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها/دآوری / نمره دهی)	نمره
۱	اندازه‌گیری انقباض خشک	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: مواد اولیه ابزار و تجهیزات: خشک‌کن، ترازو، قالب نمونه، کولیس،	اندازه‌گیری انقباض خشک بالاتر از انتظار	ساخت نمونه و اندازه‌گیری میانگین درصد انقباض خشک نمونه‌ها و توانایی مقایسه نمونه‌های مختلف با هم	۳
			اندازه‌گیری انقباض خشک قابل قبول	ساخت نمونه و اندازه‌گیری انقباض خشک	۲
			اندازه‌گیری انقباض خشک غیر قابل قبول	عدم توانایی در انجام آزمون یا ناقص انجام دادن آن	۱
۲	اندازه‌گیری پخت و کل	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: مواد اولیه ابزار و تجهیزات: خشک‌کن، ترازو، قالب نمونه، کولیس،	اندازه‌گیری انقباض پخت و کل بالاتر از انتظار	انجام آزمون انقباض پخت و محاسبه انقباض پخت و کل نمونه و تشریح اهمیت انجام آزمون و کاربرد نتایج آزمون	۳
			اندازه‌گیری انقباض پخت و کل قابل قبول	انجام آزمون انقباض پخت و محاسبه درصد انقباض پخت و کل	۲
			اندازه‌گیری انقباض پخت و کل غیر قابل قبول	عدم توانایی در انجام آزمون یا ناقص انجام دادن آن	۱
۳	اندازه‌گیری استحکام خمشی خام	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: مواد اولیه ابزار و تجهیزات: استحکام سنج، خشک‌کن، ترازو، قالب نمونه، کولیس،	اندازه‌گیری استحکام خمشی خام بالاتر از انتظار	انجام آزمون استحکام خمشی خام و محاسبه استحکام خمشی خام نمونه و به‌کارگیری نتایج آزمون	۳
			اندازه‌گیری استحکام خمشی خام قابل قبول	انجام آزمون استحکام خمشی خام و محاسبه درصد استحکام خام	۲
			اندازه‌گیری استحکام خمشی خام غیر قابل قبول	عدم توانایی در انجام آزمون یا ناقص انجام دادن آن	۱
۴	اندازه‌گیری استحکام خمشی پخت و کل	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: مواد اولیه ابزار و تجهیزات: استحکام سنج، خشک‌کن، ترازو، قالب نمونه، کولیس،	اندازه‌گیری استحکام خمشی پخت و کل بالاتر از انتظار	انجام آزمون استحکام خمشی پخت و محاسبه استحکام خمشی پخت و کل نمونه و تشریح اهمیت انجام آزمون و کاربرد نتایج آزمون	۳
			اندازه‌گیری استحکام خمشی پخت و کل قابل قبول	انجام آزمون استحکام خمشی پخت و محاسبه درصد استحکام پخت و کل	۲
			اندازه‌گیری استحکام خمشی پخت و کل غیر قابل قبول	عدم توانایی در انجام آزمون یا ناقص انجام دادن آن	۱
۵	اندازه‌گیری مقاومت پخت	مکان: کارگاه استاندارد زمان: مواد مصرفی: مواد اولیه ابزار و تجهیزات: کوره، قالب نمونه، کولیس، خط‌کش	اندازه‌گیری مقاومت پخت بالاتر از انتظار	انجام آزمون مقاومت پخت و به‌دست آوردن نقطه خمیری و تشریح اهمیت آزمون	۳
			اندازه‌گیری مقاومت پخت قابل قبول	انجام آزمون مقاومت پخت و به‌دست آوردن نقطه خمیری	۲
			اندازه‌گیری مقاومت پخت غیر قابل قبول	عدم توانایی در انجام آزمون یا ناقص انجام دادن آن	۱
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش		قابل قبول	رعایت همه موارد	۲
			غیر قابل قبول	عدم رعایت نکات ایمنی	۱
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					<input type="checkbox"/> بدی
					<input type="checkbox"/> خیر
معیار شایستگی انجام کار: کسب حداقل نمره ۲ از مراحل و و کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار					

- ۱ راهنمای برنامه‌ریزی درسی رشته سرامیک (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش.
- ۲ استاندارد شایستگی حرفه رشته سرامیک (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش.
- ۳ استاندارد ارزشیابی حرفه رشته سرامیک (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش
- ۴ مقدمه‌ای بر خشک کردن سرامیک‌ها (۱۳۸۶). مترجمین: دکتر محمدعلی فقیهی، مهندس سید مجید ذریه سیدی، مهندس علی آریایی.
- ۵ کاربرد اشعه مادون قرمز و ماکروویو در خشک کردن سرامیک‌ها (۱۳۷۲). چاپ اول، ناشر: شرکت مهندسی سرامیک و شیشه ایران.
- ۶ آشنایی با احتراق و کوره (۱۳۹۴). علی شمالی، ناشر: چاپ اول، الیاس.
- ۷ کوره‌های سرامیک (۱۳۷۲). کی‌میوکیوتانی، ترجمه علی نمازی، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول.
- ۸ کوره‌های پخت سرامیک (۱۳۶۹). دانیل رادز، ترجمه شعبانعلی تشکری، ناشر: مرکز آموزش و تحقیقات مقره‌سازی.
- ۹ Introduction to Drying of ceramics: with laboratory Exercises
1st Edition: 2003; Denis A. Brosnan Gilbert C. Robinson; wiley
American Ceramic Society::; edition 1
- ۱۰ Industrial ceramics 1963, Felix singer, sonja singer, Chemical
Publiling co
- ۱۱ Principles of ceramics processing 1995, James S.Reed, 2nd
Edition, Publisher; wiley



هنرآموزان محترم، می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران -

صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام‌نخار tvoccd@roshd.ir ارسال نمایند.

وب‌گاه: tvoccd.oerp.ir

دفترتالیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

