

## 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.

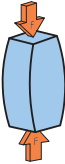
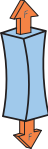
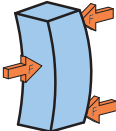
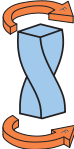
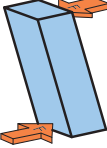
### صفحه ۱۱۶

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

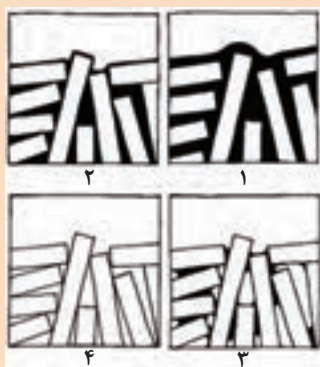
صفحه ۱۱۷ نمودار ۲: همان طور که در شکل زیر می بینید، تمام رس ها در هنگام خشک شدن انقباض دارند. انقباض خشک با افزایش پلاستیسیته افزایش می یابد. افزایش انقباض خشک باعث ایجاد ترک در هنگام خشک شدن می شود. علت این ترک ها این است که رس های پلاستیک اندازه ذرات ریزتر و در نتیجه سطح ذرات بیشتری دارند و در نتیجه 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.

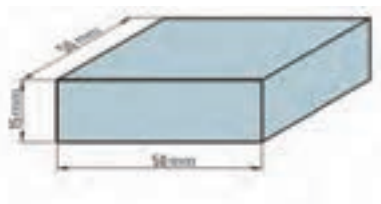
جدول ۲- مقایسه انقباض خشک چند ماده اولیه

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 نمونه ساز 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،



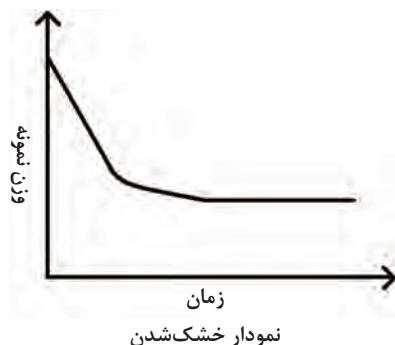
علامت‌گذاری به وسیله کولیس

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.



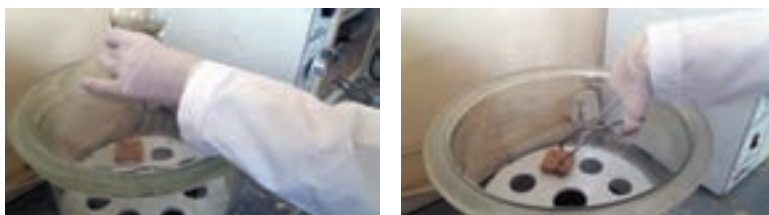
انتقال نمونه‌های انقباض به خشک‌کن و تنظیم دما



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 قطرهای نمونه انقباض ضروری است، در مجاورت قطرهای 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.

صفحه 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، پسرلانی 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 <sub>۱</sub> )
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<sup>۱</sup> نزدیک هیس<sup>۲</sup>، 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 هنجریان 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.



۸ 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 پلی اتیلن

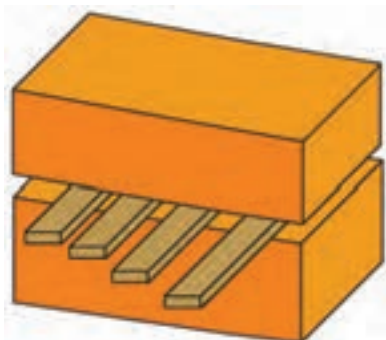
تحقیق کنید



### 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 استفادهٔ 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 مادهٔ 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><b>شرح کار:</b></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><b>استاندارد عملکرد:</b></p> <p>نمونه‌سازی و انجام آزمون‌های خشک کردن و پخت سرامیک‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران</p> <p><b>شاخص‌ها:</b></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><b>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</b></p> <p><b>مکان:</b> کارگاه استاندارد</p> <p><b>ابزار و تجهیزات:</b> قالب نمونه‌ساز، کولیس، خشک‌کن، استحکام سنج، کوره، ماشین حساب، خط‌کش، کاردک، مواد اولیه</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></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><b>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</b></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 باهم	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 خمشی 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 خمشی 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](mailto:tvoccd@roshd.ir) ارسال نمایند.

وب‌گاه: [tvoccd.oerp.ir](http://tvoccd.oerp.ir)

دفترتالیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

